

公路工程集料试验规程

Test Methods of Aggregates for Highway Engineering

2024-02-07 发布

2024-05-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国强制性行业标准

公路工程集料试验规程

Test Methods of Aggregates for Highway Engineering

JTG 3432—2024

主编单位:交通运输部公路科学研究院

批准部门:中华人民共和国交通运输部

实施日期:2024 年 05 月 01 日

前 言

根据《交通运输部办公厅关于下达 2013 年度公路工行业标准制修订项目计划的通知》(厅公路字〔2013〕169 号)的要求,由交通运输部公路科学研究院承担《公路工程集料试验规程》(JTG 3432—2024)(以下简称“本规程”)的修订工作。

本规程以推动公路工程集料试验技术发展,提高集料试验的规范性、可靠性、一致性和先进性为目标,按继承与发展相结合的原则,全面总结公路工程集料试验技术的研究成果和实践经验,对粗集料、细集料、填料、工业矿渣集料和再生集料试验方法作出规定,作为公路工程集料试验时共同遵守的基础标准。

修订后的规程由八章、一个附录构成,主要包括集料取样方法、粗集料试验、细集料试验、填料试验、工业矿渣集料试验、再生集料试验,共计 71 项试验方法,其中增补 23 项试验,修订 20 项试验,删除 2 项试验,删除 1 项附录。本规程修订要点有:

1. 新增加第 3 章集料取样方法,调整了 T 0301 试验方法的名称,同时增加了细集料、填料的取样法内容。

2. 增补了粗集料的棱角性(流动时间法 T 0362)、磨耗(微型狄法尔法 T 0363)、冻融(T 0364)、高温稳定性(T 0365)、热老化(煮沸法 T 0366)、平均厚度(T 0367)、集料碱活性(混凝土棱柱体法 T 0368)以及集料碱活性(岩石柱法 T 0369)8 项试验;删除了粗集料的含土粗集料筛分和抑制集料碱活性效能 2 项试验。

3. 修改了粗集料的筛分(T 0302)、密度及吸水率(网篮法 T 0304)、有机物含量(T 0313)、压碎值(T 0316)、磨光值(T 0321)、坚固性(T 0314)、集料碱活性检验(岩相法 T 0324)、集料碱活性(快速砂浆棒法 T 0325)8 个试验。

4. 增补了细集料的水溶性氯离子含量(T 0372)和贝壳含量(T 0373)2 项试验;修订了细集料的密度及吸水率(坍落筒法 T 0330)、亚甲蓝(T 0349)、有机物含量(T 0336)、云母含量(T 0337)、轻物质含量(T 0338)、硫酸盐和硫化物含量(T 0341)、坚固性(T 0340)以及棱角性(流动时间法 T 0345)8 项试验。

5. 将原“矿粉试验”章名调整为“填料试验”;增补了填料的筛分(负压筛法 T 0356)、干压空隙率(T 0357)、比表面积(勃氏法 T 0358)、含水率(T 0359)、烧失量(T 0360)和碳酸钙含量(T 0361)6 项试验;修订了填料的密度和塑性指数 2 项试验。

6. 新增加第 7 章 工业矿渣集料试验,增补了工业矿渣集料的磁性金属铁含量(T 0374)、钢渣游离氧化钙含量(T 0375)、重矿渣硅酸二钙分解(T 0376)、重矿渣铁分解(T 0377)和重矿渣比色(T 0378)5 项试验;修订了工业矿渣集料的钢渣浸水膨胀 1 项试验。

7. 新增加第 8 章 再生集料试验,增补了再生集料的酸溶性氯离子含量(T 0379)和水溶性硫酸盐含量(T 0380)2 项试验。

8. 删除原附录 A 公路工程方孔筛集料标准筛。

9. 对本次修订未作实质性修改的 1994 年、2000 年、2005 年编写、修订的试验方法进行了局部文字性修改和有效性确认。

本规程由严二虎、李福普负责起草第 1~3 章及附录 A,由严二虎、李福普、徐剑负责起草第 4 章,由李闯民、田波、牛开民、凌四负责起草第 5 章,由黄学文、周震宇、何玉柒负责起草第 6 章,由龚演、张圣建、王玉果、薛成负责起草第 7 章,由侯荣国、李明锋负责起草第 8 章。

请各有关单位在执行过程中,将发现的问题和意见,函告本规程日常管理组,联系人:严二虎(地址:北京市海淀区西土城路 8 号,邮编:100088,电话及传真:010-62079576,电子邮件:eh. yan@rioh. cn),以便下次修订时参考。

主 编 单 位:交通运输部公路科学研究院

参 编 单 位:中交建筑集团有限公司

长沙理工大学

安徽省交通控股集团有限公司

河南省黄河高速公路有限公司

中交一公局集团有限公司

中交第二公路工程局有限公司

主 编:严二虎

主要参编人员:李福普 徐 剑 李闯民 凌 四 田 波 黄学文
牛开民 周震宇 张圣建 李明锋 侯荣国 何玉柒
龚 演 王玉果 薛 成

主 审:王 林

参与审查人员:冯德成 薛忠军 薛 成 杨丽英 齐永生 朱洪洲
田克平 梁剑军 曾 峰 王玉果 韦金城

参 加 人 员:李东钊 曾靖翔 李 攀 常 嵘 王志军 李 健
罗恺彦 姜 博 刘玉红 潘 树 夏惠森 张铁印

目次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	5
3	集料取样方法	7
T 0301—2024	集料取样法	7
4	粗集料试验	20
T 0302—2024	粗集料的筛分试验	20
T 0304—2024	粗集料密度及吸水率试验(网篮法)	27
T 0308—2005	粗集料密度及吸水率试验(容量瓶法)	33
T 0307—2005	粗集料吸水率试验	37
T 0309—2005	粗集料堆积密度及空隙率试验	39
T 0305—1994	粗集料含水率试验(烘干法)	44
T 0306—1994	粗集料含水率快速试验(酒精燃烧法)	46
T 0310—2005	粗集料含泥量及泥块含量试验	48
T 0313—2024	粗集料有机物含量试验	51
T 0311—2005	粗集料针、片状颗粒含量试验(规准仪法)	54
T 0312—2005	粗集料针片状颗粒含量试验(卡尺法)	57
T 0367—2017	集料平均厚度及中位粒径试验	60
T 0346—2000	粗集料破碎颗粒含量试验	63
T 0362—2024	粗集料棱角性试验(流动时间法)	68
T 0320—2005	粗集料软弱颗粒含量试验	73
T 0363—2024	集料磨耗试验(微型狄法尔法)	74
T 0316—2024	粗集料压碎值试验	81
T 0317—2005	粗集料磨耗试验(洛杉矶法)	85
T 0322—2000	粗集料冲击值试验	89
T 0321—2024	粗集料磨光值试验	92
T 0323—2000	粗集料磨耗试验(道瑞试验)	110
T 0314—2024	粗集料坚固性试验	114
T 0364—2024	粗集料冻融试验	121

T 0365—2024	粗集料高温稳定性试验	124
T 0366—2024	粗集料热老化试验(煮沸法)	128
T 0324—2024	集料碱活性检验(岩相法)	132
T 0325—2024	集料碱活性检验(快速砂浆棒法)	140
T 0368—2024	集料碱活性检验(混凝土棱柱体法)	146
T 0369—2024	集料碱活性检验(岩石柱法)	152
T 0347—2000	集料碱值试验	156
5	细集料试验	160
T 0327—2005	细集料筛分试验	160
T 0328—2005	细集料表观密度试验(容量瓶法)	163
T 0330—2024	细集料密度及吸水率试验(坍落筒法)	166
T 0331—1994	细集料堆积密度及空隙率试验	171
T 0332—2005	细集料含水率试验(烘干法)	175
T 0343—1994	细集料含水率快速试验(酒精燃烧法)	176
T 0333—2000	细集料含泥量试验(筛洗法)	178
T 0335—1994	细集料泥块含量试验	180
T 0334—2005	细集料砂当量试验	182
T 0349—2024	细集料亚甲蓝试验	189
T 0336—2024	细集料有机物含量试验	195
T 0337—2024	细集料云母含量试验	199
T 0338—2024	集料轻物质含量试验	200
T 0341—2024	集料硫酸盐和硫化物含量试验	203
T 0372—2024	集料水溶性氯离子含量试验	212
T 0373—2024	集料中贝壳含量试验	217
T 0339—1994	细集料膨胀率试验	220
T 0340—2024	细集料坚固性试验	222
T 0344—2000	细集料棱角性试验(间隙率法)	227
T 0345—2024	细集料棱角性试验(流动时间法)	231
T 0350—2005	细集料压碎值试验	235
6	填料试验	238
T 0351—2000	填料筛分试验(水洗法)	238
T 0356—2024	填料筛分试验(负压筛法)	240
T 0357—2024	填料干压空隙率试验	243
T 0358—2024	填料比表面积试验(勃氏法)	246
T 0352—2024	填料密度试验	252
T 0359—2024	填料含水率试验(烘干法)	255
T 0353—2000	填料亲水系数试验	256

T 0354—2024	填料塑性指数试验	258
T 0355—2000	填料加热安定性试验	259
T 0360—2024	填料烧失量试验	261
T 0361—2024	填料碳酸钙含量试验	263
7	工业矿渣集料试验	268
T 0348—2024	钢渣浸水膨胀试验	268
T 0374—2024	磁性金属铁含量试验	271
T 0375—2024	钢渣的游离氧化钙含量试验	276
T 0376—2024	重矿渣硅酸二钙分解试验	282
T 0377—2024	重矿渣铁分解试验	284
T 0378—2024	重矿渣比色试验	286
8	再生集料试验	289
T 0379—2024	再生集料水溶性硫酸盐含量试验	289
T 0380—2024	再生集料酸溶性氯离子含量试验	293
附录 A	不同温度时水的密度	298

1 总 则

1.0.1 为适应公路建设和管理需要,统一和规范公路工程集料试验方法,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于公路工程集料的试验。

1.0.3 本规程使用的仪器设备,均应检定、校准合格,并应符合本规程规定要求。

1.0.4 本规程采用国家法定计量单位。

1.0.5 试验应遵守安全操作、防火、防毒及环境保护的规定。

1.0.6 公路工程集料试验除应符合本规程的规定外,尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 集料 aggregate

在混合料中起骨架和填充作用的粒料,包括碎石、砾石、机制砂、石屑、砂等。

2.1.2 粗集料 coarse aggregate

在沥青混合料中,粗集料是指粒径大于 2.36mm 的碎石、破碎砾石、筛选砾石和矿渣等;在水泥混凝土、粒料材料、无机稳定类材料等中,粗集料是指粒径大于 4.75mm 的碎石、砾石和破碎砾石。

2.1.3 细集料 fine aggregate

在沥青混合料中,细集料是指粒径小于 2.36mm 的天然砂、人工砂(包括机制砂)及石屑;在水泥混凝土、粒料材料、无机稳定类材料等中,细集料是指粒径小于 4.75mm 的天然砂、人工砂。

2.1.4 天然砂 natural sand

由自然风化、水流冲刷、堆积形成的、粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒,按生存环境分河砂、海砂、山砂等。

2.1.5 人工砂 manufactured sand

经人为加工处理得到的符合规格要求的细集料,通常指石料加工过程中采取真空抽吸等方法除去大部分土和细粉,或将石屑水洗得到的洁净的细集料。从广义上分类,机制砂、矿渣砂和煅烧砂都属于人工砂。

2.1.6 机制砂 crushed sand

由碎石及砾石经制砂机反复破碎加工至粒径小于 4.75mm 的人工砂,亦称破碎砂。

2.1.7 石屑 screenings

采石场加工碎石时通过最小筛孔(通常为 2.36mm 或 4.75mm)的筛下部分,也称筛屑。

2.1.8 填料 filler

在沥青混合物中起填充作用的粒径小于 0.075mm 的矿物质粉末。通常是石灰岩等碱性料加工磨细得到的矿粉,水泥、消石灰、粉煤灰等矿物质有时也可作为填料使用。

2.1.9 矿粉 mineral powder

由石灰岩等碱性石料经磨细加工得到的,在沥青混合物中起填料作用的以碳酸钙为主要成分的矿物质粉末。

2.1.10 堆积密度 bulk density

单位体积(含材料的实体矿物成分及其闭口、开口孔隙体积及颗粒间空隙体积)物质颗粒的质量,又分为松散堆积密度、振实堆积密度和捣实堆积密度。

2.1.11 表观密度 apparent particle density

单位体积(含材料的实体矿物成分、闭口孔隙和开口中尚未完全被水填充的孔隙体积)物质颗粒的干质量。

2.1.12 表观相对密度 apparent specific gravity

表观密度与同温度水的密度之比值。

2.1.13 表干密度 saturated and surface-dry particle density

饱和面干毛体积密度的简称,即单位体积(含材料的实体矿物成分及其闭口孔隙、开口孔隙等颗粒表面轮廓线所包围的全部毛体积)物质颗粒的饱和面干质量(含物质颗粒的干质量和开口孔隙吸收水的质量)。

2.1.14 表干相对密度 bulk specific gravity of saturated surface-dry

饱和面干毛体积相对密度的简称,即表干密度与同温度水的密度之比值。

2.1.15 毛体积密度 bulk particle density

单位体积(含材料的实体矿物成分及其闭口孔隙、开口孔隙等颗粒表面轮廓线所包围的全部毛体积)物质颗粒的干质量。

2.1.16 毛体积相对密度 bulk specific gravity

毛体积密度与同温度水的密度之比值。

2.1.17 集料空隙率 voids in aggregate

集料的颗粒之间空隙体积占集料体积(含材料的实体矿物成分、闭口孔隙和开口中尚未完全被水填充的孔隙体积)的百分比。

2.1.18 最大粒径 maximum size

集料 100% 应通过的最小标准筛筛孔尺寸。

2.1.19 公称最大粒径 nominal maximum size

指集料可能全部通过或允许有少量不通过(一般容许筛余不超过 10%)的最小标准筛筛孔尺寸。通常比集料最大粒径小一个粒级。

2.1.20 钢渣 steel slag

由碱性氧气转炉钢渣或电弧熔炉炼钢过程中排出的液态熔渣经冷却固化后成为钢渣,主要成分硅酸盐、铁酸盐。

2.1.21 重矿渣 air-cooled blast furnace slag

风冷高炉重矿渣的简称,高炉熔渣经空气自然冷却后得到的渣。

2.1.22 碱-集料反应 alkali-aggregate reaction

水泥、外加剂等混凝土组成物及环境中的可溶性碱(钠、钾的氢氧化物)与集料中某些矿物在潮湿环境下缓慢发生并导致混凝土膨胀开裂至破坏的化学反应,可分为碱-硅酸反应和碱-碳酸盐反应。

2.1.23 恒重 constant mass

烘干过程中,在规定温度条件下间隔不小于 3h 的连续两次称量,其质量变化不大于 0.1% 达到恒重。

2.1.24 轻物质 lightweight contaminator

集料中表观密度小于 2g/cm^3 的物质。

2.1.25 轻集料 lightweight aggregate

堆积密度小于 1.2g/cm^3 的多孔集料。

条文说明

2.1.2 基层无机结合料稳定材料、无结合料粒料材料、砂浆用粗集料、细集料的划分标准同水泥混凝土用集料。

2.1.11 在集料密度试验时,由于浸泡时间有限,集料开口孔隙不可能完全被水填充,因此计算集料表观密度用体积包含开口中尚未完全被水填充的孔隙体积。

2.1.19 公称最大粒径,绝大部分为筛余率 0~10% 或通过百分率 90%~100% 对应的筛孔。但是在实际工程中,也有其他值,例如《公路路面基层施工技术细则》中 4.75~

9.5mm 等粗集料公称最大粒径的筛余率为 0 ~ 15% ,而《公路沥青路面施工技术规范》中 S16 的 0 ~ 3mm 机制砂公称最大粒径通过率为 80% ~ 100% 。

2.2 符 号

- AAR(alkali-aggregate reaction)——碱-集料反应;
 AAV(aggregate abrasion value)——道瑞磨耗值;
 ACR(alkali-carbonate reaction)——碱-碳酸盐反应。
 ACV(aggregate crushing value)——压碎值;
 AIV(aggregate impact value)——冲击值;
 ALD(Average least thickness)——集料平均厚度
 ASR(alkali-silica reaction)——碱-硅酸反应;
 C_A ——集料的碱值;
 C_{AAR} ——碱活性矿物含量;
 C_{aCl} ——再生集料中酸溶性氯离子含量;
 C_{aS} ——酸溶性硫酸盐含量(以 SO_3 质量计) ;
 C_C ——破碎颗粒含量;
 C_{CaCO_3} ——碳酸钙含量;
 C_{Fe} ——磁性金属铁含量;
 C_{CaO} ——游离氧化钙含量;
 C_{SO_4} ——再生集料中水溶性硫酸盐(以 SO_4 质量计)的含量;
 C_{tS} ——总硫含量(以 SO_3 质量计) ;
 C_{wCl} ——水溶性氯离子含量;
 C_{wS} ——水溶性硫酸盐含量(以 SO_3 质量计) ;
 γ_a ——表观相对密度;
 γ_b ——毛体积相对密度;
 γ_s ——表干相对密度;
 E_c ——棱角性试验流动时间;
 ε_t ——碱活性试验时龄期 t 天的膨胀率;
 η ——填料亲水系数;
 LA(los Angeles coefficient)——洛杉矶磨耗值;
 MB(methylene blue value)——细集料 0 ~ 2.36mm 部分的亚甲蓝值;
 MB_F(methylene blue value of fines)——细集料或填料 0 ~ 0.15mm 部分的亚甲蓝值;
 M_{DE}(Micro-Deval coefficient)——微型狄法尔磨耗值;
 M_x——细度模数;
 PSV(polished stone value)——磨光值;
 Q_b ——贝壳含量;

- Q_e ——云母含量;
 Q_{e+f} ——针、片状颗粒含量;
 $Q_{e\&f}$ ——针片状颗粒含量;
 Q_g ——轻物质含量;
 Q_k ——泥块含量;
 Q_n ——含泥量;
 Q_r ——软弱颗粒含量;
 ρ_a ——表观密度;
 ρ_b ——毛体积密度;
 ρ_{bl} ——堆积密度;
 ρ_s ——表干密度;
 ρ_T ——温度 T 时水的密度;
 SE(sand equivalent value)——砂当量;
 S_{bLA} ——热老化试验洛杉矶磨耗值变化;
 S_{bm} ——热老化试验质量损失率;
 S_{fNaCl} ——氯化钠水溶液冻融质量损失率;
 S_{fW} ——纯水冻融质量损失率;
 S_{hm} ——高温稳定性试验质量损失率;
 S_{hLA} ——高温稳定性试验洛杉矶磨耗值变化;
 S_{sm} ——硫酸镁溶液坚固性试验质量损失百分率;
 S_{sn} ——硫酸钠溶液坚固性试验质量损失百分率;
 VCA_{DRC} ——捣实状态下的粗集料骨架间隙率;
 V_e ——间隙率;
 V_f ——填料的干压空隙率;
 V_w —— w 含水率时的膨胀率;
 V_s ——钢渣试样膨胀率;
 w ——集料的含水率;
 w_x ——集料的吸水率。

条文说明

本次修订增列了各试验方法中的主要试验方法、参数的符号,同时修订了压碎值 ACV、洛杉矶磨耗值 LA、亚甲蓝值 MB、MBF 等相关符号。

3 集料取样方法

T 0301—2024 集料取样法

1 适用范围

本方法适用于对粗集料、细集料、填料等的取样。

2 仪器

2.1 接料器:长方体金属容器,长度稍大于运输机皮带的宽度,宽度不小于 200mm、深度不小于 400mm。

2.2 带开槽的取样管(图 T0301-1):材质为不锈钢或黄铜,分内管和外管,内管直径不小于 30mm,有效长度为 1.0~2.0m,长度可根据需要增加。内、外管沿长度方向有开槽,槽口宽度不小于所取集料公称最大粒径的 3 倍,且不小于 10mm。通过旋转内管可以实现开槽的打开、闭合;同时外管一端有尖端,便于取样。



图 T 0301-1 带开槽的取样管示意图

2.3 带气孔的取样管(图 T0301-2):材质为不锈钢或黄铜;有效长度 L_1 ,对于填料为 520mm,对于细集料可根据需要增加;内径不小于 25mm;前端角度 θ 为 $25 \sim 30^\circ$ 。

2.4 分料器:采用格槽二分器(图 T 0301-3)。分料器上有偶数个等宽的格槽,粗集料用分料器不少于 8 个格槽,格槽的宽度不小于集料最大粒径的 150%;细集料和填料用分料器不少于 12 个格槽,格槽宽度为 15~20mm。每个分料器配备不少于 2 个接料斗。

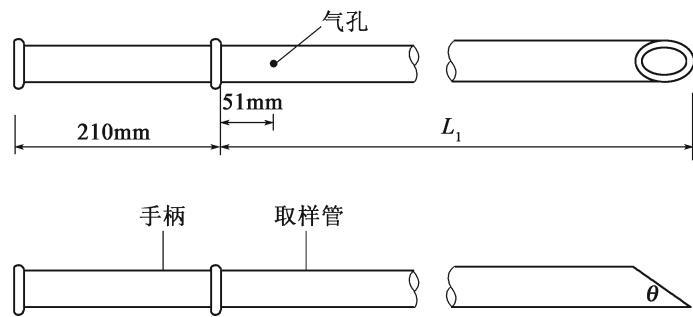


图 T 0301-2 带气孔的取样管示意图

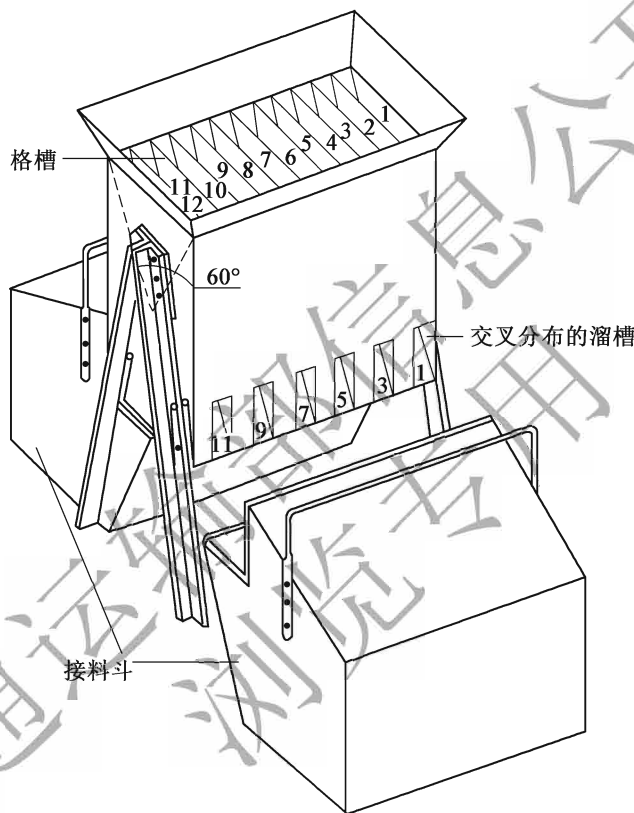


图 T 0301-3 分料器示意图

2.5 装料容器。

2.6 料铲:金属材质,宜为方形平底料铲,铲中 最小宽度不小于集料公称最大粒径的 3 倍,且铲口宽度不小于 60mm。

2.7 铁锹:平头铁锹,锹头宽不少于 150mm,两侧外缘卷起高度不少于 10mm,以避免材料从侧面滚落。

2.8 容器:不锈钢材质的金属盆等。

2.9 其他:金属盘、毛刷等。

3 取样方法

3.1 皮带运输机上取样

3.1.1 在采石场的生产线、拌和楼(机)冷料输送带上,可采用此方法取样。

3.1.2 取样时,在运输机骤停状态下在输送带上随机截取一段,用料铲和毛刷取全断面材料;或用接料器在皮带运输机的端部出料处连续接一定时间内的全部材料。取样长度应不小于输送带上料宽的3倍。间隔多次取样;取至少三份等量材料组成一组样品。

3.1.3 待皮带运输机稳定运转一定时间后取样,不要在初始运转或运转结束时取样。

3.2 料堆上取样

3.2.1 在料堆上取样时应提前确定取样方案,视堆料方式、料堆形状、料堆的大小、材料规格及离析情况确定具体的取样方法和取样数量;应清除料堆表面部分材料后从料堆内部取样。

3.2.2 对于分层堆积成扁平状料堆,在顶部选择至少均匀分布的3处位置(图T 0301-4)进行取样。每处位置取样时,用铁锹或装载机等开挖一定深度的料槽,其深、宽应不小于30cm(对于钢渣、重矿渣、再生集料,其槽深不小于100cm);槽底应水平,沿每个槽底等间距3个点用铁锹或料铲取三份等量材料。共取至少九份等量材料组成一组样品。每处取样深度应不同。

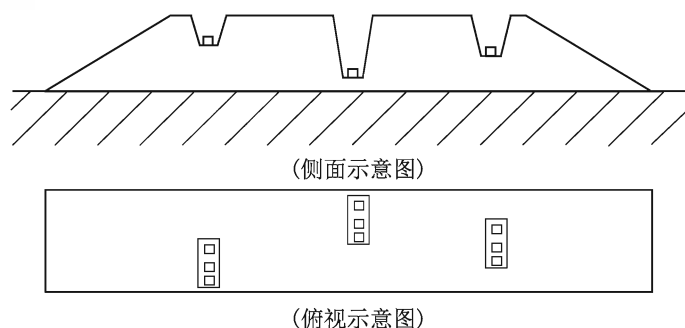


图 T 0301-4 扁平状料堆取样位置示意图

3.2.3 对于锥体状料堆,宜采用装载机按如下方法沿料堆四周均匀分布的至少 3 个坡面位置取样:

1. 将装载机靠近选定的一个坡面,但其前轮不得接触料堆;保持装料机待在原地,操作装载机使铲斗离地约 150mm 高度处插入料堆中,沿坡面从下向上铲出一满斗材料,倾斜铲斗使材料滚落、倾倒在原坡面上,然后再次操作装料机将前述倾倒材料从下向上一次性铲到铲斗中;

2. 倒开装载机至一处干净的平地上,向前倾斜铲斗使材料沿铲斗宽度方向均匀、缓慢滚落,并形成一个锥状小料堆,铲斗离地不要过高而产生离析;调整铲斗高度至小料堆高度的一半处,用铲斗后背一次性将小料堆刮成扁平状,将铲斗置于扁平状小料堆中心将小料堆进一步整理成椭圆形饼状小料堆;

3. 在椭圆形饼状小料堆顶面均匀分布选点,在每个选定点的位置用料铲(或铁锹)在顶部垂直插入料堆取一满铲(锹)料,逐点取样组成一份材料。避免在靠近边缘处取样。

4. 按照上述步骤完成各坡面位置取样,共取至少三份等量材料组成一组样品。

3.2.4 对于锥体状料堆,当不具备装载机取样时,可选择均匀分布的至少 3 个坡面进行人工取样。

1. 按图 T 0301-5 所示,在每个坡面的上 1/3、中 1/3 和下 1/3 的三个区域分别选点取样,在各区域取样点数,细集料为 1、1、2,粗集料为 1、2、3。

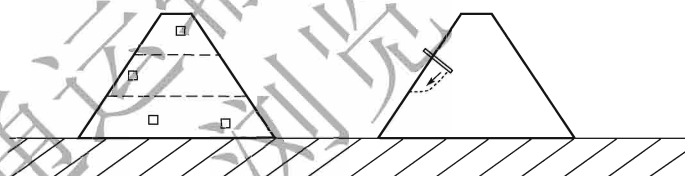


图 T 0301-5 锥体状细集料料堆人工取样示意图

2. 取样时,应在取样点稍上位置用木板或金属盘等垂直插入料堆,以减少堆面集料滚落;清除表面材料(厚度不少于集料公称最大粒径 2 倍)后,在取样点底部用料铲或铁锹垂直插入料堆快速取一份材料。

3. 按照上述要求在所有选定坡面各点上取样,取至少十二份(粗集料至少十八份)等量材料组成一组样品。

3.2.5 对于细集料,也可采用带开槽的取样管插入料堆进行取样。

1. 对于扁平料堆可在顶部均匀分布至少 5 个取样点(如图 T 0301-6)。将取样管垂直插入料堆全深度或取样管有效长度完全没入料中(有效长度不少于 1m),转 2~3 圈,使内管装满材料,转动内管控制开关、关闭内管,抽出一管材料;每点取一管,或多管材料组成一份。取至少五份等量材料组成一组样品。

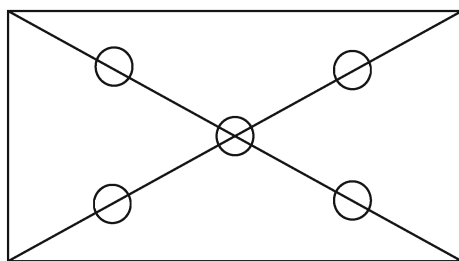


图 T 0301-6 五点取样位置图

2. 对于锥体状料堆,在均匀分布的至少 3 个坡面上,按图 T 0301-5 三个区域分别选 1、1、2 个取样点;在取样点将取样管水平或略向上倾斜插入料堆全深度或取样管有效长度完全没入料中(有效长度不少于 1m),转 2~3 圈,使内管装满集料,转动内管控制开关、关闭内管,抽出一管材料;每点取一管,或多管材料组成一份材料。取至少三份等量材料组成一组样品。

3.2.6 取样时每个位置或深度取相同铲(或锹、管)数的满铲(或锹、管)集料组成一份样品。

3.3 货仓(火车皮、货车斗、船仓)中取样

3.3.1 货仓(火车皮、货车斗、船仓)中材料,宜运输到现场、卸料后在料堆中按 3.2 方法进行取样。如确需货仓中取样可按如下方法进行。

3.3.2 取样之前应制定取样方案,视材料数量、规格及离析情况确定具体的取样方法和取样数量。

3.3.3 对于火车上取样,应随机抽取一列火车中至少 3 节货仓。从一节货仓顶部选择至少 1 处,按 3.2.2 开一个料槽取至少三份等量材料;将至少 3 节车厢所取至少九份等量材料组成一组样品。当取细集料时,在一节车厢的货仓顶部选择均匀分布的至少 3 点,采用带开槽的取样管在每点取一管或多管材料组成一份;将至少 3 节车厢所取至少九份等量材料组成一组样品。

3.3.4 对于货船上取样,应从货仓顶部选择均匀分布的至少 3 处,每处按 3.2.2 开槽取至少三份等量材料;将至少 3 处所取的九份等量材料组成一组样品。当取细集料时,从货仓顶部选择至少均匀分布的 5 点,采用带开槽的取样管在每点取一管或多管材料组成一份,取至少五份等量材料组成一组样品。

3.3.5 对于货车上取样,应随机抽取 1 辆货车。在一个货车车斗顶部选择至少 1 处,按 3.2.2 开一个槽取至少三份等量材料组成一组样品。当取细集料时,应在一个货仓

顶部选择均匀分布的至少 3 点,采用带开槽的取样管在每点取一管或多管材料组成一份,将所取三份等量材料组成一组样品。

3.3.6 从货仓中进行填料取样时,应按照 3.3.3 ~ 3.3.5 中细集料取样方法取样后及时装入洁净、干燥、不易受污染的装样容器中。

3.3.7 取样时每个位置或深度取相同铲(或锹、管)数的满铲(或锹、管)集料组成一份样品。

3.4 沥青拌和楼的热料仓取样

3.4.1 取样之前,热料仓为满仓或接近满仓。按一定配比拌和至少 3 盘集料混合料或单档集料(不加沥青结合料及各添加剂),至集料表面未见裹覆沥青。

3.4.2 按如下方法进行热料仓材料的取样:

1 操作拌和楼,将某一单档热料仓材料排放到拌和锅内,放料宜不少于满锅质量的 60% ~ 85%。打开仓门借助装载机进行卸料;卸料时装载机不得溢料。

2 按上述方法卸料至少四次。第一次卸料废弃;从第二次开始,将材料卸到一处干净的平地上,按 3.2.3 中 2、3 方法取一份样品。

3 按前述方法取至少三份等量的材料组成一组样品。

3.4.3 按以上方法完成各档热料仓材料的取样。

3.5 包装集料取样

3.5.1 从袋、包或小容器等包装中取样之前,应观察各包装中集料均匀性情况。随机抽取 1 个包装进行取样。

3.5.2 当一个包装中集料数量较大时,按照 3.2.3 中第 2 ~ 3 步将选定的包装中材料卸到一处干净的平地上,取一份材料为一组样品。

3.5.3 当袋装集料数量不大时,将选定的包装中材料卸到一处干净的平地上,经缩分得到一份材料为一组样品;也可以将整包装材料作为一组样品。

3.5.4 对于细集料、填料,可采用带气孔的取样管取多份材料组成一组样品,其中细集料不少于十份,填料不少于十五份。取样时,在包袋的边角或顶部缝合处将取样管慢慢插入材料中至一定深度,用拇指按住气孔,抽出取样管取一管集料为一组材料。取样时应

在不同方向、不同深度取样。

3.5.5 对于填料,所取样品应及时装入洁净、干燥、不易受污染的装样容器中。

3.6 料场调查时取样

3.6.1 在料场未正式确定之前,需要进行料场调查,以检验其质量,或便于料场比选,可按本方法取样。

3.6.2 碎石采石场

1 取样之前,现场调查采石场矿床中岩层分布情况,对于不同岩层应分别取样,但不得在风化层取样。

2 在每一个岩层,应在至少3个位置采取钻芯或切割取样;有显著层理的岩石,需分别沿平行和垂直层理方向取样。所取岩石样品应满足一定尺寸要求,且样品上无开裂等情况。

3 岩石样品,按照相应试验要求室内逐级破碎、研磨成一定规格的集料,或钻芯、切割成岩石柱试样。

3.6.3 天然砂、砾石坑

1 取样之前,现场调查料坑分布情况,对于明显不同的分布层需要分别取样检验。

2 在每一个分布层,应在不同位置、深度处取样;取样之前应清除表面材料,按3.2.2在顶部垂直挖坑取样。

4 取样数量

4.1 取样数量应根据试验项目和样品规格确定。现场一次取样的最小样品质量应满足表 T 0301-1 要求,同时应满足每一单项试验所需的最小样品质量要求。各试验项目所需的最小样品质量应不少于表 T 0301-2 ~ 表 T 0301-4 的规定。对于表 T 0301-2 ~ 表 T 0301-4 中未规定的试验项目,每一单项试验所需的最小样品质量应不小于相应单项试验试样总质量的4倍。

表 T 0301-1 现场一次取样的最小样品质量

填料最小样品质量(kg)	细集料最小样品质量(kg)	粗集料相应公称最大粒径(mm)的最小样品质量(kg)										
		4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
6	10	15	20	30	35	40	50	55	60	70	75	80

表 T 0301-2 粗集料单项试验项目所需的样品质量

试验项目	粗集料相应公称最大粒径(mm)的最小样品质量(kg)										
	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
筛分	4	8	8	12	16	32	40	52	88	136	200
密度及吸水率(网篮法)	4	8	8	9	10	15	16	20	32	44	64

续表 T 0301-2

试验项目	粗集料相应公称最大粒径(mm)的最小样品质量(kg)										
	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
密度及吸水率 (容量瓶法)	4	8	8	9	10	15	16	20	/	/	/
堆积密度及空隙率	24	24	24	24	80	80	120	120	240	240	240
吸水率	4	8	8	9	10	15	16	20	32	44	64
含水率(烘干法)	4	6	8	10	11	16	19	22	32	36	48
含水率(酒精燃烧法)	2	2	2	4	8	12	16	20	24	/	/
针、片状颗粒含量	/	1	2	2	4	7	12	20	48	80	112
针片状颗粒含量	/	2	3	4	8	14	24	40	96	160	224
破碎颗粒含量	/	2	4	8	12	24	40	60	120	240	360
含泥量、泥块含量	6	8	8	8	24	24	40	40	60	80	120
轻物质含量	4	4	8	10	11	16	19	22	32	36	48
酸溶性硫酸盐 含量、总硫含量	2	3	4	5	6	8	10	11	16	18	24
水溶性硫酸盐含量	20	20	20	20	20	32	40	48	60	80	100
水溶性氯离子含量	20	20	20	20	20	32	40	48	60	80	100
贝壳含量	4	4	8	8	16	24	40	80	120	160	/
碱活性检验(岩相法)	40	40	40	40	40	200	200	200	600	600	600
碱活性(化学法)	2	3	4	5	6	8	10	11	16	18	24
碱值	2	3	4	5	6	8	10	11	16	18	24
钢渣的游离氧化钙含量	1	2	3	4	6	10	20	32	60	100	/
再生粗集料成分及含量	80	80	80	80	80	80	80	200	200	200	200
再生集料酸溶性 氯离子含量	2	3	4	5	6	8	10	11	16	18	24

表 T 0301-3 细集料单项试验项目所需的样品质量

试验项目	最小样品质量(kg)	试验项目	最小样品质量(kg)	试验项目	最小样品质量(kg)
筛分	4	砂当量	4	水溶性氯离子含量	4
表观密度试验 (容量瓶法)	3	亚甲蓝	16	贝壳含量	4
细集料密度及吸水率 (坍落筒)	5	有机质含量	1	再生集料酸溶性氯离子含量	2
堆积密度及空隙率	20	云母含量	0.2	坚固性	24
含水率(烘干法)	2	轻物质含量	2	棱角性(间隙率法)	12

续表 T 0301-3

试验项目	最小样品质量 (kg)	试验项目	最小样品质量 (kg)	试验项目	最小样品质量 (kg)
含水率快速 (酒精燃烧法)	2	酸溶性 硫酸盐含量	2	棱角性(流动时间法)	8
含泥量	3	总硫含量	2	碱活性检验(岩相法)	8
泥块含量	2	水溶性 硫酸盐含量	4	碱活性(化学法)	2

表 T 0301-4 填料单项试验项目所需的样品质量

试验项目	最小样品质量(g)	试验项目	最小样品质量(g)
筛分(水洗法)	800	亲水系数	80
筛分试验(负压筛法)	400	塑性指数	1200
密度	1600	加热安定性	400
干压空隙率	600	粉煤灰烧失量	120
含水率	800	碳酸钙含量	40

4.2 采石场取大块岩石或钻取、切割的岩样进行试验时,应符合本规程相应试验方法要求。若相应试验方法没有明确规定,一次性取样不小于 25kg,且应不小于 4.1 规定的试验项目所需的样品质量要求。当无明确尺寸要求时,一块岩石尺寸不宜小于 150mm × 150mm × 100mm。

4.3 天然砂、砾石坑取样时,天然砂至少取样 12kg,砾石至少取样 35kg,且应不小于 4.1 规定的试验项目所需的样品质量要求。

5 样品的缩分

5.1 分料器法缩分样品

5.1.1 将样品倾倒在一处干净的平台(少量样品可放在金属盘中),并搅拌均匀。
注:对于密度等试验应按照相应试验方法要求进行过筛后再搅拌均匀。

5.1.2 样品缩分时应处于稍干燥的自由流动状态。

5.1.3 将样品装入金属盘(或接料器等),沿全长度方向均匀摊平;倾斜金属盘(或接料器等)将样品从分料器中线正上方匀速流入分料器中;应使样品尽可能等量、均匀通过各格槽,落入两个接料斗。取其中一个接料斗中的样品,重复缩分直至得到满足要求数

量的一份试样为止。

5.1.4 应避免颗粒的散失,每次缩分时需借助毛刷收集粉料等所有颗粒。

5.2 分铲法缩分样品

5.2.1 确定一份试样质量 $m_{\text{试样}}$,所取样品总质量 $m_{\text{样品}}$,计算所取样品可缩分的分数 n ,即 $n = m_{\text{样品}}/m_{\text{试样}}$,取整。

5.2.2 确定一铲样品的最大质量 $m_{\text{铲}} = m_{\text{试样}}/10n$ 。

5.2.3 采用料铲依次取出 n 铲样品,放在干净的平台;每铲质量等量,且不大于 $m_{\text{铲}}$ 。每铲样品单独放,堆放 n 个小料堆。

注:缩分之前,对于密度等试验应按照相应试验方法要求进行过筛后再缩分。

5.2.4 再取 n 铲样品,依次堆放在前述小料堆上。

5.2.5 重复 5.2.4 步骤,将样品完全缩分、得到 n 堆等量的样品;每堆样品分铲不少于 10 次。

5.2.6 从 n 堆样品中随机选择一堆作为一份试样。

5.3 四分法缩分样品

5.3.1 缩分之前,样品应倾倒在一处干净的平台(少量样品可放在金属盘中),进行搅拌均匀。

注:对于密度等试验应按照相应试验方法要求进行过筛后再搅拌均匀。

5.3.2 按图 T 0301-7 所示进行四分法缩分。在平台上将第一满铲样品堆成锥体状;取第二满铲样品放在前述锥体顶部,并使样品颗粒沿锥体各个方向滚落、均匀分布,将所有样品按照上述方法逐层堆成大锥体状;然后用铲子将锥状颗粒翻面,按照以上方法再次逐层堆成大锥体状。重复不少于三次。

5.3.3 在最后一次逐层堆成大锥状后,不断用料铲垂直插入锥体顶面向四周摊平集料,摊平成为直径与厚度比为 4~8 倍的圆饼状。再沿直角相交的两条对角线将样品分成四份。取一对角线的样品,重复上述过程直至得到满足要求数量的试样为止。

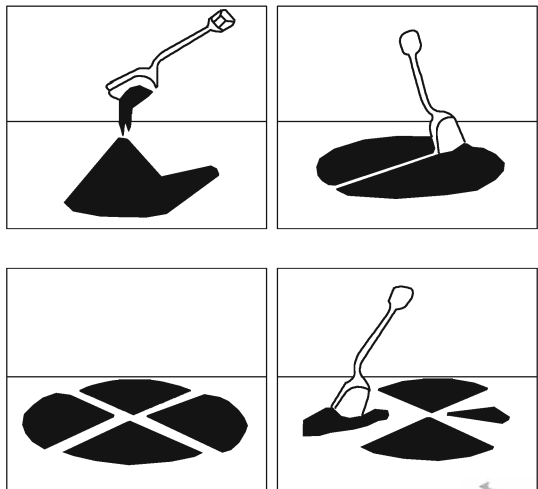


图 T 0301-7 四分法示意图

5.3.4 应避免颗粒的散失,每次缩分时需借助毛刷收集粉料等所有颗粒。

5.4 缩分方法选择

5.4.1 样品缩分优先采用分料器法,没有分料器时可采用分铲法、四分法。样品的缩分也可将以上方法结合起来使用。

5.4.2 潮湿的样品不得直接采用分料器法缩分。潮湿样品经风干、烘干使含水率低于吸水率后可采用分料器法缩分;烘干时温度应满足本规程相应试验方法要求。

注:烘干后结团的样品也不应采用分料器法缩分。

5.4.3 测定含水率的样品,或含有粒径大于 53mm 颗粒的样品,不得采用分料器法缩分。

5.4.4 过于干燥(颗粒表面无自由水)的样品不得采用分铲法和四分法缩分。过于干燥的样品经洒适量水、充分拌和后可采用分铲法和四分法缩分。

5.5 当样品分多个包装(或容器)时,应按照如下方法之一进行缩分:

- 1 将所有包装(或容器)中样品混合在一起后充分搅拌均匀,再进一步缩分;
- 2 当样品总量较大时,将各包装(或容器)中样品分别搅拌均匀,各包装(或容器)样品按照同样方法缩分同样次数,然后将各缩分得到的样品混合、拌匀,再进一步缩分。

5.6 当一项试验需要多份试样时,应按照如下方法之一进行缩分:

1 分料器法、四分法:将样品混合、搅拌均匀,按照试验要求的份数分成等量的多份子样;取一份子样按照 5.1 ~5.5 缩分出一份试样;逐份子样缩分得到满足试验要求的多份试样;

2 分料器法、四分法:按照 5.1 ~5.5 缩分出一份试样后,收集所有剩余样品,充分混合、搅拌均匀后再缩分一份试样;重复前述方法直至得到满足要求份数的试样。

3 分铲法:将样品按照 5.2 分成 n 个小料堆,随机选择一小堆为一份试样,取试验要求份数的试样。

5.7 缩分一份试样质量要求

5.7.1 对于堆积密度等试验规定试样质量范围时,缩分得到的一份试样质量应满足规定质量范围要求;

5.7.2 对于筛分等试验规定有试样最小质量时,缩分得到的一份试样质量宜为规定最小质量的 100% ~150% ;

5.7.3 对于有机质含量等试验仅规定试验质量定值时,缩分得到的一份试样质量与规定值之差应符合规定值的 $\pm 10\%$ 要求。

5.8 当缩分的一份试样质量不满足要求时,不得通过随意增减颗粒使其达到要求。当试样质量低于规定值时,应重新缩分试样。当试样质量略高于规定值时,可将试样倾倒在一片干净的平台,搅拌均匀后排成一直线,用平底料铲从一端开始取一定长度内所有颗粒,使其满足规定质量要求。

5.9 当一次取样同时进行多项试验时,先缩分出一项试验所需试样后,收集所有剩余样品,充分混合、拌匀后再按以上方法缩分得到其他项试验用试样。

6 样品的包装和储存

6.1 样品应采用合适方法进行包装,避免材料运输和存储过程中散失、污染;单个包装样品质量宜不超过 25kg。

6.2 对于填料和用于测定含水率的样品,应及时存放在密封的容器中,容器应洁净、干燥、防潮、密闭、不易破损,且不与材料发生反应。

6.3 每个样品包装应附独立的标识。标识应清晰、耐久,标明样品名称、编号、产地、规格、数量、取样方法、日期、地点与位置、取样单位、用途和检验项目等。

6.4 样品填写取样单后,储存于干燥、通风的环境中。

条文说明

3.1 生产、运输和堆放时都会造成集料不均匀,从而产生级配、针片状颗粒含量等指标波动。如在采石场,集料从皮带输送机端部落下时粗颗粒易滚向外侧,造成中间细、外侧粗;集料在拌和楼进行堆放等操作过程中也会出现同样的情况。料堆、货舱等中集料也可能是均匀的。因此在一个部位一次取样是很难取得代表性样品。为尽可能取代表性样品,需要严格按照要求取样方法,多次或不同位置(处、点等),取多份等量样品混合、拌匀,并且试验前进行缩分。

3.2 本方法中“每份样品”或“一份样品”是指一个位置(处、点等)所取的集料之和,可能是一铲(一锹、一管等)所取的集料,也可能是多料铲(多锹、多管等)的集料。为了使每份样品等量,每个位置(处、点等)取相同铲(锹、管)数的满铲(锹、管)集料组成一份样品。

3.5 新增加包装集料取样法,主要用于袋装填料或袋装细集料等取样。

3.6 新增料场调查取样法,主要用于料场未正式开采之前勘察、比选等取样进行试验。

4.1 表 T 0301-1 规定的样品最小质量要求,主要是为了使现场取样具有代表性。现场取样时应从不同位置(处、点等)取多份集料,一个位置取样满足代表性应具备一定的数量,因此几个不同位置(处、点等)取样加起来也应该满足一定数量要求。表 T 0301-2~表 T 0301-4 中规定的样品最小质量要求,主要是根据单项试验所需试样质量并提高样品缩分的代表性进行确定。

5.2 新增加分铲法缩分方法,当样品总量不大时,该方法操作简单,特别适合于填料的缩分。

5.4 需要根据试验时实际情况选择合适的样品缩分方法。缩分时应优先选择分料器法;但对于潮湿的样品,样品易结团、缩分试样不均匀,因此此时不得采用分料器法,同时对于含水率试验用样品也不得采用分料器法。而过于干燥(颗粒表面无自由水)的样品分铲法、四分法缩分时容易导致粉料散失,因此不得采用分铲法或四分法缩分过于干燥的样品。

样品缩分可以将几种方法组合应用,例如,当样品量较大时,可以将所有样品混合后,用四分法进行粗分,然后采用分料器法缩分至满足要求的试样。

5.8 由于缩分方法限制,不可能恰好缩分到正好满足要求质量的试样,特别是试样质量控制要求较高的试验,如洛杉矶磨耗试验。当质量不满足要求时,不得随意增减颗粒使其达到质量要求,样品缩分时每份试样质量可以略超一些,然后按照要求的方法去除部分颗粒。

4 粗集料试验

T 0302—2024 粗集料的筛分试验

1 适用范围

1.1 本方法适用于测定粗集料的颗粒组成,本方法也适用于测定集料混合料的颗粒组成。

1.2 对水泥混凝土用粗集料可采用干筛法筛分;对沥青混合料、粒料材料、无机稳定类材料等用粗集料应采用水洗法筛分。

1.3 对于轻集料应采用干筛法筛分。

2 仪器与材料

2.1 试验筛:方孔筛,孔径根据集料规格选用。2.36mm 及以下孔径试验筛,应采用满足 GB/T 6003.1 中规定的金属丝编织网试验筛,其筛框直径可选择 200mm 或 300mm。4.75mm 及以上孔径试验筛,应采用满足 GB/T 6003.2 中规定的金属穿孔板试验筛,其中 4.75 ~ 37.5mm 试验筛,其筛框直径为 300mm,而 53mm 及以上孔径试验筛,筛框直径应不小于 300mm。

2.2 摇筛机。

2.3 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。烘干能力不小于 25g/h。烘干能力验证方法:清空烘箱,1L 玻璃烧杯盛 500g(起始水温为 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)放入烘箱,在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干 4h,计算每个小时水质量损失。应检验烘箱中各支撑架的四角及中部。

2.5 盛水容器:浸泡试样用容器,如不锈钢的金属盆。

2.6 温度计:量程 0 ~ 200°C ,分度值 1°C 。

2.7 其他:金属盘、铲子、毛刷、搅棒等。

3 试验准备

将样品缩分至表 T 0302-1 要求质量的试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重, 并冷却至室温。

表 T 0302-1 粗集料筛分试验的试样质量

公称最大粒径 (mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量 (kg)	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	4.0	5.0	6.5	11.0	17.0	25.0

4 干筛法试验步骤

4.1 取一份干燥试样, 称其总质量 (m_0)。

4.2 将试样移入按筛孔大小从上到下组合的套筛(附筛底)上, 盖上筛盖后采用摇筛机或人工筛分约 10min。

4.3 试样经套筛筛分一定时间后, 取下各号筛, 加筛底和筛盖后再逐个进行人工补筛。人工补筛时, 需使集料在筛面上同时有水平方向及上下方向的不停顿的运动, 使小于筛孔的颗粒通过筛孔。将通过的颗粒并入下一号筛上, 并和下一号筛中的试样一起过筛, 顺序进行, 直至各号筛全部筛完为止。

4.4 人工补筛时应筛至每分钟各号筛的分计筛余量变化小于试样总质量的 0.1%, 并按照如下方式确认:

将单个筛(含筛底和筛盖), 一只手持着筛子(含筛底和筛盖), 使筛面稍微倾斜; 将筛子一侧斜向上猛力敲击另一只手的掌根, 每分钟约 150 次; 同时每 25 次旋转一次筛面, 每次旋转约 60° 。

4.5 各号筛的分计筛余量不得超过以下确定的剩留量, 否则应将该号筛上的筛余试样分成两小份或数小份, 分别进行筛分, 并以其筛余量之和作为该号筛的分计筛余量。

- 1 对于筛孔小于 4.75mm 的试验筛, 剩留量 (kg) 为 $7\text{kg}/\text{m}^2 \times \text{筛框面积}(\text{m}^2)$;
- 2 对于筛孔为 4.75mm 或以上试验筛, 剩留量 (kg) 为 $2.5\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{m}^2) \times \text{筛孔直径}(\text{mm}) \times \text{筛框面积}(\text{m}^2)$;
- 3 对于轻集料, 剩留量为筛上满铺一层时试样的质量。

4.6 当筛余颗粒粒径大于 19mm 时, 筛分过程中允许用手指拨动颗粒, 但不得逐颗塞过筛孔。当筛上的颗粒粒径大于 37.5mm 时, 可采用人工转动颗粒逐个确定其可通过的最小筛孔, 但不得逐颗塞过筛孔。

4.7 称取每号筛的分计筛余量(m_i)和筛底质量($m_{底}$)。

5 水洗法试验步骤

5.1 取一份干燥试样,称其总质量(m_0)。将试样移入盛水容器中摊平,加入水至高出试样 150mm。根据需要可将浸没试样静置一定时间,便于细粉从大颗粒表面分离。普通集料浸没水中不使用分散剂。特殊情况下,如沥青混合料抽提得到的集料混合料等可采用分散剂,但应在报告中说明。

5.2 根据集料粒径选择 4.75mm、0.075mm,或 2.36mm、0.075mm 组成一组套筛,其底部为 0.075mm 试验筛。试验前筛子的两面应先用水润湿。

5.3 用搅棒充分搅动试样,使细粉完全脱离颗粒表面、悬浮在水中,但应注意试样不得破碎或溅出容器。搅动后立即将浑浊液缓缓倒入套筛上,滤去小于 0.075mm 的颗粒。倾倒时避免将粗颗粒一起倒出而损坏筛面。

5.4 采用水冲洗等方法,将两只筛上颗粒并入容器中。再次加水于容器中,重复 5.3 中的步骤,直至浸没的水目测清澈为止。

5.5 将两只筛上及容器中的试样全部回收到一个金属盘中。当容器和筛上沾附有集料颗粒时,在容器中加入水、搅动使细粉悬浮在水中,并快速全部倒入套筛上;再将筛子倒扣在金属盘上,用少量的水并助以毛刷将颗粒刷落入金属盘中。待细粉沉淀后,泌去金属盘中的水,注意不要散失颗粒。

5.6 将金属盘连同试样一起置 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,称取水洗后的干燥试样总质量($m_{洗}$)。

5.7 将回收的干燥集料按 4 中干筛法步骤进行筛分,称取每号筛的分计筛余量(m_i)和筛底质量($m_{底}$)。

6 结果整理

6.1 干筛法筛分

6.1.1 试样的筛分损耗率按式 (T 0302-1) 计算,准确至 0.01%。

$$P_s = \frac{m_0 - m_{底} - \sum m_i}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0302-1})$$

式中: P_s ——试样的筛分损耗率,%;

m_0 ——筛分前的干燥试样总质量,g;

$m_{\text{底}}$ ——筛底质量, g;

m_i ——各号筛的分计筛余量, g;

i ——依次为 0.075mm、0.15mm……至集料最大粒径的排序。

6.1.2 试样的各号筛分计筛余率按式(T 0302-2)计算, 准确至 0.01%。

$$P'_i = \frac{m_i}{m_{\text{底}} + \sum m_i} \times 100 \quad (\text{T 0302-2})$$

式中: P'_i ——试样的各号筛分计筛余率, %。

6.1.3 试样的各号筛筛余率 A_i 为该号筛及以上各号筛的分计筛余率之和, 准确至 0.01%。

6.1.4 试样的各号筛通过率 P_i 为 100 减去该号筛的筛余率, 准确至 0.1%。

6.2 水筛法筛分

6.2.1 试样的筛分损耗率按式(T 0302-3)计算, 准确至 0.01%。

$$P_s = \frac{m_{\text{洗}} - m_{\text{底}} - \sum m_i}{m_{\text{洗}}} \times 100 \quad (\text{T 0302-3})$$

式中: P_s ——试样的筛分损耗率, %;

$m_{\text{洗}}$ ——水洗后的干燥试样总质量, g;

$m_{\text{底}}$ ——筛底质量, g;

m_i ——各号筛的分计筛余量, g;

i ——依次为 0.075mm、0.15mm……至集料最大粒径的排序。

6.2.2 试样的各号筛分计筛余率按式(T 0302-4)计算, 准确至 0.01%。

$$P_i = \frac{m_i}{m_0 - (m_{\text{洗}} - m_{\text{底}} - \sum m_i)} \times 100 \quad (\text{T 0302-4})$$

式中: P'_i ——试样的各号筛分计筛余率, %;

m_0 ——筛分前的干燥试样总质量, g。

6.2.3 试样的各号筛筛余率 A_i , 为该号筛及以上各号筛的分计筛余率之和, 准确至 0.01%。

6.2.4 试样的各号筛通过率 P_i 为 100 减去该号筛的筛余率, 准确至 0.1%。

6.3 取两份试样的各号筛通过率的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.1%。

7 允许误差

- 7.1 一份试样的筛分损耗率应不大于 0.5%。
- 7.2 0.075mm 通过率重复性试验的允许误差为 1%。

8 报告

- 8.1 试验项目名称和执行标准。
- 8.2 样品的编号、名称、产地和规格。
- 8.3 接样日期、样品描述。
- 8.4 试验日期、样品缩分方法。
- 8.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。
- 8.6 试验方法(干筛法或水筛法)。
- 8.7 筛分数据可按表 T 0302-2 或表 T 0302-3 的格式记录。同时可根据各筛孔通过率绘制级配曲线,其横坐标为筛孔尺寸的 0.45 次方,纵坐标为通过率。
- 8.8 各号筛的通过率、筛余率(必要时)试验结果。
- 8.9 要说明的其他内容。

表 T 0302-2 干筛法筛分记录表

项目	第 1 组				第 2 组				平均
干燥试样总量 $m_0(g)$									—
筛孔尺寸 (mm)	分计筛 余量 $m_{i(g)}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	分计筛 余量 $m_{i(g)}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	通过率 (%)
75									
63									
53									
37.5									
31.5									
26.5									

续表 T 0302-2

项目	第 1 组				第 2 组				平均
干燥试样总量 m_0 (g)									—
筛孔尺寸 (mm)	分计筛 余量 $m_{i(g)}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	分计筛 余量 $m_{i(g)}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	通过率 (%)
19									
16									
13.2									
9.5									
4.75									
2.36									
1.18									
0.6									
0.3									
0.15									
0.075									
筛底质量 $m_{底}$ (g)									—
筛分后总量 $\Sigma m_i + m_{底}$ (g)									—
损耗率 (%)									—

表 T 0302-3 水洗法筛分记录表格示例

项目		第 1 组				第 2 组				平均
干燥试样总量 m_0 (g)										—
水洗后筛上总量 $m_{\text{洗}}$ (g)										
水洗后 干筛法 筛分	筛孔尺寸 (mm)	分计筛 余量 $m_{i(\text{g})}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	分计筛 余量 $m_{i(\text{g})}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	通过率 (%)
	75									
	63									
	53									
	37.5									
	31.5									
	26.5									
	19									
	16									
	13.2									

续表 T 0302-3

项目		第 1 组				第 2 组				平均
	筛孔尺寸 (mm)	分计筛 余量 $m_{i(g)}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	分计筛 余量 $m_{i(g)}$	分计筛 余率 (%)	筛余率 (%)	通过率 (%)	通过率 (%)
水洗后 干筛法 筛分	9.5									
	4.75									
	2.36									
	1.18									
	0.6									
	0.3									
	0.15									
	0.075									
筛底质量 $m_{底}(g)$										/
筛分后总量 $\sum m_i + m_{底}(g)$										/
扣除损耗后试样 总质量 $m_0 - (m_{洗} - \sum m_i - m_{底})(g)$										/
损耗率 (%)										/

条文说明

1.3 轻集料水洗时改变材料性能,因此应采用干筛法筛分。

2.1 对于 2.36mm 及以下试验筛,采用直径为 200mm 或 300mm 的筛框是合适的;对于 4.75mm 及以上试验筛,200mm 筛框相应的允许筛留量过小,筛分时颗粒干扰大、影响试验精度,因此应采用不小于 300mm 筛框。

3 图 T 0302-1 中为 100 颗颗粒质量与公称最大粒径关系,可见集料质量与公称最大粒径为指数关系。图 T 0302-2 为修订前后两份试样质量与集料公称最大粒径关系曲线。当集料公称最大粒径大于 19mm 时,原规程规定的试样最小质量偏少,这会导致每份试样有效颗粒数偏少,影响试验精度。

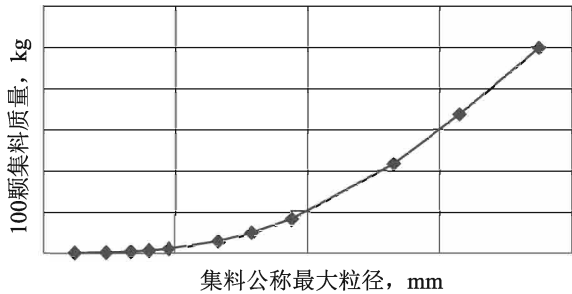


图 T 0302-1 100 颗集料质量 - 公称最大粒径曲线

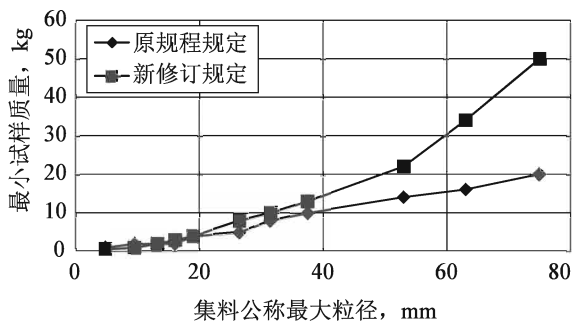


图 T 0302-2 不同试验方法中规定试样最小总质量

4.5 当一次筛分筛面上颗粒过多时,颗粒之间干扰会影响筛分结果,因此应分两次或多次进行筛分,然后合并分计筛余量。

T 0304—2024 粗集料密度及吸水率试验(网篮法)

1 适用范围

本方法适用于测定粗集料的表观相对密度、表干相对密度、毛体积相对密度、表观密度、表干密度、毛体积密度以及吸水率。

2 仪器与材料

2.1 浸水天平:可悬挂吊篮测定试样水中质量,感量不大于称量质量的0.1%。

2.2 吊篮:耐锈蚀材料制成,直径、高度不小于150mm的网篮,四周及底部为1~2mm的筛网或密集孔眼;或者耐锈蚀材料制成,直径不小于200mm、孔径不大于1.18mm的筛网。

2.3 溢流水槽:有溢流孔,能够使水面保持恒定高度;耐锈蚀材料制成的水槽,容积应足够大;挂上吊篮、加水至溢流孔位置时,应保证吊篮底部与水槽底部、四周侧壁间距均不小于50mm。

2.4 吊线:耐锈蚀、不吸湿的细线,连接浸水天平和吊篮;线直径不大于1mm,其长度应该保证水槽加水至溢流孔位置时,吊篮顶部离水面距离不小于50mm。

2.5 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足T 0302中2.4要求。

2.6 吸湿软布:纯棉制毛巾,或纯棉的汗衫布等。

- 2.7 温度计:量程 0 ~ 50℃,分度值 0.1℃;量程 0 ~ 200℃,分度值 1℃。
- 2.8 试验筛:孔径为 4.75mm、2.36mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。
- 2.9 盛水容器:浸泡试样用容器,如不锈钢的金属盆。
- 2.10 恒温水槽:恒温 23℃ ± 2℃。
- 2.11 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。
- 2.12 其他:金属盘、刷子等。

3 试验准备

3.1 将样品用 4.75mm 试验筛(对于 3 ~ 5mm、3 ~ 10mm 集料,采用 2.36mm 试验筛)充分过筛,取筛上颗粒缩分至表 T 0304-1 要求质量的试样两份。

表 T 0304-1 粗集料密度及吸水率(网篮法)试验的试样质量

集料公称最大粒径(mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量(kg)	0.5	1.0	1.0	1.1	1.3	1.8	2.0	2.5	4.0	5.5	8.0

3.2 将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将试样颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。

3.3 样品不得采用烘干处理。经过拌和楼等加热后的样品,试验之前,应室温条件下放置不少于 12h。

4 试验步骤

4.1 将试样装入盛水容器中,注入洁净的水,水面应高出试样 20mm;搅动试样,排除附着试样上的气泡。浸水 24h ± 0.5h(可在室温下浸水后,再移入 23℃ ± 2℃ 恒温水槽继续浸水。其中恒温水槽浸水不少于 2h)。

4.2 将吊篮用细线挂在天平的吊钩上,浸入溢流水槽中,向水槽中加水至吊篮完全浸没,吊篮顶部至水面距离不小于 50mm。用上、下升降吊篮的方法排除气泡,吊篮每秒升降约一次,升降 25 次,升降高度约 25mm,且吊篮不得露出水面。也可以采用其他方法去除气泡。向水槽中加水至水位达到溢流孔位置;待天平读数稳定后,将天平调零。试验过程中水槽水温稳定在 23℃ ± 2℃。

4.3 将试样移入吊篮中,按照 4.2 相同方法排除气泡。待水槽中水位达到溢流孔位置、天平读数稳定后,称取试样水中质量(m_w)。

4.4 提起吊篮、稍沥干水后,将试样完全移至拧干的软布上,用另外一条软布在试样表面搓滚、吸走颗粒表面及颗粒之间的自由水,至颗粒表面自由水膜消失、看不到发亮的水迹,即为饱和面干状态。对较大粒径的粗集料,宜逐颗擦干颗粒表面自由水,此时拧湿毛巾时不要太用劲,防止拧得太干。

4.5 擦拭时,既要使颗粒表面自由水擦掉,又不能至颗粒内部水(开口孔隙中吸收的水)散失,因此对擦拭完成的试样,立即称量饱和面干质量(m_f)。如果擦拭过干,则放入水中浸泡约 30min,再次擦拭。

4.6 将试样置于金属盘中,105℃ ± 5℃ 烘干至恒重,冷却至室温后称取试样烘干质量(m_a)。

4.7 试验过程中不得丢失试样。

4.8 当仅测定表观相对密度和表观密度时,可省去 4.4 ~ 4.5 步骤。

4.9 当仅测定吸水率时,可省去 4.2 ~ 4.3 步骤,按 4.1 浸水 24h ± 0.5h 后,将试样从容器中取出稍沥干水后,直接按照 4.4 ~ 4.7 要求试验。

4.10 当一份试样较多时,可分成两小份或数小份,按照以上步骤分别试验,然后合并计算。

5 结果整理

5.1 试样的表观相对密度、表干相对密度和毛体积相对密度按式(T 0304-1) ~ (T 0304-3)计算,准确至 0.001。

$$\gamma_a = \frac{m_a}{m_a - m_w} \quad (\text{T 0304-1})$$

$$\gamma_s = \frac{m_f}{m_f - m_w} \quad (\text{T 0304-2})$$

$$\gamma_b = \frac{m_a}{m_f - m_w} \quad (\text{T 0304-3})$$

式中: γ_a ——试样的表观相对密度;

γ_s ——试样的表干相对密度;

γ_b ——试样的毛体积相对密度;

m_a ——试样烘干质量, g;
 m_f ——试样表干质量, g;
 m_w ——试样水中质量, g。

5.2 试样的表观密度、表干密度和毛体积密度按式 (T 0304-4) ~ (T 0304-6) 计算, 准确至 0.001g/cm^3 。

$$\rho_a = \gamma_a \times \rho_T \quad (\text{T 0304-4})$$

$$\rho_s = \gamma_s \times \rho_T \quad (\text{T 0304-5})$$

$$\rho_b = \gamma_b \times \rho_T \quad (\text{T 0304-6})$$

式中: ρ_a ——试样的表观密度, g/cm^3 ;

ρ_s ——试样的表干密度, g/cm^3 ;

ρ_b ——试样的毛体积密度, g/cm^3 ;

ρ_T ——试验温度 T 时水的密度, g/cm^3 。按附录 A 表 A-1 确定。

5.3 试样的吸水率按式 (T 0304-7) 计算, 准确至 0.01%。

$$w_x = \frac{m_f - m_a}{m_a} \times 100 \quad (\text{T 0304-7})$$

式中: w_x ——试样的吸水率, %。

5.4 取两份试样的测定值算术平均值作为试验结果, 相对密度准确至 0.001, 密度准确至 0.001g/cm^3 , 吸水率准确至 0.01%。

5.5 对于再生集料、工业矿渣集料、轻集料等材料, 若两份试样的允许误差不满足要求, 可再取两份试样进行试验, 直接取四份试样的测定值算术平均值作为试验结果。

5.6 集料混合料的相对密度按式 (T 0304-8) 计算, 准确至 0.001。

$$\gamma = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \cdots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (\text{T 0304-8})$$

式中: γ ——集料混合料的相对密度, 可以为表观相对密度、表干相对密度或毛体积相对密度;

$P_1, P_2, \cdots, P_n$ ——各档集料占合成集料混合料总质量的百分率, 其和为 100%;

$\gamma_1, \gamma_2, \cdots, \gamma_n$ ——各档集料的相对密度。

5.7 集料混合料的密度按式 (T 0304-9) 计算, 准确至 0.001g/cm^3 。

$$\rho = \frac{100}{\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{P_2}{\rho_2} + \cdots + \frac{P_n}{\rho_n}} \quad (\text{T 0304-9})$$

式中： ρ ——集料混合料的密度，可以为表观密度、表干密度或毛体积密度， g/cm^3 ；
 $\rho_1、\rho_2、\cdots\rho_n$ ——各档集料的密度， g/cm^3 。

5.8 集料混合料的吸水率按式(T 0304-10)计算，准确至0.01%。

$$w = \frac{P_1 w_{x1}}{100} + \frac{P_2 w_{x2}}{100} + \cdots + \frac{P_n w_{xn}}{100} \quad (\text{T 0304-10})$$

式中： w_x ——集料混合料的吸水率，%；
 $w_{x1}、w_{x2}、\cdots w_{xn}$ ——各档集料的吸水率，%。

6 允许误差

6.1 相对密度重复性试验的允许误差为0.020。

6.2 吸水率重复性试验的允许误差为0.20%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 试验水温、浸泡时间和烘干时间。

7.7 相对密度、密度和吸水率试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

2.11 水中杂质，或者水中溶解有空气，会影响试验结果。一些工地试验室直接采用工程用水，其质量难以保障。本次修订要求采用自来水等饮用水煮沸、冷却后使用，可降低水中杂质、溶解的气泡。

3.3 试样浸泡之前是否烘干至恒重对表干相对密度和吸水率影响较大。相对于采用自然状态的集料直接浸泡,集料烘干至恒重再浸泡会将颗粒内部孔隙水完全蒸发,而浸泡时水又很难完全进入颗粒开口孔隙最内部,开口孔隙中水会偏少,因此测定的表干相对密度和吸水率偏低;集料粒径越大,表干相对密度和吸水率越低。采用自然状态下集料进行浸泡,这与集料在实际工程中应用状态更为接近;即使是热拌沥青混合料,加热时间过短,不可能蒸发掉开口内部的全部水。在热料仓取白料进行试验时,其经拌和楼加热、干燥后的含水率状态与自然状态不同,因此在其浸泡之前需放置一定时间,以达到湿度平衡。

4.1 水中称重时水浴温度对相对密度试验结果影响较大,因此其水浴温度应严格控制在 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。浸水温度与水中称重时水浴温度相差太大时,会影响水中称量时质量平衡,因此对浸泡温度也有要求。

5.4 对于再生集料、工业矿渣集料、轻集料,由于材料不均匀性,重复性试验误差较大。当试验允许误差不满足要求时,应增加试样数量。

表 T 0304-2 特殊粗集料相对密度及吸水率试验误差

参数	14 组再生集料、工业矿渣集料的统计试验误差
毛体积相对密度	0.036
表干相对密度	0.032
表观相对密度	0.033
吸水率(%)	0.34

5.6 ~ 5.7 集料混合料密度、相对密度、吸水率,也称为合成密度、合成相对密度和合成吸水率。

表观相对密度 γ_a , 表干相对密度 γ_s , 毛体积相对密度 γ_b 和吸水率 w_x , 互相转换公式如下:

$$w_x = \left(\frac{1}{\gamma_b} - \frac{1}{\gamma_a} \right) \times 100 \quad (\text{T 0304-11})$$

$$w_x = \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_b} - 1 \right) \times 100 \quad (\text{T 0304-12})$$

$$w_x = \frac{\gamma_a - \gamma_s}{\gamma_a(\gamma_s - 1)} \times 100 \quad (\text{T 0304-13})$$

$$\gamma_s = \left(1 + \frac{w_x}{100} \right) \times \gamma_b \quad (\text{T 0304-14})$$

$$\gamma_a = \frac{1}{\frac{1}{\gamma_b} - \frac{w_x}{100}} \quad (\text{T 0304-15})$$

$$\gamma_a = \frac{1}{\frac{1 + w_x/100}{\gamma_s} - \frac{w_x}{100}} \quad (\text{T 0304-16})$$

