

浙江省交通行业建设技术指南

浙江省交通建设工程机制砂生产（干法） 及机制砂混凝土技术指南

浙江省交通运输厅

2016-01-29 发布



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

浙江省交通建设工程机制砂 生产(干法)及机制砂混凝土技术指南

1 总则

1.1 为适应浙江省机制砂发展与应用的需耍,贯彻“因地制宜,就地取材,节约资源,保护环境”的原则,规范机制砂生产和机制砂混凝土的技术要求,科学合理地生产机制砂和机制砂混凝土,促进混凝土技术的发展,特制定本指南。

1.2 本指南包括总则、规范性引用文件、术语和定义、机制砂的料源选择、生产设备、生产工艺、质量标准、机制砂混凝土配合比设计、施工控制等内容。

1.3 本指南适用于交通建设工程中公路工程机制砂生产与机制砂在混凝土中的应用,水运工程可参照执行。

1.4 在按本指南生产机制砂和制备机制砂混凝土时,除应符合本指南外,尚应符合现行国家和行业有关标准、规范中的规定。

2 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/T 1596	用于水泥和混凝土中的粉煤灰
GB 6566	建筑材料放射性核素限量
GB 8076	混凝土外加剂
GB 8978	污水综合排放标准
GB/T 9142	混凝土搅拌机
GB 12348	工业企业厂界噪声标准
GB/T 14684	建设用砂
GB/T 14685	建设用卵石、碎石
GB/T 18046	用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB/T 18736	高强高性能混凝土用矿物外加剂
GB/T 20491	用于水泥和混凝土中的钢渣粉
GB 50010	混凝土结构设计规范
GB 50119	混凝土外加剂应用技术规范
GB/T 50476	混凝土结构耐久性设计规范
GB 50496	大体积混凝土施工规范
AQ/T 9006	企业安全生产标准化基本规范
JC/T 681	行星式水泥胶砂搅拌机
JC 901	水泥混凝土养护剂
JGJ 55	普通混凝土配合比设计规程
JGJ 63	混凝土用水标准
JTG E30	公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG E42	公路工程集料试验规程
JTG/T F50	公路桥涵施工技术规范
JT/T 819	公路工程水泥混凝土用机制砂

3 术语和定义

3.1 机制砂

经除土开采、机械破碎、筛分制成的粒径在 4.75mm 以下的岩石颗粒,不包括软质岩、风化岩石的颗粒。

3.2 机制砂水泥混凝土

以机制砂为主要细集料配制的水泥混凝土。

3.3 石粉

机制砂中粒径小于 0.075mm 的颗粒。

3.4 石粉需水量比

在相同的工作性条件下,掺石粉的水泥砂浆拌和物与纯水泥砂浆拌和物需水量的比值。

3.5 亚甲蓝值

每千克 0 ~ 2.36 mm 粒级试样所消耗的亚甲蓝质量,也称 MB 值。

4 机制砂的料源选择

4.1 应选择质地坚硬、洁净的料源;当料源为山体时,应选择易将泥土、树根、风化岩等杂物清除的料源。

4.2 宜选择石灰岩、凝灰岩、花岗岩等作为机制砂生产料源,也可选择河道里的卵石、矿山开采的碎石、尾矿作为料源,不宜使用泥岩、页岩、板岩等料源。

4.3 宜选择吸水率低的料源,吸水率应符合本指南第 7.2.6 条的规定。

4.4 宜选择废弃石粉能被合理利用的料源,应将母料加工成石粉,并对以下方面进行试验:

- 吸水率低的石粉有利于改善混凝土的工作性和耐久性,评价石粉的吸水率指标,宜参照粉煤灰需水量比的试验方法,按 GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》进行石粉需水量比试验,需水量比宜小于 105%,具体使用宜根据同类工程资料或试验确定;
- 如有必要,宜将其配制成不同石粉含量的机制砂混凝土,检验其混凝土拌和物工作性能、力学性能以及耐久性能,应符合本指南第 8 章相关要求。

4.5 机制砂母岩的碱集料反应活性应满足下列要求:

- I 类机制砂母岩应不具有碱活性反应性;
- II 类、III 类机制砂母岩若含有碱—硅酸反应活性矿物且具有碱活性反应性,应根据使用要求进行碱集料反应试验,并符合本指南第 7.2.7 条的规定;
- 不宜使用具有碱—碳酸盐反应活性的母岩生产机制砂。

4.6 料源的放射性应符合现行国家标准 GB 6566《建筑材料放射性核素限量》的规定,其他有害物质技术指标与试验方法应符合 GB/T 14685《建设用卵石、碎石》的规定。

4.7 应将料源加工成机制砂,按照本指南附录 A 的规定,对料源进行外加剂相容性试验,选择与外加

剂相容性好的料源。

4.8 岩石料源的抗压强度应符合表1的规定,碎石、卵石料源的压碎值应符合表2的规定;尾矿料源粒径较大,按照其适用性应符合表1或表2的规定;粒径接近细集料粒径大小的,应符合表8的规定。

表1 料源抗压强度

指 标	料 源			试验方法
	火成岩	变质岩	水成岩	
岩石抗压强度(MPa)	≥80	≥60	≥30	GB/T 14685

表2 料源压碎指标

指 标	类 别			试验方法
	I类	II类	III类	
碎石压碎指标(%)	≤10	≤20	≤30	GB/T 14685
卵石压碎指标(%)	≤12	≤14	≤16	

4.9 受条件限制,选择料源生产机制砂时产生的石粉,不符合本指南第4.4条的要求,石粉质量对水泥混凝土拌和物工作性能影响较大,导致耐久性与经济性不合理而不能利用石粉时,根据实际情况,按如下方法之一进行处理:

- 选择易将料源加工成球形颗粒的生产设备,使机制砂质量与天然砂接近,无需利用石粉改善机制砂混凝土的和易性;
- 当地有细砂、粉煤灰、矿渣粉、石灰石等资源,可以改善机制砂混凝土的和易性;
- 石粉在料源地有其他需求,无需解决石粉去向问题;
- 拥有进行无害化处置石粉的条件。

