

中国公路建设行业协会标准

公路无机结合料基层机制砂应用技术规程

Manufactured sand for Highway Inorganic Binder Base

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研究中心有限公司
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无机结合料基层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、1个附录。主要包括：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 机制砂公路无机结合料基层技术要求；7 机制砂公路无机结合料基层施工；8 检验与质量检查。

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.....	2
2	术语.....	2
3	基本规定.....	3
4	机制砂规格和类别.....	3
4.1	规格.....	3
4.2	类别.....	4
5	机制砂技术指标.....	4
5.1	一般规定.....	4
5.2	技术要求.....	4
6	机制砂公路无机结合料基层技术要求.....	5
6.1	一般规定.....	5
6.2	技术要求.....	5
7	机制砂公路无机结合料基层施工.....	5
7.1	一般规定.....	5
7.2	混合料的拌和、运输、摊铺、碾压.....	6
7.3	养生和层间处理.....	6
8	检验与质量检查.....	6
8.1	一般规定.....	6
8.2	机制砂的检验.....	6
8.3	机制砂公路无机结合料基层检验与质量控制.....	9
	附录 A：规范性引用文件.....	10
	本规程用词用语说明规程用词用语说明.....	11

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无机结合料基层中的应用，保证无机结合料基层工程质量，特制订本规程。

1.0.2 本规程适用于公路无机结合料基层用机制砂的质量控制及公路机制砂无机结合料配合比设计、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 公路无机结合料基层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、行业现行标准和规范的有关规定。

注：本规程所称无机结合料基层，特指水泥稳定碎（砾）石基层、底基层。

2 术语

2.0.1 机制砂 manufactured sand

岩石或卵石经除土处理，由机械反复破碎、整形、筛分制成的，粒径小于 4.75mm 的坚硬颗粒，但不包括软质岩石、风化岩石的颗粒及膨胀岩石、盐岩等特殊岩。对于矿山尾矿、工业废渣颗粒等经试验验证合格后方可选用。

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 泥块含量 clay lumps and friable particles content

机制砂中原粒径大于 1.18mm，经水浸洗、手捏后小于 0.60mm 的颗粒含量。

2.0.4 砂当量 sand equivalent

用于评定机制砂中所含黏土或杂质含量的指标，以评定集料的洁净程度。

2.0.5 压碎指标 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。

2.0.6 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。

2.0.7 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)。

2.0.8 无机结合料 inorganic binders

主要指水泥、石灰、粉煤灰及其他工业废渣。本规程仅限为水泥。

2.0.9 亚甲蓝 (MB) 值 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。

2.0.10 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。

2.0.11 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 4.75mm 颗粒或 2.36mm 颗粒的过程。

3 基本规定

3.0.1 公路无机结合料基层用机制砂母岩应符合 JTG/T F20 中粗集料相关技术要求。采用矿山尾矿及工业废渣生产机制砂时，应经过专门的试验论证。

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 T/CHCA xxx（公路沥青混凝土路面机制砂应用技术规程）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 机制砂无机结合料基层设计、施工、检验应符合 JTG/T F20 及 JTG F80/1 的要求。

4 机制砂规格和类别

4.1 规格

4.1.1 公路无机结合料基层用机制砂按级配划分为 XG-1、XG-2 和 XG-3 三种规格，详见表 1。

表 1 公路无机结合料基层用机制砂规格

规格	公称粒径 (mm)	水洗法通过各筛孔的质量百分率 (%)								公称粒径 (mm)
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
XG1	3~5	100	90~100	0~15	0~5	—	—	—	—	2.36~4.75
XG2	0~3	—	100	90~100	—	—	—	—	0~10	0~2.36
XG3	0~5	100	90~100	—	—	—	—	—	0~15	0~4.75

4.1.2 对 0~3mm 和 0~5mm 的细集料应分别严格控制大于 2.36mm 和 4.75mm 的颗粒含量。对 3~5mm 的细集料应严格控制小于 2.36mm 的颗粒含量。

