

**T/CECS ×××**- 20**××**

**中国工程建设标准化协会标准**

机制砂高性能混凝土应用技术规程

**Machine-made sand high-performance concrete application technical regulations**

（征求意见稿）

**××××出版社**

中国工程建设标准化协会标准

**机制砂高性能混凝土应用技术规程**

Machine-made sand high-performance concrete application technical regulations

**T/CECS ×××-20×××**

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 中国建筑科学研究院有限公司  中国水利水电第八工程局有限公司 |
| 批准部门： | 中国工程建设标准化协会 |
| 施行日期： | 20**××**年**××**月**××**日 |

××××出版社

**20××**北　　京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020年第二批工程建设协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2020]23号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制订本规程。

本规程共分为5章，主要技术内容包括：总则、术语、机制砂的生产、机制砂高性混凝土的配制、机制砂高性混凝土的施工与检验。

本规程由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路30号；邮政编码：100013）。

主 编 单 位：中国建筑科学研究院有限公司

中国水利水电第八工程局有限公司

参 编 单 位：中国水利水电第三工程局有限公司

云南建投绿色高性能混凝土股份有限公司

宁波阳光混凝土有限公司

建研建材有限公司

北京科技大学

同济大学

中国地质大学（武汉）

建研建硕（北京）科技有限公司

宁波智领交通工程检测有限公司

中国路桥工程有限责任公司

哈尔滨佳连混凝土技术开发有限公司

武汉源锦商品混凝土有限公司

中国建材检验认证集团贵州有限公司

中国建筑第二工程局有限公司

贵州中建建筑科研设计院有限公司

保利长大工程有限公司

苏州交通工程试验检测中心有限公司

江西省交通工程集团有限公司

主要起草人：**×××** **×××** **×××** **×××** **×××**

**×××** **×××** **×××** **×××** **×××**

**×××** **×××** **×××** **×××** **×××**

主要审查人：**×××** **×××** **×××** **×××** **×××**

**×××** **×××** **×××** **×××**

**目 次**

|  |  |
| --- | --- |
| 1 总则………………………………………………………………………………… | 1 |
| 2 术语………………………………………………………………………………… | 2 |
| 3 机制砂的生产……………………………………………………………………… | 3 |
| 3.1 机制砂料源……………………………………………………………………… | 3 |
| 3.2 机制砂场规划与布置…………………………………………………………… | 3 |
| 3.3 机制砂生产工艺………………………………………………………………… | 8 |
| 3.4 机制砂生产设备………………………………………………………………… | 11 |
| 3.5 机制砂生产质量………………………………………………………………… | 14 |
| 4 机制砂高性能混凝土的配制……………………………………………………… | 18 |
| 4.1 原材料…………………………………………………………………………… | 18 |
| 4.2 机制砂高性能混凝土性能………………………………………………………… | 20 |
| 4.3 机制砂混凝土配合比设计………………………………………………………… | 21 |
| 5 机制砂高性能混凝的施工与检验………………………………………………… | 24 |
| 5.1 原材料管理……………………………………………………………………… | 24 |
| 5.2 混凝土搅拌……………………………………………………………………… | 25 |
| 5.3 混凝土运输……………………………………………………………………… | 26 |
| 5.4 混凝土浇筑……………………………………………………………………… | 28 |
| 5.5 混凝土振捣……………………………………………………………………… | 29 |
| 5.6 混凝土养护……………………………………………………………………… | 30 |
| 5.7 混凝土拆模……………………………………………………………………… | 33 |
| 5.8 混凝土工程质量检验…………………………………………………………… | 33 |
| 用词说明………………………………………………………………………………… | 35 |
| 引用标准名录…………………………………………………………………………… | 36 |
| 附：条文说明…………………………………………………………………………… | 37 |

Contents

|  |  |
| --- | --- |
| 1 General provisions………………………………………………………………… | 1 |
| 2 Terms………………………………………………………………………………… | 2 |
| 3 Production of machine-made sand…………………………………………………… | 3 |
| 3.1 Machine-made sand Source………………………………………………………… | 3 |
| 3.2 Machine-made sand plant planning and layout………………………………………… | 3 |
| 3.3 Machine-made sand production process……………………………………………… | 8 |
| 3.4 Machine-made sand production equipment…………………………………………… | 11 |
| 3.5 Machine-made sand production quality……………………………………………… | 14 |
| 4 Formulation of high performance concrete with mechanism sand…………………… | 18 |
| 4.1 Raw materials……………………………………………………………………… | 18 |
| 4.2 Machine-made sand High Performance Concrete Properties…………………………… | 20 |
| 4.3 Machine-made sand concrete mix ratio design………………………………………… | 21 |
| 5 Machine-made sand concrete mix ratio design……………………………………… | 24 |
| 5.1 Raw material management………………………………………………………… | 24 |
| 5.2 Concrete Mixing………………………………………………………………… | 25 |
| 5.3 Concrete transportation…………………………………………………………… | 26 |
| 5.4 Concrete Pouring………………………………………………………………… | 28 |
| 5.5 Concrete Vibrating………………………………………………………………… | 29 |
| 5.6 Concrete Maintenance……………………………………………………………… | 30 |
| 5.7 Concrete Demolding……………………………………………………………… | 33 |
| 5.8 Quality inspection of concrete works………………………………………………… | 33 |
| Explanation of wording………………………………………………………………… | 35 |
| List of quoted standards………………………………………………………………… | 36 |
| Addition： Explanation of provisions…………………………………………………… | 37 |

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范机制砂混凝土的工程应用，做到技术先进、经济合理、安全适用，保证工程质量，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于机制砂混凝土的生产、配制、施工与检验。

**1.0.3** 机制砂混凝土的应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术 语

**2.0.1** 高性能混凝土high performance concrete

以建设工程设计和施工对混凝土性能特定要求为总体目标，选用优质常规原材料，合理掺加外加剂和矿物掺合料，采用较低水胶比并优化配合比，通过绿色预拌生产方式以及严格的施工措施，制成具有优异的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能的混凝土。

**2.1.2** 机制砂machine-made sand

岩石、卵石、未经化学方法处理过的矿山尾矿，经除土、机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的，粒径小于4.75mm的岩石颗粒，但不包括软质、风化的岩石颗粒。

**2.1.3** 混合砂mixed sand

由天然砂与机制砂按一定比例混合而成的砂。

# 3 机制砂的生产

## **3.1** 机制砂料源

**3.1.1**机制砂母岩料源应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685的相关规定。

**3.1.2** 机制砂母岩料源应质地坚硬、洁净、无软弱颗粒、未风化且性质稳定，应选用岩石强度高、整体性好、贮量充足、覆盖土层薄、夹层含泥少的矿山，卵石或碎石料源应选用贮量充足、含泥量小、粒径较大的天然卵石或机制碎石。

**3.1.3** 机制砂生产的料源可采用矿山开采的岩石、隧道洞渣岩石、尾矿废石等矿石，或碎石加工厂的成品碎石，或从河道中直接获取的天然卵石。

**3.1.4** 机制砂生产的母岩料源宜优先选用石灰岩、白云岩、花岗岩、安山岩、石英岩、辉绿岩、凝灰岩、玄武岩，不应采用泥岩、页岩、板岩等水成岩类母岩生产机制砂。

## **3.2** **机制砂场规划与布置**

**3.2.1** 机制砂场规划与布置应符合下列规定：

**1** 机制砂场选址应综合考虑母岩性能、生产、运输、安全、环水保、成本等条件，合理确定场区规划及位置。

**2** 机制砂场区应地基稳固、场地平整、排水系统良好，临近山坡且有可能被山洪侵袭时应设置防洪堤或防洪截水沟等设施。

**3** 山区公路和高原公路沿线机制砂场选址时，应充分考虑滑坡、坍塌、泥石流等地质灾害的影响，采取必要的防护措施。

**4** 机制砂场宜利用荒山地、山坡地，减少或避免占农田、林地。

**5** 机制砂场选择宜靠近已有的交通运输线路、水源和主要输电线路。

**6** 机制砂场喂料区、加工区、试验检测区、计量区等生产区域及设备关键部位可设置视频监控系统。

**7** 场内主干道路应将取石区、加工区、成品存放区等功能区贯通，其布设宽度、曲线半径应满足成品运输、生产设备运输和维护机械的通行需求。

**3.2.2** 机制砂场的平面规划应符合下列规定：

**1** 机制砂场平面规划应在充分调查工程所在地自然环境、地形地貌、地质状况、既有道路利用条件的基础上，根据机制砂产量、生产线数量、生产设备特点等制定，并满足工厂化和信息化的管理要求。

**2** 机制砂场平面规划主要包括建场规模、平面布置、用地规划、生产设备布置、功能区划分、道路规划、地面硬化区域规划、用电设计、给排水设计、厂房及雨棚设计等，且应符合下列规定：

**1）**平面规划应遵循永临结合、少占土地、节约成本的原则，统筹规划，降低建场费用。

**2）**机制砂场分期建设时，应统一规划、分期实施。

**3）**场区的硬化区域和面积应考虑生态恢复需要，场区及四周应排水良好。

**4）**平面规划应保证各流水线作业互不干扰，并应充分考虑场区的水、电、路的综合安排，满足职业健康、安全、环保、消防、防爆、防自然灾害等要求。

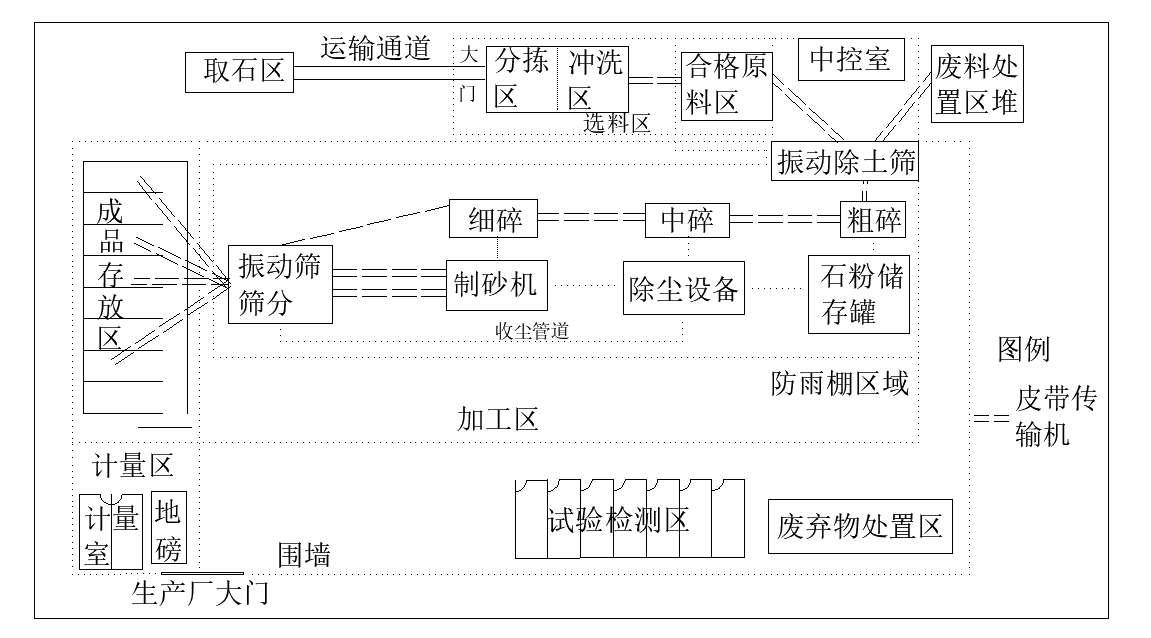
**5）**平面规划应考虑机制砂母岩和成品的运距，避免长距离运输；具备条件的情况下，宜使用皮带运输，减少车辆转运。

