

中国公路建设行业协会标准

公路沥青混凝土路面机制砂 应用技术规程

Manufactured sand for Highway Asphalt Concrete Pavement

Application technical specification

主 编 单 位：安徽开源路桥有限责任公司

安徽省交通控股集团有限公司

参 编 单 位：安徽省公路管理服务中心

安徽省交通工程质量安全管理服务中心

交通运输部公路科学研究院

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

安徽省高速公路试验检测科研中心有限公司

中煤第三建设（集团）有限责任公司

安徽开源工程试验检测有限公司

前 言

本规程按照《公路工程标准编写导则》（JTG A04）和《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）给出的规则起草。

编写组在总结机制砂在国内公路沥青混凝土路面中应用经验和科研成果的基础上，经分析梳理、试验论证，并广泛征求有关意见，制定本规程。

本规程共分8章、5个附录。主要内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 机制砂规格和类别；5 机制砂技术要求；6 机制砂公路沥青混凝土路面技术要求；7 机制砂公路沥青混凝土路面施工；8 检验与质量控制。

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，联系人吴言安（地址：合肥市高新区天智路17号，邮编：230088，电话：0551-67182909，电子邮箱244878226@qq.com），以便下次修订时参考。

目 次

1	总则.....	1
2	术语.....	1
3	基本规定.....	2
4	机制砂类别和规格.....	3
4.1	类别.....	3
4.2	规格.....	3
5	机制砂技术要求.....	3
5.1	一般规定.....	3
5.2	技术要求.....	3
6	公路沥青混凝土路面用机制砂技术要求.....	4
6.1	一般规定.....	4
6.2	技术要求.....	4
7	机制砂公路沥青混凝土路面施工.....	5
7.1	一般规定.....	5
7.2	沥青混合料拌和、运输、摊铺、碾压及成型.....	5
8	检验与质量控制.....	6
8.1	一般规定.....	6
8.2	机制砂检验.....	6
8.3	机制砂公路沥青混凝土路面检验与质量控制.....	9
附录 A:	机制砂标准化生产技术要求.....	10
附录 B:	机制砂密度和吸水率试验方法.....	14
附录 C:	微型狄法尔磨耗试验.....	20
附录 D:	机制砂棱角性试验方法（流动时间法）.....	24
附录 E:	规范性引用文件.....	28
	本规程用词用语说明.....	29

1 总则

1.0.1 为促进机制砂行业发展，进一步规范机制砂在公路沥青混凝土路面中的应用，保证沥青路面工程质量，特制订本规程。

1.0.2 本规程适用于公路沥青混凝土路面用机制砂的质量控制及机制砂沥青混凝土配合比设计、施工、质量检验与验收。

1.0.3 本规程所用试验仪器应经国家有关机构检定、校准合格，并符合本规程要求。

1.0.4 公路沥青混凝土路面机制砂应用除应符合本规程外，尚应符合有关法律、法规和现行国家、行业标准和规范的有关规定。

2 术语

2.0.1 机制砂 manufactured sand

经除土处理，机械破碎、整形、筛分制成的，粒径小于 4.75mm 或 2.36mm 的岩石颗粒，但不包括软质岩石、风化岩石的颗粒。

2.0.2 小于 0.075mm 颗粒含量 Particle content less than 0.075mm

机制砂中粒径小于 0.075mm 的颗粒质量百分率。

2.0.3 压碎指标值 crushing index value

用于衡量机制砂在逐渐增加的荷载下抵抗压碎的能力。

2.0.4 棱角性 angularity

测定一定体积的机制砂全部通过标准漏斗所需要的流动时间，用于评定机制砂颗粒的表面构造和粗糙度，预测机制砂对沥青混合料的内摩擦角和抗流动变形性能的影响。

2.0.5 微型狄法尔磨耗值 micro deval wear value

采用微型狄法尔试验机测定磨耗值用于评价机制砂的抗磨耗性能。

2.0.6 粗制砂工艺 rough machining process of manufactured sand

采用普通机械将岩石或卵石进行破碎、筛分，制成小于 4.75mm 颗粒或 2.36mm 机制砂成品的过程。

2.0.7 精制砂工艺 Refined Precise machining process of manufactured sand

采用专用制砂机将粗制砂颗粒进一步破碎、整形、除尘、筛分，制成小于 2.36mm 颗粒的过程。

2.0.8 干法制砂工艺 dry-process sand production process

在干燥条件下破碎、筛分和采用干法除尘装置除去机制砂中石粉的制砂工艺。

2.0.9 湿法制砂工艺 wet-process sand production process

在干燥或潮湿条件下破碎，采用水力分选和除去机制砂中石粉的制砂工艺。

2.0.10 机制砂沥青混合料 bituminous mixtures, Asphalt mixtures

由机制砂和矿料与沥青结合料拌和而成的混合料的总称。

2.0.11 级配稳定性 gradation stability

表征机制砂级配的波动程度，采用关键筛孔通过率的变动幅度进行控制。

2.0.12 粘附性能指标 Adhesion performance index

用以表征机制砂的洁净程度、与沥青的吸附粘结等性能，包括砂当量、亚甲蓝值 (MBV)、塑性指数、亲水系数等。

2.0.13 砂当量 sand equivalent

用于评定机制砂中所含粘性土或杂质含量的指标。

2.0.14 亚甲蓝值 (MBV) methylene blue value

用于判定机制砂中粒径小于 0.075mm 颗粒的吸附性能的指标。

2.0.15 塑性指数 plasticity index

机制砂中 0.075mm 以下的部分液限与塑限的差值称为塑性指数 IP (Plasticity Index) = ω_L (液限 Liquid Limit) - ω_P (塑限 Plastic Limit)。

