

DB 15

内蒙古自治区地方标准

DB15/T 1868—2020

公路工程机制砂混凝土应用技术规范

Technical specification for application of highway engineering manufactured sand
concrete

2020-03-20 发布

2020-04-20 实施

内蒙古自治区市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本要求 3

5 机制砂的制备 3

6 机制砂的分级与规格 5

7 机制砂的质量要求 5

8 机制砂的质量检验 8

9 机制砂混凝土配合比设计 10

10 机制砂混凝土的施工 11

11 机制砂混凝土质量检验与验收 14

前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009的规则起草。

本标准由内蒙古自治区交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：内蒙古路桥集团有限责任公司、内蒙古自治区标准化院、交通运输部公路科学研究院、内蒙古路桥工程技术检测有限责任公司。

本标准主要起草人：米世忠、宋幸芳、王稷良、杜晓丹、周海龙、徐军、贾向春、何永、陈志忠、王万华、吕骄阳、张军、贾云平、于咏妍、许恒博、于敏、杜天玲、王秋霞、吕志刚。

公路工程机制砂混凝土应用技术规范

1 范围

本标准规定了公路工程建设中水泥混凝土用机制砂的基本要求、机制砂的制备、分级与规格、质量要求与检验、机制砂混凝土的配合比设计、施工、质量检验与验收等内容。

本标准适用于公路工程水泥混凝土用机制砂的生产与机制砂混凝土的应用。

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 175 通用硅酸盐水泥
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/T 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/T 14684 建设用砂
GB/T 14685 建设用卵石、碎石
GB 16297 大气污染物综合排放标准
GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
GB 50010 混凝土结构设计规范
GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准
GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
GB/T 50146 粉煤灰混凝土应用技术规范
GB 50164 混凝土质量控制标准
GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
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
GB 50666 混凝土结构工程施工规范
JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG E41 公路工程岩石试验规程
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范

JTG/T F60 公路隧道施工技术细则
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程
JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
JGJ 63 混凝土用水标准
JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程
JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准
JTS/T 236 水运工程混凝土试验检测技术规范
JT/T 522 公路工程混凝土养护剂
JT/T 523 公路工程混凝土外加剂
JT/T 819 公路工程 水泥混凝土用机制砂
JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机制砂 manufactured sand

岩石或卵石经除土开采，由机械破碎、筛分制成公称粒径 $\leq 4.75\text{ mm}$ 的岩石或卵石颗粒。

注1：改写于 JT/T 819-2011, 定义 3.1。

注2：不包括软质岩、风化岩颗粒。

3.2

石粉含量 stone powder content

机制砂中粒径小于 $75\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒含量。

3.3

亚甲蓝MB值 methylene blue MB value

用于判定机制砂中粒径小于 $75\text{ }\mu\text{m}$ 颗粒的吸附性能的指标。

注：该指标用于判定机制砂中粒径小于 $75\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒主要是泥土还是与被加工母岩化学成分相同的石粉。

3.4

压碎指标 crushing index

用于检验机制砂在自然风化和其它外界物理化学因素作用下抵抗破裂的能力及控制其颗粒形状的技术指标。

3.5

粉体材料 powder materials

机制砂混凝土中胶凝材料与石粉的总称。

3.6

细度模数 fineness module
衡量砂粗细程度的指标。

4 基本要求

- 4.1 机制砂混凝土的物理力学性能参数可按照 JTG 3362、JTG D40、JTG 3370.1 规定进行取值。
- 4.2 机制砂混凝土的长期性能与耐久性应符合设计要求；无设计要求时，机制砂混凝土的耐久性应符合 JTG 3362、JTG/T 3310、JTG D40、JTG 3370.1、JTG/T F30、JTG/T F50、JTG/T F60 的相关规定。
- 4.3 石灰岩机制砂混凝土用于硫酸盐侵蚀环境时，应进行专项试验论证，并满足设计要求。
- 4.4 机制砂混凝土生产过程中应采用强制式搅拌设备。
- 4.5 机制砂混凝土适用的工程部位应符合下列规定：
 - a) 机制砂混凝土可直接应用于中、轻交通荷载等级公路水泥混凝土面层及复合式路面或桥面下面层，也可直接用于涵洞、简支梁桥、跨径<50 m 的连续梁桥和连续刚构桥等各部位；
 - b) 极重、特重、重交通荷载等级的公路面层水泥混凝土使用机制砂，应经过相关的专项试验论证；特殊结构桥梁（跨径>50 m 的连续箱梁桥或连续刚构桥、斜拉桥、悬索桥、钢管拱桥）除基础、承台、锚碇、墩柱、系梁及其他附属结构的混凝土外，其他部位混凝土使用机制砂时，应经过相关的专项试验进行论证。
- 4.6 机制砂母岩的放射性应符合 GB 6566 的规定。
- 4.7 当使用含有机制砂的混合砂制备混凝土时，应经过相关的专项试验进行论证。