4.2 类别

机制砂按生产加工工艺可分为精制砂和粗制砂。

5 机制砂技术指标

5.1 一般规定

5.1.1 机制砂应洁净、无风化、无杂质，并有符合规定的颗粒级配。

5.1.2 公路无机结合料基层用机制砂除应满足表 2 技术要求外，尚应综合考虑公路等级、水文地质、气候及交通条件等影响。

5.1.3 机制砂的放射性应符合 GB 6566 的要求。

5.2 技术要求

5.2.1 水泥稳定碎（砾）石基层用机制砂技术要求应符合表2的规定。

表 2 水泥稳定碎（砾）石基层用机制砂规格技术要求

序号	技术指标	水泥稳定		试验方法	
		极重、特重、重载 交通荷载等级	中、轻交通荷载 等级		
1	机制砂母岩饱和单轴抗压强度 (MPa)	≥60	≥40	JTG E41 T0221	
2	坚固性 (%)	≤8	≤10	JTG E42 T0340	
3	表观密度 (kg/m ³)	≥2500		JTG E42 T0328	
4	砂当量 (%), ≥	60	50	JTG E42 T0334	
5	有机质含量 (%)	<2	合格 (比色法)	JTG 3430 T0151/JTG E42 T0336 (比色法)	
6	硫酸盐含量 (%)	≤0.25		JTG E42 T0341	
7	吸水率 (%)	≤2.0	≤3.0	JTG E42 T0330/T0308	
8	压碎指标 (%)	≤25	≤30	JTG E42 T0350	
9	塑性指数	≤17		JTG 3430 T0118	
10	颗粒级配 (颗粒分析)	见表 1		JTG E42 T0327	
11	级配稳定性	符合要求, 见附注		JTG E42 T0327	
12	小于 0.075mm 颗粒含量 (%)	MB 值 < 1.40 或合格	≤10.0	≤15.0	JTG E42 T0349/T0327
		MB 值 ≥ 1.40 或不合格	5.0	7.0	

注: 1. 机制砂级配稳定性应控制关键筛孔通过率。关键筛孔: XG-1 为 4.75mm、2.36mm; XG-2 为 4.75mm、

0.075mm, 2.36mm; XG-3 为 2.36mm、0.075mm。允许误差: 4.75mm 为±5%, 2.36mm 为±5%, 0.075mm 为±2%。

6 机制砂公路无机结合料基层技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 机制砂公路无机结合料基层应根据公路等级、交通荷载、结构形式、材料类型、气候条件、水文地质等因素确定材料技术要求, 选择技术经济合理的混合料类型和配合比。

6.1.2 应根据当地机制砂、混合料类型和 JTG/T F20 规定的矿料级配范围确定工程设计级配范围。

6.1.3 极重及特重交通高速公路和一级公路基层机制砂宜采用精制砂工艺制成。

6.1.4 施工中应对无机结合料基层的原材料, 混合料拌和、运输、摊铺、碾压及养生等进行全过程控制。

6.2 技术要求

6.2.1 机制砂公路无机结合料基层技术要求应符合 JTG/T F20 规定。

6.2.2 应采用 7d 龄期无侧限抗压强度作为无机结合料基层施工质量控制的主要指标。

6.2.3 在机制砂公路无机结合料混合料配合比设计时, 应充分考虑不同石粉类型、含量对混合料强度、抗反射裂缝和抗冲刷能力的影响。

6.2.4 在配合比设计时, 应根据延迟时间试验确定施工容许延迟时间。

6.2.5 经试验段验证后的标准配合比及施工参数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。

7 机制砂公路无机结合料基层施工

7.1 一般规定

7.1.1 机制砂公路无机结合料基层施工应符合 JTG/T F20 的有关规定, 并满足绿色、环保、安全的相关要求。

7.1.2 施工前, 应根据设计要求、工程特点、施工机械组合、施工工艺、施工环境及机制砂的特点等制定机制砂公路无机结合料基层施工方案。

7.1.3 机制砂公路无机结合料基层不得在最高气温 35℃以上和最低气温 5℃以下的时间段及雨天进行施工。

7.1.4 机制砂公路无机结合料基层施工宜优先采用信息化、数字化、智能化施工技术。

7.2 混合料的拌和、运输、摊铺、碾压

7.2.1 机制砂公路无机结合料基层混合料应采用单机生产能力不低于 500t/h 且配备自动计量器及 4 个以上供料斗的稳定粒料拌和机集中厂拌。供料斗之间应设置隔板，防止混仓，混合料储料仓上端出口处应设防离析漏斗。

7.2.2 混合料应搅拌均匀，颜色一致，不得有离析现象。

7.2.3 混合料宜采用较大吨位的运料车运输，并采取覆盖防雨、防污染措施。

7.2.4 混合料宜采用两侧立模、整幅、连续摊铺，当采用两台及以上摊铺机时应组成梯队，避免纵向接缝。

7.2.5 摊铺机宜采用自动找平方式，缓慢、均匀、连续不间断地摊铺。

7.2.6 机制砂公路无机结合料基层混合料应在处于或略大于最佳含水率的状态下碾压。气候炎热干燥时，碾压时的含水率可较最佳含水率增加 0.5~1.0 个百分点。

7.2.7 压实应按照试验段总结确定的工艺参数进行，本着“先轻后重、先边后中、轮迹重叠”的原则，一次碾压长度宜为 50m~80m。

7.3 养生和层间处理

7.3.1 机制砂公路无机结合料基层在混合料碾压完成、检验合格后应及时进行养生，养生时间宜为 14d，其中覆盖保湿养生不少于 7d，后 7d 洒水每天不少于三次。

