

# 机制砂特性及其在混凝土中的应用研究

周霞

中国铁路武汉局集团有限公司武汉江腾铁路工程有限责任公司 湖北 武汉 430063

**摘要:** 机制砂作为砂石的一种,相较于天然砂,有着一定的优势,而且在高性能混凝土中应用更多。本文概述了机制砂的特性及其在混凝土中的应用。介绍了机制砂的基本概念和制备过程,通过对比机制砂与河砂在颗粒形状、级配和粉体成分等方面的差异,揭示了机制砂的独特性能。针对机制砂混凝土施工质量控制,提出了相应的建议和措施,以确保混凝土工程的质量和可靠性。

**关键词:** 机制砂特性; 混凝土; 应用研究

引言: 随着天然砂资源的逐渐枯竭和对环境保护的重视,机制砂作为一种替代材料在建筑工程中的重要性日益凸显。机制砂是由岩石或较大的砂石,经除土开采、机械破碎、颗粒整形、筛分和除粉等工艺制成的,粒径小于4.75mm的岩石颗粒,其粒度分布、形状和表面特性对于混凝土的性能有着显著影响。相较于天然砂,机制砂具有更好的化学稳定性和潜在的成本优势,但同时也存在如粒形不规则和粗糙度较大等差异,这些特性可能会影响混凝土的工作性和强度发展。因此,深入研究机制砂的物理和机械特性以及其在混凝土中的行为至关重要。

## 1 机制砂概述

机制砂的特性分析是一个多维度、综合性的过程,涉及物理特性、化学特性以及工程应用特性等多个方面。第一,机制砂是一种由原材料如岩石、矿山尾渣等经过破碎、筛分和整形处理后得到的人工砂。与传统的天然砂相比,机制砂具有许多优势,其中包括质量稳定、可控的颗粒级配和较少的杂质含量。由于这些优点,机制砂在建筑行业尤其是混凝土制造中得到了广泛应用。随着技术的进步,机制砂的生产工艺越来越成熟,其应用范围也在不断扩大。第二,机制砂的特性包括粒径分布、形状、粗糙度以及矿物成分与化学性质,这些特性直接影响到混凝土的各项性能。例如,良好的粒径分布可以提高混凝土的工作性和密实度,从而提高其强度和耐久性。机制砂的粗糙表面有助于提高粘结强度,尤其在配制高强混凝土时显得尤为重要。此外,机制砂的广泛应用还带来了环境保护和资源再利用的附加效益,因为它可以有效减少对天然砂资源的依赖和开采。第三,使用机制砂替代天然砂在环保和可持续发展方面具有重要意义<sup>[1]</sup>。天然砂的开采往往伴随着环境破坏和生态系统损害,而利用机制砂则可以减少这种负面影

响。在一些地区,天然砂资源的枯竭也促使人们转向机制砂作为一种可靠的替代品。第四,为了确保机制砂在混凝土中的性能,必须对其进行严格的质量控制。这包括对原材料的选择、生产工艺的控制、成品的检验以及储存和运输的管理。通过这些措施,可以确保机制砂满足特定的技术标准和性能要求。

## 2 机制砂和河砂的特性对比

### 2.1 矿物组成

机制砂主要由石灰岩、石英岩、黄岗岩等多种矿物组成,而河砂的矿物成分则主要集中在石英( $\text{SiO}_2$ )上,石英是河砂的主要构成物质。

#### 2.1.1 颗粒形状

机制砂经过精细加工,颗粒形状规整,多为角砾或圆砾状,这样的形状使其在混凝土中填充紧密,空隙小,有效提升了混凝土的密实性和强度。相比之下,河沙颗粒表面光滑,形状较为圆润,缺乏棱角。机制砂的优异性能使其在建筑工程和道路建设中备受青睐,不仅提高了施工效率,也确保了工程的稳定性和耐久性。其规则的颗粒形状为建筑材料的制备和工程施工提供了坚实的基础。

#### 2.1.2 颗粒级配

机制砂的粒径分布特点明显,其中大于2.36mm和小于0.15mm的颗粒占比较大,而位于中间粒径范围1.18~0.3mm的颗粒则相对较少,这导致其级配不够理想。相比之下,河砂的粒径分布更为均衡,各粒径范围的颗粒比例适中,因此其级配更为优良。这种级配差异使得机制砂和河砂在混凝土中的使用效果有所不同。