T 0308—2005 粗集料密度及吸水率试验(容量瓶法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于容量瓶法测定粗集料的表观相对密度、表干相对密度、毛体积相对密度、表观密度、表干密度、毛体积密度以及吸水率。

1.2 本方法不适用于公称最大粒径大于 37.5mm 粗集料密度和吸水率的测定。

2 仪器与材料

2.1 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.2 容量瓶:1000 ~ 5000mL,并带瓶塞。

2.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.4 试验筛:孔径为 4.75mm、2.36mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.5 恒温水槽:恒温 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

2.6 温度计:量程 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$,分度值 0.1°C ;量程 $0 \sim 200^{\circ}\text{C}$,分度值 1°C 。

2.7 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。

2.8 其他:金属盘、刷子、吸湿软布等。

3 试验准备

3.1 将样品用 4.75mm 试验筛(对于 3 ~ 5mm、3 ~ 10mm 集料,采用 2.36mm 试验筛)充分过筛,取筛上颗粒缩分至表 T 0308-1 要求质量的试样两份。

表 T 0308-1 粗集料密度及吸水率(容量瓶法)试验的试样质量

公称最大粒径(mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5
一份试样的最小质量(kg)	0.5	1.0	1.0	1.1	1.3	1.8	2.0	2.5

3.2 将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将试样颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清

澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。

3.3 样品不得烘干处理。经过拌和楼等加热、干燥后的样品,试验之前,应在室温条件下放置不少于 12h。

4 试验步骤

4.1 根据试样体积选择合适的容量瓶,其容积不小于试样体积的 2 倍。取一份试样,倾斜容量瓶,将试样移入容量瓶中。

4.2 向容量瓶中注入洁净的水至水面高出试样表面不少于 20mm,上下、左右摇晃容量瓶,完全排除附着试样上的气泡。盖上瓶塞,浸水 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ (可在室温下浸水后,再移入 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 恒温水槽继续浸水。其中恒温水槽浸水不少于 2h)。

4.3 浸水完成后,再次上下、左右摇晃容量瓶,排除附着试样上的气泡。向瓶中加 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 水至水面凸出瓶口,然后盖上瓶塞。擦干瓶外的水分后,称取试样、水、瓶及瓶塞的总质量(m_2)。

4.4 倾倒入容量瓶中水,并将试样倒入金属盘中。清空容量瓶后,立即重新装入 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 水至水面凸出瓶口,盖上容量瓶塞。擦干瓶外的水分后,称取水、瓶及瓶塞的总质量(m_1)。

4.5 将金属盘中试样稍微沥干,按照 T 0304 中 4.4 ~ 4.5 步骤将颗粒表面自由水拭干、至饱和面干状态,立即称取饱和面干试样质量(m_f)。

4.6 将试样 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,冷却至室温后称取试样烘干质量(m_a)。

4.7 当仅测定表观相对密度和表观密度时,可省去 4.5 步骤。

4.8 当仅测定吸水率时,可省去 4.3 ~ 4.4 步骤,按 4.2 将试样浸水 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$,取出稍沥干水后,直接按照 4.5 ~ 4.6 要求试验。

4.9 当一份试样较多时,可分成两小份或数小份,按照以上步骤分别试验,然后合并计算。

5 结果整理

5.1 试样的表观相对密度、表干相对密度、毛体积相对密度按式 (T 0308-1) ~ (T 0308-3) 计算,准确至 0.001:

$$\gamma_a = \frac{m_a}{m_a + m_1 - m_2} \quad (\text{T 0308-1})$$

$$\gamma_s = \frac{m_f}{m_f + m_1 - m_2} \quad (\text{T 0308-2})$$

$$\gamma_b = \frac{m_a}{m_f + m_1 - m_2} \quad (\text{T 0308-3})$$

式中: γ_a ——试样的表观相对密度;

γ_s ——试样的表干相对密度;

γ_b ——试样的毛体积相对密度;

m_a ——试样的烘干质量, g;

m_f ——试样的表干质量, g;

m_1 ——水、瓶及瓶塞(玻璃片)的总质量, g;

m_2 ——试样、水、瓶及瓶塞(玻璃片)的总质量, g。

5.2 试样的表观密度、表干密度、毛体积密度按式(T 0308-4) ~ (T 0308-6)分别计算, 准确至 0.001 g/cm^3 :

$$\rho_a = \gamma_a \times \rho_T \quad (\text{T 0308-4})$$

$$\rho_s = \gamma_s \times \rho_T \quad (\text{T 0308-5})$$

$$\rho_b = \gamma_b \times \rho_T \quad (\text{T 0308-6})$$

式中: ρ_a ——试样的表观密度, g/cm^3 ;

ρ_s ——试样的表干密度, g/cm^3 ;

ρ_b ——试样的毛体积密度, g/cm^3 ;

ρ_T ——试验温度 T 时水的密度, g/cm^3 。按附录 A 表 A-1 确定。

5.3 试样的吸水率按式(T 0308-7)计算, 准确至 0.01%。

$$w_x = \frac{m_f - m_a}{m_a} \times 100 \quad (\text{T 0308-7})$$

式中: w_x ——试样的吸水率, %。

5.4 取两份试样的测定值算术平均值作为试验结果, 相对密度准确至 0.001, 密度准确至 0.001 g/cm^3 , 吸水率准确至 0.01%。

5.5 对于再生集料、工业矿渣集料、轻集料等材料, 若两份试样的允许误差不满足要求, 可再取两份试样进行试验, 取四份试样的测定值算术平均值作为试验结果。

5.6 集料混合料的密度、相对密度及吸水率按式(T 0304-8) ~ (T 0304-10)计算。

6 允许误差

6.1 相对密度和密度重复性试验的允许误差为 0.030。

6.2 吸水率重复性试验的允许误差为 0.30%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 试验水温、浸泡时间和烘干时间。

7.7 相对密度、密度和吸水率试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 粗集料密度有两种试验方法,分为网篮法 T 0304 和容量瓶法 T 0308。根据相关技术规范,对于沥青混合物均规定按 T 0304 网篮法测定粗集料毛体积相对密度、表干相对密度;而对于混凝土路面、桥涵及隧道等水泥混凝土,规定按 T 0308 容量瓶法测定表观密度。因此网篮法和容量瓶法都是标准方法。

两种试验方法调研发现,实际工程上水泥混凝土的粗集料密度试验也主要采用网篮法,很少采用容量瓶法。很多工程人员认为表观密度对于水泥混凝土来说不是关键指标,同时两种方法测定的表观密度是等效的,网篮法测定精度更高一些,且很多试验室具备网篮法测定条件,因而采用网篮法测定更加方便。

2.2 本方法早期主要用于工地上快速测定,多采用广口瓶,因此习惯称为简易法或广口瓶法。由于广口瓶的瓶外水影响及玻璃盖不易盖好等原因,试验误差较大。本次修订,取消广口瓶代替容量瓶,同时要求增设恒温槽、增加容量瓶的容积,以提高试验精度。

6.1、6.2 原规程规定的容量瓶法密度、吸水率试验精度偏高。根据 18 组典型粗集

料和 14 组再生集料、工业矿渣集料料的密度、吸水率统计分析结果,对密度和吸水率试验允许误差进行了完善。

表 T 0308-2 粗集料密度、吸水率(容量瓶法)的允许误差

项目	原规程	18 组典型粗集料试验 误差统计结果	14 组再生集料、工业矿渣集料 试验误差统计结果
毛体积相对密度	0.020	0.027	0.036
饱和面干相对密度	0.020	0.024	0.035
表观相对密度	0.020	0.025	0.036
吸水率(%)	0.20	0.26	0.34

T 0307—2005 粗集料吸水率试验

1 适用范围

本方法适用于测定以烘干质量为基准的粗集料饱和面干状态含水率。

2 仪器与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.3 试验筛:孔径为 4.75mm、2.36mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 温度计:量程 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$,分度值 0.1°C ;量程 $0 \sim 200^{\circ}\text{C}$,分度值 1°C

2.5 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。

2.6 盛水容器:浸泡试样用容器,如不锈钢的金属盆。

2.7 其他:金属盘、金属丝刷和毛巾等。

3 试验准备

3.1 将样品用 4.75mm 试验筛(对于 3~5mm、3~10mm 集料,采用 2.36mm 试验筛)充分过筛,取筛上颗粒缩分至表 T 0307-1 要求质量的试样两份。

表 T 0307-1 粗集料吸水率试验的试样质量

公称最大粒径(mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量(kg)	0.5	1.0	1.0	1.1	1.3	1.8	2.0	2.5	4.0	5.5	8.0

3.2 将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将试样颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。

3.3 样品不得烘干处理。经过拌和楼等加热、干燥后的样品,试验之前,应在室温条件下放置不少于 12h。

4 试验步骤

4.1 将试样装入盛水容器中,注入洁净的水,水面应高出试样 20mm,搅动试样,排除附着试样上的气泡。浸水 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ (可在室温下浸水后,再移入 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 恒温水槽继续浸水。其中恒温水槽浸水不少于 2h)。

4.2 从水中取出试样,按照 T 0304 中 4.4 ~ 4.5 步骤将颗粒表面自由水拭干、至饱和面干状态,立即称取试样表干质量(m_f)。

4.3 将饱和面干试样连同金属盘 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,冷却至室温后称取试样烘干质量(m_a)。

5 结果整理

5.1 试样的吸水率 w_x 按式(T 0307-1)计算,准确至 0.01%。

$$w_x = \frac{m_f - m_a}{m_a} \times 100 \quad (\text{T 0307-1})$$

式中: w_x ——试样的吸水率,%。

m_a ——试样烘干质量,g;

m_f ——试样表干质量,g。

5.2 取两份试样的吸水率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.01%。

5.3 集料混合料的吸水率按式 (T 0304-10) 计算。

5.4 对于再生集料、工业矿渣集料、轻集料等材料,若两份试样的允许误差不满足要求,可再取两份试样进行试验,直接取四份试样的吸水率算术平均值作为试验结果。

6 允许误差

吸水率重复性试验的允许误差为 0.20%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 试验水温、浸泡时间和烘干时间。

7.7 吸水率试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 本方法测定的吸水率与 T 0304、T 0308 测定吸水率等效。

T 0309—2005 粗集料堆积密度及空隙率试验

1 适用范围

1.1 本方法适用于测定粗集料的松散堆积密度、振实堆积密度和捣实堆积密度以及空隙率。

1.2 本方法不适用于测定公称最大粒径大于 37.5mm 粗集料的捣实堆积密度,此时可用振实堆积密度替代。

2 仪具与材料

2.1 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.2 容量筒:耐腐蚀的金属圆筒,内表面光滑,顶部边缘光滑、水平,且与底部平行,其尺寸应符合表 T 0309-1 的要求。

表 T 0309-1 容量筒的尺寸要求

公称最大粒径 (mm)	容量筒容积 (L)	容量筒尺寸 (mm)			筒壁厚度 (mm)
		内径	净高	底厚	
≤16	3	155 ± 2	160 ± 2	≥5.0	≥2.5
19 ~ 26.5	10	205 ± 2	305 ± 2	≥5.0	≥2.5
31.5 ~ 37.5	15	255 ± 5	295 ± 5	≥5.0	≥3.0
53 ~ 75	30	355 ± 5	305 ± 5	≥5.0	≥3.0

- 2.3 平头铁锹、铲子。
- 2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 105℃ ±5℃,并满足 T 0302 中 2.4 要求。
- 2.5 振动台:频率为 3000 次/min ±200 次/min,负荷下的振幅为 0.35mm,空载时的振幅为 0.5mm。
- 2.6 捣棒:直径 16mm,长 600mm,一端为圆头的钢棒。
- 2.7 温度计:量程 0 ~ 50℃,分度值 0.1℃;量程 0 ~ 200℃,分度值 1℃。
- 2.8 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。
- 2.9 直尺、玻璃片及直径 25mm 圆钢筋。
- 3 试验准备
- 3.1 将样品缩分出试样两份,每一份试样的质量应满足填满容量筒所需质量的 120% ~ 150%;105℃ ±5℃ 烘干至恒重,并冷却至室温。

3.2 当测定捣实状态下的粗集料骨架间隙率时,应按配合比中比例取各档粗集料混合成集料混合料,充分混合、搅拌均匀,筛除其中粗集料骨架分界筛孔以下颗粒后缩分试样两组,每组两份。其中一组按 3.1 处理。另外一组按照 T 0304 测定粗集料毛体积密度。

3.3 粗集料骨架分界筛孔通常为 4.75mm、2.36mm 和 1.18mm,如 SMA-13、SMA-16、SMA-20 混合料为 4.75mm,SMA-10 混合料为 2.36mm,而 SMA-5 混合料为 1.18mm。

4 试验步骤

4.1 松散堆积密度

将容量筒在试验室平台上水平放置。取试样一份,用平头铁锹(或铲子)将试样从容量筒正上方 50mm 处徐徐倒入,让试样自由下落,当容量筒四周溢满时,即停止加料。用直尺等将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平,并以合适的颗粒填入凹陷空隙,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等;此时不应触动容量筒,且不得挤压容量筒表面集料。称取试样和容量筒总质量(m_2)。

4.2 振实堆积密度

4.2.1 人工振实法

取试样一份,分三层装入容量筒。装完第一层后,在容量筒底垫放一根直径为 25mm 钢筋,按住筒左右交替颠击地面各 25 下;然后装入第二层,用同样的方法振实(但容量筒底所垫钢筋的方向应与第一层放置方向垂直);再装入第三层,按照同样方法振实。待三层试样装填完毕后,按照 4.1 步骤再加试样至容量筒四周溢满。用直尺等将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平,并以合适的颗粒填入凹陷空隙,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等;此时不应触动容量筒,且不得挤压容量筒表面集料。称取试样和容量筒总质量(m_2)。

4.2.2 振动台振实法

按 4.1 堆积密度试验步骤,将装满试样的容量筒放在振动台上,振动 3min。按照同样方法加试样至容量筒四周溢满。用直尺等将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平,并以合适的颗粒填入凹陷空隙,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等;此时不应触动容量筒,且不得挤压容量筒表面集料。称取试样和容量筒总质量(m_2)。

4.3 捣实堆积密度

4.3.1 将容量筒在试验室平台上水平放置。取试样一份,分三层装入容量筒,每层装入高度约为容量筒 1/3 高度。装完第一层后,用捣棒由边至中均匀捣实 25 次。然后再装入第二层,用捣棒均匀地捣实 25 次。

4.3.2 再装入第三层,装料时应该至容量筒四周溢满,用同样方法捣实。每层捣实时,捣棒深度约至该层位的底部;在捣实第一层时,不要太用力至捣棒敲到容量筒底部;第二、三层时,用力可大一些,捣棒应贯入该层位的底部但是不要贯入下层中。

4.3.3 第三层捣实完成后,按照 4.1 步骤加试样至容量筒四周溢满。用直尺等将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平,并以合适的颗粒填入凹陷空隙,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等;此时不应触动容量筒,且不得挤压容量筒表面集料。称取试样和容量筒总质量(m_2)。

4.4 容量筒容积的标定

4.4.1 称取洁净、干燥的容量筒质量(m_0)。

4.4.2 在容量筒顶部边缘涂抹薄薄的油脂。称取洁净、干燥的容量筒和玻璃片的质量(m_1)。

4.4.3 用 $23^{\circ}\text{C} \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 水装满容量筒至稍微溢出,用玻璃片沿容量筒表面迅速滑行,紧贴上部边缘水面,玻璃片与水面之间不得有空隙。擦干玻璃片上部及容量筒外壁的水,称取容量筒、玻璃片和水的总质量(m_3)。同时,快速测定容量筒中水的温度 T 。

5 结果整理

5.1 容量筒的容积按式(T 0309-1)计算,准确至 0.1cm^3 。

$$V = \frac{m_3 - m_1}{\rho_T} \quad (\text{T 0309-1})$$

式中: V ——容量筒的容积, cm^3 ;

m_1 ——容量筒、玻璃片的质量,g;

m_3 ——容量筒、玻璃片与水的总质量,g;

ρ_T ——温度 T 时水的密度,按附录 A 表 A-1 选用, g/cm^3 。

5.2 试样的堆积密度(包括松散堆积密度、振实堆积密度和捣实堆积密度)按式(T 0309-2)计算,准确至 $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ 。

$$\rho_{bl} = \frac{m_2 - m_0}{V} \quad (\text{T 0309-2})$$

式中: ρ_{bl} ——试样的堆积密度, g/cm^3 ;

m_0 ——容量筒的质量,g;

m_2 ——容量筒与试样的总质量,g。

5.3 试样的空隙率按式(T 0309-3)计算,准确至 0.1% 。

$$V_c = \left(1 - \frac{\rho_{bl}}{\rho_a}\right) \times 100 \quad (\text{T 0309-3})$$

式中: V_c ——试样的空隙率,%;

ρ_a ——粗集料的表观密度, g/cm^3 。

注:当粗集料用于沥青路面时,采用粗集料的毛体积密度。

5.4 试样的捣实状态下粗集料骨架间隙率按式(T 0309-4)计算,准确至 0.01% 。

$$\text{VCA}_{\text{DRC}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{bl}}}{\rho_{\text{b}}}\right) \times 100 \quad (\text{T 0309-4})$$

式中: VCA_{DRC} ——捣实状态下的粗集料骨架间隙率, %;

ρ_{bl} ——粗集料骨架的捣实堆积密度, g/cm^3 ;

ρ_{b} ——粗集料骨架的毛体积密度, g/cm^3 。

5.5 取两份试样测定值的算术平均值作为试验结果, 堆积密度准确至 $0.001 \text{g}/\text{cm}^3$, 空隙率准确至 0.1% , 粗集料骨架间隙率准确至 0.01% 。

6 允许误差

堆积密度重复性试验的允许误差为 $0.025 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 容量筒容积。

7.7 堆积密度、空隙率和捣实状态下粗集料骨架间隙率试验结果, 并注明试验方法。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 堆积密度分为松散堆积密度和紧密堆积密度, 紧密堆积密度又分为振实堆积密度和捣实堆积密度。试验时需要根据相关要求采用相应的试验方法, 并在报告中注明。

5.3 原规程规定, 对于水泥混凝土用粗集料采用振实空隙率。GB/T 14685 规定粗集料松散空隙率指标分为三档, 分别要求不大于 43% 、 45% 和 47% ; 而 JTG F30 和 JTG TF50, 规定粗集料空隙率不大于 47% , 并没有明确是松散空隙率还是振实空隙率。根据试验, 振实空隙率一般小于松散空隙率, 振实空隙率一般要求不大于 42% 或 40% , 很难达

到 45% 或 47%。通过调研,目前工程上有采用松散空隙率,也有采用振实空隙率。因此,本次修订不再进行规定,试验时根据具体要求选择相应试验方法。

5.4 捣实状态的粗集料骨架空隙率是 SMA 混合料设计中的重要参数。测定捣实状态的堆积密度时,其贯入深度控制非常关键;当贯入深度不够时,测定的堆积密度偏小;当贯入深度达到已完成捣实层时,也会使堆积密度偏小。

T 0305—1994 粗集料含水率试验(烘干法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于测定粗集料的含水率。

1.2 本方法是含水率试验的标准方法。

2 仪具与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.3 密封容器:带盖的玻璃器皿、金属罐、金属桶,或能够封口的塑料袋;样品长期储存不得采用塑料袋。

2.4 容器:金属盘等。

3 试验准备

样品从密封容器中取出,立即采用四分法缩分至表 T 0305-1 要求质量的试样两份。

表 T 0305-1 烘干法测定含水率所需要的试样质量

公称最大粒径(mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量(kg)	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	2.0	2.4	2.7	4.0	4.5	6

4 试验步骤

4.1 清理容器,称量洁净、干燥容器质量(m_1)。

4.2 将缩分的试样立即置于干净的容器中、均匀摊平,称量试样和容器的总质量(m_2);然后放入 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重。

注:对温度敏感性材料,应采用 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干。

4.3 取出试样,冷却后称取试样与容器的总质量(m_3)。

5 结果整理

5.1 试样的含水率按式(T 0305-1)计算,准确至0.1%。

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (\text{T 0305-1})$$

式中: w ——试样的含水率,%;

m_1 ——容器质量,g;

m_2 ——未烘干的试样与容器总质量,g;

m_3 ——烘干后的试样与容器总质量,g。

5.2 取两份试样的含水率的算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6 允许误差

含水率重复性试验的允许误差为0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 烘干温度及时间。

7.7 含水率试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

4.2 对于温度敏感性材料,高温条件下长时间烘干过程中逐渐分解而不断损失,会影响试验结果,对于这些材料应降低温度、延长时间烘干至恒重。

T 0306—1994 粗集料含水率快速试验(酒精燃烧法)

1 目的与适用范围

- 1.1 本方法适用于现场快速测定粗集料的含水率。
- 1.2 本方法不适用于含石膏、碳酸钙或有机质的粗集料。

2 仪具与材料

- 2.1 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。
- 2.2 容器:铁或铝制方盒,带盖。
- 2.3 酒精:乙醇纯度不小于 95%。
- 2.4 搅拌棒:长不少于 200mm,直径约 5mm。
- 2.5 其他:毛刷等。

3 试验准备

采用四分法将样品缩分至表 T 0306-1 要求质量的试样两份。

表 T 0306-1 酒精燃烧法测定含水率所需要的试样质量

公称最大粒径 (mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53
一份试样的最小质量 (kg)	0.3	0.3	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

4 试验步骤

- 4.1 称取洁净容器质量(m_0)。
- 4.2 向容器中加入试样,称取试样与容器的质量(m_1)。
- 4.3 向容器中加入酒精至浸没试样,搅拌均匀后点火燃烧,并采用搅拌棒不断翻拌试样。搅拌过程中注意勿使试样损失。
- 4.4 待火焰熄灭后,加盖密闭数分钟、确认完全熄灭后再次加入酒精,燃烧。

4.5 重复燃烧三次后,立即称量试样与容器的质量(m_2)。称量时应在天平与容器之间放置纸板等隔热。

5 计算

5.1 试样的含水率按式(T 0306-1)计算,准确至0.01%。

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100 \quad (\text{T 0306-1})$$

式中: w ——试样的含水率,%;

m_0 ——容器质量,g;

m_1 ——燃烧前的试样与容器总质量,g;

m_2 ——最终燃烧后的试样与容器总质量,g。

5.2 取两份试样含水率的算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6 允许误差

含水率重复性试验的允许误差为0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 含水率试验结果。

7.6 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 本规程规定了两项含水率试验方法,烘干法和酒精燃烧法。其中烘干法是标准方法;酒精燃烧法属于简易测定方法,适用于现场没有烘箱或试样较少的条件下快速测定含水率。

1.2 石膏、碳酸钙、有机质材料在燃烧过程中逐渐分解而影响结果,如有机质会分解而不断损失,使测得的含水率比实际的含水率大,有机质含量越高,误差越大。

2.3 酒精纯度对试验结果有影响,酒精中的杂质燃烧后会增加试样质量,导致测定含水率偏低,因此需要严格控制酒精纯度。

4.4 现场含水率试验时,很难判断燃烧是否完全熄灭。如果燃烧未完全熄灭,会给再次加入酒精带来安全隐患。为此要求加盖密闭数分钟、确认完全熄灭后再次加入酒精。同时再次加入酒精时,不宜将大桶酒精直接向容器中倾倒,应从大桶中向塑料瓶等倒出适量酒精,然后再将塑料瓶中酒精倒入容器中。

T 0310—2005 粗集料含泥量及泥块含量试验

1 适用范围

本方法适用于测定粗集料的含泥量及 4.75mm 以上泥块含量。

2 仪具与材料

2.1 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.2 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.3 试验筛:孔径为 4.75mm、2.36mm 和 1.18mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 盛水容器:浸泡试样用容器,不锈钢的金属盆或塑料桶等,容积足够大,试验时不至试样溅出。

2.5 金属盘、毛刷等。

3 试验准备

将样品缩分至表 T 0310-1 要求质量的试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。注意防止丢失细粉及压碎所含泥块。

表 T 0310-1 粗集料含泥量及泥块含量试验的试样质量

公称最大粒径 (mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量 (kg)	0.75	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	5.0	5.0	7.5	10.0	15.0

4 试验步骤

4.1 含泥量试验步骤

4.1.1 称取一份试样(m_0)移入盛水容器内摊平,加水至水面高出试样 150mm,并充分搅拌均匀,然后浸泡 2h。根据集料粒径选择 4.75mm、0.075mm,或 2.36mm、0.075mm 组成一组套筛,其底部为 0.075mm 试验筛。试验前筛子的两面应先用水润湿。

4.1.2 用手在水中淘洗颗粒,使尘屑、淤泥和粘土与较粗颗粒分开,并使之悬浮于水中;淘洗后立即将浑浊液缓缓倒入套筛上,滤去小于 0.075mm 的颗粒。倾倒时不得将粗颗粒一起倒出而损坏筛面。

4.1.3 采用水冲洗等方法,将两只筛上颗粒并入盛水容器中。再次加水于盛水容器中,重复 4.1.2 步骤,直至浸没的水目测清澈为止。

4.1.4 将两只筛上及容器中的试样全部回收到一个金属盘中。当容器和筛上沾附有集料颗粒时,在容器中加入水、搅动使细粉悬浮在水中,并快速全部倒入套筛上;再将筛子倒扣在金属盘上,用少量的水并助以毛刷将颗粒刷落入盘中。待细粉沉淀后,泌去金属盘中的水,注意不要散失细粉。

4.1.5 将金属盘连同试样一起置 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,冷却至室温后称取试样的质量(m_1)。

4.2 泥块含量试验步骤

4.2.1 取一份试样,用 4.75mm 试验筛过筛,称取筛上试样质量(m_2)。

4.2.2 将试样在容器中摊平,加水至水面高出试样 150mm,并充分搅拌均匀;浸泡 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 后把全部水放出,用手捻压逐个颗粒,将泥块碾碎。捻压时将颗粒放在大拇指与食指之间捻压,不得用指甲挤压或在硬表面手指按压或颗粒与颗粒之间挤压等方式至颗粒破碎。

4.2.3 将试样放到 2.36mm 筛上,一边用力摇动筛子一边用水冲洗,直至洗出的水目测清澈为止。

4.2.4 将 2.36mm 筛上试样装入金属盘,置于 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,冷却至室温后称取试样的质量(m_3)。

5 结果整理

5.1 试样的含泥量按式(T 0310-1)计算,准确至 0.1%。

$$Q_n = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0310-1})$$

式中: Q_n ——试样的含泥量, %;
 m_0 ——试验前烘干试样质量, g;
 m_1 ——试验后烘干试样质量, g。

5.2 试样的泥块含量按式(T 0310-2)计算, 准确至 0.1%。

$$Q_k = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \times 100 \quad (\text{T 0310-2})$$

式中: Q_k ——试样的泥块含量, %;
 m_2 ——4.75mm 筛上试样质量, g;
 m_3 ——试验后 2.36mm 筛上试样烘干质量, g。

5.3 取两份试样测定值的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.1%。

6 允许误差

6.1 含泥量重复性试验的允许误差为 0.2%。

6.2 泥块含量重复性试验的允许误差为 1.0%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 浸泡时间和烘干时间。

7.6 含泥量、泥块含量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

3 原试验方法中要求缩分规定质量的试样、烘干后, 再分成等量的试样, 考虑干燥时

分样容易散失集料颗粒而影响试验结果,为此本次修订要求直接缩分出两份试样。

4.1.1 含泥量试验的浸泡时间,原试验方法为 24h,结合公路工程实践调整为 2h。

6.2 两份试样中一份含泥块,而一份不含泥块,往往造成大于 0.4% 的试验结果偏差。根据试验验证数据分析确定泥块含量重复性试验的允许误差,对于粗集料为 1.0%,对于细集料为 1.5%。

T 0313—2024 粗集料有机物含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于定性测定粗集料中有机物含量,以评价粗集料中有机物含量是否达到影响水泥混凝土、水泥砂浆或水泥稳定材料性能的程度。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.1.2 量筒:100mL,精度 0.5mL;1000mL,带塞,精度 1mL。

2.1.3 玻璃色标:满足 GB/T 22295 的 11 号加德纳玻璃色标。

2.1.4 容量瓶:1000mL。

2.1.5 高温电炉:能够加热并恒温在 $480^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.6 其他:烧杯、玻璃棒、移液管、金属盘和孔径为 4.75mm 的方孔筛。

2.2 材料

2.2.1 氢氧化钠:分析纯。

2.2.2 氯化铁:六水氯化铁 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

2.2.3 氯化钴:六水氯化钴 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

2.2.4 浓盐酸:20℃ 密度为 $1.18 \sim 1.19\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2.2.5 试验用水:蒸馏水,或去离子水。

2.2.6 水泥:普通硅酸盐水泥。

3 试验准备

3.1 试样制备:将样品用 4.75mm 试验筛充分过筛,取筛下颗粒缩分至约 500g 试样一份,风干或 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干。

3.2 氢氧化钠溶液(3%)的配制:在容量瓶中放入部分水,加入 30g 氢氧化钠溶解到水中,冷却至室温后,再加水稀释至 1000mL。

3.3 标准溶液的配制:在 1000mL 量筒中倒入 838.5g 水,加入 3mL 浓盐酸,然后加入 135g 的氯化铁和 16.5g 的氯化钴。当不用时,置玻璃瓶中加塞、避光存放;存放期不宜超过 14d。试验时,取 200mL 溶液移入 250mL 的量筒中。当采用玻璃色标时,无需配制标准溶液。

4 试验步骤

4.1 玻璃色标法

4.1.1 向 250mL 量筒中倒入试样至 130mL 刻度处,再注入氢氧化钠溶液(3%)至 200mL 刻度处,剧烈摇动 1min 去除气泡后静置 24h。

4.1.2 比较试样上部溶液和玻璃色标的颜色。若试样上部溶液的颜色浅于玻璃色标的颜色,则判定样品有机质含量合格。

4.1.3 若试样上部溶液的颜色与玻璃色标的颜色接近,则应将试样溶液倒入烧杯中放在 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 水槽中加热 2 ~ 3h;然后再移入 250mL 量筒中,剧烈摇动 1min 去除气泡后静置 24h。若试样上部的溶液颜色浅于玻璃色标或标准溶液的颜色,则判定样品有机质含量合格。

4.1.4 若经过 4.1.3 处理后的溶液颜色深于玻璃色标的颜色,按 T 0338 检验是否存在煤、褐煤等轻物质材料,如果有轻物质且其含量满足相关标准要求时,则判定样品有机质含量合格。

4.1.5 若经 4.1.2 ~ 4.1.4 不能确定为有机质含量合格,或者集料中疑似有糖类物质,则应按 4.3 抗压强度比方法进一步检验。

4.2 标准溶液法

4.2.1 按 4.1.1 配制试样溶液。盛装标准溶液与盛装试样的量筒容积应一致。

4.2.2 采用标准溶液颜色代替玻璃色标颜色,按照 4.1 方法进行检验。

4.3 抗压强度比法

4.3.1 取代表样品,自然风干或 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干,四分法缩分得到两份试样。

4.3.2 第一份试样放入高温炉在 $480^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 燃烧 $4\text{h} \pm 0.25\text{h}$,室温自然冷却不少于 12h。或者用氢氧化钠溶液(3%)洗除有机质、清水淘洗干净,直至试样上部溶液浅于玻璃色标或标准溶液的颜色。将第二份试样不进行任何处理,放入容器中保存。

4.3.3 将两份试样采用相同配比,同时配制两种混凝土,测定 28d 的抗压强度。也可测定 7d 的抗压强度,但需要在报告中说明。

4.3.4 计算未处理试样和处理试样的混凝土抗压强度比,准确至 1%。

4.3.5 当混凝土强度比不小于 95% 时,则认为该样品有机物含量合格。

5 报告

5.1 试验项目名称和执行标准。

5.2 样品的编号、名称、产地和规格。

5.3 接样日期、样品描述。

5.4 试验日期、样品缩分方法。

5.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

5.6 有机物含量合格评定结果,注明试验方法(玻璃色标法,或标准溶液法或抗压强度比法)。

5.7 抗压强度比试验结果、混凝土配合比、试样处理方法(仅限抗压强度比法)。

5.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 有机物中的腐殖质,其为动物和植物残渣分解形成,会影响水泥混凝土或水泥砂浆或水泥稳定材料的凝结和硬化速率,甚至影响其耐久性,因此需要严格控制。

本方法是一种定性评价集料中有机物对混合料性能影响程度。有机质含量可按《公路土工试验规程》T 0151 方法进行定量测定。

3.3 鞣酸标准溶液随储存时间逐渐变色,每次试验只能现配。为了延长储存时间,采用氯化铁和氯化钴溶液代替原方法中鞣酸溶液,可将储存期延长至14d。

4.1 增加了玻璃色标法。11号加德纳玻璃色标与配制的标准溶液颜色相同,因此可以采用11号加德纳玻璃色标代替标准溶液。该方法操作简单、试验效率高。

5.3 本试验方法是基于腐殖质与氢氧化钠溶液反应时产生深色的原理,颜色反应通常会表明高腐殖质含量,但是颜色反应也会有其他因素造成。当集料中有煤、褐煤等轻物质材料时,也会导致集料溶液变色。

5.4 由于糖类材料无法使溶液颜色变色,因此无法通过比色无法识别,但是会影响混合料的性能。因此规定,当疑似有糖类材料时,应采用砂浆抗压强度比进行进一步检验。

T 0311—2005 粗集料针、片状颗粒含量试验(规准仪法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于测定粗集料的针、片状颗粒含量。

1.2 本方法测定的针状颗粒是指最大长度与该颗粒相应粒级的平均粒径之比大于2.4的颗粒,片状颗粒是指最大厚度与该颗粒相应粒级的平均粒径之比小于0.4的颗粒。

1.3 本方法主要适合于水泥混凝土用粗集料针、片状颗粒含量测定。

2 仪器与材料

2.1 规准仪:针状规准仪(见图T 0311-1)和片状规准仪(见图T 0311-2),其尺寸应符合表T 0311-1的要求。片状规准仪的钢板基板厚度为3mm。

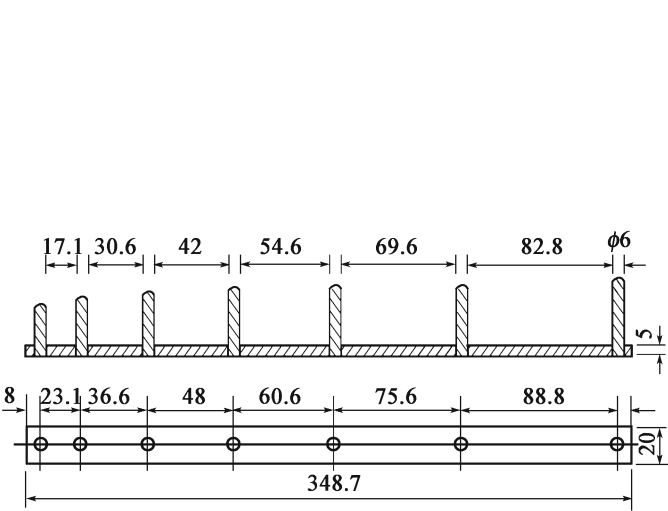


图 T 0311-1 针状规准仪(单位:mm)

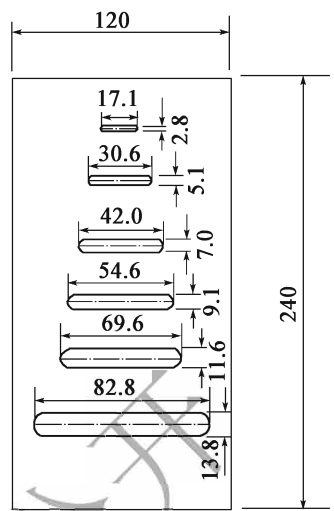


图 T 0311-2 片状规准仪(单位:mm)

表 T 0311-1 粒级划分及其相应的规准仪间距或孔宽

粒级(mm)	4.75~9.5	9.5~16	16~19	19~26.5	26.5~31.5	31.5~37.5
针状规准仪立柱之间的间距(mm)	17.1	30.6	42.0	54.6	69.6	82.8
片状规准仪的孔宽(mm)	2.8	5.1	7.0	9.1	11.6	13.8

2.3 天平:感量不大于称量质量的0.1%。

2.4 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.5 卡尺、金属盘等。

3 试验准备

将样品用 4.75mm 试验筛充分过筛,取筛上颗粒缩分至表 T 0311-2 要求质量的试样一份,烘干或室内风干。

表 T 0311-2 粗集料针状和片状颗粒含量试验的试样质量

公称最大粒径(mm)	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量(kg)	0.2	0.4	0.5	1.0	1.7	3	5	12	20	28

4 试验步骤

4.1 取一份试样,称量质量(m_0)。根据表 T 0311-1 所规定的粒级按 T 0302 干筛法进行充分筛分。

4.2 按表 T 0311-1 所规定的粒级分别用规准仪逐颗检验。凡颗粒长度大于针状规准仪上相应间距的,为针状颗粒;凡颗粒厚度小于片状规准仪上相应孔宽的,为片状颗粒。

4.3 对于公称最大粒径大于 37.5mm 的试样,可采用卡尺逐颗检验,卡尺卡口设定宽度应符合表 T 0311-3 的规定。

表 T 0311-3 37.5mm 以上颗粒粒级划分及其相应的卡尺卡口设定宽度

粒级(mm)	37.5 ~ 53	53 ~ 63	63 ~ 75
检验针状颗粒的宽度(mm)	108.6	139.2	165.6
检验片状颗粒的宽度(mm)	18.1	23.2	27.6

4.4 称出由各粒级挑出的针状颗粒和片状颗粒的总质量(m_1)。

5 计算

针、片状颗粒含量按式(T 0311-1)计算,准确至 0.1%。

$$Q_{e+f} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \tag{T 0311-1}$$

式中: Q_{e+f} ——针、片状颗粒含量,%;

m_1 ——试样中针状颗粒和片状颗粒的总质量,g;

m_0 ——试样总质量,g。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 针、片状颗粒含量试验结果。

6.6 要说明的其他内容。

条文说明

1 针、片状颗粒含量,针片状颗粒含量,破裂颗粒含量和棱角性试验是评价粗集料颗

粒形状的三个指标,是反应集料加工特性的重要指标。

1.2 片状颗粒为最大厚度与该颗粒相应粒级的平均粒径之比小于 0.4 的颗粒,如 16~19mm 粒级,片状规准仪孔宽为 7.0mm,平均粒级粒径为 16mm 和 19mm 的平均值即 17.5mm,两者之比为 0.4。针状颗粒为最大长度与该颗粒相应粒级的平均粒径之比大于 2.4 的颗粒,如 16~19mm 粒级,针状规准仪立柱间距为 42.0mm,平均粒级粒径为 16mm 和 19mm 的平均值即 17.5mm,两者之比为 2.4。

5 本方法测定的针、片状颗粒包含针状和片状两种类型的颗粒,即包括了图 T 0311-1 中 a 和 b 两类颗粒之和,相当于国际上的术语 flat or elongated particles。本规程 T 0312 中测定针片状颗粒,其仅包括图 T 0311-1 中 c 类颗粒。可见 T 0311 方法和 T 0312 方法颗粒定义完全不同,测定结果没有相关性,两种方法不能混用。

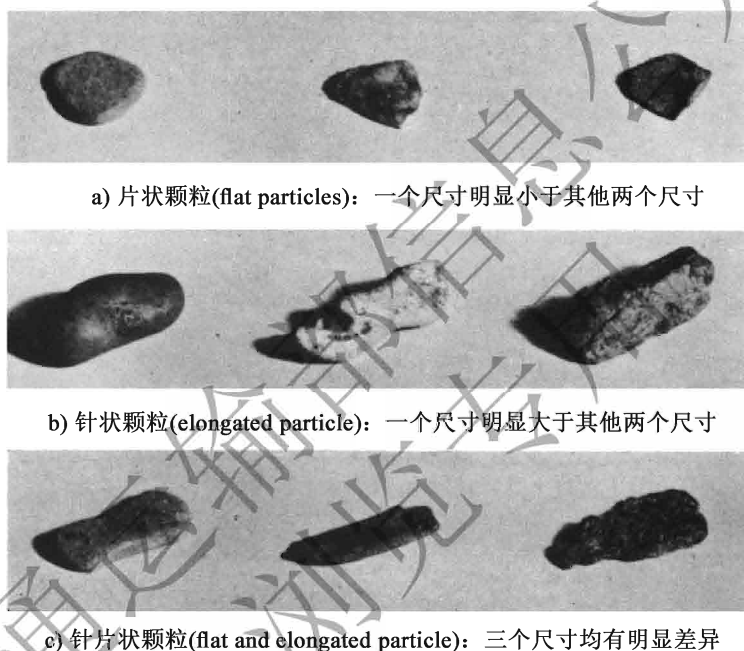


图 T 0311-1 颗粒形状示意图

T 0312—2005 粗集料针片状颗粒含量试验(卡尺法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于卡尺法测定粗集料的针片状颗粒含量。

1.2 本方法测定的针片状颗粒,是指用最大长度与最小厚度之比大于 3 的颗粒。当采用其他比例时,应在试验报告中注明。

1.3 本方法主要适合于沥青混合料、无结合料粒料材料和无机稳定材料用粗集料针片

状颗粒含量测定。

2 仪器与材料

2.1 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.2 卡尺:可采用常规游标卡尺,精密为 0.1mm。也可选用固定比例卡尺,如图 T 0312-1 中用专用游标卡尺或其他规定比例卡尺, $L/E=3$ 。

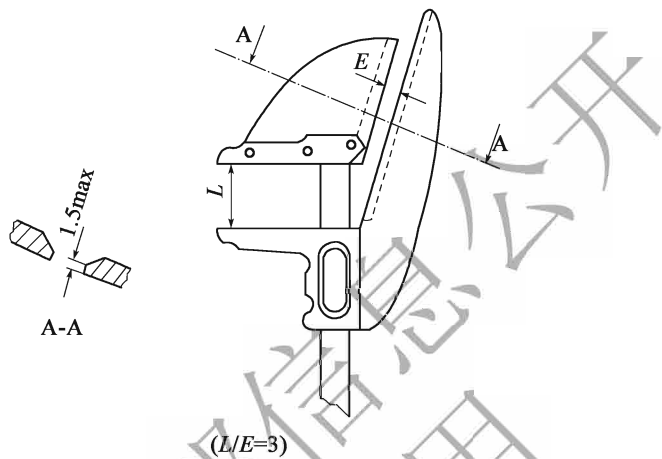


图 T 0312-1 专用游标卡尺示意图

2.3 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

3 试验准备

将样品用 4.75mm 试验筛充分过筛,取筛上颗粒缩分至表 T 0312-1 要求质量的试样两份,且每份试样不少于 100 颗,烘干或室内风干。

表 T 0312-1 粗集料针片状颗粒试验的试样质量

公称最大粒径 (mm)	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量 (kg)	0.2	0.4	0.5	1.0	1.7	3.0	5.0	12.0	20.0	28.0

4 试验步骤

4.1 取一份试样称取质量(m_0)。

4.2 将试样平摊于试验台上,用目测直接挑出接近立方体的颗粒。

4.3 按图 T 0312-2 所示,将疑似针片状颗粒平放在桌面上成一稳定的状态。平面图中垂直与颗粒长度方向的两个切割颗粒表面的平行平面之间最大距离为颗粒长度 L ;垂直与宽度方向的两个切割颗粒表面的平行平面之间最大距离为颗粒宽度 W ;侧面图中垂

直与颗粒厚度方向的两个切割颗粒表面的平行平面之间最大距离为颗粒厚度 T 。各尺寸满足 $L \geq W \geq T$ 。

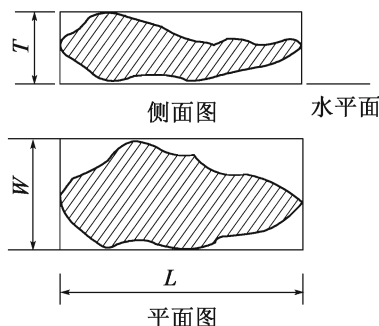


图 T 0312-2 颗粒尺寸示意图

4.4 用游标卡尺测量颗粒的平面图中轮廓长度 L 及侧面图中轮廓长度 T 。当 $L/T \geq 3$ 时判断该颗粒为针片状颗粒。

4.5 当采用固定比例卡尺时,调整比例卡尺,使比例卡尺 L 方向尺间隙正好与颗粒长度方向轮廓尺寸相等,固定卡尺;检查颗粒厚度方向轮廓尺寸是否够通过比例卡尺 E 方向尺间隙,如果能够通过,则判定该颗粒为针片状颗粒。

4.6 按照以上方法逐颗判定所有集料是否为针片状颗粒。称取所有针片状颗粒质量 m_1 ;称取所有非针片状颗粒质量 m_2 。

5 结果整理

5.1 试样的损耗率按式(T 0312-1)计算,准确至 0.1%。

$$P_s = \frac{m_0 - m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0312-1})$$

式中: P_s ——试样的损耗率,%;

m_0 ——试验前的干燥试样总质量,g;

m_1 ——试样中针状片状颗粒的总质量,g;

m_2 ——试样中非针状片状颗粒的总质量,g。

5.2 试样的针片状颗粒含量按公式(T 0312-2)计算,准确至 0.1%。

$$Q_{e\&f} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times 100 \quad (\text{T 0312-2})$$

式中: $Q_{e\&f}$ ——试样的针片状颗粒含量,%。

5.3 取两份试样的针片状颗粒含量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

5.4 若两份试样的针片状颗粒含量之差超过平均值的 20%,应追加一份试样进行试验,直接取三份试样的针片状颗粒含量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6 允许误差

6.1 筛分损耗率应不大于 0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 针片状颗粒含量试验结果。

7.6 要说明的其他内容,如卡尺的类型。

条文说明

2.3 游标卡尺法需要测量颗粒两个方向上的尺寸,然后计算确定是否为针片状颗粒,效率较低。采用专用游标卡尺,无需测定颗粒实际尺寸,而直接判断是否为针状片状颗粒,效率较高。为此,本次修订增加了固定比例卡尺仪具及测量方法,其试验结果与游标卡尺法等效。

T 0367—2017 集料平均厚度及中位粒径试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定集料的平均厚度,用于碎石封层等计算确定集料撒布量或沥青结合料用量。

1.2 厚度仪法适用于直接测定各规格集料平均厚度。

1.3 片状仪适用于间接测定 4.75mm 通过率不大于 15% 集料平均厚度。

2 仪器与材料

2.1 厚度仪:两块厚度不小于5mm、宽度不小于10mm的金属板,两块金属板通过夹具固定,使两块金属板平行、且板间隙在0~30mm可调。高度分别为2mm、3mm…27mm的高度块,共计26块,精度为0.2mm,也可采用内径游标卡尺代替高度块。也可以采用满足本试验要求的其他型式的厚度仪。

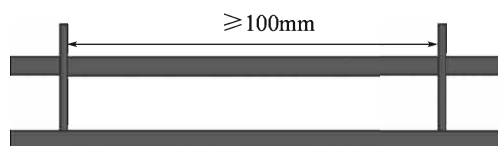


图 T 0367-1 厚度仪示意图

2.2 片状仪:钢质基板厚度3mm,基板上有5个槽孔,孔长度不小于50mm,宽度应符合表 T 0367-1 的要求。

表 T 0367-1 粒级划分及其相应的片状仪孔宽度

粒级(mm)	4.75~6.3	6.3~9.5	9.5~13.2	13.2~19	19~26.5
孔宽度(mm)	3.3±0.1	4.7±0.1	6.8±0.1	9.7±0.2	13.7±0.2

2.3 天平:感量不大于试样质量的0.1%。

2.4 试样筛:筛孔为2.36mm、4.75mm、6.3mm、9.5mm、16mm、19mm、26.5mm方孔筛,相关要求同 T 0302 中2.1。

3 厚度仪试验步骤

3.1 将来样用2.36mm、26.5mm试验筛仔细过筛,取2.36~26.5mm颗粒不少于100颗为一份试样。

3.2 采用高度块或游标卡尺控制,调整厚度仪间隙为2mm,将试样逐粒进行检验,记录通过该间隙的颗粒个数,记为 n_1 ,其颗粒厚度 a_1 为1.5mm;收集未通过间隙的颗粒;

3.3 调整厚度仪间隙为3mm,按照3.2方法再逐粒进行检验,记录通过该间隙的颗粒个数,记为 n_2 ,其颗粒厚度 a_2 为2.5mm;收集未通过间隙的颗粒;

3.4 重复以上步骤,直至测定厚度仪间隙为27mm,记录通过该间隙的颗粒个数,记为 n_{26} ,其颗粒厚度 a_{26} 为26.5mm.此时应再无剩余颗粒。

4 片状仪法测定平均厚度试验步骤

4.1 将来样用 4.75mm 试验筛仔细过筛,取筛上试样缩分至表 T 0367-2 要求质量的试样一份,烘干或室内风干后备用。

表 T 0367-2 片状仪法测定平均厚度试验所需的试样质量

公称最大粒径 (mm)	6.3	9.5	13.2	16	19	26.5
一份试样的最小质量 (kg)	0.15	0.2	0.4	0.5	1.0	1.7

4.2 称量一份试样质量 (m_0),根据表 T 0367-1 所规定的粒级按 T 0302 干筛法进行充分筛分。

4.3 按表 T 0367-1 所规定的粒级分别用片状仪逐粒检验,凡颗粒厚度小于片状规准仪上相应孔宽的,为片状颗粒。

4.4 称出由各粒级挑出的片状颗粒的总质量 (m_1)。

4.5 按 T 0302 方法取样测定样品的级配,绘制筛孔-通过率曲线,从图中确定 50% 通过率对应的筛孔为集料的中位粒径 M_s ,准确至 0.1mm。

5 计算

5.1 厚度仪法测定的集料平均厚度按式 (T 0367-1) 计算,准确至 0.1mm。

$$ALD = \frac{\sum_{i=1}^{26} n_i a_i}{\sum_{i=1}^{26} n_i} \quad (\text{T 0367-1})$$

式中:ALD——集料平均厚度,mm;

n_i ——第 i 个间隙通过的集料颗粒数;

a_i ——第 i 个间隙对应平均厚度,为相邻间隙平均值,mm。

5.2 片状颗粒含量按式 (T 0367-2) 计算,准确至 0.1%。

$$FI = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0367-2})$$

式中:FI——片状颗粒含量,%;

m_1 ——试样中片状颗粒的总质量,g;

m_0 ——试样总质量,g。

5.3 片状仪法测定的集料平均厚度按式 (T 0367-3) 计算,准确至 0.1mm。

$$ALD = \frac{M_s}{1.139285 + 0.011506 \times FI} \quad (T\ 0367-3)$$

式中: M_s ——集料的中位粒径, mm。

6 报告

6.1 试验项目名称、试验方法和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 平均厚度、片状颗粒含量、中位粒径试验结果。

6.6 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 平均厚度是碎石封层确定集料撒布率、沥青结合料用量的重要指标, 针片状颗粒含量, 破裂颗粒含量和棱角性试验是评价粗集料颗粒形状的三个指标, 是反应集料加工特性的重要指标。

1.2 厚度仪法是直接测定各颗粒的大致厚度, 然后计算厚度的算术平均值。此方法为集料平均厚度试验标准方法。

1.3 片状仪法是先测定片状颗粒含量和级配中位粒径, 通过统计回归公式计算集料平均厚度。其测定片状颗粒含量与 T 0311 方法类似, 但是确定片状的标准不同, T 0311 中片状颗粒是指最大厚度与该颗粒相应粒级的平均粒径之比小于 0.4 的颗粒; 本方法中片状颗粒是指最大厚度与该颗粒相应粒级的平均粒径之比小于 0.6 的颗粒。

T 0346—2000 粗集料破碎颗粒含量试验

1 适用范围

本方法适用于测定粗集料中具有破碎面的颗粒质量占集料总质量的比例。

2 仪器与材料

2.1 天平: 感量不大于称量质量的 0.1%。

2.2 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.3 刮刀。

3 试验准备

3.1 将样品用 4.75mm 试验筛充分过筛,取筛上颗粒缩分至表 T 0346-1 要求质量的试样两份。

表 T 0346-1 粗集料破碎颗粒含量试验的试样质量

集料公称最大粒径(mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量(kg)	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	3.0	5.0	7.5	15.0	30.0	45.0

3.2 将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干,105℃ ±5℃ 烘干至恒重,冷却至室温。

3.3 对于公称最大粒径不小于 19mm 样品,可筛出 9.5mm 以上颗粒和 9.5mm 以下颗粒分别进行试验,其中 9.5mm 以下颗粒可缩分至略多于 200g 进行试验,然后合并计算。

4 破碎面判定标准

- 4.1 粗集料同时满足以下条件,可判定为一个破碎面:
- 1 具有尖锐或略钝棱角、明显轮廓线的表面,不包括小缺口;
 - 2 表面投影面积不小于该颗粒最大横截面的投影面积的 25%,如图 T 0346-1。

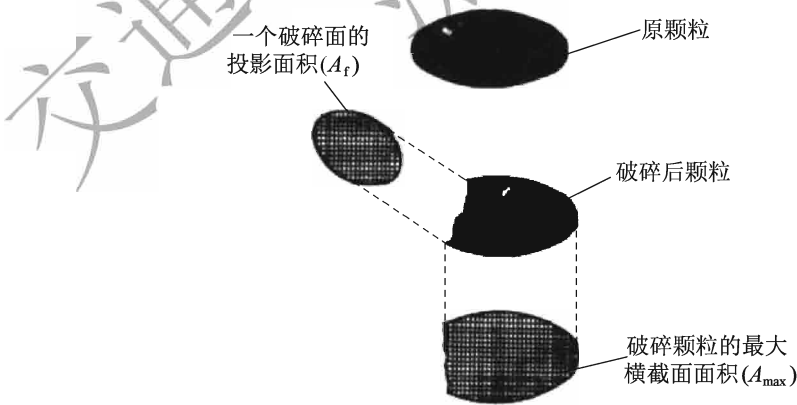


图 T 0346-1 一个破碎面的示意图

5 试验步骤

5.1 至少一个破碎面的破碎颗粒含量试验

5.1.1 称量干燥试样质量。

5.1.2 将试样摊开在面积足够大的平面上,逐颗目测判断,挑出具有一个或一个以上破碎面的颗粒,不满足破碎面要求(无破碎面)的颗粒,以及难以判断的颗粒,分别堆放成三堆。

5.1.3 如果难以判断的颗粒质量含量大于 15%,则应再次挑拣,分出具有至少一个破碎面的颗粒和不满足破碎面要求(无破碎面)的颗粒,直至难以判断的颗粒质量含量小于 15%。

5.1.4 分别称量以上三堆集料质量。

5.2 至少两个破碎面的破碎颗粒含量试验

5.2.1 按照 4.1 同样方法,将集料试样人工挑出具有两个或两个以上破碎面的颗粒和不满足破碎面要求(无破碎面或仅一个破碎面)的颗粒,及难以判断的颗粒,分别堆放成三堆。

5.2.2 如果难以判断的颗粒质量含量大于 15%,则应再次挑拣,分出具有至少两个破碎面的颗粒和不满足破碎面要求(无破碎面或仅一个破碎面)的颗粒,直至难以判断的颗粒质量含量小于 15%。

5.2.3 分别称量以上三堆集料质量。

6 结果整理

6.1 破碎颗粒含量按式(T 0346-1)计算,准确至 1%:

$$C_c = \frac{F + Q/2}{F + Q + N} \times 100 \quad (\text{T 0346-1})$$

式中: C_c ——具有至少一个(或至少两个)破碎面的破碎颗粒含量,%;

F ——至少一个(或至少两个)破碎面的颗粒总质量,g;

N ——不满足破碎面要求的颗粒的总质量,g;

Q ——难以判断颗粒的总质量,g。

6.2 取两个试样的破碎颗粒含量算术平均值作为试验结果,准确至 1%。同时应注明破碎面标准,即为至少一个破碎面,或至少两个破碎面。

6.3 对于公称最大粒径不小于 19mm 样品,当筛分成两部分进行试验时,取两部分测定值的质量加权平均值作为试验结果,准确至 1%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 破碎颗粒含量试验结果。

7.6 要说明的其他内容。

条文说明

1 原试验名称为破碎砾石含量,并不准确。破碎颗粒可以是机械破碎等方法、自然原因形成的破碎面,包括机械破碎的岩石、砾石颗粒,也可以是热等处理得到的工业矿渣集料。根据《公路沥青路面施工技术规范》相应指标称为具有一定数量破碎面颗粒的含量,将试验方法名称调整为破碎颗粒含量试验。

4.1 图 T 0346-2 ~ 图 T 0346-9 为典型集料颗粒的破碎面情况。



图 T 0346-2 至少两个破碎面(具有尖锐边缘、粗糙表面)



图 T 0346-3 至少两个破碎面(具有尖锐边缘、光滑表面)

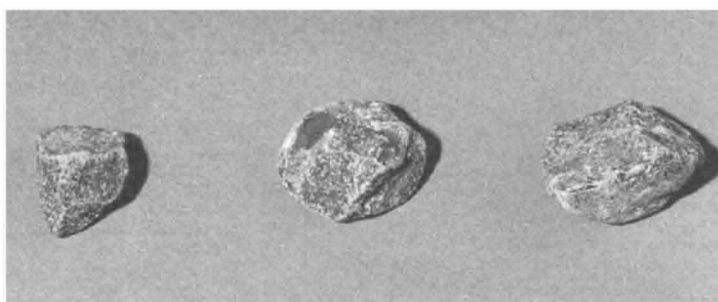


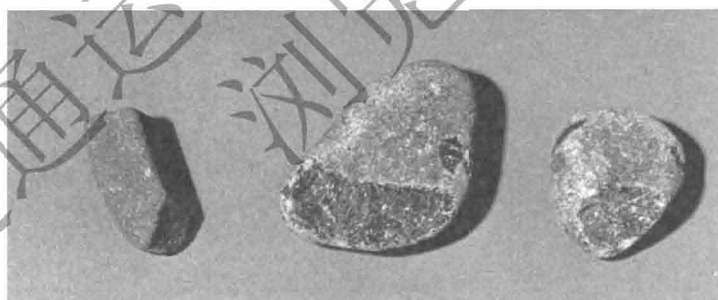
图 T 0346-4 至少两个破碎面(具有略钝边缘、粗糙表面)



图 T 0346-5 至少两个破碎面(具有略钝边缘、粗糙表面)



图 T 0346-6 至少两个破碎面(具有略钝边缘、粗糙表面)



(无破碎面)

(一个破碎面)

(无破碎面)

图 T 0346-7 典型破碎砾石破碎面情况

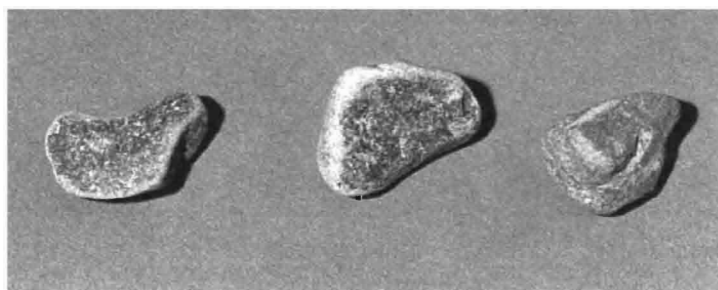


图 T 0346-8 无破碎面(具有圆边、光滑表面)



图 T 0346-9 无破碎面(圆颗粒、光滑表面)

T 0362—2024 粗集料棱角性试验(流动时间法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定一定体积的粗集料全部通过固定尺寸开口所需要的时间,间接评价粗集料的棱角性。

1.2 本方法适用于公称最大粒径为 9.5 ~ 19mm 的粗集料棱角性测定。

2 仪器和材料

2.1 粗集料流动时间测定仪:如图 T 0362-1 所示,整机高度约 1225mm,底座为 400mm × 400mm,由振动台(含橡胶悬挂、振动马达、基座等)和流动装置(含试样筒、导流槽等)组成。

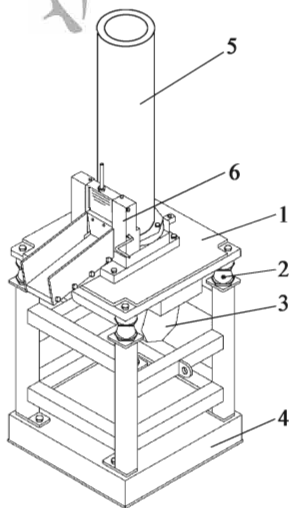


图 T 0362-1 粗集料流动时间测试仪

1-振动台;2-橡胶悬挂;3-振动马达;4-基座;5-试样筒;6-导流槽(单位:mm)

1 振动台。振动台上面固定安装一个流动装置,同时设置一个气泡水准仪;下面悬挂有振动马达。振动台通过4个橡胶悬挂装置与支撑架连接,支撑架底部为 $100\text{kg} \pm 10\text{kg}$ 底座。振动马达旋转轴水平安装,与导流槽轴线垂直,转速为 $2970\text{r/min} \pm 20\text{r/min}$;流动装置为空载条件下频率 50Hz 、振幅为 $0.18\text{mm} \pm 0.02\text{mm}$ 。

2 流动装置,如图 T 0362-2 所示。由塑料试样筒和金属导流槽组成,总质量为 $42.3\text{kg} \pm 0.1\text{kg}$ 。试样筒内径为 $125\text{mm} \pm 1\text{mm}$,高为 $610\text{mm} \pm 10\text{mm}$;导流槽倾角为 $10^\circ \pm 0.5^\circ$,内部宽度为 $90\text{mm} \pm 1\text{mm}$,塑料嵌边。金属挡板,可调整使开口为 $42\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 或 $60\text{mm} \pm 1\text{mm}$;金属翻门控制试样从试样筒的溜出。

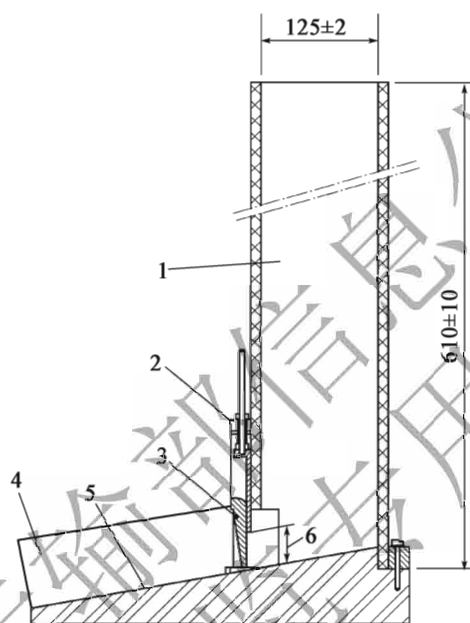


图 T 0362-2 流动装置

1-试样筒;2-金属挡板;3-翻门;4-导流槽;5-倾角为 $10.0^\circ \pm 0.5^\circ$;6-开口为 $(40 \pm 1)\text{mm} \sim (60 \pm 1)\text{mm}$ 。

2.2 棱角性粗集料标准样品:规格为 $4.75 \sim 9.5\text{mm}$,流动时间标称值为 $100 \sim 110\text{s}$,精度 $\pm 2\text{s}$ 。

注:标准样品应由专业单位生产,料源明确,进行严格质量控制,标称值等性质指标稳定,同时提供证书。标准样品标称值应经交通运输部公路科学研究院进行定值。

2.3 试验筛:孔径为 19mm 、 13.2mm 、 9.5mm 、 4.75mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 天平:感量不大于称量质量的 0.1% 。

2.5 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.6 秒表:准确到 0.1s 。

2.7 接收容器:容积约为 10L。

2.8 其他:金属盘、毛刷等。

3 试验准备

3.1 试样制备

3.1.1 按式(T 0362-1)计算一份试样所需的质量,准确至 0.1g。

$$m = 10000 \times \gamma_a / 2.70 \quad (\text{T 0362-1})$$

式中: m ——棱角性试验一份试样所需的质量,g;

γ_a ——试样的表观相对密度;

2.70——常数。

3.1.2 根据最接近的粒径,将样品筛分成 4.75 ~ 9.5mm,或 9.5 ~ 13.2mm 或 4.75 ~ 19mm;将筛分粒级的集料颗粒浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。清洗的集料沥干,105℃ ± 5℃ 烘干至恒重、冷却至室温。缩分干燥集料至 $m \pm 50\text{g}$ 试样一份。

3.2 标准集料准备

3.2.1 取标准集料,105℃ ± 5℃ 烘干至恒重、冷却至室温后,按 3.1 称取干燥试样一份。

3.2.2 用过的标准集料可用 4.75mm 筛水洗,105℃ ± 5℃ 烘干至恒重后再次使用。标准集料每用 20 次,应与新的标准集料进行对比试验;两者流动时间之差大于 4s 时,应废弃。

4 试验步骤

4.1 标准集料试验

4.1.1 每次正式试验之前,应先测定标准集料的流动时间。

4.1.2 调整粗集料流动时间测定仪的支撑架使振动台水平。利用高度块设定开口为 $42 \pm 0.2\text{mm}$ 。

4.1.3 试验时提前 5min 开启振动马达,并在整个试验过程中保持振动。

4.1.4 将天平放在测试仪前方,然后放上接收容器,使试验时从导流槽滑下落的颗粒能够进入接收容器,同时天平显示下落试样的质量。将天平进行清零。关闭翻门。将标准集料徐徐倒入试样筒中,倾倒时使集料表面平整,但是倾倒后集料表面不得以任何工具扰动或刮平。

4.1.5 标准集料振动 $20s \pm 5s$ 后,打开翻门使集料从试样筒顺着导流槽斜面流出,进入接收容器内。当天平显示为 1000g 时,立即启动秒表;待天平显示为 $1000 + 7000 \times \gamma_a / 2.70$ 时,立即停止秒表,读取时间即为标准集料的流动时间。

4.1.6 待集料完全流出后,清理试样筒、导流槽和接收容器。

4.1.7 同一份集料按照以上 4.1.4 ~ 4.1.6 重复试验,共测定 5 次。

4.1.8 试验全过程中环境温度应保持在 $15 \sim 30^\circ\text{C}$,同时振动马达应保持振动状态,直到所有试验结束。

4.1.9 取 5 次测定值的平均值记为 E_{crs} 。若 E_{crs} 不满足标准集料标准值 $\pm 5s$ 时,在 $41 \pm 0.2\text{mm} \sim 43 \pm 0.2\text{mm}$ 范围内设定开口,按照上述方法重新试验,直至设定开口测定的 E_{crs} 满足标准集料标准值 $E_{\text{cs}} \pm 5s$ 要求。

4.1.10 若无法找到合适的开口使得 E_{crs} 满足标准集料标准值 $E_{\text{cs}} \pm 5s$ 要求,该粗集料流动时间测定仪应废弃。

4.2 试样试验

4.2.1 对于 4.75 ~ 9.5mm 和 9.5 ~ 13.2mm 粒级集料,按照 4.1.9 确定的开口进行设定,按照 4.1.2 ~ 4.1.8 方法进行试验。

4.2.2 对于 4.75 ~ 19mm 粒级集料,设定开口为 $60 \pm 0.2\text{mm}$,按照 4.1.2 ~ 4.1.8 方法进行试验。

5 计算

5.1 粗集料的流动时间按式(T 0362-2)计算,准确至 1s。

$$E_c = E_{\text{ct}} - (E_{\text{cs}} - E_{\text{crs}}) \quad (\text{T 0362-2})$$

式中: E_c ——流动时间,s;

E_{ct} ——试样流动时间 5 个测定值的算术平均值,s;

E_{cs} ——标准集料的流动时间标准值,s;

E_{crs} ——试验仪器测定的标准集料流动时间,s。

6 允许误差

流动时间重复性试验的允许误差为 4s。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 标准集料来源、流动时间标准值。

7.7 样品流动时间和标准集料流动时间试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 粗集料的棱角性,与粗集料破碎面、集料形状和表面纹理等综合因素相关。粗集料棱角性评价国际上有两种方法,间隙率法和流动时间法。间隙率法测定松方空隙率来评价棱角性,其与颗粒形状、表面纹理和级配相关,其试验原理与 T 0344 相同,只不过漏斗直径更大。流动时间法原理同 T 0345,习惯称为流动系数 Flow coefficient,用 E_c 表示。

间隙率法和流动时间法均较为简单,但是空隙率法测定结果影响因素较多,特别是其测定受级配及毛体积相对密度波动影响较大,而且立方形颗粒与圆形颗粒区分度不高;相对而言,流动时间法更加简单,且影响因素相对少,为此本规程增补了流动时间法棱角性试验方法。

2.2 棱角性标准集料要求为专业单位生产、产地来源明确、目标值稳定。

T 0320—2005 粗集料软弱颗粒含量试验**1 适用范围**

本方法适用于测定粗集料的软弱颗粒含量。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于 5kg,感量不大于 1g。

2.2 试验筛:孔径为 4.75mm、9.5mm、16mm、31.5mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.3 集料软弱颗粒试验仪:测力量程 1000N,精度 10N;位移行程不小于 50mm。

2.4 其他:金属盘、毛刷等。

3 试验准备

3.1 将样品缩分至不少于 2000g 的试样一份,浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水目测为清澈为止。沥干,105℃ ±5℃ 烘干至表面干燥,并冷却至室温。烘干时间不超过 4h。温度敏感性再生材料等,烘干温度为 40℃ ±5℃。

3.2 将干燥试样充分过筛,分成 4.75 ~ 9.5mm、9.5 ~ 16mm、16 ~ 31.5mm 三个粒级。三个粒级总颗粒数应不少于 200 颗。

注:当样品中某一粒级小于 10% 时,则该粒级可不予测定。如 5 ~ 10mm,对于 9.5 ~ 16mm、16 ~ 31.5mm 两个粒级含量较低,因此可直接测定 4.75 ~ 9.5mm 一个粒级的软弱颗粒含量。

4 试验步骤

4.1 分别称量三个粒级颗粒质量,计算三个粒级颗粒的总质量(m_1)。

4.2 逐颗取出集料,将大面朝下稳定平放在压力机平台中心,按表 T 0320-1 加载条件施加荷载。被压碎的颗粒为软弱颗粒,将其剔除。

表 T 0320-1 软弱颗粒加载条件

粒级(mm)	4.75 ~ 9.5	9.5 ~ 16	16 ~ 31.5
加压荷载(N)	150	250	340

4.3 将各粒级逐个颗粒进行试验,剔除所有软弱颗粒。

4.4 收集所有完好集料颗粒,称取质量(m_2)。

5 计算

5.1 软弱颗粒含量按式(T 0320-1)计算,准确至0.1%。

$$Q_r = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (\text{T 0320-1})$$

式中: Q_r ——粗集料的软弱颗粒含量,%;

m_1 ——三个粒级颗粒的总质量,g;

m_2 ——施加荷载后三个粒级完好颗粒总质量,g。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 软弱颗粒含量试验结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

4.2 对于粒径超出31.5mm的颗粒,施加0.34kN荷载偏低,因此规定对于0.34kN荷载对应的粒级为16~31.5mm颗粒。

T 0363—2024 集料磨耗试验(微型狄法尔法)

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗、细集料微型狄法尔磨耗值,以评价其抗磨耗性能。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 微型狄法尔磨损试验机:如图 T 0363-1 所示。

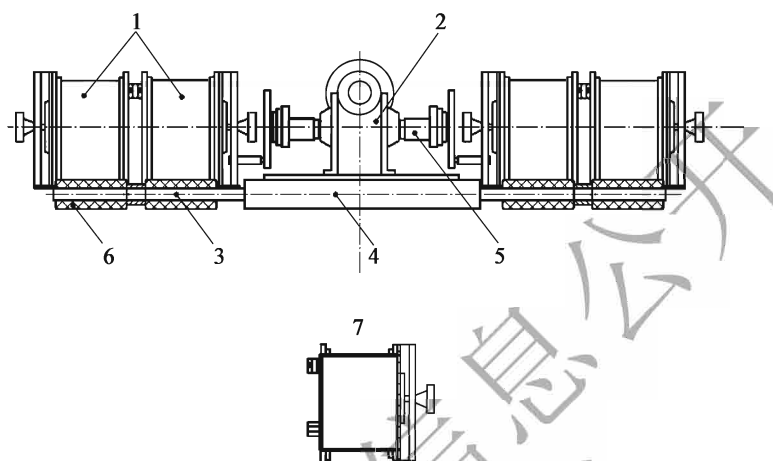


图 T 0363-1 微型狄法尔试验机示意图

1-圆筒;2-电机和减速齿轮;3-固定轴;4-框架;5-柔性联轴器;6-驱动轮;7-圆筒的横截面

1 试验筒:不锈钢材质,为两个或四个,一侧固定密闭,一侧用厚度不小于 8mm 的平盖密闭封水。试验筒内径 $200\text{mm} \pm 1\text{mm}$,内部有效长度(筒底到盖子距离) $154\text{mm} \pm 1\text{mm}$,壁厚不小于 3mm,内部表面光滑,不能有任何焊接或固定留下的凸起。试验筒水平放置旋转轴上。