5 机制砂的制备

5.1 母岩选择

- 5.1.1 母岩应由具有相应资质的检测机构检验合格后，方可确定采料场和制砂场。
- 5.1.2 开采时，应防止泥土、风化岩、树根、草皮等杂物混入。
- 5.1.3 制备机制砂的母岩品质应符合下列规定：
 - a) 母岩应洁净、质地坚硬、无软弱颗粒且未风化，宜优先选用石灰岩、花岗岩、白云岩、石英岩、辉绿岩、凝灰岩、玄武岩等岩石，其物理力学性能应符合表 1 的规定；

表1 母岩及卵石的物理力学性能

项目	I 级	II 级	III 级
母岩饱水抗压强度 (MPa)	≥80	≥60	
卵石压碎指标 (%)	≤20	≤25	

- b) 生产路面或桥面混凝土用机制砂时，母岩的磨光值不应 < 35，且不应选用耐磨性较差的泥岩、页岩、板岩等水成岩类母岩生产机制砂；
- c) 机制砂母岩不宜具有潜在碱集料反应活性。

5.2 工艺要求

5.2.1 机制砂的生产宜采用砂、石联产工艺，应根据实际供水、污染排放、石粉含量控制等情况选择生产工艺。

5.2.2 机制砂场设置应符合相关安全规定。

5.2.3 机制砂采用干法制砂工艺时，其工艺应包括初破、中破、制砂、筛分、干法选粉以及收尘等系统；当采用湿法生产时，其工艺应包括初破、中破、制砂、筛分、洗砂、细粉回收以及收尘等系统。

5.2.4 机制砂的生产工艺和设备选型应根据生产条件、母岩种类、产品质量和生产规模等进行确定。

5.2.5 机制砂生产设备选型要求：

- a) 机制砂破碎过程中，初破宜选用颚式破碎机，中破宜选用反击式破碎机或圆锥式破碎机，制砂宜选用冲击式破碎机；
- b) 机制砂筛分设备宜选用圆振动筛，筛网宜采用正方形筛孔，不宜采用长方形、圆形；
- c) 机制砂输送系统布置应减少中间环节，缩短转运距离，且应避免生产过程中的混料现象；
- d) 干法制砂工艺：干法选粉宜选用制砂分级机、风选机、收尘器等，选粉设备的大小、数量应根据机制砂石粉含量要求合理选择，并根据生产工艺进行合理布置；湿法除粉工艺：应采用轮式洗砂机，并应配置细砂回收装置。洗砂机的转速、水流速度应可调控，并应配备相应大小的沉淀池或污水处理系统。

5.3 质量控制

5.3.1 机制砂的生产工艺参数应根据设备的特性进行优化，生产过程中应加强设备的检查和维护，及时更换破碎机内衬板、筛网等易损部件。

5.3.2 初破宜采用振动给料机喂料，清除母岩中表皮土、夹层土及其它杂质。振动给料机筛条间距宜控制在 8 cm~12 cm 之间，或根据母岩中渣土含量进行调整。

5.3.3 制砂机的喂料粒径不宜超过 40 mm；制砂机的喂料量应根据设备与母岩性质进行合理控制。

5.3.4 机制砂的细度模数可通过调试振动筛的筛面倾角、筛孔形状和筛孔尺寸进行控制，机制砂筛网宜采用正方形筛孔，筛面最大倾角不宜超过 25°，筛孔尺寸不宜>4.0 mm。

5.3.5 机制砂输送系统安装倾角宜控制在 30°以内，下料高度应以机制砂不发生离析为准。干法制砂工艺中，输送系统上方宜加设微型喷水装置喷洒适量水。当机制砂大规模堆放时，应采取必要措施防止离析，如对机制砂建立递升的倾斜堆料层，倾斜坡度不宜<3:1，如图 1 所示；或对机制砂建立递升的水平堆料层，如图 2 所示。机制砂的堆放高度不宜过高，一般不应超过 5 m。