2.0.16 亲水系数 Hydrophilic coefficient

用于评价机制砂的石粉与沥青结合料的粘附性能。

3 基本规定

3.0.1 公路沥青混凝土路面用机制砂应选用碱性基或中性基的岩石加工，其母岩岩性应均匀一致，饱和单轴抗压强度应符合表 2 规定。

3.0.2 机制砂生产过程应符合环保、安全及 JC/T 2299 等相关行业规定要求，并根据工程需要采用专门的加工工艺，具体要求详见附录 A。

3.0.3 机制砂母岩和成品的储存、运输应符合附录 A 的要求，并设置明显的标识。

3.0.4 机制砂应按照本规程 8.2 的规定进行型式检验、出厂检验、进场检验。

3.0.5 用于高速公路和一级公路中上面层的机制砂应采用精制砂工艺；用于高速公路和一级公路下面层及其他各等级公路的机制砂可采用粗制砂工艺。

3.0.6 机制砂沥青混凝土路面沥青混合料设计、施工、检验应符合 JTG F40 及 JTG F80/1 等的要求。

4 机制砂类别和规格

4.1 类别

机制砂级配应采用水洗法进行检验，其级配应符合表 1 规定。

表 1 沥青混合料用机制砂规格

规格	公称粒径 (mm)	水洗法通过各筛孔的质量百分率 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15	0~5	100	90~100	60~90	40~75	20~55	7~40	2~20	0~10
S16	0~3	—	100	80~100	50~80	25~60	8~45	0~25	0~15

注：S16 规格的机制砂应采用精制砂工艺制成。

4.2 规格

机制砂按生产加工工艺分为精制砂和粗制砂。

5 机制砂技术要求

5.1 一般规定

5.1.1 机制砂应洁净、无风化、无杂质，并符合规定的级配。

5.1.2 公路沥青混凝土路面用机制砂除应满足表 2 技术要求外，尚应综合考虑交通荷载、气候条件等影响，选择适宜的机制砂母岩和制砂工艺。

5.1.3 机制砂的放射性应符合 GB 6566 的要求。

5.2 技术要求

机制砂的技术指标要求应符合表 2 的规定。

表 2 机制砂技术指标要求

序号	技术指标	技术要求		试验方法
		高速公路、一级公路	其他等级公路	
1	母岩饱和单轴抗压强度 (MPa), \geq	80	60	JTG E41 T0221
2	母岩的岩性	碱性基或中性基	碱性基或中性基	JTG E41 T0201
3	坚固性 (>0.3mm 部分), \leq	8	10	JTG E42 T0341

4	压碎指标 (%)， \leq	20	25	JTG E42 T0350	
5	表观相对密度， \geq	2.6	2.5	附录 B	
6	吸水率 (%)， \leq	2	2	附录 B	
7	颗粒级配 (颗粒分析)	见表 1	见表 1	JTG E42 T0302/0327	
8	级配稳定性	符合要求，见附注	符合要求，见附注	JTG E42 T0302/0327	
9	棱角性 (s)， \geq	30	—	附录 D	
10	微型狄法尔磨耗值， \leq	28	30	附录 C	
11	小于 0.075mm 颗粒含量 (%)	12	15	JTG E42 T0327	
12	粘附性能指标	亚甲基蓝值 (g/kg)， \leq	4.5	5.0	JTG E42 T0349
		砂当量 (%)， \geq	60	50	JTG E42 T0334
		塑性指数 (%)， $<$	4	10	JTG E42 T0354
		亲水系数， $<$	1	1	JTG E42 T0353

注：机制砂级配稳定性应控制关键筛孔通过率：其中，S15 中 2.36mm 为 $\pm 5\%$ ，0.6mm 为 $\pm 3\%$ ，0.075mm 为 $\pm 2\%$ ；S16 中 1.18mm 为 $\pm 5\%$ ，0.6mm 为 $\pm 3\%$ ，0.075mm 为 $\pm 2\%$ 。

6 公路沥青混凝土路面用机制砂技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 机制砂用于公路沥青混凝土路面应根据公路等级、交通荷载、气候条件、水文地质等并综合考虑集料公称最大粒径、矿料级配、空隙率等确定沥青混合料类型。其中，冷拌沥青混合料宜采用密级配沥青混合料。