5 机制砂的生产设备

5.1 一般规定

5.1.1 机制砂生产系统由给料设备、破碎设备、筛分设备、除尘设备、输送设备和料仓等组成。

5.1.2 设备配置应满足给料、破碎、筛分、除尘、输送等制砂工艺流程要求,能实现清除原料所含泥土等杂质,易将岩石破碎成球形颗粒,并使石粉含量控制在合理范围内的生产目标要求。

5.1.3 进行设备选型试验,选定的料源应送多个设备生产厂家或设备应用场所,进行机制砂试生产,检验机制砂生产质量,再通过机制砂混凝土拌和物试验,评价用水量、外加剂用量、坍落度、坍落度经时损失等工作性及耐久性指标的合理性,以获取较为客观的评价结果,判定设备的制造水平及技术经济性,确定设备选型。

5.1.4 工序所选用的设备负荷应均衡,对砂石原料的岩性变化及级配波动有一定的适应性,避免成品集料级配失调。

5.1.5 设备布置应远离居民区300m左右,并设置便于吊装设备作业和日常检修的通道。

5.2 生产设备配置

5.2.1 开采设备

开采应具备穿孔设备、采装设备和运输设备;设备选型应根据生产需求量、原料和机制砂质量要求、

矿岩的物理力学性质等情况综合确定;当料源已经为碎石或单独制砂时,不需要考虑开采设备。

5.2.2 给料设备

给料设备一般由料斗、喂料机、皮带输送机组成。喂料机的规格应和整套设备相匹配,宜采用变频电机驱动,应具备均匀或定量供给原料和筛除废料的功能。喂料机分为板式、条式、电机振动给料式等结构形式,按不同的用途选择如下:

- a) 粗碎宜采用板式喂料机、条式喂料机,喂料机下应设置废料皮带式输送机;
- b) 细碎宜采用电机振动给料式喂料机。

5.2.3 破碎设备

破碎设备用于岩石的粗碎、中碎、细碎和制砂,其中细碎设备根据原料强度、生产需求量和粒形等需要,可适当增减设备配置数量,设备按不同作用选型如下:

- a) 粗碎宜采用颚式破碎机,其规格视生产需求量而定;
- b) 中碎、细碎应根据原料强度、生产需求量、粒形等要求,合理组合圆锥式破碎机、反击式破碎机、立式冲击破碎机等设备进行破碎;
- c) 制砂宜依据进料粒径和机制砂的质量要求,合理选择立式冲击破碎机、反击式破碎机等设备。

5.2.4 筛分设备

筛分设备用于将碎石和机制砂筛分成符合和不符合规格尺寸两部分,并将符合规格尺寸的部分分档。常用的筛分设备配置如下:

- a) 碎石的筛分宜选择水平筛、圆振动筛、直线筛、滚筒筛等设备。碎石质量要求高的宜选择水平筛、圆振动筛、直线筛,并且配置方孔筛网。滚筒筛不宜配置方孔筛网,可用于碎石质量要求不高的筛分。
- b) 机制砂的筛分宜采用水平筛、圆振动筛、直线筛、空气筛等设备。

5.2.5 除尘设备

除尘设备由布袋式除尘系统、喷淋系统或综合除尘系统^①等组成,设备布置如下:

- a) 一般应采用布袋式除尘系统除尘。布袋式除尘系统由一级除尘、布袋除尘器和变频引风机及管道组成。其中,一级除尘应满足能回收较大颗粒的细集料,布袋除尘器的功率应满足能把粉尘控制在5%~15%的要求,变频引风机应能控制除尘部位粉尘含量。
- b) 喷淋系统由蓄水池、水泵、输水管道、阀门、喷嘴等组成。喷嘴能调整方向及喷水量大小,将水均匀地喷洒在集料上,以达到保湿和减少扬尘的目的。
- c) 粗碎的喂料机和颚式破碎机、细碎的圆锥式破碎机等部位宜采用喷淋系统除尘。排出0.3mm以下颗粒的布袋除尘器和机制砂成品的出料口应配置喷淋系统。
- d) 细碎的反击式破碎机、立式冲击破碎机以及圆振动筛等不宜使用喷淋除尘的部位应配置除尘系统,工厂化加工厂房可配备综合除尘系统。

5.2.6 输送设备

应根据输送长度、输送量、输送高差选择输送设备。

- a) 所有破碎设备应配置皮带式输送机,运输集料的皮带式输送机应加装防雨罩;
- b) 需要将集料垂直或者较大高差提升时,应采用集料提升机。

^①综合除尘系统由喷淋系统和多套布袋式除尘系统组成。

5.2.7 料仓

料仓要求如下:

- a) 机制砂原料料仓应全封闭,底部应进行硬化处理,并配置电机振动给料式喂料机;
- b) 成品机制砂料仓应建造防雨棚,四周需配置相应的排水设备及设施;
- c) 过渡料仓宜参照上述要求执行。

6 机制砂的生产工艺

6.1 一般规定

6.1.1 水资源缺乏地区,或初期投资费用有限而不能有效处理生产废水,但能通过洒水、喷雾降尘或封闭通风机械除尘的,宜选用干法制砂工艺;若采用湿法制砂,相关生产工艺宜参照《浙江省交通建设工程机制砂生产(湿法)及机制砂海工混凝土技术指南》。

6.1.2 生产区应离采石场爆破区 200m 以外,确保开采与制砂作业安全。

6.1.3 料场开采前应先进行开采设计,确定开采方案、运输方案及剥离物堆存范围等。

6.1.4 料场宜分阶梯开采,及时支护,确保施工安全。

6.1.5 开采石料的最大粒径应满足粗碎工艺的最大允许给料粒径要求,根据粗碎设备不同,一般宜控制在 350mm ~ 600mm。

6.1.6 为加强水源和环境的保护以及资源的综合利用,应保证料源的洁净,以便加工过程中产生的优质石粉可用于改善混凝土的和易性。

6.1.7 应进行机制砂生产工艺性试验验证,对机制砂亚甲蓝值、细度模数、颗粒级配、堆积密度、石粉含量、压碎值等指标进行检验,试验方法应符合表 11 的规定;并进行混凝土试拌,综合确定机制砂生产工艺参数,根据设备的特性进行优化。