**6）**场区布置应根据其地形地质条件，选择经济合理的布置方案，合理确定场区辅助生产和生活设施的规模，并应做到生产流程简捷流畅、布置紧凑合理、道路连接平顺。

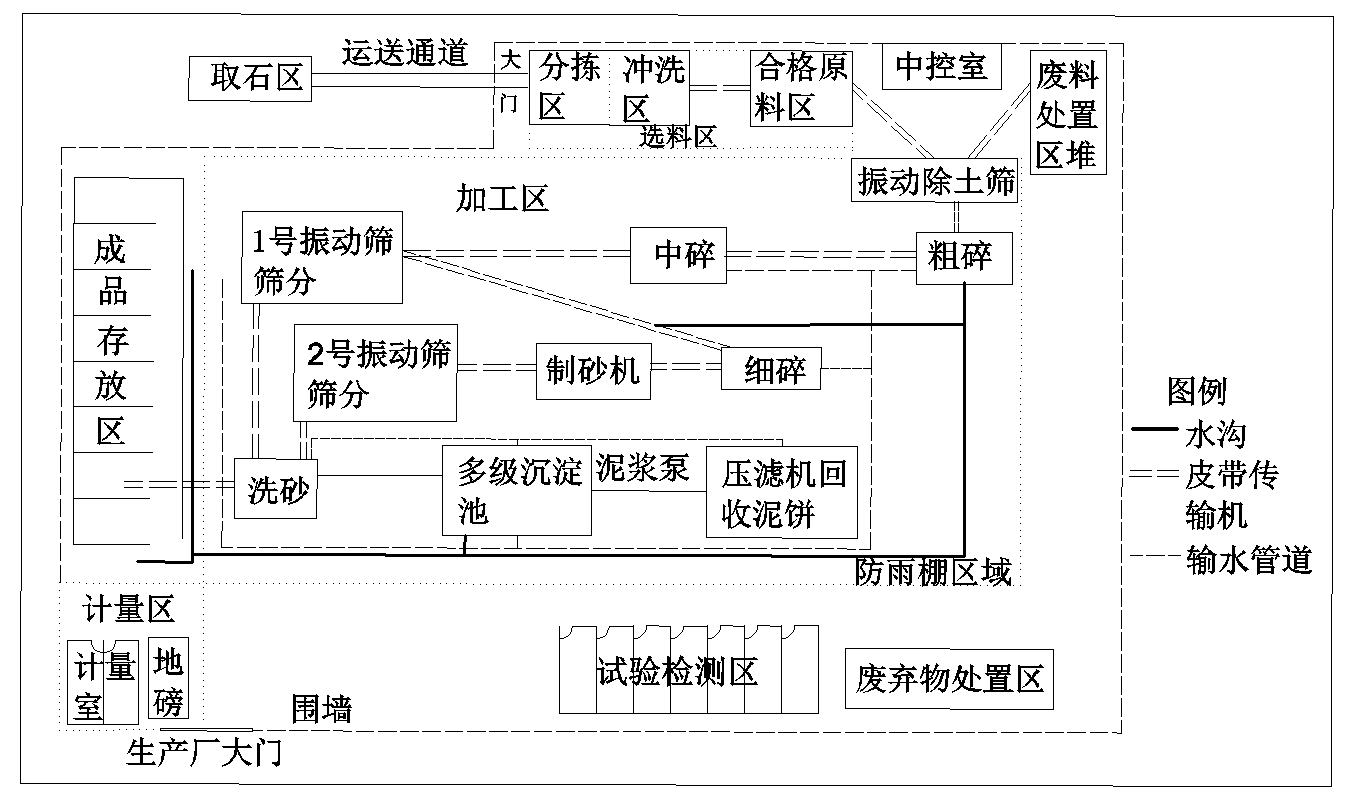
**7）**场区周围宜设置围墙，场区内宜进行绿化。

**3** 机制砂场宜采用分区管理，按取石区、选料区（分拣区、冲洗区、合格母岩存放区）、加工区、中控室、成品存放区、试验检测区、计量区、废弃物处置区、检修通道和运输通道进行统一规划设置。

**4** 根据去除机制砂中石粉的方式，机制砂的生产工艺分为干法和湿法两类。干法生产机制砂场和湿法生产机制砂场平面规划可参考图3.2.1-1、图3.2.2-2。



**图3.2.1-1 机制砂场干法生产平面示意图**



**图3.2.1-2 机制砂场湿法生产平面示意图**

**3.2.2** 功能区布置应符合下列规定：

**1** 取石区应符合下列规定：

**1）**取石区大小应根据合格母岩的空间分布和拟采石总量综合确定，取石区母岩储量不宜小于计划总生产量的1.25倍，取石区高差不宜大于50m。

**2）**取石区一次爆破量应与机制砂场生产组织、生产能力匹配。

**3）**取石区应分台阶、分级取石；台阶高度宜为6m～15m，每一级平台宽度宜不少于3m。爆破后台阶应保持规整，保持边坡不受破坏，减少对其稳定性的影响。

**2** 选料区应符合下列规定：

**1）**选料区应设置分拣区、冲洗区和合格母岩存放区。

**2）**选料区有效面积不宜小于1个批次母岩验收存放所需面积。

**3）**选料区内场地应平整，并进行必要硬化；选料区及母岩冲洗区四周应设有排水设施，并汇入沉淀池，工作区域内不得积水。

**4）**多雨地区宜搭设防雨晾干大棚。

**3** 加工区应符合下列规定：

**1）**机制砂场应配套DCS系统，并由中控室集中控制，加工区场地布置应符合施工平面规划的总体布置、生产设备布置及标准化作业规定，对加工区场区应进行地面硬化，地面硬化时应设置坡度，并与机制砂场排水系统相连。

**2）**加工区生产车间应为钢结构或钢筋混凝土结构全封闭生产车间，车间设计应考虑当地极端天气，对加工设备、输送带应进行封闭，避免对周围环境造成污染，并应配置收尘系统，做到清洁生产、文明作业和工厂化作业；加工区车间内应满足车间内设备检修起吊要求。

**3）**机制砂加工生产线的连接、加工区内总体布置及生产设备配置应遵循安全、简捷、顺畅的设计原则，生产线的布置应合理利用地形布置，简化物料运输环节，避免物料上行输送。

**4）**加工区占地面积及布置应根据生产设备外形参数确定，应充分考虑设备更换、生产扩能改造的需要；生产设备基础的设置及相应的预埋件应在施工前由设备厂家进行现场确定；为减少各生产设备运行过程中的相互振动干扰，各生产设备的基础宜单独设置。

**5）**根据生产需要，可设置机制砂半成品区，其容积宜按高峰时段3d~5d的用砂需求量确定。

**6）**场地布置应考虑降尘和机制砂生产用水的供水管网布置。

**4** 中控室应符合下列规定：

**1）**中控室应接入关键生产区的视频监控，并具备警示报警、一键终止的功能。中控室宜综合考虑控制室安装机柜和操作台的空间、系统工作环境、防静电、系统接地、避雷等方面的功能。

**2）**中控室设计应保证良好的通风和照明效果，保证系统工作环境温度保持在合适的范围内。

**3）**中控室应符合现行国家标准《20kV及以下变电所设计规范》GB 50053等相关标准规定；高低压室应分开，大型及以上规模机制砂场，中控室和电力柜应分开；高压控制应符合现行国家标准《3~110kV高压配电装置设计规范》GB 50060等相关标准规定。

**4）**中控室及其电缆应符合现行国家标准《电力工程电缆设计标准》GB 50217等相关标准规定；高低压线缆分开放置，控制线缆和电力输送线缆应分开放置。

**5）**中控室控制区域应放置明显标识。

**5** 成品存放区应符合下列规定：

**1）**成品存放区应进行封闭，料仓净空高度不应低于7.5m。棚架结构应进行专项设计，满足极端雨、风、雪等相关承载力和防倾覆要求。

**2）**成品存放区应设置待检仓和合格仓。料仓间应修筑墙体隔开，地面混凝土硬化厚度不宜小于25cm。料仓上下部应各留出10cm标高线，骨料堆码、铲装应控制在标高线内。

**3）**成品存放区容积应按高峰时段3d~7d的用砂需求量确定。机制砂待检料仓容量应满足每班次（8h）连续生产的需要。

**4）**成品存放区料仓内不应积水，存放区地面应设置排水坡度不小于2%的排水坡，并设置相应的排水沟汇入排水系统。

**5）**湿法制砂时，成品砂应分仓堆存，单个料场容积满足自然脱水时间要求，高寒地区堆场宜采取保温措施防止机制砂冻结。

**6** 机制砂试验检测区应单独设立，检测区面积不应小于20m2，并应配置必要的检测设备。

**7** 计量区宜设置在宽敞稳固的区域内，不应与生产相互干扰。计量区内应设置地磅和计量室，地磅应与地面齐平。

**8** 山皮土、废弃石渣等废弃物处置区应符合下列规定：

**1）**废弃物处置区的选址应按公路弃土（渣）场的原则进行选取，并遵循“少占压土地，少损坏水土保持设施”的原则，减少对周边环境的影响。

**2）**废弃物处置区应综合考虑容量、占地类型与面积、废弃物运距与道路建设、废弃物组成及排放方式、防护整治工程量及废弃物处置区后期利用等情况选定。

**3）**废弃物处置区不应影响工矿企业、居民区、交通干线或其他重要设施的安全。

**3.2.2** 水电系统布置应符合下列规定：

**1** 给水系统应符合下列规定：

**1）**机制砂场供水量应满足场内生产用水、生活用水及其他用水量的总和，水质应满足现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63要求，水源地和输水管线应纳入机制砂场给水系统范围。

