

# 机制砂生产及在混凝土施工中使用的研究

任武辉

中铁十一局集团第四工程有限公司

**[摘要]** 建设用砂石是建筑混凝土骨架的关键原料,也是消耗自然资源众多的大宗建材。我国砂石年产量高达200亿吨,是世界最大的砂石生产国和消费国。在混凝土中砂用量占到砂石总用量的42%左右,随着我国河砂资源的日益减少和环境保护要求的日趋严格,为解决建筑工程用砂紧张的问题,2019年国家相关部委发布了《十部委关于推进机制砂石行业高质量发展的若干意见》。机制砂的使用从开始的严禁使用转变为现阶段建筑行业机制砂开始规模化、大范围的使用。然而由于机制砂粒径不连续、石粉含量不稳定等原因,导致了在现场施工中存在各种各样的问题。本文主要从机制砂生产工艺和机制砂使用两个方面对现阶段机制砂生产使用过程中存在的问题进行阐述,希望可以起到学习交流的效果。

**[关键词]** 机制砂; 生产工艺; 石粉含量控制; 砂率; 减水剂掺量; 混凝土工作性; 混凝土强度

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.1832

## 一、本论文主要研究内容

本论文所要解决的问题是机制砂的生产和机制砂的使用过程中存在的问题。具体包括下面几个方面:

1. 机制砂产品性能要求;
2. 机制砂生产工艺;
3. 机制砂混凝土工作性能的调整;
4. 机制砂对混凝土强度和耐久性的影响。

## 二、机制砂产品性能要求

机制砂性能影响因素主要包括母材性能和加工工艺,机制砂母材宜使用洁净、质地坚硬、未风化且性能稳定的石灰岩、白云岩、花岗岩、安山岩、石英岩、辉绿岩、砂岩和玄武岩等。现行规范中机制砂产品的主要性能指标要求包括:颗粒级配、石粉含量、泥块含量、亚甲蓝值、有机质含量、云母含量、轻物质含量、压碎指标值、碱活性和其他化学指标。

## 三、机制砂生产工艺

### (一) 母岩分类及管理

母岩质量在很大程度上决定了机制砂产品的质量,因此从生产源头控制好母岩质量就显得尤为重要。机制砂生产场应按要求对母岩的各项指标进行检测,特别是加强对母岩抗压强度、硫化物及硫酸盐含量、碱活性等指标的检测。目测母岩岩性发生变化时,应对母岩进行一次全项目指标检测。不符合规定的母岩不得用于机制砂生产,严禁砂岩、软岩、风化岩用于机制砂生产。

母岩鉴别后按岩石种类分区堆放,并设置材料标识牌,严禁将不合格母岩堆放至原料区。由不同母岩所生产的机制砂也必须按不同岩石种类分区堆放,并设置产品标识牌。

### (二) 机制砂的生产及环保要求

在国内河砂资源日趋紧张和价格大幅上涨的情况下,建筑施工单位已开始大范围使用机制砂以降低施工成本。机制砂生产设备的选型应根据机制砂的需求量、使用要求等进行确定。本文作者于2017年开始机制砂生产及使用的管理工作,结合自身施工经验,总结出“三破、二筛、一整形、一湿选”的生产

工艺从机制砂产品质量、经济性和环保性等方面考虑,是一种比较实用和成熟的生产工艺。机制砂生产场的建设和生产过程中要满足国家和当地环保要求,料场场地和场内行车道路应硬化处理。应设立沉淀池、污水池、生产废料处理区等环保措施,对污水和生产废料进行无害处理,清洗设备和环保设施须满足机制砂最大产能的要求。

“三破、二筛、一整形、一湿选”的生产流程主要包括:母岩分类→母岩投料→颚破(粗破)→圆锥破(中破)→分级水筛(粗筛)→制砂(细破、细筛)→污水处理循环。

在机制砂生产过程中,为保证机制砂质量,下面列出机制砂生产注意事项:

1. 母岩分类堆放,防止母岩中泥土及软弱岩石用于机制砂生产。
2. 母岩投料后宜先进行粗筛振动,筛除泥土及石料附着的细颗粒,有利于机制砂水洗环节的节能及机制砂有害细粒含量的控制。
3. 圆锥破碎机附带碎石整形功能,在生产过程中通过观察生产碎石粒形,及时更换磨损部件,防止碎石及机制砂针片状过多。
4. 分级水筛主要用于碎石的清洗和分级,对碎石含泥量及级配起关键作用。设备安装完成进行试生产过程中需要和试验检测部门密切配合,依据检测数据及时调整振筛频率、振幅和各筛的筛孔尺寸,确保碎石质量符合要求。
5. 制砂机设备参数和供水量在生产过程中应根据机制砂的含泥量和细度模数变化及时进行调整,做到机制砂产品质量稳定。

## 四、机制砂混凝土工作性能的调整

机制砂是由机械进行破碎和筛分制成,区别于河砂的主要特点包括:(1)粒形较差,破碎且多棱角;(2)级配不合理,经常断档且难以准确控制,呈两头多中间少分部;(3)细粒含量较大,一般在6%~10%;(4)内部微裂纹较多,孔隙率大。