图1 递升倾斜堆料

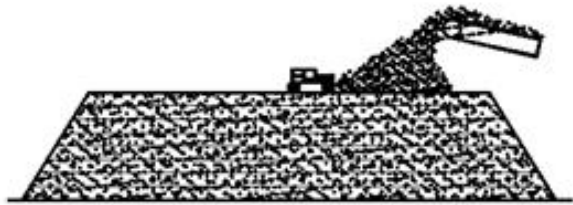


图2 水平递升堆料

5.3.6 当采用干法制砂工艺时，应通过收尘或选粉设备控制机制砂石粉含量；当采用湿法工艺制砂时，应通过洗砂设备进行控制。洗砂用水应采用洁净的淡水。

5.3.7 机制砂生产过程中，每生产班次应抽样检验机制砂的细度模数和石粉含量，细度模数变化范围不应超过目标控制值 ± 0.2 ，石粉含量变化范围不应超过目标控制值 $\pm 2.0\%$ 。

5.4 环保要求

5.4.1 机制砂生产过程中对破碎、筛分和输送系统等设备应进行封闭形成工厂化车间，并安装除尘器将粉尘进行收集储存及回收利用。粉尘排放应符合 GB 16297 的要求。

5.4.2 机制砂湿法生产过程中产生的废水，应进行回收利用，不得乱排、乱放。废水排放应符合 GB 8978 的要求。

5.5 储存与运输

5.5.1 机制砂应按规格、级别分别堆放，宜设置隔离墙进行分隔，防止串料、混料；堆放场地应硬化、清洁，设置斜坡和排水沟，并应设防雨棚。

5.5.2 机制砂运输前，应对运输设备进行清扫，防止运输过程中混入杂质；运输装卸时，应采取措施防止撒漏、粉尘飞扬；在运输装卸和堆放过程中，应防止人为碾压、颗粒离析和混入杂物。

6 机制砂的分级与规格

6.1 机制砂的分级

机制砂按技术要求分为 I 级、II 级、III 级。具体如下：

- a) I 级应用于强度等级 $\geq C 60$ 的混凝土；
- b) II 级应用于强度等级 $C 30 \sim C 60$ 及有抗冻、抗渗或其它要求的混凝土；
- c) III 级应用于强度等级 $\leq C 30$ 的混凝土。

6.2 机制砂的规格

机制砂的粗细程度按细度模数分为粗砂、中砂两种规格，其细度模数分别为：

- a) 粗砂：3.7~3.1；
- b) 中砂：3.0~2.3。

7 机制砂的质量要求

7.1 机制砂的颗粒级配应符合表 2 的规定。机制砂的颗粒级配除 4.75 mm 和 600 μm 筛档外，可以略有超出，但各级累计筛余超出值总和应 $\leq 5\%$ 。

表2 机制砂的颗粒级配区

方孔筛	级配区		
	I区	II区	III区
	累计筛余		
9.50mm	0	0	0
4.75mm	10~0	10~0	10~0
2.36mm	40~5	30~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0
600 μ m	85~71	70~41	40~16
300 μ m	95~75	92~65	85~55
150 μ m	100~85	100~80	100~75
当采用机制砂的颗粒级配不符合表2的要求时,应采取相应的技术措施,经试验验证能保证混凝土质量后方可使用。			

7.2 机制砂中的石粉含量应符合表3的规定。

表3 机制砂的石粉量限值

单位: %

项目		石粉含量		
		I级	II级	III级
桥涵、隧道结构物 ^a	MB值<1.40	≤5.0	≤7.0	≤10.0
	MB值≥1.40	≤2.0	≤3.0	≤5.0
路面、桥面	MB值<1.40	≤3.0	≤5.0	≤7.0
	MB值≥1.40	≤1.0	≤3.0	≤5.0
^a 当用于非暴露结构时,在MB值合格情况下,经专项试验论证后,可适当放宽石粉含量的限值。				

7.3 机制砂中不应混有草根、树叶、树枝、塑料、煤块、炉渣、沥青等杂物。机制砂中如含有云母、轻物质、有机物、氯化物、硫化物及硫酸盐等有害物质,应符合表4的规定。

表4 机制砂中的有害物质限值

项目	指标		
	I级	II级	III级
云母含量 ^a (按质量计, %)	≤1.0	≤2.0	≤2.0
轻物质含量 (按质量计, %)	≤1.0	≤1.0	≤1.0
泥块含量 (按质量计, %)	≤0	≤0.5	≤1.0
有机物 (用比色法试验)	合格	合格	合格