**2）**当选用地表水为机制砂场给水水源时，其枯水流量保证率应满足机制砂场生产需求；当采用地下水为给水水源时，应取得合法的取水手续，并采用调蓄措施进行水量储备，其蓄水量不应低于机制砂场的最高日用水量。

**3）**理的工业用水、污水、海水和盐湖水不得作为机制砂生产用水。

**4）**砂场用水应采用管道输送，宜沿道路和通道基础铺设。

**5）**管路应定期检查，确保畅通，并应实时掌握给水量。

**2** 排污系统应符合下列规定：

**1）**机制砂场排水排污系统应雨污分流，污水处理后宜回收利用。

**2）**机制砂场排水系统应与总体规划一致，应考虑排水范围、排水量、排水体系布局、排污地点和污水处理措施、排水系统的建设规模和用地等；机制砂场排水系统应与给水系统、道路交通以及其他专业规划相协调。

**3）**当机制砂场污水处理设施或污水排出口设在机制砂场规划范围以外时，应将污水处理设施或污水排出口及其连接的排水管渠纳入机制砂场排水系统规划范围。

**4）**雨水系统宜充分利用机制砂场周边的洼地和池塘调节雨水径流，必要时可建人工调节池。排水管渠应以重力自流为主，宜顺坡敷设，机制砂场汇水自流排放困难的地区，可采用雨水泵站的方式排放雨水。

**5）**污水排放应满足环保要求，分级沉淀处理达标后再排放；雨水排放时，应设有缓存区域，防止对下游用户产生不良影响。

**6）**对排水渠和排水管路应定期检查，特别是弯道、汇水位置，确保其畅通。

**3** 电力系统应符合下列规定：

**1）**机制砂场区内生产用电力系统应进行专项设计。

**2）**机制砂场区内生产用电力供电应按三级负荷考虑，对于其中一些特别重要的电荷，应专门设置备用电源。

**3）**机制砂场电力供应宜以地方电力为主，自配发电机为辅。

**4）**机制砂场变压器及发电机功率应根据工艺的需求计算后配置，应大于所有设备功率总和，并考虑适量的富余系数。

**5）**机制砂场区应设置满足生产安全要求的照明设施，电气安全设计应符合国家相关标准的规定。

## **3.3** 机制砂生产工艺

**3.3.1** 机制砂生产工艺应符合下列规定：

**1** 机制砂生产工艺设计应满足成品砂生产能力和品质要求，并应考虑工艺的先进性、经济性和成熟性。

**2** 机制砂生产宜采用砂石联产工艺，当母岩特性或工程建设对砂、石的要求变化时，砂石联产工艺应能根据需求进行调整，也可采用在专用场地利用碎石单独生产机制砂的单独制砂工艺。

**3** 机制砂可采用干法或湿法制砂工艺。在多雨地区或水源较为充足地区，干法制砂成品机制砂亚甲蓝值、石粉含量不能满足技术要求时，机制砂生产根据母岩特性可采用湿法制砂工艺。

**4** 机制砂生产过程可采用生产质量监测信息化系统对机制砂品质和关键主机设备等进行实时监控，系统具备数据采集及远程传输的功能。

**5** 机制砂生产工艺及设备的选型应根据母岩性能、工程用砂级配及石粉含量要求进行合理选择。

**6** 机制砂加工系统设计前应进行工艺性试验，工艺性试验内容应包括机制砂母材矿物分析、可加工性能和机制砂混凝土拌合物工作性能验证。

**7** 机制砂场建设完成后，应进行生产调试，确定生产工艺参数、产能和产品质量。

**8** 机制砂生产工艺布置应根据机制砂场位置和制砂工艺特点，合理利用地形、地貌条件布置生产车间及生产设施，简化物料运输环节。

**9** 机制砂生产工艺应符合现行行业标准《砂石行业绿色矿山建设规范》DZ/T 0316的规定。

**3.3.2** 生产工艺应符合下列规定：

**1** 机制砂加工系统宜包括除土系统、给料系统、破碎系统、筛分系统、整形制砂系统、级配调整、输送系统、电控系统、粉控除尘系统或水处理系统等。

**2** 机制砂加工系统宜采用模块化设计，宜选择可编程控制（PLC）或集散控制系统（DCS）实现生产线的集中闭环控制，智能化生产，具有一键式启动和一键式停止功能。

**3** 破碎系统宜采用三段破碎（粗破、中破和细破闭路）加整形制砂闭路筛分工艺；产量小于200t/h的生产系统，也可采用两段破碎（粗碎、中碎闭路）加整形制砂闭路筛分工艺。

**4** 粗碎车间宜靠近选料区布置。中细碎车间应设置原料调节料仓，其活容积不应小于破碎机的0.5h处理量。

**5** 原料进第一段破碎机前应进行除土处理，棒条喂料机下方落料应再次使用除土筛将渣土筛除。当受料源洁净程度制约时，可前置清洗工艺进行预处理。

**6** 筛分车间布置应综合规划与半成品堆场、成品堆场、洗石车间、中细碎车间、细碎车间及制砂车间之间的平面和立面的联系，减少骨料转运环节和高差。

**7** 当采用砂石联产系统时，应采用部分筛分效率进行工艺流程计算，总筛分效率不宜低于90%。

**8** 制砂车间宜设置原料调节仓，其活容积不宜小于制砂机的2h处理量。

**9** 制砂设备和工艺应具有级配、细度模数和石粉含量调整功能以及防止粉尘污染功能。除尘设备应在破碎机与振动筛等主要扬尘点配备，并根据石粉含量的控制要求选择选粉设备或水洗设备配套使用进一步控粉。

**10** 干法制砂工艺成品砂的石粉含量可用风选脱粉机进行调节，当选用风选脱粉机时应在原料仓及机制砂生产线沿线设置防雨设施，制砂原料含水量应小于2%。

**11** 干法制砂工艺宜采用喷淋系统对机制砂成品进行加湿处理，使机制砂成品具有一定的含水率，防止机制砂离析。

**12** 湿法制砂宜通过洗砂机、细砂回收装置等单独或配合使用调节机制砂的级配、细度模数和石粉含量。湿法制砂应控制石粉含量，并采取相应措施回收利用石粉和废水。

**13** 干法制砂时应设置除尘系统，湿法制砂时应设置污水处理系统。

**14** 带式输送机的运输线路布置应减少中间环节，缩短转运距离，避免带式输送机立面交叉。带式输送机栈桥应采用封闭式结构，且应满足防雨要求。带式输送机栈桥和廊道应设安全出口，并设置警示标志。

**15** 机制砂加工系统中旋转轴、联轴节、齿轮、皮带轮和其它旋转部件应设置安全防护，高空人行通道、检修平台等应按照国家相关安全规范的要求设置护栏和安全爬梯。

## **3.4** 机制砂生产设备

**3.4.1** 机制砂生产设备应符合下列规定：

**1** 机制砂生产设备选型与配置应充分考虑母岩的加工特性、机制砂加工质量要求、设计生产量、机制砂场所在地环境、维护和使用成本等因素，设备规格型号及数量应满足产品的质量和产量要求，遵循成熟先进、节能环保、备品配件来源可靠的原则，不得选用淘汰产品。

**2** 机制砂生产上、下道工序所选用的设备负荷应均衡，设备工作时间有效负荷率宜为75%～90%。同一作业设备的类型和规格宜统一。

**3** 机制砂生产设备和工艺应对母岩性能波动及机制砂级配要求变化有一定的适应性，保证机制砂质量稳定。

**4** 机制砂生产过程中应加强设备维护，及时更换易磨损部件。

**5** 机制砂生产设备宜具备安装生产质量监测信息化系统的条件，预留机制砂在线取样接口。

**3.4.2** 生产设备配置应符合下列规定：

**1** 给料设备应符合下列规定：

**1）**给料设备可采用具有变频调速功能的棒条喂料机和振动给料机，均匀或定量供给原料和筛除废料。

**2）**中碎、细碎、筛分机制砂设备宜设置给料缓冲仓和控制给料装置。

**3）**棒条喂料机的进料粒径不应大于1500mm，振动给料机的最大给料粒径不应大于400mm。

**4）**半成品和成品堆场下部，宜采用振动给料机、槽式给料机、弧门给料机给带式输送机给料。

**2** 破碎设备应符合下列规定：

**1）**破碎设备类型和数量应根据母岩特性、所需处理能力、被破碎物料的最大粒径、砂的级配要求等确定。

**2）**粗碎设备可选择颚式破碎机或旋回破碎机，颚式破碎机的进料粒径不应大于1000mm，旋回破碎机的进料粒径不应大于1200mm，出料粒径不应大于300mm。大型旋回破碎机宜按双侧受矿配置。

**3）**中碎和细碎设备可选择圆锥式破碎机、反击式破碎机、立轴冲击式破碎机，中碎时最大出料粒径不应大于100mm，细碎时最大出料粒径不应大于40mm。

**4）**当采用石灰岩、白云岩等莫氏硬度不大于5级的软岩制砂时，破碎设备宜选择颚式破碎机、反击式破碎机与制砂机相组合的配置方式；当采用花岗岩、玄武岩等莫氏硬度大于5级以上的硬岩制砂时，破碎设备宜选择颚式破碎机（或旋回破碎机）、圆锥破碎机与制砂机相组合的配置方式。

**5）**给料量、给料粒度应保持连续和稳定，并根据工艺性生产试验或室内试验结果确定，且最大入料粒度不应大于设备入料口尺寸的0.85倍。

**6）**破碎设备前的进料带式输送机上应设置金属分离装置。

**3** 筛分设备应符合下列规定：

**1）**筛分设备的类型应与筛分骨料所需处理能力、筛分效率、使用工况及设备的配置要求相适应。

**2）**筛分设备的处理能力计算应考虑给料量的波动，多层筛的处理能力应按控制筛层计算，并校核筛分设备出料端的料层厚度。

**3）**筛分设备宜采用圆振动筛、直线振动筛、空气筛，并均应配置方孔筛网。

**4）**筛孔尺寸应满足产品粒级指标的要求，筛分设备应满足生产能力的要求。

**4** 制砂设备应符合下列规定：

**1）**制砂设备的类型和数量应根据制砂母岩特性、所需处理能力、成品砂细度模数和级配、石粉含量等确定。

**2）**受场地或母岩储量所限，采用移动式制砂设备时，设备参数应符合相关标准要求，成品质量应通过工艺性试验验证。

**3）**制砂设备宜选用立轴冲击式破碎机，水源丰富时可选用棒磨机。

**4）**制砂料源为难碎岩石、耐磨蚀性较强时，宜选用具有石打石功能的立轴冲击式破碎机；制砂料源为中等可碎或易碎岩石、耐磨蚀性中等或较弱时，宜选用具有石打铁功能的立轴冲击式破碎机。当制砂设备选用立轴冲击式破碎机时，应采用石粉调节作业控制石粉含量。

**5）**制砂设备应采用连续给料方式，宜具备整形功能。对机制砂粒形和级配要求高时，制砂设备宜采用立轴冲击式破碎机或棒磨机对颗粒进行整形。

**5** 输送设备应符合下列规定：

1. 带式输送机的输送能力应满足机制砂加工系统不同运行工况的需要，并考虑物料流量的波动。
2. 皮带式输送机宜加装防雨罩。
3. 带式输送机输送砂石料时，其向上倾角不宜超过16°，向下倾角不宜超过12°。当布置区域地形条件有限，所需向上倾角大于16°时，可选用大倾角挡边带式输送机。
4. 带式输送机输送经水洗设备脱水后的成品机制砂时，选用输送带宽度应比计算值提高一级，且输送带宽度不宜小于650mm，向上倾角宜小于12°。
5. 需要将骨料垂直或者较大高度提升时，应采用斗式提升机。斗式提升机输送物料最大粒度不宜大于31.5mm，输送物料含水率应小于2%；提升机90°垂直输送，输送高度不宜高于35m。
6. 成品机制砂输送机末端应设置防离析管、加湿机等防离析装置。

