

# 机制砂在混凝土中应用

董胜华

新兴建材有限公司 江苏 苏州 215000

**【摘要】**：混凝土是适用范围广、应用场景多的一种优良建筑材料，混凝土的主要成分有水泥和砂石，而天然砂属于不可再生资源，价格也日益提高。机制砂是通过机械形式将岩石进行粉碎从而得到的砂石，在混凝土拌合工作中代替天然砂进行使用。机制砂在混凝土中同样能够发挥优良的结构性能，且具有多种优势。本文将以此为中心，简要探究机制砂在混凝土中应用。

**【关键词】**：混凝土；机制砂；材料性能

在建筑行业告诉发展的背景下，随着建筑体量的增多，混凝土的应用规模连年增长，对各种建筑材料的消耗也是很大的。机制砂是使用机械对岩石进行破碎而得到的人工砂石，在混凝土拌合工作中，用来代替天然砂石。天然砂的存量有限，因其难以短期内自然再生，故被分类为不可再生资源。以岩石为原料的机制砂无需考虑用量和开采枯竭的因素，也是符合可持续发展理念的。

## 1 机制砂概述

### 1.1 机制砂材料特点

(1) 机制砂是通过设备将岩石破碎得到的人工砂石，在破碎过程中，可根据实际工程需要将岩石粉碎成不同的大小。在不同工程中，混凝土对骨料大小的需求不同，而机制砂能够灵活调整大小，充分满足各种尺寸需求。

(2) 机制砂相比于天然砂更为粗糙，其表面少有圆滑转角，因机械破碎的特性多为棱角分明的尖角。该特性在实际使用中会影响拌合性能、流动性、均匀性等，实际使用上会产生不同。

(3) 机制砂成本较低，随着天然砂更多的使用场景及急速消耗，在建筑行业，天然砂作为优质建材存量降低，导致其价格升高。机制砂的原料是岩石和碎石，来源很多，生产技术难度小，综合成本低，相比天然砂价格便宜。

(4) 机制砂的表观密度在  $2700\text{kg}/\text{m}^3$  左右，比天然砂大，同等体积下有更大的自重，在实际混凝土使用中属不利因素。机制砂中含有石粉，对混凝土拌合过程存在影响。

### 1.2 机制砂材料优缺点

#### 1.2.1 机制砂混凝土优点

(1) 砂作为混凝土中的重要配置材料，机制砂有着工厂级规范化的施工流程，相比于其他砂石种类在质量上有严格的监管体系，对于制砂选材、机具、工艺流程等均趋于严格，可使混凝土质量具有良好保障。

(2) 机制砂能够有目的地进行质量和性能控制工作，

在生产时对岩石质量进行把控即可控制生产的质量，同时通过分级筛选、加工前清洗等多种形式，理论上机制砂的含量能够降至最低，进而得到高质量混凝土。

(3) 机制砂能够按照工程实际需求进行颗粒级配和细度模数的调整，因其是使用机械破碎的形式，可通过调整机具，进而得到不同颗粒级的砂石，在混凝土应用当中也更具可行性，使砂石的使用情况更接近设计效果。

#### 1.2.2 机制砂混凝土不足

(1) 天然砂外观呈浑圆，表面棱角较少，细度模数在 2.6~3.0 之间，颗粒大小分布均匀，在拌合之后，砂与砂之间不会有较大的内摩擦力，在拌合的过程中也会有更好的流动性，在浇筑和运输过程中这样的特性是非常有利的。机制砂颗粒尖锐，表面粗糙，大部分面都有较多的凹凸不平，且与设备的影响比较大。这样的砂在进行拌合之后，会有较差的和易性，且在静置之下更易出现水分析出的问题。碎砂设备的选取对于混凝土质量也有很大影响，设备若选取不当，可能会造成内部颗粒集配的不连续性，微小颗粒和大型颗粒均比较多，最终混凝土在泵送和施工的过程中也会有分层，造成局部强度不足。此外在碎砂设备的选用上，也可能出现因设备问题造成对混凝土质量的影响。

(2) 机制砂因其机械破碎的特性，内部一般含有石粉和泥土，泥土不能提供强度属于无用杂质，石粉可提供强度但石粉含量对混凝土综合性能影响较大。适当石粉的存在会提高流动性和和易性，但过多石粉对于混凝土直接各个组分的粘结会起到阻碍作用。石粉的存在使控制混凝土稳定性变得更加困难，且石粉的含量没有确切的统计方式，在实际应用之中对石粉含量进行精确测定也不现实，虽从理论上能够通过石粉数据对混凝土其他组合的配合比进行调整从而降低影响，但实际上该理论并不便于操作。

## 2 机制砂对混凝土性能的影响

### 2.1 机制砂对混凝土拌合的影响

机制砂相比于天然砂，因其棱角分明，形状各异，在拌

合过程中并不易被搅拌均匀,且因粗糙的表面,也不易与胶凝物质结合。混凝土拌合的标准是使水泥形成的胶凝物质将粗细骨料完全包裹,但机制砂在该方面表现不佳。其具体表现形式为,拌合不均匀,砂多聚集于同一位置;或拌合后混凝土分层离析情况明显。存在类似问题的混凝土在浇筑之后会出现强度不均匀的情况。