6.1.2 应根据沥青混合料类型和 JTG F40 规定的矿料级配范围确定工程设计级配范围。

6.1.3 应根据沥青混凝土的路用性能，选择适宜的机制砂母岩。

6.2 技术要求

6.2.1 机制砂沥青混合料技术要求应符合 JTG F40 规定。

6.2.2 机制砂沥青混合料配合比应采用马歇尔试验配合比设计方法，并以体积指标作为主要控制指标，可采用马歇尔击实法或旋转压实法进行成型，并检验机制砂沥青混合料的相关性能指标。对于 SMA 沥青混合料、OGFC 沥青混合料，还应进行谢伦堡试验及肯特堡

飞散试验。

6.2.3 机制砂沥青混合料配合比设计时，应充分考虑交通荷载等级、气候条件对路用性能的要求，合理确定矿料级配和沥青用量，严格控制机制砂小于 0.075mm 颗粒含量。

6.2.4 经设计确定的标准配合比在施工过程中不得随意变更。生产过程中应重点加强机制砂级配稳定性的跟踪检测，其波动范围应符合表 2 规定。

6.2.5 机制砂热拌普通沥青混合料应根据沥青的黏温曲线确定混合料的拌和、压实温度；对于改性沥青混合料，宜根据实践经验、改性剂的品种及掺量，适当提高拌和及压实温度 10~20℃。

7 机制砂公路沥青混凝土路面施工

7.1 一般规定

7.1.1 机制砂公路沥青混凝土路面施工应符合 JTG F40 规定。

7.1.2 机制砂公路沥青混凝土路面施工应在气温高于 10℃（高速公路和一级公路）或 5℃（其他等级公路）进行施工，特殊情况下施工应采取有效的技术措施。

7.1.3 雨天、路面潮湿的情况下不得进行机制砂公路沥青混凝土路面施工。

7.1.4 机制砂公路沥青混凝土路面施工应符合绿色、环保、安全的有关规定。

7.1.5 机制砂公路沥青混凝土路面施工宜优先采用信息化、数字化、智能化施工技术。

7.2 沥青混合料拌和、运输、摊铺、碾压及成型

7.2.1 机制砂沥青混合料宜采用具有自动计量系统的间歇式拌和机拌和。

7.2.2 机制砂沥青混合料拌和前应进行机制砂含水率检测，并根据检测结果调整矿料加热温度、拌和时间及除尘风门开度，确保混合料质量。

7.2.3 机制砂沥青混合料应搅拌均匀，颜色一致，不得出现离析、花白和泛油等现象。拌合过程中，应注意观察拌合物状态，及时取样检查沥青用量、矿料级配等指标。

7.2.4 机制砂热拌沥青混合料宜采用较大吨位的运料车运输，运料车车厢板上应涂薄层隔离剂或防粘剂，并应采取覆盖保温、防雨、防污染措施。

7.2.5 机制砂热拌沥青混合料的摊铺、碾压及成型

1 高速公路、一级公路机制砂沥青混凝土表面层宜采用整幅摊铺。

2 摊铺机应采用自动找平方式，缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。

3 应根据混合料的类型、结构层厚度、施工气温、机制砂的棱角性等因素合理选择沥青混合料的碾压工艺。SMA 面层不适宜使用胶轮压路机碾压。

4 振动压路机碾压时应遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。

5 压路机不得在未碾压成型路段上转向、调头、加水或停留。在当天成型的路面上，不得停放各种机械设备或车辆，不得散落矿料、油料等杂物。

8 检验与质量控制

8.1 一般规定

8.1.1 应建立健全有效的质量保证体系，对原材料、配合比、施工各工序的质量进行有效控制。

8.1.2 机制砂质量应加强源头控制，确保材料稳定，不同材质、厂家的机制砂不得混用。

8.1.3 机制砂公路沥青混凝土路面施工应加强过程质量控制，实行动态质量管理。

8.2 机制砂检验

8.2.1 检验类型

机制砂的检验类型分成三种，即型式检验、出厂检验和进场检验，检验项目详见表 3。

1 出厂检验

出厂检验是生产厂家对正式生产出的机制砂在出厂前所进行的常规检验。

2 型式检验

由有资质的质量检验检测机构对机制砂各项指标进行的抽样全面检验。当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1) 机制砂投产时或料源调查时；
- 2) 机制砂母岩发生变化时，如料源改变、岩性改变、颜色改变等；
- 3) 机制砂生产工艺发生变化时；
- 4) 正常生产时，每 30000t 进行一次，每年至少检测一次；
- 5) 停产 3 个月及以上恢复生产时；
- 6) 出厂检验结果与型式检验有较大差异时。

3 进场检验

进场检验是指对进入施工现场的机制砂按相关标准规定要求进行检验，对机制砂达到合格与否做出确认。

8.2.2 检验项目

表 3 检验项目一览表

序号	技术指标项目参数	型式检验	出厂检验	进场检验
1	母岩的饱和单轴抗压强度	√	×	×
2	机制砂母岩的岩性	√	×	×

3	坚固性 (>0.3mm 部分)	√	○	○
4	压碎指标	√	√	√
5	表观相对密度	√	√	√
6	吸水率	√	√	√
7	颗粒级配 (颗粒分析)	√	√	√
8	级配稳定性	√	√	√
9	棱角性	√	○	○
10	微型狄法尔磨耗值	√	○	○
11	小于 0.075mm 颗粒含量	√	√	√
12	粘附性能 指标	亚甲蓝值	√	√
		砂当量	√	√
		塑性指数	√	○
		亲水系数	√	○