**6** 粉控、除尘设备应符合下列规定：

1. 机制砂生产过程应满足现行国家标准《大气污染物综合排放标准》 GB16297等环保要求。
2. 机制砂生产宜进行多点分布式收尘和抑尘，宜采用脉冲式布袋除尘器、机械反吹风扁布袋除尘器、旋风除尘器、雾化喷淋等进行除尘和抑尘。
3. 除尘设备宜采用脉冲式布袋除尘器、机械反吹风扁布袋除尘器、旋风除尘器，除尘效果应满足国家相关标准的要求。
4. 选粉设备可采用干法制砂分级机、砂粉分离机、风选脱粉机等。

**7** 水洗设备应符合下列规定：

1. 砂石清洗设备的类型与数量应根据机制砂原料的含泥量、可洗性、所需处理能力及被清洗砂石的最大粒径确定。
2. 采用湿法生产时，水洗系统应包含水洗设备、细砂回收装置及污水处理设备。石粉和泥块含量较低时，水洗设备宜宜采用轮式洗砂机；石粉和泥块含量较高时，可采用螺旋洗砂机。

**8** 机制砂检测设备宜符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684对机制砂出厂检验报告技术指标检测的规定。

## **3.5** 机制砂生产质量控制

**3.5.1** 机制砂生产质量控制应符合下列规定：

**1** 机制砂生产应建立生产质量管理体系，保证机制砂生产正常运行和成品质量。

**2** 机制砂生产过程中应加强设备的维护，及时更换易磨损部件，稳定机制砂的质量。

**3** 机制砂的检验包括生产过程检验与产品质量检验。生产过程检验分为料源检验和生产工艺效果检验，机制砂生产时应定时进行抽检。产品质量检验分为型式检验、出厂检验和进场检验。机制砂产品通过型式检验后，方可批量生产；出厂检验合格并附产品质量合格证明，方可出厂。

**4** 连续生产的机制砂应质量稳定，生产过程中宜对机制砂生产质量稳定性进行在线监测。

**5** 当机制砂母岩发生变化时，应对机制砂母岩性能进行型式检验。

**6** 机制砂存放和运输过程中应采取防止机制砂离析的措施。

**3.5.2** 母岩质量控制应符合下列规定：

**1** 机制砂生产用母材应优选质地坚硬、吸水率低、洁净的母岩。

**2** 机制砂母岩料源应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685的相关规定。

**3** 对于表面含有泥土的母岩，应在母岩冲洗区进行冲洗，冲洗后宜置于母岩合格区进行晾晒，并应避免冲洗过程对母岩的二次污染。

**4** 机制砂料源开采取样检测项目和频率应符合表3.5.2的规定，技术指标应根据用途满足相关标准的规定。

**表3.5.2 机制砂料源开采取样检测项目和频率**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 料源 | 取样检验项目 | 检验频率 | 检验方法 |
| 加工机制砂的岩石 | 母岩种类 | 1次/（3×105t或一年） | JTG E41(T 0201) |
| 母岩放射性 | 1次/（3×105t或一年） | GB 6566 |
| 岩石饱水抗压强度 | 1次/（1.5×105t或半年） | GB/T 14685 |
| 表观密度 | 1次/（1.5×105t或半年） | GB/T 14685 |
| 吸水率 | 1次/（1.5×105t或半年） | GB/T 14685 |
| 碱活性 | 1次/（3×105t或一年） | GB/T 14685 |
| 加工机制砂的碎石或卵石 | 母岩种类 | 1次/（1×105t或一年） | JTG E41(T 0201) |
| 碎石或卵石压碎指标 | 1次/（0.5×105t或半年） | GB/T 14685 |
| 表观密度 | 1次/（0.5×105t或半年） | GB/T 14685 |
| 吸水率 | 1次/（0.5×105t或半年） | GB/T 14685 |
| 碱活性 | 1次/（0.5×105t或半年） | GB/T 14685 |

**3.5.3** 生产过程质量控制应符合下列规定：

**1** 选料过程质量控制应符合下列规定：

1. 料场开采前应进行地表土剥离，表层风化严重的表皮石应彻底清除，剔除风化颗粒、植物根茎、软弱颗粒等有害物质。
2. 母岩装运前应进行分拣，挑选出材质均匀、质地坚硬无风化的岩石，去除泥块、软弱风化岩等有害成分。
3. 装载设备喂料时不应将底部杂物或泥块混裹带入喂料机中。

**2** 破碎过程质量控制应符合下列规定：

1. 母岩破碎前应通过调整棒条喂料机或振动给料机的筛条间距及条形筛长度清除细小颗粒。
2. 每作业班应及时清理喂料机或给料机的条形筛，每次开机前应检查喂料机或给料机的工作性能状况。
3. 喂料量应根据设备性能与母岩性能通过试生产确定。
4. 可通过调整反击式破碎机的反击架和板锤之间间隙或立轴冲击破碎机的物料运动速度来调节物料的出料粒度和粒形。

**3** 筛分过程质量控制应符合下列规定：

1. 每作业班应至少检查1次筛网孔径、除尘设备风压等运行情况，并加强维护，及时更换易磨损部件。
2. 振动筛的筛面倾角和筛孔尺寸应根据机制砂的细度模数和颗粒级配曲线调试。振动筛筛孔形状宜采用正方形，晒面最大倾角不宜超过25°，宜为15°~24°。

**4** 机制砂生产工艺效果检验应符合下列规定：

1. 进入制砂机的粒度宜控制在40mm以内，含杂质的石屑不应直接进入制砂机。
2. 干法制砂时，进入制砂机的原料含水率不应大于2.0%。
3. 机制砂的细度模数、颗粒级配、石粉含量、颗粒形貌检测每工作班次抽检不应少于1次，石粉含量波动范围应按±1.5%控制，4.75mm、0.6mm、0.075mm三个关键筛孔各级分计筛余或通过率允许偏差不大于3%，其他筛孔允许偏差不大于4%。
4. 对于机制砂的石粉含量，干法制砂工艺应通过风选脱粉机控制，湿法工艺应通过洗砂机和细砂回收装置进行控制。

**5** 机制砂离析控制应符合下列规定：

1. 机制砂运输皮带不宜过长，皮带输送机出料端口与料堆高度差不宜超过3m；高差超过3米时，宜配置缓冲卸料装置。
2. 成品料堆总高度不宜超过5m。
3. 干法制砂工艺中，运输皮带上方宜加设微型喷水装置并适量喷水，使机制砂具有合适的含水率，防止输送、堆放、装卸和运输过程中颗粒离析。

**3.5.4** 成品质量控制应符合下列规定：

**1** 机制砂成品的型式检验、出厂检验应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的规定。

**2** 机制砂成品存放应符合下列规定：

1. 料堆之间应设置隔墙，各种规格的骨料间应设置高度不小于1.5m，且高于机制砂自然休止角500mm的隔墙。
2. 成品存放区应设专人每日班前对料仓散乱骨料进行清理，保持料仓清洁。
3. 机制砂在储存场地内宜减少转运次数，确需转运时宜采用皮带输送。

**3** 机制砂的标识应符合下列规定：

1. 不同规格机制砂的砂堆应设置醒目、清楚的标识牌，标示牌宜用反光漆书写或反光标示牌。
2. 每批次机制砂检验合格后，应设置相应的质量状态标识，标识包括名称、产地、规格、数量、检验试件、试验报告号、检验批次等。
3. 机制砂出厂前，供需双方宜在场内验收产品，生产厂应提供产品质量合格证书。产品合格证书应包括以下内容：

——类别、规格和生产场名；

——批量编号及供货数量；

——检验结果、日期及执行标准号；

——合格证书编号及发放日期；

——检验部门及检验人员签章。

**4** 机制砂成品的运输应符合下列规定：

1. 机制砂出场运输时宜实时跟踪运输过程。
2. 装车时应采用定点集中装车法，装车前应将车辆厢体清扫、冲洗干净，装车高度不应超过运输车辆厢板高度。
3. 同一车辆装料时，应从料堆边缘开始取料，向料堆中央推进，装载机装料后在运输车辆上均匀卸料，保证料堆不同位置机制砂在运输车辆厢体内呈不同层次分布，以防产品在装载过程中出现离析。
4. 机制砂运输过程中应采取防溢散的覆盖措施。

# 4 机制砂高性混凝土的配制

## **4.1** 原材料

**4.1.1** 机制砂应符合下列规定：

**1** 机制砂应符合现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684的规定。

**2** 机制砂细度模数宜符合2.3~3.2。

**3** 机制砂的颗粒级配应符合现行行业标准《高性能混凝土用骨料》JG/T 568中人工砂分计筛余的技术要求；当机制砂分计筛余不符合要求时，或配制的混凝土和易性不能满足设计要求时，宜考虑采用机制砂与适宜细度模数的天然砂混合使用。

**4** 机制砂需水量比宜不超过125%。

**5** 当机制砂中含有颗粒状的硫酸盐或硫化杂质时，应进行专门检验，确认能满足混凝土耐久性要求后，方能采用；当细骨料中含有黄铁矿时，硫化物及硫酸盐含量（按SO3质量计）不得超过0.25%。

**6** 配制泵送的中低强度机制砂高性能混凝土时，机制砂石粉含量宜接近上限控制。

**4.1.2** 粗骨料应符合下列规定：

**1** 粗骨料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 146895的规定。

**2** 粗骨料宜按单粒粒级储存、运输、配合、计量。

**3** 粗集料中如含有颗粒状硫酸盐或硫化物，则应进行混凝土耐久性试验，满足要求时方可使用。

**4.1.3** 水泥应符合下列规定：

**1** 水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。

**2** 水泥的入机温度不宜超过60℃。

**3** 水泥应选用质量稳定、强度等级不低于42.5级的硅酸盐水泥(P·Ⅰ、P·Ⅱ)或普通硅酸盐水泥(P·O)，其中的混合材料宜为矿渣、火山灰或粉煤灰；水泥必须和外加剂具有较好的相容性。

**4.1.4** 矿物掺合料应符合下列规定：

**1** 机制砂高性能混凝土的矿物掺合料宜选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、镍铁渣粉、粒化电炉磷渣粉、硅灰、偏高岭土、磨细火山灰或火山渣、钢渣粉、沸石粉以及复合矿物掺合料，不宜单独掺加石灰石粉。

**2** 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的规定。

**3** 粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定。

**4** 镍铁渣粉应符合现行行业标准《用于水泥和混凝土中的镍铁渣粉》JC/T 2503的规定。

**5** 粒化电炉磷渣粉应符合现行行业标准《混凝土用粒化电炉磷渣粉》JG/T 317的规定。

**6** 硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690的规定。

**7** 偏高岭土应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736的规定。

**8** 磨细火山灰或火山渣应符合现行行业标准《水泥砂浆和混凝土用天然火山灰质材料》JG/T 315的规定。

**9** 钢渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491的规定。

**10** 沸石粉应符合现行行业标准《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 566的规定。

**11** 石灰石粉应符合现行国家标准《石灰石粉混凝土》GB/T 30190的规定。

**12** 复合矿物掺合料应符合现行行业标准《混凝土用复合掺合料》JG/T 486的标准。**4.1.5** 水应符合下列规定：

**1** 拌合用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

**2** 符合国家标准的饮用水可以直接作为混凝土的拌制和养护用水

**3** 水中应不含有漂浮的油脂和泡沫，或明显的颜色和异味，严禁使用未经处理的海水用于结构混凝土拌制和养生。

**4.1.6** 外加剂应符合下列规定：

**1** 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588的规定，聚羧酸系高性能减水剂还应符合现行行业标准《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223的规定。