表 4 机制砂中的有害物质限值（续）

项目	指标		
	I级	II级	III级
硫化物及硫酸盐含量（以SO ₃ 质量计，%）	≤0.5	≤0.5	≤0.5
氯化物（以Cl ⁻ 离子质量计，%）	≤0.01	≤0.02	≤0.06
^a 有抗冻、抗渗要求的混凝土，机制砂中云母含量不应>1.0 %。			

7.4 机制砂的压碎指标应符合表 5 的规定。

表5 机制砂压碎指标

项目	指标		
	I级	II级	III级
单级最大压碎指标（%）	≤20	≤25	≤30

7.5 机制砂的坚固性应满足表 6 的规定。

表6 机制砂坚固性

项目	指标		
	I级	II级	III级
质量损失率（%）	≤8	≤8	≤10

7.6 机制砂的表观密度、松散堆积密度、空隙率应符合如下规定：

- a) 表观密度>2500 kg/m³；
- b) 松散堆积密度>1400 kg/m³；
- c) 空隙率<44 %。

7.7 机制砂的饱和面干吸水率应满足表 7 的规定。

表7 机制砂饱和面干吸水率

项目	指标		
	I级	II级	III级
饱和面干吸水率（%）	≤2.0	≤2.0	≤2.5

7.8 机制砂的碱集料反应活性应符合下列规定：

- a) 机制砂碱活性判定应先用岩相法鉴定岩石的种类及所含的碱活性矿物种类。岩相法检验结果为不含活性矿物的机制砂，可不再进行检验；
- b) 岩相法检验结果为碱-硅酸反应活性矿物时，应采用快速砂浆棒法进一步进行检验，在规定试验龄期内其砂浆棒膨胀率应<0.10 %；当砂浆棒膨胀率≥0.10 %，且≤0.20 %时，应采取抑制碱-硅酸反应的技术措施；当砂浆棒膨胀率>0.20 %时，不应使用；

- c) 岩相法检验结果为碱-碳酸盐反应活性矿物时，应采用岩石柱法进一步进行检验，在规定试验龄期内其砂浆棒膨胀率应 $\leq 0.10\%$ ，否则不应使用；
- d) 在盐渍土和受除冰盐作用等含碱环境中，不得采用砂浆棒膨胀率 $\geq 0.10\%$ 的潜在碱活性机制砂。

7.9 路面和桥面混凝土所用机制砂磨光值应 ≥ 35 。

8 机制砂的质量检验

8.1 检验分类

机制砂产品的检验分为型式检验和出厂检验。产品通过型式试验后，才能批量生产。

8.2 型式检验

8.2.1 机制砂型式检验项目应符合表8的规定。

8.2.2 机制砂型式检验每年进行一次。当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产和老产品转产时；
- b) 原材料产源或生产工艺发生变化时；
- c) 正常生产时，每年进行一次；
- d) 停产半年以上，恢复生产时；
- e) 国家质量监督机构要求检验。

8.2.3 型式检验按下列规则判定：

- a) 若有一项指标不符合本标准要求时，则需重新加倍抽样，对该项指标进行复检；若复检结果仍然不合格，则判该型式检验为不合格；
- b) 经检验(含复检)后，各项指标符合本标准要求时，则型式检验合格。

8.3 出厂检验

8.3.1 机制砂产品需经生产单位质量部门检验合格并附产品质量合格证明方可出厂，出厂检验项目应符合表8的规定。

表8 机制砂型式检验和出厂检验项目

序号	项目名称	型式检验	出厂检验
1	母岩的放射性	+	-
2	母岩饱水抗压强度	+	-
3	卵石压碎指标	+	-
4	颗粒级配（细度模数）	+	+
5	石粉含量	+	+
6	MB 值	+	+
7	云母含量	+	-
8	轻物质含量	+	-

表 8 机制砂型式检验和出厂检验项目（续）

序号	项目名称	型式检验	出厂检验
9	泥块含量	+	—
10	有机物含量	+	—
11	硫化物和硫酸盐含量	+	—
12	氯离子含量	+	—
13	压碎指标	+	+
14	表观密度	+	—
15	松散堆积密度	+	+
16	空隙率	+	—
17	坚固性	+	+
18	吸水率	+	—
19	碱集料反应活性	+	—
20	磨光值	*	—
注：+为检验项目，—为不检验项目，*为根据需要而定检验项目。			