对机制砂混凝土工作性进行分析：机制砂粒形较差导致了混凝土流动性变小，影响混凝土浇筑工效和质量，可以适度增加混凝土含气量以增加混凝土的流动度和施工状态，一般情况下含气量增加1%-2%左右；在机制砂级配中间断档的情况下，为保证混凝土和易性就需要更多的胶凝材料浆体去填充骨料之间的空隙，剩余作为润滑作用的胶凝材料浆体将变少，混凝土流动度变差，因此必须在机制砂生产过程中加强对其质量的控制；机制砂细粒主要包括石粉和泥土杂质，泥土杂质对混凝土强度和耐久性存在有害影响，石粉在混凝土中主要起填充作用。石粉比表面积偏大，机制砂混凝土用水量偏高，在拌制混凝土中需要根据机制砂细度模数和石粉含量的大小适当调整减水剂掺量。

通过对一组混凝土配合比进行试拌，研究机制砂和河砂混凝土工作性能的区别和机制砂细度模数、石粉含量对混凝土工作性能的影响。所用混凝土原材料为：1、水泥：晋城山水合聚水泥有限公司，P.042.5；2、粉煤灰：大唐阳城发电有限责任公司，F类II级；3、河砂：洛宁砂场，河砂中砂；4、机制砂：自加工骨料场；5、粗骨料：自加工骨料场（5-31.5mm碎石）；6、减水剂：山西康力建材有限公司，KLPCA-S（标准型）减水剂。

各混凝土配合比工作性能统计表：

| 配合比编号  | 坍落度<br>(mm) | 扩展度<br>(mm) | 含气量<br>(%) | 工作性描述          |
|--------|-------------|-------------|------------|----------------|
| HS30   | 195         | 520         | 2.5        | 混凝土和易性较好       |
| JS30-1 | 190         | 470         | 3.5        | 混凝土稍粘，包裹性较好    |
| JS30-2 | 190         | 490         | 3.7        | 混凝土和易性较好       |
| JS30-3 | 210         | 430         | 3.4        | 混凝土包裹性不好，流动度较差 |
| JS30-4 | 215         | 410         | 3.6        | 和易性和流动度较差，较为敏感 |

表1

通过试验得出以下结论：

1. 混凝土配合比减水剂掺量需依据机制砂中石粉含量进行调整，减水剂掺量随着石粉含量的增加而增加，保证混凝土水胶比和强度；

2. 机制砂混凝土配合比配制需依据石粉含量对砂率进行调整，石粉含量较高时，根据混凝土状态下调砂率；

3. 为保证机制砂混凝土工作性，需适当提高混凝土含气量；

4. 当机制砂细度模数偏高（经验值高于3.3），增加砂率已不能填充混凝土中胶凝材料与砂之间空隙，此时只能增加胶凝材料用量，但将会增加混凝土结构物的收缩和开裂的可能性。

### 五、机制砂对混凝土强度及耐久性的影响

机制砂混凝土强度试验采用与机制砂混凝土工作性能调整

相同的原材料拌制，河砂采用 $M_x=2.9$ ，含泥量=2.4%规格，机制砂采用机制砂 $M_x=2.8$ ，石粉含量=6.9%规格。首先通过试拌得出3个河砂混凝土配合比，再通过砂率的调整得出3个工作性良好的机制砂混凝土配合比，相同强度等级混凝土胶凝材料、减水剂和拌合用水量相同。分别对以上6个配合比进行标准强度试件成型，并对各组混凝土配合比7d、28d、56d强度进行抗压试验。

机制砂及河砂混凝土配合比各龄期抗压强度统计如下：从试验数据可以得出，相同胶凝材料用量机制砂混凝土配合比抗压强度普遍高于河砂混凝土，其中C30机制砂混凝土56d抗压强度超出河砂混凝土9%，C35机制砂混凝土56d抗压强度超出河砂混凝土2%，C40机制砂混凝土56d抗压强度超出河砂混凝土8%。另外通过对两种混凝土电通量和抗渗性能的研究，可以得出机制砂混凝土的电通量普遍低于河砂混凝土，机制砂混凝土抗渗性能采用逐级加压至1.3MPa，试件表面未渗水。

### 六、结束语

本文通过对机制砂生产使用的总结和思考，主要阐述以下几个要点：

1. 机制砂质量控制应从母材源头进行开始，确保母材质量符合要求。

2. 机制砂生产需重视整形、分级及水洗环节，确保机制砂合格，细度模数尽量控制在2.7~3.1，石粉含量控制在6%~9%。

3. 加强对机制砂石粉含量和细度模数的控制，及时调整混凝土施工配合比砂率、减水剂掺量等指标。

4. 机制砂中石粉参与水泥水化反应，在石粉含量适量的情况下机制砂混凝土的强度高于河砂混凝土。

5. 混凝土原材料发生变化，必须对原配合比进行验证。

本论文阐述了机制砂生产过程的各个质量控制点、机制砂混凝土拌制调整方法和影响因素及机制砂与河砂在混凝土应用中的对比，篇幅限制不能过于展开。总之通过试验证明机制砂基本上可以满足现阶段工程施工普通混凝土的施工和技术要求，在有条件的情况下应尽量使用，以节约成本和保护生态环境。

### 参考文献：

[1] 鲁敏之, 湛发益. 浅谈机制砂混凝土的应用与发展[J]. 山西建筑, 2006

[2] 李玉华, 王安兴. 谈谈人工砂的推广和应用[J]. 辽宁建材, 2005

[3] 周明凯, 王雨利, 王稷良, 李婷婷, 应国量. 机制砂高性能混凝土的配制及应用[J]. 山东建材, 2007