**2** 为降低高流态机制砂高性能混凝土的离析和泌水倾向，可以采用纤维素醚、温伦胶和黄原胶等流变性改性剂。

**3** 减水剂与水泥之间应有良好的相容性，相容性可采用现行行业标准《水泥与减水剂相容性试验方法》JC/T 1083中净浆流动度法和Marsh筒法进行对比试验，以及采用混凝土拌合物性能和力学性能对比试验加以确定，相容性试验结果应满足工程施工的要求。

**4** 当混合使用高效减水剂、引气剂、缓凝剂、膨胀剂等外加剂时，应事先专门测定它们之间的相容性。

## **4.2** 机制砂高性混凝土性能

**4.2.1** 机制砂高性能混凝土拌合物性能应符合下列规定：

**1** 机制砂高性能混凝土拌合物性能应按现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080进行测试。

**2** 机制砂高性能混凝土的拌合物应具有良好的粘聚性、保水性和流动性，不得离析泌水。

**3** 机制砂高性能混凝土坍落度应满足设计和施工的要求；用于泵送的机制砂高性能混凝土坍落度经时损失不宜大于30mm/h。

**4** 机制砂高性能混凝土拌合物的凝结时间应满足施工要求和混凝土性能要求。

**5** 机制砂高性能混凝土拌合物应具有良好的早期抗裂性能。

**6** 机制砂高性能混凝土拌合物的总碱量应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**7** 机制砂高性能混凝土拌合物应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的规定。

**4.2.2** 机制砂高性能混凝土力学性能应符合下列规定：

**1** 机制砂高性能混凝土力学性能应按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081进行测试。

**2** 机制砂高性能混凝土的强度标准值、强度设计值、弹性模量、轴心抗压强度等应符合现行的国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**3** 机制砂高性能混凝土强度级别应按立方体抗压强度标准值确定，并按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107进行评定。

**4** 当混凝土中矿物掺合料掺量大于30%时，可采用56d龄期的试验结果对其进行强度评定。

**4.2.3** 机制砂高性能混凝土长期性能和耐久性能应符合下列规定：

**1** 机制砂高性能混凝土长期性能和耐久性能应按现行国家标准《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082进行测试。

**2** 机制砂混凝土的收缩和徐变性能应符合设计要求。

**3** 机制砂混凝土的抗冻、抗渗、抗氯离子渗透、抗碳化和抗硫酸盐侵蚀等耐久性应符合设计要求。

**4** 当设计无长期性能和耐久性能要求时，机制砂混凝土耐久性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

## **4.3** 机制砂混凝土配合比设计

**4.3.1** 机制砂混凝土配合比设计应符合下列规定：

**1** 当采用相同细度模数的砂配制混凝土时，机制砂混凝土的砂率宜比天然砂混凝土砂率适当提高2%~4%。

**2** 机制砂高性能混凝土配合比应根据原材料的性能及对混凝土的技术要求，进行计算，并经试验室试配、调整后确定。

**3** 机制砂高性能混凝土配合比设计应根据混凝土结构工程的要求，确保其施工要求的工作性以及结构混凝土的强度、抗裂性和耐久性。

**4** 钢筋混凝土中氯离子总含量（包括水泥、矿物掺合料、粗集料、细集料、水、外加剂等所含氯离子含量之和）不应超过胶凝材料总量的0.15%，预应力混凝土的氯离子总含量不应超过胶凝材料总量的0.06%。

**5** 对抗冻性机制砂高性能混凝土，宜采用优质的引气剂或能适量引气的引气型减水剂。当水胶比小于0.30时，可不掺引气剂；当水胶比不小于0.30时，宜掺入引气剂。高性能混凝土的含气量应根据抗冻等级的要求经试验确定，应达到4%~5%的要求。

**6** 机制砂高性能混凝土的配制强度按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定进行确定，不宜高于设计强度等级的1.4倍。

**4.3.2** 配合比设计参数选取应符合下列规定：

**1** 机制砂配制混凝土的水灰比参照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55进行计算，比河砂混凝土增加0.01～0.02。

**2** 机制砂混凝土单位用水量参照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55进行初选。

**3** 机制砂混凝土单位水泥用量根据上述计算得到水灰比和选取的用水量计算确定。与天然砂混凝土相比，配制机制砂混凝土无需增加水泥用量。

**4** 配制水灰比较大的中、低强度塑性混凝土或大坍落度混凝土时，可适当降低水泥用量。

**5** 机制砂混凝土配合比设计时宜采用绝对体积法进行。如采用假定容重法进行配合比设计计算，试配时应进行校方。

**6** 当配制中低强度等级混凝土时，机制砂中石粉含量超过5%，且石粉MB值和石粉流动度比均符合现行行业标准《高性能混凝土用骨料》JG/T 568的规定时：机制砂及其石粉含量5%的部分作为机制砂；石粉含量超出5%的部分可作为石灰石粉矿物掺合料进行配合比设计。

**7** 机制砂高性能混凝土的强度主要通过水胶比以及选取不同品种和掺量的矿物掺合料进行调节。随强度等级的提高而降低水胶比，在降低水胶比的同时，应限制水泥用量，不足的粉料量用矿物掺合料补充。

**8** 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。

**4.3.3** 配合比的计算、试配、调整应符合下列规定：

**1** 根据设计要求，初步选定混凝土的水泥、矿物掺合料、机制砂、粗骨料、外加剂、拌合水的品种以及水胶比、胶凝材料总用量、矿物掺合料和外加剂的掺量。

**2** 应根据现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定计算单方混凝土中各原材料组分用量，并核算单方混凝土的总碱含量和氯离子含量是否符合要求。如不满足，应重新选择原材料或调整计算配合比，直至满足要求为止。

**3** 采用工程中实际使用的原材料和搅拌方法，通过适当调整混凝土外加剂用量或砂率，调配出坍落度、含气量、泌水率符合要求的混凝土配合比。试拌时，每盘混凝土的最小搅拌量应在25L及以上。该配合比作为基准配合比。

**4** 机制砂配制混凝土的砂率优选试验宜按“五点法”进行，即在砂率范围内每间隔2%选取一个砂率进行混凝土拌和物和易性试验，以混凝土的和易性达到最佳为合理砂率。

**5** 改变基准配合比的水胶比、胶凝材料用量、矿物掺合料掺量、外加剂掺量或砂率等参数，调配出拌合物性能与要求值基本接近的配合比3~5个。拌合物性能主要包括坍落度、扩展度、坍落度经时损失、凝结时间、抗离析泌水等。

**6** 在机制砂混凝土配合比调整应充分考察各配比混凝土的抗离析性和泌水。

**7** 按要求对上述不同配合比混凝土制作对比试样，养护至规定龄期时进行试验。从上述配合比中优选出拌合物性能和抗裂性能优良、抗压强度适宜的一个或多个配合比各成型一组或多组耐久性试件，按规定养护至规定龄期时进行试验。

**8** 根据上述不同配合比对应混凝土拌合物的性能、抗压强度、抗裂性以及耐久性能试验结果，按照工作性能优良、强度和耐久性满足要求、经济合理的原则，从不同配合比中选择一个最适合的配合比作为理论配合比。

**9** 采用工程实际使用的原材料拌和混凝土，测定混凝土的表观密度。根据实测拌合物的表观密度，求出校正系数，对理论配合比进行校正（即以理论配合比中每项材料用量乘以校正系数后获得的配合比作为混凝土配合比）。校正系数应按式4.3.3计算：

 （4.3.3）

**10** 当混凝土的力学性能或耐久性能试验结果不满足设计或施工要求时，则应重新选择水胶比、胶凝材料用量或矿物掺合料用量，并按照上述步骤重新试拌和调整混凝土配合比，直至满足要求为止。为了配合比设计的精确性，建议采用体积法设计配合比。

**11** 当混凝土原材料、施工环境温度等发生较大变化时，应及时调整混凝土配合比。

**12** 结合搅拌站试生产，对理论配合比进行生产适应性调整，最终确定施工配合比；当调整后的水灰比和室内目标水灰比有增加时，应对其强度进行检测或重新进行配合比设计。

# 5 机制砂高性能混凝土的施工与检验

## **5.1** 原材料管理

**5.1.1** 原材料应按本规程4.1节的质量要求采用。宜在相对固定、具有一定规模的供应网点采购。原材料入场前，应提供型式检验报告和批量出厂检验报告。原材料入场后，应经材料管理人员和质量管理人员取样检验合格，并办理交验手续后方可使用。在工程进行过程中，应实施原材料质量抽检。

**5.1.2** 各种原材料应有固定的堆放地点和明确的标识，标明材料名称、品种、生产厂家、生产(或进场)日期。原材料堆放时应有堆放分界标识，以免误用。

**5.1.3** 混凝土用水泥、矿物掺合料等宜采用散料仓分别存储。袋装粉状材料在运输和存放期间应用专用库房存放，不得露天堆放，且应特别注意防潮。

**5.1.4** 外加剂进场前要做好质量检验，不同品种的外加剂应在专用仓库或固定场所妥善保管，分别存储，并应做好标记，粉状减水剂应注意防潮，液体减水剂应注意防止沉淀和分层。

**5.1.5** 砂石骨料堆场应事先进行硬化处理，并设置必要的排水设施。混凝土用骨料，在运输或工地贮存时，应使其不受污染。如果骨料有离析时，必须重新拌和，以符合规定的级配要求。当混凝土采用多级粗集料时，粗集料应实行分级采购、分级运输、分级堆放、分级计量。

**5.1.6** 机制砂进场时，应按机制砂出厂检验同等批量进行进场复检并进行分级评定。复检的项目包括：颗粒级配、细度模数、泥块含量、石粉含量（含亚甲蓝试验）、松散堆积密度、压碎指标。并应采取措施保证机制砂的质量稳定，并加强机制砂的颗粒级配、细度模数、石粉含量（含亚甲蓝试验）的经常性检测。不同来源的机制砂应分别堆放，同一来源的机制砂的细度模数变化范围不应超过±0.2，石粉含量变化范围不应超过±2.0%。否则，应分别堆放，使用时应对混凝土砂率进行调整和验证。

**5.1.7** 除机制砂外的其他原材料进场检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的规定。

## **5.2** 混凝土搅拌

**5.2.1** 原材料的计量应采用电子计量设备，其精度应符合现行国家标准《混凝土拌合站（楼）》GB/T 10171的规定。每一工作开始前，应对计量设备进行校准。原材料的计量允许误差应满足表5.2.1的规定。

**5.2.2** 机制砂混凝土宜采用双卧轴强制式搅拌机拌制，不得使用自落式搅拌机，搅拌时间应比天然砂混凝土延长10%~20%。

**表5.2.1 原材料的计量允许误差（按质量百分比计，%）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原材料品种 | 水泥 | 骨料 | 水 | 外加剂 | 矿物掺合料 |
| 现场拌制 | ±2 | ±3 | ±1 | ±1 | ±2 |
| 预制场或搅拌站拌制 | ±1 | ±2 | ±1 | ±1 | ±1 |