8.3.2 机制砂产品检验批量应根据厂家生产规模而定。日产量 600 t 以上的，应以同一品种、同一规格、同一级别的 600 t 为一检验批；日产量 600 t 以下的，应以日产量为一检验批。

8.3.3 机制砂的取样应按下列规定进行：

- 在料堆上取样时，取样部位应均匀分布。取样前应先先将取样部位表层铲除，从不同部位随机抽取大致等量砂 8 份，组成一组样品；
- 从皮带运输机上取样时，应用于皮带等宽的接料器在皮带运输机机头出料处全断面定时随机抽取大致等量砂 4 份，组成一组样品；
- 从火车、汽车、货船上取样时，从不同部位和深度随机抽取大致等量的砂 8 份，组成一组样品；
- 取样量应大于试验用样量的一倍。

8.3.4 出厂检验按下列规则判定：

- 若有一项指标不符合本标准要求时，应从同一批产品中加倍取样，对该项指标进行复检；若复检样品仍有不合格的，则该批产品判为不合格；
- 经检验(含复检)后，各项指标符合本标准要求时，该批产品为合格。

8.4 检验方法

8.4.1 母岩的放射性按照 GB 6566 规定的方法检验。

8.4.2 机制砂的母岩抗压强度按照 JTG E41 规定的方法检验，卵石压碎指标按照 JTG E42 规定的方法检验。

8.4.3 机制砂的颗粒级配、石粉含量、MB 值、泥块含量、云母含量、轻物质含量、有机物含量、硫化物及硫酸盐含量、压碎指标、表观密度、松散堆积密度、空隙率、坚固性、吸水率等项目按照 JTG E42 规定的方法检验。

8.4.4 机制砂的氯离子含量和碱集料反应活性按照 GB/T 14684 规定的方法检验。

9 机制砂混凝土配合比设计

9.1 一般规定

- 9.1.1 机制砂混凝土的配合比设计应满足工程设计和施工要求。
- 9.1.2 用于桥涵、隧道和水泥路面的机制砂混凝土配合比设计应分别符合 JTG/T F50、JTG/T F60、JTG/T F30 的相关规定。
- 9.1.3 机制砂混凝土的力学性能和耐久性能应符合 GB 50010、GB/T 50476 及 JTG/T 3310 的相关规定。
- 9.1.4 机制砂混凝土的配合比设计可按照 JGJ 55 的相关规定进行。
- 9.1.5 有抗裂要求的机制砂混凝土，应通过混凝土早期抗裂性能试验和收缩试验确定配合比。
- 9.1.6 机制砂用于大体积混凝土时，应进行温控设计计算。
- 9.1.7 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。

9.2 原材料选用及技术要求

- 9.2.1 机制砂的技术要求应符合本标准第 7 章的规定，选用机制砂时还应遵循以下规定：

- a) 中、低强度等级混凝土所选用机制砂细度模数宜为 2.5~3.0；高强、高性能混凝土所选用机制砂细度模数宜为 2.8~3.3。C 55 及以上混凝土也可选用细度模数不超过 3.6 的机制砂；
- b) 当混凝土拌合物的流动性有较高要求时，宜采用 MB 值<1.0 的机制砂；
- c) 当机制砂细度模数越大、粒形越尖锐时，或配制的混凝土强度等级越低、拌合物流动性能越高时，机制砂的石粉含量可取高限值；
- d) 预应力混凝土结构所用机制砂的石粉含量不宜高于 7 %；
- e) 中、轻交通荷载等级公路面层水泥混凝土、碾压混凝土及贫混凝土基层可使用Ⅲ级机制砂；极重、特种、重交通荷载等级公路面层水泥混凝土宜使用Ⅱ级机制砂；复合式路面或桥面下面层水泥混凝土宜使用Ⅱ级机制砂。

- 9.2.2 水泥品种与强度等级应根据设计、施工要求以及工程所处环境条件确定。通常情况下，水泥宜采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其技术指标应符合 GB 175 的要求；当用于水泥混凝土路面和有防腐要求的混凝土工程时，其性能还应符合 JTG/T F30 和 JTG/T 3310 的相关规定。

- 9.2.3 粗集料应选择质地坚硬、级配良好、粒形方正、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、JTG/T F50、JTG/T F60 及 JTG/T F30 的相关规定。若粗集料含有碱-硅酸反应活性矿物，其砂浆棒膨胀率应<0.10 %。否则应采用抑制碱集料反应的技术措施。不得使用具有碱-碳酸盐反应活性的集料。