机制砂中含有的石粉同样会对拌合产生影响,一方面石粉为粒径极小的粉末状,在拌合过程中会与胶凝物质充分混合,提高混凝土混合物的均匀性。另一方面石粉具有润滑性能,拌合过程中的流动性增加,同时具有优良的保水性能,更便于混凝土的运输和泵送。

## 2.2 对用水量和外加剂的影响

由于机制砂表面粗糙,棱角分明,在互相接触时会提供更多的摩擦力,从坍落度的指标来看,机制砂自身的体积稳定性更好。且使用的机制砂材料本身就含有约10%的石粉,石粉有着优良的吸水性质,使用机制砂进行混凝土的拌合,能够降低混凝土中自由水的含量,从而降低混凝土坍落度。

在不考虑外加剂使用的前提下,为达到性能相同的混凝土,一般而言机制砂所需水分比天然砂更多,单从水灰比的指标而言,将使混凝土整体的水灰比提升,而机制砂对于水分的需求并不是化学变化,会随着时间的推移再次析出,从而导致混凝土耐久性下降。故在该过程中,使用机制砂的同时不改变水灰比,通过添加减水剂,在满足拌合需求的同时能够保证混凝土耐久性。

## 2.3 对混凝土力学性能的影响

混凝土的力学性能决定了其使用范围和使用过程中的稳定性,对整个建筑的耐久性也有较大影响。混凝土强度指标主要包括抗压、抗折、弹性模量以及疲劳强度,这些指标主要与内部钢筋强度和使用的水泥标号有关,机制砂与天然砂并无明显的理化性质差异,故对上述指标没有可靠的理论数据支撑。根据混凝土强度理论层面研究,其强度和砂的最大关系就是弹性模量,其决定了荷载作用下混凝土自身的强度指标,在实际实验和研究统计中,其他条件相同的前提下,机制砂混凝土综合性能优于天然混凝土,抗压强度和疲劳强度均有良好的效果。

上述实验数据的进行依靠实验室设备和标准的机制砂原料,但在实际使用中机制砂并不会经过细致筛选和清洗,在使用的过程中会混入石粉。石粉对于混凝土的综合性能是有一定影响的,如果石粉含量过高,因其不属于能够提供稳定胶凝性能的物质,对会使混凝土强度下降。对于该问题,通常采用天然砂和机制砂配合使用的形式,采用硬质岩石进行破碎的机制砂石粉含量更少,能够减少机制砂中不定量的

石粉影响。

## 2.4 稠度、可塑性以及可加工性

上文中已经简单说明,机制砂具有形状不规则的特性,且本身具有较多的细小孔洞及裂隙,在同等水灰比之下,机制砂可能会吸收混凝土中更多水分,混凝土内部的自由水减少,会提高整体的稠度。若想达到同等的稠度和坍落度,则需提升水的用量。一般情况下,为达到相同的性能和配比,机制砂混凝土相比于天然砂混凝土要增加 $5\sim 10\text{kg}/\text{m}^3$ 的用水量。

对于机制砂混凝土的和易性与可靠性研究之中,由于砂自身的颗粒细度、级配等都会影响混凝土的对应性能,对此种性能的准备数据并无法精准得到。细度模数代表了砂材料中颗粒的平均水平,细度模数的增加会使粗颗粒增多,在拌合和泵送使用的过程中会有较差的和易性;反之颗粒粒径较少,又会使用水量增加,最终导致混凝土强度降低。

## 3 机制砂在工程实践当中应用存在的问题

### 3.1 颗粒形状及颗粒级配

机制砂相比于天然砂,能够更精确的控制级配,但其具体颗粒形状以及级配都会对于混凝土的和易性、强度以及耐久性产生影响,且天然砂的数据并不适用于机制砂方面。此外因石粉的存在,可能与颗粒级配的选取有关,简单理解岩石破碎而成的颗粒越细小,产生的石粉可能越多,而在上文中也简要说明了石粉对于混凝土的综合影响。故在对机制砂的实际应用中,对于形状、级配的精准把控是重要问题。

### 3.2 混凝土配合比的确定

混凝土配合比的设计工作基于多次实验为基础,早期数据来源实验均采用天然砂进行初步配合比设计,而机制砂的形状和级配不可能与天然砂完全相同。机制砂混凝土的配合比影响的主要因素有砂的含水量和吸水率,砂级配大小,石粉含量。且有实验证实,不同的拌合方式与材料添加顺序同样会对混凝土性能产生影响。故使用机制砂,对于混凝土配合比的确定也是行业内亟待解决的问题。

### 3.3 搅拌设备选取

为了减少机制砂自身缺陷对混凝土强度的影响,在拌合过程中需要进行充分搅拌,机制砂混凝土并不适用于小批量拌合,通过业内实践,使用大型搅拌器械更有利于保证混凝土质量的稳定。