**5.2.3** 混凝土施工前，应采用现场原材料对配合比进行复盘，以验证现场原材料的质量稳定性。搅拌混凝土前，应严格测定粗骨料、机制砂的含水率，确定砂石骨料含水量的变化，以便及时调整施工配合比。

**5.2.4** 化学外加剂可采用粉剂和液体外加剂，当采用液体外加剂时，应从混凝土用水量中扣除溶液中的水量；当采用粉剂时，应适当延长搅拌时间，一般不少于30秒。

**5.2.5** 拌制第一盘混凝土时，可增加水泥和砂子用量10%，或减少粗骨料用量1/4，并保持水胶比不变，以便搅拌机挂浆。在下盘材料装料前，搅拌机内的拌和料应全部卸清。搅拌设备停用超过30min时，应将搅拌筒彻底清洗后才能重新拌和混凝土。

**5.2.6** 机制砂混凝土原材料的投料顺序宜为：粗骨料、机制砂、水泥、矿物掺合料投入→加拌和水→加入减水剂→出料。当采用其他投料顺序时，应经试验确定其搅拌时间，保证拌和均匀。

**5.2.7** 冬季施工时，应保证混凝土拌合物入模温度不低于5℃。炎热夏季施工时，可采取在骨料堆场搭设遮阳棚、采用低温水搅拌混凝土或采用冰屑部分代替水或在晚间搅拌混凝土等措施，保证混凝土入模温度不高于30℃。

**5.2.8** 机制砂混凝土拌和过程中，应密切观察出机混凝土的拌和质量，适当加大坍落度、扩展度的检测频率。

## **5.3** 混凝土运输

**5.3.1** 混凝土运输设备的运输能力应适应混凝土凝结速度和浇筑速度的需要，保证浇筑过程连续进行。不得采用机动翻斗车、手推车等工具长距离运送机制砂高性能混凝土。

**5.3.2** 应保持运输混凝土的道路平坦畅通，并加强调度，减少运输时间，保证混凝土在运输过程中保持均匀性，运到浇筑地点时不分层、不离析、不漏浆，并具有要求的坍落度和含气量等工作性能。

**5.3.3** 应尽量减少混凝土的转载次数和运输时间，机制砂混凝土运输时间宜符合表5.3.3的规定；在温度超过30℃或运输时间长于90分钟的情况下应采用具有缓凝或保坍作用的外加剂。

**表5.3.3 混凝土拌合物运输时间限值（min）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 气温T（℃） | 无搅拌运输车 | 有搅拌运输车 |
| 20<T≤30 | 30 | 60 |
| 10<T≤20 | 45 | 75 |
| 5≤T≤10 | 60 | 90 |

注：1 本表适用于初凝时间大于上述列表运输时间的加浇筑时间的普通混凝土。

2 掺用外加剂或采用快硬水泥板指的混凝土时，应通过实验查明所配制的混凝土的凝结时间后，确定运输时间限制。

3 列表时间是指从加水拌和至入模时间。

**5.3.4** 机制砂高性能混凝土应使用搅拌罐车运送，搅拌罐车装料前应将筒内的积水或粘附的混凝土清除干净。运输或暂存混凝土的容器内壁应平整光滑、不渗漏、不吸水，每次卸料后容器内不得留有剩余的混凝土。每天工作结束后或浇筑中断30min及以上应将残存混凝土清理干净。

**5.3.5** 采用混凝土搅拌罐车运送已搅拌好的混凝土时，运输过程中以2r/min~4r/min的转速搅动。当搅拌罐车到达浇筑现场时，应高速旋转20~30s后再将混凝土拌和物喂入泵车受料斗或混凝土料斗中。当运至现场的混凝土发生离析时，应在浇筑前对混凝土进行二次搅拌。

**5.3.6** 为避免日晒、雨淋和寒冷气候对混凝土质量的影响，防止局部混凝土温度升高（夏季）或受冻（冬季），必要时应将运输混凝土的容器加上遮盖物或保温隔热材料。

**5.3.7** 采用混凝土泵输送混凝土时，应符合现行行业标准《泵送混凝土施工技术规程》JGJ/T10规定进行施工外，还应符合下列规定：

**1** 在满足泵送工艺和密实浇筑要求的前提下，泵送混凝土的坍落度应尽量小，以免混凝土在振捣过程中产生离析和泌水。

**2** 混凝土泵的位置应靠近浇筑地点。一般情况下，泵送下料口应能移动；当泵送下料口固定时，固定的间距不宜过大，一般不大于3m。不得用插入式振捣棒平拖混凝土或将下料口处堆积的混凝土推向远处。

**3** 配置输送管时，应缩短管线长度，少用弯头。输送管应平顺，内壁光滑，接口不得漏浆。

**4** 泵送混凝土时，输送管路起始水平管段长度不应小于15m。除出口处可采用软管外，输送管路的其他部位均不得采用软管。输送管路用支架、吊具等加以固定，不应与模板和钢筋接触。

**5** 大高程泵送时，在水平管与垂直管之间，应选用曲率半径大的弯管过渡；向下泵送混凝土时，管路与垂线的夹角不宜小于12°，以防止混入空气引起管路阻塞。

**6** 混凝土应保持连续泵送，必要时可降低泵送速度以维持泵送的连续性。因各种原因导致停泵时间超过15min，应每隔4min~5min开泵一次，使泵机进行正转和反转两个冲程，同时开动料斗搅拌器，防止料斗中混凝土离析。如停泵时间超过45min，或混凝土出现离析现象时，应将管中混凝土用压力水或其它方法清除，并清洗泵机。

**7** 冬期施工时，应对输送管采取保温隔热材料覆盖。夏期施工时，应采用湿草帘或湿麻袋覆盖降温或涂成白色。

**5.3.8** 当到场混凝土坍落度损失较大不能满足施工要求时，严禁向混凝土内添加计量外用水，应在专职技术人员的指导下，在卸料前加入减水剂并拌合均匀，并应对加减水剂的情况做好记录。如采用罐车，加入后应采用高速旋转搅拌罐搅拌90s。

## **5.4** 混凝土浇筑

**5.4.1** 应针对设计要求、工程特点、施工工艺、施工环境和施工条件等因素的特点，事先设计浇筑方案，包括浇筑起点、浇筑顺序、降温防裂措施、浇筑厚度、保护层的控制和养护方案等。

**5.4.2** 混凝土浇筑时的自由倾落高度不得大于2m；当大于2m时，应采用串筒、溜槽、导管等设施辅助下落，串筒出料口距混凝土浇筑面的高度不宜超过1m，以保证混凝土不出现分层离析现象。

**5.4.3** 机制砂混凝土应采用分层连续推移的方式进行浇筑，其分层厚度（一次浇筑捣实后的厚度）不宜超过表5.4.3的规定。上下层同一位置浇筑的间隔时间不宜超过90min，不得出现冷缝和随意留置施工缝。

**表5.4.3 混凝土分层浇筑厚度**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 振捣方式 | | 浇筑层厚度（mm） |
| 采用插入式振捣器 | | 300 |
| 采用附着式振捣器 | | 300 |
| 采用表面振捣器 | 无配筋或配筋稀疏时 | 250 |
| 配筋较密时 | 150 |

**5.4.4** 在炎热气候下浇筑混凝土，混凝土入模的温度不应高于35℃，宜尽可能安排在傍晚或夜间浇筑而避开炎热的白天，也不宜在早上浇筑以免气温升高加剧混凝土内部温升。当现场温度超过35℃时，宜对金属模板进行浇水降温，并不得留有积水，并可采取遮挡避免阳光照射金属模板。

**5.4.5** 在相对湿度较小、风速较大的环境条件下，可采取场地喷水、喷雾、挡风等措施防止混凝土表面的过快失水，此时应避免浇筑有较大暴露面积的构件。

**5.4.6** 在低温条件下（当昼夜平均气温低于5℃或最低气温低于-3℃时）浇筑混凝土时，应按冬期施工处理，混凝土的入模温度不应低于5℃，并采取适当的保温防冻措施，防止混凝土提前受冻。

**5.4.7** 浇筑重要工程的混凝土时，应定时测定混凝土温度以及环境气温、相对湿度、风速等参数，并根据环境参数变化及时调整养护方式。

**5.4.8** 当风速大于5m/s时，机制砂混凝土的浇筑宜采取挡风措施。

**5.4.9** 浇筑大体积混凝土结构（或构件最小断面尺寸在800mm以上的结构）时，应在一天中气温较低时进行，混凝土的浇筑温度不宜高于28℃，并应参照下述方法进行温控防裂：

**1** 改善骨料级配，采用水化热较低的中热水泥、低热水泥、矿渣水泥、粉煤灰水泥，并掺加粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料、掺加缓凝高效减水剂等方法减少水泥用量和用水量，降低水胶比，达到降低水化热、延缓温峰出现时间、提高混凝土整体性能的目的。

**2** 尽量减少浇筑层厚度，以便加快混凝土散热速度。

**3** 在炎热季节浇筑大体积混凝土时，宜将混凝土原材料进行遮盖，避免日光暴晒，并用冷却水搅拌混凝土，或采用冷却骨料、搅拌时加冰屑等方法降低混凝土入仓温度。

**4** 在混凝土内埋设冷却管通水冷却，降低内部最高温度。

**5** 在遇气温骤降的天气或寒冷季节浇筑大体积混凝土后，应注意覆盖保温，加强养护。

**5.4.10** 新浇筑混凝土与凝结的已硬化混凝土或岩土介质间的温差不得大于15℃。

**5.4.11** 在混凝土浇筑过程中，应控制混凝土的均匀性和密实性，不应出现露筋、空洞、冷缝、夹渣、松散等现象，特别是构件棱角处。应采取有效措施，使接缝严密，防止在混凝土振捣过程中出现漏浆。对混凝土表面操作应仔细周到，以使混凝土表面光滑、无水囊、气囊或蜂窝。

## **5.5** 混凝土振捣

**5.5.1** 根据不同情况，可采用插入式振动棒、附着式平板振捣器、表面平板振捣器等振捣设备振捣混凝土。振捣时应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。机制砂高性能混凝土的振捣宜采用插入式高频振捣器垂直点振。

**5.5.2** 应按事先规定的工艺路线和方式及时将入模的混凝土均匀振捣密实，每一振点的振捣持续时间宜为20~30s，以混凝土不再沉落、不冒气泡、表面平坦浮浆为度，防止过振、漏振。掺矿物掺合料混凝土振捣时，振捣后的混凝土表面不应出现明显的掺合料浮浆层。机制砂混凝土比同坍落度的天然砂混凝土易于液化离析，特别要避免过振。

**5.5.3** 采用插入式振捣器振捣混凝土时，宜采用垂直点振方式振捣。插入式振捣器的移动间距不宜大于振捣器作用半径的1.5倍，且插入下层混凝土内的深度宜为50mm~100mm，与侧模应保持50mm~100mm的距离。当混凝土较粘稠时，应加密振点。当振动完毕需变换振捣棒在混凝土拌合物中的水平位置时，应边振捣边竖向缓慢提出振捣棒，以免产生空洞，然后再将振捣棒移至新的位置，不得将振捣棒放在拌和物内平拖，也不得用振捣棒驱赶下料口处堆积的混凝土拌合物，以免引起混凝土离析。