- 9.2.4 机制砂混凝土宜选用粉煤灰、矿渣粉等作为矿物掺合料，其性能应分别符合 GB/T 1596 及 GB/T 18046 的要求。对于有降低混凝土温升及提高抗裂性要求的机制砂混凝土，矿渣粉比表面积不宜>450 m²/kg，并宜与粉煤灰以<1:1 的比例复掺使用。

- 9.2.5 机制砂混凝土用外加剂的匀质性及其他指标应满足 JT/T 523 和 GB/T 8076 等相关的行业标准和国家标准的要求。受冻融、化学腐蚀尤其是干湿循环作用的混凝土中，不应掺用无机盐类的早强剂、防冻剂或掺有含碱金属盐和氯盐的各种减水剂、引气剂等。

- 9.2.6 机制砂混凝土拌合水的品质应符合 JGJ 63 的规定。养生用水除不溶物、可溶物可不作要求外，其他项目应符合 JGJ 63 的规定。

9.3 配合比设计

9.3.1 机制砂混凝土的配合比设计应根据原材料品质、混凝土设计强度等级、耐久性以及施工工艺对工作性的要求，通过计算、试配、调整等步骤选定。

9.3.2 机制砂混凝土配合比按 JGJ 55 中规定的步骤进行计算，水胶比与强度关系式仍遵循天然砂普通混凝土强度计算公式。

9.3.3 机制砂混凝土的单位用水量，可按 JGJ 55 规定的基本参数进行初选，再通过试验进行调整。调整机制砂混凝土用水量时，应充分考虑机制砂的级配、粒形以及石粉含量等因素。

9.3.4 配制机制砂混凝土时，宜掺用高性能减水剂，且减水剂的掺量宜在天然砂混凝土的基础上适当提高，其掺量可近似地按混凝土中粉体材料质量百分比确定。

9.3.5 机制砂混凝土的砂率选取应充分考虑机制砂的细度模数、颗粒级配、石粉含量等因素。通常，机制砂混凝土的砂率宜较天然砂混凝土砂率提高 3 %~6 %。

9.3.6 采用机制砂配制高强、高性能、泵送、大流动性混凝土时，宜掺用一定量的粉煤灰、粒化高炉矿渣粉或硅灰等矿物掺合料，配制大体积混凝土时，宜优先选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉。矿物掺合料的品种和掺量应根据混凝土的性能要求通过试验确定，并应符合 GB/T 50146、JGJ 55、JTG/T F50、JTG/T F30 的规定。

9.3.7 当采用假定表现密度法进行机制砂混凝土配合比设计时，机制砂混凝土拌合物的表观密度宜比天然砂混凝土增加 $30 \text{ kg/m}^3 \sim 50 \text{ kg/m}^3$ 。

9.3.8 无抗冻要求的混凝土含气量不宜 $< 2.0\%$ （干硬性混凝土除外）。当混凝土有抗冻要求时，混凝土的含气量应根据抗冻等级的要求经试验确定，含气量宜在 4 %~6 % 的范围。

9.3.9 机制砂混凝土拌合物的总碱含量不宜超过 3.0 kg/m^3 。

9.3.10 机制砂混凝土拌合物的水溶性氯离子含量应符合 JTG/T F50 和 JTG/T 3310 的相关规定，水溶性氯离子含量应按 JTS/T 236 的规定进行测定和计算。

9.3.11 当出现下列情况之一时，应重新进行混凝土配合比设计：

- a) 机制砂混凝土的原材料品种或质量有显著变化时；
- b) 混凝土质量指标有变化时；
- c) 施工环境有较大变化时；
- d) 混凝土生产间断半年以上。

10 机制砂混凝土的施工

10.1 一般规定

10.1.1 机制砂混凝土施工的质量控制，除应符合本标准要求外，还应符合 GB 50164、GB 50666、GB 50204、JTG/T F50、JTG/T F60、JTG/T F30 的有关规定。

10.1.2 有防腐要求的机制砂混凝土施工，应符合 JTG/T 3310 的有关规定。

10.1.3 施工前，施工单位应根据设计要求、工程特点、施工工艺、施工环境等制定机制砂混凝土施工技术方案。

10.1.4 机制砂混凝土冬期施工时，应符合 JGJ/T 104 的有关规定。

10.1.5 大体积机制砂混凝土施工应符合 GB 50496 的规定。

10.2 混凝土拌制

10.2.1 机制砂混凝土的原材料计量应采用电子自动计量设备。并应严格按施工配合比进行计量。原材料计量系统应检定合格后方可使用，且混凝土生产单位应每月自检一次，大、中修或搬迁后应重新进行检定。原材料的计量偏差应每班检查一次，每盘原材料计量的允许偏差应符合表9的规定。