2 电机:功率为 1kW,能够驱动试验筒按 $100\text{r/min} \pm 5\text{r/min}$ 转动。

3 计数器或计时器:自动记录、显示试验转动次数或时间,并在达到设定值时电机停止转动。

2.1.2 钢球:不锈钢或磁性不锈钢钢球,单个直径 $10\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$,或按 10 个钢球质量不大于 35g 控制,试验时钢球总质量应满足表 T 0363-1 中要求。

2.1.3 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.1.4 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.1.5 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.1.6 其他:玻璃量筒、金属盘、毛刷等。

2.2 材料

2.2.1 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。

2.2.2 石英砂:用于钢球、试验筒的粗磨。

2.2.3 微型狄法尔粗集料标准样品:规格为 9.5 ~ 13.2mm,微型狄法尔磨耗值标称值为 10% ~ 20%,精度为 $\pm 2\%$ 。

注:标准样品应由专业单位生产,料源明确,进行严格质量控制,标称值等性质指标稳定,同时提供证书。标准样品标称值应经交通运输部公路科学研究院进行定值。

2.2.4 微型狄法尔细集料标准样品:规格为 0.15 ~ 4.75mm,微型狄法尔磨耗值标称值为 10% ~ 20%,精度为 $\pm 2\%$ 。

注:标准样品应由专业单位生产,料源明确,进行严格质量控制,标称值等性质指标稳定,同时提供证书。标准样品标称值应经交通运输部公路科学研究院进行定值。

3 微型狄法尔试验机标定

3.1 试验机每测试 15 个样品,或每间隔超过 14d,或新钢球和新试验筒,采用标准集料进行标定。

3.2 称取 500g 石英砂和 750mL 水放入试验筒中,以 $100\text{r/min} \pm 5\text{r/min}$ 转速匀速转动 4h;然后再次称取 500g 石英砂和 750mL 水放入试验筒中、转动 4h。

3.3 按本方法 4 准备标准集料,按本方法 5 测定标准集料的微型狄法尔磨耗值。

3.4 采用标准集料测定的微型狄法尔磨耗值应满足微型狄法尔磨耗值标准值 $\pm 2\%$ 要求。

4 试验准备

4.1 将样品缩分一份子样,浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至目测水清澈为止。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至表面干燥,烘干时间不超过 4h,然后冷却至室温。温度敏感性再生材料等,可采用 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干。

4.2 从表 T 0363-1 中根据最接近的粒级类别选择试验筛,将烘干的子样按 T 0302 中干筛法筛分出不同粒级备用。

表 T 0363-1 粗集料微型狄法尔磨耗试验条件

粒度类别	粒级组成 (mm)	一份试样中各 粒级颗粒质量 (g)	试样总质量 (g)	钢球总质量 (g)	适用的集料规格	
					规格	公称最大粒径 (mm)
A	16.0 ~ 19.0	125 ± 2	500 ± 6	5500 ± 5	S9	10 ~ 20
	13.2 ~ 16.0	125 ± 2				
	9.5 ~ 13.2	250 ± 2				
B	13.2 ~ 16.0	200 ± 2	500 ± 4	5000 ± 5	S10	10 ~ 15
	9.5 ~ 13.2	300 ± 2				
C	13.2 ~ 16.0	125 ± 2	500 ± 5	4400 ± 5	S11	5 ~ 15
	9.5 ~ 13.2	125 ± 2				
	4.75 ~ 9.5	250 ± 1				
D	4.75 ~ 9.5	500 ± 1	500 ± 1	3800 ± 5	S12	5 ~ 10
E	2.36 ~ 4.75	500 ± 0.5	500 ± 0.5	1500 ± 5	S13	3 ~ 5
F	2.36 ~ 4.75	50 ± 0.5	500 ± 3	1250 ± 5	S14	0 ~ 5
	1.18 ~ 2.36	125 ± 0.5				
	0.6 ~ 1.18	125 ± 0.5				
	0.3 ~ 0.6	100 ± 0.5				
	0.15 ~ 0.3	75 ± 0.5				
	0.075 ~ 0.15	25 ± 0.5				

注:对于 A、B、C、F 粒度类型,当某一个粒级颗粒含量小于 5% 时,可以取等质量的最近粒级颗粒或相邻两个粒级各取 50% 代替。

5 试验步骤

5.1 将试验筒内部清理干净;按表 T 0363-1 要求,称取规定总质量的钢球,并放入一个试验筒中。

5.2 按表 T 0363-1 要求,称取不同粒级集料,组成一份试样,当某一粒级颗粒含量较多时需要缩分至要求质量的颗粒。称取总质量(m_1)后装入试验筒中。

5.3 在试验筒中加入 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的 $2.5\text{L} \pm 0.05\text{L}$ 水。盖好盖子、紧固密封。放置不少于 1h。但对于 F 粒级,加入 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的 $750\text{mL} \pm 10\text{mL}$ 的水,磨耗之前需浸泡不少于 1h。

5.4 将试验筒水平放置旋转轴上,并固定。打开电源,将转数计数器或计时器调零;启动试验机,以 $100\text{r/min} \pm 5\text{r/min}$ 转速匀速转动至 12000 转 ± 10 转,或转动 $120\text{min} \pm 1\text{min}$ 后停止。但对于 F 粒级,转动 $15\text{min} \pm 10\text{s}$ 后停止。

5.5 从试验机上取下试验筒,打开盖子,将所有试样、水及钢球移入金属盘中,同时用水冲洗试验筒内侧和盖子,并将冲洗液并入金属盘中。将金属盘中试样、水及钢球移入

4.75mm 和 1.7mm 的套筛,并用水将筛上颗粒冲洗干净、沥干。用磁力等方法检出所有钢球。但对于 F 粒级,将金属盘中试样、水及钢球移入 4.75mm 和 0.075mm 的套筛。

5.6 将 4.75mm 和 1.7mm 筛上颗粒收集、移入金属盘中,置 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重、室温冷却后称量(m_2)。但对于 F 粒级,为 4.75mm 和 0.075mm 筛上颗粒。

5.7 在每次测试碳酸盐岩石的集料之后,按本方法 3.2 进行试验机处理。

6 计算

6.1 试样的微型狄法尔磨耗值按式(T 0363-1)计算,准确至 0.1%。

$$M_{\text{DE}} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (\text{T 0363-1})$$

式中: M_{DE} ——试样的微型狄法尔磨耗值,%;

m_1 ——试验前试样总质量,g;

m_2 ——试验后 1.6mm(对于 F 粒级,为 0.075mm)筛上试样干燥质量,g。

6.2 取两份试样的微型狄法尔磨耗值算术平均值作为试验结果,准确至 1%。

7 允许误差

微型狄法尔磨耗值重复性试验的允许误差为 2%。

8 报告

8.1 试验项目名称和执行标准。

8.2 样品的编号、名称、产地和规格。

8.3 接样日期、样品描述。

8.4 试验日期、样品缩分方法。

8.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

8.6 加水量、磨耗时间和烘干时间。

8.7 微型狄法尔磨耗值试验结果(注明粒度类型)。

8.8 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 本规程先后制定了9项粗集料力学性能相关试验方法,T 0315 水泥混凝土用粗集料压碎值,T 0316 沥青混凝土用粗集料压碎值,T 0317 粗集料洛杉矶磨耗值,T 0318 砾石狄法尔磨耗值,T 0319 碎石狄法尔磨耗值,T 0321 粗集料磨光值,T 0322 粗集料冲击值,T 0323 粗集料道瑞磨耗值,T 0363 集料微型狄法尔磨耗值,其中2005版取消了T 0315、T 0318和T 0319三项试验方法,T 0363为本次修订新增试验方法。这些试验方法均反应集料料源特性。目前我国公路工程应用压碎值试验,其次为磨光值和洛杉矶磨耗试验,其他方法应用非常少。

国际上将集料力学性能试验方法分为三大类。第一类是抗破碎性能试验,英文为 resistance to fragmentation 或 resistance of crushing,如压碎值 ACV,洛杉矶磨耗值 LA,冲击值 AIV,这一类实际上是间接评价集料的抗压强度;第二类是抗磨耗性能试验, resistance to wear,如狄法尔磨耗、微型狄法尔磨耗;第三类是抗磨光性能, resistance to abrasion,如磨光值 PSV、道瑞磨耗值 AAV,这一类实际上是评价表面层用粗集料抗滑性能。从国际应用来说,抗破碎性能普遍采用洛杉矶磨耗值,其次是冲击值,压碎值基本取消了;抗磨耗性能普遍采用微型狄法尔磨耗,狄法尔磨耗已经取消了;磨光值主要采用磨光值 PSV,少量采用道瑞磨耗值 AAV。

1900年代法国开发了狄法尔磨耗试验方法,为当时国际上集料标准试验方法。法国及法语国家相关应用较多,但是由于该方法存在不足,在1940年代以后欧洲、美国就已经不再应用。法国1997年版集料标准 XP P 18-540 中也取消了狄法尔试验。

1920年中期美国加州洛杉矶市政试验室提出洛杉矶磨耗试验方法,1937年首次颁布了 ASTM C131 试验方法标准。目前洛杉矶磨耗值已经成为国际上应用最广泛的集料强度指标之一。早期认为洛杉矶是评价集料的磨耗性能,磨耗值小的集料,集料坚硬,耐磨,耐久性好。但是近年来国际上对该试验方法机理有了新的认识,如欧盟标准 EN 1097-2 中将洛杉矶 LA 划分为抗破碎性能指标,并称为洛杉矶试验,而不再称为洛杉矶磨耗试验。而美国 NCHRP 4-19 等报告也指出洛杉矶试验的钢球为420g,在试验筒中滚动被抛起、坠落从而对集料产生巨大的冲击作用,从而导致软弱颗粒破碎,因此该方法实际上是评价粗集料的抗破碎性能。由于洛杉矶磨耗试验中的冲击作用,导致 LA 磨耗试验存在不足。例如对于一些工程应用非常好的高质量、粗粒化晶体的集料,如花岗岩,由于整个晶体容易被冲击打碎造成 LA 值偏高;而对于低质量、软弱颗粒,如板岩,由于其晶体结构能够吸收冲击荷载的能量,造成 LA 值偏低。因此当 LA 试验结果异常时,可以采用微型狄法尔磨耗试验进行验证。法国等欧洲国家将洛杉矶磨耗值和微型狄法尔磨耗值结合起来使用。

1930年代末英国开发了压碎值 ACV 试验方法,1943年首次颁布 BS 812:11B 压碎值 ACV 试验方法标准。压碎值试验方法在英国,澳大利亚、印度、南非等原英联邦国家得到大量应用,亚非拉等国家应用也较为广泛。1950年代国际上发现压碎值对偏软集料不敏感,这是由于在加载到400kN之前软弱颗粒被压碎、在集料内部起到填充作用,使得集料

进一步被压密,降低了在加载后期荷载作用时压碎量,导致最终的压碎值偏低。因此,在1959年英国又开发了TFV试验方法,仪器、方法与ACV完全相同,只是其试验时逐级加载确定压碎的1.6mm颗粒含量约为7.5%~12.5%时对应的荷载值,即为TFV。英国在1960年BS 812-3中增加了TFV试验方法,同时规定ACV方法不适用于压实值大于30%以上的集料,此时应采用TFV方法。TFV方法国际上应用也非常广泛。英国1995年之后取消了ACV方法,但是TFV试验方法仍然有效,而且目前英国公路局等部门仍然在采用TFV试验方法。澳大利亚虽然仍然保留ACV方法有效,但是相关规范中已经不再采用ACV指标,仅保留TFV指标,同时增加了LA指标。目前压碎值ACV指标国际上基本没有应用。

冲击值AIV也是英国早期开发的试验方法,在国际上都有应用,但是相对而言应用较少。我国、法国等AIV试验方法均来源于英国BS 812-112。但是值得注意的是,欧盟EN 1097-2中的冲击值SZ方法是照搬了德国的冲击值试验,其冲击锤重50kg,前端直径60mm、高110mm,落高370mm,击实10次,然后过0.2mm筛。AIV和SZ原理相同,但是试验仪器、方法是完全不同的。一般认为冲击试验结果与洛杉矶磨耗值试验结果相关性非常好。由于不同材料吸收能量不同,对冲击试验结果有影响,例如硅质岩石,冲击值往往偏大。在欧盟EN 1097-2中指出,洛杉矶试验是抗破碎试验的标准试验,但是由于冲击值试验简单,在建立洛杉矶LA与冲击值AIV相关性之后可以替代LA试验,但是有争议时仍然以LA试验结果为准。

1960年代初期法国在狄法尔试验基础上改进,提出了微型狄法尔试验方法,同时考虑洛杉矶磨耗试验方法的不足,将洛杉矶磨耗试验和微型狄法尔试验结合起来应用。该方法目前在国际上得到广泛应用。欧盟在统一集料试验方法之后,将微型狄法尔列为EN 1097系列集料性能试验之首即EN 1097-1。该方法首先传入北美加拿大一些省,如魁北克、安大略、大不列颠省,然后被加拿大、美国采纳。1990年代初,加拿大安大略省进行了洛杉矶磨耗值、英国冲击值、硫酸镁坚固性、吸水率和微型狄法尔等大量试验,认为硫酸镁坚固性、吸水率和微型狄法尔试验是评价集料最好的指标,洛杉矶磨耗试验等指标并不可靠,在此基础上颁布了CSA A23.2-23A细集料微型狄法尔试验、CSA A23.2-29A粗集料微型狄法尔试验。美国1997年完成的NCHRP研究表明,微型狄法尔与集料的耐久性、韧性和抗磨损性能相关,与沥青混合料的抗松散性能、抗坑槽性能相关,采用该方法可很好评定集料质量;该方法比洛杉矶磨耗、硫酸镁坚固性具有更高的试验精度,试验材料用量少、快捷,时间短;同时该方法考虑了机械磨耗作用和水的风化作用,其模拟了集料在施工摊铺、压实以及交通荷载和不利环境的共同作用;与洛杉矶磨耗试验相比,微型狄法尔试验用钢球很小,而且试验筒非常小,因此微型狄法尔是真正的磨耗试验。美国1999年首次颁布了AAHTO TP 58微型狄法尔试验方法,目前粗集料微型狄法尔试验为AASHTO T 327和ASTM D 6928,细集料微型狄法尔试验为ASTM D 7428。微型狄法尔方法在美国、加拿大广泛应用,很多州完全取代了洛杉矶磨耗试验。

微型狄法尔试验参考国际相关试验方法,并结合我国工程实践编写。

2.2 微型狄法尔磨耗标准集料要求为专业单位生产、产地来源明确、目标值稳定。

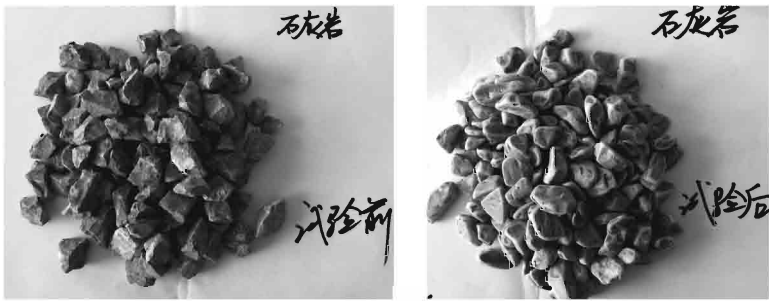


图 T 0363-1 石灰岩测定前后表面状况比较



图 T 0363-2 片麻岩测定前后表面状况比较

T 0316—2024 粗集料压碎值试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定粗集料压碎值,以评价集料的抗破碎能力。

2 仪器与材料

2.1 压碎值试模:由两端开口的钢制圆形试筒、压柱和底板组成,其形状和尺寸见图 T 0316-1和表 T 0316-1。试筒内壁、压柱的底面及底板的上表面等与集料接触的表面都应进行热处理,使表面硬化,硬度达到 58HRC,且表面保持光滑。

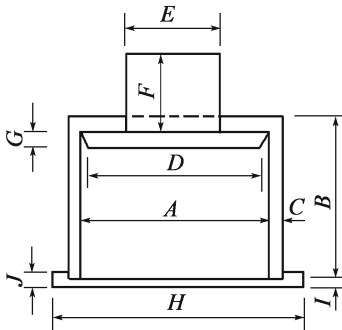


图 T 0316-1 压碎值试模

表 T 0316-1 压碎值试模尺寸

部位	符号	名称	尺寸 (mm)
试筒	A	内径	150 ± 0.3
	B	高度	$125 \sim 128$
	C	壁厚	≥ 12
压柱	D	压头直径	149 ± 0.2
	E	压杆直径	$100 \sim 149$
	F	压柱总长	$100 \sim 110$
	G	压头厚度	≥ 25
底板	H	直径	$200 \sim 220$
	I	厚度 (中间部分)	6.4 ± 0.2
	J	边缘厚度	10 ± 0.2

- 2.2 金属棒:直径 $16\text{mm} \pm 1\text{mm}$,长 $600 \pm 5\text{mm}$,一端加工成半球形。
- 2.3 天平:称量不小于 5kg ,感量不大于 1g 。
- 2.4 试验筛:孔径为 13.2mm 、 9.5mm 、 2.36mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。
- 2.5 压力机:量程 500kN ,示值相对误差不大于 2% ,同时应能 $10\text{min} \pm 30\text{s}$ 均匀加载到 400kN , $4\text{min} \pm 1\text{min}$ 均匀加载到 200kN 。压力机应设有防护网。
- 2.6 金属筒:圆柱形,内径 $112.0\text{mm} \pm 1\text{mm}$,高 $179.5\text{mm} \pm 1\text{mm}$,容积约 1767cm^3 ;此容积相当于压碎值试筒中装料至 100mm 位置时容积。
- 2.7 其他:金属盘、毛刷、橡胶锤等。

3 试验准备

- 3.1 将样品用 9.5mm 和 13.2mm 试验筛充分过筛,取 $9.5 \sim 13.2\text{m}$ 粒级缩分至约 3000g 试样三份。对于结构物水泥混凝土用粗集料,可剔除 $9.5 \sim 13.2\text{mm}$ 粒级中的针、片状颗粒后,再缩分至约 3000g 的试样三份。
- 3.2 将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干, $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至表面干燥,烘干时间不超过 4h ,然后冷却至室温。温度敏感性再生材料等,可采用 $40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干。
- 3.3 取一份试样,分 3 次等量装入金属筒中。每次装料后,将表面整平,用金属棒半球

面端从试样表面上 50mm 高度处自由下落均匀夯击试样,应在试样表面均匀分布夯击 25 次。最后一次装料时,应装料至溢出,夯击完成后用金属棒将表面刮平。金属筒中试样用减量法称取质量(m'_0)后,予以废弃。

4 试验步骤

4.1 取一份试样,从中取质量为 $m'_0 \pm 5\text{g}$ 试样一份,称取其质量,记为 m_0 。

4.2 将试筒安放在底板上。将称取质量的试样分 3 次等量装入试模中,按 3.2 方法夯击,最后将表面整平。

4.3 将装有试样的试筒安放在压力机上,同时将压柱放到试筒内压在试样表面,注意压柱不得在试筒内卡住。

4.4 操作压力机,均匀地施加荷载,并在 $10\text{min} \pm 30\text{s}$ 内加到 400kN,然后立即卸除荷载。对于结构物水泥混凝土用粗集料,可在 3~5min 内加到 200kN,稳压 5s 后卸载,但应在报告中予以注明。

4.5 从压力机上取下试筒,将试样移入金属盘中;必要时使用橡胶锤敲击试筒外壁便于试样倒出;用毛刷清理试筒上的集料颗粒一并移入金属盘中。

4.6 按 T 0302 中干筛法,采用 2.36mm 试验筛充分过筛。

4.7 称取 2.36mm 筛上集料质量(m_1)和 2.36mm 筛下集料质量(m_2)。

4.8 取另外一份试样,按照以上步骤进行试验。

5 结果整理

5.1 试样的损耗率按式(T 0316-1)计算,准确至 0.1%。

$$P_s = \frac{m_0 - m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0316-1})$$

式中: P_s ——试样的损耗率,%;

m_0 ——试验前的干燥试样总质量,g;

m_1 ——试样的 2.36mm 筛上质量,g;

m_2 ——试样的 2.36mm 筛下质量,g。

5.2 试样的压碎值按式(T 0316-2)计算,准确至 0.1%。

$$ACV = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \times 100 \quad (T 0316-2)$$

式中：ACV——试样的压碎值，%。

5.3 取两份试样的压碎值算术平均值作为测定结果，准确至 1%。

6 允许误差

6.1 试样的损耗率应不大于 0.5%。

6.2 压碎值重复性试验的允许误差为平均值的 10%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法和样品处理方法（是否剔除针、片状颗粒）。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 加载、卸载条件。

7.7 压碎值试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

3.2 本规程中将集料强度试验用试样烘干条件进行了统一。

4.4 2005 版中将水泥混凝土用集料压碎值和沥青混合料用集料压碎值方法进行为了统一；为了相关规范过渡期使用，原条文说明中给出了换算公式。目前相关施工规范已经修订，明确不再进行换算，因此本次修订取消了换算公式。目前对于桥涵及隧道工程的结构物混凝土用粗集料，一些地区发现压碎值标准偏高，很难找到合适集料。为此，本规程规定对于结构物水泥混凝土用粗集料，试样可剔除针、片状颗粒，同时采用 3~5min 内加到 200kN、稳压 5s 后卸载的荷载条件，但应在报告中予以注明。

T 0317—2005 粗集料磨耗试验(洛杉矶法)

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗集料洛杉矶磨耗值,以评价集料抗破碎能力。

2 仪器与材料

2.1 洛杉矶磨耗试验机:试验机示意图见图 T 0317-1(单位:mm)。

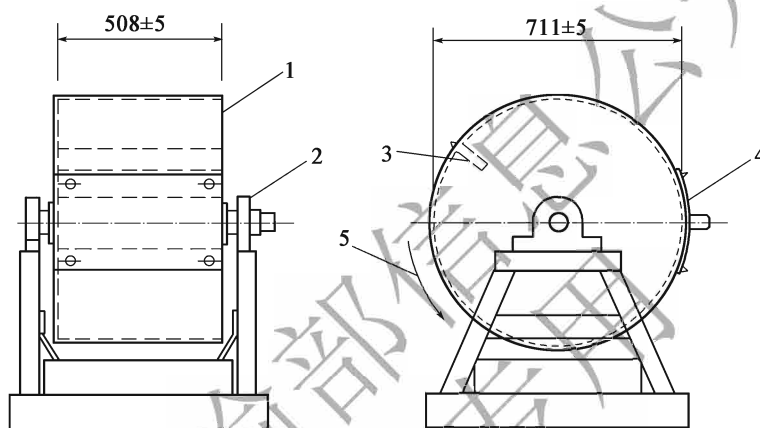


图 T 0317-1 洛杉矶磨耗试验机

1-圆筒;2-短轴;3-隔板;4-投料口;5-旋转方向

1 圆筒:结构钢材质的中空、内部光滑圆筒,两端封闭。圆筒内径 $711\text{mm} \pm 5\text{mm}$,内侧长 $508\text{mm} \pm 5\text{mm}$,壁厚 $12.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。将圆筒的两端固定安装在两个短轴上,短轴不得伸入圆筒中。同时两个短轴应该在一个轴线上,且轴线与水平倾角不得大于 1% 。

2 投料口:在圆筒表面宽度为 $150\text{mm} \pm 3\text{mm}$ 的开口;带可开启、关闭的结构钢材质盖子,通过紧固螺栓和橡胶垫与圆筒紧闭密封,盖子的宽度约为 190mm ;开口和盖子的长度与圆筒内侧长度相等。盖子内侧应该光滑,在关闭时其内侧与圆筒内壁处于同一个圆形轮廓线上。

3 隔板:结构钢材质的矩形钢板,通过螺栓固定在圆筒内壁上,隔板向圆筒轴心凸出尺寸为 $89\text{mm} \pm 2\text{mm}$,厚度为 $25\text{mm} \pm 1\text{mm}$,长度方向应该足够长,其端面离圆筒内侧间隙不大于 2.5mm 。安装时应使隔板垂直于圆筒内表面。隔板安装位置应该不致影响投料口的使用,同时便于更换,可离投料口开口边缘距离为 $400 \sim 850\text{mm}$ (在圆筒外侧沿旋转方向)。应定期检查隔板磨损情况,当隔板任何一点凸出尺寸小于 85mm 或厚度小于 23mm ,均需要更换隔板。

4 电机:电机应该使试验时圆筒匀速转动,转速为 $30 \sim 33\text{r/min}$ 。

5 转数计数器:自动记录、显示圆筒旋转次数。

2.2 钢球:单个钢球直径为 45.6 ~47.6mm、质量为 390 ~445g。一组钢球大小稍有不同,平均直径约为 46.8mm、平均质量为 420g,以便按要求组合成符合要求的总质量。

2.3 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.4 试验筛:根据集料规格选用不同孔径的方孔筛,同时孔径为 1.7mm 方孔筛一个。试验筛应满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.5 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 105℃ ±5℃,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.6 其他:金属盘、毛刷等。

3 试验准备

3.1 将样品缩分得到一组子样。将子样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水目测清澈为止。沥干,105℃ ±5℃ 烘干至表面干燥,烘干时间不超过 4h,然后冷却至室温。温度敏感性再生材料等,可采用 40℃ ±5℃ 烘干。

3.2 从表 T 0317-1 中根据最接近的粒级组成选择试验筛,将烘干的子样筛分出不同粒级。

表 T 0317-1 粗集料洛杉矶试验条件

粒度类别	粒级组成 (mm)	一份试样中 各粒级颗粒 质量(g)	一份试样的 总质量 (g)	钢球数量 (个)	钢球总质量 (g)	转动次数 (r)	适用的粗集料规格	
							规格	公称最大粒径 (mm)
A	26.5 ~ 37.5	1250 ± 25	5000 ± 10	12	5000 ± 25	500	—	—
	19 ~ 26.5	1250 ± 25						
	16 ~ 19	1250 ± 10						
	9.5 ~ 16	1250 ± 10						
B	19 ~ 26.5	2500 ± 10	5000 ± 10	11	4580 ± 25	500	S6	15 ~ 30
	16 ~ 19	2500 ± 10					S7	10 ~ 30
							S8	10 ~ 25
C	9.5 ~ 16	2500 ± 10	5000 ± 10	8	3330 ± 20	500	S9	10 ~ 20
	4.75 ~ 9.5	2500 ± 10					S10	10 ~ 15
							S11	5 ~ 15
							S12	5 ~ 10
D	2.36 ~ 4.75	5000 ± 10	5000 ± 10	6	2500 ± 15	500	S13	3 ~ 10
							S14	3 ~ 5
E	63 ~ 75	2500 ± 50	10000 ± 100	12	5000 ± 25	1000	S1 S2	40 ~ 75
	53 ~ 63	2500 ± 50						40 ~ 60
	37.5 ~ 53	5000 ± 50						

续表 T 0317-1

粒度类别	粒级组成 (mm)	一份试样中 各粒级颗粒 质量(g)	一份试样的 总质量 (g)	钢球数量 (个)	钢球总质量 (g)	转动次数 (r)	适用的粗集料规格	
							规格	公称最大粒径 (mm)
F	37.5 ~ 53 26.5 ~ 37.5	5000 ± 50 5000 ± 25	10000 ± 75	12	5000 ± 25	1000	S3	30 ~ 60
							S4	25 ~ 50
G	26.5 ~ 37.5 19 ~ 26.5	5000 ± 25 5000 ± 25	10000 ± 50	12	5000 ± 25	1000	S5	20 ~ 40

注:①粒级组成中 16mm 可用 13.2mm 代替;
②A 级适用于水泥混凝土用集料和未筛分碎石混合料;
③C 级中,对于 S12 可仅采用 5000g 的 4.75 ~ 9.5mm 粒级颗粒,S9 及 S10 可仅采用 5000g 的 9.5 ~ 16mm 粒级颗粒;E 级中,对于 S2 可采用等质量的 53 ~ 63mm 粒级颗粒代替 63 ~ 75mm 粒级颗粒;
④当样品中某一个粒级颗粒含量小于 5% 时,可以取等质量的最近粒级颗粒或相邻两个粒级各取 50% 代替。

4 试验步骤

4.1 将圆筒内部清理干净。按表 T 0317-1 要求,选择规定数量及总质量的钢球放入圆筒中。

4.2 按表 T 0317-1 要求,称量不同粒级颗粒,组成一份试样。当某一粒级颗粒含量较多时需要缩分至要求质量的颗粒。称取试样总质量(m_1)后装入圆筒中,盖好试验机盖子、紧固密封。

4.3 将转数计数器调零,按表 T 0317-1 要求设定转动次数。开动试验机,以 30 ~ 33r/min 转速转动至要求的次数。

4.4 打开试验机盖子,将钢球及所有试样移入金属盘中;从试样中捞出钢球。

4.5 按 T 0302 中干筛法,将试样用 1.7mm 方孔筛充分过筛,然后将筛上试样用水冲干净、沥干,置 105℃ ± 5℃ 烘箱中烘干至恒重、室温冷却后称量(m_2)。

注:温度敏感性再生材料等,烘干采用 40℃ ± 5℃。

5 结果整理

5.1 试样的洛杉矶磨耗值按式(T 0317-1)计算,准确至 0.1%。

$$LA = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \tag{T 0317-1}$$

式中: LA——试样的洛杉矶磨耗值, %;

m_1 ——试验前试样总质量, g;

m_2 ——试验后 1.7mm 筛上干燥试样质量, g。

5.2 取两份试样的洛杉矶磨耗值的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.1%。

6 允许误差

6.1 对于 A ~ D 粒度, 洛杉矶磨耗值重复性试验的允许误差为 2%。

6.2 对于 E ~ G 粒度, 洛杉矶磨耗值重复性试验的允许误差为 4%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 粒度类别、烘干时间。

7.7 洛杉矶磨耗值试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

2.1 对洛杉矶试验机技术参数进行了细化、完善。

3.2 由于集料粒径大小会影响洛杉矶磨耗值, 按照粒级组成制备试样十分重要。但当样品粒级组成中一个粒级颗粒含量偏低时, 按照表中粒级备料非常困难。因此根据工程实际情况, 规定当样品中一个粒级颗粒含量小于 5% 时, 可以取等质量的最近粒级颗粒, 或相邻两个粒级各取 50% 代替。

T 0322—2000 粗集料冲击值试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗集料冲击值,以评价集料抗破碎能力。

2 仪器与材料

2.1 冲击试验仪:形状及尺寸如图 T 0322-1,冲击锤的质量 $13.75\text{kg} \pm 0.05\text{kg}$ 。

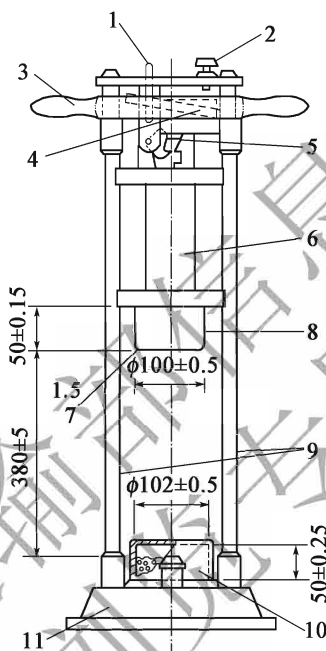


图 T 0322-1 冲击试验仪(尺寸单位:mm)

1-卸机销钉;2-可调的卸机制动螺栓;3-手提把;4-冲击计数器;5-卸机钩;6-冲击锤;7-削角;8-钢化表面;9-冲击锤导杆;10-圆形钢筒内侧钢化表面;11-圆形基座

2.2 量筒:内径 76mm,内高 51mm,壁厚 3mm。

2.3 冲击杯:内径 102mm、内高 50mm 的圆形网筒,内侧表面经钢化处理。

2.4 捣棒:钢棒,直径 10mm,长 230mm,一端为半球面。

2.5 试验筛:孔径为 13.2mm、9.5mm、2.36mm 方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.6 天平:称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g。

2.7 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.8 其他:小铲、金属盘、恒温箱、钢板、橡胶锤、毛刷等。

3 试验准备

3.1 将样品用 9.5mm 和 13.2mm 试验筛充分过筛,取 9.5 ~ 13.2mm 粒级颗粒缩分出试样两份,每一份试样的质量应满足填满量筒所需质量的 120% ~ 150%。

3.2 将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将试样颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至表面干燥,烘干时间不超过 4h,然后冷却至室温。温度敏感性再生材料等,可采用 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干。

4 试验步骤

4.1 用铲将试样的 1/3 从量筒上方 50mm 处装入量筒,用捣棒半球形端将集料捣实 25 次,每次捣实应从量筒上方 50mm 处自由落下,落点应在集料表面均匀分布。用同样方法,再分两次装入两个 1/3 试样并捣实。3 次装料完成后,用捣棒在容器顶滚动,除去多余的颗粒,对阻碍棒滚动的颗粒用手除去,并添加颗粒填满孔隙。

4.2 将量筒中盛满的集料颗粒移入天平中,称取干燥颗粒质量(m)。

4.3 将冲击试验仪置于试验室坚硬地面上并在仪器底座下放置铸铁垫块。

4.4 将称好质量的集料颗粒倒入仪器底座上的金属冲击杯中,并用捣杆单独捣实 25 次,以便压实。

4.5 调整锤击高度,使冲击锤在集料表面以上 $380\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。

4.6 使锤自由落下连续锤击集料 15 次。每次锤击间隔不少于 1s。第一次锤击后,对所要求落高不再调整。

4.7 将杯中击碎的集料移入金属盘上,并用橡胶锤锤击金属杯外面,用硬毛刷刷内表面,直至集料颗粒全部落入金属盘中。将金属盘中的集料用 2.36mm 试验筛筛分,分别称取保留在 2.36mm 试验筛上及筛下的颗粒质量(分别记为 m_1 、 m_2)。

4.8 取另外一份试样,称取 m 质量集料颗粒,进行第二次平行试验。

5 结果整理

5.1 试样的损耗率按式(T 0322-1)计算,准确至0.1%。

$$P_s = \frac{m - m_1 - m_2}{m} \times 100 \quad (\text{T 0322-1})$$

式中: P_s ——试样的损耗率,%;

m ——试验前的干燥颗粒质量,g;

m_1 ——试验后2.36mm筛上颗粒质量,g;

m_2 ——试验后2.36mm筛下颗粒质量,g。

5.2 试样的冲击值按式(T 0322-2)计算,准确至0.1%。

$$\text{AIV} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \times 100 \quad (\text{T 0322-2})$$

式中:AIV——试样的冲击值,%。

5.3 取两份试样冲击值的算术平均值作为试验结果,准确至1%。

6 允许误差

6.1 试样的损耗率应不大于0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 烘干时间。

7.7 冲击值试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 冲击值试验是评价集料抗破碎性能的重要指标。

T 0321—2024 粗集料磨光值试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗集料的磨光值,以评价表面层用粗集料的抗车轮磨光性能。

2 仪器与材料

2.1 加速磨光试验机:结构示意图如图 T 0321-1,应安放在固定的基座上。

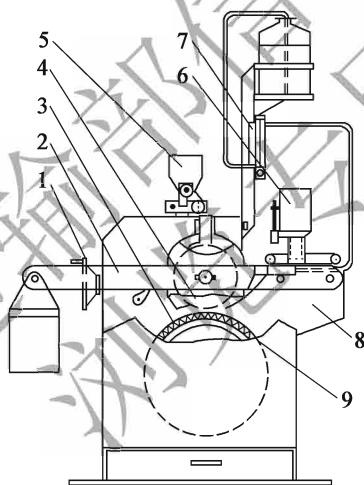


图 T 0321-1 加速磨光试验机示意图

1-荷载调整系统;2-调整臂;3-道路轮;4-橡胶轮;5-微粉贮料斗;6-粗砂贮料斗;7-供水系统;8-机体;9-试件

2.1.1 道路轮:具有夹紧装置,用于安装 14 块试件;外径 $406\text{mm} \pm 3\text{mm}$ (以安装 14 块试件后颗粒表面形成的外圆轮廓为基准),宽度 $44.5\text{mm} \pm 1\text{mm}$;磨光时转速为 $320\text{r/min} \pm 5\text{r/min}$ 。

2.1.2 橡胶轮:可拆换的两个实心橡胶轮,直径 $200\text{mm} \pm 3\text{mm}$,宽 $38\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 。橡胶轮表面初期硬度为 $69\text{IRHD} \pm 3\text{IRHD}$ (按 GB/T 531.2 测定)。橡胶轮应作明显标记,用于磨粗砂的橡胶轮标记为 C,用于磨微粉的橡胶轮标记为 X。

2.1.3 道路轮和橡胶轮的安装:通过荷载调整系统,使橡胶轮施加于道路轮的总荷载为 $725\text{N} \pm 10\text{N}$,并在磨光过程中保持恒定。橡胶轮在道路轮带动下能够绕轴自由旋转,其轴与道路轮的轴平行。道路轮与橡胶轮的旋转平面重合,并满足以下要求:

- a. 两轮的旋转平面倾角不超过 0.33° (200mm 偏差不得超过 1mm);
- b. 两轮中间的旋转平面距离不超过 0.8mm。

2.1.4 粗砂供给系统:在靠近道路轮与橡胶轮接触点之前,按照规定的速度,将粗砂和水直接供应在道路轮上,使其连续、稳定而均匀分布在橡胶轮和试件接触表面。

2.1.5 微粉供给系统:在靠近道路轮与橡胶轮接触点之前,按照规定的速度,将微粉和水直接供应到道路轮上,使其连续、稳定而均匀分布在橡胶轮和试件接触表面。

2.1.6 试模:金属试模应该使得制作的试件满足图 T 0321-2 形状,其纵向弯曲,外侧面曲率半径 $203\text{ mm} \pm 1.5\text{mm}$ 、弧面长度 $90.6\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$,内侧面曲面尺寸与道路轮尺寸相同;宽度 $44.5\text{ mm} \pm 0.5\text{mm}$,厚度为 $16\text{mm} \pm 0.5\text{ mm}$ (对于 4.75 ~ 9.5mm 粒级为 $13\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$)。一套为 28 副试模。

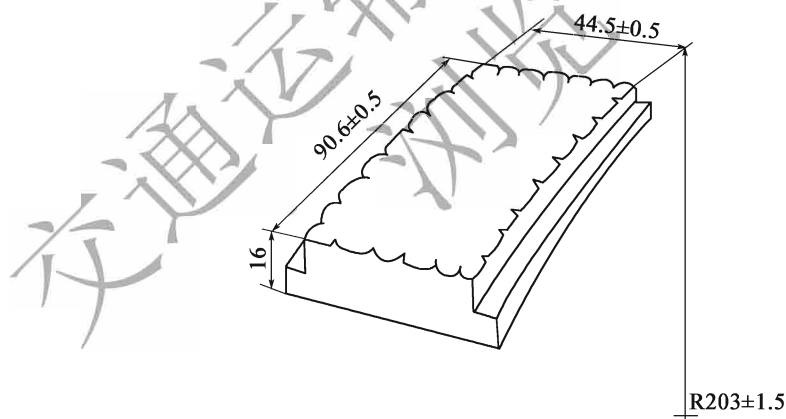


图 T 0321-2 试模及试件尺寸示意图(单位:mm)

2.1.7 试模盖:金属试模盖,外侧面为平面,内侧面与试模表面形状匹配,曲率半径 $189\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$,其尺寸稍大于试模尺寸。试模盖上应钻有多个小孔。

2.2 指针式摆式摩擦系数测定仪:示意图如图 T 0321-3。

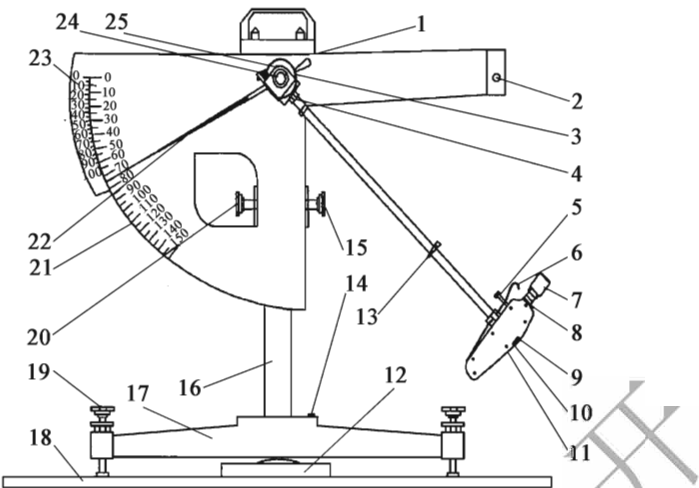


图 T 0321-3 指针式摆式摩擦系数测定仪示意图

1-紧固把手;2-释放开关;3-弹簧片或毡垫;4-连接螺母;5-定位螺丝;6-提升柄;7-平衡锤;8-并紧螺母;9-滑溜块;10-橡胶片;11-止滑螺丝;12-试件固定器;13-卡环;14-水准泡;15、20-升降把手;16-立柱;17-底座;18-底板;19-调平螺栓;21-大刻度盘(126mm 滑溜长度);22-指针;23-小刻度盘(76mm 滑溜长度);24-转向节螺盖;25-调节螺母

2.2.1 摆及滑溜块:摆(包括滑溜块)总质量为 $1500\text{g} \pm 30\text{g}$,其质心位于摆杆的轴线上,且质心距离摆的旋转轴心距离为 $410\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。滑溜块安装在摆的端部,并固定在具有中心旋转轴的刚性基座上;滑溜块能够绕轴自由旋转,下端部向上活动范围应不少于 10mm ;提升柄提起滑溜块时,滑溜块上提的高度应不少于 6.5mm ;滑溜块(含橡胶片和铝质支承板)质量为 $20\text{g} \pm 5\text{g}$ 。

注:滑溜长度 $126\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 时,采用宽橡胶片,此时滑溜块(含橡胶片和铝质支承板)质量为 $32\text{g} \pm 5\text{g}$ 。

2.2.2 滑溜块的安装:合理安装滑溜块,满足以下要求:

1 调整摆,使在摆运动到最低点时(如图 T 0321-4),仅橡胶片的工作面边缘与水平面接触,接触点处橡胶片底面与水平面夹角为 $26^\circ \pm 3^\circ$,此时橡胶片工作边缘与水平面接触点处于摆杆轴线延伸线上,且与摆的旋转轴心距离为 $510\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。

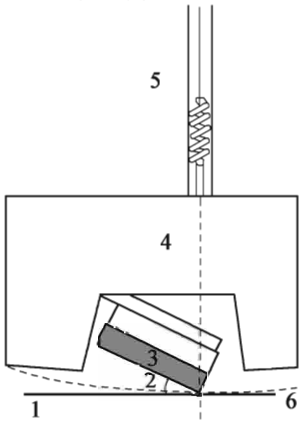


图 T 0321-4 摆在最低点处时橡胶片、摆及试件表面的相对位置示意图

1-试件表面;2-橡胶片底面与试件表面的夹角;3-橡胶片;4-举升柄;5-摆杆;6-橡胶片工作边缘轨迹

2 在摆运动到最低点时,滑块通过弹簧施加压力压在试件表面,此时名义静压力为 $22.2\text{N} \pm 0.5\text{N}$,同时滑块上相应静态应力变化率不超过 0.2N/mm 。

2.2.3 指针:指针(不包括垫圈)质量不大于 85g ,名义长度为 $300\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 。

2.2.4 刻度盘:含两个刻度盘。小刻度盘(F 盘)的刻度为 $0 \sim 100$ 、大刻度盘(C 盘)的刻度为 $0 \sim 150$ 。其中小刻度盘对应滑溜长度为 $76\text{mm} \pm 1\text{mm}$,适合本方法测定粗集料磨光值;大刻度盘对应滑溜长度为 $126\text{mm} \pm 1\text{mm}$,适合室内外测定表面摩擦系数。刻度线位于大刻度盘外侧圆弧上,大刻度盘圆弧半径标称值为 305mm (控制标准 $305\text{mm} \pm 1\text{mm}$)。0 刻度线为摆轴安装孔中心线以下 10.16mm 处(控制标准 $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$);刻度盘分度值为 2 个单位,每 2 个单位按照公式(T 0321-1)进行标定。

$$F = \frac{mgX}{PDL} \times Z \times 100 \quad (\text{T 0321-1})$$

式中: F ——刻度盘上摩擦值;

m ——摆的质量,为 $1.5\text{kg} \pm 0.03\text{kg}$;

X ——摆的质心到摆的旋转轴心距离,为 $410\text{mm} \pm 2\text{mm}$;

P ——弹簧施加的名义静压力,为 $22.2\text{N} \pm 0.5\text{N}$;

D ——滑溜长度,F 盘为 76mm ,C 盘为 126mm ;

L ——大刻度盘半径,为 305mm ;

g ——当地重力加速度,为 9.8m/s^2 ;

Z ——大刻度盘上圆弧边缘刻度线至 0 刻度线的垂直距离,mm。

2.2.5 橡胶片:橡胶片的宽度(与摆的摆动方向垂直)、长度(摆的摆动方向一致)和厚度为 $(31.75 \pm 0.5)\text{mm} \times (25.4 \pm 0.5)\text{mm} \times (6.35 \pm 0.5)\text{mm}$,其初始硬度和回弹值应符合表 T 0321-1 的技术要求。橡胶片工作边缘为直角,棱角分明;橡胶片无磨料、油等污染,使用过程中不得用手直接接触橡胶片工作边缘。

注:滑溜长度 $126\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 时,采用宽橡胶片,此时尺寸为 $(76.2 \pm 0.5)\text{mm} \times (25.4 \pm 0.5)\text{mm} \times (6.35 \pm 0.5)\text{mm}$ 。

表 T 0321-1 橡胶片的技术要求

参数	温度(℃)				
	0	10	20	30	40
回弹值(%)	43 ~ 49	58 ~ 65	66 ~ 73	71 ~ 77	74 ~ 79
硬度(IRHD)	55 ± 5				

注:回弹值按 GB/T 6031 测定;硬度按 GB/T 1681 测定,测定温度为 23°C 。

2.3 数字式摆式摩擦系数测定仪:示意图如图 T 0321-5。

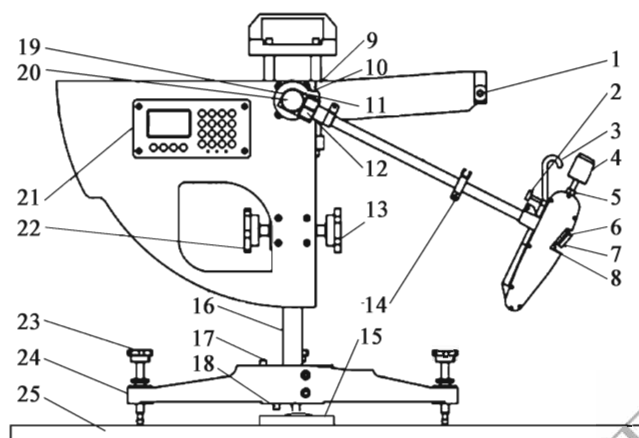


图 T 0321-5 数字式摆式摩擦系数测定仪示意图

1-释放开关;2-定位螺丝;3-提升柄;4-平衡锤;5-并紧螺母;6-滑溜块;7-橡胶片;8-止滑螺丝;9-紧固把手;10-弹簧片或毡垫;11-角度传感器;12-连接螺母;13、22-升降把手;14-卡环;15-试件固定器;16-立柱;17-水准泡;18-温度传感器;19-调节螺母;20-转向节螺盖;21-数字表盘;23-调平螺栓;24-底座;25-底板。

2.3.1 摆及滑溜块:同 2.2.1

2.3.2 滑溜块的安装:同 2.2.2。

2.3.3 数字表盘:可输入测点编号,自动计算、存储和显示摆值、角度及温度修正后的结果。应该能够实现滑溜长度为 $76\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 和滑溜长度为 $126\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 两种条件下的摩擦值测定,其中零位时摆杆轴线与水平面夹角为 $1.9^\circ \pm 0.2^\circ$ 。滑溜长度 $76\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 的摩擦值范围为 $0 \sim 100$ 个单位,滑溜长度 $126\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 的摩擦值范围为 $0 \sim 150$ 个单位。显示分度值为 0.1 个单位;每 2 个单位按照公式(T 0321-2)进行检验:

$$F = \frac{mgX}{PD} \times \sin(\theta) \times 100 \quad (\text{T 0321-2})$$

式中: θ —摆与零位的夹角, $^\circ$ 。

2.3.4 橡胶片:同 2.2.5。

2.4 天平:感量不大于称量质量的 0.1% 。

2.5 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 和 $40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.6 试验筛:孔径为 13.2mm 、 9.5mm 、 4.75mm 、 0.3mm 方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.7 温度计:量程 $0 \sim 100^\circ\text{C}$,分度值 0.1°C ;量程 $0 \sim 200^\circ\text{C}$,分度值 1°C 。

2.8 滑溜长度量尺:长度 76mm。

2.9 槽型钢直尺(图 T 0321-6),其尺寸可根据加速磨光机结构调整。

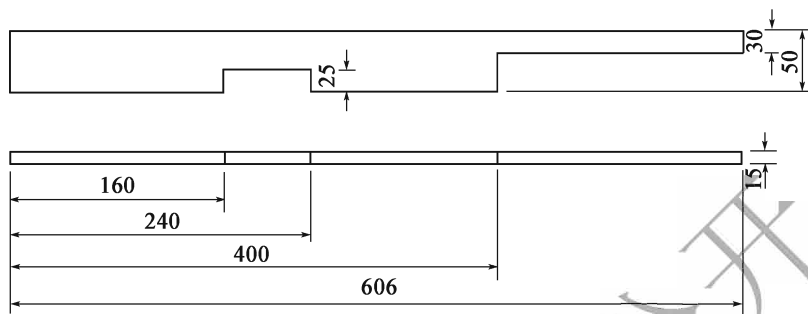


图 T 0321-6 槽型钢直尺示意图(单位:mm)

2.10 刷子:细刷两把,直径约为 3mm;硬毛刷一把。

2.11 一次性杯子,不少于 2kg 配重、抹刀、洗耳球等。

2.12 磨光值集料标准样品:标准样品的磨光值标称值应为 40 ~ 43,精度为 ± 5 。

注:标准样品应由专业单位生产,料源明确,进行严格质量控制,标称值等性质指标稳定,同时提供证书,给定磨光值标称值 PSV_b 、上限 PSV_{bmax} 和下限 PSV_{bmin} 。标准样品标称值应经交通运输部公路科学研究院进行定值。

2.13 磨料:粗砂为 30 号棕刚玉,微粉为 380 号绿碳化硅。磨料只允许使用一次,不得重复使用,且使用前应 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干、冷却至室温。

2.14 粘结剂:可选用树脂(低收缩率的聚合物树脂或快凝型环氧树脂)和固化剂,使用前按比例搅拌均匀。为调整粘结剂的稠度,可掺加少量填料。

2.15 细砂:天然砂用清水淘洗,并全部通过 0.3mm 筛, $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干为洁净、干燥的砂。

2.16 溶剂:丙酮和煤油混合物(体积比为 90:10),用于清洗试验后的仪器。

2.17 隔离剂:防止粘结剂与试模粘结在一起,可用硅油脱模剂或液体汽车上光剂等。

2.18 柔性薄片:塑料片或橡胶片。

2.19 摩擦系数标准样品:带有斜边和磨光边缘的浮法玻璃板,摩擦系数标称值为 3 ~ 15,精度为 ± 3 ;经过处理的陶瓷板,摩擦系数标称值为 25 ~ 40,精度为 ± 3 ;抛光薄膜,摩擦系数标称值为 50 ~ 75,精度为 ± 3 。标准样品表面无污染、无划痕,尺寸为不小于 150mm × 100mm × 10mm。

注:标准样品应由专业单位生产,料源明确,进行严格质量控制,标称值等性质指标稳定,同时提供证书,给定摩擦系数标称值及其上限、下限。标准样品标称值应经交通运输部公路科学研究院进行定值。

2.20 摩擦系数标定固定器:铝制,用于固定摩擦系数标准样品。

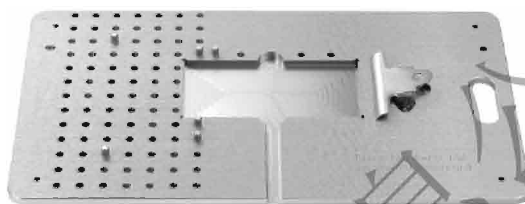


图 T 0321-7 摩擦系数标定固定器

2.21 计时器:量程不少于 48h,精度 0.1s。

2.22 试验用水:自来水。

2.23 其他:浮法玻璃板,尺寸为不小于 200mm × 100mm × 10mm。

3 试验准备

3.1 磨光机

3.1.1 每年应清理、润滑道路轮和橡胶轮的转轴,每年检查道路轮的转速、每个橡胶轮作用在道路轮上的总荷载;

3.1.2 每年校准道路轮和橡胶轮的相对位置标定。

1 采用槽型钢直尺、塞尺和游标卡尺等,以道路轮边缘作为基准,按图 T 0321-7 测定 $D_1 \sim D_3$ 、 l_1 、 l_2 。



图 T 0321-7 槽型钢直尺标定两轮相对位置示意图(单位:mm)

2 两轮中间的旋转平面距离应满足式(T 0321-3)要求:

$$\frac{D_3 + D_2 + l_1}{2} - \left(D_1 + \frac{l_2}{2}\right) \leq 0.8 \quad (\text{T 0321-3})$$

3 每转动道路轮 120° , 测定 1 次 D_2 、 D_3 ; 3 个位置共测定 3 次。取 D_2 、 D_3 三次测定值的平均值分别记为 $\overline{D_2}$ 、 $\overline{D_3}$; 取 D_3 三次测定值的最大值和最小值分别记为 $\max(D_3)$ 、 $\min(D_3)$ 。

4 两轮的旋转平面倾角应满足式(T 0321-4)和式(T 0321-5)要求:

$$|\overline{D_3} - \overline{D_2}| \leq 1 \quad (\text{T 0321-4})$$

$$\max(D_3) - \min(D_3) \leq 2 \quad (\text{T 0321-5})$$

3.1.3 每半年检查水流速;

3.1.4 每次磨光之前应检查粗砂和微粉流速;

3.1.5 每次磨光之前, 磨光机、道路轮、磨料及磨光用水应在 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 室温条件下恒温 120min 以上。

3.2 橡胶轮

3.2.1 每一个新橡胶轮应有检验报告, 同时应标注生产日期;

3.2.2 当橡胶轮不用时, 在 $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 条件下避光存放;

3.2.3 每个新橡胶轮在应用之前, 应进行预磨:

1 按照第 4 节方法用标准集料制作 2 块标准试件; 用非标准集料制作 12 块试件, 或者采用以前磨光过的 12 块试件;

2 将 14 块试件安装在道路轮上, 按照第 5 节方法, 进行粗磨(C 轮)、细磨(X 轮)、浸泡; 取出浸泡的标准试件, 按照第 6 节方法测定标准试件磨光值, 计算 2 块标准试件磨光值的平均值;

3 若 2 块标准试件磨光值之差大于 5, 或者磨光值平均值低于 PSV_{bmin} , 此橡胶轮应废弃。若 2 块标准试件磨光值平均值大于 PSV_{bmax} , 按照以上步骤重新制作 2 块标准试件及以上 12 块非标准试件, 继续磨光、测定磨光值, 直至 2 块标准试件磨光值平均值介于 $\text{PSV}_{\text{bmin}} \sim \text{PSV}_{\text{bmax}}$ 。

3.2.4 对于预磨好的橡胶轮, 进行标记。采用粗砂磨光的标记为 C, 采用微粉磨光的标记为 X, 同时用箭头标注旋转方向。

3.2.5 橡胶轮每年或每磨光达 20 组(标记为 X 橡胶轮为 25 组)试件时,应检查尺寸和磨损情况,按照以上 3.2.3 方法用标准试件检查性能。

3.2.6 磨光试验中出现以下情况时,应及时更换橡胶轮:

- 1 橡胶轮因磨损尺寸不满足要求,或出现表面不均匀磨损;
- 2 橡胶轮使用或存放超过生产日期 2 年;
- 3 在磨光值试验中标准试件磨光值低于 $PSV_{bmin} - 1$ 连续出现 2 次时。

3.2.7 每次磨光之前,橡胶轮应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 室温条件下恒温 120min 以上;当橡胶轮存放温度低于 15°C 时,则磨光之前应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下恒温 24h 以上。

3.2.8 每年检查 1 次橡胶轮尺寸。

3.3 摆式摩擦系数测定仪

3.3.1 每年进行摆式摩擦系数测定仪的标定,包括摆(包括滑溜块)、滑溜块和指针的质量,摆质心至摆旋转轴心的距离,设定弹簧有效张力等;

3.3.2 每次磨光值测定之前,摆式摩擦系数测定仪、湿润用水应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 室温条件下恒温 120min 以上;

3.3.3 每次磨光值测定前,应检验橡胶片底面与试件表面的夹角。

3.3.4 每次测定之前、测定之后,采用摩擦系数标准样品进行标定。浮法玻璃板标准样品、陶瓷板直接固定在固定器上测定摩擦系数。薄膜要求按图 3.3.4 采用胶带黏贴在玻璃板上,再直接测定摩擦系数。按第 6 节方法测定摩擦系数,其中喷洒蒸馏水或去离子水润湿标准样品表面。当检测值与标准样品标称值及其控制精度时,需要调整摩擦系数仪进行重新检验;若检验仍然不满足要求,需要重新检查、设定摆式仪,或更换橡胶片。

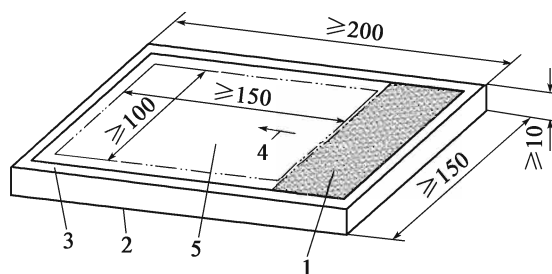


图 3.3.4 薄膜标准样品固定示意图(单位:mm)

1-胶带黏贴区域;2-玻璃板;3-玻璃板表面粘贴的薄膜;4-摆动方向;5-摩擦系数测试区域。

3.4 橡胶片

3.4.1 每一个新橡胶片应有检验报告,同时应标注生产日期;

3.4.2 橡胶片应在不超过 15℃ 温度条件下袋中密封、避光存放;

3.4.3 新的橡胶片在使用之前应进行工作边缘预摩擦:

- 1 从密闭容器中取 2 块按 3.6 准备的校准试件;
- 2 将新橡胶片安装到摆式摩擦系数测定仪上,取出一块校准试件,按照 6.4.1 ~ 6.4.4 方法使橡胶片工作边缘在干燥的标准试件表面摆动 5 次;然后喷洒水湿润试件表面,再次使橡胶片工作边缘在试件表面摆动 20 次,每摆动一次均需喷洒水湿润一次。
- 3 取第二块校准试件,按照以上同样方法对新橡胶片第二个工作边缘进行预摩擦。

3.4.4 每次进行磨光值测定前,应进行橡胶片工作边缘的校准:

- 1 选择数块校准试件,放入 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 恒温水中,将试件磨光表面向下浸泡 30 ~ 120min。
- 2 从水中取出 1 块校准试件,按照第 6 节方法测定磨光值,记录最后 3 次读数,取其平均值作为校准试件磨光值。
- 3 当校准试件磨光值不小于 $\text{PSV}_{\text{bmin}} - 1$,且其值与该校准试件最近一次记录的磨光值之差介于 $-2 \sim +1$ 时,则该橡胶片工作边缘满足要求。
- 4 当校准试件磨光值不小于 $\text{PSV}_{\text{bmin}} - 1$,但其值与该校准试件最近一次记录的磨光值之差超出 $-2 \sim +1$ 时,则应检查摩擦系数仪、橡胶片工作边缘或试验操作是否出现问题。
- 5 当校准试件磨光值小于 $\text{PSV}_{\text{bmin}} - 1$ 时,重新取 1 块校准试件进行校准,如果磨光值仍然小于 $\text{PSV}_{\text{bmin}} - 1$,则该橡胶片应予以废弃。
- 6 用校准试件校准橡胶片的另一个工作边缘。若橡胶片的两个工作边缘任何一个不满足要求,应该更换新的橡胶片。
- 7 用过的校准试件,当其磨光值不小于 PSV_{bmin} 时,可重新记录磨光值,风干、密封留存为校准试件。

3.4.5 磨光试验中出现以下情况之一时,应及时更换橡胶片:

- 1 存放或使用时间超过生产日期 1 年;
- 2 橡胶片的工作边缘出现磨圆或刻痕,或不满足 2.2.5 要求;
- 3 采用校准试件校准不能满足 3.4.4 要求。

3.4.6 每次磨光值测定之前,橡胶片应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 室温条件下恒温 120min 以上;当橡胶片存放温度低于 15℃ 时,则应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下恒温 24h 以上。

3.4.7 每测定 1 组 14 个试件,需要检查橡胶片底面与试件表面的夹角。

3.5 标准试件

在每次检测样品制备试件,用 2.12 中集料标准样品按照第 4 节方法制备 4 块标准试件,并与检测样品制备试件同时测定磨光值。

3.6 校准试件

按照 6.4.8 留存的标准试件,或按照 3.4.4 留存用过的标准试件,用于橡胶片校准或预摩擦。

3.7 磨料

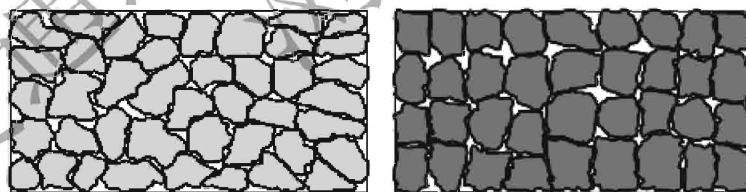
每批磨料,应分别检验粗砂、微粉的材质和级配。

4 试件制备

4.1 将样品用 9.5mm、13.2mm 试验筛充分过筛,取 9.5 ~ 13.2mm 粒级颗粒缩分试样一份,剔除针、片状颗粒,表面过于粗糙或过于光滑的颗粒,不规则或高度大于试模厚度的颗粒。将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将试样颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干,40℃ ± 5℃ 烘干至表面干燥。

注:试验不应采用室内破碎机破碎集料样品进行试验。

4.2 拼装好试模,注意使端板与模体齐平(使弧线平滑);逐个选取集料颗粒,将最大平面朝下、单层紧密排满试模底部;颗粒应随机摆放,不宜太有规律摆放。每块试件可含 19 ~ 31 颗集料。



(正确排放)

(不正确排放)

图 T 0321-8 排料示意图

4.3 将细砂填入试模集料颗粒间隙中,至集料颗粒高度 2/3 ~ 3/4 处。用细刷或洗耳球轻吹使之填充密实,去除试件表面粘附的细砂,但注意不得扰动集料颗粒。在试模露出的内壁、顶部边缘,端板,以及试模盖内壁用细刷轻涂隔离剂;隔离剂不要涂抹太多,且不得被集料吸收。

4.4 按比例将树脂和固化剂在一次性纸杯中搅拌,制备粘结剂。粘结剂应有合适的稠度,能够在集料颗粒之间自由流动。粘结剂稠度不宜太低而浸透入细砂或将细砂粘结到

试件表面,此时可加入适量填料,降低流动性;当粘结剂稠度太高时,可加入丙酮进行稀释,增加流动性。将粘结剂填入试模至稍有溢出,立即用试模盖盖住试模,挤压试模盖从孔中挤出多余的粘结剂。用小刀将试模边缘多余的粘结剂去除。

4.5 在试模盖上加 2kg 配重或采用夹具固定试件,防止粘结剂固结过程中试件变形。

4.6 当粘结剂固结、冷却后(一般为拌和 30min 后)将试件从试模中取出。用硬刷刷、水冲洗去除试件上松散的细砂;试件磨光之前应室温下放置 30min 以上。若试件表面有粘结剂、尖锐突起,颗粒松动,或厚度不满足要求,应废弃。

4.7 每种集料应制备 4 块试件。在挑选的试件侧面或底部进行标识。

4.8 脱模后及时清理试模等。

5 磨光试验

5.1 在磨光之前,试件、磨光机及磨料及磨光用水应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 不少于 2h;在磨光整个过程中室温应控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

5.2 试件安装

5.2.1 道路轮每次磨光时应放置 14 块试件,其中包括 2 块标准试件;每一种集料一次磨光 2 块试件,因此一次可磨光 6 种检测集料共 12 块试件。

5.2.2 用记号笔在 12 块集料试件弧形侧边上依次作 1~12 标记,同一种集料的 2 块试件为相邻两个编号;标准试件编号为 13、14 号。

5.2.3 按表 T 0321-2 的序号将试件排列在道路轮上,其中 1 号位和 8 号位为标准试件。在所有试件同一侧用箭头标注方向,箭头方向应与道路轮的旋转方向相反。试件的磨光表面应形成连续的集料颗粒带,直径为 406mm 的圆周,橡胶轮在试件表面应无碰撞或打滑情况。为避免磨光过程中试件断裂或松动,试件之间、试件与道路轮之间、夹紧装置之间加垫一片或数片柔性薄片。

表 T 0321-2 试件在道路轮上的排列次序

位置号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
试件编号	13	9	3	7	5	1	11	14	10	4	8	6	2	12

5.2.4 道路轮一次磨光 14 块试件为一组,每次试验要求磨光两组。一个道路轮上一次磨光用集料样品达不到 6 种时,不够的试件可采用已经磨光过的试件替代。但对每

一种待检测的集料,应分两组磨光,每组 2 块试件。

5.3 粗磨

5.3.1 准备好粗砂,装入粗砂贮料斗,磨光机底座下放一积砂盘。关闭调节流量阀,储水罐加满水。

5.3.2 调节粗砂和水流速:按动粗砂调速按钮,待粗砂溜出稳定后,用接料斗在出料口接住 2min 内溜出粗砂量,称取粗砂质量,计算粗砂流速应为 $27\text{g}/\text{min} \pm 3\text{g}/\text{min}$;否则应进行调整。调节流量计控制水流速,使得粗砂和水正好连续、稳定而均匀分布在试件表面全宽度上,可按粗砂相同流速控制。

5.3.3 把标记 C 的橡胶轮安装在磨光机上,且安装方向与橡胶轮预磨时方向一致;转动荷载调整手轮,使橡胶轮完全压在试件表面,并使施加的总荷载为 $725\text{N} \pm 10\text{N}$,且在磨光过程中保持恒定。

5.3.4 按下电源开关,道路轮以 $320\text{r}/\text{min} \pm 5\text{r}/\text{min}$ 速度运转,并带动橡胶轮运转,同时立即打开贮料斗和供水控制闸,按动粗砂调速按钮、调节流量计控制粗砂和水流速达到要求。

5.3.5 在磨光到 $60\text{min} \pm 5\text{min}$ 和 $120\text{min} \pm 5\text{min}$ 时,自动中止磨光,清除积砂盘中的粗砂,同时检查试件是否夹紧。在总磨光时间达到 $180\text{min} \pm 1\text{min}$ 或总转数达到 57600 转时,终止磨光。

5.3.6 当磨光结束后,应立即转动荷载调整手轮,卸下橡胶轮。将橡胶轮冲洗干净,在低于 25°C 条件下避光存放。

5.3.7 用水冲洗磨光机和试件,去除所有残留的粗砂(必要时从道路轮上取下试件冲洗)。

5.3.8 粗磨后试件可立即进行细磨。如果预估在一天内一次性无法完成磨光、浸泡和测试磨光值的整个试验过程,则在粗磨之后中断,将试件放在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 水中浸泡至第二天再进行细磨、浸泡和磨光值的测试。

5.4 细磨

5.4.1 准备好微粉,装入微粉贮料斗。关闭调节流量阀,储水罐加满水。

5.4.2 调节微粉和水流速:按动微粉调速按钮,待微粉溜出稳定后,用接料斗在出料口接住 2min 内溜出微粉量,称取质量,计算微粉流速应为 $3\text{g}/\text{min} \pm 1\text{g}/\text{min}$;否则应进行调整。水流速应使得微粉和水正好连续、稳定而均匀分布在试件表面全宽度上,可按两倍微粉流速 $\pm 1\text{mL}/\text{min}$ 控制。

5.4.3 安装标记 X 的橡胶轮,按照 5.3.3 ~ 5.3.4 进行磨光。在总磨光时间达到 $180\text{min} \pm 1\text{min}$ 或总转数达到 57600 转时,终止磨光;中途不中断。

5.4.4 当磨光结束后,应立即转动荷载调整手轮,卸下橡胶轮。将橡胶轮冲洗干净,在低于 25°C 条件下避光存放。

5.4.5 清理磨光机。

5.5 磨光值测定前试件的处理

5.5.1 试件完成磨光后,从道路轮上卸下试件,用硬毛刷刷、水冲洗,清除表面及颗粒缝隙中的磨料。

5.5.2 试件完成清洗后,立即放入 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 恒温水中,将试件磨光表面向下浸泡 30 ~ 120min。浸泡完成之后,立即从水中取出测定磨光值。在测定磨光值之前,试件不得干燥。

6 磨光值测定

6.1 在试验前摆式摩擦仪、橡胶片和喷水壶中水应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 环境条件下恒温 2h 以上,试验过程中环境温度应控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。进行正式试验之前,先按照 3.4.4 校准橡胶片。

6.2 将摆式摩擦仪放置在水平台上,松开紧固把手,转动升降把手使摆升高并能自由摆动,然后锁紧紧固把手,转动调平螺栓,使水准泡居中。

6.3 将摆固定在右侧悬臂上,使摆处于水平位置。把指针拨至右端与摆杆贴紧(数字式摆式摩擦系数测定仪无指针,不需要此步骤)。右手按下释放开关,使摆向左带动指针摆动,当摆达到最高位置后刚开始下落时,用左手将摆杆接住,此时指针应指零。若指针不指零,通过拧紧或放松调节螺母进行调整,重复前述步骤,直至指针指零,调零允许误差为 ± 1 。对于数字式摆式摩擦系数测定仪,应拧紧或放松调节螺母进行调整,直至显示初始角度为 $1.9^{\circ} \pm 0.2^{\circ}$;数字式摆式摩擦系数测定仪将保存此初始角度。

6.4 试件磨光值测定

6.4.1 将试件固定在试件固定器的固定槽内,试件侧面标记的箭头方向应与磨光值测定时摆的摆动方向一致。让摆处于悬空、自然下垂静止状态,调整试件及试件固定器,使试件与橡胶片、摆杆轴线中线对中,并满足以下要求:

- 1 在试件宽度方向上,试件中线与橡胶片中线的偏差不大于 $\pm 2\text{mm}$ (图 T 0321-9);
- 2 在试件长度方向上,试件中线与摆杆轴线中线的偏差不大于 $\pm 1\text{mm}$ (图 T 0321-10)。