**5.5.4** 在振捣混凝土过程中，应加强检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况，以防漏浆。

**5.5.5** 混凝土的浇筑宜连续浇筑，因故中断或间歇时，其间歇时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。混凝土的运输、浇筑及间歇的全部时间不宜超出表5.5.5的规定；当超出时应按浇筑中断处理，并应留置施工缝，同时应记录。

**表5.5.5 混凝土的运输、浇筑及间歇的全部允许时间（min）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 混凝土强度等级 | 气温≤25℃ | 气温>25℃ |
| ≤C30 | 210 | 180 |
| >C30 | 180 | 150 |
| 泵送高强混凝土 | 150 | 120 |
| 非泵送高强混凝土（现场施工） | 120 | 90 |
| 非泵送高强混凝土（制品厂） | 60 | 45 |

**5.5.6** 混凝土浇筑完成后，应仔细将混凝土暴露面压实抹平，抹面时严禁洒水。对掺矿物掺合料混凝土进行抹面时，应至少进行两次搓压，必要时可增加搓压次数。最后一次搓压应在泌浆结束、初凝前完成。对混凝土的沉降及塑性干缩产生的表面裂缝，应及时采取二次收光处理。

## **5.6** 混凝土养护

**5.6.1** 混凝土振捣完成初步刮平后，应及时对混凝土暴露面进行紧密覆盖（可采用蓬布、塑料布、养护膜等进行覆盖），防止表面水分蒸发。待暴露面混凝土初凝前，宜掀起覆盖物，用抹子搓压表面至少二遍进行终饰，使之平整后再次覆盖。此时应注意覆盖物不要直接接触混凝土表面，终凝后撤除薄膜并立即进行水养护或潮湿养护阶段。

**5.6.2** 混凝土带模养护期间，可采取包裹、浇水、喷淋洒水等措施进行保湿养护。

**5.6.3** 混凝土去除表面覆盖物或拆模后，应及时对混凝土采用蓄水、浇水或覆盖洒水等措施进行潮湿养护，覆盖物可选用粗麻布、棉毡、土工布、养护膜等。包覆期间，包覆物应完好无损，彼此搭接完整（搭接长度应不小于15cm）并相互紧贴，内表面应具有凝结水珠。

**5.6.4** 混凝土采用喷涂养护剂养护时，采用的养护剂及其应用应符合有关标准要求，并保证不漏喷。

**5.6.5** 混凝土终凝后的持续养护时间宜满足表5.6.5的要求。机制砂特别是高石粉含量的机制砂混凝土比天然砂混凝土在施工早期更易发生塑性收缩和干燥收缩开裂，尤要注意加强早期的及时养护并适当延长养护时间2d~3d。

**表5.6.5 不同混凝土湿养护的最低期限**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 混凝土类型 | 水胶比 | 大气潮湿（RH≥50%），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T（℃） | 潮湿养护期限（d） | 日平均气温T（℃） | 潮湿养护期限（d） |
| 胶凝材料中掺有矿物掺合料 | ≥0.45 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 21  14  10 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 28  21  14 |
| <0.45 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 14  10  7 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 21  14  10 |
| 胶凝材料中未掺矿物掺合料 | ≥0.45 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 14  10  7 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 21  14  10 |
| <0.45 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 10  7  7 | 5≤T<10  10≤T<20  20≤T | 14  10  7 |

注：大体积混凝土的养护时间不宜短于28d。

**5.6.6** 在任意养护时间，淋洒于混凝土表面的养护水温度低于混凝土表面温度时，二者间温差不得大于15℃。当气温低于+5℃时，应覆盖保温，不得洒水养护。在混凝土发热阶段最好采用喷雾养护，避免混凝土表面温度产生骤然变化。

**5.6.7** 当机制砂高性能混凝土中胶凝材料用量较大时，应采取覆盖保温养护措施。保温养护期间应控制混凝土内部温度不超过75℃，内部与表层、表层与环境之间的温差不超过25℃。当周围大气温度低于养护中混凝土表面温度超过20℃，混凝土表面必须保温覆盖以降低降温速率。可通过控制入模温度控制混凝土内部最高温度，可通过保湿蓄热养护控制内表温差；还应防止混凝土表面温度受环境因素影响（如暴晒、气温骤降等）而发生剧烈变化。大体积混凝土施工前应制定严格的养护方案，控制混凝土内外温差满足温控设计要求。

**5.6.8** 混凝土在冬季和炎热季节拆模后，若天气产生骤然变化时，应采用适当的保温（寒季）隔热（夏季）措施，防止混凝土产生过大的温差应力。

**5.6.9** 当昼夜平均气温低于5℃或最低气温低于-3℃时，应按冬季施工处理。当环境温度低于5℃时，禁止对混凝土表面进行洒水养护。此时可在混凝土表面喷涂养护液或覆盖薄膜防止水分蒸发，并采取适当保温措施。

**5.6.10** 对于混凝土构件的蒸汽养护，可分静停、升温、恒温、降温四个阶段。静停期间应保持环境温度不低于5℃，浇筑结束4~6h且混凝土终凝后方可升温；升温速度不宜大于10℃/h；恒温期间混凝土内部温度不宜超过60℃，最大不得超过65℃，恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定；降温速度不宜大于10℃/h。

**5.6.11** 对于大体积混凝土的施工应采取温度控制措施，施工前应根据原材料、配合比、环境条件、施工方案等因素，进行温控设计和温控监测设计，应使其内部最高温度不大于75℃、内表温差不大于25℃。混凝土养护水温与混凝土表面温度的差值应不大于15℃。

**5.6.12** 大体积混凝土采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，其浇筑后的养护时间不宜少于14d，采用其他品种水泥时不宜小于21d。在寒冷的天气或遇气温骤降天气时浇筑的混凝土，除应对其外部加强覆盖保温外，尚宜适当延长养生时间。

**5.6.13** 掺用膨胀剂的机制砂混凝土，应采取保湿措施养护、养护龄期应不小于14d。冬季施工时，对于墙体，带膜养护应不小于7d。

**5.6.14** 机制砂混凝土养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

## **5.7** 混凝土拆模

**5.7.1** 混凝土拆模时的强度应符合设计要求。

**5.7.2** 混凝土的拆模时间还应考虑到拆模时的混凝土温度（由水泥水化热引起）不能过高，以免混凝土接触空气时降温过快而开裂，更不能在此时浇注凉水养护。混凝土内部开始降温以前以及混凝土内部温度最高时不得拆模，以避免其接触空气时降温过快而开裂。拆模时，结构或构件内部混凝土与表层混凝土之间的温差、表层混凝土与环境之间的温差均不应大于20℃。大风或气温急剧变化时不宜拆模。在寒冷季节，若环境温度低于0℃时不宜拆模。在炎热和大风干燥季节，应采取逐段拆模，边拆边盖的拆模工艺。

**5.7.3** 混凝土拆模后可能与流动水接触时，应在混凝土与流动水接触前养护至少14d，且采取有效保温保湿养护措施，确保混凝土的强度达到75%以上的设计强度后，方能与流动水接触。

## **5.8** 混凝土工程质量检验

**5.8.1** 混凝土拌合物性能检验应符合下列规定：

**1** 机制砂混凝土原材料计量系统应经检定合格后才可使用，且混凝土生产单位每月应自检一次，原材料计量偏差应每班检查1次。

**2** 在混凝土浇筑前，应对机制砂混凝土拌合物进行抽样检验，流动性、黏聚性和保水性应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验。

**3** 对于机制砂混凝土拌合物的流动性、粘聚性和保水性项目，每工作班应至少检验2次。

**4** 机制砂混凝土拌合物性能应符合本规程第4.2节的规定。

**5.8.2** 硬化混凝土性能检验应符合下列规定：

**1** 机制砂混凝土力学性能应按照现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定进行试验测定，并应满足设计要求；当设计无要求时，机制砂混凝土力学性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。

**2** 机制砂混凝土长期性能和耐久性应符合设计要求；当设计无要求时，机制砂混凝土耐久性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。机制砂混凝土耐久性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定。

本规程用词说明

**1** 为便于在执行本规程条文时区别对待，对执行规程严格程度的用词说明如下：

**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**）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《20kV及以下变电所设计规范》GB 50053

《3~110kV高压配电装置设计规范》GB 50060

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

《混凝土质量控制标准》GB 50164

《电力工程电缆设计标准》GB 50217

《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《混凝土外加剂》GB 8076

《混凝土拌合站（楼）》GB/T 10171

《建设用砂》GB/T 14684

《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

《大气污染物综合排放标准》 GB 16297

《混凝土外加剂中释放氨的限量》GB 18588

《泵送混凝土施工技术规程》JGJ/T 10

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

《混凝土用水标准》JGJ 63

《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223

《高性能混凝土用骨料》JG/T 568

《水泥与减水剂相容性试验方法》JC/T 1083

《砂石行业绿色矿山建设规范》DZ/T 0316

**中国工程建设标准化协会标准**

**机制砂高性能混凝土应用技术规程**

**T/CECS ×××－202×**

条文说明

目 次

|  |  |
| --- | --- |
| 1 总则………………………………………………………………………………… | 33 |
| 2 术语………………………………………………………………………………… | 34 |
| 3 机制砂的生产……………………………………………………………………… | 35 |
| 3.1 机制砂料源……………………………………………………………………… | 35 |
| 3.2 机制砂场规划与布置…………………………………………………………… | 35 |
| 3.3 机制砂生产工艺………………………………………………………………… | 35 |
| 3.4 机制砂生产设备………………………………………………………………… | 35 |
| 3.5 机制砂生产质量………………………………………………………………… | 36 |
| 4 机制砂高性能混凝土的配制……………………………………………………… | 37 |
| 4.1 原材料…………………………………………………………………………… | 37 |
| 4.2 机制砂高性能混凝土性能………………………………………………………… | 37 |
| 4.3 机制砂混凝土配合比设计………………………………………………………… | 37 |
| 5 机制砂高性能混凝的施工与检验………………………………………………… | 39 |
| 5.2 混凝土搅拌……………………………………………………………………… | 39 |
| 5.3 混凝土运输……………………………………………………………………… | 39 |
| 5.4 混凝浇筑………………………………………………………………………… | 39 |
| 5.5 混凝土振捣……………………………………………………………………… | 39 |
| 5.7 混凝土拆模……………………………………………………………………… | 40 |