表9 每盘混凝土原材料计量允许偏差（按质量计，%）

原材料品种	水泥、掺和料	粗、细集料	水	外加剂
预制场或集中搅拌站搅拌	±1	±2	±1	±1
现场搅拌	±2	±3	±2	±2

10.2.2 机制砂、粗集料含水率的检验每工作班不宜少于2次；当雨雪天气等外界影响导致混凝土集料含水率变化时，应及时检验，并根据检验结果及时调整施工配合比。

10.2.3 机制砂混凝土应采用机械拌制，混凝土搅拌机和拌制技术要求应符合GB/T 9142、GB 50164、JTG/T F50、JTG/T F30的相关规定。

10.2.4 机制砂混凝土的搅拌时间应在天然砂混凝土搅拌时间的基础上适当延长，一般延长20 s~30 s。

10.2.5 机制砂混凝土搅拌完毕后，宜在搅拌站和浇筑现场分别取样检测混凝土拌合物的坍落度及其损失，每工作班不应少于2次，并观察有无分层、板结、离析、泌水现象，必要时对含气量指标进行检测。

10.2.6 机制砂混凝土的坍落度允许偏差应符合表10的规定。

表10 机制砂混凝土坍落度允许偏差

坍落度（mm）	≤40	40~100	≥100
允许偏差（mm）	±10	±20	±30

10.2.7 机制砂混凝土应按下列要求加强混凝土拌合物质量稳定性的控制：

- a) 严格控制设备计量精度；
- b) 加大机制砂的颗粒级配、细度模数、石粉含量、MB值的检测频率，当同一来源的机制砂的细度模数变化范围超过±0.2或石粉含量变化范围超过±2.0%时，应分别堆放，并适当调整混凝土配合比中的砂率及外加剂用量，以保障机制砂混凝土工作性；
- c) 机制砂、粗集料堆料、取料时，应采取措施防止离析；
- d) 应加大机制砂、粗集料的含水率的检测频率，并按含水量变化及时调整机制砂、粗集料和拌合用水的称量，保障机制砂混凝土的质量；
- e) 加大机制砂混凝土拌合物出机检测频率，发现异常情况应停机检查，查明原因，采取相应措施进行调整。

10.3 运输、浇筑和振捣

10.3.1 机制砂混凝土拌合物运至浇筑现场时，不得出现离析、泌水或分层现象。

10.3.2 当采用搅拌罐车运输机制砂混凝土拌合物时，途中应以2 r/min~4 r/min的慢速进行搅动，卸料前应采用快速档旋转搅拌罐不少于30 s，当机制砂混凝土坍落度损失较大而难以正常卸料或不能满足施工要求时，不得向机制砂混凝土拌合物中加水，可在专业人员指导下掺入适量的减水剂，快速旋转搅拌均匀，并在达到要求的工作性能后再进行浇筑施工。

- 10.3.3 采用泵送的机制砂混凝土，其运输应保证混凝土连续泵送，并应符合 JGJ/T 10 的有关规定。
- 10.3.4 机制砂混凝土在夏季施工时，可采取下列措施保持混凝土工作性：
- a) 控制或降低胶凝材料温度；
 - b) 避免粗、细集料暴露在太阳下直晒；
 - c) 使用保坍性能良好的高性能减水剂；
 - d) 避开高温时段施工。
- 10.3.5 机制砂混凝土每一振点的振捣时间宜根据拌合物稠度和振捣部位等不同情况，控制在 20 s～30 s，以混凝土拌合物表面平坦泛浆，基本无气泡溢出为度。
- 10.3.6 机制砂混凝土振捣完毕后，应及时进行第一次收浆初平，修整、抹平混凝土裸露面；在混凝土泌浆结束、初凝前，宜再进行第二次精平抹面，压光混凝土表面或拉毛处理，当发现混凝土沉降及塑性收缩裂缝时，应及时抹压消除。
- 10.3.7 新浇筑机制砂混凝土强度达到 2.5 MPa 之前，不得使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载。