7.3.2 宜采用洒水、薄膜覆盖、土工布、草帘覆盖等方式进行养生，养生期除洒水车外严禁其它车辆通行。

7.3.3 机制砂公路无机结合料基层的层间处理，应先清理干净下承层表面的浮浆、处理好下承层裂纹，并在上承层施工前 1h~2h 撒布水泥净浆。

8 检验与质量检查

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 机制砂公路无机结合料基层施工应加强过程质量控制，实行动态质量管理。

8.2 机制砂的检验

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	机制砂母岩饱和单轴抗压强度	√	×	×
2	坚固性 (>0.3mm 部分)	√	○	○
3	表观密度	√	√	√
4	砂当量	√	√	√
5	有机质含量	√	○	○
6	硫酸盐含量	√	○	○
7	吸水率	√	√	√
8	压碎指标值	√	○	○
9	塑性指数	√	○	○
10	颗粒级配 (颗粒分析)	√	√	√
11	级配稳定性	√	√	√
12	小于 0.075mm 颗粒含量	√	√	√
13	亚甲蓝值	√	√	√

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；出厂及进场检验按下表 4 规定进行。

表 4 检验频次

序号	技术指标	检验频次
1	坚固性 (>0.3mm 部分)	1 次/5000t
2	表观密度	1 次/1000t
3	砂当量	1 次/1000t
4	有机质含量	1 次/5000t
5	硫酸盐含量	1 次/5000t
6	吸水率	1 次/1000t
7	压碎指标值	1 次/5000t
8	塑性指数	1 次/1000t
9	颗粒级配 (颗粒分析)	1 次/1000t
10	级配稳定性	1 次/1000t
11	小于 0.075mm 颗粒含量	1 次/1000t
12	亚甲蓝值	1 次/1000t

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	机制砂母岩的抗压强度	直径或边长和高均为 50mm，每组试件共 6 个
2	坚固性	20.0
3	表观密度	2.6
4	砂当量	2.0
5	有机质含量	2.0
6	硫酸盐含量	0.6
7	吸水率	4.4
8	压碎指标	20.0
9	塑性指数	5.0
10	颗粒级配 (颗粒分析)	4.4
11	级配稳定性	4.4
12	小于 0.075mm 颗粒含量	6.0
13	亚甲蓝值	6.0

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、坚固性应按 JTG E 41 的规定执行。

2) 机制砂的坚固性、表观密度、砂当量、有机质含量、硫酸盐含量、吸水率、压碎指标值、塑性指数、颗粒级配、级配稳定性、小于 0.075mm 颗粒含量、亚甲蓝值等指标试验应按 JTG E 42 和 GB/T 14684、JTG 3430 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 机制砂公路无机结合料基层检验与质量控制

8.3.1 配合比检验

1 机制砂公路无机结合料基层应按照原材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定四步骤进行组成设计。

2 机制砂公路无机结合料基层除强度须满足要求外，尚宜验证其抗冲刷和抗裂性能。

8.3.2 机制砂公路无机结合料基层检验与质量控制

1 机制砂公路无机结合料基层混合料拌合过程中，应注意观察拌合物状态，及时取样检验水泥剂量、含水率及级配稳定性、最大干密度、无侧限抗压强度等指标，并观察其裹附性能、抗离析性能等。

2 拌和站应每个工作日进行混合料筛分，校核合成级配；检查拌和站打印记录，核验水泥总量。

3 机制砂公路无机结合料基层施工应加强外观、接缝、厚度、压实度、平整度、宽度、纵断面高程、横坡度、基层芯样完整性、取芯强度、弯沉等质量控制。

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

机制砂公路无机结合料基层应按照 JTG E 42、JTG E 51、JTG/T F 20、JTG F 80/1 等进行检验与质量控制。

附录 A：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/T 14684	建设用砂
GB/T 14685	建设用卵石、碎石
JTG 3420	公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG 3430	公路土工试验规程
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 E51	公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG/T F20	公路路面基层施工技术细则
JTG F80/1	公路工程质量检验评定标准 第一册土建工程
DZ/T 0130	地质矿产实验室测试质量管理规范
JC/T 2299	机制砂石生产技术规程
T/CHCA xxx	公路沥青混凝土路面机制砂应用技术规程

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……”。