6.1.8 应监控除尘设备的运行状态,保持粉尘含量的稳定性。

6.1.9 应加强设备的维护,及时更换易磨损配件,稳定机制砂的质量。

6.1.10 机制砂成品应设有独立的料仓,良好的排水设施,堆料高度不宜超过 5m。

6.1.11 运输道路应硬化并定期清扫,保持整洁。

6.1.12 机制砂生产质量应以设备自动控制为主,人工质量抽检为辅;应建立质量检验的试验室,设置专职质检人员,配备检测设备,及时检测产品质量并出具产品质量合格保证书,检验方法与技术指标应符合本指南第 7 章的规定;应建立产品质量管理制度,对产品质量文件进行存档。

6.2 生产工艺

同时生产机制砂和碎石的工艺称为砂石联产工艺;利用集料单独生产机制砂的工艺称为单独制砂工艺。应根据工程应用实际情况,选择具有技术经济性的生产工艺。

6.2.1 基本要求

6.2.1.1 应按 AQ/T 9006《企业安全生产标准化基本规范》要求制定并执行安全操作规程。

6.2.1.2 应根据工艺性质和试验结果设计工艺流程和选择生产设备,配置与生产规模、工艺相符的辅助用电、用水、道路、配套用房等设施,应有足够的堆料、装卸以及设备检修维护场地,机制砂的生产规模及配套用地、用电等指标可参考本指南附录 C 中表 C.1 和表 C.2。

6.2.1.3 石料破碎前应设置除土工序,以控制土和强风化岩石的进入,当受料源洁净程度制约时,可前置清洗工艺进行预处理。

6.2.1.4 应根据实际采用的设备、所选料源的特性以及生产规模等条件来确定粗碎、中碎、细碎后合

适的出料粒径。

6.2.1.5 应根据原料和成品料要求的不同,按实际情况增加设备数量或选择不同类型的设备。

6.2.2 砂石联产干法制砂工艺

6.2.2.1 砂石联产干法制砂工艺流程如下:

- a) 原料:将开采的尽可能保持洁净的原料运输至具备防雨设施的原料仓,输送至给料设备;
- b) 除土:将原料通过给料机,进行除土作业,防止不洁净的原料进入生产线;
- c) 粗碎:原料由给料设备均匀地送进颚式破碎机,进行粗碎;
- d) 中碎:粗碎后集料由皮带式输送机输送至圆锥式或反击式破碎机进行中碎;
- e) 细碎:中碎后集料由皮带式输送机输送至圆锥式或反击式破碎机进行细碎;
- f) 筛分:细碎后集料由皮带式输送机输送至筛分设备,筛分出几种不同规格的碎石,满足粒度要求的碎石由皮带式输送机送往料仓;不满足粒度要求的碎石由皮带式输送机送回圆锥式或反击式破碎机进行再次破碎,形成闭路多次循环;
- g) 制砂:将部分 5mm~15mm 的集料及 <5mm 的集料送进立式冲击破碎机,进行制砂作业,石粉通过除尘设备进行含量调整;
- h) 加湿:采用喷淋系统对制成的机制砂进行加湿处理,使机制砂具有合适的含水率,防止离析;
- i) 成品:将成品机制砂通过皮带式输送机送至料仓。

6.2.2.2 砂石联产干法制砂工艺流程如图 1 所示,生产设备技术参数可以参考本指南附录 B 中表 B.1。不同规模生产线的设备配置可以参考本指南附录 D 的 D.1~D.4 条。

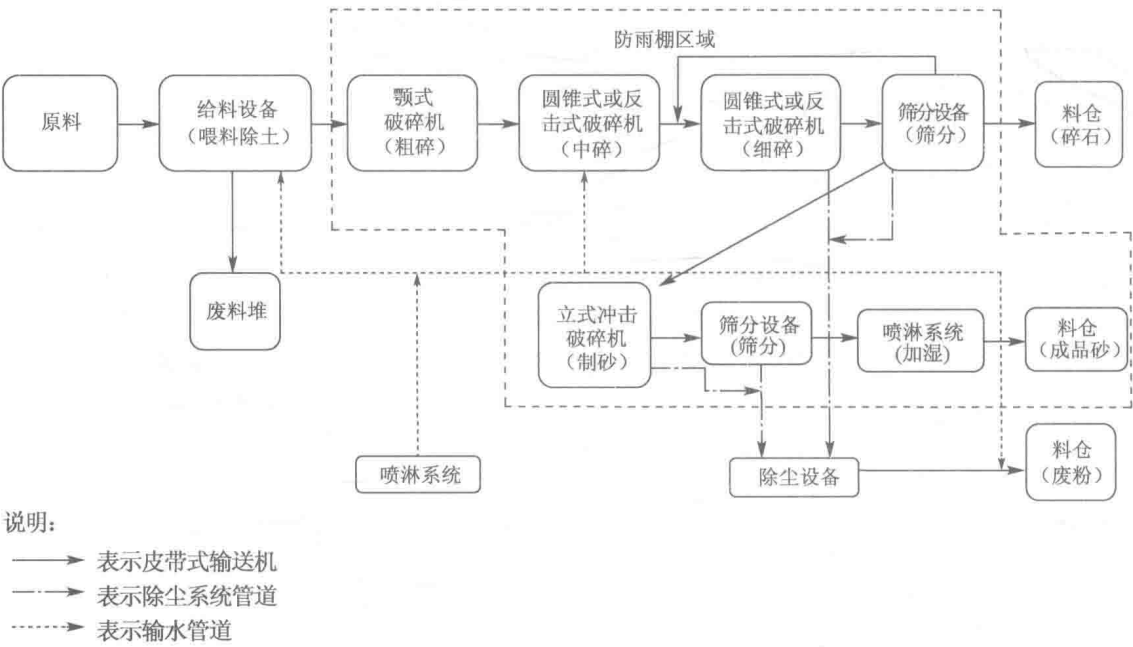


图 1 砂石联产工艺流程示意图

6.2.3 单独制砂工艺流程

6.2.3.1 卧式干法制砂工艺流程如下:

- a) 原料:将经过细碎处理后的 <40mm 的集料输送至给料设备;
- b) 制砂:将集料送进立式冲击破碎机进行制砂作业,石粉含量通过除尘设备进行调整;

- c) 筛分:将制砂加工后的集料送至筛分设备,经过筛分后,满足粒度要求的集料由皮带式输送机送往料仓;不满足粒度要求的碎石由皮带式输送机输送至立式冲击式破碎机进行再次破碎,形成闭路多次循环;
- d) 加湿:采用喷淋系统对制成的机制砂进行加湿拌匀处理,使机制砂具有一定的含水率,防止离析;
- e) 成品:将成品机制砂通过皮带式输送机送至料仓。

6.2.3.2 卧式干法制砂工艺流程如图 2 所示,生产设备的技术参数可以参考本指南附录 B 中表 B.2,生产设备配置可以参考本指南附录 D 中 D.1 ~ D.4 条的制砂部分。

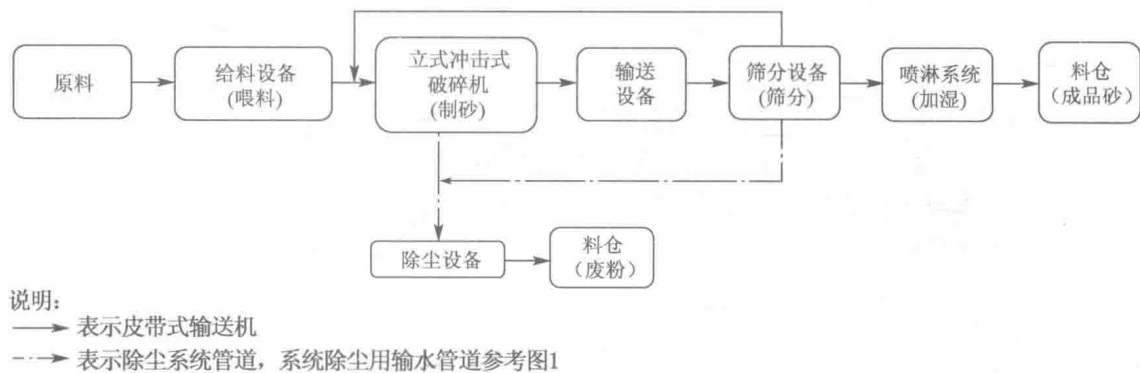


图 2 卧式干法制砂工艺流程示意图

6.2.3.3 立式干法制砂工艺流程如下:

- a) 原料:将经过细碎的 <20mm(或 16mm)的集料输送至变频给料设备;
- b) 制砂:将集料送至立式冲击破碎机,进行制砂作业,立式冲击破碎机采用石打石原理,通过转子对原料进行破碎、整形和研磨,改善成品砂的颗粒形状;
- c) 筛分:机制砂的粗细由空气筛与智能化电气控制系统进行控制,石粉含量通过空气筛与除尘设备互相搭配进行调整;同时,不满足粒度要求的集料由输送设备送至立式冲击式破碎机进行再次破碎,形成返回式闭路系统;
- d) 加湿:采用加湿搅拌器对制成的机制砂进行加湿拌匀处理,使机制砂具有合适的含水率,防止离析;
- e) 成品:将成品机制砂通过皮带式输送机送至料仓。

6.2.3.4 立式干法制砂工艺流程如图 3 所示,生产设备的技术参数可以参考本指南附录 B 中表 B.2,典型立式干法制砂工艺流程图可以参考本指南附录 D 中的 D.5 条。

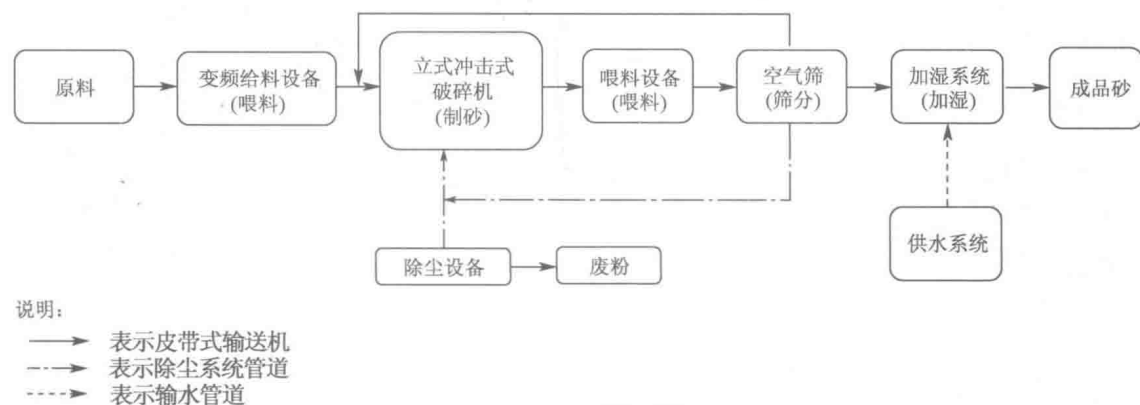


图 3 立式干法制砂工艺流程示意图

6.3 环境保护

6.3.1 废水处理

6.3.1.1 生产区应建有规范完备的生产废水处理设施,生产废水应经处理后循环使用,废水重复利用率应达到90%以上或实现零排放。

6.3.1.2 生产区应建有独立的截(排)水沟,地表径流水经沉淀处理后可用于矿山生产、绿化或符合GB 8978《污水综合排放标准》达标排放。

6.3.2 粉尘治理

6.3.2.1 生产区应对破碎系统进行封闭,破碎过程采用定向集尘和收尘装置,宜在破碎机进出料口和筛分机械上安装集尘装置,并利用风机以负压方式将含尘气体输送到除尘装置中进行除尘;在破碎机下料口可增加喷淋设备进行降尘。成品石料堆放宜采用半封闭料仓。