注：常规条件下“√”为必检项目，“×”为可不检验项目，“○”为初次进场和料源改变时必检，后续进场根据具体情况而定的可选检验项目。

8.2.3 检验频次

型式检验每次检测全部指标；出厂及进场检验按表 4 规定进行。

表 4 检验频次

序号	技术指标	检验频次	
1	母岩的饱和单轴抗压强度	直径或边长和高均为 50mm， 每组试件共 6 个	
2	坚固性 (>0.3mm 部分)	1 次/5000t，或必要时	
3	压碎指标	1 次/5000t	
4	表观相对密度	1 次/1000t	
5	吸水率	1 次/1000t	
6	颗粒级配 (颗粒分析)	1 次/1000t	
7	级配稳定性	1 次/1000t	
8	棱角性	1 次/1000t，或必要时	
9	微型狄法尔磨耗值	1 次/5000t，或必要时	
10	小于 0.075mm 颗粒含量	1 次/1000t	
11	粘附性能 指标	亚甲蓝值	1 次/1000t
		砂当量	1 次/1000t
		塑性指数	1 次/1000t，或必要时
		亲水系数	1 次/1000t，或必要时

8.2.4 检验规则

1 取样方法

取样应均匀分布、从不同部位随机抽取大致等量的砂 8 份，组成一组样品。

2 取样数量

单项试验的最小取样数量应符合表 5 的规定。

表 5 机制砂单项试验取样数量

序号	试验项目	最少取样数量/kg
1	母岩的饱和单轴抗压强度	直径或边长和高均为 50mm，每组试件共 6 个
2	机制砂母岩的岩性	标本数不少于 3 个，对于不规则试样，样品规格为体积不少于 100cm ³ 的近似立方体
3	坚固性（冻融、腐蚀环境）	20.0
4	压碎指标	20.0
5	表观相对密度	2.6
6	吸水率	5.0
7	颗粒级配（颗粒分析）	4.4
8	级配稳定性	4.4
9	棱角性	20.0
10	微型狄法尔磨耗值	6.0
11	小于 0.075mm 颗粒含量	6.0
12	亚甲蓝值	6.0
13	砂当量	2.0
14	塑性指数	5.0
15	亲水系数	5.0

3 试样缩分

可采用分料器法或人工四分法。

4 试验方法

1) 机制砂母岩饱和单轴抗压强度、岩性、坚固性应按 JTG E 41 的规定执行。

2) 机制砂的颗粒级配、小于 0.075mm 颗粒含量、坚固性、压碎指标、亚甲蓝值、砂当量等试验应按 JTG E 42 和 GB/T 14684 的规定执行。

3) 机制砂的表观相对密度、空隙率、吸水率试验应按附录 B 的规定执行。

4) 机制砂的微型狄法尔磨耗值试验应按附录 C 的规定执行。

5) 机制砂的棱角性试验应按附录 D 的规定执行。

8.2.5 判定规则

1 试验结果均符合本规程规定时，可判为该批产品合格。

2 技术指标中若有一项指标不符合本规程规定时，则应从同一批产品中加倍取样，对该项进行复验。复验后，若试验结果符合本规程规定，可判该检验项合格；若仍然不符合时，则判该检验项不合格。若有两项及以上检验结果不符合本标准规定时，则判该批产品不合格。

8.3 机制砂公路沥青混凝土路面检验与质量控制

8.3.1 配合比检验

1 机制砂公路沥青混凝土配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证三个阶段，确定沥青混合料的材料品种及配合比、矿料级配、最佳沥青用量。

2 机制砂公路沥青混凝土，应在配合比设计的基础上进行各种使用性能的验证，验证沥青混合料的高温稳定性、水稳定性、渗水系数等。

8.3.2 机制砂公路沥青混凝土路面检验与质量控制

1 机制砂沥青混凝土生产过程中应进行混合料外观、拌和温度、矿料级配、油石比、密度、空隙率、稳定度、流值（马歇尔试验）、残留稳定度、动稳定度等检验。

2 拌和站应每个工作日进行热料仓筛分，校核合成级配；检查拌和站打印记录，核验沥青总量。

3 沥青混合料施工应加强外观、接缝、施工温度、厚度、压实度、平整度、宽度、纵断面高程、横坡度、上面层渗水系数、弯沉、构造深度、摩擦系数等质量控制。

4 现场检测优先采用无损检测手段进行厚度、压实度检测。

8.3.3 检验方法

机制砂公路沥青混凝土路面应按照 JTG 3450、JTG E 20、JTG E 42、JTG F 40、JTG F 80/1 等进行检验与质量控制。

附录 A：机制砂标准化生产技术要求

A.1 一般规定

- 1 机制砂采场和加工场（厂）的设计、建造应满足绿色、低碳、环保要求。
- 2 开采前应对机制砂母岩进行材料基本性质和工艺性质试验。
- 3 机制砂母岩开采应满足国家和行业标准的有关规定。
- 4 开采前应由有资质单位编制环境治理方案并报批，边开采边治理。