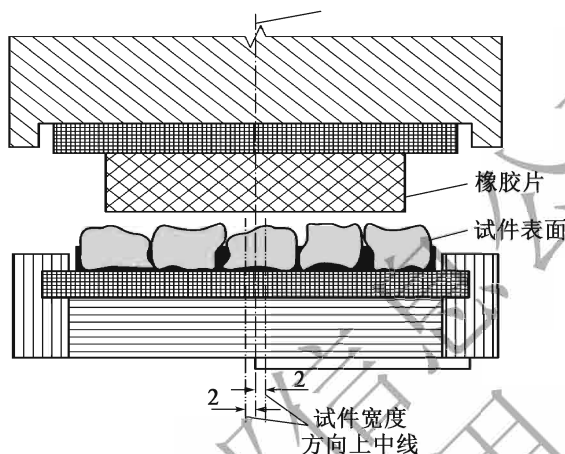


图 T 0321-9 在试件宽度方向上试件中线与橡胶片中线偏差
A、B-试件宽度的一半;C-中线总偏差量为4mm。

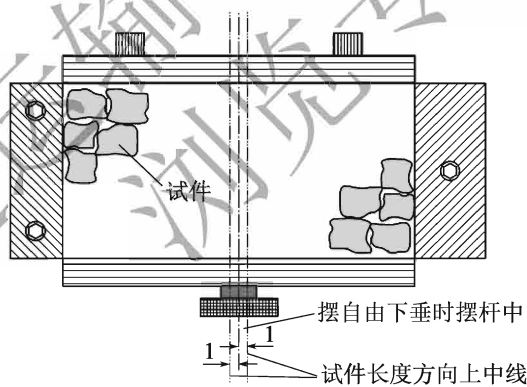


图 T 0321-10 在试件长度方向上试件中线与摆杆轴线中线的偏差

6.4.2 让摆处于自然下垂状态,松开紧固把手,转动升降把手使摆下降,并提起举升柄使摆向左侧移动,然后放下举升柄使橡胶片工作边缘轻轻触地,在紧靠接触点侧边摆放滑溜长度量尺,使量尺左端对准接触点;再提起举升柄使摆向右侧移动,然后放下举升柄使橡胶片工作边缘轻轻触地,检查接触点是否与滑溜长度量尺的右端齐平。若齐平,则说明滑溜长度符合 $76\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 的要求。左右两次橡胶片工作边缘应以刚刚接触试件表面为准,不可借摆的力量向前滑溜。

6.4.3 若橡胶片两次触地与滑溜长度量尺两端不齐平,调整摆的高度,重复 6.4.2 步骤使滑溜长度达到 $76\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 。

6.4.4 将摆固定在右侧悬臂上,使摆处于水平位置。把指针拨至右端与摆杆贴紧(数字式摆式摩擦系数测定仪无指针,不需要此步骤)。用喷水壶喷洒清水润湿试件和橡胶片表面。注意在试验过程中,试件应一直保持湿润。按下释放开关使摆滑过试件表面,当摆达到最高位置后下落时,用左手接住摆杆,读取指针所指(F 盘)位置上的值,准确到 1 个单位。对于数字式摆式摩擦系数测定仪,直接读取数字表盘上显示值,准确到 0.1 个单位。

6.4.5 一块试件重复测试 5 次,每次测试均需要喷洒清水润湿试件表面。记录最后 3 次读数,取 3 次读数的平均值作为该试件磨光值(PSV_{ri} ,对于标准试件记为 PSV_{bi}),准确至 0.1 个单位。当连续测定时读数不断增加,且超过 1 个单位,则可能滑溜长度在增加,重新调整滑溜长度再测试。5 个值中最大值与最小值的差值不得大于 3。

6.4.6 按试件编号 13、1、10、3、5、12、8 顺序测定第一组中的 7 块试件的磨光值;然后换个橡胶片的工作边缘,按试件编号 7、11、6、4、9、2、14 顺序测定第一组中的另外 7 块试件的磨光值。

6.4.7 按以上 6.4.1 ~ 6.4.6 步骤测定第二组 14 个试件的磨光值;试验过程中采用同一橡胶片。

6.4.8 当标准试件磨光值满足 7.2 要求时,可留存为校准试件。4 块标准试件分别记录 PSV_{bi} ,风干后,标识、密封保存。

7 结果整理

7.1 计算每组 2 块标准试件的磨光值算术平均值和 4 块标准试件的磨光值算术平均值,准确至 0.1 个单位。4 块标准试件的磨光值算术平均值记为 PSV_{bra} 。

7.2 标准试件的每组磨光值算术平均值应介于 $\text{PSV}_{\text{bmin}} \sim \text{PSV}_{\text{bmax}}$,且两组间的磨光值算术平均值之差不大于 5,否则所有被测集料试件试验结果无效。

7.3 计算每组 2 块被测集料试件的磨光值算术平均值和每种被测集料 4 块试件的磨光值算术平均值,准确至 0.1 个单位。每种被测集料 4 块试件的磨光值算术平均值记为 PSV_{ra} 。

7.4 被测集料试件的两组间磨光值算术平均值之差应不大于 5, 否则该被测集料试验结果无效。

7.5 被测集料的磨光值 PSV 按式 (T 0321-6) 计算, 取整数:

$$\text{PSV} = \text{PSV}_{\text{ra}} + \text{PSV}_{\text{b}} - \text{PSV}_{\text{bra}} \quad (\text{T 0321-6})$$

式中: PSV——集料的磨光值;

PSV_{ra} ——被测集料 4 块试件磨光值的算术平均值;

PSV_{b} ——标准集料磨光值标称值, 按 2.12 确定;

PSV_{bra} ——4 块标准试件的磨光值算术平均值。

8 报告

8.1 试验项目名称和执行标准。

8.2 样品的编号、名称、产地和规格。

8.3 接样日期、样品描述。

8.4 试验日期、样品缩分方法。

8.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

8.6 标准集料来源、磨光值标准值。

8.7 样品磨光值、标准试件磨光值试验结果。

8.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 JTG F40 中沥青混合料表面层集料磨光值技术要求分为 36、38、40、42。而欧盟 EN 13043 沥青混合料用集料磨光值要求范围为 44 ~ 68, 例如德国分为 48 ~ 54, 法国分为 50 ~ 56, 英国为 50 ~ 65。由此可见我国与欧盟的粗集料磨光值差异较大, 欧盟磨光值比我国磨光值要高。这种差异并不是说我国磨光值标准低、集料磨光性能不好, 而主要是由于我国与欧盟试验方法不同。磨光值试验较为复杂, 需经过磨光、浸泡和摩擦系数测定各环节, 仪器、材料、制件、操作和各个环节条件对试验结果影响较大, 其中欧盟和我国最大差异在于试验用粗集料规格、磨料类型。欧盟要求采用 7.2 ~ 10mm 粒级的颗粒, 一块试件 36 ~ 46 颗集料; 而我国采用 9.5 ~ 13.2mm 粒级的颗粒, 一块试件 19 ~ 31 颗集料。欧

盟要求采用天然金刚砂粗砂和天然金刚砂微粉,而我国采用人造棕刚玉粗砂和人造绿碳化硅微粉,而且欧盟磨料偏细、偏连续级配。

对比分析下表 T 0321-4 和表 T 0321-5 中标准集料磨光值,可见不同试验方法测定值的差异。表 T 0321-4 中 1999、2009 年欧盟标准 EN 1097-8 采用 TRL 控制的玄武岩母岩标准集料的磨光值为 52.5,而表 T 0321-5 中 2017 年澳大利亚标准 AS 1141.40 采用 TRL 相同来源的玄武岩母岩标准集料的磨光值为 46,两者相差高达 6.5。澳大利亚采用 6.8~9.5mm 粒级的颗粒,一块试件 35~50 颗集料,与中国相比,澳大利亚要求的集料粒径更加接近欧盟。澳大利亚磨料为碳化硅和熔融氧化铝粉末,其材质和粗细程度与欧盟也有差异。

2.2.2.3 根据《公路路基路面现场测试规程》,将摆式摩擦系数仪分为两种,即指针式摆式摩擦系数测定仪和数字式摆式摩擦系数测定仪,其中针式摆式摩擦系数测定仪即为原摆式仪。

2.12 磨光值标准集料是磨光试验精度的重要保障,标准集料要求为专业单位生产、产地来源明确、目标值稳定。

表 T 0321-3 英国早期标准中标准集料的规定

标准号	BS 812-114:1975	BS 812-114:1989
标准集料情况	莱斯特郡 Enderby 石场的标准集料, PSV 平均值为 48~54。	仅认可来自于英国萨默塞特郡 WESSEX 公司的标准集料, PSV 平均值为 52.5,波动范围 52.5 ± 3
磨光值结果处理	按表换算	$PSV_{ra} + 52.5 - PSV_{bra}$

表 T 0321-4 欧盟标准中标准集料的规定

标准号	EN 1097-8:1999、2009	EN 1097-8:2016
标准集料一般性要求	PSV 标准值介于 50~60	PSV 标准值介于 50~60
实际标准集料情况	英国道路研究所 TRL 控制的玄武岩标准集料, PSV 标准值为 52.5,波动范围 52.5 ± 3 。	德国慕尼黑工业大学 TUM 控制的花岗岩标准集料, PSV 标准值为 56,波动范围 56 ± 5 。
磨光值结果处理	$PSV_{ra} + 52.5 - PSV_{bra}$	$PSV_{ra} + 56 - PSV_{bra}$

表 T 0321-5 澳大利亚标准中标准集料的规定

标准号	AS 1141.40:1999	AS 1141.40:2017
标准集料一般性要求	Panmure 标准集料	PSV 标准值介于 50~55
实际标准集料情况	澳大亚道研究协会 ARRB 控制的维多利亚 Panmure 石场的玄武岩标准集料。 PSV 标准值为 51,波动范围为 51 ± 3 。	1. 澳大亚道研究协会 ARRB 控制的维多利亚 Panmure 石场的玄武岩标准集料(目前已经枯竭)。磨光后 PSV 标准值为 51,波动范围为 51 ± 3 ; 2. 英国道路研究所 TRL 控制的玄武岩标准集料。 PSV 标准值为 46,波动范围为 46 ± 3 。
磨光值结果处理	$PSV_{ra} + 51 - PSV_{bra}$	$PSV_{ra} + PSV_b - PSV_{bra}$

原规程中规定标准集料磨光值为 46~52,此范围主要是借鉴了 BS 812-114 中标准集料磨光值范围,即 48~54。根据该磨光值范围,我国最早确定的标准集料母岩为一种绿帘石化安山岩,但是几十年过去了,其矿源发生了变化,现已不再满足磨光值 46~52 的要求。

无论是 BS 812-114 规定的标准集料磨光值 48~54,还是欧盟 EN 1097-8 规定的标准集料磨光值 50~60,其范围均处于欧盟 EN 13043 规定的沥青路面粗集料磨光值 44~64 中间。根据英国 TRL 和澳大利亚 AAPA 的技术报告,标准集料磨光值主要是用于控制磨光过程的一致性,标准集料选择原则是使其磨光值处于工程典型集料 PSV 值范围的中值。我国 JTG F40 中技术要求为 36~42,而我国集料磨光值范围为 36~44,44 以上非常少,49 及以上就更少见了,因此原规程标准集料磨光值 46~52 明显比我国典型集料磨光值偏高。原规程在借鉴 BS 812-114 过程中没有考虑不同试验方法的测定值差异,标准集料磨光值要求过高,不利于磨光值标准集料的生产和质量控制。

我国典型集料磨光值范围为 36~44,本次修订规定磨光值试验标准集料磨光值为 40~45,这个范围集料约占我国典型集料的 30%。

3.2 橡胶轮预磨后,应采用标准试件检验满足要求为止。

3.4 每次试验之前,应采用校准试件进行橡胶片的校准;校准不合格的橡胶片应废弃。

4.1 表面层集料磨光性能试验中其表面状态对测试结果有影响,一般要求试验过程中保持干燥,但是不得采用高温烘干,因此规定 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干至表面干燥。对于 T 0323 道瑞试验,也调整集料烘干温度。

4.4 原规程规定试件制备采用环氧砂浆,其流动性较差,固化时间长,因此调整为树脂粘结剂,流动性好,容易填充、固化时间短。

7.3 粗集料的磨光值结果按式 (T 0321-6) 计算时,需采用标准集料标准值。表 T 0321-3、表 T 0321-4 中,对于 BS 812 各版本、EN 1097-8 的 1999、2009 版本,均采用 TRL 控制的标准集料,其标准值为 52.5,因此其公式中采用 52.5 值;而 EN 1097-8 2016 年之后调整为 TUM 控制标准集料,其标准值 56,因此公式中 52.5 调整为 56。再例如表 T 0321-5 中,AS 1141.40 的 1999 和 2009 年版本规定 Panmure 标准集料,标准值为 51,因此公式中采用 51;而 2017 年版对于标准集料不固定,因此其公式中不再采用定值。本规程 2005 版原方法公式中规定定值 49,这个值是针对我国最早绿帘石化安山岩标准集料,目前该料源集料已经发生了变化,同时我国实际实践中标准集料并没有指定、受控。可见原规程方法中的“标准集料”并非真正的标准集料,因此公式中 49 这个值是非常不准确的。

T 0323—2000 粗集料磨耗试验(道瑞试验)

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗集料道瑞磨耗值,以评价表面层用粗集料的抗车轮磨光性能。

2 仪器与材料

2.1 道瑞磨耗试验机:由直径不小于 600mm 的经过加工的圆形铸铁或钢研磨转盘组成,转盘能以 28 ~ 31r/min 的速度作水平旋转。试验机装有转数计数器并配有下列附件:

2.1.1 试模:至少 2 块金属试模,端板可拆卸,其内部尺寸为 $92\text{mm} \pm 0.1\text{mm} \times 54\text{mm} \pm 0.1\text{mm} \times 16.0\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

2.1.2 托盘:至少 2 个,厚度 5mm、低碳钢板制成,用于固定制备好的试件,其内部尺寸为 $92\text{mm} \pm 0.1\text{mm} \times 54\text{mm} \pm 0.1\text{mm} \times 8.0\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

2.1.3 平板:至少 2 块,厚度 5mm、低碳钢板制成,用于制备试件。其尺寸为 $115\text{mm} \pm 0.1\text{mm} \times 75\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。

2.1.4 托盘固定装置:两个托盘支架径向相对,且长边与转盘转动的方向一致。托盘在支架中垂直平面上应能自由活动而水平平面上不能移动。

2.1.5 两只配重:圆底,用于保证试件对转盘表面的压力。可调整自重以使试件、托盘和配重的总质量满足 $2000\text{g} \pm 10\text{g}$ 。

2.1.6 溜砂装置和砂的清除及收集装置:这些装置能以 700 ~ 900g/min 的速率将磨料连续不断地洒布在试件前面的转盘上,在通过试件之后再将其清除并重新收集起来。

2.2 试验筛:孔径为 13.2mm、9.5mm、1.18mm、0.85mm、0.6mm、0.425mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.4 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.5 磨料:石英砂,石英含量不低于 95%;粒径为 0.3 ~ 0.85mm,其中 0.425 ~ 0.6mm 的颗粒含量不少于 75%;石英砂应干燥而且未使用过。每次试验约需用石英砂 30kg。

2.6 粘结剂:可选用树脂(低收缩率的聚合物树脂或快凝型环氧树脂)和固化剂,使用前按比例搅拌均匀。为调整粘结剂的稠度,可掺加少量填料。

2.7 细砂:天然砂用清水淘洗,并全部通过 0.3mm 筛, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干为洁净、干燥

的砂。

2.8 溶剂:丙酮和煤油混合物(体积比为 90:10),用于清洗试验后的仪器。

2.9 隔离剂:防止粘结剂与试模粘结在一起,可用硅油脱模剂或液体汽车上光剂等。

2.10 其他:洗耳球、小刀、小毛刷、20mL 量筒、100mL 烧杯等。

3 试验准备

3.1 试样准备

将样品用 9.5mm、13.2mm 试验筛充分过筛,取 9.5 ~ 13.2mm 粒级颗粒缩分试样一份,剔除针、片状颗粒,表面过于粗糙或过于光滑的颗粒,不规则的颗粒。将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将试样颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干,40℃ ± 5℃ 烘干至表面干燥。

注:试验不应采用室内破碎机破碎集料样品进行试验。

3.2 试件制作

3.2.1 拼装好试模,拧紧端板螺钉;将试模放在烘箱内烘干。

3.2.2 逐个选取集料颗粒,将最大平面朝下、单层紧密排满试模底部;颗粒应随机摆放,不宜太有规律摆放。每块试件含不少于 24 颗颗粒。

3.2.3 将细砂填入试模集料颗粒间隙中,至集料颗粒高度 3/4 处。用细刷或洗耳球轻吹使之填充密实,去除试件表面粘附的细砂,但注意不得扰动集料颗粒。在试模露出的内壁、顶部边缘以及平板一个表面用细刷轻涂隔离剂;隔离剂不要涂抹太多,且不得被集料吸收。

3.2.4 按比例将树脂和固化剂在一次性纸杯中搅拌,制备粘结剂。粘结剂应有合适的稠度,能够在集料颗粒之间自由流动。粘结剂稠度不宜太低而浸透入细砂或将细砂粘结到试件表面,此时可加入适量填料,降低流动性;当粘结剂稠度太高时,可加入丙酮进行稀释,增加流动性。将粘结剂填入试模至稍有溢出,立即用平板涂隔离剂的一面盖住试模,挤压平板;用小刀将试模边缘多余的粘结剂去除。

3.2.5 在平板上加 2kg 配重或采用夹具固定试件。当粘结剂固结、冷却后(一般为拌和 30min 后)去除平板,用小刀切除多余的粘结剂。将试件从试模中取出,用硬刷刷除试件上松散的细砂。若试件表面有粘结剂、颗粒松动应废弃。脱模后及时清理试模等。

3.2.6 按照以上步骤制备 2 块试件。

4 试验步骤

4.1 分别称取 2 块试件的质量(m_1)。

4.2 将 2 块试件分别放入 2 个托盘内,试件与托盘之间应紧密配合。调整配重质量使托盘及试件和配重的总质量为 $2000\text{g} \pm 10\text{g}$ 。

4.3 将试件连同托盘放入磨耗机内,使其径向相对,试件中心到研磨转盘中心的距离为 260mm,集料裸露面朝向转盘;然后将相应的配重放在试件上。

4.4 以 $28 \sim 31\text{r/min}$ 的转速转动转盘 100 转,同时将磨料连续、稳定与均匀分布在试件表面全宽度上,每个试件的溜砂速率为 $700 \sim 900\text{g/min}$ 。停止磨光后,用橡胶刮片清除转盘上磨料。磨过的磨料应废弃。

4.5 重复 4.4 步骤 5 次,共计磨 500 转。

4.6 在磨耗过程中,注意观察试件是否磨到粘结剂位置,则立即中断试验,记录转数。同时注意转盘表面是否出现深度大于 0.2mm 凹槽,如果有需要重新加工转盘表面。

4.7 磨完 500 转后取出试件,用毛刷清除磨料,称取试件的质量(m_2)。

5 结果整理

5.1 每块试件的道瑞磨耗值按式(T 0323-1)计算,准确至 0.01。

$$AAV = \frac{3(m_1 - m_2)}{\rho_s} \quad (\text{T 0323-1})$$

式中:AAV——试件的道瑞磨耗值;

m_1 ——磨耗前试件的质量,g;

m_2 ——磨耗后试件的质量,g;

ρ_s ——集料的表干密度, g/cm^3 。

5.2 取两块试件的磨耗值的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1。

5.3 若两块试件的磨耗值之差大于平均值的 20%,则重新制作 2 块试件进行试验,剔除 4 个磨耗值中的最大值和最小值,取剩余两个测定值的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1。

6 报告

- 6.1 试验项目名称和执行标准。
- 6.2 样品的编号、名称、产地和规格。
- 6.3 接样日期、样品描述。
- 6.4 试验日期、样品缩分方法。
- 6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。
- 6.6 道瑞磨耗值试验结果。
- 6.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 该试验方法用于评价表面层集料的磨光性能,最早由英国开发。欧盟 EN 1097-8 中仅将 AAV 作为附录 A 列在该方法中,并指出表面层集料抗磨光性能试验中 PSV 是标准方法,AAV 仅在 PSV 大于 60 时进行检测,作为参考指标来应用。

5.1 道瑞磨耗值是以每 30mL 体积的集料磨耗试验后颗粒损失质量比,为无量纲。

T 0314—2024 粗集料坚固性试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定饱和硫酸钠溶液或饱和硫酸镁溶液浸泡和干燥循环作用下集料质量损失,以间接评价粗集料的坚固性。

1.2 本方法不适用于测定含水泥的再生集料,或含碳酸钙、碳酸镁或隐晶石英集料,此时可按 T 0364 进行冻融试验。

2 仪具与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.3 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 容器:带盖的瓷缸、塑料桶、金属桶等,其容积不小于 50L。

2.5 三角网篮:网篮为铜丝或不锈钢丝制成。一般内径为 100mm,高为 150mm,网孔径不大于 2.36mm;对于 37.5mm 及以上粒级,内径和高均为 250mm,网孔径不大于 2.36mm;对于 2.36~4.75mm 粒级,内径及高均为 70mm,网孔径不大于 1.18mm。

2.6 温控装置: $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 恒温水槽或恒温箱,能够容纳 2.4 中的容器,同时应有温度记录功能。

2.7 比重计:液体比重计,相对密度精度 0.001。

2.8 温度计:量程 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$,分度值 0.1°C ;量程 $0 \sim 200^{\circ}\text{C}$,分度值 1°C 。

2.9 计时器:量程不少于 48h,精度 0.1s。

2.10 试剂:饱和硫酸钠坚固性试验为无水硫酸钠(Na_2SO_4);饱和硫酸镁坚固性试验为 7 水硫酸镁($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)。

2.11 试剂:10% 氯化钡溶液。

2.12 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.13 其他:玻璃棒、金属盘、毛刷等。

3 试验准备

3.1 饱和硫酸钠溶液的配制

3.1.1 取一定量水加温至 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$,缓慢加入无水硫酸钠(Na_2SO_4),边加入边用玻璃棒充分搅拌。加入的无水硫酸钠(Na_2SO_4)应至溶液达到饱和并至出现结晶,每 1000mL 水加入无水硫酸钠(Na_2SO_4)不少于 350g。然后将盛有饱和溶液的容器放入温控装置中,使饱和溶液冷却至 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,使用前在此温度下静置不少于 48h。

3.1.2 饱和溶液从冷却至 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 开始至所有浸泡试验结束的整个过程中均恒温在 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$,并及时盖住容器减少水分蒸发或污染。每次使用溶液浸泡之前,均应将容器中的结晶弄碎,搅拌饱和溶液、静置 30min 后检查饱和溶液相对密度,应满足 1.151

~1.174。

3.1.3 当溶液颜色发生变化或溶液相对密度达不到要求时,可过滤一遍;如果检查其相对密度仍然得不到要求,则不得使用。

3.1.4 溶液的配制,可采用试验浸泡集料的容器,也可采用单独的容器。

3.2 饱和硫酸镁溶液的配制

每 1000mL 水加入 7 水硫酸镁 ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 不少于 1500g;每次使用溶液浸泡之前,饱和溶液相对密度应满足 1.286 ~ 1.306。其他同 3.1。

3.3 试样的制备

3.3.1 将样品用 2.36mm 试验筛充分过筛,取筛上颗粒缩分试样两份。将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将试样颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干后 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

3.3.2 按表 T 0314-1 各粒级筛网组成套筛,将每份试样干筛法充分筛分,称量各粒级的颗粒质量 M_i ,计算各粒级的质量百分率 a_i 。

3.3.3 按表 T 0314-1 要求质量,每份试样各粒级称取一份集料颗粒 (m_i),同时记录各粒级中大于 19mm 颗粒数 (N_i)。

表 T 0314-1 粗集料坚固性试验各粒级质量要求

粒级 (mm)	2.36 ~ 4.75	4.75 ~ 9.5	9.5 ~ 16	16 ~ 19	19 ~ 31.5	31.5 ~ 37.5	37.5 ~ 53	53 ~ 63	63 ~ 75
各粒级一份集料颗粒质量 (g)	200 ± 5	400 ± 10	500 ± 10	600 ± 10	600 ± 25	900 ± 50	1200 ± 200	1800 ± 300	5000 ± 500

注:1. 当某一粒级的质量百分率 a_i 小于 5% 时,则该粒级可不进行试验。如 10 ~ 25mm 集料中,4.75 ~ 9.5mm、9.5 ~ 16mm、16 ~ 19mm 和 19 ~ 37.5mm 粒级的质量百分率分别为 1.4%、90.3%、7.2% 和 1.1%,则 4.75 ~ 9.5mm 和 19 ~ 37.5mm 粒级可不予试验,仅进行 9.5 ~ 16mm 和 16 ~ 19mm 两个粒级的试验。
2. 9.5 ~ 16mm 粒级颗粒可采用等质量的 9.5 ~ 13.2mm 粒级颗粒代替;19 ~ 31.5mm 粒级颗粒可采用等质量的 19 ~ 26.5mm 粒级颗粒或 26.5 ~ 31.5mm 粒级颗粒代替;
3. 2.36 ~ 4.75mm 与 4.75 ~ 9.5mm、9.5 ~ 16mm 与 16 ~ 19mm、19 ~ 31.5mm 与 31.5 ~ 37.5mm、37.5 ~ 53mm 与 53 ~ 63mm 可两个粒级合并进行试验,但合并之前各粒级质量应分别满足表 T 0314-1 中要求。

4 硫酸钠饱和溶液坚固性试验步骤

4.1 将待测粒级集料颗粒分别装入不同的三脚网篮、浸入盛有硫酸钠饱和溶液的容器中,三脚网篮浸入溶液时应先上下升降 25 次(升降高度约 25mm,且集料颗粒不得露出溶液液面)以排除气泡,然后静置于该容器中。各粒级集料颗粒浸入饱和溶液之前,温度应

为 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; 同时饱和溶液容积应不小于各粒级集料颗粒总体积的 5 倍。各粒级浸入饱和溶液后, 三角网篮底面距容器底面(由网篮脚高控制)间距、三角网篮外壁距容器内壁间距、三角网篮之间间距, 均不少于 20mm; 且饱和溶液液面至少高出集料颗粒表面 20mm。

4.2 及时盖住容器, 并保持饱和溶液恒温在 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 静置浸泡 $20\text{h} \pm 0.25\text{h}$ 。从饱和溶液中提出三角网篮, 沥干 $15\text{min} \pm 5\text{min}$ 后, 置于 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干 $4\text{h} \pm 0.25\text{h}$; 及时盖住容器, 并继续进行饱和溶液恒温。从烘箱中取出各粒级集料颗粒, 冷却 $2\text{h} \pm 0.25\text{h}$ 至 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; 可通过环境箱、空调或电风扇等加速降温。至此, 完成了第一个饱和溶液浸泡、加热烘干试验循环。

4.3 将容器中结晶硫酸盐弄碎, 搅拌饱和溶液、静置 30min 后检查饱和溶液相对密度。再按照以上 4.1 ~ 4.2 进行四个循环, 但浸泡时间调整为 $4\text{h} \pm 0.25\text{h}$ 。

4.4 完成第五次循环后, 将各粒级集料颗粒置于 $46 \sim 49^{\circ}\text{C}$ 的水中浸泡、洗净结晶硫酸盐。再将各粒级集料颗粒放入 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重, 待冷却至室温后, 用相应粒级下限筛孔过筛, 并称量其筛余质量 m'_i 。

注: 取洗各粒级集料颗粒的水约 10mL, 滴入几滴 10% 氯化钡溶液, 若未出现白色浑浊说明已洗净。

4.5 对粒径大于 19mm 的颗粒, 同时进行外观检查, 描述各颗粒的裂缝、剥落、掉边和掉角等情况及其所占的颗粒数量。

4.6 如中途需要暂停试验, 可在烘箱完成烘干后冷却阶段中止试验, 总中止时间不超过 72h。

5 硫酸镁饱和溶液坚固性试验步骤

5.1 将待测粒级集料颗粒分别装入不同的三角网篮、浸入盛有饱和溶液的容器中, 三角网篮浸入溶液时应先上下升降 25 次(升降高度约 25mm, 且集料颗粒不得露出溶液液面)以排除气泡, 然后静置于该容器中。各粒级集料颗粒浸入饱和溶液之前, 其温度应为 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$; 同时饱和溶液容积应不小于各粒级集料颗粒总体积的 5 倍。各粒级集料颗粒浸入饱和溶液后, 三角网篮底面距容器底面(由网篮脚高控制)间距、三角网篮外壁距容器内壁间距、三角网篮之间间距, 均不少于 20mm; 且饱和溶液液面至少高出集料颗粒表面 20mm。

5.2 及时盖住容器, 并保持饱和溶液恒温在 $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 静置浸泡 $16.5\text{h} \pm 0.25\text{h}$ 。从饱和溶液中提出三角网篮, 沥干 $30\text{min} \pm 5\text{min}$ 后, 置于 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干 $6\text{h} \pm 0.25\text{h}$; 及时盖住容器, 并继续进行饱和溶液恒温。从烘箱中取出各粒级集料颗粒, 冷却

2h ± 0.25h 至 21℃ ± 1℃；可通过环境箱、空调或电风扇等加速降温。至此，完成了第一个饱和溶液浸泡、加热烘干试验循环。

5.3 将容器中结晶硫酸盐弄碎，搅拌饱和溶液、静置 30min 后检查饱和溶液相对密度。再完全按照以上 5.1 ~ 5.2 进行四个循环。

5.4 完成第五次循环后，将各粒级集料颗粒置于 46 ~ 49℃ 的水中浸泡、洗净结晶硫酸盐。再将各粒级集料颗粒放入 105℃ ± 5℃ 的烘箱中烘干至恒重，待冷却至室温后，用相应粒级下限筛孔过筛，并称量其筛余质量 m'_i 。

注：取洗各粒级集料颗粒的水约 10mL，滴入几滴 10% 氯化钡溶液，若未出现白色浑浊说明已洗净。

5.5 对粒径大于 19mm 的颗粒，同时进行外观检查，描述各颗粒的裂缝、剥落、掉边和掉角等情况及其所占的颗粒数量。

5.6 如中途需要暂停试验，可在烘箱完成烘干后冷却阶段中止试验，总中止时间不超过 72h。

6 结果整理

6.1 试样的各粒级质量百分率按式 (T 0314-1) 计算，准确至 0.1%。

$$a_i = \frac{M_i}{\sum_{k=1}^8 M_k} \quad (\text{T 0314-1})$$

式中： a_i ——试样第 i 粒级集料颗粒的质量百分率，%；

i, k ——1、2...8，代表 4.75 ~ 9.5mm、9.5 ~ 16mm...63 ~ 75mm 中某一粒级；

M_i ——第 i 粒级的集料颗粒质量，g。

6.2 试样的各粒级质量损失百分率按式 (T 0314-2) 计算，准确至 0.1%。

$$Q_i = \frac{m_i - m'_i}{m_i} \times 100 \quad (\text{T 0314-2})$$

式中： Q_i ——试样第 i 粒级的集料颗粒质量损失百分率，%；

m_i ——试验前，第 i 粒级集料颗粒烘干质量，g；

m'_i ——五次循环试验后，第 i 粒级筛余集料颗粒的质量，g。

6.3 硫酸镁溶液试验的试样质量损失百分率按式 (T 0314-3) 计算，准确至 0.1%。

$$S_{sm} = \frac{\sum a_i Q_i}{\sum a_i} \quad (\text{T 0314-3})$$

式中： S_{sm} ——硫酸镁溶液试验的试样质量损失百分率，%。

注:当某一粒级的质量百分率小于5%时,取其相邻两个粒级的质量损失百分率的算术平均值;当只有一个相邻粒级的实测结果时,直接取这个相邻粒级的质量损失百分率。

6.4 硫酸钠溶液试验的试样质量损失百分率按式(T 0314-4)计算,准确至0.1%。

$$S_{sn} = \frac{\sum a_i Q_i}{\sum a_i} \quad (\text{T 0314-4})$$

式中: S_{sn} ——硫酸钠溶液试验的试样质量损失百分率,%。

注:当某一粒级的质量百分率小于5%时,取其相邻两个粒级的质量损失百分率的算术平均值;当只有一个相邻粒级的实测结果时,直接取这个相邻粒级的质量损失百分率。

6.5 取两份试样的质量损失百分率的算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6.6 试验应描述整体颗粒的裂缝、剥落、掉边和掉角等情况及其所占的颗粒数量。

7 允许误差

7.1 当采用硫酸钠饱和溶液时,质量损失百分率重复性试验的允许误差为试验平均值的60%。

7.2 当采用硫酸镁饱和溶液时,质量损失百分率重复性试验的允许误差为试验平均值的30%。

8 报告

8.1 试验项目名称和执行标准。

8.2 样品的编号、名称、产地和规格。

8.3 接样日期、样品描述。

8.4 试验日期、样品缩分方法。

8.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

8.6 饱和溶液名称、恒温温度,一个循环浸泡、沥干、烘干、冷却时间。

8.7 质量损失百分率试验结果。

8.8 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 饱和硫酸钠溶液坚固性试验、饱和硫酸镁溶液坚固性试验结果差异较大,两者不能混用。目前各工程技术规范中按饱和硫酸钠溶液方法评价坚固性,因此当未明确具体坚固性试验方法时,应按照饱和硫酸钠溶液坚固性试验方法进行。

1.2 采用饱和硫酸钠溶液或饱和硫酸镁溶液浸泡、烘干循环作用来评价集料抗崩解能力。集料经饱和硫酸盐溶液多次浸泡与烘干循环,硫酸盐渗透进入集料孔隙中,并产生内部膨胀力,模拟结冰时水膨胀力,用于判断集料抗风化能力,一般习惯称为坚固性或安定性试验;同时对于水泥混凝土用集料,也可以评价硫酸盐侵蚀的敏感性。但是对于特定的材料,如旧混凝土等含水泥的再生集料,含碳酸镁、碳酸钙等集料,此试验方法可能会造成试验结果偏大,因此该试验方法不适用于测定这些材料。同时,该方法也不适用于37.5mm以上的沉积岩集料。

3.1、3.2 饱和溶液的配制、存放及浸泡温度都会影响试验结果,配制时应产生结晶的硫酸盐才视为达到饱和溶液;同时每个浸泡循环均需要对结晶硫酸盐打碎、搅拌后检验密度和温度。

4 对于试验烘干和浸泡时间,我国标准与国际标准差异较大,如 AASHTO T 104 方法要求浸泡 16~18h、沥干 15min、烘干至恒重、冷却至 20℃,一个循环不少于 24h;再如欧盟 EN 1367-2 要求浸泡 17h、沥干 2h、烘干 24h、冷却 5h 一个循环时间约 48h;而我国第一个循环 27h,之后每个循环浸泡 4h、烘干 4h,加上冷却时间约为 10h。坚固性试验中浸泡时间越长,对集料的破坏作用越大,因此测试值越大。同时烘干时间越长,则集料孔隙水能够完全烘干,也有利于浸泡时硫酸盐的渗透,因此测试值也会越大。我国一个循环时间偏短,因此坚固性试验与国际方法相比,测定值偏低。

5 饱和硫酸镁溶液测定试验精度高,相同条件下其测定结果较硫酸钠试验结果平均偏高,更有利于区分集料的坚固性。本次增加的饱和硫酸镁溶液坚固性试验,与饱和硫酸钠溶液法相比,不仅仅溶液不同,而且浸泡、干燥时间也不相同,因此试验结果也完全不同,两者不能互相替代。

6.3 坚固性试验记录表可参考表 T 0314-2。表中,37.5~53mm、9.5~16mm 两个粒级的质量百分率小于 5%,因此该粒级不予测定;计算加权质量损失时,9.5~16mm 质量损失取相邻 16~19mm 和 4.75~9.5mm 两个粒级结果的平均值,而 37.5~53mm 质量损失直接取相邻的 31.5~37.5mm 的结果。16~19mm 和 19~31.5mm 两个粒级试验时,分别称取试样后合并成 16~31.5mm 进行坚固性试验;计算加权质量损失时,16~19mm 和 19~31.5mm 质量损失直接取 16~31.5mm 的结果。

表 T 0314-2 坚固性试验记录表

试样 编号	粒级, mm	分计筛余 质量,g	质量百分率, %	各粒级称取 试样质量,g	试验前的 烘干质量,g	试验后的 烘干质量,g	各粒级质量 损失, %	各粒级加权 质量损失, %
第 1 份 试样	63 ~ 75	—	—	—	—	—	—	—
	53 ~ 63	—	—	—	—	—	—	—
	37.5 ~ 53	30.5	1.1	—	—	—	10.9	0.12
	31.5 ~ 37.5	929.6	34.5	900.7	1504.2	1340.7	10.9	3.76
	19 ~ 31.5	698.3	25.9	603.5				2.82
	16 ~ 19	613.4	22.8	601.8	601.8	551.6	8.3	1.89
	9.5 ~ 16	109.9	4.1	—	—	—	6.5	0.27
	4.75 ~ 9.5	312.5	11.6	295.9	295.9	281.9	4.7	0.55
	合计	—	100	—	—	—	—	9.4
第 2 份 试样	63 ~ 75	—	—	—	—	—	—	—
	53 ~ 63	—	—	—	—	—	—	—
	37.5 ~ 53	19.4	0.7	—	—	—	10.0	0.07
	31.5 ~ 37.5	917.9	34.4	900.1	1501.6	1351.0	10.0	3.44
	19 ~ 31.5	701.6	26.3	601.5				2.63
	16 ~ 19	627.5	23.5	600.2	600.2	547.5	8.8	2.07
	9.5 ~ 16	98.1	3.7	—	—	—	6.3	0.23
	4.75 ~ 9.5	304.5	11.4	300.4	300.4	289.1	3.8	0.43
	合计	—	100	—	—	—	—	8.9
平均值	—	—	—	—	—	—	—	9

T 0364—2024 粗集料冻融试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定纯水或氯化钠水溶液浸泡,并经冻融循环作用前后粗集料的质量损失,评价粗集料抗冻融性能和耐久性。

1.2 对于易受融雪剂、除冰盐影响的地区或沿海地区可选择氯化钠水溶液浸泡条件;对于其他地区可选择纯水浸泡条件。

2 仪器与材料

2.1 低温柜:内部能够进行空气循环,且满足 4.1.3 中控制温度要求;顶部 25cm 处和底部 25cm 处的温差不大于 2℃,设置温度传感器自动监测、记录温度。

2.2 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.3 温度传感器:量程 $-35 \sim 50^{\circ}\text{C}$,分度值 0.5°C 。

2.4 试样容器:金属罐,厚度约 0.6mm ,内径为 $120 \sim 140\text{mm}$,内高度为 $170 \sim 220\text{mm}$,容积约 2000mL ,配有密闭性能好的盖子。试验时,容器不得与冻融柜金属架或柜壁直接接触。

2.5 天平:称量不小于 5kg ,感量不大于 1g 。

2.6 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.7 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.8 氯化钠水溶液(1%):在 1980g 水中加入 20g 氯化钠(NaCl 分析纯级),拌和均匀。

3 试验准备

3.1 将样品用 9.5mm 、 13.2mm (或 16mm)充分过筛,取 $9.5 \sim 13.2\text{mm}$ (或 $9.5 \sim 16\text{mm}$)粒级颗粒缩分至不少于 2000g 的试样二份。

注:根据需要也可取 $4.75 \sim 9.5\text{mm}$ 颗粒缩分至不少于 1000g 的试样二份。

3.2 将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

4 试验步骤

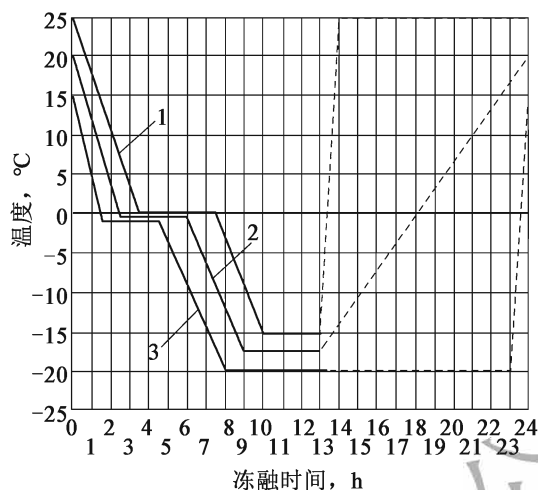
4.1 饱水法

4.1.1 称取干燥试样质量(m_0)后放入试样容器中,加入水至浸没试样顶面 10mm 以上;不加盖子,在 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下浸泡 $24 \pm 1\text{h}$ 。

4.1.2 检查试样容器水位,必要时添加水至浸没试样顶面 10mm 以上。试样容器加盖密封后,放入冻融柜中。各试样容器之间,试样容器与冻融柜柜壁、底部间距不小于 50mm 。

4.1.3 关闭冻融柜,开始降温,在 $150\text{min} \pm 60\text{min}$ 内由 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 降至 $0 \sim -1^{\circ}\text{C}$;在 $0 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 保温 $210\text{min} \pm 90\text{min}$ 。然后在 $180\text{min} \pm 60\text{min}$ 内由 $0 \sim -1^{\circ}\text{C}$ 降低至 $-17.5^{\circ}\text{C} \pm$

2.5℃;在 $-17.5^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 保温不少于240min。在降温期间,温度不得低于 -22°C 。



注:1、3——分别为温度控制上、下限,2 为目标温度值

图 T 0364-1 一个冻融循环温度曲线

4.1.4 将试样容器从冻融柜中取出,浸泡在约 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 水中使结冰融化;当试样温度达到 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 时认为完全融化。完成融化后,试样容器在 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 水中可继续浸泡1~10h。一个冻融循环应在24h内完成。

注:如需中途暂停试验,可在 $-17.5^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 持续保温,但不得超过72h。

4.1.5 按照以上要求,共完成10个冻融循环。完成第10次循环融化后,打开试样容器盖,沥干水、 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,冷却至室温后用4.75mm(4.75~9.5mm时为2.36mm)试验筛充分筛分,称取筛上颗粒质量 m_1 。

4.2 氯化钠水溶液法

采用氯化钠水溶液(1%)代替纯水,按照4.1进行试验。

5 结果整理

5.1 纯水法的试样质量损失按式(T 0364-1)计算,准确至0.1%。

$$S_{\text{FW}} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0364-1})$$

式中: S_{FW} ——纯水法的试样质量损失,%;

m_0 ——冻融前的试样干燥质量,g;

m_1 ——冻融后的筛上试样干燥质量,g。

5.2 氯化钠水溶液法的试样质量损失百分率按式(T 0364-2)计算,准确至0.1%。

$$S_{\text{fNaCl}} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0364-2})$$

式中: S_{fNaCl} ——氯化钠水溶液法的试样质量损失百分率, %;

m_0 ——冻融前的试样干燥质量, g;

m_1 ——冻融后的筛上试样干燥质量, g。

5.3 取相应两份试样质量损失百分率的算术平均值作为试验结果, 准确至 1%。

6 允许误差

质量损失重复性试验的允许误差为 1%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 冻融溶液名称、恒温温度, 一个冻融循环温度曲线。

7.7 质量损失百分率试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 冻融试验是集料耐久性的重要评价方法。本方法为新增加试验方法。

T 0365—2024 粗集料高温稳定性试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗集料高温试验前后质量损失或洛杉矶磨耗值变化, 以评价在沥青拌和楼滚筒加热烘干过程中粗集料抗急剧高温热辐射作用的性能。

2 仪器与材料

2.1 高温炉:恒温 $700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, 内部宽高深尺寸不小于 $260\text{mm} \times 160\text{mm} \times 450\text{mm}$ 。

2.2 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.3 天平:称量不小于 10kg ,感量不大于 1g 。

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.5 试样盘(图 T 0365-1):耐热金属制成,长宽高为 $(440\text{mm} \pm 5)\text{mm} \times (240 \pm 5) \times (12 \pm 1)\text{mm}$,厚度为 $4\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$;配有安放试样盘的耐热金属架。

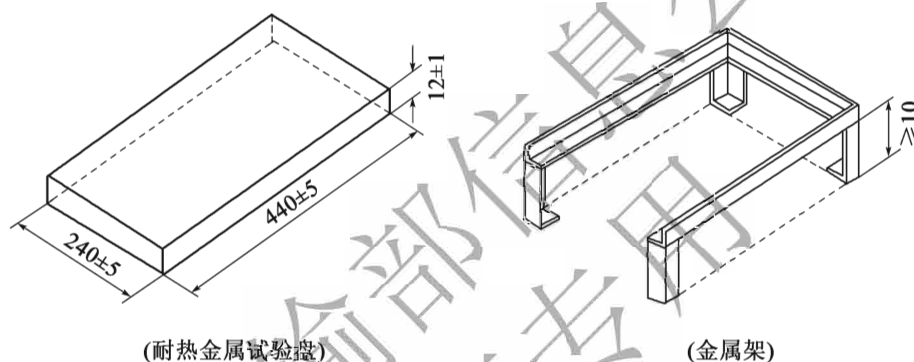


图 T 0365-1 耐热金属试验盘及金属架(单位:mm)

2.6 耐热盘:用于放置试样盘,耐热金属制成;长宽为 $(450 \pm 5)\text{mm} \times (250 \pm 5)\text{mm}$,厚度为 $10\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 。

2.7 金属网:耐热金属网,网孔径为 2mm ,长宽为 $(250 \pm 5)\text{mm} \times (445 \pm 5)\text{mm}$ 。

2.8 金属盘:用于摊平试样、冷却。

2.9 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.10 其他:纯棉毛巾,钳子,铲子,手套等。

3 试验准备

3.1 将样品用 9.5mm 、 13.2mm (或 16mm) 试验筛充分过筛,取 $9.5 \sim 13.2\text{mm}$ (或 $9.5 \sim 16\text{mm}$) 粒级颗粒缩分至 $5000\text{g} \pm 10\text{g}$ 的洛杉矶磨耗试验用试样二份,及 $5200\text{g} \pm 10\text{g}$ 的高温加热试验用试样二份。浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水

清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

注: 温度敏感性再生材料等, 采用 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干。

4 试验步骤

4.1 高温加热质量损失试验

4.1.1 取一份高温加热试验用试样, 称量干燥质量 m_0 。将试样放入容器中, 加水至高出试样顶面 20mm, 并在室温下浸泡 $2\text{ h} \pm 0.5\text{ h}$ 。

4.1.2 沥干容器中水, 然后将试样平铺在金属盘上, 并用毛巾擦除集料颗粒表面的自由水。

4.1.3 将高温炉预加热到 $700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, 并在试验过程中保持在 $700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ 。将试样盘放入高温炉, 在 $700^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ 条件下加热不少于 5min 后, 取出放到耐热盘上; 取约 1000g 集料颗粒在试样盘中均匀摊平, 用金属网盖住集料颗粒, 立即放入高温炉中, 并关门, 加热 $180\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。

4.1.4 将试样盘取出, 放到耐热盘上, 将集料颗粒快速倒入金属盘中自然冷却至室温。再取约 1000g 集料颗粒在试样盘中均匀摊平, 按 4.1.3 加热 $180\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。将前一加热完成的集料颗粒从高温炉取出至放入下一个试样盘、关门, 时间间隔不得超过 20s。

4.1.5 重复以上试验, 将一份试样分 5 次完成高温加热。收集所有加热后的集料颗粒, 用 4.75mm 试验筛充分筛分, 称取 4.75mm 筛上集料颗粒质量 (m_1)。

4.1.6 按照上述方法完成第二份高温加热试验用试样的试验。

4.2 高温加热洛杉矶磨耗值变化试验

4.2.1 取两份洛杉矶磨耗试验用试样, 按 T 0317 方法中粒度类别 C 的条件测定洛杉矶磨耗值, 取二份试样测定值的算术平均值作为试验结果, 记为 LA_0 。

4.2.2 将 4.1 节高温加热试验得到的两份 4.75mm 筛上集料颗粒, 按 T 0317 方法中粒度类别 C 的条件测定洛杉矶磨耗值, 取二份集料颗粒测定值的算术平均值作为试验结果, 记为 LA_1 。

5 结果整理

5.1 试样的质量损失按式 (T 0365-1) 计算, 准确至 0.1% :

$$S_{\text{hm}} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0365-1})$$

式中: S_{hm} ——试样的质量损失, %;

m_0 ——试样高温加热前的干燥质量, g;

m_1 ——试样高温加热后 4.75mm 筛上干燥质量, g。

5.2 取两份试样质量损失的算术平均值作为样品质量损失的试验结果, 准确至 0.1%。

5.3 样品的洛杉矶磨耗值变化按式 (T 0365-2) 计算, 准确至 0.1%:

$$S_{\text{bLA}} = LA_1 - LA_0 \quad (\text{T 0365-2})$$

式中: S_{bLA} ——样品的洛杉矶磨耗值变化, %;

LA_0 ——原样的洛杉矶磨耗值, %;

LA_1 ——高温加热后的洛杉矶磨耗值, %。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 加热温度、时间。

6.7 质量损失、洛杉矶磨耗值变化试验结果。

6.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 目前一些工程采用烘箱在 185℃ 高温加热 4 ~ 6h 之后压碎值来差评价集料高温性能, 即集料在拌和楼中加热后性能变化。沥青混合料实际生产时, 集料在拌和楼加热滚筒中受 700℃ 高温辐射, 短时间内达到 180℃ ~ 220℃, 这种条件对集料的热冲击与烘箱缓慢加热并非等效。

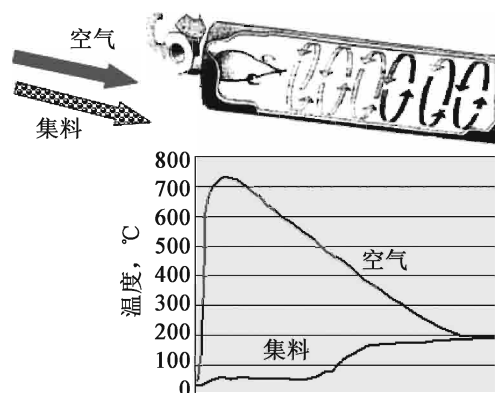


图 T 0365-2 加热滚筒中温度变化情况

T 0366—2024 粗集料热老化试验(煮沸法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定玄武岩粗集料水煮前后的质量损失或磨耗值变化,以评价粗集料使用期间抗热老化性能。

1.2 本试验方法也适合评价玄武岩母岩的抗热老化性能。

2 仪具与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:称量不小于 5kg,感量不大于 1g。

2.3 热老化煮沸仪:加热器和金属罐,其中加热器能够将金属罐中的水加热到沸点 100°C ,并稳定 $36\text{h} \pm 1\text{h}$,能够均匀加热、保温,防止局部过热。金属罐为带盖子的金属罐,容积约 3050mL,直径约 180mm,高约 115mm。

2.4 试验筛:根据需要需要不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.5 湿棉布。

2.6 切割机。

2.7 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

3.1 检验集料质量损失时的试样准备

从表 T 0366-1 中根据最接近的粒级类别选择试验筛,将样品筛分出相应的粒级,取相应粒级颗粒缩分至表 T 0366-1 要求质量的试样两份。将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

表 T 0366-1 粗集料耐热老化试验条件

粒级	4.75 ~ 9.5mm	9.5 ~ 13.2mm	13.2 ~ 31.5mm
一份试样的最小质量(kg)	1.0	2.0	4.0
水煮后的筛分孔径,mm	2.36	4.75	9.5

注:表中 13.2mm 筛孔可用 16mm 或 19mm 代替;31.5mm 筛孔可采用 26.5 代替。

3.2 检验集料微型迪法尔磨耗值变化时的试样准备

按 T 0363 方法中 D ~ A 类要求的数量准备四份试样。将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。随机将干燥试样分为两组,每组二份试样。

3.3 检验集料洛杉矶磨耗值变化时的试样准备

按 T 0317 方法中 C 或 B 类要求的数量准备四份试样。将试样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。清洗过程中不得散失颗粒。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。随机将干燥试样分为两组,每组二份试样。

3.4 检验母岩时的试样准备

选用破碎的大块岩石或钻取、切割的岩样,不少于 2 块;从中部切割成 2 半,切割面面积不小于 50cm^2 。如果是圆柱体岩样,则直径不小于 75mm。试样水洗净,风干或烘干。

4 试验步骤

4.1 检验集料热老化的质量损失试验

4.1.1 称量干燥试样(m_0)。

4.1.2 将试样放入金属罐中,并放入水至完全浸没试样,盖上盖子。采用加热器加热金属罐,0.5h 内达到水沸腾,并维持 $36\text{h} \pm 1\text{h}$ 。在此期间,检查水是否完全浸没试样。

4.1.3 取出试样、沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。采用表 T 0366-1 中

试验筛充分筛分,称取筛上颗粒质量(m_1)。

4.2 检验集料热老化的微型迪法尔磨耗值变化试验

4.2.1 随机取二份试样,按 T 0363 方法测定洛杉矶磨耗值,取算术平均值作为试验结果,记为 M_{DE0} 。

4.2.2 取另外两份试样,按照 4.1.2 进行热老化后烘干至恒重、冷却至室温,再按 T 0363 方法测定洛杉矶磨耗值,取算术平均值作为试验结果,记为 M_{DE1} 。

4.3 检验集料热老化的洛杉矶磨耗值变化试验

4.3.1 随机取二份试样,按 T 0317 方法中粒度类别 C 的条件测定洛杉矶磨耗值,取算术平均值作为试验结果,记为 LA_0 。

4.3.2 取另外两份试样,按照 4.1.2 进行热老化后烘干至恒重、冷却至室温,再按 T 0317 方法测定洛杉矶磨耗值,取算术平均值作为试验结果,记为 LA_1 。

4.4 检验母岩热老化试验

4.4.1 将试样放入金属罐中,并放入水完全浸没试样,盖上盖子。采用加热器加热金属罐,0.5h 内达到水沸腾,并维持 $36h \pm 1h$ 。在此期间,检查水是否完全浸没试样。

4.4.2 取出试样,采用湿布轻微擦拭切割面,观察是否出现灰白星形斑点或放射状微裂纹,或较大的开裂及破碎情况。

5 结果整理

5.1 试样的质量损失按式(T 0366-1)计算,准确至 0.01%。

$$S_{bm} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0366-1})$$

式中: S_m ——试样的质量损失,%;

m_0 ——煮沸前的干燥质量,g;

m_1 ——煮沸后的干燥质量,g。

5.2 取两份试样质量损失的算术平均值作为样品质量损失的试验结果,准确至 0.1%。

5.3 样品的微型迪法尔磨耗值变化按式(T 0366-2)计算,准确至0.1%。

$$S_{\text{bD}} = M_{\text{DEI}} - M_{\text{DE0}} \quad (\text{T 0366-2})$$

式中: S_{MDE} ——样品的洛杉矶磨耗值变化,%;

M_{DE0} ——未热老化的一组试样洛杉矶磨耗值的平均值,%;

M_{DEI} ——热老化的一组试样洛杉矶磨耗值的平均值,%。

5.4 样品的洛杉矶磨耗值变化按式(T 0366-2)计算,准确至0.1%。

$$S_{\text{LA}} = LA_1 - LA_0 \quad (\text{T 0366-2})$$

式中: S_{LA} ——样品的洛杉矶磨耗值变化,%;

LA_0 ——未热老化的一组试样洛杉矶磨耗值的平均值,%;

LA_1 ——热老化的一组试样洛杉矶磨耗值的平均值,%。

5.5 母岩热老化试验,若出现灰白星形斑点或放射状微裂纹,或较大的开裂及破碎情况,则判定该母岩抗热老化不合格;否则判定为合格。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 煮沸时水温、煮沸时间。

6.7 质量损失和洛杉矶磨耗值变化试验结果。

6.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 沥青路面由于沥青材料的高吸热性,夏季高温条件下沥青路面内部的温度可高达70℃甚至更高,集料在高温长期作用下会产生热老化,这个一方面反应在集料强度的衰减,同时伴随集料微裂缝,甚至破碎。这对沥青路面性能,特别是长期性能影响很大。因

此需要对集料在阳光照射下和湿热环境下长期湿热老化、性能衰减情况予以高度重视。

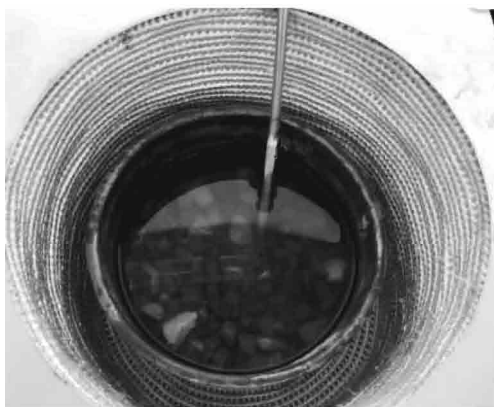


图 T 0366-1 热老化煮沸仪

T 0324—2024 集料碱活性检验(岩相法)

1 目的与适用范围

本方法适用于通过肉眼和显微镜等观察,鉴定所用粗、细集料的岩石种类、结构构造和矿物成分,从而确定集料是否含有碱活性矿物及其碱活性反应类型、含量。

2 仪器与材料

2.1 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.2 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.3 岩石切割机:必要时配备,刀片直径不小于 350mm。

2.4 破碎机:必要时配备,能将岩石或粗集料破碎至粒径不大于 4.75mm,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.5 切片机(制片机):用于准备 25 ~ 30 μ m 厚的岩石薄片。

2.6 磨光机:直径 400mm,用于磨平试件。

2.7 抛光机:直径 200 ~ 300mm,用于抛光试件。

2.8 显微镜:放大倍数为 20 ~ 500 倍的偏光显微镜及附件;放大倍率为 10 ~ 150 倍的实体显微镜及附件。

2.9 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.10 硬度计或其他检验硬度用的工具。

2.11 试剂:盐酸(浓度 5% ~ 10%)、茜素红 S 试剂(0.1g 茜素红 S 溶于 100mL 的 0.2% 盐酸)、折光率浸油以及酒精。

2.12 材料:100 号、220 号、320 号、600 号、800 号的金刚砂;M-305 刚玉砂;树胶(如冷杉胶)或荧光环氧树脂。

2.13 微观显微镜及其附件:必要时配备 X 射线衍射分析仪 XRD。

2.14 其他:8 ~ 12 倍放大镜、手镜、钢针(或铅笔刀)、条文板、磁铁、地质锤、砧板。

3 试样制备

3.1 对于粗集料,将样品用 4.75mm 试验筛充分过筛(对于 3 ~ 5mm 或 3 ~ 10mm,采用 2.36mm 试验筛),取筛上颗粒缩分至表 T 0324-1 所规定质量的试样一份,或按颗粒计,一份试样中颗粒不少于 300 颗。试样浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干、冷却至室温。

表 T 0324-1 粗集料碱活性检验(岩相法)的试样质量

公称最大粒径(mm)	4.75 ~ 19	26.5 ~ 37.5	53 ~ 75
一份试样的最小质量(kg)	10	50	150

3.2 对于细集料,将样品缩分至不少于 2kg 试样一份,浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。充分筛分得到各粒级颗粒,称量各粒级颗粒质量,计算各粒级集料颗粒质量百分比(P_i)。按照表 T 0324-2 规定的质量称取各粒级集料颗粒一份;也可按颗粒计,其中 2.36 ~ 4.75mm 粒级不少于 500 颗,小于 2.36mm 的粒级不少于 1200 颗。

表 T 0324-2 细集料碱活性检验的各粒级试样质量

粒级(mm)	0.075 ~ 0.15	0.15 ~ 0.3	0.3 ~ 0.6	0.6 ~ 1.18	1.18 ~ 2.36	2.36 ~ 4.75
各粒级一份集料颗粒的最小质量(g)	5	10	10	25	50	100

3.3 对于大块岩石或钻取、切割的岩样,破碎至不少于 10kg,或不少于 300 颗的 4.75 ~ 19mm 颗粒试样一份。

4 粗集料的鉴定

4.1 首先用手镜、钢针、放大镜等工具,将试样逐粒进行肉眼鉴定。必要时可将颗粒放在砧板上用地质锤击碎(注意应使岩石碎片损失最小),观察颗粒新鲜断口。

4.2 在肉眼鉴定基础上,按岩石种类及物理性质进行分组;观察颗粒表面及新鲜断面的颜色、断口形状和结构构造;用10倍放大镜初步鉴定矿物成分、风化程度、有无裂隙、有无包裹体;必要时进行硬度或滴稀酸试验等。如果通过肉眼观察不能确定某些颗粒的种类,或认为某些颗粒可能含有碱活性矿物,则可通过实体显微镜进行观察,按照岩石类型进行初分组。称量各组岩石类型的集料颗粒质量(m_i)。

4.3 从每组岩石类型的集料颗粒中选取3~5颗典型颗粒,逐颗称重(m_j)后制成薄片。在偏光显微镜下观察,确定各颗粒的岩石名称、结构构造和矿物成分等。按照表T 0324-3判断是否存在碱活性矿物以及可能的碱活性反应类型。逐个目测各薄片中的碱活性矿物的含量(即碱活性矿物面积占薄片面积的百分比, a_j)。

表 T 0324-3 常见碱活性矿物

岩石类型	岩石名称	碱活性矿物
火成岩	流纹岩、英安岩、斑岩	玻璃或析晶玻璃,方石英和鳞石英,蛋白石质/玉髓暗脉/晶体填充物,微晶或隐晶质石英
	安山岩	玻璃或析晶玻璃,方石英和鳞石英,蛋白石/玉髓暗脉/晶体填充物
	松脂岩、珍珠岩、黑耀岩	酸性-中性火山玻璃、隐晶-微晶石英、鳞石英、方石英
	花岗岩、花岗闪长岩、石英-闪长岩	高应变石英或微晶石英,蛋白石质或玉髓脉
	玄武岩(包括粗玄岩)	玻璃或析晶玻璃,蛋白石/玉髓暗脉/晶体填充物
沉积岩	火山熔岩、火山角砾岩	火山玻璃
	凝灰岩(包括熔结凝灰岩)	玻璃或析晶玻璃,鳞石英,高应力石英,微晶或者隐晶质石英,蛋白石质/玉髓质暗脉/晶态填充物
	砂岩和粉砂岩	高应变石英。一些岩石胶结了大量蛋白硅、玉髓硅、微晶石英或隐晶质石英
	杂砂岩	微晶或隐晶质石英,尤其是在一些变质杂砂岩中。但不是所有的杂砂岩都有碱活性
	硅藻土	蛋白石
	碧玉	玉髓、微晶石英
	燧石	玉髓质硅,微晶或隐晶质石英。一些变体可能含有蛋白硅
	白云岩(含细粒泥质灰质白云岩、硅质白云岩)	细碎的石英、蛋白石或玉髓,细白云石晶体(可能导致碱-碳酸盐反应)
	灰岩(灰泥、白垩、白云质灰岩、硅质灰岩)	细碎散布的石英、蛋白石或玉髓,与燧石有关
	泥岩、粘土岩、硬绿泥石	微晶或隐晶质石英

续表 T 0324-3

岩石类型	岩石名称	碱活性矿物
变质岩	角页岩	微晶或隐晶质石英
	板岩、千枚岩	微晶或隐晶质石英
	片麻岩(麻粒岩、片岩)	高应变石英和/或石英颗粒之间的弱结晶边界,微晶或隐晶质石英,蛋白石质或玉髓脉
	糜棱岩、碎裂岩、角砾岩	应变、重结晶的石英,隐晶质和微晶质石英,玻璃状材料
	石英岩	高应变石英和/或石英颗粒之间的弱结晶边界,微晶或隐晶质石英

4.4 对于偏光显微镜无法评定的岩石,应采用其他方法检验。如对于碱-硅酸活性岩石,如流纹岩,粉砂岩,石灰岩,角页岩,燧石/火石,其细粒的活性硅会是隐晶质甚至是无定形的,采用偏光显微镜无法识别,可采用 X 射线衍射仪检验。

4.5 对于碳酸盐岩,经本方法初步检验没有白云石和杂质的结晶碳酸盐岩无需进一步检验,可鉴定为非碱活性。经初步检验含有杂质的碳酸盐或含有白云岩的碳酸盐,应按 T 0369 或 T 0368 进一步检验。

5 细集料鉴定

5.1 制片:各粒级取适量颗粒铺在镶嵌机上压型,用树胶或荧光环氧树脂将颗粒固定,磨平、抛光,并制成 $50 \times 30\text{mm}$ 的薄片。

5.2 数点:在薄片断面上,沿着互相垂直的两个方向用等间距的直线形成正交栅格,并覆盖整个薄片。在偏光显微镜下依次逐个观察栅格交叉点,并记录每个交叉点的岩石类型、名称和矿物分类等。栅格间距按照至少能够观察 1000 个点(包括落入树脂内的点)来确定。

注:数点时,仅计算处于十字线下方(包括边缘)的颗粒,其他在视野中但不在十字线下的不计算。任何落入树脂上的点无效,不计算;但是在本质上属于天然内部孔隙中孔洞的任何点落在树脂上,则被视为主体岩性,需要计算。

5.3 逐个测定各薄片中的碱活性矿物的含量(即碱活性矿物点数占薄片内可以数到的总点数的百分比, b_i)。

5.4 对于碱-硅酸活性岩石,如流纹岩,粉砂岩,石灰岩,角页岩,燧石、火石,其细粒的活性硅会是隐晶质甚至是无定形的,采用偏光显微镜无法识别,应采用 X 射线衍射仪检验。

6 结果整理

6.1 粗集料每组岩石类型的集料中碱活性矿物含量按式(T 0324-1)计算,准确至

0.01%。

$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_j m_j}{\sum_{j=1}^n m_j} \quad (\text{T 0324-1})$$

式中: c_i ——粗集料第 i 组岩石类型的集料中碱活性矿物含量, %;
 n ——第 i 组每组岩石类型的集料中选定的典型颗粒数量, 一般为 3 ~ 5;
 a_j ——第 j 颗集料颗粒的薄片中的碱活性矿物含量, %;
 m_j ——第 j 颗集料颗粒的质量, g。

6.2 粗集料的碱活性矿物含量按式 (T 0324-2) 计算, 准确至 0.1%。

$$c_{\text{AAR}} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i m_i}{\sum_{i=1}^k m_i} \quad (\text{T 0324-2})$$

式中: c_{AAR} ——粗集料的碱活性矿物含量, %;
 k ——按岩石类型初分的组数;
 m_i ——第 i 组岩相类型的集料颗粒质量, g。

6.3 细集料的碱活性矿物含量按式 (T 0324-3) 计算, 准确至 0.1%。

$$c_{\text{AAR}} = \frac{\sum_{i=1}^6 b_i P_i}{100} \quad (\text{T 0324-3})$$

式中: c_{AAR} ——细集料的碱活性矿物含量, %;
 i ——为 1, 2, 3...6, 分别代表 0.075 ~ 0.15mm, 0.15 ~ 0.3mm, 0.3 ~ 0.6mm, 0.6 ~ 1.18mm, 1.18 ~ 2.36mm, 2.36 ~ 4.75mm 六个粒级;
 P_i ——第 i 粒级集料颗粒的质量百分比, %;
 b_i ——第 i 粒级的碱活性矿物的含量, %。

6.4 根据鉴定结果, 当试样中无碱活性矿物时, 可鉴定为非碱活性, 此时即作为最后结论; 当鉴定试样中含有碱活性矿物时, 可鉴定为潜在碱活性集料。

6.5 对于鉴定为潜在碱活性集料, 应进行进一步检验。

1 如果该集料已经在工程上成功应用超过 10 年, 可调查成功应用的工程数据, 如应用水泥用量、碱值, 是否采用抑制碱活性措施, 湿度、盐度等环境条件, 必要时进行钻芯检查。如果拟建工程水泥碱值等条件要好于已成功应用的工程条件, 则该集料可直接应用于拟建工程。如果不能保证拟建工程水泥碱值等条件要好于已成功应用的工程, 或者该

集料无 10 年以上的成功应用数据,则需要按 2 或 3 进行检验。对于重要结构工程,应
按照 2 或 3 进行检验。

2 对于潜在碱-硅酸反应集料可按 T 0325 或 T 0368 检验;对于潜在碱-碳酸盐反应
集料可按照 T 0369 或 T 0368 进一步检验。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 分别按表 T 0324-4 和表 T 0324-5 列出检验结果。

7.7 检验结论及进一步检验建议。

7.8 要说明的其他内容。

表 T 0324-4 粗集料碱活性鉴定统计表

分组编号	1	2	3	4
试样粒径,mm				
岩相描述(颜色、硬度、风化程度等)				
岩石类型				
岩石名称				
主要矿物成分				
碱活性矿物反应类型				
各组岩石类型集料颗粒占试样总质量百分比,%				
每组岩石类型集料中碱活性矿物含量,%				
粗集料中碱活性矿物含量,%				

表 T 0324-5 细集料碱活性鉴定统计表

试样粒径,mm	0.075 ~ 0.15mm	0.15 ~ 0.3mm	0.3 ~ 0.6mm	0.6 ~ 1.18mm	1.18 ~ 2.36mm	2.36 ~ 4.75mm
岩石类型						
岩石名称						
主要矿物成分						
碱活性矿物反应类型						
各粒级集料颗粒质量百分比,%						
每粒级集料颗粒碱活性矿物含量,%						
细集料中碱活性矿物含量,%						

条文说明

1 碱-集料反应评价是混凝土、砂浆用集料的重要耐久性指标,其中岩相法是最基本评价方法。岩相法检验集料碱活性快捷、方便、实用,适用范围广,可直接观察到骨料的活性组分,对选择合适的碱活性检测方法有重要的指导作用,一直作为骨料碱活性的鉴定首选方法。

6.6 岩相法得不到活性成分含量与膨胀率的定量关系,仅凭岩相法确认的岩石和矿物的碱活性及其程度具有很大的不确定性,因此岩相法不得作为拒绝集料的判定依据,其评定为潜在碱活性集料需要通过其他试验方法进一步检验。目前国际上相关试验方法已达 12 种。

表 T 0324-6 碱活性检验主要试验方法

试验方法名称	ASTM/ AASHTO	RILEM	CSA A23.2	SL 352	DL/T 5151	TB/T 2922	JGJ 52	GB/T 14684、 14685
岩相法	C 295	AAR-1	15A	2.33	5.1	1	7.15	附录 A
ASR 化学法	C 289 (作废)			2.34	5.2(作废)	2		
ACR 化学法			26A					
ASR 砂浆棒法	C 227			2.35	5.2(作废)	3	6.21/7.17	7.16.1/ 7.15.1
ACR 岩石柱法	C 586			2.36	5.3	4	7.18	7.15.3
ASR 快速砂浆棒法	C1260/T303	AAR-2	25A	2.37	5.4	5	6.20/7.16	7.16.2/ 7.15.2

表 T 0324-6

试验方法名称	ASTM/ AASHTO	RILEM	CSA A23.2	SL 352	DL/T 5151	TB/T 2922	JGJ 52	GB/T 14684、 14685
ASR&ACR 混凝土 棱柱体法	C 1293	AAR-3	14A	2.38	5.5			GB/T 50082;15
ACR 混凝土棱柱体法	C 1105							
ACR 快速混凝土 棱柱体法		AAR-4						
ACR 混凝土微棒法		AAR-5						
ASR 微型混凝土 棱柱体法	TP 110							

除岩相法之外,从发展历程来看国际上应用主要如下 6 种碱活性评价方法:

1) ASR 砂浆棒法(简称 MBT),最早由美国 ASTM C227 提出,很多其他方法都是在其基础上发展而来。该方法对一些反应缓慢型的活性集料有漏判现象。目前,砂浆棒法已经被美国、加拿大、欧盟等弃用,2010 年以来 GB/T 50733、TB10424、DL/T 5241 先后取消了砂浆棒方法,该方法已被快速砂浆棒法替代。

2) ASR 化学法,最早由美国 ASTM C 289 提出,是国际上公认的传统分析方法。该方法误差大,重复性差。此方法已经被 AASHTO、CSA 取消,ACTM C289 也于 2016 年失效;欧盟 FIREM 没有相应试验方法。我国 DL/T 5151 已经取消了该方法,实际工程中很少应用。

3) ACR 岩石柱法,最早由 ASTM C 586 提出。在美、加主要用于评价采石场,需要大量的试样,每 1m 至少 3 个岩样。但是由于加拿大开发了化学法 ACR 试验方法,试验时间大大缩短,因此逐渐代替了 ACR 岩石柱法。目前该方法仍然是我国评价 ACR 主流方法,被水利行业、电力行业、铁道部门和建工行业广泛采用。

4) ASR 快速砂浆棒法(AMBT),该方法 1986 年由南非建筑研究所在砂浆棒方法基础上提出的,因此习惯称为南非 NBRI 法。目前其被美国、加拿大、日本、印度、欧盟等普遍采用。2010 年以来的工程标准,如 SL 251、GB/T 50733、GB/T 14684、GB/T 14685、TB 10424、DL/T 5241、DL/T 5298 均增加了相应评价指标,已经广泛应用于实际工程。可见我国已经逐渐采用快速砂浆棒法代替砂浆棒法。

5) ACR 化学法,最早由加拿大 CSA A23.2.26A 开发。该方法简单实用,1~2d 即完成试验。其方法已经被欧美用来代替岩石柱法来评价 ACR。我国对于 ACR 化学方法研究非常少,没有相应试验数据。