6.3.2.2 生产区成品石料装卸和运输应采取措施,避免粉尘排放。

6.3.2.3 生产区主要运输道路应进行硬化处理,应配备洒水车辆洒水抑尘,保持路面湿润、清洁,道路两旁宜绿化。

6.3.2.4 成品石料装车后宜采取加盖篷布密闭措施,驶离生产区时应采取减少扬尘及防遗撒措施。

6.3.2.5 生产区成品石料运输方式可选用封闭的皮带运输系统。

6.3.3 废料利用

6.3.3.1 生产区固体废弃物应有专用堆场。

6.3.3.2 剥离表层土可用于复垦、恢复植被时的覆土。

6.3.3.3 剥离物中具有一定强度的风化石,可作为路基材料使用。

6.3.3.4 回收的石粉应进行综合利用。

6.3.4 减振降噪

6.3.4.1 生产区环境噪声排放应符合GB 12348《工业企业厂界噪声标准》的相关要求。

6.3.4.2 生产区宜采用缓冲装置对破碎设备进行减振处理,降低矿山机械设备的振动和噪声。

6.3.4.3 生产区和生活区之间宜采取降噪和绿化措施。

7 机制砂的质量标准

7.1 规格与类别

7.1.1 规格

机制砂按细度模数宜分为粗砂、中砂两种规格,其细度模数分别为:

粗砂——3.7~3.1;

中砂——3.0~2.3。

7.1.2 类别

机制砂按技术要求分为Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类。Ⅰ类砂宜用于强度等级大于等于C60的混凝土;Ⅱ类宜用于强度等级小于C60但大于等于C30及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土;Ⅲ类宜用于强度等级小于C30的混凝土或砌筑砂浆。

7.2 技术要求

7.2.1 颗粒级配

I类机制砂级配宜满足表3的要求,II类、III类机制砂级配范围宜满足表4的要求;机制砂的实际颗粒级配除4.75mm和0.6mm筛档外,可以略有超出,但各级累计筛余超出值总和应不大于5%;对于砂浆用砂,4.75mm筛孔的累计筛余量应为0%。

表3 I类机制砂级配范围

筛孔尺寸(mm)	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75
累计筛余(%)	94~80	92~70	70~41	50~10	25~0	10~0

表4 II类、III类机制砂级配范围

筛孔尺寸(mm)	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75
累计筛余(%)	97~85	95~80	85~71	65~35	35~5	10~0

7.2.2 石粉含量和泥块含量

机制砂MB值 ≤ 1.4 或快速法试验合格时,石粉含量和泥块含量应符合表5的规定;机制砂MB值 > 1.4 或快速法试验不合格时,石粉含量和泥块含量应符合表6的规定。

表5 石粉含量和泥块含量(MB值 ≤ 1.4 或快速法试验合格)

类 别	I类	II类	III类
MB	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.4 或合格
石粉含量(按质量计,%) ^a	≤ 5.0	≤ 7.0	≤ 10.0
泥块含量(按质量计,%)	0	≤ 0.5	≤ 1.0
^a MB值 ≤ 0.5 时,此指标根据使用地区和用途,经试验验证,可由供需双方协商确定。			

表6 石粉含量和泥块含量(MB值 > 1.4 或快速法试验不合格)

类 别	I类	II类	III类
石粉含量(按质量计,%)	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 5.0
泥块含量(按质量计,%)	0	≤ 0.5	≤ 1.0

7.2.3 坚固性

配制水泥混凝土的机制砂坚固性应满足表7的规定。

表7 坚固性指标

类 别	I类	II类	III类
硫酸钠溶液循环浸泡五次后的质量损失率(%)	≤ 6.0	≤ 8.0	≤ 10.0

7.2.4 压碎指标

机制砂压碎指标应满足表 8 的规定。

表 8 压 碎 指 标

类 别	I 类	II 类	III 类
压碎指标(%)	≤20	≤25	≤30

7.2.5 表观密度、松散堆积密度、空隙率

表观密度应大于 2 500kg/m³,松散堆积密度宜大于 1 400kg/m³,空隙率小于 44%。

7.2.6 吸水率

吸水率应满足表 9 的规定。

表 9 吸 水 率

类 别	I 类	II 类	III 类
吸水率(%)	≤2.0	≤2.5	≤3.0

7.2.7 碱集料反应

经碱集料反应试验后,试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象,在规定的试验龄期,膨胀率应小于 0.10%。机制砂的碱集料反应安全风险评价宜以龄期 3 个月或 6 个月的碱集料反应试验进行控制,不宜使用快速法试验进行评价。

7.2.8 有害物质

砂中如含有云母、轻物质、有机物、硫化物及硫酸盐、氯化物,其限量应符合表 10 的规定。用矿山尾矿、工业废渣生产的机制砂有害物质,除了要满足表 10 的规定外,还应符合我国相关标准和规范的要求,不应对人体、生物、环境及混凝土、砂浆性能产生有害影响。

表 10 有 害 物 质 限 量

类 别	I 类	II 类	III 类
云母(按质量计,%)	≤1.0	≤2.0	
轻物质(按质量计,%)	≤1.0		
有机物含量	合格		
硫化物及硫酸盐(按 SO ₃ 质量计,%)	≤0.5		
氯化物(以氯离子质量计,%)	≤0.01	≤0.02	≤0.06