A.2 场地规划与布置

- 1 场地布局应合理，加工区、检修区、检验区、储存区、办公区、生活区有序衔接，运输道路畅通，排水顺畅，宜采用智能化生产线。
- 2 根据工艺流程，加工区可采用“L”型、“C”型、“W”型、“一”型等布置形式；
- 3 机制砂的生产线可采取两种方案进行
方案一是选用专用场地，每条生产线独立架设喂料器、输送装置、专用制砂机、振动筛。
方案二是与碎石加工生产线配套组合联合作业，冲击式破碎机作为三级破碎机用于整形破碎及制砂专用；
- 4 机制砂加工设备须设置吸尘装置，宜在冲击破出料口、振动筛筛分装置处、成品料出料口处设置。
- 5 机制砂加工设备、机制砂母岩、成品机制砂应采取有效的防尘、防雨措施，并设置标识牌，从各个环节严格控制机制砂的加工质量。

A.3 生产工艺

- 1 机制砂的生产可分为精制砂工艺和粗制砂工艺，其中石粉的去除可根据现场条件采取干法或湿法工艺。
 - 1) 干法加工宜按图 A1 所列工艺流程布置。

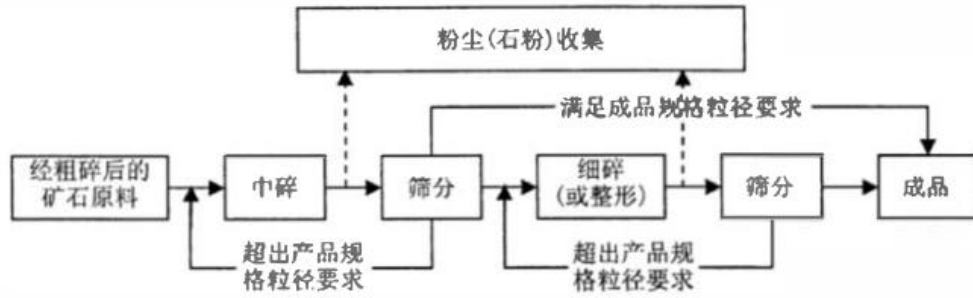


图 A1 机制砂干法加工工艺

2) 湿法加工宜按图 A2 所列工艺流程布置。

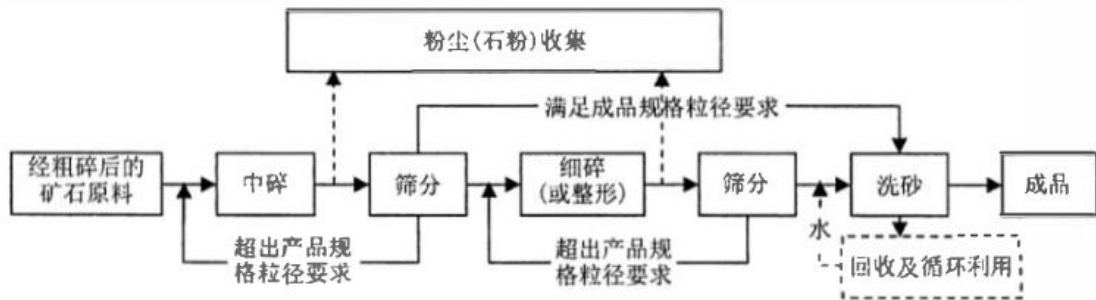


图 A2 机制砂湿法加工工艺

2 机制砂加工宜采用粗碎、中碎和细碎(或整形)的三级破碎工艺。

3 机制砂加工应考虑下列要求：

- a) 精制砂宜采用生产机制石过程中小规格原料作为机制砂原料，不宜采用毛料直接制取机制砂；
- b) 产品质量应符合有关要求，当粒形要求高时宜采用立式冲击破等整形工艺和设备；
- c) 干法加工应采用除尘设备进行粉尘收集处理；
- d) 湿法加工应控制产品的含水率，并应采取循环措施回收和利用废水。