6) ASR&ACR 混凝土棱柱体法(CPT),最早由加拿大在 ASTM C 1105 方法基础上提出的,已被国际广泛采用。2010 年以来的工程标准,如 SL 251、GB/T 50733、DL/T 5241、DL/T 5298 等均增加了相应评价指标,已经广泛应用实际工程。

表 T 0324-7 各标准中实际应用的碱活性评价方法

试验方法名称	GB/T 50733	TB 10424 J 1155	DL/T 5241	DL/T 5298	SL 251	JTG/T F30/31/50/60	CSA A23.2-27A	AASHTO PP 65	ASTM C1778
岩相法	JGJ 52: 7.15	2922.1	5.1	5.1	2.33	T 0324	15A	ASTM C295	C295
ACR 化学法							26A	CSA A23.2-26A	CSA A23.2-26A
ASR 化学法					2.34				
ASR 砂浆棒法				5.2	2.35	T 0325 (原)			
ACR 岩石柱法	JGJ 52: 7.18	2922.4	5.3	5.3	2.36				C 586
ASR 快速砂浆棒法	GB/T 14685: 7.15.2	2922.5	5.4	5.4	2.37		25A	T 303	C 1260
ASR + ACR 混凝土棱柱体法	GB/T 50082:15		5.5	5.5	2.38		14A	ASTM C 1293	C 1293

碱骨料反应非常复杂,有时凭一种方法难以准确鉴别,通常需要几种方法综合使用,根据各自情况制定试验方法体系。目前实际工程应用的碱活性主要方法包括,岩相法、ASR 快速砂浆棒法、ACR 岩石柱法和 ASR + ACR 混凝土棱柱体法等四项方法。为此,增补了 ASR 快速砂浆棒法、ASR&ACR 混凝土棱柱体法和 ACR 岩石柱法 3 项试验方法,删除 ASR 砂浆棒法。

T 0325—2024 集料碱活性检验(快速砂浆棒法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定水泥砂浆试件的长度变化,以鉴定水泥中的碱与活性集料间的反应所引起的膨胀是否具有潜在危害,尤其适合于检验反应缓慢或只在后期才产生膨胀的集料。

1.2 本方法适用于 T 0324 岩相法鉴定为潜在 ASR 碱-硅酸活性的集料进一步碱活性检验。

1.3 本方法不适用于 ACR 碱-碳酸盐反应的集料检验。

2 仪器与材料

2.1 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,带筛底和筛盖,并满足 T 0302 中

2.1 要求。

2.2 试模和测头(埋钉):金属试模,可拆卸,其内壁尺寸为 $25.4\text{mm} \times 25.4\text{mm} \times 285\text{mm}$ 。试模的两端板中正开有安置测头的小孔,其位置应保证测头在试件的中心线上。测头以不锈钢或铜制成,端头呈半球形。

2.3 养护筒:用耐腐蚀耐高温(80°C)的聚丙烯、高密度聚乙烯制成,内设试件架,高度不小于 350mm ,容积可保证三个试件完全放置在溶液中,试件之间无接触,且不与筒壁接触;容器带盖,密封时应不漏水、不透气;试件垂直立于架上、测头不得受力。

2.4 比长仪:应采用竖直安装式。数显千分表或千分尺,测量量程 $\pm 10\text{mm}$,分度值为 0.002mm ,变形 0.020mm 内的精度为 0.004mm ,变形 0.250mm 内的精度为 0.005mm 。标准棒为因瓦合金材质,长度与试件两侧测头外端距离相当,杆端加工成与测定端面形状相同,中间 100mm 长度采用厚度不少于 3mm 橡胶管包裹。

2.5 恒温箱或恒温水浴:恒温 $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

2.6 破碎机:必要时配备,可将岩石或粗集料破碎至粒径不大于 4.75mm ,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.7 胶砂搅拌机:应符合 JC/T 681 的要求,但搅拌叶底缘至搅拌锅底的间隙应为 $5.1\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ 。

2.8 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.9 天平:感量不大于称量质量的 0.1% 。

2.10 铲、钎、捣棒、500mL 量筒、秒表、干燥器(内装变色硅胶)和截面为 $14\text{mm} \times 13\text{mm}$ 、长 $120 \sim 150\text{mm}$ 的硬木捣棒(捣实面为平面,且与长度方向呈直角)。

2.11 氢氧化钠:分析纯。

2.12 试验用水:蒸馏水或去离子水(用于配制养护溶液);饮用水(用于砂浆试件的成型及养护)。

2.13 恒温室:原材料准备,试件成型和测长,均在恒温室中进行,全过程中恒温 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 80% 。

2.14 防护用品:防酸碱的围裙、袖套、手套、胶鞋及面罩等。

3 试验准备

3.1 试样准备

3.1.1 水泥:硅酸盐水泥,碱含量为 $0.9\% \pm 0.1\%$,当碱含量达不到此范围时,通过在拌和用水中预掺适量氢氧化钠(NaOH 分析纯)将碱含量调至水泥量的 $0.9\% \pm 0.1\%$;同时按 GB/T 750《水泥压蒸安定性试验方法》检验水泥净浆压蒸膨胀率应小于 0.20% ,比表面积宜不小于 $450\text{m}^2/\text{kg}$ 。水泥应在有效期内,团块等应用 0.6mm 试验筛筛除。

注:水泥含碱量以氧化钠(Na_2O)计,氧化钾(K_2O)换算为氧化钠时乘以换算系数 0.658 。

3.1.2 集料:采用实际工程用集料,按如下方法准备试样。

1 当检验细集料时,将样品缩分至不少于 5000g 子样一份,浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干, $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。充分筛分得到各粒级集料颗粒。按照表 T 0325-1 中比例称取一块试件所需各粒级的集料颗粒混合、搅拌均匀,放入干燥器内备用。共准备三块试件所需集料混合料。

表 T 0325-1 碱活性检验(快速砂浆棒法)试件中各粒级试样质量比

粒级(mm)	0.15~0.3	0.3~0.6	0.6~1.18	1.18~2.36	2.36~4.75
一块试件中各粒级集料颗粒质量比(%)	15	25	25	25	10

注: 0.15mm 以下颗粒应充分筛除,否则会产生“火山灰反应”影响测试结果。

2 当检验粗集料时,将样品缩分至不少于 5000g 子样一份,采用破碎机逐级破碎至 4.75mm 以下颗粒,再按照上述细集料方法准备三块试件所需集料混合料。

注:先用 19mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm ;将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合、搅拌均匀。再用 4.75mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 4.75mm ;将原 4.75mm 筛下颗粒和新破碎 4.75mm 以下颗粒混合、搅拌均匀。

3 当采用同一料源的粗、细集料时,可仅取细集料准备三块试件所需集料混合料。当采用同一料源的不同规格粗集料时,可仅选择其中公称最大粒径最小的一档粗集料准备三块试件所需集料混合料。

4 对于大块岩石或岩样,按 2 粗集料逐级破碎至全部 4.75mm 以下颗粒,再准备三块试件所需集料混合料。

3.1.3 砂浆配合比:水泥与集料的质量比为 $1:2.25$,水灰比为 0.47 ,用水量基于集料的饱和面干状态计算。一组 3 个试件共需水泥 400g ,细集料 900g 。用水量基于集料饱和面干状态计算。

3.2 试件制作

3.2.1 成型前,试验所用材料(水泥、集料、拌和用水等)放入 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 80% 的恒温室恒温不少于 24h。

注:计算掺加的氢氧化钠(NaOH 分析纯)质量,事先将其加入拌和用水中,并搅拌均匀。

3.2.2 砂浆制备:按照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》T 0507 规定进行搅拌、制备砂浆。

3.2.3 在试模内侧涂一层脱模剂,将测头装入试模端头的中心孔内。应在砂浆制备完成后 150s 内装模。将搅拌好的砂浆分两层装入试模内。第一层砂浆装入深度约为试模高度的 $1/2$ 。先用小刀来回划实砂浆,尤其是测头两侧应多划几次,然后用捣棒在试模内顺序往返捣实 20 次,注意测头四周砂浆应捣实。然后再装入第二层砂浆,再用小刀将第二层砂浆来回划实,注意此次小刀的划入深度应透过第一层砂浆的表面。用捣棒再在胶砂表面顺序往返捣实 20 次。浇捣完毕后,将剩余砂浆填满试模,用镩刀刮除多余砂浆、抹平表面。试件进行编号,并标明测定方向。

3.2.4 每个样品,按照以上步骤制作 3 个试件。

3.3 养护溶液配制

3.3.1 将 40g 分析纯氢氧化钠溶于 900mL 水,冷却至约 20°C ,然后加水稀释至 1L 溶液,得到浓度为 $(1 \pm 0.01)\text{mol/L}$ 的氢氧化钠溶液。试验所需溶液容积为试件总体积的 4 ± 0.5 倍,每个试件的体积约为 184mL。

3.3.2 每次试验时应新配养护溶液。

4 试验步骤

4.1 试件成型完毕后,带模放入 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 95% 以上的标准养护室或养护箱,养护 $24\text{h} \pm 2\text{h}$ 后脱模。

4.2 脱模后,迅速将试件放入养护筒的试件架上,加 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 自来水至完全浸没试件。同一个养护筒内应为同一样品制备的试件。加盖放在恒温箱或恒温水浴中, $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 养护 $24\text{h} \pm 2\text{h}$ 。

4.3 从高温恒温箱中拿出养护筒,一次仅拿出一个养护筒在恒温室测长。打开筒盖一次拿出一个试件,盖上筒盖;迅速用毛巾将试件表面和两端测头擦干,立即测量试件的基

准长度。试件从溶液中取出至测量完毕应在 $15\text{s} \pm 5\text{s}$ 内完成。完成测量的试件立即用湿布盖好,以防止水分蒸发。从高温恒温箱中取出养护筒至完成养护筒中所有试件的测长,时间应控制在 5min 内。

注:每次测量前,比长仪应放置 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室内保温 24h 。每次测量前,先标定侧长仪的零点。每次测量后,应擦干比长仪下部测量螺柱,以防止腐蚀。

4.4 按养护溶液容积与试件体积比为 $(4 \pm 0.5):1$ 的比例放入养护筒中,至养护溶液温度达 $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。待全部试件测完长度后,将所有试件立即竖直放入养护筒的试件架上,试件之间等间距,且应完全浸泡在养护溶液中。加盖,再次将养护筒放入恒温箱或恒温水浴中,使溶液温度保持在 $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。

注:操作之前做好防护措施,皮肤与养护溶液不得接触;操作时防止养护溶液溢出、飞溅。

4.5 自测量基准长度算起,第 3d 、 7d 、 14d 再分别测定长度,测量时龄期精确控制在要求时间 $\pm 2\text{h}$ 内。测长方法与 4.3 相同。测量时,应将试件与比长仪的相对位置调整到测定基准长度时相同的位置。每次完成长度测量后,立即将试件上下调换方向放入原养护筒的试件架上,加盖后放回恒温箱或恒温水浴中继续养护至下一龄期。 14d 后如需继续测长,可安排每 7d 测长一次。

4.6 测定长度时应观察试件的变形、裂缝和渗出物(注意有无胶体物质)等情况,并作详细记录。

5 结果整理

5.1 试件的膨胀率按式(T 0325-1)计算,准确至 0.001% 。

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100 \quad (\text{T 0325-1})$$

式中: ε_t ——试件在 t 天龄期的膨胀率, $\%$;

L_t ——试件在 t 天龄期的长度, mm ;

L_0 ——试件的基准长度, mm ;

Δ ——测头(即埋钉)的长度, mm 。

5.2 取 3 个试件膨胀率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.01% 。当膨胀率试验允许误差不满足要求时,舍弃 3 个测定值中最小值,取其余两个测值的算术平均值作为试验结果。

5.3 当 14d 膨胀率低于 0.1% 时,可判定为非碱活性集料。

注:对于一些花岗片麻岩、变形花岗岩、花岗闪长岩以及波茨坦砂岩、硅质砂岩,或多孔燧石、火石含量超过 2% 的岩石,无需检验而直接判定为潜在活性集料,可按 T0368 进一步检验。

5.4 当 14d 膨胀率大于 0.2% 时,判定为潜在碱-硅酸活性集料,按 T0368 进一步检验。

5.5 当 14d 膨胀率为 0.1 ~ 0.2% 时,应结合可获得的现场使用历史、岩相分析或测试 28d 膨胀率综合判断;也可直接判定为潜在碱活性集料,可按 T0368 进一步检验。

6 允许误差

6.1 当膨胀率平均值小于 0.1% 时,膨胀率重复性试验的允许误差(单个测值与平均值之差)为 0.01%。

6.2 当膨胀率平均值大于 0.1% 时,膨胀率重复性试验的允许误差(单个测值与平均值之差)为试验平均值的 10%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 砂浆配合比、养护温度。

7.7 不同龄期的膨胀率试验结果,及试件的变形、裂缝和渗出物等情况。

7.8 鉴定结论及进一步检验建议。

7.9 要说明的其他内容。

条文说明

1 本方法原为砂浆棒法,本次修订为快速砂浆棒法。相关标准在过渡期,可按照本规程 2005 年版本砂浆棒法执行,但应在报告中注明。

1.1 反应缓慢或只在后期才产生膨胀的岩石,如花岗岩,流纹岩,安山岩,火山凝灰岩,片麻岩石英岩,角岩,千枚岩,砂岩,杂砂岩,页岩,冰碛岩,无孔燧石和火石,硅藻土,含

石英白云质灰岩和含石英钙质白云岩。

5.4、5.5、5.6 表 T 0325-2 为各试验方法中快速砂浆棒法碱活性鉴定结果评定标准。

表 T 0325-2 各试验方法中快速砂浆棒法碱活性鉴定结果评定标准

试验方法标准号	碱活性评定标准
GB/T 14685	当 14d 膨胀率小于 0.1% 时,在大多数情况下可判定为无潜在危害;当 14d 膨胀率大于 0.2% 时,可判定为有潜在危害;当 14d 膨胀率为 0.1% ~ 0.2% 时,不能最终判定有潜在危害,可按照砂浆棒法再进行试验判定
DL/T 5151	若 14d 膨胀率小于 0.1%,则为非活性。若 14d 膨胀率大于 0.2%,则为具有潜在危害性。若 14d 膨胀率为 0.1% ~ 0.2%,应结合现场使用历史、岩相分析、试件观测时间延至 28d 后的测试结果,或混凝土棱柱体法试验结果等进行综合评定
TB/T 2922.2	当 14d 膨胀率小于 0.10% 时,评定为非活性;否则,评定为活性。当膨胀率 0.10% ~ 0.20% 时,也可采用砂浆棒法进一步进行检验,从而最终确定碱活性
SL 352	当 14d 膨胀率小于 0.1% 时,为非活性;当 14d 膨胀率大于 0.2% 时,为潜在危害性;当 14d 膨胀率为 0.1% ~ 0.2% 时,需结合现场记录、岩相分析、开展其他的辅助试验、试件观测时间延至 28d 的测试结果等来进行综合评定
JGJ 52	当 14d 膨胀率小于 0.1% 时,为无潜在危害;当 14d 膨胀率大于 0.2% 时,为有潜在危害;当 14d 膨胀率为 0.1% ~ 0.2% 时,需按照砂浆棒法再进行试验判定
ASTM C 1260	若 14d 膨胀率小于 0.1%,则绝大部分情况下判定集料为非活性。若 14d 膨胀率大于 0.2%,则为具有潜在危害性,同时提供岩相分析数据,以及可获得的现场使用历史。若 14d 膨胀率为 0.1% ~ 0.2%,应结合现场使用历史、岩相分析或测试 28d 膨胀率综合判断。对于一些花岗片麻岩和变形花岗岩,14d 膨胀率小于 0.1% 时,仍然具有危害性活性,此时应结合现场历史使用情况进行评判,或者采用低碱水泥、掺加料或高炉矿渣粉等抑制措施
AASHTO T303	若 14d 膨胀率大于 0.1%,则为具有潜在危害性。若 14d 膨胀率小于 0.1%,则为非活性
RILEM ARR-2.1	当 14d 膨胀率小于 0.1%,可能为非活性的;大于 0.2%,可能是活性的;0.1 ~ 0.2%,如果没有工程经验,则判定为潜在活性。阿根廷、澳大利亚、加拿大发现一些反应非常慢的集料,采用 14d 膨胀率小于 0.1% 仍然无法识别,为此如澳大利亚采用 21d 膨胀率小于 0.1% 进行评定;对于多孔燧石、火石含量超过 2% 的集料,采用混凝土棱柱体法进一步检验,或者判定为潜在活性集料,采用抑制措施进一步检验
CSA A23.2-25A	当 14d 膨胀率 < 0.15% 为非活性;当 14d 膨胀率 > 0.15% 为潜在活性。但有些材料超过 0.15%,而混凝土棱柱体法检测小于 0.04% 时,仍然有效,因此超过 0.15% 时需要通过混凝土棱柱体法进一步检验。同时发现一些硅质石灰岩,膨胀率小于 0.15%,仍然出现了有害膨胀,因此建议这类集料可取 14d 膨胀率 < 0.1% 为标准;一些白云岩,其混凝土棱柱体法测定值超过 0.04%,而快速砂浆棒的膨胀率为 0.1% ~ 0.15%,但是现场未发现有害性膨胀;花岗岩,片麻岩和花岗闪长岩以及波茨坦砂岩的快速砂浆棒的膨胀率低于 0.1%,仍然出现了有害膨胀,因此需要采用混凝土棱柱体法进一步检验

T 0368—2024 集料碱活性检验(混凝土棱柱体法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定混凝土棱柱体试件的长度变化,以鉴定水泥中的碱与活性集料

间的反应所引起的膨胀是否具有潜在危害。

1.2 本方法适用于 ASR 碱-硅酸活性或 ACR 碱-碳酸盐活性的最终检验。

2 仪器与材料

2.1 试验筛:孔径为 19mm、13.2mm、9.5mm 和 4.75mm 的方孔筛,带筛底、筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.2 天平:感量不大于称量质量的 0.1%。

2.3 试模:可拆卸,内壁尺寸为 $(75 \pm 5) \text{ mm} \times (75 \pm 5) \text{ mm} \times (275 \pm 25) \text{ mm}$ 。试模的两端板中正开有安置测头的小孔,其位置应保证测头在试件的中心线上。

2.4 测头(埋钉):测头以不锈钢或铜制成,端头呈半球形。

2.5 比长仪:应采用竖直安装式。数显千分表或千分尺,测量量程 $\pm 10 \text{ mm}$,分度值为 0.002 mm ,变形 0.020 mm 内的精度为 0.004 mm ,变形 0.250 mm 内的精度为 0.005 mm 。标准棒为因瓦合金材质,长度与试件两侧测头外端距离相当,杆端加工成与测定端面形状相同,中间 100 mm 长度采用厚度不少于 3 mm 橡胶管包裹。

2.6 养护桶:用耐腐蚀耐高温(40°C)的聚丙烯或高密度聚乙烯塑料桶,带密封盖;塑料桶容积为 $19 \sim 25 \text{ L}$,底部直径 $260 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$,顶部直径 $300 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$,高度为 $355 \sim 480 \text{ mm}$;密封良好,防止内部水分蒸发损失。养护桶内设带孔试件架,使试件垂直立在桶中,试件底部离桶底间距为 $35 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$;桶底应有 $20 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ 深的水,试件底部与水面距离约 15 mm 。在容器内壁包裹一层吸湿性材料,如毛巾布条或土工布条,从顶部向下延伸到桶的水中。密封很重要,同时定期检查水位,必要时添加水。

注:养护桶的尺寸会影响碱的析出,从而影响膨胀率测定结果,因此需要选用标准尺寸的养护桶。

2.7 养护箱:恒温 $38^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$,相对湿度 95% 以上。同时需要密闭、绝热,减少热量损失,内部有空气循环,使热量均匀,且箱内上下(底部上方 25 cm 、顶部下方 25 cm 处)温差不大于 2°C ;箱内设架子,应使养护桶至箱底、侧壁间距不少于 30 mm 。配置温度自动记录装置。

2.8 搅拌机:自由式或强制式。

2.9 捣棒:直径 $10 \pm 1 \text{ mm}$,长度为 $450 \sim 600 \text{ mm}$ 的钢质圆棒,至少一端为半球形。

2.10 铲、钎、钢钎、铁锹、抹刀、橡皮锤(质量约 300 g)等。

2.11 氢氧化钠:分析纯。

2.12 试验用水:拌和、养护用水为饮用水。

2.13 恒温室:原材料准备,试件成型和测长,均在恒温室中进行,全过程中恒温 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 80%。

3 试验准备

3.1 试样制备

3.1.1 水泥:硅酸盐水泥,碱含量宜为 $0.9\% \pm 0.1\%$,同时通过在拌和用水中预掺适量氢氧化钠(NaOH 分析纯)将碱含量调至水泥量的 $1.25\% \pm 0.05\%$ 。若实际工程用水泥含碱量高于 1.25%,则采用工程水泥。水泥应在有效期内,团块等应用 0.6mm 试验筛筛除。

注:水泥含碱量以氧化钠(Na_2O)计,氧化钾(K_2O)换算为氧化钠时乘以换算系数 0.658。当碱含量过低时,虽然能够通过掺氢氧化钠(NaOH 分析纯)将碱含量调至水泥量的 $1.25\% \pm 0.05\%$,但是会影响测试结果。

3.1.2 集料:

1 当检验细集料时,应选用非活性的粗集料。此时粗集料采用快速砂浆棒法测定的 14d 膨胀率应不大于 0.10%,有条件时选择 14d 膨胀率不大于 0.05% 的粗集料。

2 当检验粗集料时,应选用非活性的细集料。此时细集料采用快速砂浆棒法测定的 14d 膨胀率应不大于 0.10%,有条件时选择 14d 膨胀率不大于 0.05% 的细集料。

3 当采用同一采石场的粗、细集料时,应同时取该采石场的粗、细集料进行试验。

4 对于大块岩石或钻取、切割的岩样,按照工程应用的规格,逐级破碎至 4.75mm 以下颗粒的细集料,再准备试样。

注:先用 19mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm;将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合、搅拌均匀。再用 4.75mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 4.75mm;将原 4.75mm 筛下颗粒和新破碎 4.75mm 以下颗粒混合、搅拌均匀。

5 试验用细集料的细度模数应为 2.7 ± 0.2 。经缩分得到适量的试样, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

6 对于粗集料,将样品用 19mm 试验筛过筛,取筛上 19mm 颗粒破碎至全部小于 19mm,再与原 19mm 筛下颗粒混合、搅拌均匀,缩分得到适量的粗集料试样。 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温后充分过筛,分成 4.75 ~ 9.5mm, 9.5 ~ 13.2mm, 13.2 ~ 19mm 三个粒级,各取 1/3 等量混合。当试验用粗集料公称最大粒径为 13mm(或 16mm)时,可筛出 4.75 ~ 9.5mm 和 9.5 ~ 13.2mm(或 9.5 ~ 16mm)两个粒级,各取 1/2 等量混合。

3.2 混凝土配合比

3.2.1 水泥用量为 $420\text{kg}/\text{m}^3 \pm 10\text{kg}/\text{m}^3$ 。

3.2.2 有效水灰比为 $0.42 \sim 0.45$, 应根据混凝土工作性是否满足成型要求在此范围内微调。用水量基于集料饱和面干状态计算。

3.2.3 粗、细集料质量比为 $6:4$ 。当集料毛体积密度大于 $3.6\text{g}/\text{cm}^3$ 或小于 $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 时, 则按 T 0309 测定粗集料捣实堆积密度, 按粗集料体积占混凝土试件体积的 $70\% \pm 2\%$ 确定粗集料用量。

3.2.4 除外加氢氧化钠 (NaOH 分析纯) 使水泥含碱量达到 1.25% 外, 不使用其他的外加剂。

3.3 试件制作

3.3.1 成型前, 试验所用材料 (水泥、集料、拌和用水等) 放入 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度大于 80% 的恒温室恒温不少于 24h 。

注: 计算掺加的氢氧化钠 (NaOH 分析纯) 质量, 事先将其加入拌和用水中, 并搅拌均匀。

3.3.2 混凝土拌和: 按照《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》T 0521 采用搅拌机拌和。

3.3.3 混凝土试件成型: 成型前试模内壁涂一薄层矿物油 (如机油), 将侧头在试模上安装好。将搅拌好的混凝土分厚度相等的两层装入试模; 要对称装料, 必要时采用捣棒搅拌使试模内混凝土粗细均匀分布。每层采用捣棒按螺旋方向从边缘到中心均匀插捣, 每 7cm^2 捣实一次; 插捣时应用力将捣棒压下, 保持捣棒垂直, 不得冲击; 捣完一层后稍微填加混凝土, 用镩刀沿着试模的侧壁和表面抹平混凝土, 然后用橡皮锤敲打试模外端面 $10 \sim 15$ 下, 以填平插捣过的孔洞。插捣第二层时, 捣棒应插入第一层 $20 \sim 30\text{mm}$ 处。插捣第二层橡皮锤轻敲后, 用镩刀刮除多余混凝土, 再次抹平表面, 但是不至过于光滑, 且试件抹面与试模边缘高差不得超过 0.5mm 。

注: 采用振动台振实试件会影响试验结果。

4 试验步骤

4.1 试件成型完毕, 立即用聚乙烯膜等覆盖, 带模放入 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度 95% 以上的养护箱或标准养护室, 养护 $24\text{h} \pm 2\text{h}$ 后脱模。脱模时不要损坏测头。拆模后进行外观检查、编号, 对有缺陷的试件应废弃。待测的试件须用湿布覆盖, 以防止水分蒸发。

4.2 脱模后立即测量试件的长度。测定长度应在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 80% 的恒温室内进行。测量前,应将测头表面清擦干净。每个试件至少重复测试两次,取算术平均值作为基准长度测定值。待测的试件须用湿布覆盖,以防止水分蒸发。

注:每次测量前,比长仪应预先放置恒温室内保温 24h,测量时应先标定比长仪的零点。每次测量后,应擦干比长仪下部测量螺柱,以防止腐蚀。

4.3 测量基准长度后,将试件垂直立于养护筒的试件架上,架下放水平,但试件不能与水接触,盖严筒盖放入 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 养护箱或标准养护室内养护(同一个养护筒内应为同一样品制备的试件)。

4.4 测量基准长度后,将试件垂直立于养护桶的试件架上;养护桶中加水至水面距离试件底部约 15mm。盖严桶盖后放入养护箱架上,养护桶不得与养护室的底部、侧壁接触,然后在 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 养护。

注:同一个桶内应同时放置同一样品制备的 3 个试件,减少或增加试件会影响测试结果。

4.5 自测量基准长度算起,第 1、2、4、8、13、18、26、39 和 52 周时测定长度;必要时可适当延长时间,每间隔半年测一次。在测定长度前一天,应把养护桶从 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的养护箱(室)中取出,放入 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 80% 的恒温室,恒温 $24\text{h} \pm 4\text{h}$ 。打开养护桶,取出一个试件,立即盖上桶盖;按 4.1~4.3 相同方法,在 2min 内完成测定长度,每个试件测长时与比长仪的相对位置应一致;测完长度后立即将试件上下调换方向立即放入养护桶的试件架上。按照上述方法测完一组三个试件。检查水位,必要时添加水;盖上桶盖、密封,重新放回 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的养护箱中继续养护到下一个龄期。

4.6 测定长度时应观察试件的变形、裂缝和渗出物(注意有无胶体物质)等情况,并作详细记录。

5 结果整理

5.1 试件的膨胀率按式(T 0368-1)计算,准确至 0.001%。

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100 \quad (\text{T 0368-1})$$

式中: ε_t ——试件在龄期 t 天的膨胀率,%;

L_t ——试件在龄期 t 天的长度,mm;

L_0 ——试件的基准长度,mm;

Δ ——测头(即埋钉)的长度,mm。

5.2 取 3 个试件膨胀率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.01%。

5.3 当膨胀率试验允许误差不满足要求时,取相近的两个膨胀率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.01%。

5.4 当 52 周膨胀率不大于 0.04% 时,则判定为非碱活性集料。

注:对于一些碱活性慢反应型集料,当 52 周膨胀率不大于 0.03% 时,则判定为非碱活性集料。

5.5 当 52 周膨胀率大于 0.04% 时,可判定为碱活性集料。

注:对于一些碱活性慢反应型集料,当 52 周膨胀率大于 0.03% 时,则判定为碱活性集料。

5.6 对于经鉴定为碱活性集料,可以采取按本方法进一步检验合格的集料,可采取措施后应用。但对于经本方法检验为碱活性,且同时经 T 0369 检验为 ACR 活性碳酸盐类集料,不得应用于工程。

6 允许误差

6.1 当膨胀率平均值小于 0.02% 时,膨胀率重复性试验的允许误差为 0.008%。

6.2 当膨胀率平均值大于 0.02% 时,膨胀率重复性试验的允许误差为试验平均值的 40%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 混凝土配合比、养护温度。

7.7 不同龄期的膨胀率试验结果,及试件的变形、裂缝和渗出物等情况。

7.8 鉴定结论及进一步检验建议。

7.9 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 混凝土棱柱体法试验时间长,但是判定的准确性高,一般为集料碱活性检验最终判定依据。

3.1.1 掺加纯氢氧化钠量计算举例。假定水泥碱含量为 0.8% ;一组 3 个试件称量水泥质量为 420g,则碱质量为 $400 \times 0.8\% = 3.2\text{g}$ 。而一组 3 个试件需要碱质量为 $400 \times 1.25\% = 5.0\text{g}$ 。两者差值为 1.8g,即为掺加到拌和水中碱质量。将 Na_2O 转换为 NaOH 的因子计算: $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$,其中 Na_2O 分子量为 61.98, NaOH 分子量为 39.997,则转换因子是 $2 \times 39.997/61.98 = 1.291$ 。因此需要增加的纯 NaOH 量为 $1.8 \times 1.291 = 2.32\text{g}$ 。

5.4、5.5 反应缓慢或只在后期才产生膨胀的岩石,如花岗岩,流纹岩,安山岩,火山凝灰岩,片麻岩石英岩,角岩,千枚岩,砂岩,杂砂岩,页岩,冰碛岩,无孔燧石和火石,硅藻土,含石英白云质灰岩和含石英钙质白云岩。

表 T 0368-1 为各试验方法中混凝土棱柱体法碱活性鉴定结果评定标准。

表 T 0368-1 各试验方法中混凝土棱柱体法碱活性评价标准

试验方法标准号	碱活性判定标准
CSA A23.2-14A ASTMC 1293	12 个月膨胀率 $>0.04\%$,表明潜在碱活性
AASHTO PP 65	12 个月膨胀率 $<0.04\%$,表明非碱活性。当 12 个月膨胀率 $>0.04\%$ 时,对于非开采的碳酸盐岩破碎集料,或 ACR 检验非活性碳酸盐岩破碎集料,判定为碱活性;当 12 个月膨胀率 $>0.04\%$ 时,ACR 检验潜在活性的碳酸盐岩破碎集料,需要检查试验后混凝土棱柱体内部是否产生 ACR 反应后进行判断
ASTM C1778	12 个月膨胀率 $<0.04\%$,表明非碱活性。当 12 个月膨胀率 $>0.04\%$ 时,判定为碱活性;当 12 个月膨胀率 $>0.04\%$ 时,ACR 检验潜在活性的碳酸盐岩破碎集料,需要检查试验后混凝土棱柱体内部是否产生 ACR 反应后进行判断
SL 352、DL/T 5151	12 个月膨胀率 $>0.04\%$,表明潜在碱活性;12 个月膨胀率 $<0.04\%$,表明非碱活性
FIREM AAR-3	12 个月膨胀率 $<0.05\%$ 为非活性,对于碱活性慢反应型,以 <0.04 或 0.03% 作为非活性评价标准;12 个月膨胀率 $>0.1\%$ 为活性; $0.05 - 0.1\%$,无成功应用历史数据,可判定为潜在活性

T 0369—2024 集料碱活性检验(岩石柱法)

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定岩石柱试件长度变化,以鉴定水泥中的碱与活性集料间的反应所引起的膨胀是否具有潜在危害,适合于料场的初选检验。

1.2 本方法适用于 T 0324 岩相法鉴定为潜在 ACR 碱-碳酸盐活性的碳酸盐类岩石进一步检验。

1.3 本方法不适用于 ASR 碱-硅酸反应检验。

2 器具与材料

2.1 钻芯机:配有内径 $\phi 9\text{mm}$ 的小圆筒钻头。

2.2 锯石机。

2.3 磨片机。

2.4 养护瓶:要求耐碱材料制成,能盖严以免溶液变质和改变浓度,可用厚度不小于 0.5mm 的聚氯乙烯瓶,容积为 $50 \sim 100\text{mL}$ 。

2.5 测长仪:量程 $25 \sim 50\text{mm}$,精度 0.005mm 。

2.6 氢氧化钠:分析纯。

2.7 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.8 防护用品:防酸碱的围裙、袖套、手套、胶鞋及面罩等。

3 试验准备

3.1 现场取样

3.1.1 取样之前,现场调查采石场岩层情况,对于不同岩层应分别取样、检验,且不得在风化层取样。

3.1.2 在每一个岩层,应钻取(或切割)岩石样品不少于 3 块,每块尺寸不小于 $75\text{mm} \times 75\text{mm} \times 75\text{mm}$;钻取样品不应有开裂等破损。

3.2 试件制作

3.2.1 从一块岩石样品中钻取直径为 $9\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 的圆柱形岩样(或切割成边长为 $9\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 的棱形岩样)。当岩石的层理清晰时,应在同块岩石样品的不同岩性方向上分别钻取、切割出一个岩样,共 3 个岩样;当岩石层理不清晰时,应在三个相互垂直的方向

上分别钻取、切割出一个岩样,共 3 个岩样。

3.2.2 将 3 个岩样分别锯成长度为 $35\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的试件,两端面应磨光,互相平行并垂直于圆柱体主轴线,并保持干净显露岩面本色。加工时应避免试件表面损伤变质而影响碱溶液渗入试件内部的速度。

3.3 养护溶液配制

3.3.1 将 $40\text{g} \pm 1\text{g}$ 分析纯氢氧化钠溶于 900mL 水,冷却至约 20°C ,然后加水至 1L,得到浓度为 $(1 \pm 0.01)\text{mol/L}$ 的氢氧化钠溶液。

3.3.2 每次试验应新配养护溶液。

4 试验步骤

4.1 将试件编号,放入盛有水的养护瓶中,置于温度为 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 50% 以上的恒温室内。每隔 24 h 将试件从养护瓶中取出,擦干表面,测定试件长度。当前后两次测得的试件长度变化不超过 0.02% 时(一般需测定 2~5 天),以最后一次测得的长度值作为试件的基准长度。

4.2 将试件浸入已装有 1mol/L 氢氧化钠溶液的养护瓶内,液面应浸没试件顶面 10mm 以上,每个养护瓶一次只能放 1~2 个试件,每个试件液量应不少于 45mL。同一养护瓶中应浸泡同一样品的试件。盖严瓶盖,将养护瓶置于 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室中进行养护。溶液每 6 个月更换一次。

注:操作之前做好防护措施,避免皮肤与养护溶液接触;操作时防止养护溶液溢出、飞溅。

4.3 当试件养护至 7d、14d、21d、28d、56d 和 84d 时,在 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温室内将试件从养护瓶中取出,先用水将试件表面洗净,并擦干表面,再用测长仪测定试件长度。如有需要,以后每 28d 测定一次试件的长度。一年后,每 84d 测定一次试件的长度。

注:每个试件在不同龄期测长时,应保持试件与测长仪的相对位置不变;每次测量完成后,应迅速将试件放回养护瓶中继续养护至下一个龄期。

4.4 测定长度时应观察试件的开裂、弯曲和断裂等情况,并作详细记录。

5 结果整理

5.1 试件的膨胀率按式(T 0369-1)计算,准确至 0.001%。

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100 \quad (\text{T 0369-1})$$

式中: ε_t ——试件在龄期 t 天的膨胀率, %;

L_t ——试件在龄期 t 天的长度, mm;

L_0 ——试件的基准长度, mm。

5.2 取 3 个试件膨胀率的最大值作为试验结果。

5.3 当 84d 膨胀率大于 0.1% 时,判定为潜在碱-碳酸盐活性,可按 T 0368 进一步检验。

6 允许误差

膨胀率重复性试验的允许误差为 0.04%。

注:当试件膨胀率允许误差大于 0.1% 时,很有可能试件的化学成分、纹理有显著不同。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 养护温度。

7.7 不同龄期的膨胀率试验结果,及试件的开裂、弯曲和断裂等情况。

7.8 鉴定结论及进一步检验建议。

7.9 要说明的其他内容。

条文说明

1.1 碱-碳酸盐反应主要是脱白云石反应,即某些特定的微晶白云石和氢氧化钠,氢氧化钾等碱类反应生成氢氧化镁和碳酸盐等。这些生成物和水泥水化产物氢氧化钙又起反应,重新生成碱,使脱白云石反应继续下去,直到白云石被完全反应完,或碱的浓度被

继续发生的反应降至足够低为止。本试验是用固定浓度的碱浸泡碳酸盐岩样,定期测量脱自云石时岩样的膨胀过程。

采用此方法评价岩石碱活性时,一般仅作为参考指标,不作为材料接受或拒绝的依据,因此该方法试验结果主要用于采石场的筛选或者研究用。当用于采石场筛选时,由于不同的位置岩石性能会有差异,因此要求在不同位置,每 3m 钻取岩样进行整个采石场的试验。

T 0347—2000 集料碱值试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗、细集料碱值,用于间接评价集料与沥青的粘附性。

2 仪器与材料

2.1 精密酸度计:0.01 级。

2.2 硫酸:分析纯。

2.3 碳酸钙:分析纯,粒径小于 0.075mm。

2.4 移液管:100mL

2.5 圆底烧瓶:250mL,带标准磨口。

2.6 球形回流冷凝器:60cm,具有与烧瓶相配合的标准磨口。

2.7 控温油浴锅。

2.8 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.9 试验筛:孔径为 19mm、4.75mm、0.15mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.10 天平:称量不小于 10kg,感量不大于 1g;称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g;分析天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.1mg。

2.11 破碎机:必要时配备,将岩石或粗集料破碎至 4.75mm 以下,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.12 密闭式制样机:一次制样量不少于 100g 的制样机。

2.13 试验用水:蒸馏水或去离子水

2.14 其他:烧杯、1L 容量瓶。

3 试验准备

3.1 硫酸标准溶液的配制

3.1.1 取分析纯硫酸 13.6mL 慢慢地贴壁加入盛有 500mL 水的容量瓶中,然后用水稀释至 1L,即得到浓度约为 0.25mol/L 的硫酸标准溶液。

3.1.2 用精密酸度计测定硫酸标准溶液的氢离子浓度 N_0 。

3.2 试样准备

3.2.1 将样品缩分至表 T 0347-1 的子样一份,浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干,105℃ ±5℃ 烘干、冷却至室温。

表 T 0347-1 碱值试验的子样质量

集料公称最大粒径 (mm)	≤4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份子样的最小质量 (kg)	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	2.0	2.4	2.7	4.0	4.5	6

3.2.2 先用 19mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm;将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合、搅拌均匀。再用 4.75mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 4.75mm;将原 4.75mm 筛下颗粒和新破碎 4.75mm 以下颗粒混合、搅拌均匀,缩分一份 25g ±1g 颗粒。再用制样机粉碎至全部小于 0.15mm,充分搅拌,105℃ ±5℃ 烘干至恒重、干燥器中冷却至室温。称取 2g ±0.2mg 试样两份,置于干燥器中备用。

3.2.3 对于大块岩石或钻取、切割的岩样,按照 3.2.3 方法逐级破碎、粉碎、烘干,称取 2.0g ±0.2mg 试样两份,置于干燥器中备用。

4 试验步骤

4.1 取一份试样置于圆底烧瓶中。

4.2 用移液管向烧瓶中加入硫酸标准溶液(0.25mol/L)100mL。随后放入130℃的油浴锅中回流30min(回流时应开启冷却管中的冷凝水),移去油浴锅,冷却至室温(约4~6h)。

4.3 用精密酸度计插入上层清液中,测定清液的氢离子浓度 N_1 。

4.4 称取 $2\text{g} \pm 0.2\text{mg}$ 的分析纯碳酸钙粉末,置于另一个圆底烧瓶中,按上述完全相同的步骤,测定氢离子浓度 N_2 。

5 结果整理

5.1 试样的碱值按式(T 0347-1)计算,准确至0.01。

$$C_A = \frac{N_0 - N_1}{N_0 - N_2} \quad (\text{T 0347-1})$$

式中: C_A ——集料的碱值;

N_0 ——硫酸标准溶液的氢离子浓度;

N_1 ——检测集料与硫酸反应后的清液的氢离子浓度;

N_2 ——纯碳酸钙与硫酸反应后的清液的氢离子浓度。

5.2 取两份试样的碱值算术平均值作为试验结果。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 碱值试验结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 本方法基本原理是不同集料的碱性不同,接受质子的能力不同,消耗掉的氢离子浓度也是不相同的,并以分析纯的碳酸钙作为基准,测定集料与基准状态下消耗的氢离子浓度的比值,作为集料的碱值,以评价不同集料与沥青的粘附性。本方法为“八五”国家科技攻关“道路沥青及沥青混合料路用性能的研究”专题研究成果。

交通运输部信息公开
浏览专用

5 细集料试验

T 0327—2005 细集料筛分试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定细集料的颗粒组成、计算细度模数。

1.2 对水泥混凝土、水泥砂浆用细集料可采用干筛法进行筛分试验,也可用水洗法进行筛分试验;当 0.075mm 通过率大于 5% 时,宜采用水洗法进行筛分试验。对沥青混合料、无结合料粒料材料及无机稳定材料用细集料应采用水洗法进行筛分试验。

1.3 对于轻集料,应采用干筛法进行筛分试验。

2 仪器与材料

2.1 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,带筛底、筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.2 天平:称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g。

2.3 摇筛机。

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.5 盛水容器:浸泡试样用容器,不锈钢的金属盆等。

2.6 其他:金属盘、铲子、毛刷、搅棒等。

3 试验准备

将样品缩分至表 T 0327-1 要求质量的试样两份,置 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,冷却至室温备用。

表 T 0327-1 细集料筛分试验的试样质量

公称最大粒径(mm)	4.75	≤ 2.36
一份试样的最小质量(g)	500	300
轻集料一份试样的最小体积(L)	0.3	

注:特细砂试样的最小质量可减少为 100g。

4 试验步骤

4.1 干筛法试验步骤

4.1.1 取一份干燥试样,称取试样总质量(m_0)。

4.1.2 按 T 0302 方法中干筛法试验步骤进行筛分,称量每号筛的分计筛余量(m_i)和筛底质量($m_{底}$)。

4.2 水洗法试验步骤

4.2.1 取一份干燥试样,称取试样总质量(m_0)。

4.2.2 按 T 0302 方法中水洗法试验步骤进行水洗、烘干、筛分,称取水洗后的干燥试样总质量($m_{洗}$),每号筛的分计筛余量(m_i)和筛底质量($m_{底}$)。

5 结果整理

5.1 试样的筛分损耗率、分计筛余率、筛余率和通过率按照 T 0302 中 6.1 和 6.2 方法计算。

5.2 试样的细度模数按式(T 0327-1)计算,准确至 0.01。

$$M_x = \frac{(A_{0.15} + A_{0.3} + A_{0.6} + A_{1.18} + A_{2.36}) - 5 A_{4.75}}{100 - A_{4.75}} \quad (\text{T 0327-1})$$

式中: M_x ——细集料的细度模数;

$A_{0.15}$ 、 $A_{0.3}$ 、 $\cdots$ 、 $A_{4.75}$ ——分别为 0.15mm、0.3mm、 $\cdots$ 、4.75mm 各号筛的筛余率,%。

5.3 若一份试样的筛分损耗率大于 0.5%,其试验结果无效。

5.4 取两份试样的各号筛通过率的算术平均值作为样品通过率的试验结果,准确至 0.1%。

5.5 取两份试样的细度模数的算术平均值作为样品细度模数试验结果,准确至 0.1。

6 允许误差

6.1 一份试样的筛分损耗率应不大于 0.5%。

6.2 0.075mm 通过率重复性试验的允许误差为 1%。

6.3 细度模数重复性试验的允许误差为 0.2。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 试验方法(干筛法或水筛法)。

7.7 筛分数据可按表 T 0302-2 或表 T 0302-3 的格式记录。同时可根据各筛孔通过率绘制级配曲线,其横坐标为筛孔尺寸的 0.45 次方,纵坐标为通过率。

7.8 各号筛的通过率、筛余率(必要时)和细度模数试验结果。

7.9 要说明的其他内容。

条文说明

3 原规程规定,先筛除 9.5mm 以上颗粒后再进行筛分,计算级配和细度模数时不考虑筛除的颗粒部分。根据 GB/T 14685,细集料筛分之前要求筛除 9.5mm 以上颗粒,同时需要计算其筛余百分率,并与 9.5mm 筛下部分筛分结果合并一起计算级配。EN 933-1, AASHTO T27、ASTM C 136 均未要求筛分之前筛除超粒径颗粒。

试验前是否筛除 9.5mm 以上颗粒对细度模数没有影响,但是对级配影响较大。为了使得试验测定的级配与实际细集料级配一致,本方法不再要求筛分之前筛除 9.5mm 以上颗粒。

表 T 0327-1 不同方法测定的级配和细度模数

筛孔(mm)	保留超粒径筛分结果		筛除超粒径后筛分结果		备注
	通过率(%)	筛余率(%)	通过率(%)	筛余率(%)	
13.2	100				
9.5	97.3				
4.75	83.7	16.3	100	0	$A_{4.75}$
2.36	75.4	24.6	90.1	9.9	$A_{2.36}$
1.18	69.4	30.6	82.9	17.1	$A_{1.18}$
0.6	67.6	32.4	80.8	19.2	$A_{0.6}$
0.3	22.8	77.2	27.2	72.8	$A_{0.3}$
0.15	5.5	94.5	6.6	93.4	$A_{0.15}$
0.075	1.4		1.7		
M_x	2.12		2.12		

T 0328—2005 细集料表观密度试验(容量瓶法)

1 目的与适用范围

本方法适用于用容量瓶法测定细集料的表观密度和表观相对密度。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于1kg,感量不大于0.1g。

2.2 容量瓶:500mL。

2.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.4 恒温水槽:恒温 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

2.5 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.6 烧杯:500mL。

2.7 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。

2.8 其他:干燥器(内装变色硅胶)、金属盘、铝制料勺、温度计等。

3 试验准备

将样品缩分至约 325g 的试样两份。

注:浸泡之前样品不得采用烘干处理;经过拌和楼等加热、干燥后的样品,试验之前,应在室温条件下放置不少于 12h。

4 试验步骤

4.1 将试样装入预先放入部分水的容量瓶中,再加水至约 450mL 刻度处。

4.2 通过旋转、翻转容量瓶或玻璃棒搅动消除气泡。用滴管滴水使粘附在瓶内壁上颗粒进入水中,塞紧瓶塞,浸水静置 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ (可在室温下静置一段时间后、移入 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 恒温水槽继续浸水,其中恒温水槽浸水不少于 2h)。

注:消除气泡不少于 15min,此时会产生气泡聚集在瓶颈,可用纸巾尖端浸入瓶中粘除或使用少于 1mL 的异丙醇来分散。操作时手与瓶之间应垫毛巾。

4.3 再通过旋转、翻转容量瓶或玻璃棒搅动消除气泡。用滴管加 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 水,使水面与瓶颈 500mL 刻度线平齐,擦干瓶颈内部及瓶外附着水分,称其总质量(m_2)。

注:消除气泡不少于 5min,此时会产生气泡聚集在瓶颈,可用纸巾尖端浸入瓶中粘除或使用少于 1mL 的异丙醇来分散。操作时手与瓶之间应垫毛巾。

4.4 将水和试样移入金属盘中,用水将容量瓶冲洗干净,一并倒入金属盘中;向容量瓶内注入 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 温度的水至瓶颈 500mL 刻度线平齐,擦干瓶颈内部及瓶外附着水分,称其总质量(m_1)。

4.5 待细粉沉淀后,泌去金属盘中的水,注意不要散失细粉。将金属盘连同试样放入 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重、冷却至室温后,称取试样烘干质量(m_0)。

5 结果整理

5.1 试样的表观相对密度按式(T 0328-1)计算,准确至 0.001。

$$C_1 = \frac{d_{10} - d_0}{120} \times 100 \quad (\text{T 0328-1})$$

式中: γ_a ——试样的表观相对密度;

m_0 ——试样的烘干质量,g;

m_1 ——水及容量瓶总质量,g;

m_2 ——试样、水及容量瓶总质量,g。

5.2 试样的表观密度 ρ_a 按式(T 0328-2)计算,准确至 $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ 。

$$\rho_a = \gamma_a \times \rho_T \quad (T\ 0328-2)$$

式中: ρ_a ——试样的表观密度, g/cm^3 ;

ρ_T ——试验温度 T 时水的密度, 按附录 A 表 A-1 取用, g/cm^3 。

5.3 取两份试样的相对密度、密度的算术平均值作为试验结果, 分别准确至 0.001 和 $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ 。

6 允许误差

6.1 相对密度和密度重复性试验的允许误差为 0.02。

6.2 吸水率重复性试验的允许误差为 0.2%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 试验水温、浸泡时间和烘干时间。

7.7 表观相对密度、表观密度和吸水率试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 细集料密度和相对密度试验方法有两种, 容量瓶法和坍落筒法, 分别为 T0328 和 T0330。其中容量瓶法仅测定表观密度和表观相对密度, 而 T 0330 同时测定表观、表干和毛体积密度及相应的相对密度。

2 对试验浸泡、水中称重时温度条件, 以及浸泡前是否烘干处理都对试验结果有影响。

T 0330—2024 细集料密度及吸水率试验(坍落筒法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于坍落筒法测定细集料的毛体积相对密度、表观相对密度、表干相对密度。

1.2 本方法适用于用坍落筒法测定细集料处于饱和面干状态时的吸水率。

1.3 本方法适用于用坍落筒法测定细集料的毛体积密度、表观密度、表干密度。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于1kg,感量不大于0.1g。

2.2 饱和面干试模:上口径 $40\text{mm} \pm 3\text{mm}$,下口径 $90\text{mm} \pm 3\text{mm}$,高 $75\text{mm} \pm 3\text{mm}$ 的金属坍落筒(见图 T 0330-1),厚度不小于4mm。

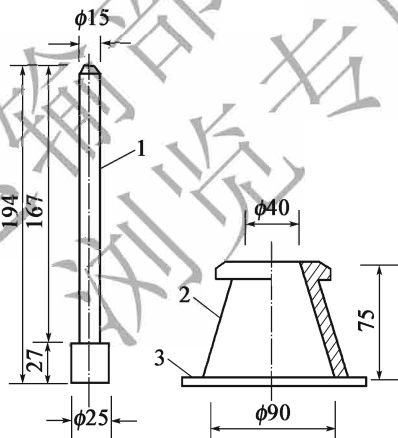


图 T 0330-1 饱和面干试模及其捣棒(尺寸单位:mm)

1-捣棒;2-试模;3-玻璃片

2.3 捣棒:金属棒,捣实端直径 $25\text{mm} \pm 3\text{mm}$,质量 $340\text{g} \pm 15\text{g}$ (图 T 0330-1)。

2.4 试验筛:孔径为 4.75mm 、 0.075mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.5 烧杯: 500mL 。

2.6 容量瓶: 500mL 。

2.7 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.8 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。

2.9 盛水容器:浸泡试样用容器,不锈钢的金属盆等。

2.10 恒温水槽:恒温 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

2.11 其他:金属盘、铝制料勺、玻璃棒、干燥器(内装变色硅胶)、手提式吹风机、温度计等。

3 试验准备

3.1 将样品筛除 4.75mm 以上颗粒,缩分至约 600g 子样两份,按照 T 0302 中 5.2 ~ 5.6 步骤,将 0.075mm 以下颗粒洗除、至漂洗水目测清澈为止。

注:浸泡之前样品不得采用烘干处理;经过拌和楼等加热、干燥后的样品,试验之前,应在室温条件下放置不少于 12h。

3.2 将清洗后子样移入盛水容器;注入水,使水面高出集料颗粒表面不少于 20mm,静置 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ (可在室温下静置后,然后移入 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 恒温水槽继续浸水,其中恒温水槽浸水不少于 2h)。

3.3 细心地倒去子样颗粒上部的水,但不得至细粉流失,并用吸管吸去余水。

3.4 取一份子样移入金属盘、摊平,手持吹风机在集料颗粒上方缓缓移动、均匀对表面吹入暖风,并不停翻拌,使集料表面水均匀蒸发,直至按 3.7 检验达到饱和面干状态。

注:注意吹风不得使细粉损失或颗粒表面过热。

3.5 将饱和面干试模置于光滑、无吸湿性平面上。将集料颗粒充分翻拌、冷却至室温后,松散地一次装入饱和面干试模,用捣棒在集料颗粒表面均匀轻捣 25 次,捣棒端面距集料表面距离不超过 5mm,使之完全靠自重自由落下,捣完后刮平模口,如留有空隙亦不必再装满。

3.6 徐徐垂直提起试模,如集料颗粒保留锥形没有坍落,则说明集料颗粒尚含有表面自由水,应继续按上述方法用暖风干燥、装模、轻捣,重复试验直至集料颗粒达到饱和面干状态为止。如试模提起后集料坍落过多,则说明已过于干燥,此时应将子样均匀洒水约 5mL,经充分拌匀,并静置于加盖容器中 30min 后,再按上述方法进行试验,至达到饱和面干状态为止。

3.7 判断饱和面干状态的标准:对于天然砂,宜以“在集料中心部分上部成为约 $2/3$ 的圆锥体,即约坍塌 $1/3$ ”为标准状态(图 T 0330-2 中 d 状态);对机制砂和石屑,宜以“当移去试模第一次出现坍落”为标准状态(图 T 0330-2 中 d ~ c 状态)。

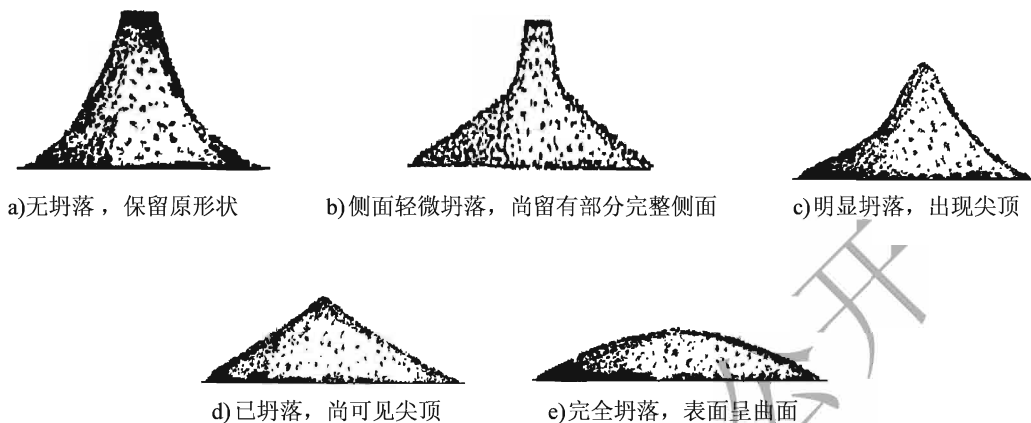


图 T 0330-2 细集料不同坍落状态示意图

4 试验步骤

4.1 立即称取达到饱和面干状态的集料颗粒 $300\text{g} \pm 5\text{g}$ (m_3) 为一份试样。

4.2 容量瓶中预先放入部分 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 水;将称取的试样迅速放入容量瓶中,勿使集料颗粒散失,再加 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 水至约 450mL 刻度处,通过旋转、翻转容量瓶或玻璃棒搅动消除气泡。

注:一般需 15 ~ 20min 消除气泡,此期间需要水浴,使试样恒温在 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。消除气泡时会产生气泡聚集,可采用纸巾尖端浸入瓶中粘除或使用少于 1mL 异丙醇来分散。操作时手与瓶之间应垫毛巾。

4.3 消除气泡后,加 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 水至 500mL 刻度处,塞紧瓶塞,擦干瓶颈内部及瓶外附着水分,称其总量 (m_2)。

4.4 倾倒容量瓶部分水,注意不得散失细粉;将试样移入金属盘中,用水将容量瓶冲洗干净,冲洗水一并倒入金属盘中;立即向容量瓶内注入 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ (注入水温与试样浸泡水温差不大于 2°C) 水至瓶颈 500mL 刻度线,塞紧瓶塞,擦干瓶颈内部及瓶外附着水分,称其总质量 (m_1)。

4.5 待细粉沉淀后,泌去金属盘中的水,注意不要散失细粉。将金属盘连同试样放入 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重、冷却至室温后,称取烘干集料颗粒质量 (m_0)。

4.6 按以上方法取第二份试样进行试验。

5 结果整理

5.1 试样的表观相对密度 γ_a 、表干相对密度 γ_s 、及毛体积相对密度 γ_b 分别按式(T 0330-1)、(T 0330-2)、(T 0330-3)计算,准确至 0.001。

$$\gamma_a = \frac{m_0}{m_0 + m_1 - m_2} \quad (\text{T 0330-1})$$

$$\gamma_s = \frac{m_3}{m_3 + m_1 - m_2} \quad (\text{T 0330-2})$$

$$\gamma_b = \frac{m_0}{m_3 + m_1 - m_2} \quad (\text{T 0330-3})$$

式中: γ_a ——试样的表观相对密度;

γ_s ——试样的表干相对密度;

γ_b ——试样的毛体积相对密度;

m_0 ——试样烘干后质量,g;

m_1 ——水、瓶总质量,g;

m_2 ——饱和面干试样、水、瓶总质量,g;

m_3 ——饱和面干试样质量,g;

5.2 试样的表观密度 ρ_a 、表干密度 ρ_s 、及毛体积密度 ρ_b 分别按式(T 0330-4)、(T 0330-5)、(T 0330-6)计算,准确至 0.001g/cm^3 。

$$\rho_a = \gamma_a \times \rho_t \quad (\text{T 0330-4})$$

$$\rho_s = \gamma_s \times \rho_t \quad (\text{T 0330-5})$$

$$\rho_b = \gamma_b \times \rho_t \quad (\text{T 0330-6})$$

式中: ρ_a ——试样的表观密度, g/cm^3 ;

ρ_s ——试样的表干密度, g/cm^3 ;

ρ_b ——试样的毛体积密度, g/cm^3 ;

ρ_t ——试验温度 T 时水的密度,按附录 A 表 A-1 取用, g/cm^3 。

5.3 试样的吸水率按式(T 0330-7)计算,准确至 0.01%。

$$w_x = \frac{m_3 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0330-7})$$

式中: w_x ——试样的吸水率,%;

m_3 ——饱和面干试样质量,g;

m_0 ——烘干试样质量,g。

5.4 如需以饱和面干状态的试样为基准计算试样的吸水率,饱和面干吸水率按式(T 0330-8)计算,准确至 0.01%,但需在报告中注明。

$$W'_x = \frac{m_3 - m_0}{m_3} \times 100 \quad (\text{T 0330-8})$$

式中: W'_x ——集料的饱和面干吸水率, %;

m_3 ——饱和面干试样质量, g;

m_0 ——烘干试样质量, g。

5.5 取两份试样的相对密度、密度的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.001、0.001 g/cm³。

5.6 取两份试样的吸水率的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.01%。

6 允许误差

6.1 相对密度重复性试验的允许误差为 0.03。

6.2 吸水率重复性试验的允许误差为 0.3%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 相对密度、密度和吸水率试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 坍落筒法测定细集料密度和吸水率是国际通用标准方法, 无论是水泥混凝土、水泥砂浆还是沥青混凝土。

3.1 对于沥青路面工程, 一般采用石屑、机制砂, 其密度测定误差会对确定 VMA 等指标影响较大, 从而影响沥青混合料配合比设计。同时, 随着水泥混凝土中机制砂应用日益增加, 机制砂中石粉含量较高, 其吸水率测定误差会给混凝土用水量、胶材用量和力学

性能造成较大影响。

坍落筒法测定天然砂时试验结果波动小、结果较为可靠;但是对于石屑、机制砂,由于其棱角性大、粉料含量高,对试验结果影响较大,误差较大,很难测准。在确定饱和面干状态过程中,粉料在集料表面形成一个覆盖层,因此测定的是吸附粉料颗粒的毛体积密度和吸水率,而不是单个颗粒的毛体积密度和吸水率。这种差别因粉料含量和粉料特性而异。当粉料含量不大于5%时,水洗和非水洗的毛体积相对密度差可达0.02~0.03;当粉料达到10%以上时,毛体积相对密度差可达0.08~0.15。因此对于细集料应水洗筛除0.075以下颗粒进行试验,测定的相对密度和吸水率代替未筛除细集料的相对密度和吸水率。

本规程2005年版规定需要将细集料筛除2.36mm以上颗粒进行试验,对于2.36~4.75mm颗粒按粗集料容量瓶法进行测定。通过调研本规程2000年版、GB/T 14684,以及国际上AASHTO T 84、ASTM C128、CSA A23.2-6A没有规定细集料需要过筛,而BS 812-2要求筛分为0.075~5mm;而EN 1097-6要求筛分为0.075~4mm。本次修订为先筛除4.75mm以上颗粒,然后进行0.075mm水筛去除0.075mm。

3.7 坍落度试验中确定饱和面干状态是保证试验精度的关键,但对于机制砂、石屑的饱和面干状态的判断非常困难。

EN 1097-6、BS 812-2规定AASHTO T 84、ASTM C128和CSA A23.2-6A饱和面干状态,对于天然砂,为移去坍落筒即出现坍落状态。对于机制砂、石屑,当试样完全筛除粉料时为图T 0330-2中d状态;当含有粉料时会影响坍落状态。

而AASHTO T 84、ASTM C128和CSA A23.2-6A规定饱和面干状态,为出现轻微坍落;对于棱角性大或粉料含量高的细集料,则很难坍落,规定饱和面干状态为第一次出现一侧轻微坍落,接近图T 0330-2中b状态。

另外,GB/T 14684,对于天然砂为图T 0330-2中d状态,机制砂为图T 0330-2中b状态。

通过大量试验表明,对于机制砂、石屑,其饱和面干时坍落状态受其0.075mm含量和棱角性影响较大。对于完全水洗0.075mm的机制砂、石屑,其坍落形状不再受0.075mm含量,然而仍然受其棱角性一定的影响,其坍落状态接近天然砂,整体介于图T 0330-2中d~c状态,不会出现c~a之间状态;对于一般0.075mm通过率(如3%~8%)的集料,其坍落状态介于图T 0330-2中c~b状态;当0.075mm通过率过高时(如8%~20%),其坍落状态介于图T 0330-2中b~a状态,一般是一侧坍落,同时尚留有部分完整侧面没有坍落。

T 0331—1994 细集料堆积密度及空隙率试验

1 适用范围

本方法适用于测定细集料松散堆积密度、振实堆积密度及空隙率。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于 5kg,感量不大于 1g。

2.2 容量筒:带底的金属圆筒,内径 $108\text{mm} \pm 2\text{mm}$,净高 $109\text{mm} \pm 2\text{mm}$,筒壁厚不小于 2mm,筒底厚不小于 5mm,容积为 1L。

2.3 标准漏斗(见图 T 0331-1)。

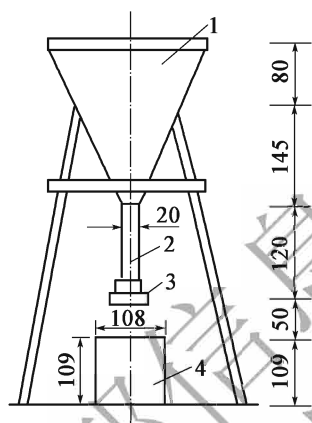


图 T 0331-1 标准漏斗(尺寸单位:mm)

1-漏斗;2- $\phi 20\text{mm}$ 管子;3-活动门;4-容量筒

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.5 试验筛:孔径为 4.75mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.6 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。

2.7 其他: $\phi 10\text{mm}$ 钢筋、料勺、直尺、金属盘等。

3 试验准备

将样品缩分至约 2500g 的试样两份, $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

4 试验步骤

4.1 松散堆积密度:将试样松散地装入标准漏斗中,打开底部的活动门,使试样流入容量筒中,当容量筒四周溢满时,即停止加料。也可直接用料勺装料,从容量筒正上方 50mm 处将试样徐徐倒入,让试样自由下落,至容量筒四周溢满时停止。用直尺等将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平,并以合适的颗粒填入凹陷空隙,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等;此时不应触动容量筒,且不得挤压容量筒表面集料。称

取试样和容量筒总质量(m_2)。

4.2 振实堆积密度:将试样分相等的质量两层装入容量筒。装完一层后,在容量筒底垫放一根直径为 10mm 的钢筋,将容量筒按住,左右交替颠击地面各 25 下,然后再装入第二层。第二层装满后用同样方法振实(但容量筒底所垫钢筋的方向应与第一层放置方向垂直)。两层装完并振实后,直接用料勺装料,从容量筒正上方 50mm 处将试样徐徐倒入,让试样自由下落,至容量筒四周溢满时停止。用直尺等将多余的试样沿筒口中心线向两个相反方向刮平,并以合适的颗粒填入凹陷空隙,使表面稍凸起部分和凹陷部分的体积大致相等;此时不应触动容量筒,且不得挤压容量筒表面集料。称取试样和容量筒总质量(m_2)。

4.3 容量筒容积的标定

4.3.1 称取洁净、干燥的容量筒的质量(m_0)。

4.3.2 在容量筒顶部边缘涂抹薄薄的油脂,以防止加水时边缘高度不一致至盖玻璃片时无法清除空气。称取洁净、干燥的容量筒和玻璃片的质量(m_1)。

4.3.3 用 $23^{\circ}\text{C} \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 水装满容量筒至稍微溢出,用玻璃片沿容量筒表面迅速滑行,紧贴上部边缘水面,玻璃片与水面之间不得有空隙。擦干玻璃片上部及容量筒外壁的水,称取容量筒、玻璃片和水的总质量(m_3)。同时,快速测定容量筒中水的温度。

5 结果整理

5.1 容量筒的容积按式(T 0331-1)计算,准确至 $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ 。

$$V = \frac{m_3 - m_1}{\rho_T} \quad (\text{T 0331-1})$$

式中: V ——容量筒的容积,L;

m_1 ——容量筒、玻璃片的质量,kg;

m_3 ——容量筒、玻璃片与水的总质量,kg;

ρ_T ——试验温度 T 时水的密度,按附录 A 表 A-1 选用, g/cm^3 。

5.2 试样的堆积密度(包括松散堆积密度、振实堆积密度)按式(T 0331-2)计算,准确至 $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ 。

$$\rho_{bl} = \frac{m_2 - m_0}{V} \quad (\text{T 0331-2})$$

式中: ρ_{bl} ——试样相应状态下的堆积密度, g/cm^3 ;

m_0 ——容量筒的质量,kg;

m_2 ——容量筒与试样的总质量,kg。

5.3 试样的空隙率按式(T 0331-3)计算,准确至0.1%。

$$V_c = \left(1 - \frac{\rho_{bl}}{\rho_a}\right) \times 100 \quad (\text{T 0331-3})$$

式中: V_c ——试样相应状态下的空隙率,%;

ρ_a ——细集料的表观密度, g/cm^3 。

5.4 取两份试样堆积密度的算术平均值作为试验结果,准确至 $0.001\text{g}/\text{cm}^3$;

5.5 取两份试样空隙率的算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6 允许误差

堆积密度重复性试验的允许误差为 $0.035\text{g}/\text{cm}^3$ 。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 容量筒容积。

7.7 堆积密度、空隙率试验结果,并注明试验方法。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

4 将堆积密度、紧装密度相应修改为松散堆积密度和振实堆积密度,使与粗集料相关堆积密度术语一致。

5.2 修改了堆积密度、空隙率的符号,使与 T 0309 一致。

T 0332—2005 细集料含水率试验(烘干法)

1 适用范围

本方法适用于测定细集料的含水率。

2 仪具与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g。

2.3 容器:金属盘等。

3 试验准备

样品从密封容器中取出,立即用四分法将样品缩分至约 300g 的试样两份。

4 试验步骤

4.1 清理容器,称量洁净、干燥容器质量(m_1)。

4.2 取一份试样置于干净的容器中、均匀摊平,称量试样和容器的总质量(m_2),然后放入 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱烘干至恒重。

注:对温度敏感性材料,应采用 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干。

4.3 取出试样,冷却至室温后称取试样与容器的总质量(m_3)。

5 结果整理

5.1 试样的含水率按式(T 0332-1)计算,准确至 0.1%。

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (\text{T 0332-1})$$

式中: w ——试样的含水率,%;

m_1 ——容器质量,g;

m_2 ——未烘干的试样与容器总质量,g;

m_3 ——烘干后的试样与容器总质量,g。

5.2 取两份试样的含水率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6 允许误差

含水率重复性试验的允许误差为 0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 烘干温度及时间。

7.7 含水率试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 烘干法测定含水率方法精度高,是含水率试验的标准方法。

T 0343—1994 细集料含水率快速试验(酒精燃烧法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于酒精燃烧法现场快速测定细集料的含水率。

1.2 本方法不适用于含有机质的细集料。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于 500g,感量不大于 0.1g。

2.2 容器:铁或铝制金属盒,带盖。

2.3 酒精:乙醇纯度不小于95%。

2.4 搅拌棒:长不少于200mm,直径约5mm。

2.5 其他:毛刷等。

3 试验准备

样品从密封容器中取出,立即用四分法将样品缩分至约200g的试样两份。

4 试验步骤

4.1 称取洁净容器质量(m_0)。

4.2 向容器中加入试样,称取试样与容器的质量(m_1)。

4.3 向容器中加入酒精至浸没试样,搅拌均匀后点火燃烧,并采用搅拌棒不断翻拌试样。搅拌过程中注意勿使试样损失。

4.4 待火焰熄灭后,加盖密闭数分钟,确认完全熄灭后再次加入酒精,燃烧。

4.5 重复燃烧三次后,立即称量试样与容器的质量(m_2)。称量时应在天平与容器之间放置纸板等隔热。

5 结果整理

5.1 试样的含水率按式(T0343-1)计算,准确至0.1%。

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100 \quad (\text{T0343-1})$$

式中: w ——试样的含水率,%;

m_0 ——容器质量,g;

m_1 ——燃烧前的试样与容器总质量,g;

m_2 ——最终燃烧后的试样与容器总质量,g。

5.2 取两份试样含水率的算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6 允许误差

含水率重复性试验的允许误差为0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 含水率试验结果。

7.6 要说明的其他内容。

T 0333—2000 细集料含泥量试验(筛洗法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于测定天然砂中粒径小于 0.075mm 的粘土、淤泥和尘屑的含量。

1.2 本方法不适用于机制砂、石屑及特细砂等细集料。

2 仪具与材料

2.1 天平:称量不小于 1kg ,感量不大于 0.1g 。

2.2 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.3 试验筛:孔径为 1.18mm 、 0.075mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 盛水容器:浸泡试样用容器,不锈钢的金属盆或塑料桶,容积足够大,试验时不至试样溅出。

2.5 其他:金属盘、毛刷等。

3 试验准备

将样品缩分至约 400g 的试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

4 试验步骤

4.1 称取一份试样(m_0)装入盛水容器内摊平,加水至水面高出试样 150mm ,并充分搅拌均匀,然后浸泡 2h 。

4.2 用手在水中淘洗颗粒,使尘屑、淤泥和粘土与试样颗粒分开,并使之悬浮于水中;缓缓地将浑浊液倒入 1.18mm 及 0.075mm 的套筛上,滤去小于 0.075mm 的细粉;试验前筛子的两面应先用水湿润,在整个试验过程中,应注意避免试样颗粒丢失。

注:不得直接将试样放在 0.075mm 筛上用水冲洗,或者将试样放在 0.075mm 筛上后在水中淘洗,以避免造成试样颗粒丢失。

4.3 采用水冲洗等方法,将两只筛上颗粒并入盛水容器中。再次加水于盛水容器中,重复上述 4.2 步骤,直到洗出的水目测清澈为止。

4.4 将两只筛上及盛水容器中的试样全部回收到一个金属盘中。当盛水容器和筛上沾附有集料颗粒时,在盛水容器中加水、搅动使细粉悬浮在水中,并快速全部倒入套筛上;再将筛子倒扣在金属盘上,用少量的水并助以毛刷将颗粒刷落入盘中。待细粉沉淀后,泌去金属盘中的水,注意不要散失细粉。