10.4 养护

- 10.4.1 机制砂混凝土浇筑完成后，应在其收浆后尽快进行保湿养生。保湿养生可采用覆盖保湿、洒水、自动喷淋、喷涂养生剂等方式。
- 10.4.2 机制砂混凝土浇筑完毕后的湿养生时间最低期限应满足表 11 的规定。其中大体积机制砂混凝土养生时间不应少于 21 d，竖向混凝土结构的养生时间宜适当延长。当机制砂中石粉含量较高或掺加较大掺量矿物掺合料时，可根据气候条件，适当延长 2 d～3 d。湿养生期间，混凝土表面应始终保持湿润状态而不得形成干湿交替。

表11 混凝土潮湿养生的最低期限

大气潮湿 (50 %<RH<75 %)， 无风，无阳光直射		大气干燥 (RH<50 %)， 有风，或阳光直射	
日平均 气温	湿养生期限	日平均气温	湿养生期限
5 ℃≤T<10 ℃	≥14天	5 ℃≤T<10 ℃	≥21天
10 ℃≤T<20 ℃	≥10天	10 ℃≤T<20 ℃	≥14天
≥20 ℃	≥7天	≥20 ℃	≥14天

- 10.4.3 采用养生剂养护时，养生剂应符合 JT/T 522 的规定。
- 10.4.4 在养生时间，机制砂混凝土表面温度与养生水温度之差值不应>15 ℃。
- 10.4.5 在暴晒、气温骤降等情况下，应采取覆盖保温措施防止机制砂混凝土表面温度受环境因素影响而发生剧烈变化。养生期间混凝土的内部与表面、表面与环境之间的温差不应超过 20 ℃（预应力混凝土箱梁不宜超过 15 ℃）。
- 10.4.6 掺有膨胀剂的机制砂混凝土，应采取覆盖洒水保湿养生或蓄水养生，养生时间不应少于 14 d；冬期施工时，带模养生时间不应少于 7 d。

11 机制砂混凝土质量检验与验收

11.1 原材料质量检验与验收

11.1.1 混凝土原材料进场时，应按规定批次验收型式检验报告、出厂检验报告等质量证明文件。

11.1.2 原材料进场后，应进行进场检验。

11.1.3 机制砂进场检验及混凝土生产中抽检的项目和检验频次应符合下列规定：

- a) 机制砂应对颗粒级配、压碎指标、石粉含量、MB 值等进行检验；对于有抗渗、抗冻要求的混凝土，还应检验其吸水率、坚固性；
- b) 机制砂为同产地、同规格、连续进场时，应以 600 t 为一个检验批；小批量进场的应以 200 t 为一个检验批；不足一个检验批时，应按一个检验批进行检验。

11.1.4 其他原材料的检验项目和检验频次按现行有关行业标准的要求执行。

11.1.5 机制砂的质量应符合本标准第 7 章的规定；其他原材料的质量应符合现行行业标准的规定。

11.2 机制砂混凝土拌合物性能检验

11.2.1 在生产和施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对机制砂混凝土拌合物进行抽样检验，每工作班应至少检验两次。

11.2.2 机制砂混凝土拌合物性能应符合设计要求，其检验方法应符合 JTG E30、GB 50080 的规定。

11.3 机制砂混凝土性能检验

11.3.1 机制砂混凝土的力学性能应符合设计要求，其检验方法应符合 GB/T 50081 和 JTG E30 的规定；力学性能的检验评定应符合 GB/T 50107、JTG/T F50、JTG F80/1 的规定。

11.3.2 机制砂混凝土的耐久性能应符合设计要求；当设计未提出要求时，机制砂混凝土的耐久性应符合 GB/T 50476、JTG/T 3310、JTG/T F30、JTG/T F50、JTG/T F60 的规定；其检验方法应符合 GB 50082 和 JTG E30 的规定；耐久性的检验评定应符合 JGJ/T 193、JTG/T F50 和 JTG F80/1 的规定。

11.4 混凝土工程验收

11.4.1 公路工程桥涵、隧道、路面工程机制砂混凝土工程施工质量验收应符合 JTG/T F30、JTG/T F50、JTG/T F60 的规定。

11.4.2 公路工程桥涵、隧道、路面工程机制砂混凝土工程施工质量评定应符合 JTG F80/1 的规定。

11.4.3 机制砂混凝土强度检验评定应符合 GB/T 50107 的规定。

11.4.4 机制砂混凝土的耐久性检验评定应符合 JGJ/T 193 的规定。