A.4 生产设备

1 机制砂加工系统应由给料设备、破碎（整形）设备、筛分设备、除尘设备和输送设备等组成。

2 设备选择和规格确定，应考虑机制砂母岩的物理性质、破碎产品规格、设计处理量、维护和使用成本等因素。

3 破碎设备宜按下列原则选用：

1) 母岩为硬度大或中硬的原料宜采用颚式、旋回式或圆锥式破碎机破碎，中硬及以下的原料宜采用反击式破碎机破碎。

2) 精制砂应采用出料细料多、针片状少的立式冲击破碎机生产。

A.5 生产控制

1 应建立健全质量管理体系及制度，设置质量检验实验室，配备专职质检人员和检测设备，对母岩原材、机制砂加工工艺、成品质量等进行严格控制。

2 破碎设备的工作参数在确定之后严禁随意更改，对于独立生产线用于加工机制砂的筛网宜为双层筛网，配套组合生产线宜为三层以上筛网。

注：独立生产线和配套组合生产线用于筛分机制砂的筛网可选用 6mm（5mm）和 4mm（3mm）的两层方孔筛网。

3 加工设备应定期进行检查、维护和保养，保障设备正常运转。

4 机制砂应按原料准备、破碎、筛分、除尘（水洗）和贮存等工艺进行生产控制。

5 机制砂原材料破碎前应进行除土处理。

6 机制砂宜采用闭路循环系统筛分，超粒径的颗粒应重新进入破碎机破碎。

7 采用干法制砂工艺生产时，应采用多级除尘系统。采用湿法生产时，宜经过筛分和除尘后水洗。

8 机制砂颗粒级配、超尺寸颗粒含量及石粉含量等符合质量标准要求后方可进入成品区储存。

9 机制砂成品应通过加湿调整含水率，避免堆放、装卸和运输过程中颗粒离析。

A.6 运输和存储

1 场区运输道路宜硬化，并做好道路清扫和车辆清洗工作，运输过程中做好覆盖。

2 不同料源特性、不同类别和规格的机制砂应分别堆放，堆放高度不宜超过 5m，应根据成品的粒级、生产方式的不同控制卸料的跌落高度。

3 堆放场地应硬化，配备完善的封闭及防排水设施。

4 有序发展机制砂多式联运，加强不同运输方式间的有效衔接。

A.7 信息化监测

1 利用信息化手段加强机制砂生产、存储、运输全过程监管。

2 加强运输车辆管控，杜绝超载车辆出场（厂）。

A.8 环境保护与资源综合利用

1 废水处理及循环利用

1) 生产场（厂）应建有独立的排水系统，配备完善的地表水及废水处理设施，经处理后可用于矿山生产、绿化或符合 GB 8978 达标排放。

2) 经处理后的废水应循环使用，重复利用率达到 90%以上。

2 粉尘治理

1) 机制砂母岩开采作业应采取降尘措施，粉尘排放应符合地方环境影响评价要求；

2) 机制砂加工场应对破碎系统进行封闭，并采用定向集尘和收尘装置，必要时可在破碎机下料口增加喷淋设备；

3) 矿区成品石料装卸和运输应采取措施避免粉尘排放。

3 固体废弃物综合利用

1) 剥离表层土可用于复垦、恢复植被时的覆土；

2) 剥离物中具有一定强度的风化石，可作为路基材料使用；

3) 干法和湿法工艺回收的细砂和石粉应分别进行综合利用。

4 减振及降噪措施

1) 机制砂采场和加工场（厂）环境噪声排放应符合 GB 12348 的相关要求；

2) 宜采用缓冲装置对破碎设备进行减振处理；

3) 生产区和生活区之间宜采用降噪和绿化措施。

附录 B：机制砂密度和吸水率试验方法

机制砂密度及吸水率试验(坍落筒法)

1 适用范围

1.1 本方法适用于坍落筒法测定机制砂的毛体积相对密度、表观相对密度、表干相对密度。

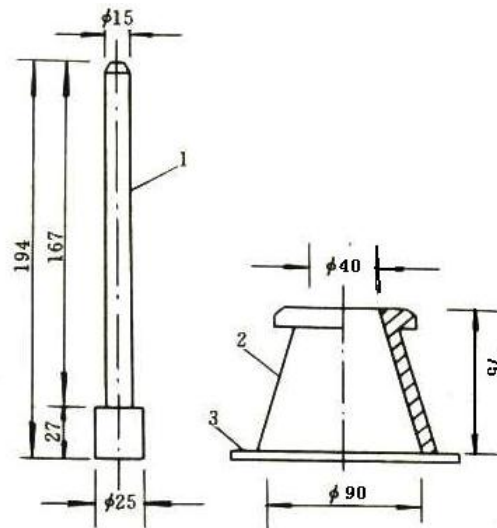
1.2 本方法适用于用坍落筒法测定机制砂处于饱和面干状态时的吸水率。

1.3 本方法适用于用坍落筒法测定机制砂的毛体积密度、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 40mm±3mm，下口径 90mm±3mm，高 75mm±3mm 的金属坍落筒(见图 B-1)，厚度不小于 4mm。



1-捣棒；2-试模；3-玻璃片

图 B-1 饱和面干试模及其捣棒(尺寸单位：mm)

2.3 捣棒：金属棒，捣实端直径 25mm±3mm，质量 340g±15g(图 B-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 B-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 B-2 中 d~c 状态）。