4.5 将金属盘连同试样一起置 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,冷却至室温后称取试样的质量(m_1)。

5 结果整理

5.1 试样的含泥量按式(T 0333-1)计算,准确至 0.01%。

$$Q_n = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0333-1})$$

式中: Q_n ——试样的含泥量,%

m_0 ——试验前烘干试样质量,g;

m_1 ——试验后烘干试样质量,g。

5.2 取两份试样的含泥量算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6 允许误差

含泥量重复性试验的允许误差为 0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 浸泡时间和烘干时间。

7.6 含泥量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1.2 本方法也不适合特细砂中含泥量的测定。

4.1 将浸泡时间修订为 2h,使之与粗集料含泥量试验方法一致。

T 0335—1994 细集料泥块含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定细集料中颗粒大于 1.18mm 的泥块含量。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g。

2.2 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.3 试验筛:孔径为 1.18mm、0.6mm 的方孔筛,带筛底、筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 盛水容器:浸泡试样用容器,不锈钢金属盆或塑料桶,容积足够大,试验时不至试样溅出。

2.5 其他:金属盘、毛刷等。

3 试验准备

将样品筛除 1.18mm 以下颗粒,缩分至约 200g 的试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

4 试验步骤

4.1 称取试样(m_1)一份装入容器内摊平,并注入水,加水至水面高出试样 150mm,充

分搅拌均匀;浸泡 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 后把水放出,用手逐个颗粒捻压,将泥块碾碎。捻压时将颗粒放在大拇指与食指之间捻压,但不得用指甲挤压或在硬表面手指按压或颗粒与颗粒之间挤压等方式至颗粒破碎。

4.2 将试样放到 0.6mm 筛上,一边用力摇动筛子一边用水冲洗,直至洗出的水目测清澈为止。

4.3 将 0.6mm 筛上试样装入金属盘,置于 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,冷却至室温后称取试样的质量(m_2)。

5 结果整理

5.1 试样的泥块含量按式(T 0335-1)计算,准确至 0.01% 。

$$Q_k = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (\text{T 0335-1})$$

式中: Q_k ——试样的泥块含量, $\%$;

m_1 ——试验前烘干试样量,g;

m_2 ——试验后烘干试样量,g。

5.2 取两份试样的泥块含量算术平均值作为试验结果,准确至 0.1% 。

6 允许误差

泥块含量重复性试验的允许误差为 1.5% 。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 浸泡时间和烘干时间。

7.6 泥块含量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

T 0334—2005 细集料砂当量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定细集料砂当量,评价粘土类物质相对含量,以评定细集料洁净程度。

2 仪具与材料

2.1 仪具:

2.1.1 试筒:如图 T 0334-1 所示带刻度的透明塑料圆柱形试筒,配备至少两根。外径 $40\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$,内径 $32\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$,高度 $430\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ 。在距试筒底部 $100\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ 、 $380\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ 处有环形刻度线。试筒配有橡胶瓶塞。

2.1.2 冲洗管:如图 T 0334-2,不锈钢或冷锻钢制硬管,其外径为 $6\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$,内径为 $4\text{mm} \pm 0.2\text{mm}$ 。管的上部有一个控制阀;底部通过螺纹连接一个不锈钢圆锥形尖头(与冲洗管连接),尖头两侧斜面上为 $1\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 冲洗孔。

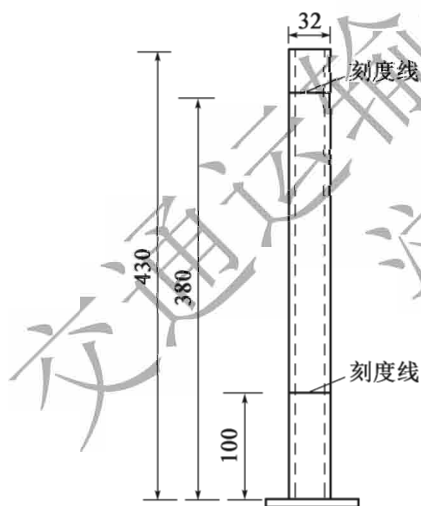


图 T 0334-1 试筒

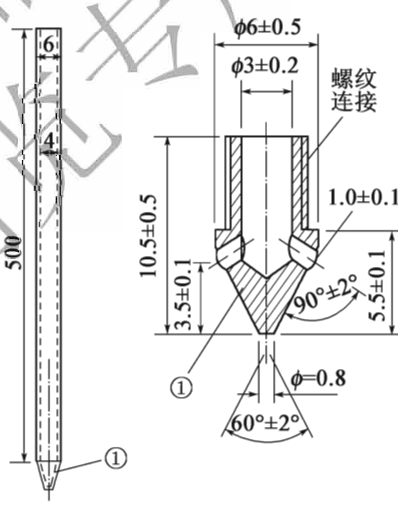


图 T 0334-2 冲洗管(单位尺寸:mm)

2.1.3 透明玻璃桶或塑料桶:容积 5L,有一根虹吸管放置桶中,试验时放置高度应使液面至试验台高差为 920 ~ 1200mm。

2.1.4 橡胶管(或塑料管):长约 1.5m,内径约 5mm,同冲洗管连接,配有金属夹,以控制冲洗液流量。

2.1.5 配重活塞:如图 T 0334-3,由以下组成:

- 1 长 $440\text{mm} \pm 0.25\text{mm}$ 、直径 6mm 的金属杆;
- 2 底座,底座是杆的一部分,其直径 $25\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 、高 $20\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$,底面平坦、光滑,与杆轴线垂直。底座侧面有三个导轨,用于将配重活塞定位在试筒内,并使活塞底座与试筒之间留有小间隙;
- 3 套筒为黄铜或不锈钢制,厚 $10\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$,直径 60mm ;套筒起引导金属杆的作用,同时能标记试筒中配重活塞下沉的位置。套筒上有一个紧固螺钉用以固定金属杆。同时套筒上开槽设一开口,用于插入钢板尺测量套筒顶面至配重底面垂直距离。
- 4 配重,固定在金属杆的顶部,使得配重、金属杆(含底座)总质量为 $1000\text{g} \pm 5\text{g}$ 。

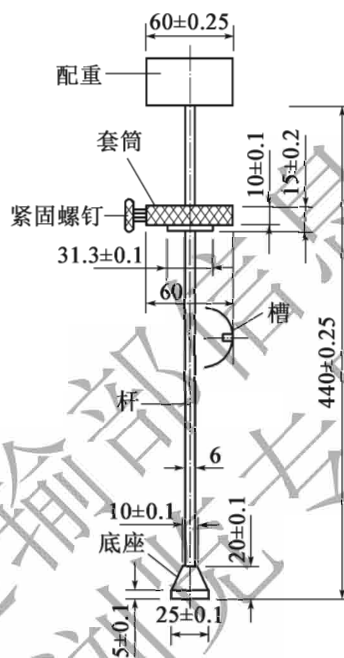


图 T 0334-3 配重活塞

2.1.6 机械振荡器:可以使试筒产生横向的直线运动振荡,振幅 $200\text{mm} \pm 10.0\text{mm}$,频率 $180\text{次}/\text{min} \pm 2\text{次}/\text{min}$ 。

2.1.7 天平:称量不小于 1kg ,感量不大于 0.1g ;称量不小于 100g ,感量不大于 0.01g 。

2.1.8 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.1.9 秒表。

2.1.10 试验筛:孔径为 4.75mm 、 2.36mm 的方孔筛,带筛底、筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.1.11 温度计:量程 0 ~ 50℃,分度值 0.1℃;量程 0 ~ 200℃,分度值 1℃。

2.1.12 广口漏斗:玻璃或塑料制,口的直径约 100mm。

2.1.13 钢板尺:长 50cm,刻度 1mm。

2.1.14 其他:量筒(500mL),烧杯(1L),塑料桶(5L)、烧杯、刷子、金属盘、刮刀、勺子等。

2.2 材料

2.2.1 无水氯化钙(CaCl_2):分析纯,含量 96% 以上,无色立方结晶。

2.2.2 丙三醇($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$):甘油,分析纯,含量 99% 以上。

2.2.3 甲醛(HCHO):分析纯,甲醛含量 40% (体积比)。

2.2.4 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

3.1 配制冲洗液

3.1.1 根据需要确定冲洗液的数量,通常一次配制 5L,可进行约 10 次试验,如试验次数较少,可以按比例减少。但不宜少于 2L,以减小试验误差。冲洗液的浓度以每升冲洗液中的氯化钙、甘油、甲醛含量分别为 2.79g、12.12g、0.34 g 控制。称取配制 5L 冲洗液的各种试剂的用量:氯化钙 $14.0\text{g} \pm 0.2\text{g}$;甘油 $60.6\text{g} \pm 0.5\text{g}$;甲醛 $1.7\text{g} \pm 0.05\text{g}$ 。

3.1.2 将试验所用容器用水冲洗洁净。

3.1.3 称取无水氯化钙 $14.0\text{g} \pm 0.2\text{g}$ 放入烧杯中,加水 $50\text{mL} \pm 5\text{mL}$ 充分溶解,此时溶液温度会升高,待溶液冷却至室温,观察是否有不溶的杂质,若有杂质应用滤纸将溶液过滤,以除去不溶的杂质。

3.1.4 然后倒入适量水稀释,加入甘油 $60.6\text{g} \pm 0.5\text{g}$,用玻璃棒搅拌均匀后再加入甲醛 $1.70\text{g} \pm 0.05\text{g}$,用玻璃棒搅拌均匀后全部倒入 1L 量筒中,并用少量水分别对盛过三种试剂的器皿洗涤 3 次,每次洗涤的水均放入量筒中,最后加入水至 1L 刻度线。

3.1.5 将配制的 1L 溶液倒入塑料桶或其他容器中,再加入 4L 水稀释至 $5\text{L} \pm 0.01\text{L}$,并充分混合。

3.1.6 配制的冲洗液储存不得超过 14d,且存放期间出现混浊、沉淀物或霉菌等应废弃。

3.1.7 新配制的冲洗液不得与旧冲洗液混用。

3.2 试样制备

3.2.1 将样品用 4.75mm 试验筛加筛底充分过筛,取 4.75mm 筛下颗粒缩分至不少于 1000g 试样。筛分之前,用橡胶锤打碎结团细集料;用刷子清理 4.75mm 筛上颗粒,使其表面裹覆细料落入筛底。对于 0~3mm 细集料,应采用 2.36mm 试验筛代替 4.75mm 试验筛。

注:为避免粉料散失,应采用筛底。若样品过于干燥,宜在筛分之前加少量水润湿样品,含水率约 3%、颗粒无粘结;若样品过于潮湿,应风干或 $40^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘箱中适当烘干至颗粒无粘结。

注:经过拌和楼等高温加热处理后的样品,原则上不宜用于砂当量试验。

3.2.2 缩分 300g 试样两份按 T 0332 方法测定含水率 w 。将剩余试样拌匀、密封存放。

注:测定含水率的烘干试样不得再用于测定砂当量。

3.2.3 按式(T 0334-1)计算砂当量试验一份试样的质量。从 3.2.2 密封存放试样中四分法缩分至 $m_1 \pm 0.5\text{g}$ 的试样两份。

$$m_1 = \frac{120 \times (100 + w)}{100} \quad (\text{T 0334-1})$$

式中: w ——试样的含水率,%;

m_1 ——砂当量试验的每份试样质量,g。

3.3 环境温度和冲洗液温度控制

砂当量试验过程中环境和冲洗液温度控制在 $22^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 。

3.4 新试筒或新配重活塞,使用之前,需要进行匹配检验。拧开紧固螺钉,将配重活塞缓慢放入空试筒中,将套筒安放在试筒顶面,当配重活塞底部接触到试筒底部时,套筒上表面至配重底部垂直距离不大于 0.5mm;若距离大于 0.5mm,或配重活塞底部无法触碰到试筒底部,则试筒和配重活塞不匹配。

4 试验步骤

4.1 将试筒置于试验台上,盛冲洗液的容器放置高度应保证试验时液面至试验台高差

满足 920 ~ 1200mm。控制冲洗管在试筒中加入冲洗液,至下部 100mm 刻度处 (约需 80mL 冲洗液)。

4.2 取一份砂当量试样,经漏斗倒入竖立的试筒中。注意不得导致颗粒的散失,同时应借助毛刷将粉料等所有颗粒刷入试筒中。

4.3 用手掌反复敲打试筒底部,以除去气泡,并使试样尽快润湿,然后放置 $10\text{min} \pm 1\text{min}$ 。

4.4 在试样静止结束后,用橡胶塞堵住试筒,将试筒水平固定在振荡机上。

4.5 开动机械振荡器,在 $30\text{s} \pm 1\text{s}$ 的时间内振荡 90 次 ± 3 次。然后将试筒取下竖直放回试验台上。取下橡胶塞,用冲洗液将橡胶塞及试筒壁粘附颗粒冲洗并入试筒中。

4.6 将试筒按压在试验台上,并在冲洗过程中保持试筒竖直;迅速用力将冲洗管插到试筒底部,同时打开冲洗管液流,通过冲洗管来搅动底部试样,冲洗液冲击使粉料上浮、悬浮。然后,缓慢转动、同时缓慢匀速向上提升冲洗管。

4.7 重复 4.6,直到液面接近 380mm 刻度线时,缓慢将冲洗管提出液面、关闭液流,使液面正好位于 380mm 刻度线处;此时立即启动秒表计时。在无任何扰动、振动条件下静置 $20\text{min} \pm 15\text{s}$ 。

4.8 静置完成后,如图 T 0334-4 所示,立即用钢板尺测量试筒底部到絮状凝结物上液面的高度(h_1)。

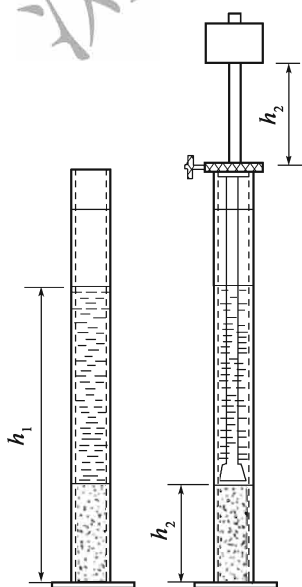


图 T 0334-4 砂当量仪读数示意图

4.9 拧开紧固螺钉,将配重活塞缓慢放入试筒中。当配重活塞底座触碰到沉淀物时,下移套筒将其安放在试筒顶面、拧紧紧固螺钉。将配重活塞取出,用直尺插入套筒开口中,量取套筒顶面至配重底面的高度 h_2 。

4.10 测定试筒内冲洗液温度,如果温度达不到 $22 \pm 3^\circ\text{C}$,应予以舍弃。

4.11 按照 4.1 ~ 4.10 步骤,完成两份试样的砂当量试验。

4.12 随时检查试验的冲洗管口,防止堵塞;由于塑料在太阳光下容易变成不透明,应避免将塑料试筒等直接暴露在太阳光下。盛试验溶液的塑料桶用毕要清洗干净。

5 结果整理

5.1 试样的砂当量按式(T 0334-2) 计算,准确至 0.1%。

$$SE = \frac{h_2}{h_1} \times 100 \quad (\text{T 0334-2})$$

式中: SE ——试样的砂当量, %;

h_2 ——试筒中用配重活塞测定的沉淀物的高度, mm;

h_1 ——试筒中絮凝物和沉淀物的总高度, mm。

5.2 取两份试样的砂当量算术平均值作为试验结果,准确至 1%。

6 允许误差

砂当量重复性试验的允许误差为 4%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 冲洗液温度、盛冲洗液的容器放置高度应保证试验时液面至试验台高差。

7.6 砂当量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 细集料中的膨胀性粘土或塑性有机物对其性能影响很大,需要进行严格控制。传统评价方法 T 0333 采用水洗法确定 0.075mm 通过率来进行评价,即含泥量,但是水洗法将小于 0.075mm 含量都看成是粘土类物质是不正确的,因为小于 0.075mm 以下粉料还含有部分的石粉。为此,采用砂当量和亚甲蓝来进行评价会更加准确。砂当量无法直接测定粘土类有害物质的绝对含量,因此只能是评价相对含量。

3.2 不同规格的细集料砂当量结果有差异。规格越小,砂当量测定值越低。图 T 0334-5 所示,同一细集料的 $0\sim 4.75\text{mm}$ 和 $0\sim 2.36\text{mm}$ 部分砂当量结果。可见 $0\sim 2.36\text{mm}$ 规格测定的砂当量较 $0\sim 4.75\text{mm}$ 规格砂当量会降低 $8\%\sim 11\%$,平均约降低 10% 。

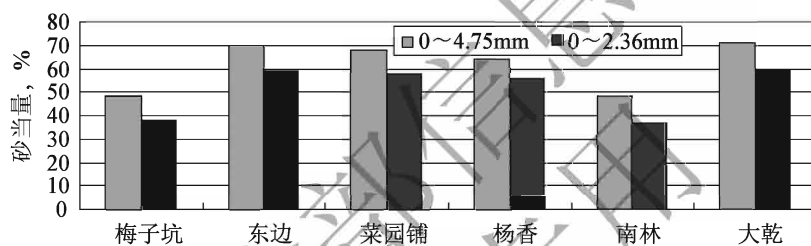


图 T 0334-5 $0\sim 2.36\text{mm}$ 和 $0\sim 4.75\text{mm}$ 砂当量差异

我国传统上采用 $0\sim 5\text{mm}$ 细集料,因此很多技术规范中细集料砂当量指标主要针对 $0\sim 5\text{mm}$ 规格,原规程也规定采用 $0\sim 5\text{mm}$ 规格细集料进行试验。但是近十几年来,稀浆封层、微表处,以及沥青混凝土中机制砂广泛应用,工程上采用 $0\sim 3\text{mm}$ 和 $3\sim 5\text{mm}$ 两档代替传统 $0\sim 5\text{mm}$ 一档细集料情况越来越多。如果直接采用 $0\sim 2.36\text{mm}$ 规格细集料进行评价,会造成砂当量偏低。针对这种情况,原规程规定可分别测定 $0\sim 3\text{mm}$ 和 $3\sim 5\text{mm}$ 砂当量,然后再按照比例计算合成砂当量;或者将定 $0\sim 3\text{mm}$ 和 $3\sim 5\text{mm}$ 两档集料按照比例掺配出 $0\sim 5\text{mm}$ 细集料后再测定砂当量进行评价。这两种方法优点在于维持相应的评价指标不变;但是也存在一定问题。例如 SMA~13 中 $3\sim 5\text{mm}$ 一档材料比例非常低,而 $0\sim 3\text{mm}$ 比例较高;AC~13 中 $3\sim 5\text{mm}$ 比例相对较高,而 $0\sim 3\text{mm}$ 比例相对较低;对于相同的 $3\sim 5\text{mm}$ 和 $0\sim 3\text{mm}$,试验时掺配比例不同,用于 SMA~13 时掺配的 $0\sim 5\text{mm}$ 砂当量结果偏低,相应于 AC~13 时掺配的 $0\sim 5\text{mm}$ 砂当量结果偏高。对于同一 $0\sim 3\text{mm}$ 材料,可能造成用于 SMA~13 检验不合格,而 AC~13 可能检验合格。为此,本方法删除了针对 $0\sim 3\text{mm}$ 细集料需要掺配进行试验的规定,修订为 $0\sim 5\text{mm}$ 和 $0\sim 3\text{mm}$,分别采用 4.75mm 和 2.36mm 过筛后直接测定。这样也便于施工过程控制。

4.5 由于人工振荡时平行误差较大,为此本次予以删除。

T 0349—2024 细集料亚甲蓝试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定细集料亚甲蓝值,评价粘土类有害物质含量,以评价细集料洁净程度。

1.2 本方法适用于测定细集料中 $0 \sim 2.36\text{mm}$ 部分的亚甲蓝值 MB_T ,或细集料中 $0 \sim 0.15\text{mm}$ 部分的亚甲蓝值 MB_F 。

1.3 本方法也适用于填料中 $0 \sim 0.15\text{mm}$ 部分的亚甲蓝值 MB_F ,用于评价矿粉质量。

2 仪器与材料

2.1 仪器:

2.1.1 移液管:5ml、2mL 移液管,各一个。

2.1.2 叶轮搅拌机:转速可调,并能满足 $(600 \pm 60)\text{r/min}$ 和 $(400 \pm 40)\text{r/min}$ 的转速要求,3 或 4 个叶片,叶片直径 $75\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。

2.1.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.1.4 天平:称量不小于 1kg ,感量不大于 0.1g ;称量不小于 100g ,感量不大于 0.01g 。

2.1.5 试验筛:孔径为 0.15mm 、 2.36mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.1.6 容器:深度大于 250mm ,要求淘洗试样时颗粒不溅出。

2.1.7 玻璃容量瓶:1L。

2.1.8 计时器:量程不少于 48h ,精度 0.1s 。

2.1.9 玻璃棒:直径 8mm ,长 300mm ,2 支。

2.1.10 温度计:量程 $0 \sim 100^\circ\text{C}$,分度值 0.1°C ;量程 $0 \sim 200^\circ\text{C}$,分度值 1°C 。

2.1.11 烧杯:1000mL。

2.1.12 定量滤纸:满足 GB/T 1914 的中速定量滤纸,规格为 202。

2.1.13 其他:金属盘、毛刷、水等。

2.2 材料

2.2.1 亚甲蓝($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot nH_2O$, $n=2$ 或 3):纯度不小于 98.5% ;

2.2.2 试验用水:蒸馏水或去离子水;

2.2.3 高岭土:亚甲蓝值为 10 ~ 20g/kg 的高岭土(按 4.8.2 测定)。

3 试验准备

3.1 标准亚甲蓝溶液($10.0\text{g/L} \pm 0.1\text{g/L}$ 标准浓度)配制

3.1.1 测定亚甲蓝含水率。称取约 5g 亚甲蓝粉末,记录质量 m_h 。置于 $100^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,在干燥器中冷却后取出立即称重,记录质量 m_g 。按式(T 0349-1)计算亚甲蓝的含水率 w_1 ,准确至 0.01%:

$$w_1 = \frac{m_h - m_g}{m_g} \times 100 \quad (\text{T 0349-1})$$

式中: m_h ——亚甲蓝粉末的质量,g。

m_g ——干燥后亚甲蓝粉末的质量,g。

注:每次配制亚甲蓝溶液前,都应首先确定亚甲蓝的含水率。若烘干温度超过 105°C ,亚甲蓝粉末会变质。

3.1.2 称取亚甲蓝粉末($m_1 \pm 0.01$)g。 m_1 按按式(T 0349-2)计算,准确至 0.01g:

$$m_1 = 10 \left(1 + \frac{w_1}{100} \right) \quad (\text{T 0349-2})$$

3.1.3 加热盛有约 600mL 水的烧杯,至水温 $35 \sim 40^\circ\text{C}$ 。

3.1.4 边搅拌边加入亚甲蓝粉末,持续搅拌 45min,直至亚甲蓝粉末全部溶解为止,然后冷却至 20°C 。

3.1.5 将溶液倒入 1L 容量瓶中,用水冲洗烧杯,使所有亚甲蓝溶液全部移入容量

瓶,容量瓶和溶液的温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。再加水至容量瓶 1L 刻度。

3.1.6 摇晃容量瓶以保证亚甲蓝粉末完全溶解。将标准液移入深色储藏瓶中避光保存。保存期应不超过 28d。配制好的溶液应标明制备日期,失效日期。

3.2 MB 亚甲蓝用试样准备

3.2.1 将样品用 2.36mm 试验筛加筛底充分过筛,取 2.36mm 筛下缩分至不少于 2000g 子样一份。筛分之前,用橡胶锤打碎结团细集料;用刷子清理 2.36mm 筛上颗粒,使其表面裹覆细小颗粒落入筛底。

注:为避免粉料散失,应采用筛底。若样品过于干燥,宜在筛分之前加少量水润湿样品,含水率约 3%、颗粒无粘结;若样品过于潮湿,应风干或 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中适当烘干,至颗粒无粘结。

注:经过拌和楼等加热处理后的样品,原则上不宜用于亚甲蓝试验。

3.2.2 将子样拌匀、缩分得到 200g 含水率试样两份,按 T 0332 方法测定含水率 w_2 。将子样剩余集料颗粒拌匀、密封存放。

注:测定含水率烘干试样不得再用于亚甲蓝试验。

3.2.3 按式(T 0349-3)计算一份 MB 亚甲蓝试样的质量。将 3.2.2 密封存放的子样剩余集料颗粒采用四分法缩分 MB 亚甲蓝试样两份,每份试样质量为 $m'_2 \sim m'_2 + 5\text{g}$ 。

$$m'_2 = \frac{200 \times (100 + w_2)}{100} \quad (\text{T 0349-3})$$

式中: w_2 ——3.2.2 测定的含水率,%;

m'_2 ——MB 亚甲蓝试验的一份试样目标质量,g。

3.3 测定 MB_F 亚甲蓝用试样准备

3.3.1 将细集料或填料样品用 0.15mm 试验筛加筛底充分过筛,取 0.15mm 筛下缩分至不少于 300g 子样一份。筛分之前,用橡胶锤打碎结团细集料;用刷子清理筛上颗粒,使其表面裹覆细小颗粒落入筛底。

注:为避免粉料散失,应采用筛底。若样品过于干燥,宜在筛分之前加少量水润湿样品,含水率约 3%、颗粒无粘结;若样品过于潮湿,应风干或 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中适当烘干,至颗粒无粘结。

注:经过拌和楼等加热处理后的样品,原则上不宜用于亚甲蓝试验。

3.3.2 将子样拌匀、缩分得到 30g 含水率试样两份,按 T 0359 方法测定含水率 w_3 。将子样剩余集料颗粒拌匀、密封存放。

注:测定含水率时烘干试样不得再用于亚甲蓝试验。

3.3.3 按式(T 0349-4)计算一份 MB_F 亚甲蓝试样的质量。将 3.3.2 密封存放的集料颗粒采用四分法缩分两份 MB_F 亚甲蓝试样,每份试样质量满足 $m'_3 \sim m'_3 + 1\text{g}$ 。

$$m'_3 = \frac{30 \times (100 + w_3)}{100} \quad (\text{T 0349-4})$$

式中: w_3 ——按 3.3.2 测定的含水率,%;

m'_3 —— MB_F 亚甲蓝试验的一份试样目标质量,g。

4 MB 亚甲蓝试验步骤

4.1 将滤纸架空放置在敞口烧杯的顶部或其他类似支撑物上,使其底面不接触任何物品。按照 3.2 准备试样;取一份试样称其质量(m_2)。将试样移入盛有 $500\text{mL} \pm 5\text{mL}$ 水的烧杯中。

4.2 将搅拌器速度设定到 $600\text{r/min} \pm 60\text{r/min}$,搅拌器叶轮离烧杯底部约 10mm 。开始搅拌同时,启动秒表;搅拌 5min ,形成悬浮液。用移液管准确加入 5mL 亚甲蓝溶液,设定转速为 $400\text{r/min} \pm 40\text{r/min}$,保持持续搅拌,直到整个试验结束。

注:每次取出亚甲蓝溶液,移液管准确吸取一定量之后,立即将其再次避光储存。

4.3 在加入亚甲蓝溶液、搅拌不少于 1min 后,在滤纸上进行第一次色晕检验。用玻璃棒沾取一滴悬浮液滴于滤纸上(其量应使沉淀物直径为 $8 \sim 12\text{mm}$),在滤纸上形成环状,中间是纯蓝色的集料沉淀物色斑,其外围是一圈无色的水环(如图 T 0349-1)。

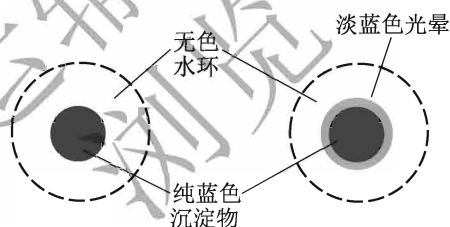


图 T 0349-1 亚甲蓝试验中色晕示意图

4.4 继续加入 5mL 亚甲蓝溶液,搅拌 1min 后,再次进行色晕检验。按此重复试验,直至围绕纯蓝色沉淀物周围出现一个宽度约 1mm 的浅蓝色光晕,表明试验接近终点。

4.5 当首次出现约 1mm 的浅蓝色光晕后,停止添加亚甲蓝溶液;每隔 1min 进行 1 次色晕检验,共进行 5 次色晕检验。如果浅蓝色光晕在 4min 内消失,则再加入 5mL 亚甲蓝溶液,重新以 1min 间隔共进行 5 次色晕检验;如果浅蓝色光晕在第 5min 内消失,则再加入 2mL 亚甲蓝溶液,重新以 1min 间隔共进行 5 次色晕检验。

4.6 按照 4.5 重复试验直至连续 5min 内色晕检验均出现光晕。

4.7 记录整个试验过程中所加入的亚甲蓝溶液总体积 V_2 。

注:试验结束后应立即用水彻底清洗试验用容器。清洗后的容器不得含有清洁剂等成分,建议将这些容器作为亚甲蓝试验专用容器。

4.8 当细集料中粉料含量较低时,将很难形成浅蓝色光晕,则进行如下处理。

4.8.1 将高岭土在 $95 \sim 105^\circ\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,在干燥器中冷却至室温。

4.8.2 称取 $30\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 干燥高岭土,按照第 5 节测定高岭土的亚甲蓝值 MB_k 。

注:一批高岭土样品,其亚甲蓝值一次测定,可多次使用。但是每次使用时均需进行干燥。

4.8.3 取一份试样、称其质量,移入盛有 $500\text{mL} \pm 5\text{mL}$ 水的烧杯中之后,立即称取 $30\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 干燥高岭土一并移入烧杯中,再加入 V_1 (为 $3 \times \text{MB}_k \text{mL}$) 的亚甲蓝溶液。然后按照以上 4.2 ~ 4.7 步骤进行亚甲蓝试验,记录整个试验过程中所加入的亚甲蓝溶液总容积 V_2 。

注:加入的亚甲蓝溶液容积,为其所含亚甲蓝量能够正好被高岭土吸收。

5 MB_F 亚甲蓝试验步骤

5.1 按 3.3 的规定准备试样,取一份试样称其质量 (m_3);按照第 4 节进行亚甲蓝试验,记录整个试验过程中所加入的亚甲蓝溶液总体积 V_3 。

5.2 无需进行 4.8 步骤。

6 MB 亚甲蓝的快速评价试验

6.1 按照 3.2 准备一份 $0 \sim 2.36\text{mm}$ MB 亚甲蓝试验试样,称取试样质量为 m_2 ;

6.2 按式(T 0349-5)计算一次性加入的亚甲蓝溶液容积 V ;

$$V = \frac{\text{MB}_0 \times m_2}{10} \times \frac{100}{100 + w_2} + V_1 \quad (\text{T 0349-5})$$

式中: MB_0 ——亚甲蓝标准值, g/kg ;对于水泥混凝土用细集料为 1.4g/kg 。

V ——一次性加入的亚甲蓝溶液容积, mL ;

V_1 ——一般 $V_1 = 0\text{mL}$;当按照 4.8.3 加入高岭土时, $V_1 = 3 \times \text{MB}_k$;

MB_k ——高岭土的亚甲蓝值, g/kg 。

6.3 按照第 4 节进行亚甲蓝试验。一次性向烧杯中加入容积为 V 的亚甲蓝溶液,以 $400\text{r/min} \pm 40\text{r/min}$ 转速持续搅拌 8min ,然后用玻璃棒粘取一滴悬浮液,滴在滤纸上,观察沉淀物周围是否出现浅蓝色光晕。如果出浅蓝色光晕,则此细集料亚甲蓝检验不合格;

如果未出现浅蓝色光晕,则此细集料亚甲蓝检验合格。

7 结果整理

7.1 试样的 MB 亚甲蓝值按式(T 0349-6)计算,准确至 0.01g/kg。

$$MB = \frac{V_2 - V_1}{m_2 \times \frac{100}{100 + w_2}} \times 10 \quad (\text{T 0349-6})$$

式中:MB——0~2.36mm 试样的亚甲蓝值,g/kg;

V_2 ——所加入的亚甲蓝溶液的总容积,mL;

注:公式中的系数 10 用于将每千克试样消耗的亚甲蓝溶液体积换算成亚甲蓝质量。

7.2 试样的 MB_F 亚甲蓝值按式(T 0349-7)计算,准确至 0.01g/kg。

$$MB_F = \frac{V_3}{m_3 \times \frac{100}{100 + w_3}} \times 10 \quad (\text{T 0349-7})$$

式中: MB_F ——0~0.15mm 试样的亚甲蓝值,g/kg;

m_3 ——试样质量,g;

V_3 ——加入的亚甲蓝溶液的总量,mL。

7.3 取 2 个试样亚甲蓝值的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1g/kg。

8 报告

8.1 试验项目名称和执行标准。

8.2 样品的编号、名称、产地和规格。

8.3 接样日期、样品描述。

8.4 试验日期、样品缩分方法。

8.5 高岭土的亚甲蓝值 MB_k (必要时)。

8.6 MB 亚甲蓝值或 MB_F 亚甲蓝值试验结果。

8.7 要说明的其他内容。

条文说明

1.2 亚甲蓝试验用试样规格分为 $0 \sim 2.36\text{mm}$ (或 $0 \sim 2\text{mm}$)、 $0 \sim 0.15\text{mm}$ (或 $0 \sim 0.125\text{mm}$) 和 $0 \sim 0.075\text{mm}$ (或 $0 \sim 0.063\text{mm}$ 、 $0 \sim 0.08\text{mm}$)。图 T 0349-2 为某一工程 AC-13、AC-20 细集料筛分得到不同规格试样测定的亚甲蓝值情况。

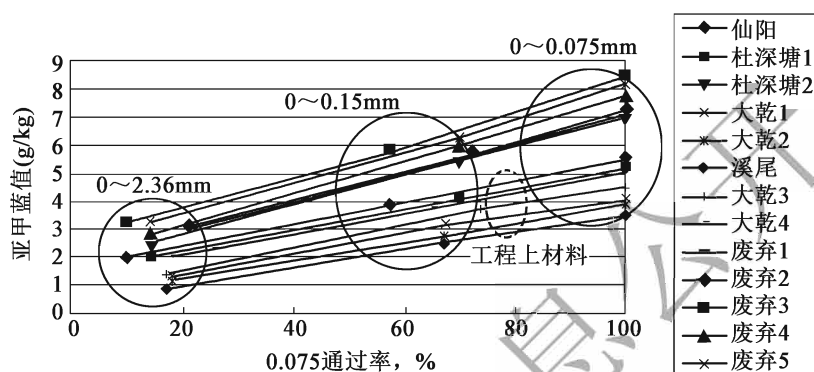


图 T 0349-2 不同规格试样亚甲蓝值结果

同一原材料,不同规格试样的亚甲蓝值差异较大;亚甲蓝值与 $0 \sim 0.075\text{mm}$ 、 $0 \sim 0.15\text{mm}$ 和 $0 \sim 2.36\text{mm}$ 每档中的 0.075mm 通过率基本成正比,因此规格越小,亚甲蓝值越大。采用粉料 $0 \sim 0.15\text{mm}$ 或 $0 \sim 0.075\text{mm}$ 进行试验,优点在于取样均匀性较好、试验误差会较小,而且测试值较大,区分度较高。但是 $0 \sim 0.075\text{mm}$ 、 $0 \sim 0.15\text{mm}$ 仅仅考虑了有害物质的影响程度,无法考虑细集料中有害物质的总量;而采用 $0 \sim 2.36\text{mm}$ 试样,不仅仅反应细集料中 $0 \sim 0.075\text{mm}$ 中有害物质影响程度,还包含了细集料中 $0 \sim 0.075\text{mm}$ 有害物质的总含量,因此采用 $0 \sim 2.36\text{mm}$ 试样的亚甲蓝试验评价更全面一些。

对于水泥混凝土、路面基层等用细集料,可仅评价 $0 \sim 2.36\text{mm}$ 规格的亚甲蓝 MB。对于沥青混合料,特别是微表处等混合料,需要同时评价 $0 \sim 2.36\text{mm}$ MB 和 $0 \sim 0.15\text{mm}$ MB_F。

3.2 样品通过高温加热后会改变性质,影响试验的亚甲蓝值,因此样品试验前不进行烘干处理。

4.8 当试样中粉料含量低于某一值,如 3%,或者试样非常洁净时,则悬浮液中粘土类物质含量较低,色晕检验时无法出现浅蓝色光晕,导致试验误判。此时需要采用加入高岭土调整悬浮液的粘土类物质含量,再进行测试。

T 0336—2024 细集料有机物含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于定性测定细集料中有机物含量,以评价细集料中有机物含量是否达到影响水泥混凝土、水泥砂浆或水泥稳定材料性能的程度。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 天平:称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g;称量不小于 100g,感量不大于 0.01g。

2.1.2 量筒:无色,1000mL、250mL、100mL 和 10mL,带塞,精度 0.5mL。

2.1.3 玻璃色标:满足 GB/T 22295 的 11 号加德纳玻璃色标。

2.1.4 容量瓶:1000mL。

2.1.5 高温电炉:能够加热并恒温在 $480^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.6 其他:烧杯、玻璃棒、移液管和孔径为 4.75mm 的方孔筛。

2.2 材料

2.2.1 氢氧化钠:分析纯。

2.2.2 氯化铁:六水氯化铁 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

2.2.3 氯化钴:六水氯化钴 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

2.2.4 浓盐酸:20℃ 密度为 $1.18 \sim 1.19\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2.2.5 试验用水:蒸馏水,或去离子水。

2.2.6 水泥:普通硅酸盐水泥。

3 试验准备

3.1 试样制备:将样品筛除 4.75mm 以上颗粒,缩分至约 500g 的试样一份,风干或 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干。

3.2 氢氧化钠溶液(3%)的配制:在容量瓶中放入部分水,加入 30g 氢氧化钠溶解到水中,冷却至室温后,加水稀释至 1000mL。

3.3 标准溶液的配制:在 1000mL 量筒中倒入 838.5g 水,加入 3mL 浓盐酸,然后加入 135g 的氯化铁和 16.5g 的氯化钴。当不用时,置玻璃瓶中加塞、避光存放;存放期不宜超过 14d。试验时,取 200mL 溶液移入 250mL 的量筒中。当采用玻璃色标时,无需配制标准溶液。

4 试验步骤

4.1 玻璃色标法

4.1.1 向 250mL 量筒中倒入试样至 130mL 刻度处,再注入氢氧化钠溶液(3%)至 200mL 刻度处,剧烈摇动 1min 去除气泡后静置 24h。

4.1.2 比较试样上部溶液和玻璃色标的颜色。若试样上部溶液的颜色浅于玻璃色标的颜色,则判定样品有机质含量合格。

4.1.3 若试样上部溶液的颜色与玻璃色标的颜色接近,则应将试样溶液倒入烧杯中放在 60~70℃ 水槽中加热 2~3h;然后再移入 250mL 量筒中,剧烈摇动 1min 去除气泡后静置 24h。若试样上部的溶液颜色浅于玻璃色标或标准溶液的颜色,则判定样品有机质含量合格。

4.1.4 若经过 4.1.3 处理后的溶液颜色深于玻璃色标的颜色,按 T 0338 检验是否存在煤、褐煤等轻物质材料,如果有轻物质且其含量满足相关标准要求时,则判定样品有机质含量合格。

4.1.5 若经 4.1.2~4.1.4 不能确定为有机质含量合格,或者集料中疑似有糖类物质,则应按 4.3 抗压强度比法进一步检验。

4.2 标准溶液法

4.2.1 按 4.1.1 配制试样溶液。盛装标准溶液与盛装试样的量筒容积应一致。

4.2.2 采用标准溶液颜色代替玻璃色标颜色,按照 4.1 方法进行试验。

4.3 抗压强度比法

4.3.1 取代表样品,放在金属盘上摊平,自然风干或 40℃ ± 5℃ 烘干,四分法缩分得到两份试样。

4.3.2 第一份试样放入高温炉在 $480^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 燃烧 $4\text{h} \pm 0.25\text{h}$, 室温自然冷却不少于 12h。或者用氢氧化钠溶液(3%)洗除有机质、清水淘洗干净,直至试样上部溶液浅于玻璃色标或标准溶液的颜色。将第二份试样不进行任何处理,放入容器中保存。

4.3.3 将两份试样采用相同配比,按照《公路工程水泥混凝土试验规程》T 0506 同时配制两种水泥胶砂,测定 28d 的抗压强度。也可测定 7d 的抗压强度,但需要在报告中说明。

4.3.4 计算未处理试样和处理试样胶砂抗压强度比,准确至 1%。

4.3.5 当胶砂抗压强度比不小于 95% 时,则认为该样品有机物含量合格。

5 报告

5.1 试验项目名称和执行标准。

5.2 样品的编号、名称、产地和规格。

5.3 接样日期、样品描述。

5.4 试验日期、样品缩分方法。

5.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

5.6 有机物含量合格评定结果,注明试验方法(玻璃色标法,或标准溶液法或抗压强度比法)。

5.7 抗压强度比试验结果、胶砂配合比、试样处理方法(仅限抗压强度比法)。

5.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 本次修订将粗、细集料试验方法名称统一为有机物含量试验。试验方法修订说明见 T 0313 条文说明。

T 0337—2024 细集料云母含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定细集料中云母的近似含量,以评价细集料质量。

2 仪器与材料

2.1 放大镜:3~5倍。

2.2 试验筛:孔径为4.75mm、0.3mm的方孔筛,并满足T 0302中2.1要求。

2.3 天平:称量不小于100g,感量不大于0.01g。

2.4 其他:钢针、金属盘等。

3 试验准备

将样品充分过筛,取0.3~4.75mm粒级颗粒缩分至约15g的试样两份;105℃±5℃烘干至恒重,并冷却至室温。

4 试验步骤

4.1 取一份试样准确称量质量(m_0),放入金属盘中摊开。在放大镜下观察,用钢针挑出试样颗粒中云母。

4.2 称量所挑出的云母质量(m_1)。

5 结果整理

5.1 试样的云母含量按式(T 0337-1)计算,准确至0.1%。

$$Q_e = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0337-1})$$

式中: Q_e ——试样的云母含量,%;

m_0 ——烘干试样质量,g;

m_1 ——挑出的云母质量,g。

5.2 取两份试样云母含量的算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 云母含量试验结果。

6.6 要说明的其他内容。

条文说明

1 云母富集岩石在生产细集料集料过程中容易产生游离云母。云母片状结构和强吸水能力,会影响细集料性能。对于级配碎石等底基层、基层来说,云母含量过高会影响回弹模量,吸湿引起水积聚,导致路面承载能力降低、产生车辙等病害;对于沥青混合料来说,会导致沥青混合料强度降低,抗水损性能下降,同时自由云母会选择性吸收沥青,吸收沥青中轻质部分,因此会加速沥青混合料老化。云母对于水泥混凝土、水泥砂浆的抗冻耐久性等性能均有不利影响。因此需要严格控制云母含量。

天然河砂经过河流水长期冲刷作用,细云母含量较少,可不用挑拣细云母。当前沥青混凝土和水泥混凝土普遍用人工砂,人工砂云母含量反而较天然砂高,如花岗岩、砂岩、片麻岩等轧制的细集料均含有一定的云母。

同时自由云母对路面性能影响,不仅仅是云母含量,云母的类型、尺寸、方向也均有影响。

本方法只能测定细集料中云母的近似含量。根据国际文献,云母含量与砂当量、亚甲蓝值具有高度相关性,可以通过建立相关性曲线,在细集料加工过程采用砂当量或亚甲蓝来进行云母含量的控制。

T 0338—2024 集料轻物质含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定粗、细集料中轻物质含量,以评价集料质量。

2 仪器与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:称量不小于 10kg,感量不大于 1g;称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g;称量

不小于 100g,感量不大于 0.01g。

2.3 玻璃仪器:量杯(1000mL)、量筒(250mL)、烧杯(150mL)。

2.4 液体比重计:相对密度精度 0.001。

2.5 网篮:内径和高度均约为 70mm,网孔孔径不大于 0.3mm(可用坚固性试验用的网篮)。

2.6 试验筛:孔径为 4.75mm、0.3mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.7 氯化锌:化学纯。

2.8 盛水容器:浸泡试样用容器,不锈钢的金属盆等。

2.9 试验用水:饮用水。

2.10 其他:吸湿软布、金属盘等。

3 试验准备

3.1 细集料试样制备:将样品用 0.3mm 试验筛充分过筛,取 0.3mm 以上颗粒缩分至约 200g 的试样两份; $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

3.2 粗集料试样制备:将样品用 4.75mm 试验筛充分过筛,取 4.75mm 以上颗粒缩分至表 T 0338-1 要求质量的试样两份; $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

表 T 0338-1 轻物质含量试验的试样质量

公称最大粒径(mm)	≤9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份试样的最小质量(kg)	0.5	1.0	1.2	1.4	2.0	2.4	2.7	4.0	4.5	6

3.3 相对密度 1.98 ± 0.02 的重液配制:向 1000mL 的量杯中加水至 600mL 刻度处,再加入 1500g 氯化锌,用玻璃棒搅拌使氯化锌全部溶解,待冷却至室温后,将部分溶液倒入 250mL 量筒中测其密度。如溶液相对密度小于 1.98,则将它倒回 1000mL 量杯中,再加入氯化锌,溶解并冷却后测其密度,直至溶液密度达到要求为止。

注:氯化锌溶于水时会释放大量热量,因此注意不要与皮肤接触。当采用其他密度标准时,可配制相应密度的重液,但需要在报告中说明。

4 细集料轻物质含量试验步骤

4.1 取称量质量的试样一份(m_0)放入盛水容器中,加水浸泡、静置 2h 以上;细心地倒去试样上部的水,将试样在金属盘中摊平,手持吹风机在试样上方缓缓移动、均匀对试样表面吹入暖风,并不停翻拌试样,使集料表面水均匀蒸发,直至细集料颗粒表面无自由水、无粘结;立即收集所有试样倒入盛有重液(约 500mL)的量杯中。

4.2 用玻璃棒充分搅拌,使试样中的轻物质与细集料颗粒分离;静置 5min 后,将浮起的轻物质连同部分重液倒入网篮中。轻物质留在网篮上,而重液则通过网篮流入另一容器。倾倒重液时应避免带出细集料颗粒,当重液表面与细集料颗粒表面相距约 20 ~ 30mm 时即停止倾倒。

4.3 流出的重液倒回盛试样的量杯中,重复上述过程,直至无轻物质浮起为止。

4.4 称量干燥烧杯质量(m_2);用清水洗净留存于网篮中的轻物质,然后将它倒入烧杯,在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重,用同一天平称量轻物质与烧杯总质量(m_1)。

5 粗集料轻物质含量试验步骤

5.1 取称量质量的试样一份(m_0)放入盛水容器中,加水浸泡、静置 2h 以上;细心地倒去试样上部的水,将试样在金属盘中摊平;用软布在试样表面搓滚、吸走颗粒表面及颗粒之间的自由水,至颗粒表面自由水膜消失、看不到发亮的水迹,即为饱和面干状态;立即收集所有试样。

5.2 将收集的试样倒入盛有重液(约 800mL)的量杯中,按照 4.2 ~ 4.3,进行重复试验。

注:当试样较多时,可分次装入试样;每次加入的试样体积不得过量杯容积的 1/3。

5.3 称量干燥金属盘质量(m_2);用清水洗净留存于网篮中的轻物质,然后将它倒入金属盘中,在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重,用同一天平称量轻物质与金属盘总量(m_1)。

6 结果整理

6.1 试样的轻物质含量按式(T 0338-1)计算,准确至 0.01%。

$$Q_g = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0338-1})$$

式中: Q_g ——试样的轻物质含量,%;

m_1 ——烘干的轻物质与烧杯(或金属盘)的总量,g;

m_2 ——烧杯(或金属盘)的质量,g;

m_0 ——试验前烘干的试样质量,g。

6.2 取两份试样轻物质含量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 重液相对密度、烘干时间。

7.7 轻物质含量试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 轻物质,如褐煤和煤,可能导致混凝土或砂浆表面上的斑点或爆裂,因此需要控制含量。原规程规定仅适用于细集料轻物质含量的测定,随着工业矿渣等粗集料应用日益增加,粗集料中轻物质的含量也需要控制,因此在原方法基础上,增加了粗集料轻物质含量测定方法,同时完善细集料轻物质含量测定方法。

3.3 轻物质一般指相对密度低于 2.0 的物质,如煤、褐煤等物质。对于其他密度标准时,可以配制相应密度的重液进行试验;如燧石、页岩等轻物质,可制备比重为 2.4 的溴化锌重液。

4.1 原试验方法将干燥试样直接放入重液中进行试验,这会导致部分密度接近重液的轻物质吸饱重液后无法悬浮或漂浮在重液中,试验误差大,测试结果偏小。为此,要求先浸泡在水中,然后采用吹风机均匀吹干至饱和面干状态,然后再放入重液中进行试验。

T 0341—2024 集料硫酸盐和硫化物含量试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定粗、细集料中硫酸盐、硫化物的含量,用以评价集料质量。

1.2 本方法中酸溶性硫酸盐含量和总硫含量试验适用于所有粗、细集料。

1.3 本方法中水溶性硫含量试验适用于除再生集料以外的粗、细集料。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 天平:分析天平,称量不小于100g,感量不大于0.1mg;称量不小于1kg,感量不大于0.1g;称量不小于10kg,感量不大于1g。

2.1.2 高温电炉:能够加热并恒温在800~1100℃,温度控温精度为25℃。

2.1.3 试验筛:孔径为19mm、4.75mm、1.18mm、0.15mm的方孔筛,带筛底和筛盖,并满足T 0302中2.1要求。

2.1.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温105℃±5℃,并满足T 0302中2.4要求。

2.1.5 浸泡容器:带盖、宽口的塑料或金属容器,容积5L(用于粗集料或轻集料)、2L(用于细集料)各2个。

2.1.6 振动器:能够安放浸泡容器,且持续振摇24h以上。

2.1.7 烧杯:2个容量为500mL,4个容量为1000mL。

2.1.8 锥形瓶:2个容量1000mL。

2.1.9 移液管:20mL,25mL和100mL。

2.1.10 刻度量筒:10 mL和500mL。

2.1.11 漏斗:2个玻璃漏斗,直径约100mm,能够连接抽气装置;满足GB/T 1914的质量要求的中速定性、慢速定性和慢速定量滤纸。

2.1.12 加热装置:电炉、燃气炉等。

2.1.13 高温坩埚:耐1100℃高温保持质量恒定,直径约35mm,高约40mm,材质可为瓷或二氧化硅。内部釉完整、表面光滑。

2.1.14 计时器:量程不少于 48h,精度 0.1s。

2.1.15 破碎机:可将集料破碎至粒径不大于 4.75mm,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.1.16 密闭式制样机:一次制样量不少于 100g 的制样机。

2.1.17 通风柜。

2.1.18 其他:杵、研钵、玻璃棒、干燥器(内装变色硅胶)、表面皿、琥珀色玻璃试剂瓶等。

2.2 材料

2.2.1 氯化钡:分析纯。

2.2.2 过氧化氢(H_2O_2):分析纯。

2.2.3 甲基红粉末:分析纯。

2.2.4 硝酸银:分析纯。

2.2.5 浓盐酸:20℃密度为 1.18~1.19g/cm³。

2.2.6 浓氢氧化铵溶液:20℃密度为 0.88~0.91g/cm³。

2.2.7 浓硝酸,20℃密度为 1.39~1.42g/cm³。

2.2.8 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

3.1 酸溶性硫酸盐含量试验试样制备

3.1.1 将样品缩分至表 T 0341-1 要求质量的子样一份。

表 T 0341-1 酸溶性硫酸盐含量和总硫含量试验的子样质量

公称最大粒径(mm)	≤4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份子样的最小质量(kg)	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	2.0	2.4	2.7	4.0	4.5	6

3.1.2 先用 19mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm;将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合、搅拌均匀。再用 4.75mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 4.75mm;将原 4.75mm 筛下颗粒和新破碎 4.75mm 以下颗粒混合、搅拌均匀,缩分一份 $25\text{g} \pm 1\text{g}$ 颗粒。再用制样机粉碎至全部小于 0.15mm,充分搅拌, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、干燥器中冷却至室温。

3.1.3 称取 $8\text{g} \pm 0.1\text{mg}$ 干燥试样两份,置于干燥器中备用。

3.1.4 对于大块岩石或钻取、切割的岩样,按照 3.1.2 方法逐级破碎、粉碎、烘干,称取 $8\text{g} \pm 0.1\text{mg}$ 的干燥试样两份。

3.2 水溶性硫酸盐含量试验试样制备

3.2.1 细集料:将样品缩分至 $500\text{g} \pm 10\text{g}$ 试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

3.2.2 粗集料:将样品缩分至表 T 0341-2 要求质量的子样一份。先用 19mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm;将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合、搅拌均匀,缩分 $2000\text{g} \pm 100\text{g}$ 试样两份。将试样 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

表 T 0341-2 水溶性硫酸盐含量试验的粗集料子样质量

公称最大粒径 (mm)	≤ 19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份子样的最小质量 (kg)	5	8	10	12	15	20	25

3.2.3 轻集料:将样品缩分至约 1L 的试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

3.3 总硫含量试验试样制备

按照 3.1 方法制备试样,称取 $1\text{g} \pm 0.1\text{mg}$ 的小于 0.15mm 干燥试样两份。

3.4 配制稀释盐酸溶液(1+1)

在 500mL 水中加入 500mL 浓盐酸,得到稀释的盐酸溶液(1+1)。

3.5 配制稀释盐酸溶液(1+4)

在 800mL 水中加入 200mL 浓盐酸,得到稀释的盐酸溶液(1+4)。

3.6 配制稀释盐酸溶液(1 + 11)

在 880mL 水中加入 80mL 浓盐酸,得到稀释的盐酸溶液(1 + 11)。

3.7 配制氯化钡溶液(10%)

将 100g 的 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 溶于 1L 水中,使用前用中速定性滤纸过滤。

3.8 配制硝酸银溶液(浓度为 0.1mol/L)

称取约 20g 硝酸银(AgNO_3)在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 烘箱中烘干 1 ~ 2h,干燥器中冷却;称取 $(16.987 \pm 0.001)\text{g}$ 干燥硝酸银,放入盛有一定量水的容量瓶中溶解,然后加水至 1L。储存于琥珀色玻璃试剂瓶中,避光保存。

3.9 过氧化氢(H_2O_2)溶液(30%)

称取 150g 纯过氧化氢(H_2O_2),加入 450mL 的水中,塑料瓶中密封、遮光,在阴凉处(不超过 20°C)保存。

3.10 甲基红指示剂:将 20mg 甲基红粉末溶于 50mL 乙醇中,然后加入 50mL 水。

3.11 配制稀释硝酸溶液(1 + 100)

在 90mL 水中加入 900mL 浓硝酸,得到稀释的硝酸溶液(1 + 100)。

3.12 用稀释硝酸溶液(1 + 100)将过滤用滤纸进行冲洗干净、晾干后备用。

4 酸溶性硫酸盐含量试验步骤

4.1 称量试样质量(m_1)。在 1000mL 锥形瓶中加入 360mL 水和 40mL 浓盐酸,并加热至沸点。将锥形瓶从热源上移开,一边搅拌一边将试样分撒在热盐酸溶液中。用玻璃搅拌棒扁平端搅拌加速固体分解。将溶液在稍低于沸点温度下消解 $(15 \pm 1)\text{min}$ 。

4.2 将溶液通过中速定性滤纸过滤到 1000mL 烧杯中。用热水冲洗滤纸上的沉淀物 5 ~ 6 次,用几滴热水冲洗过滤器的底部;然后再取几毫升水冲洗滤纸,并收集到试管中,加入几滴浓硝酸和硝酸银溶液(0.1mol/L)。检查溶液中是否出现浑浊或沉淀现象;如果有浑浊或沉淀现象,则应继续冲洗,直至再次检验无浑浊、无沉淀现象。

4.3 加水将烧杯中滤液稀释至 600mL,并加热至稍低于沸点。

4.4 滴入几滴甲基红作为指示剂,加入浓氢氧化铵溶液使滤液呈碱性(即显现黄色)。煮沸 30s 后,用中速定性滤纸在轻抽吸下过滤。用少许热水清洗滤纸上沉淀物,清洗不少于 3 次,并将冲洗液并入滤液中。在滤液中加稀释盐酸(1 + 11),至甲基红指示剂变为

红色。

4.5 将滤液加热至沸腾,并保持 (5 ± 0.5) min,然后检查滤液是否澄清。若滤液不澄清,则重新取样进行试验。

4.6 将氯化钡溶液(10%)预加热至沸点以下温度;在滤液保持沸点同时,一边用力搅拌,一边缓慢加入40mL预加热的氯化钡溶液(10%)。

4.7 继续煮沸15min,至形成合适的沉淀。在稍低于沸点以下温度保温30min,然后在温处(约 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$)放置24h或整夜。

4.8 将沉淀物转移到玻璃漏斗中的慢速定量滤纸上过滤。用热水冲洗滤纸上的沉淀物5~6次后,再取几毫升热水冲洗沉淀物,并收集到试管中。加入几滴浓硝酸和硝酸银溶液。检查溶液中是否出现浑浊或沉淀现象;如果有,则应继续冲洗,直至再次检验无浑浊现象。

4.9 将坩埚预先在高温炉中燃烧、干燥器中冷却,称量质量(m_2);将滤纸及沉淀物移入坩埚中,一起放入高温炉中;高温炉从室温开始逐渐上升至 $800 \sim 850^{\circ}\text{C}$ 温度,然后燃烧不少于1h,使滤纸完全灰化。

注:注意每次燃烧时,高温炉均应从室温开始升温,这样可以控制滤纸缓慢加热,不出现明火燃烧或火焰,避免沉淀物损失。

4.10 将坩埚及沉淀物放在干燥器中冷却,称量质量(m_3)。

5 水溶性硫酸盐含量试验步骤

5.1 称取试样质量(m_4);将粗集料或轻集料放入5L的浸泡容器中,细集料放入2L的浸泡容器中;用容量瓶量取2倍于试样质量的水(轻集料为1L的水),注入浸泡容器中,盖上塞子,采用振动器持续振摇不少于24h。

注:如果不采用振摇,仅浸泡24h、偶尔摇动几次无法提取所有的硫酸盐,如大石膏晶体。

5.2 将浸泡容器中溶液通过中速定性滤纸过滤,滤液收集到1000mL锥形瓶中,得到透明的滤液不少于100mL。

注:如果滤液不透明,则再采用慢速定性滤纸过滤一遍。

5.3 用移液管吸取50mL滤液,注入到500mL烧杯中;加水稀释到300mL;再缓慢加入10mL稀释盐酸溶液(1+4),加热至沸腾,并保持沸腾 $5\text{min} \pm 0.5\text{min}$ 。

注:如果集料(如矿渣)含有硫化物,在加入稀盐酸时会有异味;对于这些集料,在煮沸5min后,

20~40℃放置 30min,待产生白色沉淀物后采用中速定性滤纸过滤,并用热水充分清洗,将冲洗液并入滤液中。

5.4 将氯化钡溶液(10%)预加热至沸点以下温度;在滤液保持沸点同时,一边用力搅拌,一边逐滴加入 5mL 预加热的氯化钡溶液(10%)。

5.5 按照 4.7~4.10 继续进行试验,并称量干燥坩埚质量 m_2 及干燥坩埚和沉淀物质量 m_5 。

6 总硫含量试验步骤

6.1 称量试样(m_6);将试样放入 500mL 烧杯中,加 20mL 水,用玻璃棒进行搅拌,盖上表面皿。

6.2 在通风橱中,将 10mL 过氧化氢溶液(30%)加入溶液中,在沸点以下加热 30min;消解后,加 20mL 稀释盐酸(1+1),然后放入 60~70℃热水槽中保温 30min。

6.3 加少量滤纸浆,加热烧杯溶液至沸点以下;滴入几滴甲基红作为指示剂,加入浓氢氧化铵溶液至溶液呈碱性(即显现黄色)。微沸 30s 后,用中速定性滤纸在轻抽吸下过滤。用少许热水清洗滤纸上沉淀物,并将冲洗液并入滤液中。

注:加滤纸浆主要是起絮凝作用。

6.4 取一烧杯,加入 70mL 的 60~70℃热水和 5mL 浓盐酸,将滤纸及沉淀物移入 500mL 烧杯中并溶解。将溶液按照 4.3 中步骤,再一次微沸 30s,然后过滤、冲洗。

6.5 将所有滤液(含所有冲洗液)并在一起(总计应约为 220mL);加入 1mL 浓盐酸,加热至沸腾,保持 $5\text{min} \pm 0.5\text{min}$ 。

6.6 将氯化钡溶液(10%)预加热至沸点以下温度;在滤液保持沸点同时,一边用力搅拌,一边逐滴加入 10mL 预加热的氯化钡溶液(10%)。

6.7 按照 4.7~4.10 进行继续试验,并称量干燥坩埚质量 m_2 及干燥坩埚和沉淀物质量 m_7 。

7 结果整理

7.1 试样的酸溶性硫酸盐含量(以 SO_3 质量计)按式(T 0341-1)计算,准确至 0.1%。

$$C_{\text{as}} = 0.343 \frac{(m_7 - m_2)}{m_6} \times 100 \quad (\text{T 0341-1})$$

式中: C_{as} ——试样的酸溶性硫酸盐含量(以 SO_3 质量计), %;

0.343——硫酸钡($BaSO_4$)换算为 SO_3 的系数;

m_1 ——酸溶性硫酸盐试验的干燥试样的质量, g;

m_2 ——干燥坩埚的质量, g;

m_3 ——酸溶性硫酸盐含量试验的坩埚和灰化物总质量, g。

7.2 试样的水溶性硫酸盐含量(以 SO_3 质量计) 按式(T 0341-2)计算, 准确至 0.01%。

$$C_{ws} = k \times 0.343 \times (m_5 - m_2) \quad (\text{T 0341-2})$$

式中: C_{ws} ——试样的水溶性硫酸盐含量(以 SO_3 质量计), %;

0.343——硫酸钡($BaSO_4$)换算为 SO_3 的系数;

k ——浸泡时水与集料的质量比, g/g。对于一般集料 $k=2$; 对于轻集料, 为 1L 水与 1L 集料的质量比;

m_5 ——水溶性硫酸盐含量试验的坩埚和灰化物总质量, g。

7.3 试样的总硫含量(以 S 质量计) 按式(T 0341-3)计算, 准确至 0.01%。

$$C_{ts} = 0.1374 \frac{(m_3 - m_2)}{m_1} \times 100 \quad (\text{T 0341-3})$$

式中: C_{ts} ——总硫含量(以 S 质量计), %;

0.1374——硫酸钡($BaSO_4$)换算为 S 的系数;

m_6 ——总硫含量试验的干燥试样的质量, g;

m_7 ——总硫含量试验的坩埚和灰化物总质量, g。

7.4 取 2 个试样酸溶性硫酸盐含量的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.1%。

7.5 取 2 个试样水溶性硫酸盐含量的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.1%。

7.6 取 2 个试样总硫含量的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.1%。

8 允许误差

8.1 酸溶性硫酸盐含量重复性试验的允许误差为 0.2%。

8.2 水溶性硫酸盐含量重复性试验的允许误差为 0.1%。

8.3 总硫含量重复性试验的允许误差为 0.05%。

9 报告

9.1 试验项目名称和执行标准。

9.2 样品的编号、名称、产地和规格。

9.3 接样日期、样品描述。

9.4 试验日期、样品缩分方法。

9.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

9.6 酸溶性硫酸盐含量、水溶性硫酸盐含量、总硫含量试验结果。

9.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 本规程中硫酸盐和硫化物含量测定方法共四项,T 0341 中包含三项,T 0381 中一项。四项试验方法的试验结果差异性较大,不得混用。当未明确具体试验方法时,应按照本方法第4节测定酸溶性硫酸盐含量;对于水泥混凝土等再生集料,还应按 T 0381 测定水溶性硫酸盐含量。

集料中的硫酸盐会侵蚀水泥浆导致水泥混凝土、水泥砂浆和水泥稳定材料膨胀破坏。集料中的一些硫化物,如黄铁矿、磁黄铁矿和白铁矿,在一定条件下会产生氧化和水合反应,同时会伴随体积膨胀,生成的硫酸盐也会侵蚀水泥浆,进而导致材料的膨胀破坏。因此需要控制集料中的硫酸盐和硫化物含量。

原 T 0341 用水浸泡集料得到硫酸盐滤液,再加入氯化钡生成硫酸钡沉淀物,计算得到水溶性硫酸盐含量,以 SO_3 质量计算;由于集料中硫酸钡微溶于水,因此该试验测定硫酸盐含量稍偏低。GB/T 14685/14684 采用稀释盐酸萃取集料得到硫酸盐滤液,再加入氯化钡生成硫酸钡沉淀物,计算得到酸溶性硫酸盐含量,也以 SO_3 质量计算;采用稀释盐酸可萃取集料中所有硫酸盐,因此其测定值稍高于水溶性硫酸盐含量。工程应用时,对于水泥混凝土、砂浆、稳定材料,应采用酸溶性硫酸盐含量试验方法;对于级配碎石等粒料基层、底基层、垫层,采用水溶性硫酸盐含量试验方法。

集料中绝大部分硫化物不溶于水、不溶于稀盐酸,或与稀盐酸反应生成硫化氢逸出,原 T 0341 和 GB/T 14685/14684 中的方法均无法测定集料中硫化物含量,因此该两种方法测定结果称为硫酸盐和硫化物含量并不准确。集料中硫化物影响非常大,特别是含有磁黄铁矿,因此也需要控制硫化物含量。为此,本方法中提出了总硫含量试验方法,采用过氧化氢将硫化物生成硫酸根离子,然后用稀释盐酸溶解硫酸盐生成硫酸根离子,再加入氯化钡生成硫酸钡沉淀物,计算得到硫酸盐和硫化物总含量,国际上习惯上称为总硫含量,以 S 质量计。

硫酸盐和硫化物在集料中存在方式不同,其危害性是有差异的。例如,对于重矿渣,

由于大部分硫酸盐被密封在结晶矿渣颗粒中,不参与水泥的水合反应,相应危害性低,因此重矿渣硫酸盐含量,或总硫含量技术要求往往是普通集料相应技术要求的2倍。但是,再生集料(例如石膏灰泥)硫酸盐往往吸附在集料颗粒表面,潜在危害性高,基本上都是反应性硫酸盐,很容易引起混凝土的膨胀破坏,因此对于再生集料国际上习惯测定水溶性硫酸盐含量进行严格控制。对于再生集料来说,硫酸根离子浓度较低,采用T 0341 中第5节方法测不准,需要按T 0381 方法测定。

本方法中三项试验,均采用重量法,其沉淀剂沉淀、高温燃烧等步骤基本相同,仅在试样制备、制作滤液时有所不同,因此,三项试验放入一个方法中。而再生集料水溶性硫酸盐含量采用比浊法,试验方法不同。

对于水泥混凝土、水泥砂浆和水稳材料用粗、细集料,一般集料总硫含量可按1%控制,重矿渣可按2%控制;对于含水泥的再生集料,水溶性硫酸盐含量可按0.2%、0.7%和1.3%三档控制。

4.4 滤液中硫酸根离子含量测定方法较多,如重量法、容量法(滴定法)、比浊法等。由于硫酸根离子与沉淀剂氯化钡反应生成硫酸钡,其高温灼烧较为稳定,试验精度高,因此多采用重量法作为硫酸根离子含量测定的标准方法。

硫酸钡(BaSO_4)沉淀初生成时,一般形成细小的晶体,过滤时易穿过滤纸,引起沉淀的损失,因此进行沉淀时,应注意创造和控制有利于形成较大晶体的条件,如在搅拌条件下将热的沉淀剂溶液滴加入试样溶液、采用陈化步骤等。为了防止沉淀剂氯化钡与试样溶液中的碳酸等离子反应生成碳酸钡(BaCO_3)等沉淀,同时增加硫酸钡(BaSO_4)溶解度,以降低其相对饱和度,有利于获得颗粒较大的纯净而易于过滤的沉淀物,应在加入沉淀剂溶液之前,试样溶液应呈酸性,pH应达到1~1.5。

在酸溶性硫酸盐含量、总硫(硫酸盐和硫化物)含量试验时,在悬浮集料颗粒的溶液中加入盐酸,就会使得溶液中存在 Fe^{3+} 等离子,会对沉淀产生干扰,为此需要加入氨水反应生成氢氧化铁等沉淀、过滤掉。

T 0372—2024 集料水溶性氯离子含量试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定粗、细集料的水溶性氯离子含量,以评价集料质量。

1.2 本方法不适合含水泥的再生集料或沙漠地区集料氯离子含量测定。

2 仪器和试剂

2.1 仪器

2.1.1 天平:称量不小于1kg,感量不大于0.1g;称量不小于5kg,感量不大于1g;分

析天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.1mg;

2.1.2 浸泡容器:带盖、宽口的塑料或金属容器,容积 5L(用于粗集料或轻集料)、2L(用于细集料)各 2 个。

2.1.3 振动器:能够安放 2.1.2 的浸泡容器,且持续振摇 24h 以上。

2.1.4 锥形瓶:带塞锥形瓶,250mL 和 100mL。

2.1.5 移液管:1mL,2mL,5mL,25mL 和 100mL。

2.1.6 刻度量筒:10 mL 和 500mL。

2.1.7 滴定管:2 个,50 mL,精度 0.1mL。

2.1.8 容量瓶:2 个,1000mL。

2.1.9 烧杯:2 个,1000mL。

2.1.10 漏斗:2 个,直径约 100mm,带中速定性滤纸。

2.1.11 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.1.12 破碎机:可将集料破碎至粒径不大于 4.75mm,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.1.13 试验筛:孔径为 19mm 的方孔筛,带筛底和筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.1.14 玻璃试剂瓶:琥珀色玻璃试剂瓶和普通玻璃试剂瓶。

2.1.15 通风柜。

2.1.16 金属盘、毛刷、玻璃棒等。

2.2 试剂

2.2.1 硝酸银:分析纯。

2.2.2 浓硝酸:20℃时密度为 $1.39 \sim 1.42 \text{g/cm}^3$ 。

2.2.3 硫氰酸盐:分析纯,硫氰酸钾或硫氰酸铵。

2.2.4 硫酸铁(Ⅲ)铵:分析纯。

2.2.5 3,5,5-三甲基-1-己醇:无氯、分析纯。

2.2.6 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

3.1 配制硝酸银溶液(浓度为 0.1mol/L)

3.1.1 称取约 20g 硝酸银(AgNO_3)在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 烘箱中烘干 1~2h,干燥器中冷却

3.1.2 称取 $(16.987 \pm 0.001) \text{g}$ 干燥硝酸银,放入盛有一定量水的容量瓶中溶解,然后加水至 1L。储存于琥珀色玻璃试剂瓶中,避光保存。

3.2 配制硝酸溶液(浓度约 6mol/L)

将 100mL 浓硝酸(HNO_3)加入 150mL 水中,将硝酸溶液在通风橱中煮沸,直到无色,冷却至室温。

3.3 配制硫酸铁(Ⅲ)铵($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)指示剂溶液

向 50g 硫酸铁(Ⅲ)铵中加入 60g 水,升温溶解,再加入 10mL 硝酸溶液(6mol/L)。冷却至室温后储存在玻璃试剂瓶中。

3.4 配制硫氰酸盐(KSCN 或 NH_4SCN)溶液(浓度约 0.1mol/L)

3.4.1 将 $9.7 \text{g} \pm 0.1 \text{g}$ 硫氰酸钾或 $7.6 \text{g} \pm 0.1 \text{g}$ 硫氰酸铵溶于水中,并在容量瓶中稀释至 1L。

3.4.2 每次试验之前进行浓度标定。用移液管取 25mL 硝酸银溶液放入 100mL 锥形瓶中,加入 5mL 硝酸溶液(约 6mol/L)和 1mL 硫酸铁(Ⅲ)铵指示液。采用滴定管滴定硫氰酸盐溶液,直到第一次出现永久性颜色变化,即乳白色变成浅棕色。计算滴定的硫氰酸盐溶液量 V_1 。计算硫氰酸盐溶液浓度(mol/L): $C_1 = 2.5/V_1$ 。