#### 2.1.3 粉体含量

机制砂粉体含石粉、地表土及少量黏土,其石粉成分与天然砂的泥粉截然不同,不含有害成分,且适量石粉对混凝土性能无害<sup>[2]</sup>。然而,机制砂中可能混入泥土,

需通过亚甲蓝MB值检验判定。MB值反映了机制砂中泥土含量，与含泥量成正比，而与石粉含量关系不大。因此，对机制砂进行MB值检验是确保混凝土质量的关键步骤，有助于控制其中的泥土含量，提升混凝土的性能和稳定性。

## 2.2 机制砂对混凝土性能的影响

### 2.2.1 颗粒形状的影响

机制砂对混凝土性能的影响中，颗粒形状是一个至关重要的因素，与天然河沙相比，机制砂的颗粒形状通常更加不规则，这直接影响了混凝土的工作性和力学特性。机制砂的不规则颗粒形状使得其表面积相对较大，这种较大的表面积使得机制砂与水泥浆体之间的接触面增加，从而增强了骨料与水泥浆体之间的粘结力。这种增强的粘结力有助于提高混凝土的抗压强度和抗剪强度。机制砂的不规则颗粒形状对混凝土的工作性有显著影响，由于颗粒形状的不规则性，机制砂在混凝土中的流动性较差，这可能导致混凝土拌合物的坍落度降低，和易性变差。然而，通过优化机制砂的颗粒级配和掺加适量的外加剂，可以有效改善混凝土的工作性，使其满足施工要求。机制砂的不规则颗粒形状还有助于提高混凝土的抗裂性和耐久性，由于颗粒形状的不规则性，机制砂在混凝土中形成的骨架结构更加稳定，能够有效抵抗外界应力和变形。同时，机制砂中的石粉等细小颗粒能够填充混凝土中的微裂缝和孔隙，进一步提高混凝土的密实性和耐久性。虽然不规则颗粒形状可能导致混凝土工作性变差，但通过优化颗粒级配和掺加外加剂等措施，可以有效改善混凝土的性能。

### 2.2.2 颗粒级配的影响

机制砂对混凝土性能的影响中，颗粒级配是一个关键因素，它直接关系到混凝土的工作性、力学性能和耐久性。颗粒级配指的是机制砂中不同粒径颗粒的分布情况，良好的颗粒级配意味着机制砂中粗、中、细颗粒的比例适中，能够形成紧密堆积的骨架结构。这种结构能够有效减少混凝土内部的孔隙率，提高混凝土的密实性和强度。颗粒级配还会影响混凝土的工作性，机制砂中粗颗粒过多会导致混凝土拌合物的流动性降低，而细颗粒过多则可能使混凝土变得黏稠，难以施工。因此，合理的颗粒级配能够使混凝土拌合物具有良好的流动性和可塑性，便于施工操作。颗粒级配还会影响混凝土的力学性能，机制砂的颗粒级配越合理，混凝土的抗压强度、抗折强度和抗渗性等性能就越好。因为合理的颗粒级配能够使混凝土中的骨料更加均匀地分布，避免局部应力集中现象的发生，从而提高混凝土的承载能力和耐

久性。

### 2.2.3 石粉和泥粉的影响

机制砂对混凝土性能的影响中，石粉和泥粉的含量及其性质是不可忽视的因素，石粉和泥粉是机制砂在加工过程中产生的细小颗粒，它们对混凝土的性能有着显著的影响。石粉是机制砂中粒径小于0.075mm的颗粒，主要由与母岩相同的矿物成分组成。适量的石粉能够填充混凝土中的微小孔隙，提高混凝土的密实性和强度。此外，石粉还能够为水泥水化提供活性矿物成分，促进水泥的水化反应，提高混凝土的早期强度和耐久性。然而，过量的石粉则可能对混凝土的性能产生负面影响。过高的石粉含量会增大混凝土的用水量，导致混凝土拌合物的坍落度降低，影响施工性能。同时，过量的石粉还会增加混凝土的收缩变形，降低混凝土的抗裂性和耐久性。泥粉是机制砂中粒径小于0.075mm的粘土质颗粒，它们对混凝土的性能也有一定的影响。泥粉具有较强的吸水性，能够吸附混凝土中的自由水，导致混凝土拌合物的坍落度降低。此外，泥粉还会与水泥中的氢氧化钙发生反应，生成膨胀性物质，影响混凝土的体积稳定性和耐久性。