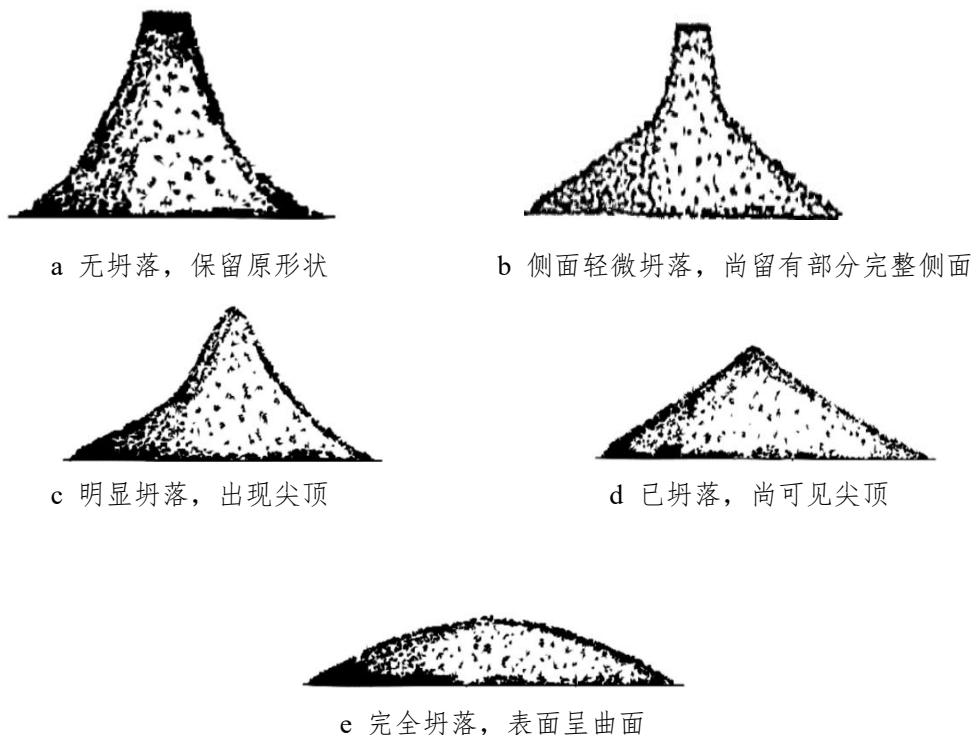


图 B-2 细集料不同坍落状态示意图

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(B-1)、(B-2)、(B-3)计算,准确至 0.001。

$$\gamma_a = \frac{m_0}{m_0 + m_1 - m_2} \quad (\text{B-1})$$

$$\gamma_s = \frac{m_3}{m_3 + m_1 - m_2} \quad (\text{B-2})$$

$$\gamma_b = \frac{m_0}{m_3 + m_1 - m_2} \quad (\text{B-3})$$

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(B-4)、(B-5)、(B-6)计算,准确至 0.001g/cm³。

$$\rho_a = \gamma_a \times \rho_t \quad (\text{B-4})$$

$$\rho_s = \gamma_s \times \rho_t \quad (\text{B-5})$$

$$\rho_b = \gamma_b \times \rho_t \quad (\text{B-6})$$

式中: ρ_a ——试样的表观密度, g/cm³;

ρ_s ——试样的表干密度, g/cm³;

ρ_b ——试样的毛体积密度, g/cm³;

ρ_t ——试验温度 T 时水的密度,按 JTG 42 附录 A 取用, g/cm³。

5.3 试样的吸水率按式(B-7)计算,准确至 0.01%。

$$\omega_x = \frac{m_3 - m_0}{m_3} \times 100 \quad (\text{B-7})$$

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(B-8)

计算，准确至 0.01%，但需在报告中注明。

$$W'_x = \frac{m_3 - m_0}{m_3} \times 100 \quad (\text{B-8})$$

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：

坍落筒法测定机制砂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。

对于沥青路面工程，机制砂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。因此对于机制砂应水洗筛除 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。

《公路工程集料试验规程》（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《公路工程集料试验规程》（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。本规程为先筛除 4.75mm 以上颗粒，然后进行 0.075mm 水筛去除 0.075mm。

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，当试样完全筛除粉料时为图 B-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机制砂，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 B-2 中 b 状态。

另外，GB/T 14684，对于天然砂为图 B-2 中 d 状态，机制砂为图 B-2 中 b 状态。

通过大量试验表明，对于机制砂，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，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 B-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 B-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 B-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。

附录 C：微型狄法尔磨耗试验

机制砂磨耗试验(微型狄法尔法)