3.5 试样制备

3.5.1 细集料:将样品缩分至 $500\text{g} \pm 50\text{g}$ 试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重, 冷却至室温。

3.5.2 粗集料:将样品缩分至表 T 0372-1 的子样一份。先用 19mm 试验筛过筛, 取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm; 将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合、搅拌均匀, 缩分 $2000\text{g} \pm 100\text{g}$ 试样两份。试样 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

表 T 0372-1 水溶性氯离子含量试验的子样质量

公称最大粒径 (mm)	≤ 19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份子样的最小质量 (kg)	5	8	10	12	15	20	25

3.5.3 轻集料:将样品缩分至约 1L 的试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

3.6 用稀释的硝酸(硝酸与水的体积比 1:100)将过滤用滤纸进行冲洗干净、晾干后备用。

4 试验步骤

4.1 细集料试验步骤

4.1.1 称取试样质量, 放入 2L 的浸泡容器中, 用容量瓶量取与试样等质量的水, 注入浸泡容器中, 盖上塞子, 摇动 1 次后, 放置 24h; 然后每隔 5 min 摇动 1 次, 共摇动 3 次, 使氯盐充分溶解。

注: 也可以采用振动器, 持续振动 60min。

4.1.2 将浸泡容器中溶液通过漏斗过滤, 滤液收集到 1000mL 烧杯中, 得到透明或略微乳白色的滤液不少于 100mL。

4.1.3 用移液管吸取 100 mL 滤液, 注入到 250mL 锥形瓶中; 加入 5mL 硝酸溶液, 紧接着采用滴定管加入硝酸银溶液, 至氯化物沉淀; 然后继续加入过量的硝酸银溶液, 以至少 3mL 硫氰酸盐标准溶液的滴定度。计算总的硝酸银溶液滴定量 V_2 。

注: 对于含硫化物的矿渣等集料, 试样滤液加入硝酸溶液后煮沸 3 ~ 5min, 形成白色沉淀物。无需过滤。滤液冷却后再采用硝酸银溶液滴定。

4.1.4 在容量瓶中继续加入 2mL 的 3,5,5-三甲基-1-己醇, 加塞, 剧烈摇动三角瓶凝结沉淀物; 缓慢打开塞子, 用水清洗塞子, 收集冲洗液并入容量瓶中; 加入 5mL 硫酸铁(Ⅲ)铵指示剂溶液, 然后从滴定管中加入标定浓度的硫氰酸盐标准溶液, 直至发生第一次永久变色(从乳白色变为浅棕色), 且滤液与硫氰酸盐标准溶液颜色深度相同, 计算总的硫氰酸盐标准溶液滴定量 V_3 。

4.2 粗集料试验步骤

4.2.1 称取试样质量;将试样倒入 5L 的浸泡容器中,用容量瓶量取与试样等质量的水,注入浸泡容器中,然后按照 4.1 步骤进行试验。

4.3 轻集料试验步骤

4.3.1 称取试样质量;将试样倒入 5L 的浸泡容器中,用容量瓶量取 1L 的水,注入浸泡容器中,然后按照 4.1 步骤进行试验。

5 结果整理

5.1 试样的水溶性氯离子含量按式(T 0372-1)计算,准确至 0.001%。

$$C_{wCl} = 0.003546 W \times (V_2 - 10 C_T V_3) \quad (T 0372-1)$$

式中: C_{wCl} ——试样的水溶性氯离子含量,%;

W ——溶液中水和试样质量比,g/g;对于一般集料 $W = 1$;

V_2 ——滴定消耗的硝酸银溶液的体积,mL;

V_3 ——滴定消耗的硫氰酸盐溶液的体积,mL;

C_T ——硫氰酸盐溶液浓度,mol/L;

0.003546——换算成 Cl 离子的系数;

5.2 取两份试样氯离子含量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.01%。

6 允许误差

6.1 若氯离子含量不大于 0.15%,氯离子含量重复性试验的允许误差为 0.1%。

6.2 若氯离子含量大于 0.15%,氯离子含量重复性试验的允许误差为 0.2%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 烘干时间和浸泡时间。

7.7 水溶性氯离子含量试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 本方法采用水浸泡得到氯离子的滤液,然后采用硫氰酸铵容量法测定水溶性氯离子含量,适合粗、细集料的水溶性氯离子含量测定。

氯化物通常以钠盐和钾盐的形式存在于集料中,其含量很大程度上取决于其来源。这些氯盐会导致混凝土的总氯化物和碱含量增加。一般陆地集料中水溶性氯离子含量非常低,与盐水接触或浸入盐水中的岩石或天然砂,则氯离子含量较高,因此本方法主要测定这些集料的水溶性氯离子含量。

氯离子含量测定方法主要有莫尔(Mohr)法、费尔哈德(Volhard)法和直接电位法三种,其中采用直接电位法测定可减少人为误差,但是当试样(如煤矸石等集料),滤液中含有吸附氯离子物质,氯离子无法释放出来,因此会降低滤液中氯离子浓度,试验误差较大。莫尔法法,采用铬酸钾作为指示剂;指示剂铬酸钾用量控制非常重要,用量过多会使终点提前,用量过少终点后移,从而产生较大误差;同时滤液酸度对指示剂影响较大,酸度过高时,终点时需要消耗过多的 Ag^+ ,因而产生正误差,甚至无法生成 Ag_2CrO_4 沉淀物;相反,若碱性过高会析出 Ag_2O 沉淀,滴定无法进行,因此需要酸碱中和;由于海砂呈显弱碱性,其对铬酸钾指示剂试验准确性影响较大。费尔哈德法,又称为硫氰酸铵容量法,用硫酸铁(Ⅲ)铵作为指示剂,适合于在酸性溶液中,而所测试样又为酸性介质,无需中和滴定,减少了指示剂显色引起的误差;而且终点时生成的 $\text{Fe}(\text{CNS})^{2+}$ 离子使溶液显色明显而直观,同时该法可以避免其他离子的干扰,因此测试精度高。目前国际上均以费尔哈德法为标准方法,同时也列出了莫尔法,但是莫尔法仅限于集料生产中生产单位的过程控制,不用于集料质量是否合格的评价。GB/T 176 水泥化学分析中水泥氯离子含量测定也以硫氰酸铵容量法作为标准方法。

3.5 在我国传统上是评价海砂等细集料。但是近些年来很多工程,特别是沿海公路工程所用岩石与盐水接触或浸入盐水中可能性增加,粗集料也需要评价其氯离子含量。

T 0373—2024 集料中贝壳含量试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于盐酸清洗法测定海砂等细集料中贝壳含量,用于评价细集料质量。

1.2 本方法也适用于人工分拣法测定砾石等粗集料中贝壳含量。

2 仪器与材料

2.1 仪器

- 2.1.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。
- 2.1.2 天平:称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g;称量不小于 5kg,感量不大于 1g。
- 2.1.3 量筒:容量 1000mL。
- 2.1.4 烧杯:容量 2000mL。
- 2.1.5 试验筛:根据集料粒级选用不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。
- 2.1.6 其他:金属盘、玻璃棒。

2.2 材料

2.2.1 稀释盐酸溶液:由浓盐酸(相对密度 1.18,浓度 26% ~ 38%)和水按 1:5 的比例配制而成。

3 试验准备

3.1 细集料试样准备

将样品用 4.75mm 试验筛充分过筛,取筛下颗粒缩分至约 500g 试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,冷却至室温。

3.2 粗集料试样准备

将样品筛除 4.75mm 以下颗粒,取筛上颗粒缩分至表 T 0373-1 要求质量的试样两份,同时颗粒数应不少于 100 颗。 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,冷却至室温。

表 T 0373-1 粗集料吸水率试验所需要的试样质量

公称最大粒径(mm)	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63
每一份试样的最小质量(kg)	0.5	0.5	1	1	2	3	5	10	15	20

4 试验步骤

4.1 盐酸清洗法测定细集料贝壳含量试验步骤

4.1.1 称取一份试样(m_1),按照 T 0333 测定含泥量 Q_n ;将试验得到的烘干试样放入烧杯中备用。

4.1.2 在盛有试样的烧杯中加入稀释盐酸溶液 900mL,不断用玻璃棒搅拌,使反应完全。待溶液中不再有气体产生后,再加少量稀释盐酸溶液,若再无气体生成则表明已完全反应。否则,应重复上一步骤,直至无气体产生为止。

4.1.3 然后用水清洗烧杯中试样,清洗五次。清洗过程中要避免试样丢失。洗净后,将试样移入金属盘中,置于 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干至恒重,冷却至室温后称取质量(m_2)。

4.2 人工分拣法测定粗集料中贝壳含量试验步骤

4.2.1 称取一份试样(m_1),放在洁净、较深颜色的工作台面上,在良好光线下通过人工挑选出贝壳或贝壳碎片。

4.2.2 收集所有贝壳或贝壳碎片,称取质量(m_2)。

5 结果整理

5.1 细集料试样的贝壳含量按式(T 0373-1)计算,准确至 0.1%。

$$Q_b = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 - Q_n \quad (\text{T 0373-1})$$

式中: Q_b ——细集料试样的贝壳含量,%;

m_1 ——试验前试样质量,g;

m_2 ——试验后烘干试样质量,g;

Q_n ——细集料的含泥量,%。

5.2 粗集料试样的贝壳含量按式(T 0373-2)计算,准确至 0.1%。

$$Q_b = \frac{m_2}{m_1} \times 100 - Q_n \quad (\text{T 0373-2})$$

式中: Q_b ——粗集料试样的中贝壳含量,%;

m_1 ——试验前试样质量,g;

m_2 ——挑选出贝壳或贝壳碎片的质量,g。

5.3 取两份细集料试样贝壳含量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

5.4 取两份粗集料试样贝壳含量的算术平均值作为试验结果,准确至 1%。

6 允许误差

6.1 细集料贝壳含量重复性试验的允许误差为 0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 试验方法(盐酸清洗法或人工分拣法)。

7.6 贝壳含量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 贝壳,贝壳动物坚硬外壳。近些年随着河砂应用限制,一些工程开始考虑研究应用海砂。《公路水泥混凝土路面施工技术细则》中规定了海砂中贝壳含量标准,为此增补了盐酸清洗法测定细集料贝壳含量试验方法。实际上,除了海砂,一些砾石中也含有贝壳,因此针对水泥混凝土用砾石,或混合有砾石的粗集料增补了人工分拣法测定粗集料贝壳含量试验方法。

T 0339—1994 细集料膨胀率试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定细集料的膨胀率。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于 5kg,感量不大于 1g。

2.2 容量筒:带底的金属圆筒,内径 $108\text{mm} \pm 2\text{mm}$,净高 $109\text{mm} \pm 2\text{mm}$,筒壁厚不小于

2mm,筒底厚不小于5mm,容积为1L。

2.3 标准漏斗:同 T 0331 中的 2.3。

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.5 试验筛:孔径为 4.75mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.6 试验用水:饮用水。

2.7 其他: $\phi 10\text{mm}$ 钢筋、料勺、直尺、金属盘等。

3 试验准备

将样品缩分至约 2500g 的试样多份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并冷却至室温。

4 试验步骤

4.1 按 T 0331 测定两份烘干试样的松散堆积密度(或振实堆积密度),取平均值作为烘干状态下松散堆积密度。

4.2 按预定含水率计算加水量,向烘干试样中加水,按 T 0331 测定该含水率条件下试样的松散堆积密度(或振实堆积密度);同时取试验后试样按 T 0332 测定含水率。

注:加水时堆积密度测定方法应该与烘干时堆积密度测定方法一致。

4.3 在 1%~10% 范围内选择不同含水率,按照 4.2 测定不同含水率条件下的的松散堆积密度(或振实堆积密度)。

5 结果整理

5.1 试样膨胀率按式(T 0339-1)计算,准确至 0.01%。

$$V_w = \frac{\rho_{bl0}(100 + w)}{\rho_{blw}} - 100 \quad (\text{T 0339-1})$$

式中: V_w ——相应含水率 w 条件下的试样膨胀率,%;

ρ_{bl0} ——烘干状态下堆积密度, g/cm^3 ;

ρ_{blw} ——含水率 w 条件下的试样堆积密度, g/cm^3 ;

w ——试样含水率,%。

5.2 同一含水率条件下,取两份试样膨胀率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 烘干状态下堆积密度和不同含水率条件下的膨胀率试验结果,应注明为松散堆积密度或振实堆积密度。

6.6 要说明的其他内容。

条文说明

膨胀率是指一定质量细集料,当其含水率由烘干状态增加到某一含水率后体积增加率,以烘干状态体积百分数表示。一般要求测定含水率 1% ~ 10% 时天然砂的体积变化情况。

T 0340—2024 细集料坚固性试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定饱和硫酸钠溶液或饱和硫酸镁溶液浸泡和干燥循环作用下集料质量损失,以间接评价细集料的坚固性。

1.2 对于一些含碳酸钙、碳酸镁或隐晶石英集料,新配的硫酸盐溶液可导致结果偏高。

2 仪具与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:称量不小于 200g,感量不大于 0.01g;称量不小于 1kg,感量不大于 1g。

2.3 试验筛:孔径为 0.3mm、0.6mm、1.18mm、2.36mm、4.75mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 容器:带盖的瓷缸、塑料桶、金属桶等,其容积不小于 10L。

2.5 三角网篮:网篮为铜丝或不锈钢丝制成,内径及高均为 70mm,网孔径应不大于所盛试样粒级下限尺寸的一半。

2.6 温控装置: $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 恒温水槽或恒温箱,能够容纳 2.4 中的容器,同时应有温度记录功能。

2.7 比重计:液体比重计,相对密度精度 0.001。

2.8 温度计:量程 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$,分度值 0.1°C ;量程 $0 \sim 200^{\circ}\text{C}$,分度值 1°C 。

2.9 计时器:量程不少于 48h,精度 0.1s。

2.10 试剂:饱和硫酸钠坚固性试验为无水硫酸钠(Na_2SO_4);饱和硫酸镁坚固性试验为 7 水硫酸镁($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)。

2.11 试剂:10% 氯化钡溶液。

2.12 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.13 其他:玻璃棒、金属盘、毛刷。

3 试验准备

3.1 饱和硫酸钠溶液的配制
同 T 0314 中 3.1。

3.2 饱和硫酸镁溶液的配制
同 T 0314 中 3.2。

3.3 试样的制备

3.3.1 将样品缩分至约 3000g 试样两份,按照 T 0302 中 5.1 ~ 5.5 步骤,将 0.3mm 以下颗粒洗除、至漂洗水目测清澈为止,沥干后 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

3.3.2 按表 T 0340-1 粒级选定试验筛组成套筛,将每份试样干筛法充分筛分,称量各粒级颗粒质量 M_i ,计算各粒级颗粒质量百分率 a_i 。

3.3.3 按表 T 0340-1 要求的质量,每份试样各粒级称取一份集料颗粒 (m_i)。

表 T 0340-1 细集料坚固性试验条件

粒级 (mm)	0.3 ~ 0.6	0.6 ~ 1.18	1.18 ~ 2.36	2.36 ~ 4.75
各粒级一份试样的质量 (g)	100 ± 0.1	100 ± 0.1	100 ± 0.5	100 ± 1
5 次浸泡和干燥循环后的筛分孔径 (mm)	0.3	0.6	1.18	2.36

注:1. 当某一粒级颗粒质量百分率 a_i 小于 5% 时,则该粒级颗粒可不进行试验。

4 硫酸钠饱和溶液坚固性试验步骤

4.1 按照 T 0314 中 4.1 ~ 4.3 完成 5 次循环试验。

4.2 完成第五次循环后,将各粒级颗粒置于 46 ~ 49℃ 的水中浸泡、洗净结晶硫酸钠。再将各粒级放入 105℃ ± 5℃ 的烘箱中烘干至恒重,待冷却至室温后,采用表 T 0340-1 中各粒级相应的下限筛孔过筛,并称量其筛余质量 m'_i 。

注:取洗各粒级集料颗粒的水约 10mL,滴入几滴 10% 氯化钡溶液,若未出现白色浑浊说明已洗净。

4.3 如中途需要暂停试验,可在烘箱完成烘干后冷却阶段中止试验,总中止时间不超过 72h。

5 硫酸镁饱和溶液坚固性试验步骤

5.1 按照 T 0314 中 5.1 ~ 5.3 完成 5 次循环试验。

5.2 完成第 5 次循环后,将各粒级置于 46 ~ 49℃ 的水中浸泡、洗净结晶硫酸镁。再将各粒级颗粒放入 105℃ ± 5℃ 的烘箱中烘干至恒重,待冷却至室温后,采用表 T 0340-1 中各粒级相应的下限筛孔过筛,并称量其筛余质量 m'_i 。

注:取洗各粒级集料颗粒的水约 10mL,滴入几滴 10% 氯化钡溶液,若未出现白色浑浊说明已洗净。

5.3 如中途需要暂停试验,可在烘箱完成烘干后冷却阶段中止试验,总中止时间不超过 72h。

6 结果整理

6.1 试样的各粒级颗粒质量百分率按式 (T 0340-1) 计算,准确至 0.1%。

$$a_i = \frac{M_i}{\sum_{k=1}^8 M_k} \tag{T 0340-1}$$

式中: a_i ——试样的第 i 粒级颗粒质量百分率, %;

i, k ——1、2、3、4,代表 0.3 ~ 0.6mm、0.6 ~ 1.18mm、1.18 ~ 2.36mm、2.36 ~ 4.75mm 中某一粒级;

M_i ——第 i 粒级的颗粒质量, g。

6.2 试样的各粒级颗粒质量损失百分率按式(T 0340-2)计算,准确至0.1%。

$$Q_i = \frac{m_i - m'_i}{m_i} \times 100 \quad (\text{T 0340-2})$$

式中: Q_i ——第*i*粒级的颗粒质量损失百分率,%;

m_i ——试验前,第*i*粒级颗粒烘干试样质量,g;

m'_i ——五次循环试验后,第*i*粒级筛余集料颗粒的质量,g。

6.3 硫酸镁溶液试验的试样质量损失百分率按式(T 0340-3)计算,准确至0.1%。

$$S_{sm} = \frac{\sum a_i Q_i}{\sum a_i} \quad (\text{T 0340-3})$$

式中: S_{sm} ——硫酸镁溶液试验的试样质量损失百分率,%。

注:当某一粒级的质量百分率小于5%时,取其相邻两个粒级的质量损失百分率的算术平均值;当只有一个相邻粒级的实测结果时,直接取这个相邻粒级的质量损失百分率。

6.4 硫酸钠溶液试验的试样质量损失百分率按式(T 0340-4)计算,准确至0.1%。

$$S_{sn} = \frac{\sum a_i Q_i}{\sum a_i} \quad (\text{T 0340-4})$$

式中: S_{sn} ——硫酸钠溶液试验的试样质量损失百分率,%。

注:当某一粒级的质量百分率小于5%时,取其相邻两个粒级的质量损失百分率的算术平均值;当只有一个相邻粒级的实测结果时,直接取这个相邻粒级的质量损失百分率。

6.5 取两份试样的质量损失百分率算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

7 允许误差

7.1 当采用硫酸钠饱和溶液时,质量损失百分率重复性试验的允许误差为试验平均值的70%。

7.2 当采用硫酸镁饱和溶液时,质量损失百分率重复性试验的允许误差为试验平均值的40%。

8 报告

8.1 试验项目名称和执行标准。

8.2 样品的编号、名称、产地和规格。

8.3 接样日期、样品描述。

- 8.4 试验日期、样品缩分方法。
- 8.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。
- 8.6 饱和溶液名称、恒温温度,一个循环浸泡、沥干、烘干、冷却时间。
- 8.7 质量损失百分率试验结果。
- 8.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 饱和硫酸钠溶液坚固性试验、饱和硫酸镁溶液坚固性试验结果差异较大,两者不能混用。目前各工程技术规范中按饱和硫酸钠溶液方法评价坚固性,因此当未明确具体坚固性试验方法时,应按照饱和硫酸钠溶液坚固性试验方法进行。

3.3.1 原规程中对于细集料是否需要浸泡、冲洗干净没有规定,本次修订明确要求进行浸泡、洗净。

5.7 坚固性试验记录表可参考表 T 0340-2。

表 T 0340-2 细集料坚固性试验记录表

试样编号	粒级, mm	分计筛余 质量,g	质量百分率, %	试验前的烘干 质量,g	试验后的烘干 质量,g	各粒级质量 损失, %	各粒级加权 质量损失, %
第 1 份 试样	2.36 ~ 4.75	18.5	3.3	—	—	10.0	0.33
	1.18 ~ 2.36	217.4	38.6	100.3	90.3	10.0	3.86
	0.6 ~ 1.18	109.9	19.5	100.1	91.8	8.3	1.62
	0.3 ~ 0.6	217.1	38.6	100.0	94.1	5.9	2.28
	合计	—	100	—	—	—	8.09
第 2 份 试样	2.36 ~ 4.75	18.3	3.4	—	—	8.7	0.3
	1.18 ~ 2.36	201.6	37.8	100.4	91.7	8.7	3.29
	0.6 ~ 1.18	112.1	21.0	100.1	92.9	7.2	1.51
	0.3 ~ 0.6	201.9	37.8	100.0	95.7	4.3	1.63
	合计	—	100	—	—	—	6.73
平均值	—	—	—	—	—	—	7.4

注:1. 2.36 ~ 4.75mm 粒级的质量百分率小于 5%,因此该粒级不予测定;计算加权质量损失时,2.36 ~ 4.75mm 质量损失取相邻 1.18 ~ 2.36mm 粒级结果。

T 0344—2000 细集料棱角性试验(间隙率法)

1 目的与适用范围

本方法适用于测定一定量的细集料通过标准漏斗、装入标准容器中松散状态下的间隙率,以间接评价细集料的棱角性。

2 仪具与材料

2.1 细集料间隙率测定仪:如图 T 0344-1 所示,上部为一个金属或塑料制的圆形容量瓶,容积不少于 250mL;下面接一个高不小于 38mm 的金属制倒圆锥筒漏斗,倾角为 $60^\circ \pm 4^\circ$,漏斗内部光滑,流出孔开口直径 $12.7\text{mm} \pm 0.6\text{mm}$ 。测定仪下方放置一个 100mL 的铜制的接收容器,容器内径 39mm,内高 86mm。接收容器固定在厚不小于 6mm 的金属底板上,容器与底板之间用环氧树脂嵌缝。金属底板底部正中央有一个凹坑,用以与底座位置对中。

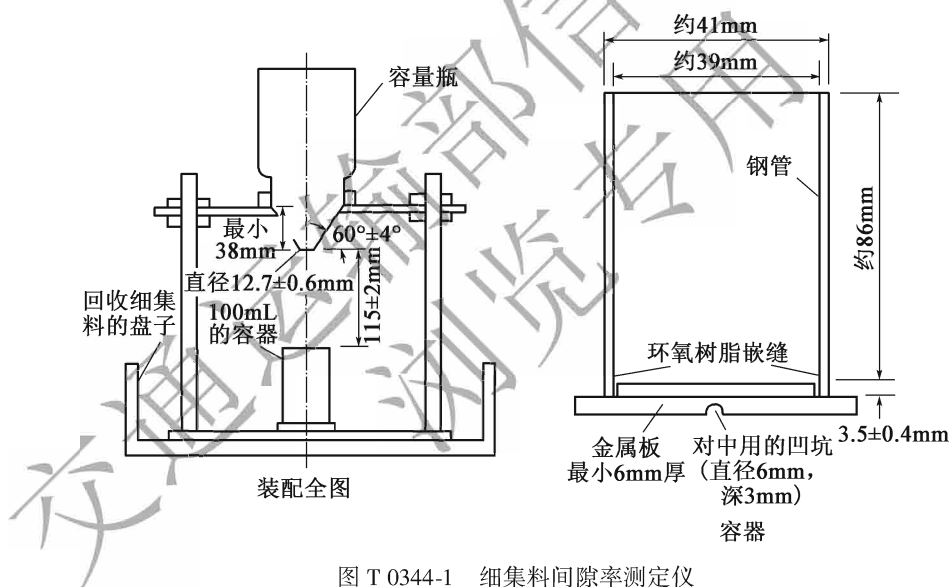


图 T 0344-1 细集料间隙率测定仪

2.2 试验筛:孔径为 4.75mm、2.36mm、1.18mm、0.6mm、0.3mm、0.15mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.3 天平:称量不小于 5kg,感量不大于 1g。

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.5 玻璃片:60mm × 60mm,厚 4mm。

2.6 刮尺:带刃直尺,长 100mm,宽 20mm。

2.7 试验用水:饮用水,使用之前煮沸后冷却至室温。

2.8 其他:金属盘、毛刷等。

3 试验准备

3.1 试样制备

3.1.1 将样品缩分至约 3000g 子样一份,按照 T 0302 中 5.1 ~ 5.5 步骤,将 0.3mm 以下颗粒洗除、至漂洗水目测清澈为止,沥干,105℃ ±5℃ 烘干至恒重、冷却至室温。

3.1.2 按表 T 0344-1 粒级选定试验筛组成套筛,将子样干筛法充分筛分,得到各粒级集料颗粒。

3.1.3 按表 T 0344-1 要求的质量,称取各粒级的集料颗粒组成 190g 试样两份,并搅拌均匀。

表 T 0344-1 细集棱角性试验(间隙率法)的试样质量

粒级(mm)	0.15 ~ 0.3	0.3 ~ 0.6	0.6 ~ 1.18	1.18 ~ 2.36
一份试样中各粒级的质量(g)	17 ± 0.2	72 ± 0.2	57 ± 0.2	44 ± 0.2
一份试样的总重量(g)	190 ± 1			

3.2 接收容器容积标定

3.2.1 清空接收容器,在其顶部边缘轻涂一层薄薄的油脂,称取接收容器和玻璃片的干燥质量 m_0 。

3.2.2 向接收容器中加 23℃ ±2℃ 水至溢出,用玻璃片沿接收容器表面迅速滑行,紧贴上部边缘水面,玻璃片与水面之间不得有空隙。擦干净容器外侧、玻璃片表面水;称取接收容器、玻璃片和水的质量 m_1 。同时,快速测定容量筒中水的温度。

4 试验步骤

4.1 将漏斗与容量瓶连接成一个整体。接收容器擦干后放在底座上对中安好。用小玻璃片堵住漏斗流出孔。

4.2 用铲子等取试样从容量瓶中央上方(高度与容量瓶顶齐平)徐徐倒入漏斗,表面

倒平,必要时用小铲轻轻将漏斗内试样表面整平。

4.3 移开堵住漏斗流出孔的小玻璃片,使细集料通过漏斗流出孔流出,自由落入接收容器中。

4.4 用直尺等轻轻刮平接收容器的表面,不得有任何振动。称取接收容器中细集料总质量 m_2 。

4.5 按照 4.1-4.4 测定两份试样。

4.6 按表 T 0344-1 中质量比例取各粒级颗粒组成二份试样,按本规程 T 0330 的方法测定毛体积密度 ρ_b 。

5 结果整理

5.1 接收容器的容积按式(T 0344-1)计算,准确至 0.1cm^3 ;

$$V = \frac{m_1 - m_0}{\rho_T} \quad (\text{T 0344-1})$$

式中: V ——接收容器的容积, cm^3 ;

m_1 ——接收容器、玻璃片和水的质量, g ;

m_0 ——接收容器、玻璃片的质量, g ;

ρ_T ——试验温度 T 时水的密度,按附录 A 表 A-1 选用, g/cm^3 。

5.2 试样的间隙率按式(T 0344-2)计算,准确至 0.1%

$$V_c = \left(1 - \frac{\frac{m_2}{\rho_b}}{V}\right) \times 100 \quad (\text{T 0344-2})$$

式中: V_c ——试样的间隙率, %;

m_2 ——接收容器中细集料总质量, g ;

ρ_b ——细集料的毛体积密度 g/cm^3 。

5.3 取两份试样间隙率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1% 。

6 允许误差

间隙率重复性试验的允许误差为 0.4% 。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 间隙率试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 细集料的棱角性主要反应集料颗粒形状、表面纹理等特性,其对沥青混合料稳定性、塑性变形有重要影响,同时也会影响水泥混凝土的施工和易性,因此棱角性是细集料性能重要指标。细集料棱角性评价方法国际上主要有间隙率法和流动时间法两种。

3.1 间隙率法棱角性试验共有三种试样制备方法。

A 方法:将细集料用 0.075mm 或 0.15mm 筛水洗,干燥后筛分出 4 档,各档取如下质量组成一份 190g 试样:

2.36mm ~ 1.18mm 44g

1.18mm ~ 0.6mm 57g

0.60mm ~ 0.30mm 72g

0.30mm ~ 0.15mm 17g

B 方法:将细集料用 0.075mm 或 0.15mm 筛水洗后,干燥后筛出 2.36mm ~ 1.18mm、1.18mm ~ 0.60mm、0.6mm ~ 0.3mm 三档,每档分别取 190g 试样进行试验,取三档测定平均值作为试验结果。

C 方法:将干燥试样直接过 4.75mm 筛,取 190g 试样进行试验。

其中 A、B 方法主要评价细集料的颗粒形状、表面纹理对棱角性影响,C 方法评价颗粒形状、表面纹理和实际级配对棱角性影响。一般认为棱角性主要用来控制圆形、表面光滑颗粒的含量,因此需要消除级配对试验结果影响,C 方法不可取;同时 B 方法过于复杂,而且单一粒径集料测定结果往往较级配型集料偏大,B 方法较 A 方法测试值偏大。

目前国际上普遍采用 A 方法。本次修订采用 A 方法代替 C 方法。

T 0345—2024 细集料棱角性试验(流动时间法)

1 目的与适用范围

本方法适用于测定一定体积的细集料全部通过一孔径所需要的时间,以间接评价其棱角性。

2 仪具与材料

2.1 细集料流动时间测定仪:如图 T 0345-1 所示。

1 圆筒:内径 $90\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$,高 $125\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 的金属圆筒;

2 漏斗:可更换的金属,或硬质塑料的漏斗,开口 $60^\circ \pm 0.5^\circ$,内壁光滑,其流出孔开口直径为 $12\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$,上部由螺纹与圆筒连接成一体。漏斗下方有一个开启门,为可转动的开启挡板。

2.2 标准细集料: $0.075 \sim 2.36\text{mm}$,流动时间标准值控制精度为 2s 。

注:标准细集料应由专业单位生产,场地来源明确,进行严格质量控制,标称值等性质指标稳定,同时提供包括标称值和不确定度等参数的证书。

2.3 棱角性细集料标准样品:规格为 $0.075 \sim 2.36\text{mm}$,流动时间标称值为 35s ,精度 $\pm 2\text{s}$ 。

注:标准样品应由专业单位生产,料源明确,进行严格质量控制,标称值等性质指标稳定,同时提供证书。标准样品标称值应经交通运输部公路科学研究院进行定值。

2.4 试验筛:孔径为 2.36mm 、 0.075mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.5 天平:称量不小于 5kg ,感量不大于 1g 。

2.6 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.7 秒表:准确至 0.1s 。

2.8 接收容器:容积约 3L 。

2.9 其他:金属盘、毛刷等。

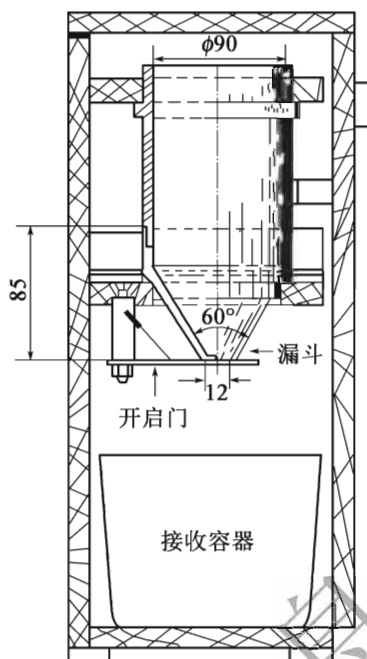


图 T 0345-1 细集料流动时间测定仪 (尺寸单位:mm)

3 细集料流动时间测定仪的标定

3.1 新测定仪首次使用前及使用中每 6 个月标定一次。

3.2 取标准集料, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重, 冷却至室温后, 按 4.2 ~ 4.3 称取干燥试样一份。

3.3 按照 5.1 ~ 5.5 方法测定标准集料的流动时间, 取 5 次测定值的平均值记为 E_{crs} , E_{crs} 应该满足标准集料标准值 $\pm 2\text{s}$ 。

3.4 若 E_{crs} 不满足标准集料标准值 $E_{\text{cs}} \pm 2\text{s}$ 要求, 细集料流动时间测定仪应无效。

3.5 用过的标准集料可采用 0.075mm 筛水洗, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重后再次使用。用过的标准集料应每 20 次, 与新的标准集料进行对比试验, 两者差大于 2s 时, 用过的标准集料应废弃。

4 试验准备

4.1 将样品用 2.36mm 筛充分过筛, 取筛下颗粒缩分至约 1500g 子样一份; 按照 T 0302 中 5.1 ~ 5.5 步骤, 将 0.3mm 以下颗粒洗除、至漂洗水目测清澈为止, 沥干, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、冷却至室温。

4.2 按式(T 0345-1)计算一份试样所需的质量,准确至0.1g。

$$m = 1000 \times \gamma_a / 2.70 \quad (\text{T 0345-1})$$

式中: m ——棱角性试验一份试样所需的质量,g;

γ_a ——试样的表观相对密度;

2.70——常数。

4.3 从子样中称取 $m \pm 2\text{g}$ 试样一份。

5 试验步骤

5.1 将漏斗与圆筒连接安装成一体。关闭漏斗开启门,在漏斗下方放置接收容器。

5.2 用铲子等取试样从圆筒中央开口处(高度与筒顶齐平)徐徐倒入漏斗,表面倒平,但倾倒后表面不得以任何工具扰动或刮平。

5.3 在打开漏斗开启门的同时,启动秒表。漏斗中细集料随即从漏斗开口处流出,进入接收容器中。在细集料全部流完的同时止停秒表,读取细集料流出的时间,即为该试样的流动时间。

5.4 同一份试样按4.1~4.3测定5次。

5.5 试验全过程中环境温度应保持在15~30℃。

6 计算

6.1 试样的流动时间按式(T 0345-2)计算,准确至1s。

$$E_c = E_{ct} - (E_{cs} - E_{crs}) \quad (\text{T 0345-2})$$

式中: E_c ——试样的流动时间,s;

E_{ct} ——试样流动时间5个测定值的算术平均值,s;

E_{cs} ——标准集料的流动时间标准值,s;

E_{crs} ——最近一次试验仪器测定的标准集料流动时间,s。

7 允许误差

流动时间重复性试验的允许误差为1s。

8 报告

8.1 试验项目名称和执行标准。

8.2 样品的编号、名称、产地和规格。

- 8.3 接样日期、样品描述。
- 8.4 试验日期、样品缩分方法。
- 8.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。
- 8.6 标准集料来源、流动时间标准值。
- 8.7 样品流动时间和标准集料流动时间试验结果。
- 8.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 T 0344 和 T 0345 两种方法均较为简单,但是空隙率法测定结果影响因素较多,特别是其测定受级配及毛体积相对密度波动影响较大,因此在公路沥青路面施工技术规范中仅按 T 0345 方法提出了细集料棱角性技术要求。

2.2 试验仪器等对试验结果有影响,应采用标准集料进行检查和修正。标准集料要求为专业单位生产、产地来源明确、目标值稳定。

3.1 采用同一细集料,就对是否水洗、装料方式以及漏斗直径进行试验分析。试验发现装料方式和是否水洗均有一定的影响,因此需要严格按照本试验方法进行水洗、徐徐倒入试验要求进行操作。同时,同一细集料,筛分成 0.075 ~ 2.36mm 和 0.075 ~ 4.75mm,分别采用 12mm 和 16mm 孔径的漏斗进行试验,发现两者相差较大、不等效,因此本方法删除了原试验中采用 0.075 ~ 4.75mm 进行试验内容,对于工程上无论是 0 ~ 3mm 还是 0 ~ 5mm,均应采用 2.36mm 过筛,选择孔径 12mm 的漏斗进行试验。

表 T 0345-1 不同试验条件下细集料流动时间

最大公称 粒径	是否水洗	装料方式	漏斗直径	测定值					试验结果
				1	2	3	4	5	
2.36mm	否	铲子装入	16mm	16.9	16.4	16.6	16.1	16.3	17
			12mm	35.1	34.6	35.3	34.7	34.5	35
		徐徐倒入	16mm	16.5	16.6	16.2	16.4	16.7	17
			12mm	36.9	36.9	37.5	37.4	37.6	37
	是	铲子装入	16mm	17.0	17.1	17.1	16.9	17.2	17
			12mm	36.8	35.6	35.9	36.2	35.9	36
		徐徐倒入	16mm	17.1	17.3	17.2	17.0	17.0	17
			12mm	36.3	35.8	35.9	36.0	36.3	36

续表 T 0345-1

最大公称 粒径	是否水洗	装料方式	漏斗直径	测定值					试验结果
				1	2	3	4	5	
4.75mm	否	铲子装入	16mm	20.6	19.6	19.9	19.9	20.3	20
			12mm	—	—	—	—	—	—
		徐徐倒入	16mm	20.5	—	20.9	—	19.7	20
			12mm	—	—	—	—	—	—
	是	铲子装入	16mm	20.3	20.5	20.2	20.3	20.4	20
			12mm	—	—	—	—	—	—
		徐徐倒入	16mm	—	21.7	21.9	—	—	22
			12mm	—	—	—	—	—	—

注：“—”表示试验时堵塞，无测定值。

T 0350—2005 细集料压碎值试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定细集料压碎值，以评价细集料的抗破碎能力

2 仪器与材料

2.1 压力机：量程 50 ~ 100kN，示值相对误差 1%，应能保持 500N/s 的加荷速率。

2.2 天平：称量不小于 1kg，感量不大于 1g。

2.3 试验筛：孔径为 0.3mm、0.6mm、1.18mm、2.36mm、4.75mm 的方孔筛，并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 细集料压碎值试模：由两端开口的钢制圆形金属试筒、加压块和底板组成，其形状和尺寸见图 T 0350-1。其中试筒内径 $77\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ ，深 $70\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ ；加压块下部压头直径 75 ~ 76mm。试筒内壁、加压块下部压头底面及底板内表面等与集料试样接触的表面都应进行热处理硬化，并保持光滑状态。

2.5 其他：金属盘等。

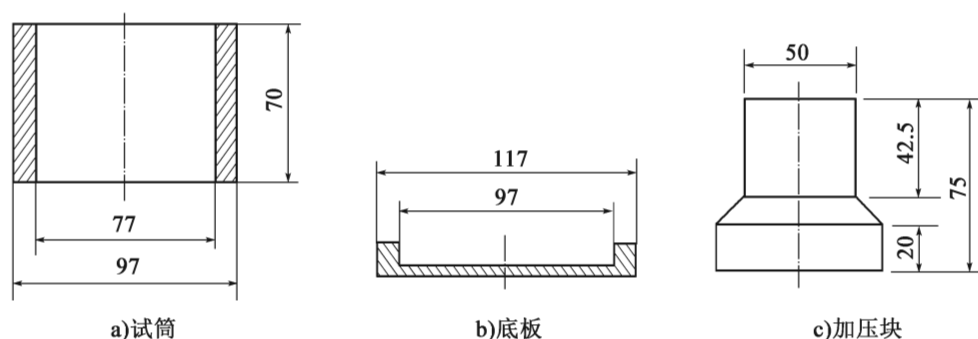


图 T 0350-1 细集料压碎值试模(尺寸单位:mm)

3 试验准备

3.1 将样品缩分适量子样一份,按照 T 0302 中 5.1 ~ 5.5 步骤,将 0.3mm 以下颗粒洗除、至漂洗水目测清澈为止。沥干,105℃ ± 5℃ 烘干至表面干燥,并冷却至室温。烘干时间不超过 4h。

3.2 将干燥子样充分过筛,分成 0.3 ~ 0.6mm、0.6 ~ 1.18mm、1.18 ~ 2.36mm 和 2.36 ~ 4.75mm 四个粒级颗粒,每个粒级不少于 1000g。各粒级颗粒搅拌均匀,各称取 330g 试样三份。

4 试验步骤

4.1 取一份试样,称其质量(m_0)后移入试模中。将装有试样的试模放到压力机上,注意使压头水平,与压力机压头对中。

4.2 开动压力机,以 500N/s 匀速施加荷载,加压至 25kN,稳压 5s 后以同一速率卸荷。

4.3 将试模从压力机上取下,将试样倒入金属盘,以该粒级下限筛孔试验筛充分过筛。称取试样的筛余质量(m_1)和通过质量(m_2)。

5 结果整理

5.1 各粒级试样的损耗率按式(T 0350-1)计算,准确至 0.1%。

$$P_s = \frac{m_0 - m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0350-1})$$

式中: P_s ——各粒级试样的损耗率,%;

m_0 ——试验前的干燥试样总质量,g;

m_1 ——试样的筛余质量,g;

m_2 ——试样的通过质量,g。

5.2 各粒级试样的压碎值按式(T 0350-2)计算,准确至0.1%。

$$ACV = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \times 100 \quad (\text{T 0350-2})$$

式中:ACV——各粒级试样的压碎值,%。

5.2 每个粒级取三个试样压碎值的算术平均值作为试验结果,准确至1%。

5.3 取各粒级压碎值中最大值作为样品压碎值试验结果。

6 允许误差

6.1 各粒级试样的损耗率应不大于0.5%。

6.2 各粒级的压碎值重复性试验的允许误差为平均值的20%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 加载、卸载条件。

7.7 压碎值试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 压碎值值是细集料一项重要指标,是我国独有指标,一般用于评价机制砂质量。最早由贵州省地方标准《山砂混凝土技术规程》(DB 22-016)提出,被本标准及 GB/T 14684 采纳。本次修订将细集料压碎指标修订为压碎值,使与粗集料压碎值试验名称一致。

6 填料试验

T 0351—2000 填料筛分试验(水洗法)

1 适用范围

- 1.1 本方法适用于测定填料的颗粒级配。
- 1.2 本方法不适用于测定含有水溶性物质的填料颗粒级配。
- 1.3 本方法是矿粉等不含水溶性物质材料筛分标准试验方法。

2 仪器与材料

- 2.1 试验筛:孔径为 0.6mm、0.3mm、0.15mm、0.075mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。
- 2.2 天平:称量不小于 200g,感量不大于 0.01g。
- 2.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。
- 2.4 试验用水:饮用水。
- 2.5 其他:金属盘,橡皮头研杵等。

3 试验准备

将样品缩分至约 $100\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却不少于 90min。如颗粒结团可用橡皮头研杵研磨粉碎。

4 试验步骤

4.1 取一份试样称量质量 m_0 。将 0.075mm 筛装在筛底上,倒入试样,盖上筛盖。人工充分干筛分后,去除筛底。

4.2 按 0.6mm、0.3mm、0.15mm、0.075mm 筛孔组成套筛。将 4.1 步骤中 0.075mm 筛上物倒在套筛顶部。在自来水龙头上接一胶管,打开自来水,用胶管的水冲洗试样、过筛,直至 0.075mm 筛下流出的水目测清澈为止。水洗过程中,可以适当用手搅动试样,加速水洗过筛。待上层筛冲干净后,取去 0.6mm 筛;按以上步骤依次从 0.3mm、0.15mm 筛上冲洗试样;0.15mm 筛上冲洗完成后,结束冲洗。

注:①冲洗时水流速度不可太大,防止将试样颗粒冲出,且水不得从两层筛之间流出;同时注意 0.075mm 筛上聚集过多的水导致堵塞。

②不得直接冲洗 0.075mm 筛上物,这可能使筛面变形或筛面共振,造成筛孔堵塞。

4.3 分别将各筛上的筛余物倒入不同的金属盘中,再将筛子倒扣在盘上用少量的水并助以毛刷将细小颗粒刷落入盘中。待细粉沉淀后,泌去金属盘中的水,注意不要散失细粉。

4.4 将各金属盘放入 105℃ ± 5℃ 烘箱中烘干至恒重。称取各号筛上的分计筛余量(m_i)。

5 结果整理

5.1 试样的各号筛分计筛余率按式(T 0351-1)计算,准确至 0.01%。

$$P'_i = \frac{m_i}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0351-4})$$

式中: P'_i ——各号筛分计筛余率,%;

m_i ——各号筛的分计筛余量,g;

i ——依次对应 0.075mm、0.15mm、0.30mm 和 0.6mm 筛孔;

m_0 ——筛分前干燥试样质量,g。

5.2 试样的各号筛的筛余率 A_i ,为该号筛及以上各号筛的分计筛余率之和,准确至 0.01%。

5.3 试样的各号筛的通过率 P_i ,为 100 减去该号筛的筛余率,准确至 0.01%。

5.4 取两份试样的通过率算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6 允许误差

通过率重复性试验的允许误差为 2%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

- 7.3 接样日期、样品描述。
- 7.4 试验日期、样品缩分方法。
- 7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。
- 7.6 各号筛的通过率、筛余率(必要时)试验结果。
- 7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 本方法是矿粉等不含水溶性物质的填料筛分标准方法,但也可采用负压筛法筛分。对于消石灰、水泥等亲水性填料,宜负压筛法筛分,也可采用水洗法筛分。对于含有氯化钠等水溶性物质的填料应采用负压筛法筛分。

T 0356—2024 填料筛分试验(负压筛法)

1 适用范围

- 1.1 本方法适用于测定矿粉、水泥、石灰、粉煤灰、回收粉等填料的颗粒级配。
- 1.2 本方法是含有水溶性物质填料的筛分标准试验方法。

2 仪器与材料

2.1 负压筛分析仪:结构示意图如图 T 0356-1。负压可调,试验时最大负压可达 3500Pa,负压显示精度 1Pa。

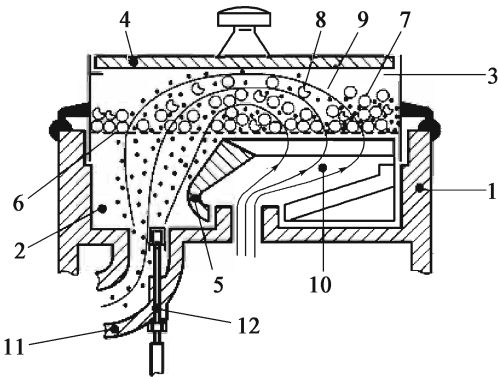


图 T 0356-1 负压筛分仪结构示意图

1-外罩;2-碟;3-筛框;4-有机玻璃盖;5-可旋转的喷气嘴;6-试验筛;7-试样颗粒;8-试样中大颗粒;9-通过筛孔的颗粒;
10-空气流;11-排气口;12-压力表,带防尘罩

2.2 负压源:由功率不小于 600W 的工业吸尘器、小型旋风吸尘筒等组成,也可采用相当功能的其他设备。

2.3 负压筛:孔径为 0.6mm、0.3mm、0.15mm、0.075mm 方孔筛,筛框直径 200mm,带有透明机玻璃筛盖。

2.4 天平:称量不小于 200g,感量不大于 0.01g。

2.5 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.6 金属盘、毛刷、秒表。

2.7 橡皮锤、橡皮头研杵等。

3 试验准备

将样品缩分至约 $50\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 试样两份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却不少于 90min。如颗粒结团可用橡皮头研杵研磨粉碎。

4 试验步骤

4.1 取一份试样称量质量 (m_0)。

4.2 取孔径为 0.075mm 的负压筛。轻叩负压筛,并用毛刷将筛上清理干净。将负压筛安放到负压筛分仪上,试样移入负压筛上,盖好筛盖,接通电源,设定负压为 3000Pa 和筛分时间,开动仪器进行充分筛分。

4.3 筛分时间应不少于 3min,应充分筛分至每 1min 试样质量变化不大于 0.1%。筛分时注意负压稳定在 $3000\text{Pa} \pm 500\text{Pa}$,喷嘴旋转速度为 $20\text{r}/\text{min} \pm 5\text{r}/\text{min}$ 。筛分时,当发现填料有聚集、结块情况,可采用橡皮锤轻敲筛盖予以消除。

4.4 完成筛分后,称量筛上筛余颗粒质量 m_1 。

4.5 取孔径 0.15mm 负压筛。将 0.075mm 筛上筛余颗粒移入 0.15mm 筛上,按照以上 4.3 ~ 4.4 步骤,重新进行充分筛分,称量筛上筛余颗粒质量 m_2 。

4.6 再分别取孔径 0.3mm、0.6mm 负压筛。按照 4.5 步骤重新进行充分筛分,称量筛上筛余颗粒质量为 m_3 和 m_4 。

5 结果整理

5.1 试样的各号筛的筛余率按式(T 0356-1)计算,准确至0.01%。

$$A_i = \frac{m_i}{m_0} \times 100 \quad (\text{T 0356-1})$$

式中: A_i ——试样的各号筛的筛余率,%;

m_i ——各号筛的筛余颗粒质量,g;

i ——依次对应0.075mm、0.15mm、0.30mm和0.60mm筛孔;

m_0 ——筛分前的干燥试样质量,g。

5.2 试样的各号筛通过百分率 P_i ,为100减去该号筛的筛余率,准确至0.01%。

5.3 取两份试样的通过率算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6 允许误差

通过率重复性试验的允许误差为2%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 负压筛的压力、筛分时间。

7.7 各号筛的通过率、筛余率(必要时)试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 水洗法设备要求低,而且测定结果较为准确,而负压筛法对仪器要求相对较高;但

是负压筛法操作简单,试验时间短,因此水洗法适合于配合比设计,而负压筛法可用于填料生产或施工过程中填料级配稳定性的快速检验。

T 0357—2024 填料干压空隙率试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定填料的干压状态下的空隙率,以间接评价其细度。

2 仪器与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 干燥器:内装变色硅胶。

2.3 抹刀。

2.4 压实仪:硬钢材质,如图 T 0357-1 压实仪示意图。试验时,压实仪应牢固地夹紧或拧紧在坚固水平台面上;同时应干燥,不允许采用润滑剂。

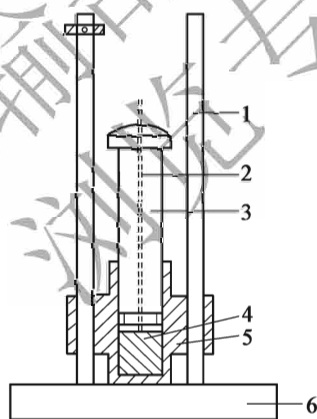


图 T 0357-1 压实仪结构示意图

1-导杆;2-镗孔;3-活塞;4-试样;5-落块;6-底座

2.4.1 落块:中间为空圆筒,底部平而密闭,内径 $25\text{mm} \pm 1\text{mm}$,内部高度 $65\text{mm} \pm 5\text{mm}$;质量为 $525\text{g} \pm 5\text{g}$;内部设置轴环或导杆块,试验时沿导杆运动。

2.4.2 活塞:其直径与落块的内径差为 $0.20\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$,高度 10mm ,质量为 $350\text{g} \pm 1\text{g}$ 。为便于压实时空气排出,沿活塞纵轴中心有一镗孔,直径 $1.6\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$,高度 10mm 。在活塞离底端 5mm 处有周向的凹槽,槽宽 $2 \sim 3\text{mm}$,深 $1 \sim 2\text{mm}$ 。

2.4.3 底座:长宽不小于 150mm × 100mm 的矩形或 $\Phi 140$ mm 以上的圆形实心基座,高度不小于 20mm。

2.4.4 导杆:2 个或 4 个垂直导杆安装在底座上,以便落块和活塞自由降落,导杆之间应平行。落块最大降落高度 $102\text{mm} \pm 1\text{mm}$,因此导杆上设有限位栓。

2.5 深度游标卡尺或数显千分表:精度 0.01mm。

2.6 天平:称量不小于 200g,感量不大于 0.01g。

2.7 滤纸:直径 $25\text{mm} \pm 1.0\text{mm}$,质量 $(20 \pm 5)\text{g/m}^2$ 。

2.8 试验筛:孔径为 0.15mm 的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.9 金属盘。

3 试验准备

3.1 试样制备:将样品缩分至约 150g 子样, $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却不少于 90min,然后用 0.15mm 试验筛充分过筛。如颗粒结团可用橡皮头研杵研磨粉碎。试验时,缩分至 $10\text{g} \pm 1\text{g}$ 试样三份。

3.2 填料的密度:按 T 0352 方法取样测定填料的密度。

4 试验步骤

4.1 将滤纸放入落块的圆筒中,然后塞入活塞压在滤纸顶面;取出活塞,量取滤纸顶面距圆筒顶部垂直高度。测量时沿圆筒顶部每转动 90° 位置测定一次,测定四次,取平均值作为初始高度(h_1)。称取落块和滤纸(不含活塞)的质量(m_0)。从圆筒中取出滤纸。

注:当将深度游标卡尺固定在导杆端部时,则不取出活塞,测定活塞顶部高度作为初始高度值(h_1)。

4.2 取一份试样通过漏斗移入落块的空圆筒中,轻拍落块使试样分散均匀;在试样顶面放上滤纸,并将活塞塞进圆筒,注意观察活塞四周,填料不得从滤纸侧边溅出;再用力缓慢将活塞压入试样中。将活塞连同落块,按在导杆上,提升落块接触到限位栓(操作时尽可能轻触),让落块自由下落压实试样。然后每隔约 1s 重复 1 次,共压实 100 次。

4.3 压实 100 次之后,取出活塞,不要扰动试样;量取试样顶面距圆筒顶部垂直高度,测量时沿圆筒顶部每转动 90° 位置测定一次,测定四次,取平均值作为终止高度值(h_2)。

注:当将深度游标卡尺固定在导杆端部时,在取出活塞之前,测定其活塞顶部高度作为终止高度

值(h_2)。

4.4 将落块从导杆上取下。称量落块、试样和滤纸质量 m_1 。计算试样质量 $m_2 = m_1 - m_0$ 。

4.5 每次试验之后,将压实仪清理洁净。

4.6 取三份试样,按照以上步骤进行试验。

5 结果整理

5.1 试样的干压空隙率按式(T 0357-1)计算,准确至 0.1%。

$$V_f = \left(1 - \frac{4 \times 10^3 \times m_2}{\pi \times a^2 \times h \times \rho_a}\right) \times 100 \quad (\text{T 0357-1})$$

式中: V_f ——试样的干压空隙率,%;

m_2 ——试样的质量,g;

a ——落块中圆筒内径,mm;

ρ_a ——填料的表观密度,g/cm³;

h ——压实试样的高度, $h = |h_1 - h_2|$,mm。

5.2 取三份试样干压空隙率的算术平均值作为试验结果,准确至 1%。

6 允许误差

干压空隙率重复性试验的允许误差为 4.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 干压空隙率试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 干压空隙率是评价填料细度的重要指标,国际上广泛采用。

T 0358—2024 填料比表面积试验(勃氏法)

1 目的与适用范围

本方法适用于采用勃氏法测定填料的比表面积,以评价其细度。

2 仪器与材料

2.1 手动式勃氏比表面积透气仪:由透气圆筒、穿孔板、捣器、U 型压力计和抽气装置等组成(图 T 0358-1)。

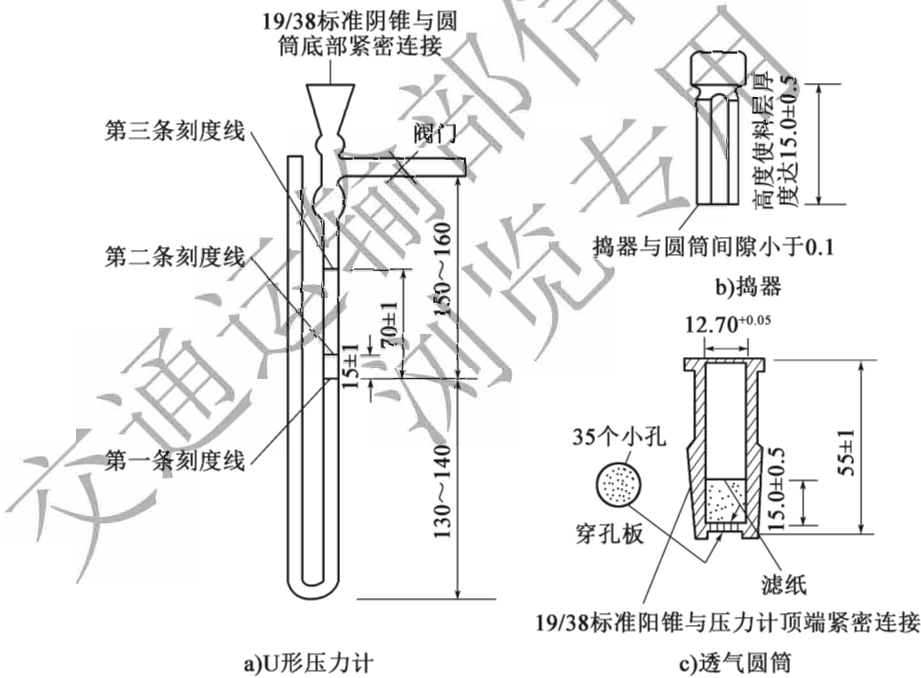


图 T 0358-1 U 型压力计、捣器和透气圆筒的示意图

2.1.1 透气圆筒:内径为 $12.70_0^{+0.05}$ mm,由不锈钢制成。圆筒内表面的粗糙度 $R_a = 1.60\mu\text{m}$,圆筒的上口边应与圆筒主轴垂直,圆筒下部锥度应与压力计上玻璃磨口锥度一致,两者应严密连接。在圆筒内壁,距离圆筒上口边 $55\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 处有一突出的宽度为 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 的边缘,以放置金属穿孔板。阳锥锥度为 19/38;19: $19\text{mm} \pm 1\text{mm}$;38: $34 \sim 38\text{mm}$,两者 1:10 增减。

2.1.2 穿孔板:由不锈钢制成,内径为 $12.70_{-0.005}^0$ mm,厚度为 $1\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ 。在其面上,等距离地打有 35 个直径 $1\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 的小孔,穿孔板中心 1 个小孔,中心小孔外第一圈 6 个小孔,第二圈 12 个小孔,最外圈 16 个小孔。穿孔板应与透气圆筒内壁密合。穿孔板两平面应平行。

2.1.3 捣器:用不锈钢或铜质材料制成,插入透气圆筒时,其间隙不大于 0.1mm 。捣器的底面应与主轴垂直,不垂直度小于 $6'$,侧面有一个扁平槽,宽度 $3.0\text{mm} \pm 0.3\text{mm}$ 。捣器的顶部有一个支持环,支持环下表面至捣器底部距离为 $15.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。

2.1.4 U 形压力计:玻璃材质,玻璃管内径为 $7.0\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$,U 形管的间距为 $25\text{mm} \pm 1\text{mm}$;在连接透气圆筒的一臂上刻有环形线,U 形管底部到第一条刻度线的距离为 $130 \sim 140\text{mm}$,第一条刻度线与第二条刻度线的距离为 151mm ,第一条刻度线与第三条刻度线的距离为 $70 \pm 1\text{mm}$;从压力计底部往上 $280 \sim 300\text{mm}$ 处有一个出口管,出口管上装有一个阀门,连接抽气装置。压力计与透气圆管相连的圆锥锥度为 $19/38; 19:19 \pm 1\text{mm}; 38:34 \sim 38\text{mm}$,两者 $1:10$ 增减。

2.1.5 抽气装置:用小型电磁泵,也可用抽气球。其吸力能够保证水面超过第三条刻度线。

2.2 自动式勃氏比表面积透气仪:由透气圆筒、穿孔板、捣器、U 型压力计、抽气装置、光电管、单片机等组成。

2.2.1 透气圆筒、穿孔板、捣器同 2.1.1 ~ 2.1.3

2.2.2 U 型压力计

其材质、玻璃管内径、U 形管的间距和 U 形管上环线刻线的要求与 2.1.4 相同;距底部 $280 \sim 300\text{mm}$ 处出口管无阀门,直接连接抽气装置。

2.2.3 抽气装置吸力能保证水面超过第三条刻度线,并根据第三条刻度线处或第三条刻度线以上处的光电管传给单片机的指令自动停止抽气。

2.2.4 光电管至少两对,分别处于 U 形管第二条刻度线处和第三条刻度线处。光电管不需要借助 U 形管内漂浮的遮光球即可对 U 形压力计内无色或有色液面的升降进行感应。

2.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.4 滤纸:满足 GB/T 1914 的中速定量滤纸。

2.5 天平:分析天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.1mg。

2.6 计算器:秒表,分辨率 0.1s。

2.7 深度尺:数显式,分度值不大于 0.01mm。

2.8 内径千分尺:数显式,分度值不大于 0.01mm。

2.9 压力计液体:带有颜色的蒸馏水,或直接采用蒸馏水。

2.10 基准材料:GSB 14-1511 或相同等级的标准物质,有争议时以 GSB 14-1511 为标准。

2.11 其他:0.6mm 试验筛、毛刷等。

3 试验准备

3.1 试验条件

试验和校准时环境温度应保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于 50%。

3.2 仪器校准

勃氏比表面积透气仪应每年校准一次。

3.3 样品准备

3.3.1 标准样品:将标准样品 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却至室温,倒入 100mL 的密闭瓶内,用力摇动 2min,将结块成团振碎,使其松散。静置 2min 后,打开瓶盖,搅拌,使在松散过程中落到表面的细粉分布到整个标准样品中。

3.3.2 试样:将样品用 0.6mm 试验筛充分过筛,取筛下颗粒缩分 20g 子样一份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,并在干燥器中冷却至室温。试验时,缩分试样两份。

3.4 测定样品的密度

按照 T 0352 测定样品的密度。

3.5 空隙率(ε)的确定

空隙率一般采用 0.500 ± 0.005 。当按此空隙率不能将试样压至 4.1 规定的位置时,

则允许调整空隙率。空隙率的调整以 2000g(5 等砝码)将试样压实至 4.1 规定的位置为准。

3.6 试样层体积的确定

3.6.1 将穿孔板平放入透气圆筒内,再放入两片滤纸,然后用深度尺测量滤纸表面至透气圆筒表面的高度,重复 5 次,取平均值作为透气圆筒内部高度(记为 h_1);用深度尺测量支持环下表面至捣器底部距离,重复 5 次,取平均值作为捣器有效长度(记为 h_2)。用内径千分尺测量透气圆筒底部内径,重复 5 次,取平均值作为透气圆筒内径(记为 d_1)。

3.6.2 试样层体积 V 按式(T 0358-1)计算,准确至 0.001cm^3 :

$$V = \frac{3.14}{4} \times \frac{1}{1000} \times (h_1 - h_2) \times d_1^2 \quad (\text{T 0358-1})$$

式中: V ——透气圆筒试样层体积, cm^3 ;

h_1 ——透气圆筒内部高度,mm;

h_2 ——支持环下表面至捣器底部距离,mm;

d_1 ——透气圆筒内部直径,mm。

3.7 确定试样质量

一份试样质量按式(T 0358-2)计算,准确至 0.001g :

$$m = \rho_{\text{ac}} V (1 - \varepsilon) \quad (\text{T 0358-2})$$

式中: m ——一份试样质量,g;

ρ_{ac} ——样品表观密度,按 T 0352 测定, g/cm^3 ;

ε ——试样空隙率,%。

3.8 漏气检查

将透气圆筒上口用橡皮塞塞紧,接到压力计上。用抽气装置从压力计一臂中抽出部分气体,然后关闭阀门,观察是否漏气。如发现漏气,用活塞油脂加以密封。

4 试验步骤

4.1 试样层制备

4.1.1 将穿孔板放入透气圆筒的底部突缘上,用一根直径比透气圆筒略小的细棒将一片滤纸压到穿孔板上,边缘放平并压紧。称取一份质量 m 的试样,移入透气圆筒中,不得丢失试样。

4.1.2 轻敲圆筒的边,使试样层表面水平。再放入一片滤纸,将捣器放入透气圆筒

与滤纸接触,采用拇指按压方法缓慢下压捣器至支持环下部与透气圆筒表面接触。缓慢将捣器上拔 5mm,旋转 90°,再次缓慢下压捣器至支持环下部与透气圆筒表面接触。缓慢将捣器上拔、移走。

注:按压捣器时,速度过快、过猛会影响试样颗粒分布,因而会影响试验结果。

4.1.3 穿孔板上的滤纸为直径 12.7mm 边缘光滑的圆形滤纸片。每次测定需要用新的滤纸片。

4.1.4 按照以上步骤制备两份试样层。

4.2 透气试验

4.2.1 把装有试样的透气圆筒下锥面涂一薄层凡士林,然后把它插入压力计顶端锥形磨口处,旋转 1~2 周。要保证紧密连接不致漏气,并避免振动、扰动试样层。

4.2.2 打开阀门,缓慢地从压力计一臂中抽出空气,直到压力计内液面上升超过第三条刻度线时关闭阀门。当压力计内液体的凹月液面下降到第三条刻度线时开始计时,当液体的凹月面下降到第二条刻度线时停止计时,记录液面从第三条刻度线下降到第二条刻度线所需的时间;并记录试验时的空气温度。

4.2.3 取第二份试样层,按照以上方法进行透气试验。

5 结果整理

5.1 试样的比表面积按式 (T 0358-3) 计算,准确至 10cm²/g。

$$S_c = \frac{S_s \rho_{as} \sqrt{\eta_s} \sqrt{T_c} (1 - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon_c^3}}{\rho_{ac} \sqrt{\eta_c} \sqrt{T_s} (1 - \varepsilon_c) \sqrt{\varepsilon_s^3}} \quad (\text{T 0358-3})$$

式中: S_c ——试样的比表面积, cm²/g;

S_s ——标准样品的比表面积, cm²/g;

T_c ——试样试验时,压力计中液面降落测得的时间, s;

T_s ——标准样品试验时,压力计中液面降落测得的时间, s;

η_c ——试样试验温度下的空气粘度, Pa·s;

η_s ——标准样品试验温度下的空气粘度, Pa·s;

ρ_{as} ——标准样品的密度, g/cm³;

ε_c ——试样的空隙率;

ε_s ——标准样品的空隙率。

表 T 0358-1 在不同温度下空气粘度

温度,℃	空气粘度 η , Pa · s	温度,℃	空气粘度 η , Pa · s
16	1.800×10^{-4}	21	1.824×10^{-4}
17	1.805×10^{-4}	22	1.829×10^{-4}
18	1.810×10^{-4}	23	1.834×10^{-4}
19	1.815×10^{-4}	24	1.839×10^{-4}
20	1.819×10^{-4}		

注:其他温度时可以线性插值得到相应的空气粘度值。

5.2 取两份试样比表面积的算术平均值作为试验结果,准确至 $10\text{cm}^2/\text{g}$ 。

6 允许误差

比表面积重复性试验的允许误差为试验平均值的4%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 试验温度,相对湿度。

7.7 比表面积试验结果。

7.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 比表面积参数是填料细度重要指标,可用于填料质量评价或填料加工、施工过程质量控制。

3.6 试样层体积,有两种方法,一种是直接测定透气圆筒内径和支持环下表面至捣器底部距离的差,计算试样层体积,一种是水银排代法。考虑水银有毒,污染环境,国际上

广泛采用第一种方法。

4.1.2 试样层制备时规定采用拇指按压方法缓慢下压、压实试样。采用捣器捣实试样会改变颗粒分布影响试验结果。

T 0352—2024 填料密度试验

1 适用范围

1.1 本方法适用于测定填料的密度。

2 仪器与材料

2.1 李氏比重瓶:结构示意图如图 T 0352-1。容积为 250mL,带有长 180 ~ 200mm、直径约 10mm 的细颈,细颈上刻度为 0 ~ 24mL,且 0 ~ 1mL 和 18 ~ 24mL 之间分度值为 0.1mL。其结构材料是优质玻璃,透明无条纹,具有抗化学侵蚀性且热滞后性小,要有足够的厚度。



图中未注单位时,为 mm

图 T 0352-1 李氏比重瓶结构图

2.2 天平:称量不小于 500g,感量不大于 0.01g。

2.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 105℃ ± 5℃,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.4 恒温水槽:恒温 23℃ ± 0.5℃。

2.5 温度计:量程 0 ~ 50℃,分度值 0.1℃;量程 0 ~ 200℃,分度值 1℃。

2.6 其他:瓷皿、小牛角匙、干燥器(内装变色硅胶)、漏斗等。

2.7 滤纸。

2.8 浸没液体:蒸馏水,或去离子水;或重馏煤油(又称石蜡油),为沸点在 190 ~ 260℃ 的石油馏分。

注:根据填料特性选择合适的浸没液体。填料成分应不溶于浸没液体,也不得与浸没液体发生反应。对于一般矿粉可采用蒸馏水或去离子水;对于水泥、消石灰等亲水性填料,含水溶性物质的填料,或相对密度小于 1 的填料,或掺加前述材料的混合填料,应采用重馏煤油。

3 试验准备

将样品缩分至约 200g 试样两份,置瓷皿中,105℃ ± 5℃ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却。如颗粒结团,可用橡皮头研杵研磨粉碎。

4 试验步骤

4.1 向李氏比重瓶中注入浸没液体,至刻度 0 ~ 1mL 之间(以弯月面下部为准),盖上瓶塞,放入 23℃ ± 0.5℃ 的恒温水槽中,恒温 120min 后读取李氏比重瓶中水面的刻度初始读数(V_1)。读数时眼睛、弯月面的最低点及刻度线处于同一水平线。

4.2 从恒温水槽中取出李氏比重瓶,用滤纸将瓶内浸没液体液面以上残留液体仔细擦净。

4.3 将瓷皿、烘干的试样,连同小牛角匙、漏斗一起称量质量(m_1);用小牛角匙将试样通过漏斗徐徐加入李氏比重瓶中,待李氏比重瓶中水的液面上升至接近李氏比重瓶的最大读数时为止;反复摇动李氏比重瓶,直至没有气泡排出。

4.4 再次将李氏比重瓶放入恒温水槽中,恒温 120min 后,按照 4.2 方法读取李氏比重瓶的第二次读数(V_2)。前后两次读数时恒温水槽的温度差不大于 0.5℃。

5 结果整理

5.1 试样的表观密度按式(T 0352-1)计算,准确至 0.001g/cm³。

$$\rho_a = \frac{m_1 - m_2}{V_2 - V_1} \quad (\text{T 0352-1})$$

式中: ρ_a ——试样的表观密度,g/cm³;

m_1 ——牛角匙、瓷皿、漏斗及试验前瓷器中试样的干燥质量,g;

- m_2 ——牛角匙、瓷皿、漏斗及试验后瓷器中试样的干燥质量, g;
 V_1 ——李氏比重瓶加试样以前的第一次读数, mL;
 V_2 ——李氏比重瓶加试样以后的第二次读数, mL;

5.2 试样的表观相对密度按式 (T 0352-2) 计算, 准确至 0.001。

$$\gamma_a = \frac{\rho_a}{\rho_T} \quad (\text{T 0352-2})$$

式中: γ_a ——试样的表观相对密度。

ρ_T ——23℃ 水的密度, 为 0.99756 g/cm³。

5.3 取两份试样的相对密度、密度的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.001 和 0.001 g/cm³。

6 允许误差

密度重复性试验的允许误差为 0.02 g/cm³。

7 报告

- 7.1** 试验项目名称和执行标准。
7.2 样品的编号、名称、产地和规格。
7.3 接样日期、样品描述。
7.4 试验日期、样品缩分方法。
7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。
7.6 浸没液体名称、恒温温度、浸泡时间。
7.7 表观相对密度、表观密度试验结果。
7.8 要说明的其他内容。

条文说明

- 2.1 完善了李氏比重瓶技术要求。
 2.8 一般煤油时蒸发会影响试验精度, 因此应采用重馏煤油(石蜡油)。

T 0359—2024 填料含水率试验(烘干法)

1 适用范围

本方法适用于测定填料的含水率。

2 仪器与材料

2.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.2 天平:称量不小于 500g,感量不大于 0.01g。

2.3 容器:金属盘等。

3 试验准备

样品从密封容器中取出,立即用四分法将样品缩分至约 100g 的试样两份。

4 试验步骤

4.1 清理容器,称量洁净、干燥容器质量(m_1)。

4.2 将试样置于容器中,称量试样和容器的总质量(m_2), $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重。