7.3 质量检验

7.3.1 检验分类

产品的检验分为型式检验和出厂检验,检验项目和试验方法见表 11;产品通过型式检验合格后,才

能批量生产;出厂检验合格并附产品质量合格证明方可出厂。

表 11 机制砂检验项目和出厂检验项目和试验方式

序号	项 目 名 称	型 式 检 验	出 厂 检 验	试 验 方 法
1	岩石抗压强度	√	×	GB/T 14685 《建设用卵石、碎石》
2	压碎指标	√	×	GB/T 14684《建设用砂》
3	碱集料反应	√	*	
4	表观密度	√	√	
5	松散堆积密度	√	√	
6	空隙率	√	√	
7	坚固性	√	×	
8	吸水率 ^a	√	√	
9	颗粒级配	√	√	
10	石粉含量	√	√	
11	泥块含量	√	√	
12	云母含量	√	×	
13	轻物质含量	√	×	
14	有机质含量	√	×	
15	硫化物和硫酸盐含量	√	×	
16	氯离子含量	√	*	
注：√为检验项目；×为不检验项目；*为根据需要而定的检验项目。				
^a 机制砂的吸水率试验应包含机制砂中石粉部分,饱和面干状态应对照 GB/T 14684《建设用砂》中图 3b。				

7.3.2 检验项目和试验方法

机制砂技术指标检验项目和试验方法应按照表 11 的规定执行;检验规则按 JT/T 819《公路工程水泥混凝土用机制砂》中相关规定执行。

8 机制砂混凝土配合比设计

8.1 原材料选择

8.1.1 机制砂

8.1.1.1 应选择质地坚硬、粒形圆润、级配良好、吸水率较低的机制砂,机制砂技术指标应符合本指南第 7 章的要求。

8.1.1.2 机制砂中宜保持适宜的石粉含量,以改善混凝土拌和物和易性、混凝土结构物外观质量,实际工程中应根据机制砂中石粉含量、工程设计要求以及相关施工工艺,合理应用机制砂。

8.1.1.3 机制砂石粉含量小于 3% 时,宜按下列情况使用机制砂:

- 粒形圆润,技术指标与天然砂相近时,机制砂可替代天然砂使用;
- 棱角丰富时,坍落度指标为 0~50mm 的低塑性混凝土可直接采用机制砂配制;坍落度指标

大于 50mm 的高塑性或流动性混凝土,应采用优质矿物掺合料、高性能减水剂等作为补偿工作性能的措施,以满足施工要求,确保结构外观质量。

8.1.1.4 当机制砂石粉含量大于 3% 时,应先根据本指南附录 A 进行机制砂混凝土外加剂相容性快速试验,如果相容性差,则应采取措施减少石粉含量,然后按第 8.1.1.3 条执行或者更换机制砂料源;如果机制砂与外加剂具有较好的相容性,则可用于配制混凝土,如有需要,机制砂中的石粉可以替代部分矿物掺合料,其替代量应通过试验验证确定。

8.1.2 水泥

8.1.2.1 水泥宜采用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,其技术指标应符合相关标准规范要求;机制砂混凝土宜采用低碱水泥,不宜使用复合水泥。

8.1.2.2 为使机制砂混凝土拌和物具有较好的工作性,应对选用的水泥温度进行控制,不宜超过 60℃,如不易做到,应通过混凝土减水剂进行凝结时间、坍落度经时损失等技术调整。

8.1.2.3 水泥的质量合格保证书应载明所使用的混合材品种和掺量。

8.1.3 混凝土外加剂

8.1.3.1 选用外加剂应符合 GB 8076《混凝土外加剂》、GB 50119《混凝土外加剂应用技术规范》的要求。

8.1.3.2 减水剂应选用高效减水剂或高性能减水剂,并应选用减水率高、坍落度损失小、适量引气,与水泥相容性好,能明显改善或提高混凝土性能,且质量稳定的产品。

8.1.3.3 应根据本指南附录 A 进行机制砂混凝土外加剂相容性快速试验,对工程要求的减水剂进行初选,并明确下列技术指标是否符合期望值:

- a) 减水率;
- b) 坍落度经时损失;
- c) 和易性。

应根据上述技术指标,对多种减水剂的技术经济性进行比较,初步确定两种以上减水剂品种。

8.1.3.4 将初选确定的两种以上的减水剂,根据 GB 8076《混凝土外加剂》的方法,使用实际工程采用的原材料,进行掺外加剂机制砂试配,确定下列技术指标是否满足工程设计要求:

- a) 减水率;
- b) 1h 坍落度经时损失或根据工程需要确定经时损失要求;
- c) 凝结时间差;
- d) 抗压强度比;
- e) 收缩率比。

应根据上述技术指标,对多种减水剂技术经济性进行比较,确定最优的减水剂品种。

8.1.3.5 为满足工程设计需要,如果需要使用多种外加剂,应将外加剂配合后,按第 8.1.3.3 条和第 8.1.3.4 条规定验证其相容性。

8.1.4 矿物掺合料

8.1.4.1 应将粉煤灰、矿渣粉等活性矿物掺合料,作为改善机制砂混凝土结构外观质量,提高机制砂混凝土耐久性的常规手段。

8.1.4.2 矿物掺合料宜采用粉煤灰、矿渣粉、钢渣粉、硅粉等,其性能应分别符合现行国家标准 GB/T 1596《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》、GB/T 18046《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》、GB/T 18736《高强高性能混凝土用矿物外加剂》、GB/T 20491《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》等规范的规定。

8.1.4.3 根据工程实际,机制砂中含有的纯净石粉,经检验符合产品及结构要求,可以作为掺合料的组成部分。

8.1.4.4 矿物掺合料应来源明晰,质量可靠,宜直接从生产厂采购或从生产厂直接授权的供应商处采购,其质量保证书应载明技术指标,不宜采用厂商自行复合的矿物掺合料。

8.1.5 粗集料

8.1.5.1 应选择质地坚硬、级配良好、粒形圆润、吸水率低、针片状含量较小的粗集料,其技术指标应符合 GB/T 14685《建设用卵石、碎石》和相应行业标准的规定。

8.1.5.2 因机制砂细度模数较天然砂大,一般情况下,其与水泥浆组成的砂浆包裹粗集料的厚度较大,因而需要适当调整砂率;为控制砂率的增长,可以采取以下方法:

- a) 宜适当调整粗颗粒级配,减少较细粗集料用量;
- b) 适当降低最大粒径,以便混凝土能顺利通过结构配筋网。

8.1.6 水

混凝土拌和用水和养护用水应符合 JGJ 63《混凝土用水标准》的规定。

8.2 配合比设计基本要求

8.2.1 配合比设计应基于力学性能、工作性、耐久性和经济性的原则,做到因地制宜、科学合理、技术先进,保证质量,获得满足设计要求的混凝土。

8.2.2 配合比设计应综合考虑结构、机制砂特性及其他原材料性能、混凝土拌和、运输、施工工艺和施工人员水平以及应用环境条件等因素,进行配合比计算、试配和调整确定。

8.2.3 机制砂混凝土的配合比设计方法应考虑机制砂的特性,按照 JGJ 55《普通混凝土配合比设计规程》和行业标准的相关规定执行。

8.2.4 机制砂混凝土的力学性能和耐久性能应符合现行国家标准 GB 50010《混凝土结构设计规范》和 GB/T 50476《混凝土结构耐久性设计规范》的规定。

8.2.5 相对于天然砂,机制砂的饱和面干含水率较大,为满足工作性需要,机制砂混凝土的用水量可适当提高,其合理值应通过试验决定。

8.2.6 砂石用量宜用体积法进行计算,用假定容重法时,机制砂混凝土的假定容重宜比天然砂混凝土增加 $20\text{kg/m}^3 \sim 40\text{kg/m}^3$ 。

8.2.7 本指南附录 E 列举了机制砂混凝土在不同结构部位的配合比设计案例,可供参考。

8.3 普通混凝土配合比设计原则

8.3.1 满足相同的强度等级,机制砂混凝土水胶比可比天然砂混凝土水胶比增大 0.02 ~ 0.05,初步计算时,可按 JGJ 55《普通混凝土配合比设计规程》进行,通过试验进行调整。

8.3.2 胶凝材料用量应根据用水量与水胶比确定,胶凝材料中粉煤灰等矿物掺合料的合理掺量,根据设计要求确定;机制砂中富余的石粉,可以根据其质量状况,替代部分矿物掺合料。

8.3.3 为确保机制砂混凝土拌和物具有良好的和易性,宜采取以下办法或技术措施中的一种或几种:

- a) 优先选择粒形较好,空隙率小的机制砂;
- b) 增加机制砂中坚固、洁净、吸水率较低的优质石粉含量;
- c) 使用粉煤灰、矿渣粉等活性矿物掺合料;
- d) 匹配坚固、洁净、较细的天然砂;
- e) 使用相容性良好的高效或高性能减水剂。

8.3.4 机制砂普通混凝土的砂率不宜按天然砂混凝土砂率的选取方法直接选取,而应根据机制砂自

身细度模数、颗粒级配、石粉含量及 MB 值,并根据水胶比及碎石最大粒径通过试验确定;一般情况下,使用机制砂中砂时,砂率宜比天然砂混凝土提高 0%~4%,使用机制砂粗砂时,砂率比天然砂混凝土提高 2%~6%,具体增加量应通过试配确定。

8.4 高性能混凝土配合比设计原则

8.4.1 机制砂高性能混凝土应有明确的施工技术水平评估,应根据本单位的技术资料确定配制强度的强度标准差。

8.4.2 机制砂的饱和面干含水率比天然砂大,机制砂高性能混凝土的最大水胶比可在表 12 的基础上增加 0.01~0.03 左右,用水量也可相应提高,具体增加量应根据具体设计要求,通过试验调整确定。

表 12 天然砂高性能混凝土的最大水胶比与胶凝材料最小用量

环境作用等级	设计基准期 100 年			设计基准期 50 年		
	最低强度等级	最大水胶比	胶凝材料最小用量(kg/m³)	最低强度等级	最大水胶比	胶凝材料最小用量(kg/m³)
A	C30	0.55	280	C25	0.60	260
B	C35	0.50	300	C30	0.55	280
C	C40	0.45	320	C35	0.50	300
D	C45	0.40	340	C40	0.45	320
E	C50	0.36	360	C45	0.40	340
F	C50	0.32	380	C50	0.36	360

注 1:大掺量矿物掺合料混凝土的水胶比应不大于 0.42,并应随掺量的增加而降低。
注 2:根据 JTG/T F50《公路桥涵施工技术规范》,对环境作用等级为 E 或 F 的重要工程,其混凝土材料的拌和用水量不宜高于 150kg/m³。

8.4.3 胶凝材料用量应根据用水量与水胶比确定,其指标宜符合第 8.4.2 条的规定,胶凝材料中粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料的掺量,根据设计要求或行业规范确定;机制砂中的石粉,根据实际情况,可以替代部分矿物掺合料,其掺量应通过试验确定。

8.4.4 机制砂高性能混凝土宜选用聚羧酸系减水剂,掺量应根据机制砂高性能混凝土的工作性要求通过试验确定,较天然砂混凝土外加剂掺量宜提高 0.1%~0.5%;应通过选择级配优良、粒形圆润的洁净机制砂,优化外加剂与机制砂相容性,以降低单方混凝土用水量和外加剂掺量。

8.4.5 机制砂高性能混凝土的砂率可根据经验选用,与天然砂混凝土相比,砂率宜提高 2%~4%,具体调整值应通过试配调整确定。

8.4.6 用于配制高性能混凝土的机制砂除应满足本指南规定的 I 类、II 类砂的要求外,还应满足以下要求:

- a) 母岩抗压强度应大于 60MPa;
- b) 细度模数应控制在 2.6~3.2 之间;
- c) 石粉含量宜控制在 5% 以下,如需增加,亚甲蓝值应小于 0.5,并通过混凝土性能试验验证确定;
- d) 吸水率不宜大于 2%。

8.4.7 为防止碱集料反应发生,混凝土总碱量(包括所有原材料)应不超过 3.0kg/m³。

8.4.8 氯盐环境下,混凝土拌和物中由各种原材料引入的氯离子总量应不超过胶凝材料总量的 0.1% (钢筋混凝土结构)和 0.06% (预应力混凝土结构)。

8.4.9 对有抗裂要求的机制砂高性能混凝土,配合比应通过混凝土早期抗裂试验和收缩试验,检验其是否符合设计要求。

8.4.10 当使用机制砂配制预应力混凝土时,应考虑机制砂及所含石粉对混凝土弹性模量、徐变和收缩值的影响。

8.4.11 对于有抗冻、抗渗、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗化学腐蚀等耐久性要求的机制砂高性能混凝土,应进行相应的耐久性试验,检验其是否符合设计要求或相关标准的规定。