## 4 解决机制砂石粉对混凝土施工影响的措施

### 4.1 合理延长拌合时间

相比于天然砂,机制砂采用人工破碎的形式,会存在较多棱角,表面并不圆滑。为了消除外观差异性给混凝土带来的影响,在拌合的过程中需合理延长拌合时间,使其得到充

分流动和混合，以提高混凝土之间各组分的均匀性和稳定性。对于泵送混凝土而言，同样需要进行充分拌合，根据泵送管道对骨料要求进行筛选，而后充分拌合，及时泵送施工。

#### 4.2 严格控制生产工艺

机制砂是通过专业生产设备对岩石进行粉碎而得到的人工砂，制砂过程有着明确的工艺流程和标准，生产工艺很大程度上决定了机制砂的成砂品质。低品质的砂主要存在粗细不均匀，杂质含量多，泥土、石粉成分大等，无论哪种品质问题，均会对混凝土的强度和性能造成影响。人工制砂的过程往往具有较多的不可控因素，岩石的大小硬度均不相同，导致制砂机机械运行情况不稳定，对于生产出的成品砂也会存在质量问题。

通过机器设备调试，岩石清洗，提高分级标准等形式对机制砂进行控制，一般而言，需将石粉的含量控制在10%左右，粒径变化不大于0.2mm。若配置的混凝土强度有要求，则需人工砂材料进行进一步的质量分级，石粉含量、杂质含量、压碎指标等均需符合相关要求。但石粉含量并不是越低越好，石粉的存在能够提高混凝土的流动性从而增加和易性，对于输送和灌注而言有帮助。

#### 4.3 合理控制混凝土拌合和运输

机制砂在化学成分上并无不同，但因机制的原因，其含水量和保水性能与天然砂不同，造成了使用过程中的不同点。混凝土材料的质量对于混凝土工程的结构安全与性能有较大影响，为了保证混凝土使用过程中的性能不受影响，尽量缩短拌合和使用之间的时间间隔，并对混凝土配合比进行精准把控。当前大部分混凝土工程均采用商品混凝土，混凝土拌合之后运输到现场具有一定时间，若该时间过长，可能出现混凝土分层离析的情况造成使用问题。故在施工的过程中，需要结合现场具体情况和施工规模，合理选用拌合站，缩短运输的过程。若的确需要长距离运输，可添加外加剂以延长混凝土的初凝时间，提高长时间运输过程中的稳定性。

机制砂含水量与机制过程中的操作形式及原料类型有

关，关于机制砂的含水量也并无明确的参考区间，故使用机制砂进行配合比设计时需对含水量进行测定，且降低运输距离和时间，因其保水性较差，相比于天然砂所拌合的混凝土更易发生水分析出问题。运输过程中快装快运，减少停留，从而能够避免因机制砂自身因素造成的混凝土性能问题。

#### 4.4 加强振捣和养护

机制砂因其棱角特性和自身吸水率的差异性，通常具有较差的流动性，而通过增加用水量的形式又会使混凝土强度造成影响。流动性差的混凝土在性能方面会受到影响，其内部均匀程度及密实度会受到影响。为了解决这个问题，可通过加强振捣与养护的形式来弥补机制砂的不足。振捣工作需使用合理的振捣器，控制振捣速度。若浇筑的混凝土体积较大，可通过分次浇筑、分次振捣的形式。振捣过程注意振捣的均匀性，避免漏振和欠振问题。振捣过程中还需注意混凝土的分层和离析问题，对于钢筋绑扎复杂或具有其他预埋件的位置，可通过小型工具手工充分振捣。

养护能够使混凝土在合适的环境下达到目标强度，同时减少自身裂缝，以有优良的结构性能和耐久性能。相比于使用天然砂的混凝土工程而言，机制砂因其特性，会造成混凝土的整体含水量大，水分更易析出。混凝土浇筑后，水分过早析出会造成混凝土开裂，这也是混凝土需要养护的原因之一。相比于普通混凝土，机制砂混凝土更需要湿度补充。规范的养护形式为，振捣完成后覆盖草席，而后定期洒水，保证湿度达标。对于机制砂混凝土要提高洒水频次，至少养护14天。

#### 5 结束语

在建筑行业中对于混凝土的大量利用是无法避免的，但可以通过混凝土组分材料的优化从而打造环境友好型、可持续发展型的建筑形式。机制砂的大量使用能够降低对自然环境的影响，也无需面临资源枯竭的问题。当前机制砂的应用仍在细节方面存在问题，通过生产过程中的质量提升、工艺革新等形式，能够降低机制砂对混凝土使用过程中的影响。机制砂的普及应用对环境保护和能源高效利用有积极意义。

#### 参考文献:

- [1] 蔡基伟.石粉对机制砂混凝土性能的影响及机理研究[D].武汉理工大学,2006.
- [2] 杨玉辉,周明凯,赵华耕.C80 机制砂泵送混凝土的配制及其影响因素[J].武汉理工大学学报,2005,27(8):4.
- [3] 陈正发,刘桂凤,秦彦龙,等.恶劣环境下机制砂混凝土的强度和耐久性能[J].建筑材料学报,2012,15(3):4.
- [4] 易文,王永和,鲁云岗.机制砂混凝土强度与变形试验研究[J].中南林业科技大学学报,2008,28(6):3.