4.3 取出试样,冷却至室温后称取试样与容器的总质量(m_3)。

5 结果整理

5.1 试样的含水率按式(T 0359-1)计算,准确至 0.1%。

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (\text{T 0359-1})$$

式中: w ——试样的含水率,%;

m_1 ——容器质量,g;

m_2 ——烘干前的试样与容器总质量,g;

m_3 ——烘干后的试样与容器总质量,g。

5.2 取两份试样含水率的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6 允许误差

含水率重复性试验的允许误差为 0.5%。

7 报告

- 7.1 试验项目名称和执行标准。
- 7.2 样品的编号、名称、产地和规格。
- 7.3 接样日期、样品描述。
- 7.4 试验日期、样品缩分方法。
- 7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。
- 7.6 烘干温度及时间。
- 7.7 含水率试验结果。
- 7.8 要说明的其他内容。

T 0353—2000 填料亲水系数试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定填料在水(极性介质)中膨胀的体积与其在煤油(非极性介质)中膨胀的体积之比,用于评价填料与沥青结合料的粘附性能。

1.2 本方法适用于测定矿粉、水泥、石灰、粉煤灰等填料亲水系数。

2 仪器与材料

2.1 量筒:50mL 2 个,刻度至 0.5mL。

2.2 研钵及有橡皮头的研杵。

2.3 天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.01g。

2.4 煤油:在温度 270℃ 分馏得的煤油,并经杂粘土过滤。过滤前杂粘土应先加热至 250℃,并恒温 3h 后冷却至室温。

2.5 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.6 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

3 试验准备

将样品缩分至约 100g 子样一份, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却不少于 90min。如颗粒结团,可用橡皮头研杵研磨粉碎。试验时缩分至 $5\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 试样四份。

4 试验步骤

4.1 取一份试样,将其放在研钵中,加入 15 ~ 30mL 水,用橡皮研杵磨 5min,然后用洗瓶把研钵中的悬浮液洗入量筒中,使量筒中的液面恰为 50mL。然后用玻璃棒搅拌悬浮液。按照同样方法取另一份试样,得到 50mL 悬浮液。

4.2 取两份试样,采用煤油代替水,按 4.1 方法得到两份 50mL 悬浮液。

4.3 将 4.1 和 4.2 得到的量筒悬浮液静置,使悬浮液中颗粒沉淀。

4.4 每 12h 记录一次沉淀物的体积,直至体积不变为止,记录最终沉淀物的体积。

5 计算

亲水系数按式(T 0353-1)计算,准确至 0.1。

$$\eta = \frac{V_B}{V_H} \quad (\text{T 0353-1})$$

式中: η ——亲水系数;

V_B ——两份试样水中沉淀物体积平均值,mL;

V_H ——两份试样煤油中沉淀物体积平均值,mL。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 亲水系数试验结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 填料的亲水系数即试样在水(极性介质)中膨胀的体积与试样在煤油(非极性介质)中膨胀的体积之比。亲水系数大于1的填料,表示填料对水的亲和力大于对沥青的亲和力;亲水系数小于1的填料,则表示填料对沥青的亲和力大于水的亲和力。

T 0354—2024 填料塑性指数试验

1 适用范围

1.1 本方法适用于测定填料液限含水率、塑限含水率及塑性指数。

1.2 本方法适用于检验用作沥青混合料的矿粉、粉煤灰、回收粉等填料的塑性指数。

2 试验准备

将样品用0.5mm试验筛充分过筛,取筛下颗粒缩分至约100g液限试样两份,50g塑限试样两份。如颗粒结团,可用橡皮头研杵研磨粉碎。

3 试验步骤

3.1 取两份100g试样,按《公路土工试验规程》T 0170 碟式仪法测定液限,取平均值作为液限含水率试验结果,准确至0.1%。

3.2 取两份50g试样,按《公路土工试验规程》T 0119 滚搓法测定塑限,取平均值作为塑限含水率试验结果,准确至0.1%。

4 结果整理

4.1 塑性指数 I_p 按式(T 0354-1)计算,准确至1%。

$$I_p = W_L - W_p \quad (\text{T 0354-1})$$

式中: I_p ——塑性指数,%;

W_L ——液限含水率,%;

W_p ——塑限含水率, %。

4.2 当无法测出液限含水率或塑限含水率,或塑限含水率不小于液限含水率时,直接记录为无塑性。

5 报告

5.1 试验项目名称和执行标准。

5.2 样品的编号、名称、产地和规格。

5.3 接样日期、样品描述。

5.4 试验日期、样品缩分方法。

5.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

5.6 塑限、液限和塑性指数试验结果。

5.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 原规程对塑限和液限测定方法没有明确规定,实际工程中多按液塑限联合测定仪法测定,该方法不适合填料液塑限的测定。本次修订明确了填料液塑性测定方法。

T 0355—2000 填料加热安定性试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定填料加热安定性,以评价其在沥青混合料拌和楼热拌过程中受热而不产生变质的性能。

2 仪具与材料

2.1 蒸发皿或坩埚:可容纳 100g 矿粉。坩埚内部釉完整、表面光滑。

2.2 加热装置:电炉、燃气炉等。

2.3 温度计:量程 0 ~ 250℃,分度值 1℃。

2.4 天平:称量不小于 200g,感量 0.01g。

3 试验准备

将样品缩分至约 100g 试样一份。如颗粒结团,可用橡皮头研杵研磨粉碎。

4 试验步骤

4.1 将盛有试样的蒸发皿或坩埚置于加热装置上加热,将温度计插入试样中,一边搅拌,一边测量温度。待加热到 200℃,关闭火源。

4.2 将试样在室温中放置冷却,观察其颜色的变化。

5 结果整理

记录试样在受热后的颜色变化,判断其变质情况。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 试验结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

有些填料在受热后会发生变质,从而影响矿粉的质量。尤其是火成岩矿粉,在拌和过程中会发生较严重的变质,可采用此方法进行检验。

T 0360—2024 填料烧失量试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于测定细集料烧失量,以评价细集料质量。

1.2 本方法中校正法是标准试验方法,当细集料含有硫化物时应采用校正法进行测定。

2 仪器与材料

2.1 高温电炉:能够加热并恒温在 $950^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 。

2.2 瓷坩埚:内部釉完整,表面光滑;带盖,容量 $20 \sim 30\text{mL}$ 。

2.3 天平:分析天平,称量不小于 100g ,感量不大于 0.1mg 。

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.5 干燥器:内装变色硅胶。

3 试验准备

将样品缩分至约 10g 子样一份,置于小烧杯中, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,放入干燥器中冷却不少于 90min 。如颗粒结团可用橡皮头研杵研磨粉碎。试验时缩分至约 1g 试样两份(烧灼减差法)或 1g 试样四份(修正法)。

4 烧灼减差法烧失量试验步骤

4.1 将瓷坩埚预先在高温炉中燃烧、干燥器中冷却,称量质量(m_1);

4.2 取一份试样,置于已灼烧至恒重的瓷坩埚中,称量瓷坩埚 + 试样质量(m_2)。

4.3 将瓷坩埚盖上坩埚盖,并留有缝隙,连同试样放入高温炉。从室温开始逐渐上升至 $950^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 温度,达到高温后燃烧不少于 60min ,取出瓷坩埚置于干燥器中冷却至室温,称量瓷坩埚 + 试样质量(m_3)。

注:对于焚烧炉所得的粉煤灰,燃烧温度为 $480^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 。

5 校正法烧失量试验步骤

5.1 取两份 1g 试样,按照 T 0341 测定燃烧前的酸溶性硫酸盐含量。

5.2 取两份 1g 试样,按照第 4 节方法燃烧,测定烧失量;将燃烧冷却后的试样全部转移至 500mL 烧杯中,用平头玻璃棒压碎试样;用少许热盐酸(1+10)洗净坩埚。按照 T 0341 测定燃烧后的酸溶性硫酸盐含量。

6 结果整理

6.1 试样的烧失量按式(T 0360-1)计算,准确至 0.01%。

$$C'_s = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (\text{T 0360-1})$$

式中: C'_s ——试样的烧失量,%;

m_1 ——瓷坩埚的质量,g;

m_2 ——燃烧前试样与瓷坩埚质量,g;

m_3 ——燃烧后试样与瓷坩埚质量,g。

6.2 取两份试样烧失量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6.3 对于校正法,烧失量按式(T 0360-2)进行校正,准确至 0.1%。

$$C_s = \bar{C}_s + 0.8 \times (P_{ts2} - P_{ts1}) \quad (\text{T 0360-2})$$

式中: C_s ——校正后的烧失量,%;

$\bar{C}_s$ ——两个试样烧失量实测值的算术平均值,%;

P_{ts2} ——燃烧后试样酸溶性硫酸盐含量,%;

P_{ts1} ——燃烧前试样酸溶性硫酸盐含量,%;

0.8—— S^{-2} 氧化为 SO_4^{2-} 时增加的氧与 SO_3 的摩尔质量比。

7 允许误差

烧失量重复性试验的允许误差为 0.35%。

8 报告

8.1 试验项目名称和执行标准。

8.2 样品的编号、名称、产地和规格。

8.3 接样日期、样品描述。

8.4 试验日期、样品缩分方法。

8.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

8.6 试验方法(烧灼减差法或校正法)。

8.7 烧失量试验结果。

8.8 要说明的其他内容。

条文说明

5 烧失量实际上是高温时细集料中二氧化碳、水分或可氧化的挥发物质导致质量的损失。细集料中含有高温产生氧化反应而不挥发物质,因此需要进行修正。填料中金属铁,二价铁,或二价锰等氧化物影响一般忽略不计,仅考虑硫化物的影响。对于粉煤灰一般含有一定量硫化物,特别是矿渣类粉煤灰,含有硫化物应采用校正法进行测定。

T 0361—2024 填料碳酸钙含量试验

1 适用范围

本方法适用于测定石灰岩类矿粉的碳酸钙含量,以评价矿粉的质量。

2 仪器与材料

2.1 温电炉:能够加热并恒温在 $950^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 。

2.2 铂坩埚:内部釉完整,表面光滑;带盖,容量 30mL。

2.3 蒸发皿:瓷蒸发皿,容量 150 ~ 200mL。

2.4 玻璃容量器皿:250mL 容量瓶、150mL 烧杯、300mL 烧杯,以及滴定管、移液管等若干。

2.5 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.6 天平:称量不小于 500g,感量不大于 0.01g;分析天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.1mg。

2.7 干燥器:内装变色硅胶。

2.8 滤纸:满足 GB/T 1914 的快速定量滤纸。

2.9 电炉和蒸汽水浴。

2.10 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.11 化学试剂:均为分析纯。

2.12 其他:胶头擦棒、细玻璃棒、刷子、表面皿、平头玻璃棒、玻璃三角架等。

3 试验准备

3.1 试样准备

将样品缩分至 $10\text{g} \pm 1\text{g}$ 子样一份, $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 的烘干至恒重,放入干燥器中冷却至室温。试验时缩分 0.5g 试样两份。

3.2 无水碳酸钠(Na_2CO_3)

将无水碳酸钠用玛瑙研钵研细至粉末状,储存于密封瓶中。

3.3 盐酸(1+1)、盐酸(3+97)

按照 1:1 和 3:97 的体积比分别将高浓度盐酸分析纯溶解到水中得到的盐酸水溶液。

3.4 硫酸(1+4)

按照 1:4 的体积比分别将高浓度硫酸分析纯溶解到水中得到的硫酸水溶液。

3.5 焦硫酸钾($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$)

将焦硫酸钾在蒸发皿中加热熔化,加热至无气泡产生,冷却后压碎、储存于密封瓶中。

3.6 三乙醇胺溶液(1+2)

按照 1:2 体积比将三乙醇胺分析纯溶解到水中得到的三乙醇胺溶液。

3.7 钙黄绿素-甲基百里香酚蓝-酚酞混合指示剂(简称 CMP 混合指示剂)

称取 1.00g 钙黄绿素、 1.00g 甲基百里香酚蓝、 0.20g 酚酞与 50g 的 $105^\circ\text{C} \sim 110^\circ\text{C}$ 烘干硝酸钾(KNO_3)粉末,混合研细,保存在磨口瓶中。

3.8 氢氧化钾溶液(200g/L)

将 200g 氢氧化钾(KOH)溶于水中,加水稀释至 1L ,储存于塑料瓶中。

3.9 碳酸钙标准溶液

称取 0.6g 的 105℃ ~ 110℃ 烘干 2h 的碳酸钙 (CaCO_3 , 基准试剂) 粉末, 置于 300mL 烧杯中, 加入 100mL 水; 盖上表面皿, 沿杯口慢慢加入 6mL 盐酸 (1 + 1), 搅拌至碳酸钙全部溶解, 加热煮沸并微沸 1min ~ 2min。冷却至室温后, 移入 250mL 容量瓶中, 用水稀释至刻度, 摇匀。

3.10 EDTA 标准滴定溶液的配制

称取 5.6g EDTA (乙二胺四乙酸二钠, $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 置于烧杯中, 加入 200mL 水, 加热溶解, 加水稀释至 1L, 摇匀, 必要时过滤后使用。

3.11 EDTA 标准滴定溶液浓度的标定

吸取 25.00mL 碳酸钙标准溶液放入 300mL 烧杯中, 加水稀释至 200mL 水, 加入适量的 CMP 混合指示剂, 在搅拌下加入氢氧化钾溶液至出现绿色荧光后再过量 2mL ~ 3mL, 用 EDTA 标准滴定溶液滴定至绿色荧光消失并呈现红色 (V_1)。

4 试验步骤

4.1 取一份试样, 称取质量 (m_2) 后置于铂坩埚中, 盖上坩埚盖, 并留有缝隙, 在 950 ~ 1000℃ 下灼烧 5min, 取出坩埚冷却。加入 0.30 ~ 0.32g 已磨细的无水碳酸钠, 用细玻璃棒压碎块状物并搅拌均匀, 把黏附在玻璃棒上的颗粒全部刷回坩埚内, 再将坩埚置于 950 ~ 1000℃ 下灼烧 10min, 取出坩埚冷却。

4.2 将烧结块移入 150 ~ 200mL 瓷蒸发皿中, 加入少量水润湿, 盖上表面皿, 从皿口慢慢加入 5mL 盐酸及 2 ~ 3 滴硝酸, 待反应停止后取下表面皿, 用平头玻璃棒压碎块状物使其充分分解, 用热盐酸 (1 + 1) 清洗坩埚数次, 洗液合并于蒸发皿中。将蒸发皿置于蒸汽水浴上, 皿上放一玻璃三角架, 再盖上表面皿。蒸发至糊状后, 加入 1g 氯化铵, 搅匀, 在蒸汽水浴上蒸发至干后继续蒸发 10 ~ 15min, 期间搅拌并压碎大颗粒。

4.3 取下蒸发皿, 加入 10mL ~ 20mL 热盐酸, 搅拌使可溶性盐类溶解。立即用中速定量滤纸过滤, 用胶头擦棒和滤纸片擦洗玻璃棒及蒸发皿, 用热的盐酸 (3 + 97) 洗涤沉淀 3 次, 然后用热水洗涤沉淀 10 ~ 12 次, 滤液及洗液收集于 250mL 容量瓶中。

4.4 在沉淀上加入 3 滴硫酸 (1 + 4), 然后将沉淀连同滤纸一并移入铂坩埚中, 盖上坩埚盖, 并留有缝隙, 在电炉上灰化完全后, 放入 950℃ ~ 1000℃ 的高温炉内灼烧 1h, 取出坩埚, 置于干燥器中冷却至室温, 称量, 反复灼烧直至恒重。向坩埚中慢慢加入数滴水润湿沉淀, 加入 3 滴硫酸 (1 + 4) 和 10mL 氢氟酸, 放入通风橱内的电炉上低温加热, 蒸发至干, 升高温度继续加热至三氧化硫白烟冒尽。将坩埚放入 950℃ ~ 1000℃ 的高温炉内灼烧 30min 以上, 取出坩埚, 置于干燥器中冷却至室温, 称量, 反复灼烧直至恒重。

4.5 向按 4.4 经过氢氟酸处理后得到的残渣中加入 0.5 ~ 1g 焦硫酸钾,加热至暗红,熔融至杂质被分解。熔块用热水和 3 ~ 5mL 盐酸(1 + 1)转移到 150mL 烧杯中,加热微沸使熔块全部溶解,冷却后,将溶液合并入按 4.3 得到的滤液和洗液中,用水稀释至刻度,摇匀。

4.6 从 4.5 溶液中吸取 25.00mL 溶液放入 300mL 烧杯中,加水稀释至约 200mL。加入 5mL 三乙醇胺溶液(1 + 2)及适量的 CMP 混合指示剂,在搅拌下加入氢氧化钾溶液至出现绿色荧光后再过量 5 ~ 8mL,用 EDTA 标准滴定溶液滴定至绿色荧光完全消失并呈现红色(V_3)。

5 结果整理

5.1 EDTA 标准滴定溶液的浓度按式(T 0361-1)计算,准确至 mol/L:

$$C_{\text{EDTA}} = \frac{m_1 \times 1000}{100.09 \times 10 \times (V_1 - V_2)} \quad (\text{T 0361-1})$$

式中: C_{EDTA} ——EDTA 标准滴定溶液的浓度, mol/L;

m_1 ——按 3.9 配制碳酸钙标准溶液的碳酸钙的质量, g;

V_1 ——滴定时消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积, mL;

V_2 ——空白试验滴定时消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积, mL;

100.09—— CaCO_3 的摩尔质量, g/mol;

10——全部碳酸钙标准溶液与所分取溶液的体积比。

5.2 试样的碳酸钙含量按式(T 0361-2)计算,准确至 0.1%:

$$C_{\text{CaCO}_3} = \frac{C_{\text{EDTA}} \times 56.08 \times (V_3 - V_4) \times 10 \times 1.7848}{m_2 \times 1000} \times 100 \quad (\text{T 0361-2})$$

式中: C_{CaCO_3} ——碳酸钙含量, %;

56.08——CaO 的摩尔质量, g/mol;

V_3 ——试样溶液滴定时消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积, mL;

V_4 ——空白试验消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积, mL;

m_2 ——试样的质量, g;

10——全部试样溶液与所分取试样溶液的体积比;

1.7848—— CaCO_3 和 CaO 摩尔质量比。

5.3 取两份试样的碳酸钙含量平均值作为试验结果,准确至 0.1%。

6 允许误差

碳酸钙含量重复性试验允许误差为 0.5%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 碳酸钙含量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 《公路沥青路面施工技术规范》JT/G F40 中矿粉母岩要求石灰岩,但是没有相应的指标。为此,增加填料碳酸钙含量测定方法。

碳酸钙含量原理为在 pH13 以上的强碱性溶液中,以三乙醇胺为掩蔽剂,用钙黄绿素-甲基百里香酚蓝-酚酞混合指示剂(简称 CMP 混合指示剂),用 EDTA 标准滴定溶液滴定。

7 工业矿渣集料试验

T 0348—2024 钢渣浸水膨胀试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定钢渣集料浸水膨胀率,以评价其体积安定性。

2 仪器与材料

2.1 天平:称量不小于 20kg,感量不大于 10g;称量不小于 2kg,感量不大于 0.1g。

2.2 加热装置:电炉、燃气炉等。

2.3 漏斗:直径 50mm 的玻璃漏斗。

2.4 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.5 试验筛:根据集料粒级选择不同孔径的方孔筛,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.6 标准击实仪:满足《公路土工试验规程》中 T 0131 的重型 II-2 要求,其中试筒、垫块应满足《公路土工试验规程》的 T 0134 相应要求,试筒内径为 152mm。

2.7 百分表、多孔板、多孔底座、膨胀率测定装置、荷载板、直尺、滤纸:满足《公路土工试验规程》中 T 0134 相应要求,其中多孔板宜为黄铜制,带调节杆;荷载板应为不锈钢材质。

2.8 恒温水浴:能同时放置 150mm 试件 3 个,持续恒温 $80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

2.9 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.10 计时器:量程不少于 48h,精度 0.1s。

2.11 其他:铲子、玻璃棒、金属盘、毛刷、毛巾等。

3 试验准备

3.1 试样制备

现场取回的样品应尽快进行试验。将样品缩分至适量试样。

3.2 确定最佳含水率

3.2.1 根据混合料级配范围确定一个级配,或直接采用实际工程级配,按照《公路土工试验规程》中 T 0131 进行重型击实试验,分 3 层装料每层击实 98 次;

3.2.2 根据重型击实试验确定最佳含水率。

4 试验步骤

4.1 按 3.2.1 确定的级配,以 3.2.2 确定的最佳含水率 $\pm 1\%$ 的含水率,按照《公路土工试验规程》中 T 0134 采用重型击实成型 3 个试件。其中浸润时间为 24h,分 3 层装料每层击实 98 次。

注:试筒各表面须涂一层机油等隔离剂。每层加料后,先用大螺丝刀沿试筒边缘捣 15 次,然后再击实。

4.2 击实完成后取下套环,用直刮刀沿试筒顶修平击实的试件,表面不平整处用细料修补;在试件表面放一层滤纸,安装、固定多孔底座。将试筒连同多孔底座倒转,取走垫块;更换滤纸,装上带调节杆的多孔板;在多孔板上放上 4 块荷载板。

注:荷载板外表面须涂一层机油等材料,减少其与试筒侧壁的摩擦。

4.3 将试模放进恒温水浴中,在试筒顶部安装膨胀测量装置和百分表。百分表应准确对准中央触点并保持竖直状态。缓慢加常温水至高出试件顶面 25mm 以上。静置 $30\text{min} \pm 1\text{min}$ 后,读取百分表的初读数 d_0 ,并开始计时。

4.4 将恒温水浴加热至 $80^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$,在此温度下恒温 6h,然后停止恒温并自然冷却;达到 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 时,读取第 1 个 24h 的百分表读数 d_1 。

4.5 重复 4.4 步骤,每 $24\text{h} \pm 0.5\text{h}$ 读取百分表读数 d_i ;持续进行 10 次。如果每次读数时水位下降过多,应在读取百分表读数后缓慢补充适量常温水,再进行后续试验。

4.6 第 10 个 24h 后,读取百分表终读数 d_{10} 。结束试验。3 个平行试件宜在一个水浴中同时进行试验。每次试验结束后,应采用稀释盐酸清洗多孔底座、多孔板、荷载板等。

5 结果整理

5.1 试样膨胀率按式(T 0348-1)计算,准确至0.01%。

$$V_s = \frac{d_{10} - d_0}{120} \times 100 \quad (\text{T 0348-1})$$

式中: V_s ——钢渣试样膨胀率, %;

d_0 ——百分表的初读数, 0.01mm;

d_{10} ——第10个24h后的百分表终读数, 0.01mm。

120——试件的高度, 120mm;必要时按实测高度取值。

5.2 取三份试样膨胀率的算术平均值作为试验结果,准确至0.1%。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 混合料配合比,试验水温。

6.7 膨胀率试验结果。

6.8 要说明的其他内容。

条文说明

1 本规程增加第7章工业矿渣集料试验一章。

工业矿渣,主要指钢铁冶金工业所产生的固体废物,包括钢渣和高炉渣,铁镍渣、铜渣等。本规程工业矿渣,指钢铁渣,其中高炉渣特指风冷重矿渣,钢渣特指碱性氧气转炉钢渣或电弧熔炉钢渣。

工业矿渣集料一般性试验方法,如密度、级配、针片状颗粒含量、粉料含量、抗破碎性能、碱集料反应等应按第4章粗集料和第5章细集料相关试验方法进行检验,其杂质含量

可根据第 8 章中 T0397 进行测定。本章仅列出工业矿渣特有试验方法。同时,工业矿渣应用过程中注意对环境影响,需要根据国家环境相关要求测定反射性,以及镉、铅、铬、砷、水银、硒、氟、硼等析出物含量。其中反射性指标为国家强制性规定,应按照 GB 6566 进行测定;而析出物含量应按国家相关标准进行检验。

钢渣是炼钢过程中产生的固体废物,按照炼钢时所用炉型分为平炉渣、转炉渣(按气体种类分为空气转炉和氧气转炉)和电炉渣(又分为电弧炉、感应炉等,而电弧炉炼钢占电炉炼钢产量的绝大部分,因此一般所说电炉指电弧炉);按照熔渣性质分为碱性渣和酸性渣。不同原料、炼钢方法、不同生产阶段、不同的钢种生产以及不同的炉次,所产生的钢渣化学成分、稳定性和使用性能是不同的,目前国际上较为一致的是,道路工程应用钢渣仅限碱性氧气转炉钢渣或电弧熔炉钢渣。

钢渣密度高,耐磨性高,抗压强度高,抗腐蚀性好,但是由于钢渣含有游离氧化钙 $f\text{-CaO}$, $f\text{-MgO}$ 等,这些成分在一定条件下非常不稳定。钢渣吸水后, $f\text{-CaO}$ 会消解为氢氧化钙, $f\text{-MgO}$ 会生成氢氧化镁,会发生体积膨胀,钢渣颗粒会破裂、酥碎,甚至粉化,从而造成路面的鼓包、隆起,开裂,甚至散失承载能力。因此需要控制其不稳定化合物含量,或者放置一定时间让不稳定化合物充分消解完成后方可用于工程。但是钢渣中 $f\text{-CaO}$, $f\text{-MgO}$ 常温下完全消解需要很长时间,甚至 20 年时间,因此钢渣均具有潜在的体积膨胀性,钢渣一般不用于水泥混凝土、砂浆和水泥稳定材料,而仅用于沥青混凝土、粒料材料或路基填土等。浸水膨胀率指标是评价钢渣体积安定性重要指标。本试验方法是在原规程钢渣的活性及膨胀率试验基础上修订编写,将其中比色试验和浸水膨胀试验拆分为风冷重矿渣碎石比色试验和钢渣浸水膨胀试验,同时将钢渣沥青混合料膨胀量试验移到《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》。

T 0374—2024 磁性金属铁含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定钢渣、重矿渣等工业矿渣集料中磁性金属铁含量,以评价其质量。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 天平:称量不小于 50kg,感量不大于 10g;称量不小于 2kg,感量不大于 0.1g;称量不小于 200g,感量不大于 0.01g;分析天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.1mg。

2.1.2 浸水天平:同 T 0304 浸水天平。

2.1.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.1.4 破碎机:可将矿渣破碎至粒径不大于 4.75mm,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.1.5 球磨机:直径 500mm、长度 500mm 试验磨。

2.1.6 研磨体:材质为高铬铸铁,直径 40 ~ 70mm 的钢球 $64\text{kg} \pm 1\text{kg}$,直径 25mm × 30mm 的钢段 $43\text{kg} \pm 1\text{kg}$,装载总量可为 $107\text{kg} \pm 1\text{kg}$ 。

2.1.7 密闭式制样机:一次制样量不少于 100g 的制样机。

2.1.8 试验筛:孔径为 19mm、4.75mm、0.6mm 和 0.075mm 的方孔筛,带筛底和筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.1.9 永久磁铁块:磁铁块中心磁感应强度约 0.06T。

2.1.10 单标线吸量管:应符合 GB/T 12808 的要求。

2.1.11 分度吸量管:应符合 GB/T 12807 的要求。

2.1.12 滴定管:应符合 GB/T 12805 的要求。

2.1.13 容量瓶:应符合 GB/T 12806 的要求。

2.1.14 磁力搅拌器:带有塑料外壳的搅拌子,具有调速、加热和控温功能。

2.2 材料

2.2.1 磷酸:分析纯,密度为 $1.69\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2.2.2 浓硫酸:分析纯。

2.2.3 三氯化铁:分析纯。

2.2.4 重铬酸钾:分析纯。

2.2.5 二苯胺磺酸钠:分析纯。

2.2.6 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

3.1 硫酸溶液(1+2)配制

将按体积比 1:2,将浓硫酸溶解到水中。

3.2 三氯化铁溶液(50g/L)配制

将 50g 三氯化铁溶于水中,用水稀释至 1L。配制时不能加热,以免铁盐水解。

3.3 重铬酸钾标准滴定溶液(0.0200mol/L)配制

称取已于 150 ~ 180℃ 烘过 2h 并冷至室温的 0.9806g 重铬酸钾于烧杯中,用水溶解后,移入 1L 容量瓶中,用水稀释至标线,摇匀。

3.4 二苯胺磺酸钠指示剂溶液(10g/L)配制

称取 1g 二苯胺磺酸钠溶于 100mL 水中。

3.5 样品准备

将样品缩分至不少于 100kg 试样,105℃ ± 5℃ 烘干至恒重,冷却至室温备用。

4 试验步骤

4.1 称量干燥试样总质量(m_0)。

4.2 将试样破碎至全部小于 19mm,在破碎过程中人工选出 19mm 以上无法破碎颗粒,称重(m_1)。从 19mm 筛下颗粒中称取 30kg(m_2),破碎至全部小于 4.75mm,在破碎过程中人工选出大于 4.75mm 以上无法破碎颗粒,称重(m_3)。

4.3 用磁铁块从小于 4.75mm 颗粒中磁选出磁性物,称重(m_4)。磁选时将颗粒均匀摊平,厚度不超过 10mm,磁铁距颗粒 5 ~ 10mm。

注:若磁性物的质量少于 3000g,在 4.2 中 30kg 基础上加大 19mm 筛下颗粒数量,保证选出的磁性物的质量不少于 3000g。

4.4 称取磁性物 3000 ~ 4000g(m_5),用球磨机粉磨 60min,粉磨前后应彻底清扫球磨机内外,保证粉磨前后的颗粒损失率不超过 5%。粉磨后的颗粒筛除小于 0.6mm 颗粒,称量筛上颗粒质量(m_6)。

4.5 将 4.2 获得的 19mm 以上无法破碎颗粒和 4.75mm 以上无法破碎颗粒,以及 4.4 中 0.6mm 以上无法破碎颗粒,按 T 0304 分别称量水中质量(分别为 m_7 , m_8 和 m_9)。

4.6 称取 4.3 磁选后的小于 4.75mm 颗粒 3000g,放入球磨机中研磨 20min,取样按 T 0352 方法测定表观密度(ρ_1)。另取 4.3 中磁选后的小于 4.75mm 颗粒 100g,放入制样机中研磨直到全部小于 0.075mm 粉料,拌匀、缩分至约 0.5g 粉料两份,准确称量(m_{10})。

4.7 将 4.6 获得的磁选后粉料置于干燥的锥形瓶中,加 100mL 三氯化铁溶液,塞紧瓶口,于磁力搅拌器搅拌 30min,以中性石棉(也可用定性滤纸浆代替)进行抽滤,用水洗涤锥形瓶 4~5 次,洗石棉(或滤纸浆)6~8 次,往滤液中加 10mL 硫酸溶液(1+2),滴 4~5 滴二苯胺磺酸钠指示剂溶液,立即用重铬酸钾标准滴定溶液滴至溶液呈深绿色,加 5mL 磷酸,继续滴至溶液呈紫色,记录滴定重铬酸钾标准滴定溶液的体积(V_1)。

4.8 从 4.4 获得的磁性物小于 0.6mm 颗粒中取 100g,放入制样机中研磨直到全部小于 0.075mm 粉末,拌匀、缩分至约 0.5g 粉末两份,准确称量(m_{11})后按照 4.7 进行滴定试验,记录滴定重铬酸钾标准滴定溶液的体积(V_2)。

4.9 按照 4.7 进行空白试验,记录滴定重铬酸钾标准滴定溶液的体积(V_3)。

5 结果整理

5.1 磁选后小于 4.75mm 颗粒的金属铁含量按式(T 0374-1)计算,准确至 0.01%:

$$C_{0-4.75} = \frac{C_g \times (V_1 - V_3) \times 18.62}{m_{10} \times 1000} \times 100 \quad (\text{T 0374-1})$$

式中: $C_{0-4.75}$ ——磁选后小于 4.75mm 颗粒的金属铁含量,%;

C_g ——重铬酸钾标准滴定溶液的浓度,为 0.002mol/L;

V_1 ——磁选后小于 0.075mm 粉末消耗的滴定溶液的体积,mL;

V_3 ——空白溶液消耗滴定溶液的体积,mL;

18.62——1/3Fe 的摩尔质量,g/mol;

m_{10} ——滴定时称取的磁选后小于 0.075mm 粉末质量,g。

6.2 磁性物小于 0.6mm 颗粒的金属铁含量按式(T 0374-2)计算,准确至 0.01%:

$$C_{0-0.6} = \frac{C_g \times (V_2 - V_3) \times 18.62}{m_{11} \times 1000} \times 100 \quad (\text{T 0374-2})$$

式中: $C_{0-0.6}$ ——磁性物小于 0.6mm 颗粒的金属铁含量,%;

V_2 ——磁性物小于 0.075mm 粉末消耗的滴定溶液的体积,mL;

m_{11} ——滴定时称取的磁性物小于 0.075mm 粉末,g。

6.3 不含金属铁的矿渣表观密度按式(T 0374-3)计算,准确至 0.01g/cm³:

$$\rho_2 = \frac{\rho_{Fe} \times \rho_1 \times (100 - C_{0-4.75})}{\rho_{Fe} \times 100 - C_{0-4.75} \times \rho_1} \quad (\text{T 0374-3})$$

式中: ρ_2 ——不含金属铁的矿渣表观密度, g/cm^3 ;

ρ_{Fe} ——金属铁的密度, 钢渣时为 $7.85\text{g}/\text{cm}^3$, 重矿渣时为 $7.86\text{g}/\text{cm}^3$;

ρ_1 ——小于 4.75mm 磁选后的钢渣的密度, g/cm^3 。

6.4 19mm 以上无法破碎颗粒金属铁含量按式(T 0374-4)计算, 准确至 0.01% :

$$C_{\geq 19} = \frac{\rho_{\text{Fe}} \times \left(m_1 - \rho_2 \times \frac{m_1 - m_7}{\rho_T} \right)}{(\rho_{\text{Fe}} - \rho_2) \times m_1} \times 100 \quad (\text{T 0374-4})$$

式中: $C_{\geq 19}$ ——19mm 以上无法破碎颗粒金属铁含量, %;

m_1 ——19mm 以上无法破碎颗粒的质量, g;

m_7 ——19mm 以上无法破碎颗粒水中质量, g;

ρ_T ——试验温度 T 时水的密度, g/cm^3 。按附录 A 表 A-1 确定。

6.5 4.75mm 以上无法破碎颗粒金属铁含量按式(T 0374-5)计算, 准确至 0.01% :

$$C_{\geq 4.75} = \frac{\rho_{\text{Fe}} \times \left(m_3 - \rho_2 \times \frac{m_3 - m_8}{\rho_T} \right)}{(\rho_{\text{Fe}} - \rho_2) \times m_3} \times 100 \quad (\text{T 0374-5})$$

式中: $C_{\geq 4.75}$ ——4.75mm 以上无法破碎颗粒金属铁含量, %;

m_3 ——4.75mm 以上无法破碎颗粒的质量, g;

m_8 ——4.75mm 以上无法破碎颗粒水中质量, g。

6.6 0.6mm 以上无法破碎颗粒金属铁含量按式(T 0374-6)计算, 准确至 0.01% :

$$C_{\geq 0.6} = \frac{\rho_{\text{Fe}} \times \left(m_6 - \rho_2 \times \frac{m_6 - m_9}{\rho_T} \right)}{(\rho_{\text{Fe}} - \rho_2) \times m_6} \times 100 \quad (\text{T 0374-6})$$

式中: $C'_{\geq 0.6}$ ——0.6mm 以上无法破碎颗粒金属铁含量, %;

m_6 ——0.6mm 以上无法破碎颗粒的质量, g;

m_9 ——0.6mm 以上无法破碎颗粒水中质量, g。

6.7 矿渣中磁性金属铁含量按式(T 0374-7)计算, 准确至 0.01% :

$$\begin{aligned} C_{\text{Fe}} = & C_{\geq 19} \times \frac{m_1}{m_0 \times 10^3} + C_{\geq 4.75} \times \frac{m_3 \times (m_0 \times 10^3 - m_1)}{m_2 \times m_0 \times 10^6} + C_{\geq 0.6} \times \\ & \frac{m_6 \times m_4 \times (m_0 \times 10^3 - m_1)}{m_5 \times m_2 \times m_0 \times 10^6} + C_{0-0.6} \times \frac{(m_5 - m_6) \times m_4 \times (m_0 \times 10^3 - m_1)}{m_5 \times m_2 \times m_0 \times 10^6} + \\ & C_{0-4.75} \times \frac{(m_2 \times 10^3 - m_3 - m_4) \times (m_0 \times 10^3 - m_1)}{m_2 \times m_0 \times 10^6} \end{aligned} \quad (\text{T 0374-7})$$

式中: C_{Fe} ——矿渣中磁性金属铁含量, %;

- m_0 ——烘干后的矿渣试样质量, kg;
 m_2 ——称取用于破碎的小于 19mm 矿渣颗粒质量, kg;
 m_4 ——小于 4.75mm 颗粒中磁选出磁性物质量, g;
 m_5 ——称取用于粉磨的磁性物质量, g。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 磁性金属铁含量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 未经处理的矿渣中含有一定的金属铁,如钢渣中一般含有 5~12% 的金属铁,金属铁呈现不均匀分布,粒径为 0.1mm,大都呈块状。若不经处理直接用于工程不仅会造成浪费,同时也不利于矿渣的破碎,而且应用到工程上金属铁生锈会带来体积安定性不良等问题,因此矿渣应用之前均应进行磁选除铁,以降低金属铁含量满足工程控制要求。对于钢渣,金属铁含量一般要求不大于 2%;重矿渣碎石中铁粒含量一般要求不大于 1%~3%。

T 0375—2024 钢渣的游离氧化钙含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定钢渣集料中游离氧化钙含量,以评价钢渣的体积安定性。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.1.2 破碎机:可将钢渣破碎至粒径不大于 4.75mm,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.1.3 密闭式制样机:一次制样量不少于 100g 的制样机。

2.1.4 试验筛:孔径为 19mm、4.75mm、1.18mm、0.15mm 的方孔筛,带筛底和筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.1.5 天平:分析天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.1mg;称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g;称量不小于 10kg,感量不大于 1g。

2.1.6 热重分析仪:能够加热并恒温不小于 800°C ;热天平称量不小于 50mg,感量不大于 0.1mg。

2.1.7 电动离心机:转速可达 4000r/min。

2.1.8 单标线吸量管:应符合 GB/T 12808 的要求。

2.1.9 分度吸量管:应符合 GB/T 12807 的要求。

2.1.10 滴定管应符合 GB/T 12805 的要求。

2.1.11 容量瓶:应符合 GB/T 12806 的要求。

2.1.12 锥形瓶。

2.1.13 永久磁铁块:磁铁块中心磁感应强度约 0.06T。

2.1.14 磁力搅拌器:带有塑料外壳的搅拌子,具有调速、加热和控温功能。

2.1.15 铂坩埚:内部釉完整,表面光滑;带盖,容量 30mL。

2.1.16 滤纸:满足 GB/T 1914 的快速定量滤纸。

2.1.17 其他:杵、玻璃研钵、玻璃棒、干燥器(内装变色硅胶)、表面皿、磨口瓶、金属

盘、塑料瓶、塑料密封袋。

2.2 材料

2.2.1 硝酸钾:分析纯。

2.2.2 无水乙醇:分析纯。

2.2.3 乙二醇:分析纯,密度 $1.113\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2.2.4 浓盐酸:20℃密度为 $1.18 \sim 1.19\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2.2.5 三乙醇胺:分析纯。

2.2.6 氢氧化钾:分析纯。

2.2.7 碳酸钙:分析纯。

2.2.8 EDTA(乙二胺四乙酸二钠盐):分析纯。

2.2.9 钙指示剂:分析纯。

2.2.10 氮气:纯度为99.99%的干燥氮气。

2.2.11 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

3.1 试剂配制

3.1.1 盐酸溶液(1+1)的配制:浓盐酸和水按体积1:1掺配。

3.1.2 三乙醇胺(1+2)的配制:三乙醇胺和水按体积1:2掺配。

3.1.3 氢氧化钾溶液(200g/L):将200g氢氧化钾溶于水中,加水稀释至1L,储存于塑料瓶中。

3.1.4 碳酸钙标准溶液(0.024mol/L)的配制:碳酸钙在 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干2h后在干

燥器中冷却至室温;称取 0.6g 碳酸钙,置于 400mL 烧杯中,加入约 100mL 水,盖上表面皿,沿杯口加入 5~10mL 盐酸溶液(1+1)至碳酸钙完全溶解,加热煮沸 1~2min。将溶液冷却至室温,移入 250mL 容量瓶中,用水稀释至标线,摇匀。

3.1.5 EDTA 标准滴定溶液(0.015mol/L)的配制:称取 5.6gEDTA(乙二胺四乙酸二钠盐)置于烧杯中,加 200mL 水,加热溶解、过滤,加水稀释至 1L。

3.1.6 钙指示剂的配制:称取 1.00g 钙指示剂,及已经 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干、冷却至室温的 50g 硝酸钾,放在研钵中混合研细,存于磨口瓶中。

3.2 EDTA 标准滴定溶液浓度的标定

3.2.1 吸取 25mL 碳酸钙标准溶液(0.024mol/L)于 400mL 烧杯中,加水稀释至 100mL,边搅拌边加入氢氧化钾溶液(200g/L)10mL,加入适量钙指示剂,用 EDTA 标准滴定溶液滴定至溶液颜色由红色变为蓝色。记录消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积(V)。

3.2.2 按式(T 0375-1)计算 EDTA 标准滴定溶液的浓度,准确至 0.001mol/L:

$$C_{\text{EDTA}} = \frac{m_1 \times V_2 \times 1000}{V_1 \times V \times 100.09} \quad (\text{T 0375-1})$$

式中: C_{EDTA} ——EDTA 标准滴定溶液的浓度, mol/L;

m_1 ——碳酸钙的质量, g;

V ——滴定时消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积, mL;

100.09——碳酸钙的摩尔质量, g/mol;

V_1 ——碳酸钙标准溶液总体积, 250mL;

V_2 ——滴定时分取的碳酸钙标准溶液的体积, 25mL;

1000——单位换算系数。

3.2.3 按式(T 0375-2)计算 EDTA 标准滴定溶液对氧化钙滴定度,准确至 0.001mg/mL:

$$T_{\text{CaO}} = C_{\text{EDTA}} \times 56.08 \quad (\text{T 0375-2})$$

式中: T_{CaO} ——每毫升 EDTA 标准滴定溶液相当于氧化钙的质量, mg/mL;

56.08——CaO 的摩尔质量, g/mol。

3.3 试样制备

3.3.1 将样品中大块及无法破碎的渣钢人工剔除,缩分至表 T 0375-1 要求质量的子样一份。

表 T 0375-1 钢渣中游离氧化钙含量试验所需的子样质量

公称最大粒径 (mm)	≤4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63
一份子样的最小质量 (kg)	0.2	0.5	0.8	1.0	1.5	2.5	5	8	15	25

3.3.2 先用 19mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm;将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合,用磁铁磁选出磁性物后搅拌均匀。再用 4.75mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 4.75mm;将原 4.75mm 筛下颗粒和新破碎 4.75mm 以下颗粒混合,用磁铁磁选出磁性物后搅拌均匀,缩分一份 $100\text{g} \pm 1\text{g}$ 颗粒。再用制样机粉碎至全部小于 0.15mm,充分搅拌, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、干燥器中冷却至室温,然后放入塑料密封袋中保存。

3.3.3 现场取回的样品应尽快进行试验。

4 总氧化钙试验步骤

4.1 称取一份 0.2 ~ 0.5g 试样 (m_2);置于干燥的锥形瓶中,加 30mL 乙二醇。加热 80 ~ 90℃ 并磁力搅拌 20min,将溶液移入 100mL 干燥离心管中,用 15mL 无水乙醇冲洗锥形瓶 5 ~ 6 次,冲洗液倒入离心管中。

4.2 在离心机上以 2500r/min 速度离心 15min,将上清液倒入锥形瓶中,加水至 100mL,加 2 滴盐酸溶液、5mL 三乙醇胺溶液和 10mL 氢氧化钾溶液和适量钙指示剂,用 EDTA 标准滴定溶液滴定至溶液颜色由红色变为蓝色,记录消耗 EDTA 的体积 (V_3)。

4.3 不加入试样,按照 4.1 ~ 4.2 步骤进行空白试验,记录消耗 EDTA 的体积 (V_4)。

5 氢氧化钙含量试验步骤

5.1 打开热重分析仪,平稳基线;

5.2 称取一份 10 ~ 25mg 试样 (m_3) 移入坩埚中。

5.3 将坩埚放入热重分析仪的试样盘中,让加热炉返回工作位置,通入氮气保护,将试样质量输入热重分析仪。设定升温速率为 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$,终止温度为 800°C ,启动升温程序,记录热重曲线。

5.4 通过温度曲线、热重曲线相对应,由软件可分析出 400 ~ 550℃ 间失重台阶所代表的质量损失百分比,即为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 分解出的 H_2O 占试样的质量百分比,记为 $C_{\text{H}_2\text{O}}$ 。

6 结果整理

6.1 试样总氧化钙含量按式(T 0375-3)计算,准确至 0.001%:

$$C_{\text{CaO}} = \frac{T_{\text{CaO}} \times (V_3 - V_4)}{m_2 \times 1000} \times 100 \quad (\text{T 0375-3})$$

式中: C_{CaO} ——试样总氧化钙含量, %;

1000——单位换算系数;

m_2 ——总氧化钙含量试验时的试样质量, g;

V_3 ——试样溶液滴定时消耗 EDTA 的体积, mL;

V_4 ——空白试验时消耗 EDTA 的体积, mL。

6.2 取两份试样总氧化钙含量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.001%,记为 $\bar{C}_{\text{CaO}}$ 。

6.3 试样氢氧化钙(以氧化钙质量计)含量按式(T 0375-4)计算,准确至 0.001%:

$$C_{\text{Ca(OH)}_2} = 3.1129 \times C_{\text{H}_2\text{O}} \quad (\text{T 0375-4})$$

式中: $C_{\text{Ca(OH)}_2}$ ——试样氢氧化钙(以氧化钙质量计)含量, %;

$C_{\text{H}_2\text{O}}$ —— Ca(OH)_2 分解出的 H_2O 占试样的质量百分比, %;

3.1129—— CaO 和 H_2O 分子量的比值。

6.4 取两份试样氢氧化钙(以氧化钙质量计)含量测定值的算术平均值,作为试验结果,准确至 0.001%,记为 $\bar{C}_{\text{Ca(OH)}_2}$ 。

6.5 游离氧化钙含量按式(T 0375-5)计算,准确至 0.001%:

$$C_{\text{fCaO}} = \bar{C}_{\text{CaO}} - \bar{C}_{\text{Ca(OH)}_2} \quad (\text{T 0375-5})$$

式中: C_{fCaO} ——样品中游离氧化钙含量, %。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 游离氧化钙含量、总氧化钙含量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 钢渣中游离氧化钙 f-CaO 是影响钢渣稳定性的主要因素,其遇水会发生反应生成氢氧化钙,体积膨胀 98%,从而导致应用钢渣的材料开裂,因此准确测量钢渣中游离氧化钙非常重要。

氧化钙含量的测定方法很多,如热乙二醇滴定法、电导测定法、盐酸滴定法、热重法、X 射线衍射。热乙二醇滴定法、电导测定法、盐酸滴定法等化学分析方法,实际上测定的是包括游离 CaO 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中 CaO 总含量。钢渣在陈渣和稳定化处理过程中,其中自由氧化钙部分转变为氢氧化钙,而氢氧化钙是稳定的,因此测定总 CaO 含量会导致结果偏高。因此,自由氧化钙需要将热乙二醇滴定法、电导测定法、盐酸滴定法为代表化学方法与热重法、X 射线衍射法结合起来用。

本方法采用热乙二醇滴定法和热重法结合起来测定钢渣中游离氧化钙含量。因此在热乙二醇 EDTA 滴定法测定总氧化钙含量基础上,再根据氢氧化钙在 $400 \sim 550^\circ\text{C}$ 受热易分解成氧化钙和水原理,采用热重分析法测量蒸发水的质量计算出钢渣中以氢氧化钙方式存在的氧化钙含量,二者之差即为钢渣中游离氧化钙的含量。

钢渣中还有一定的金属铁,其含量分布不稳定,从而影响钢渣中自由氧化钙含量测定影响;同时金属铁会影响钢渣研磨成细粉,因此样品破碎之前需要采用磁选,人工挑出大块的铁,铁磁选出粒径不大于 4.75mm 小铁粒,降低金属铁含量。

T 0376—2024 重矿渣硅酸二钙分解试验

1 目的与适用范围

本方法适用于检验重矿渣集料是否产生硅酸二钙的分解,以评价其稳定性。

2 仪器与材料

2.1 紫外线照明设备:波长为 $300\text{nm} \sim 400\text{nm}$,最大波长为 366nm 。

2.2 金属盘。

2.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.4 破碎工具:铁锤或破碎机。

3 试验准备

3.1 将样品筛除 9.5mm 以下颗粒,随机选取筛上 30 颗集料颗粒的试样一份。浸泡在水中,借助金属丝刷将颗粒表面洗刷干净,经多次漂洗至水清澈为止。沥干,105℃ ± 5℃ 烘干、冷却至室温。

3.2 将试样中各颗粒破碎或劈开以获得新鲜的破碎面。

4 试验步骤

4.1 取一颗集料颗粒,在紫外线照明设备下观察新鲜破碎面;

4.2 如果在紫色背景上出现大量或丛生的黄色,青铜色或肉桂色的大、小亮点的颗粒应记录为疑似分解。如果出现紫色深浅不一但光泽均匀,或为数不多且均匀分布的亮点,则记录为无分解。

4.3 按照以上方法逐颗检查所有试样的新鲜破碎面。

4.4 如果发现 1~2 个颗粒出现疑似分解时,应加倍取样按照以上步骤重新检验。

5 结果整理

5.1 若试样无分解,则认为无硅酸二钙分解,判定为合格。

5.2 若复验时仍然出现疑似分解颗粒,则认为有硅酸二钙分解,判定为不合格。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 硅酸二钙分解判定结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 高炉渣,一般指铁矿炼铁时熔融炉渣冷却后产生的固体废物,其按冷却方式分为水渣(熔融炉渣大量冷却水作用下形成的海绵状浮石类物质);重矿渣(熔融炉渣经慢冷作用形成的类石料矿渣,又称缓冷渣或干渣)和膨珠(熔融炉渣在半急冷作用并通过成珠设备击碎、抛甩到空气中,再受空气冷却形成的矿渣)。

熔融炉渣冷却速度不同,其形成的化学成分、稳定性及致密性均不同。重矿渣是熔融炉渣在空气中自然冷却或淋少量水慢速冷却而形成的致密块渣,密度一般大于 1.9g/cm^3 ,其抗压强度、耐磨性、抗冻性均满足道路工程要求。目前国际上公路工程应用的重矿渣均为风冷重矿渣,其可用于道路工程中的粒料材料、沥青混凝土、水泥混凝土、砂浆和无机稳定材料。

重矿渣缓慢冷却形成的结晶相,绝大多数不具有活性,但是其中的多晶型硅酸二钙,或硫化铁和硫化锰,可导致矿渣结构破坏,此现象称为重矿渣分解。硅酸二钙分解、铁分解是风冷重矿渣分解重要评价指标。其中硅酸二钙分解指硅酸二钙的亚稳态 β 转化为 γ 形式,晶型转变会导致体积膨胀,而出现破裂、酥碎,甚至粉化,此分解习惯上也称为石灰分解。重矿渣中含有硫化铁(FeS)和硫化锰(MnS)等硫化物时,水解会生成相应氢氧化物,相应体积增大38%和24%,而出现开裂和粉化,其在水中比在潮湿或雨中分解速度更快,此分解习惯上称为铁分解试验。同时,水冷和风冷重矿渣混合在一起时,风冷重矿渣中的硫化物和水冷重矿渣中的铝化物会发生反应生成钙矾石,当其含量较高时也会产生膨胀,为此风冷重矿渣中不得混有水冷重矿渣。

T 0377—2024 重矿渣铁分解试验

1 目的与适用范围

本方法适用于检验重矿渣集料中是否含有铁、锰硫化物而发生水解崩裂,以评价其稳定性。

2 仪器与材料

2.1 金属盘。

2.2 试验筛:孔径为37.5mm的方孔筛,并满足T 0302中2.1要求。

2.3 恒温水浴:恒温 $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。

2.4 盛水容器:浸泡试样用容器,不锈钢的金属盆等。

2.5 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

根据样品规格,将样品筛出 9.5mm ~37.5mm 粒级或 37.5mm 以上粒级,随机选取 30 颗集料颗粒的试样一份。

4 试验步骤

4.1 恒温水浴中水预先恒温在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

4.2 将试样移入盛水容器中,加 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 水至高出试样 25mm 以上。将盛有试样的盛水容器放入恒温水浴中,在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 条件下浸泡。对于 37.5mm 以上粒级,浸泡 $48\text{h} \pm 0.5\text{h}$;对于 9.5 ~37.5mm 粒级浸泡 14d。

4.3 完成浸泡后逐颗观察颗粒表面是否有开裂或破碎。

4.4 如果发现 1 ~2 个颗粒出现开裂或破碎,应再取 30 颗考虑按照以上步骤重新检验。

5 结果整理

5.1 若颗粒无开裂、无破碎,则认为没有铁分解,判定为合格。

5.2 若复验时仍然出现颗粒开裂或破碎,则认为有铁分解,判定为不合格。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 铁分解判定结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 铁分解是评价重矿渣稳定性重要指标。重矿渣中含有硫化铁(FeS)和硫化锰(MnS)等硫化物时,水解会生成相应氢氧化物,相应体积增大38%和24%而出现破裂和粉化,其在水中比在潮湿或雨中分解速度更快,因此试验时将矿渣颗粒放入水中浸泡。

T 0378—2024 重矿渣比色试验

1 目的与适用范围

本方法适用于检验重矿渣浸水是否析出硫或硫化物呈黄色,以评价其对环境的影响。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 烧杯:2000mL,带圆形玻璃皿盖。

2.1.2 比色管:100mL 标准比色管,带塞子。

2.1.3 加热装置:电炉、燃气炉等。

2.1.4 漏斗:玻璃漏斗,直径约100mm;满足 GB/T 1914 的质量要求的中速定量滤纸。

2.1.5 天平:分析天平,称量不小于100g,感量不大于0.1mg;称量不小于1kg,感量不大于0.1g。

2.2 材料

2.2.1 重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$):分析纯。

2.2.2 试验用水:蒸馏水或去离子水。

2.2.3 滤纸:满足 GB/T 1914 的快速定量滤纸。

3 试验准备

3.1 试样准备:将样品缩分至约 500g 试样一份。取样后应在 24h 内开始试验。样品为自然含水率,不得加热处理。

3.2 配制标准比色液:将分析纯重铬酸钾溶入水中配制浓度为 0.006g/L 的标准比色液;取 100mL 装入比色管中,加塞保存。

4 试验步骤

4.1 将试样放入烧杯中,加入 1500mL 水,在烧杯外侧对应于水面位置作标记。

4.2 将烧杯放在加热装置上,加上玻璃皿盖,调整火力使从加热开始后溶液约在 15min 内沸腾,然后调为微火,微沸约 45min,总计加热 1h。

4.3 加热结束后,立即移下烧杯,补充加水至烧杯外侧标记位置,边搅拌边加水。

4.4 用漏斗及滤纸过滤,先过滤约 20mL 滤液废弃,再继续过滤得到 300mL 滤液,作为试验滤液。

4.5 立即取 100mL 试验滤液装入比色管中,放一张白纸作为背景色,在室内光线下与比色管装有的标准比色液进行颜色比较。

4.6 比色试验应该在溶液加热后 20min 以内完成。

5 结果整理

5.1 若试验滤液颜色与标准比色液颜色有差异时,则记为着色,判定为不合格。

5.2 若试验滤液颜色与标准比色液颜色相同时,则记为无着色,判定为合格。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 比色试验评定结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

风冷重矿渣中经常含有微量的硫磺或硫化物,它极易与钙结合成硫化钙 CaS ,硫化钙在遇水后能生成高价硫离子,成为黄色不稳定物质,同时影响环境;硫磺只有在空气中逐渐氧化才会变成中性,所以利用风冷重矿渣遇水时颜色可以判断其是否残留硫磺或硫化物物质。

本方法为将原规程 T0348 钢渣的活性及膨胀率试验方法中比色试验。

8 再生集料试验

T 0379—2024 再生集料水溶性硫酸盐含量试验

1 目的与适用范围

本方法适用于测定再生集料中水溶性硫酸盐(以 SO_4 质量计)的含量,用以评价再生集料质量。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 天平:分析天平,称量不小于100g,感量不大于0.1mg;称量不小于1kg,感量不大于0.1g;称量不小于5kg,感量不大于1g。

2.1.2 试验筛:孔径为4.75mm的方孔筛,带筛底和筛盖,并满足T 0302中2.1要求。

2.1.3 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足T 0302中2.4要求。

2.1.4 破碎机:将粗集料破碎至粒径不大于4.75mm。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.1.5 加热器:能够将水加热、并恒温 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,带磁力搅拌器。

2.1.6 温度计:量程 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$,分度值 0.1°C ;量程 $0 \sim 200^{\circ}\text{C}$,分度值 1°C 。

2.1.7 滤纸:满足GB/T 1914的快速定量滤纸、中速定性滤纸。

2.1.8 计时器:量程不少于48h,精度 0.1s 。

2.1.9 分光光度计。

2.1.10 pH 测定仪:分度值为 0.1pH。

2.1.11 移液管:50mL,5mL,1mL。

2.1.12 烧杯:容量 2L,2 个;容量 500mL,4 个;容量 250mL。

2.1.13 表面皿。

2.2 试剂

2.2.1 浓盐酸:20℃ 密度为 $1.18 \sim 1.19 \text{g/cm}^3$ 。

2.2.2 氯化钡:分析纯。

2.2.3 试验用水:蒸馏水或去离子水。

3 试验准备

3.1 配制稀释的盐酸溶液(1+4)

在 800mL 水中加入 200mL 浓盐酸,得到稀释的盐酸溶液(1+4)。

3.2 配制氯化钡溶液

将 100g 的 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 溶于 1L 水中,使用前用中速定性滤纸过滤。

3.3 绘制分光光度计的标准曲线图

通过将已知量的硫酸钙溶解在热水中,并测量其溶液的吸光度来确定的。绘制校准曲线图时,应在 0% 至 1.3% 范围内选定至少 5 个不同硫酸根离子浓度的溶液,测定吸光度。

3.4 试样制备

将样品缩分至约 3000g 子样一份。先用 4.75mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 4.75mm。将原 4.75mm 筛下颗粒和新破碎 4.75mm 以下颗粒混合、搅拌均匀, $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 烘干至恒重,干燥器中冷却至室温。缩分至 $25\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 试样两份。

4 试验步骤

4.1 热水提取硫酸根离子

4.1.1 取一份试样,准确称量质量(W_1)。将试样移入 2L 的烧杯中;称取 $1000\text{g} \pm 1\text{g}$

的预先加热至 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的水 (W_2), 加入烧杯中, 立即加热至 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$; 采用表面皿盖住烧杯。

4.1.2 采用磁力搅拌器搅拌 $15\text{min} \pm \text{min}$, 并维持温度 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.3 立即采用快速定量滤纸过滤得到 $200\text{mL} \pm 50\text{mL}$ 的滤液, 倒入 500mL 的烧杯中 (A 杯)。将剩余溶液过滤到另外一个烧杯中 (B 杯)。

4.1.4 向 A 烧杯中滴入几滴稀释盐酸溶液 (1 + 4), 使滤液 pH 达到 7 ± 1 ; 如果 pH 小于 6, 则加入适量的 B 杯中滤液, 使 A 烧杯滤液 pH 达到 7 ± 1 。

4.1.5 采用表面皿盖住 A 杯和 B 杯, 必要时降温。

4.2 水的空白试验

按照分光光度计仪器操作要求, 用移液管取定量水, 倒入试管中; 加入定量氯化钡溶液, 放置一段时间 (按分光光度计仪器操作要求进行, 一般为 $5 \sim 10\text{min}$)。用力摇动试管 10s 后, 读取分光光度计结果, 记为 C_w 。

注: C_w 一般为 0mg/L 。

4.3 溶液空白试验

按照分光光度计仪器操作要求, 用移液管从 A 杯中取一定量滤液, 倒入试管中, 放置一段时间 (按分光光度计仪器操作要求进行, 一般为 $5 \sim 10\text{min}$) 后, 读取分光光度计读数, 记为 C_0 。

4.4 确定硫酸根含量

4.4.1 按照分光光度计仪器操作要求, 用移液管 A 杯中取一定量滤液, 倒入试验管中, 加入一定质量的氯化钡溶液; 充分摇晃 30s , 放置一段时间 (按分光光度计仪器操作要求进行, 一般为 $5 \sim 10\text{min}$); 再充分摇晃 10s , 使试管底部的硫酸钡沉淀物全部悬浮。静置 15s 使气泡消散, 读取分光光度计读数, 记为 C_1 。

4.4.2 如果测定结果大于 200mg/L , 则取 A 杯滤液 50mL , 倒入另外一个 250mL 烧杯中, 加 50mL 水稀释, 用磁力搅拌器搅拌 1min 后, 按 4.4.1 重新进行试验, 重复进行试验, 读取分光光度计读数, 读数乘以 2 后记为 C_1 。

5 结果整理

5.1 试样的水溶性硫酸根含量按式 (T 0379-1) 计算, 准确至 0.01% 。

$$C_{\text{SO}_4} = \frac{C_1 - C_0}{10000} \times \frac{W_2}{W_1} - C_w \quad (\text{T 0379-1})$$

式中: C_{SO_4} ——试样的水溶性硫酸根离子含量, %。

C_1 ——分光光度计测定的 A 杯滤液结果, mg/L。

C_0 ——分光光度计测定的 A 杯滤液空白试验结果, mg/L。

C_w ——分光光度计测定的水空白试验结果, mg/L。

W_1 ——试样质量, g。

W_2 ——试样中加水质量, g。

5.2 取两份试样水溶性硫酸根含量的算术平均值作为试验结果, 准确至 0.1%。

6 允许误差

水溶性硫酸根含量重复性试验的允许误差为 0.05%。

7 报告

7.1 试验项目名称和执行标准。

7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

7.3 接样日期、样品描述。

7.4 试验日期、样品缩分方法。

7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

7.6 水溶性硫酸根含量试验结果。

7.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 为了节约矿料资源, 实现公路建设绿色化, 道路工程中再生集料应用日益广泛。再生集料来源非常广泛, 如破碎水泥混凝土集料、沥青混合料 RAP 料、破碎无机稳定集料等。但是本规程中再生集料主要指破碎水泥混凝土再生集料。

再生集料的密度、级配、针片状颗粒含量、粉料含量、抗破碎性能、碱集料反应等应按第 4 章粗集料和第 5 章细集料相关试验方法进行检验。但是再生集料, 特别是再生水泥混凝土集料, 由于其具有密度低、高吸水率、孔隙多、密度波动大等特点, 应用以上试验方

法时,应予以注意各方法的适应性。例如,由于再生集料密度波动较大,按照一般集料的试验允许误差进行控制就会过于严格;有些试验方法则不适合评价再生集料,例如 T 0314 硫酸盐坚固性试验方法就不适合再生集料,应采用 T 0364 试验方法进行评价。本章仅列出再生集料特有试验方法。同时,工业矿渣应用过程中注意对环境的影响,需要根据国家环境相关要求测定反射性,以及镉、铅、铬、砷、水银、硒、氟、硼等析出物含量。其中反射性指标为国家强制性规定,应按照 GB 6566 进行测定;而析出物含量应按国家相关标准进行检验。

再生集料自身含有杂质或异物,特别是建筑混凝土再生集料来源非常复杂;同时处理、堆积和存放时也会混入杂质或异物,因此需要严格进行分类、测定含量。钢渣、重矿渣以及普通集料等因长时间野外存放也容易混入杂质,可采用本方法进行杂质的分类和含量的测定。

再生集料(例如石膏灰泥)中硫酸盐往往吸附在集料颗粒表面,潜在危害性高,基本上都是反应性硫酸盐,很容易引起混凝土的膨胀破坏,因此对于再生集料国际上习惯测定水溶性硫酸盐含量进行严格控制。再生集料试样的滤液中硫酸根离子浓度较低,不能采用重量法、容量法(滴定法)进行测定,而目视比浊法精度较低,因此选择分光光度法,也称为分光比浊法。

试样滤液中硫酸盐离子和滴定的钡离子发生反应生成细微的硫酸钡晶体,使水溶液浑浊,其浊度和滤液中硫酸盐含量在一定浓度范围内呈正比,因此通过测定滤液的浊度就可以反推硫酸盐含量。

4.1 试验时采用热水提取试样中硫酸根离子,这些硫酸根离子是再生集料中潜在的不稳定性硫酸盐来源,如石膏灰泥。

T 0380—2024 再生集料酸溶性氯离子含量试验

1 目的与适用范围

1.1 本方法适用于含水泥的再生集料的酸溶性氯离子含量的测定。

1.2 本方法也适用于沙漠地区集料的酸溶性氯离子含量的测定。

2 仪器和试剂

2.1 仪器

2.1.1 天平:称量不小于 1kg,感量不大于 0.1g;称量不小于 5kg,感量不大于 1g;分析天平,称量不小于 100g,感量不大于 0.1mg。

2.1.2 浸泡容器:带盖、宽口的塑料或金属容器,容积 5L(用于粗集料或轻集料)、2L(用于细集料)各 2 个;300mL 的锥形瓶(用于填料) 2 个。

2.1.3 振动器。

2.1.4 锥形瓶:带塞锥形瓶,250mL 和 100mL。

2.1.5 移液管:1mL,2mL,5mL,25mL 和 100mL。

2.1.6 刻度量筒:10mL 和 500mL。

2.1.7 滴定管:2 个,50mL,精度 0.1mL。

2.1.8 容量瓶:2 个,1000mL。

2.1.9 烧杯:2 个 1000mL;2 个 250mL。

2.1.10 漏斗:2 个,直径约 100mm,带快速滤纸,孔径约 $20\mu\text{m}$ 。

2.1.11 烘箱:鼓风干燥箱,恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,并满足 T 0302 中 2.4 要求。

2.1.12 破碎机:可将集料破碎至粒径不大于 4.75mm,宜为小型颚式破碎机。破碎机在使用前应彻底清理干净。

2.1.13 密闭式制样机:一次制样量不少于 100g 的制样机。

2.1.14 试验筛:孔径为 0.15mm 的方孔筛,带筛底和筛盖,并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.1.14 玻璃试剂瓶:琥珀色玻璃试剂瓶和普通玻璃试剂瓶。

2.1.15 通风柜。

2.1.16 金属盘、毛刷、玻璃棒等。

2.2 试剂

2.2.1 硝酸银:分析纯。

2.2.2 浓硝酸:20℃时密度为 $1.39 \sim 1.42\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2.2.3 硫氰酸盐:分析纯,硫氰酸钾或硫氰酸铵。

2.2.4 硫酸铁(Ⅲ)铵:分析纯

2.2.5 3,5,5-三甲基-1-己醇:无氯、分析纯

2.2.6 试验用水:蒸馏水或去离子水

3 试验准备

3.1 配制硝酸银溶液(浓度为 0.1mol/L)
同 T 0372 的 3.1。

3.2 配制硝酸溶液(浓度约 6mol/L)
同 T 0372 的 3.2。

3.3 配制硫酸铁(Ⅲ)铵($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)指示剂溶液
同 T 0372 的 3.3。

3.4 配制硫氰酸盐(KSCN 或 NH_4SCN)溶液(浓度约 0.1mol/L)
同 T 0372 的 3.4,并在试验前标定溶液浓度 C_t 。

3.5 配制硝酸溶液(1+2)
将 100mL 硝酸(HNO_3)加入 200mL 水中,将硝酸溶液在通风橱中煮沸,直到无色,冷却至室温。

3.6 配制硝酸溶液(1+100)
将 10mL 硝酸(HNO_3)加入 1000mL 水中,将硝酸溶液在通风橱中煮沸,直到无色,冷却至室温。

3.7 试样制备

3.7.1 将样品缩分至表 T 0380-1 要求质量的子样一份。

表 T 0380-1 再生集料酸溶性氯离子含量试验的样品质量

公称最大粒径(mm)	2.36	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63	75
一份子样的最小质量(kg)	0.2	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	2.0	2.4	2.7	4.0	4.5	6

3.7.2 先将子样用 19mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 19mm;将原 19mm 筛下颗粒和新破碎 19mm 以下颗粒混合、搅拌均匀。再用 4.75mm 试验筛过筛,取筛上颗粒破碎至全部小于 4.75mm;将原 4.75mm 筛下颗粒和新破碎 4.75mm 以下颗粒混合、搅拌均匀,缩分一份 $25\text{g} \pm 1\text{g}$ 颗粒。再用制样机粉碎至全部小于 0.15mm,充分搅拌, $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重、干燥器中冷却至室温。试验时称取 $2\text{g} \pm 0.01\text{g}$ 试样两份(m)。

4 试验步骤

4.1 取一份试样,放入 250mL 的烧杯中,然后将烧杯移进通风柜中,再用玻璃棒边搅拌边加入 50mL 水及 50mL 硝酸溶液(1+2)。加热煮沸 1min,并适当搅拌。

注:集料含有较多碳酸盐时,加入硝酸溶液过程会产生泡沫。此时,宜缓慢加入硝酸溶液,并不断搅拌。

4.2 向正在沸腾的烧杯溶液中用移液管加入 5mL 的硝酸银溶液(0.1mol/L),继续煮沸不超过 1min 后,用漏斗过滤,滤液收集到 500mL 的容量瓶中;然后用硝酸溶液(1+100)将烧杯、玻璃棒和滤纸清洗干净,至滤液和清洗液总体积达到 200mL,随后将滤液冷却至室温。

4.3 向容量瓶中加入 5mL 的硫酸铁(Ⅲ)铵指示剂,用标定浓度的硫氰酸盐标准溶液进行滴定,并用力摇晃,滴定至溶液出现淡棕色,并保持不变,计算总的硫氰酸盐标准溶液滴定量 V_1 。

4.4 当氯离子含量平均值大于 0.85% 时,减少试样质量,按照 4.1 ~ 4.3 重新进行试验。

5 结果整理

5.1 试样酸溶性氯离子含量按式(T 0380-1)计算,准确至 0.001%。

$$C_{\text{aCl}} = \frac{0.3545 \times (5 - 10C_t V_1)}{m} \quad (\text{T 0380-1})$$

式中: C_{aCl} ——试样的酸溶性氯离子含量,%;

m ——试样的质量,g;

V_1 ——加入硫氰酸盐溶液的体积,mL;

C_t ——标定的硫氰酸盐溶液浓度,mol/L;

0.003545——换算成 Cl 离子的系数。

5.2 取两份试样酸溶性氯离子含量的算术平均值作为试验结果,准确至 0.01%。

6 报告

6.1 试验项目名称和执行标准。

6.2 样品的编号、名称、产地和规格。

6.3 接样日期、样品描述。

6.4 试验日期、样品缩分方法。

6.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

6.6 酸溶性氯离子含量试验结果。

6.7 要说明的其他内容。

条文说明

1 本方法采用硝酸溶液萃取集料中氯离子,然后采用硫氰酸铵容量法测定滤液中酸溶性氯离子含量。

破碎混凝土等含水泥的再生集料中氯离子有两种来源,一种是撒除冰盐、融雪剂,海洋水浸泡等导致外界氯离子渗入到混凝土中,还有一种就是混凝土拌和物组分中本身含有的氯离子。这些氯离子进入混凝土中,以三种形式存在。一种是 Cl^- 与水泥中 C_3A 的水化产物硫铝酸钙反应,生成低溶性的单氯铝酸钙 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$,这属于化学结合;另一种是 Cl^- 被吸附到水泥胶凝材料的水化产物中,即被水泥水化产物内比表面积不可逆的吸收,这属于物理吸附;第三种是 Cl^- 以游离的形式存在于混凝土的孔溶液里。其中化学结合和物理吸附的氯离子含量采用水溶性方法无法测定,只能采用酸溶性方法进行测定。

按照酸溶性氯离子测定氯离子含量较水溶性氯离子含量偏高,这个可能会高估氯离子含量,偏于安全。

附录 A 不同温度时水的密度

不同水温时水的密度 ρ_T 按表 A-1 取用。

表 A-1 不同水温时水的密度 ρ_T

水温(℃)	15	16	17	18	19	20
水的密度 ρ_T (g/cm ³)	0.99913	0.99897	0.99880	0.99862	0.99843	0.99822
水温(℃)	21	22	23	24	25	
水的密度 ρ_T (g/cm ³)	0.99802	0.99779	0.99756	0.99733	0.99702	