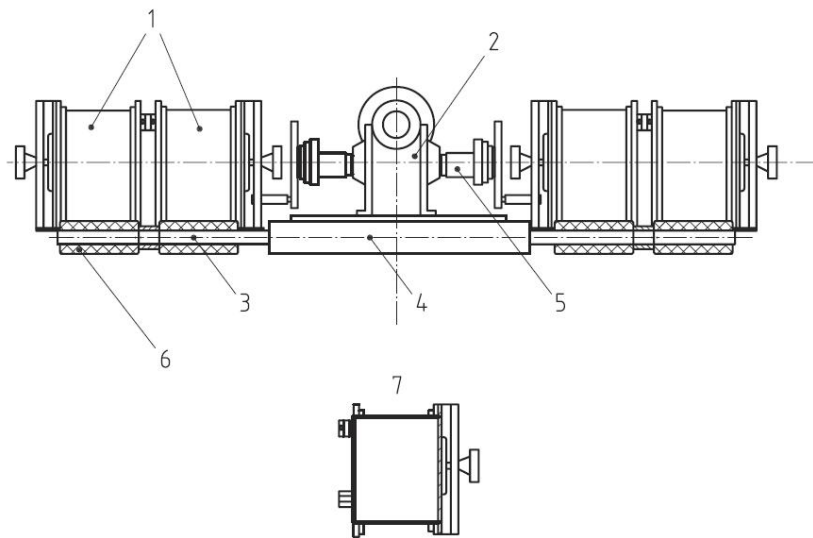
1 目的与适用范围

本方法适用于测定机制砂微型狄法尔磨耗值，以评价其抗磨耗性能。

2 仪器与材料

2.1 仪器

2.1.1 微型狄法尔磨耗试验机：如图 C-1 所示。



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

图 C-1 微型狄法尔试验机示意图

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 $100\text{r}/\text{min}\pm 5\text{r}/\text{min}$ 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 C-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 微型狄法尔标准细集料：0.15~4.75mm 细集料，微型狄法尔磨耗值标准值控制精度为 2%。

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 $100\text{r}/\text{min}\pm 5\text{r}/\text{min}$ 转速匀速转动 4h；然后再称取 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 C-1 中根据最接近的粒级类别选择试验筛，将烘干的子样按 T0302 中干筛法筛分出不同粒级备用。

表 C-1 机制砂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)
D	4.75~9.5	500 \pm 1	500 \pm 1	3800 \pm 5	S12	5~10
E	2.36~4.75	500 \pm 0.5	500 \pm 0.5	1500 \pm 5	S13	3~5
F	2.36~4.75	50 \pm 0.5	500 \pm 3	1250 \pm 5	S14	0~5
	1.18~2.36	125 \pm 0.5				
	0.6~1.18	125 \pm 0.5				
	0.3~0.6	100 \pm 0.5				
	0.15~0.3	75 \pm 0.5				

	0.075~ 0.15	25±0.5				
--	----------------	--------	--	--	--	--

注：对于 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 C-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 C-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 $100\text{r}/\text{min}\pm 5\text{r}/\text{min}$ 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 (C-1) 计算，准确至 0.1%。

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

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。

附录 D：机制砂棱角性试验方法（流动时间法）

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 仪器与材料

2.1 细集料流动时间测定仪：如图 D-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整体。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。

2.3 试验筛：孔径为 2.36mm 、 0.075mm 的方孔筛，并满足 T 0302 中 2.1 要求。

2.4 天平：称量不小于 5kg ，感量不大于 1g 。

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：准确至 0.1s 。

2.7 接收容器：容积约 3L 。

2.8 其他：金属盘、毛刷等。

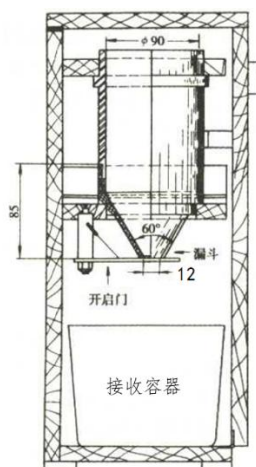


图 D-1 细集料流动时间测定仪(尺寸单位：mm)

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°C±5°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±2s。

3.4 若 E_{crs} 不满足标准集料标准值 $E_{cs}±2s$ 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°C±5°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°C±5°C 烘干至恒重、冷却至室温。

4.2 按式(D-1)计算一份试样所需的质量，准确至 0.1g。

$$m=1000\times\gamma_a/2.70 \quad (D-1)$$

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 $m±2g$ 试样一份。

5 试验步骤

5.1 将漏斗与圆筒连接安装成一整体。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°C。

6 计算

6.1 试样的流动时间按式(D-2)计算,准确至 1s。

$$E_c = E_{ct} - (E_{cs} - E_{crs}) \quad (D-2)$$

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。

因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,本规程提出了细集料棱角性技术要求。

条文说明

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。

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 D-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
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。

另外，流动时间法是欧盟的方法，美国、加拿大采用间隙率法，相关方法见 T 0344—2000 细集料棱角性试验(间隙率法)，其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：

2.36 mm~1.18 mm	44g
1.18 mm~0.6 mm	57g
0.60 mm~0.30 mm	72g
0.30 mm~0.15 mm	17g

B 方法：将细集料用 0.075mm 或 0.15mm 筛水洗后，干燥后筛出 2.36 mm~1.18 mm、1.18 mm~0.60 mm、0.6 mm~0.3 mm 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 4.75 mm 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。

对于水泥混凝土等混合物料，可以考虑采用 A 方法加流动时间方法来进行。

附录 E：规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 6566	建筑材料放射性核素限量
GB 8978	污水综合排放标准
GB 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 14684	建设用砂
GB/T 14685	建设用卵石、碎石
JTG 3450	公路路基路面现场测试规程
JTG E 20	公路工程沥青及沥青混合料试验规程
JTG E 41	公路工程岩石试验规程
JTG E 42	公路工程集料试验规程
JTG F 40	公路沥青路面施工技术规范
JTG F 80/1	公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JC/T 2299	机制砂石生产技术规程

本规程用词用语说明规程用词用语说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4) 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准，规范执行的写法为“应按……执行（或采用）”或“应符合……规定（或要求）”。非必须按指定的标准、规范执行的写法为“可参照……”。