# 1 总则

**1.0.1** 近年来机制砂在混凝土工程中的应用越来越普遍，本规程的制定是为了规范机制砂以及机制砂混凝土在建设工程中的应用，更好地保证工程质量。

**1.0.2** 本条规定了本规程与其他标准、规范的关系。本规程难以对所有混凝土用机制砂的应用情况作出规定，在实际应用中，本规程作出规定的，按本规程执行，未作出规定的，按现行相关标准执行

# 2 术 语

**2.0.1** 本条规定了高性能混凝土的定义。

**2.0.3** 全国各地采用将机制砂和天然砂混合后使用的情况较为普遍，本条规定了混合砂的定义。

# 3 机制砂的生产

3.1 机制砂料源

**3.1.2** 机制砂母岩料源宜优选岩性稳定的原生矿山岩石，当选择隧道洞渣等其它料源时，应确认料源母岩性能符合设计及相关标准的规定，且性能稳定，能够成区段成规模，生产过程中应加强母岩性能检测和质量管控。

3.2 机制砂场规划与布置

**3.2.2** 平面规划

**3** 根据机制砂场所在区域的气候特征、外部建设条件、地形地势、生产规模及生产的实际需求，对机制砂场进行平面规划，按功能设置合理分区，以便各生产环节的有序衔接。设置中转调节料仓可以避免因某个设备发生故障导致全线停产。

4 干法制砂和湿法制砂生产平面规划可参考图3.2.1-1、图3.2.1-2。所示的平面图是按生产工艺流程顺序进行布置，具体实施过程中结合机制砂场地形条件，按图所示的功能分区进行规划布置，成品存放区根据地形条件可以相应调整。

3.3 机制砂生产工艺

**3.3.1** 一般规定

机制砂的质量和产量很大程度上取决于母岩物理性能、生产工艺和设备等因素。生产碎石的筛下料可以用于生产机制砂，因此，采用砂石联产工艺更有利于资源利用、节约成本。有条件的情况下也可采用砂、石、石粉联产工艺。

**3.3.2** 生产工艺

生产工艺是机制砂生产质量的关键，直接关系到工程投资、生产成本、产品质量等因素。因此，机制砂生产单位需结合公路工程一线多点的特点，综合考虑生产条件、母岩种类、生产规模和技术经济性等因素，经多方案技术经济比较，选用先进合理、节能减排的生产工艺流程。由于机制砂场地形地貌的差异较大，机制砂生产工艺设计布置没有固定模式，《机制砂石生产技术规程》JC/T 2299提出了设备布置原则：根据工艺流程，可采用“一”型、“L”型、“C”型、“W”型等布置形式；各级破碎工序之间宜设置缓冲工段和储场；考虑日常检修和吊装要求，应设置必要通道。

3.4 机制砂生产设备

**3.4.2** 生产设备配置

**1** 给料设备包括棒条喂料机和振动给料机。棒条喂料机主要用在粗碎之前原料的预筛分与均匀喂料，其除了喂料功能外，在机制砂的生产中，另一个作用使除泥土功能。给料设备的给料粒度和给料量直接影响机制砂的级配、产砂率和设备的能耗。给料粒径过大，所生产的机制砂偏粗、级配不良、产量低、设备损耗大、能耗高；给料粒径过小，所生产的机制砂偏细、石粉含量高、设备能耗也高；给料量的大小是产砂率的直接影响因素，过高或过低给料量均会降低产砂率。制砂机给料粒度和给料量，不仅与设备本身有关，还与母岩性质有关。

**7** 母岩含泥对机制砂成品性能影响很大，不仅会影响机制砂混凝土的工作性能，更重要的会降低机制砂混凝土的耐久性能、增加混凝土的收缩性能。因此，给料前要对毛石进行清洗，保证进入破碎机料源的含泥量满足要求。

3.5 机制砂生产质量控制

**3.5.1** 一般规定

岩石的母岩强度采用抗压强度，卵石、碎石的母岩强度采用压碎值，分拣区的石料可采用回弹、点荷载等方法进行检测、分拣。

**3.5.3** 生产过程质量控制

**3** 筛面倾角的大小影响筛分效率和振动筛的处理能力。倾角越小，物料在筛面上运动速度慢，滞留时间长，降低振动筛的处理能力和筛分效率；反之倾角越大，处理能力和筛分效率越高，但若倾角过大，满足要求的细颗粒在筛面上运动的速度过快，不能及时进入筛下也会导致筛分效率过低。筛孔的形状主要有圆形、长方形和正方形，圆形筛孔通过效率低，长方形筛孔易使针片状颗粒及含水率较高的物料通过，正方形筛孔适合处理块状物料。振动筛的底层机制砂筛孔尺寸大小直接影响机制砂的细度模数和石粉含量。筛孔尺寸越大，生产的机制砂细度模数越大，石粉含量越低；尺寸越小，细度模数越小，大量筛上细颗粒重新返回制砂机进一步破碎，石粉含量进一步提高，机制砂产量越低。机制砂的细度模数，需通过调节机制砂振动筛的筛面倾角、筛孔形状和筛孔尺寸进行控制，机制砂筛分的筛孔适合采用正方形，不适合采用长方形和圆形，筛孔尺寸宜控制在3.0~3.5mm之间。

# 4 机制砂高性混凝土的配制

4.1 原材料

**4.1.1** 机制砂

机制砂技术指标要求参考《建设用砂》GB/T 14684、《高性能混凝土用骨料》JG/T 568的规定。

4.2 机制砂高性混凝土性能

**4.2.1** 机制砂高性能混凝土拌合物性能

**2** 机制砂混凝土拌合物工作性能的好坏是决定混凝土质量的重要因素之一，因此，在配置机制砂混凝土时应主要调整拌合物的黏聚性、保水性和流动性，使之不离析、不泌水。

**3** 当采用机制砂配制泵送混凝土时，机制砂中泥粉含量的多少对混凝土的坍落度损失有较大影响，此外，用于制备机制砂的母岩种类也对混凝土流动性能的变化影响较大。因此，加强对混凝土坍落度经时损失的控制十分重要。实践经验表明，一般情况下应将坍落度经时损失控制在30mm/h内。

**5** 由于机制砂混凝土早期失水速率较快、收缩变形大而易产生微裂缝。因此，为保证机制砂混凝土的质量，提高混凝土耐久性，控制机制砂混凝土拌合物早期抗裂性能是较为重要的。

**6** 机制砂混凝土拌合物的总碱含量与现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010和行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55基本一致。

**7** 机制砂预拌混凝土拌合物的要求与国家现行标准《混凝土质量控制标准》GB 50164和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666的基本一致。

**4.2.2** 机制砂高性能混凝土力学性能

机制砂混凝土的力学性能和河砂混凝土十分接近，在抗疲劳方面比河砂混凝土略强，其技术要求和试验、测试及评定方法均可参见相关的国家标准。

**4.2.3** 机制砂高性能混凝土长期性能和耐久性能。

机制砂混凝土的耐久性能和河砂混凝土十分接近，有研究表明其耐久性整体会更强，其耐久性的技术要求和试验、测试及评定方法均可参见相关的国家标准。

4.3 机制砂混凝土配合比设计

**4.3.1** 基本要求

**6** 机制砂高性能混凝土的配制强度和普通混凝土的配制强度相同，不必因为是高性能混凝土而提出过高的要求，过高的强度不仅会降低其经济性，而且增加了施工的难度，因此本指南规定配制强度不应高于设计强度等级的1.4倍。高强混凝土和高性能混凝土考察的侧重点不同，并不是一味增加混凝土强度就能保证其高性能，因此配制高性能混凝土时，不建议提高其配制强度。

**4.3.2** 配合比设计参数选取

**4** 机制砂高性能混凝土中的胶凝材料用量应根据原材料情况设计，不可人为制订统一的最低胶凝材料用量，过高的胶凝材料用量会带来早期的开裂以及耐久性的劣化，而这些劣化在室内的试验中难以被检验出来。集料和胶凝材料的优选、集料级配的优化可保证混凝土在较低的胶凝材料用量达到满意的力学性能和耐久性。在性能保证的前提下降低胶凝材料用量，增加集料特别是粗集料的用量对混凝土结构的服役性能具有显著的增进作用。

**6** 机制砂高性能混凝土的原材料质量应均衡稳定，机制砂的细度模数和粉料MB值和石粉含量应保持稳定，混凝土的配合比才不至于要经常调整，混凝土的质量才能均衡稳定。随意增加机制砂的粉料含量或MB值会导致徐变和收缩的变化，影响混凝土结构的质量。

**4.3.3** 配合比的计算、试配、调整

机制砂高性能混凝土主要设计指标是工作性、强度和电通量，其他指标在设计资料有要求或混凝土服役环境需要时进行。

# 5 机制砂高性能混凝土的施工与检验

5.2 混凝土搅拌

**5.2.1** 混凝土拌合设备计量在出现异常时应随时校核，保证计量的稳定性。

**5.2.2** 机制砂高性能混凝土对设备的要求和天然砂高性能混凝土对设备的要求相同。

**5.2.3** 水洗机制砂中含水量的波动较大，干法生产的机制砂的离析比较严重，因此原材料特别是对机制砂质量进行经常性的抽检十分必要。

**5.2.8** 机制砂混凝土的拌合与普通砂混凝土的拌合大多相同，由于机制砂粉料含量大，棱角性强，可适当增加其拌合时间，通常要增加拌合时间15~30s。

5.3 混凝土运输

**5.3.3** 运输时间对混凝土的施工尤为重要，到场混凝土的间隔时间过长，坍落度会有损失，混凝土浇筑时的均质性和和易性都会有较大变化，严格控制此时间，也应避免入模延误后施工工地再次加水影响混凝土工程质量。

**5.3.8** 机制砂混凝土的泌水作用较强，保持其合理的坍落度可改善抗离析性能，保证相同的输送性能不必要达到与河砂混凝土相同的坍落度。坍落度损失应通过外加剂调整和试验室的配比优选控制在30mm/h，杜绝随意加水的方式提高坍落度。

5.4 混凝土浇筑

**5.4.3** 机制砂混凝土通常离析泌水倾向比较强，严格的分层浇筑对混凝土结构的均质性以及外观十分重要，切不可用振捣棒赶料的方式浇筑机制砂混凝土。另外机制砂混凝土的起浆快，避免欠振和漏振的同时更要防止过振而带来的分层离析。

**5.4.4** 机制砂混凝土水分蒸发速率通常高于天然砂混凝土，机制砂混凝土在大风干燥环境中蒸发更快，影响混凝土强度发展，加剧干燥收缩，在浇筑过程中应采取有效措施降低混凝土温度并防风。

5.5 混凝土振捣

**5.5.2** 混凝土振实过程以混凝土表面提浆和不再出现气泡，不再沉落为宜，并避免混凝土表面出现过多浮浆。欠振则气泡未充分排出，达不到好的密实程度；过振则粗集料沉底，离析浮浆而导致结构的不均匀。机制砂混凝土通常起浆快，避免过振尤其重要；另外由于第三代减水剂的使用，一些消泡作用不良的外加剂制备的混凝土往往给混凝土中带来过多的气泡，难以在合理的时间内充分排出，需要对外加剂的成分进行调整，不可盲目延长振捣时间而导致离析浮浆。插入振捣器应快进慢出，抽出速度不宜大于80m/s，方能保证振捣器留下的孔隙能完全弥合而不至于截留空气。如需复振，应在以一次振捣后15~20min时间内进行为宜，复振可提高混凝土密实度，尽量减少水泡、气泡和塑性收缩裂缝。

**5.5.6** 机制砂混凝土早期塑性收缩比较大，在终凝前采用机械抹面和人工多次抹压可保证混凝土外观质量，抹压完成后及时采取保湿措施避免干缩开裂。

5.7 混凝土拆模

**5.7.2** 避免因风速和温度变化造成混凝土温度应力过大而危害混凝土结构。

**5.7.3** 避免因流水造成混凝土表面冲刷或留下水渍等影响质量。