8.5 试验室试配与调整

8.5.1 试配

8.5.1.1 混凝土试配时,应考虑施工现场环境条件、原材料温度等,确定混凝土拌和物目标性能指标。

8.5.1.2 混凝土试配时,不应使用风干或烘干的集料,宜使用饱和面干以上含水率的粗集料、细集料,含水量计入总用水量。

8.5.1.3 细集料中大于4.75mm的颗粒,应将其作为粗集料,按级配要求掺配后等量替代相等粒径的粗集料。

8.5.1.4 混凝土试配应采用强制式搅拌机,搅拌机应符合GB/T 9142《混凝土搅拌机》的规定。

8.5.1.5 混凝土试配时,拌和物均匀性满足要求后方可出料。从全部材料投放完成后,要求混凝土搅拌时间不得少于2min。

8.5.1.6 混凝土拌和物搅拌完成后,应立即检验拌和物性能主要控制指标,观察有无分层、离析、泌水,评定其均质性。拌和物性能检验可参照JTG E30《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》进行。

8.5.1.7 应建立混凝土拌和物0~180min内工作性能相关指标在施工环境温度条件下随时间变化的规律,根据试配出机坍落度和坍落度经时损失,预测混凝土运输到浇筑工作面的入模坍落度,并应在现场进行复核。

8.5.2 调整

8.5.2.1 如出机的混凝土工作性不能满足设计需要,应保持计算水胶比不变,并通过调整配合比其他参数,使混凝土拌和物性能符合设计、运输以及浇筑施工工艺的要求,然后修正计算配合比,提出试拌配合比。

8.5.2.2 试配应至少采用三个不同的配合比,其中一个应为本指南第8.5.2.1条提出的试拌配合比,另外两个配合比的水胶比宜较试拌配合比分别增加和减少0.05,用水量应与试拌配合比相同,砂率可分别增加或减少1%~2%。

8.5.2.3 当使用矿物掺合料或有耐久性需要时,宜保持试拌配合比的水胶比不变,变动矿物掺合料的掺量或组成,并相应增减用水量,保持三个配合比的浆体体积相等的方法,进行配合比的设计。

8.5.2.4 当机制砂混凝土拌和物工作性能不能满足设计指标,按下列一种或几种方法进行调整:

a) 混凝土坍落度过小:

- 1) 适当调整砂率;
- 2) 保持水胶比不变,适当调高用水量;
- 3) 通过选择相容性好的减水剂、适当增加减水剂掺量或选用减水率高的品种,但不宜大于饱和点;
- 4) 适当调整粗集料级配,减少5mm~15mm左右粒径的用量;
- 5) 选用需水量比较小的矿物掺合料;
- 6) 将机制砂中的石粉,部分替代胶凝材料用量。

b) 混凝土坍落度经时损失值过大:

- 1) 拌和混凝土前应使粗细集料含有饱和面干以上状态的水分;
 - 2) 适当增大用水量;
 - 3) 选择相容性好的减水剂、适当增加减水剂掺量或选用减水率高的品种;
 - 4) 选用需水量比较小的矿物掺合料;
 - 5) 选用坚硬、洁净、吸水率较小的机制砂和粗集料;
 - 6) 将机制砂中的石粉,部分替代胶凝材料用量。
- c) 混凝土拌和物泌水多:
- 1) 适当增加吸水率低的石粉、粉煤灰等材料用量;
 - 2) 适当降低减水剂掺量,适当增加用水量;
 - 3) 改善水泥等胶凝材料与外加剂相容性;
 - 4) 适当缩短混凝土拌和物的凝结时间;
 - 5) 适当缩短混凝土拌和物的坍落度经时损失时间。
- d) 混凝土拌和物黏度过大:
- 1) 适当降低减水剂掺量;
 - 2) 适当增加用水量;
 - 3) 适当调整外加剂含气量或引气剂质量。
- e) 混凝土拌和物凝结时间过短:适当调整缓凝剂用量。
- 8.5.2.5 经过上述调整,使混凝土拌和物工作性能符合要求,再根据设计文件需要,进行下列混凝土硬化性能试件制作与检测:
- a) 力学性能试验:抗压强度、弹性模量等;
 - b) 耐久性能试验:抗渗性能、抗氯离子渗透性能、抗裂性能、抗碳化性能等。
- 8.5.2.6 当机制砂混凝土力学性能不能满足设计指标时,按下列一种或几种方法进行调整:
- a) 同条件养护的试件抗压强度低:
 - 1) 根据混凝土结构水化温升发展规律,使用温度匹配养护方法,同步养护试件;
 - 2) 适当增加胶凝材料中硅酸盐水泥用量;
 - 3) 适当降低粉煤灰用量;
 - 4) 适当提高矿渣粉用量;
 - 5) 适当降低水胶比。
 - b) 弹性模量低:
 - 1) 根据混凝土结构水化温升发展规律,使用温度匹配养护方法,同步养护试件;
 - 2) 适当增加胶凝材料中硅酸盐水泥用量;
 - 3) 适当降低粉煤灰用量;
 - 4) 适当提高矿渣粉用量;
 - 5) 适当降低水胶比。
- 8.5.2.7 当机制砂混凝土耐久性能不能满足设计指标,按下列一种或几种方法进行调整:
- a) 抗渗性能:
 - 1) 适当增加砂率;
 - 2) 适当增加胶凝材料用量;
 - 3) 适当降低水胶比。
 - b) 抗碳化性能:
 - 1) 适当提高胶凝材料用量;
 - 2) 适当降低水胶比;
 - 3) 使用矿物掺合料,应同步降低水胶比,保持浆体体积不增加;