## 3 机制砂在混凝土中的应用研究

### 3.1 配合比设计

机制砂在混凝土中的应用研究中的配合比设计是一个关键环节，它直接关系到混凝土的强度、耐久性和工作性能。配合比设计旨在通过优化各组分之间的比例，使混凝土达到预定的性能要求，同时满足工程的经济性和环保性。在配合比设计中，需要考虑机制砂的物理特性，如颗粒形状、级配和石粉含量等。这些特性对混凝土的流动性、粘聚性和强度有显著影响，在设计过程中，需要根据机制砂的具体特性调整水泥、水和外加剂等组分的用量，以获得最佳的混凝土性能。配合比设计中需要注意以下几个方面，找出适合机制砂的最佳配合比：

(1) 合理砂率的选择：不仅要考虑细度模数，还要注意机制砂石粉含量的增加将时合理砂率降低。通常情况下，机制砂混凝土所使用的砂率相较于天然砂混凝土会高出3%至6%，依照“五分法”的标准，即通过实验来决定最适宜的砂率，这个过程中，每隔2%就设定一个砂率进行拌合和实验验证<sup>[1]</sup>。确保拌合物粘性适中，砂子比例要尽可能低，这样能让混凝土更弹性和防止开裂。

(2) 机制砂的表观密度一般较天然河砂大，导致容重高，因此在采用假定容重法进行配合比计算时，机制砂混凝土的假定容重应控制约比相应的天然河砂混凝土高30-40kg/m<sup>3</sup>。

(3) 单位用水量的选择:若不添加稀释剂,随着机制砂中细粉含量的增多,混凝土的顺畅流动性会减弱;为了维持塌落度的不变,若添加稀释剂,由于选用了减水效果较好的稀释剂,混凝土的水用量将相应增加。

### 3.2 与天然砂的配合使用

机制砂与天然砂的配合使用在混凝土工程中展现出巨大的应用潜力。二者通过优势互补,可以灵活调整配比,从而达到优化混凝土性能的目的。机制砂以其坚硬、表面光滑的特性,显著增强了混凝土的强度和抗压性能;而天然砂则以其良好的填充性和流动性,有效改善了混凝土的工作性能。这种配合方式不仅提升了混凝土的综合性能,还增强了其稳定性和质量,为工程项目提供了更加可靠的材料保障。同时,机制砂的价格相对较低且易于获取,有助于降低混凝土的生产成本,提高经济效益。此外,通过减少天然砂的采集量,这种配合方式也有助于节约自然资源,促进环保事业的发展。未来,机制砂与天然砂的配合在混凝土工程中的应用前景十分广阔。

### 3.3 机制砂在铁路工程中的应用

在铁路建设工程中,砂、石材料的重要性不言而喻。从坚实的路基到宏伟的桥涵,再到深邃的隧道,每一个环节都离不开砂、石的支撑。然而,传统的铁路施工中,河砂作为主要的砂料来源,面临着巨大的挑战。由于铁路建设跨越地域广阔,河砂资源的分布并不均匀,加之环保政策的推进,河砂的开采受到了严格限制,导致供应紧张。在这样的背景下,机制砂凭借其独特的优势崭露头角。它的性能与河砂相近,能够满足铁路建设对砂料的要求,同时,由于其生产成本相对较低,能够显著节约施工成本。因此,采用机制砂取代河砂制备混凝土,成为缓解河砂资源短缺问题的有效措施。机制砂在铁路工程中的广泛应用,不仅保障了工程的顺利进行,也推动了铁路建设的可持续发展。

### 4 机制砂混凝土施工质量控制

(1) 采取措施确保机制砂的品质稳定,严格监控其粒度分布、颗粒细腻程度、石粉比例以及MB值等关键指标,同一起来源的机制砂的细度模数变化范围不应超过+0.3,石粉含量变化范围不应超过+2.0%。否则,应分别堆放,并调整配合比中的砂率后使用。

(2) 对机制砂和混凝土的拌合物进行充分搅拌。鉴于机械砂中含有众多石粉成分,在与混凝土混合过程中

难以实现均匀搅拌,故而,必须使用强制搅拌机来进行作业,并且将采用河砂的混凝土搅拌时长增加20-40s。这样做是为了优化机械砂混凝土的施工性能,增强其保水能力和粘合力。

(3) 进行有序而合理的振动打击,避免出现振动不足、振动不足或振动过度的情形。借助振动搅拌,机制砂混凝土相较于河砂混凝土更易发生液化,为此,机制砂混凝土的振动搅拌时间应较河砂混凝土相应缩短。恰当的振动搅拌时长有助于解决机制砂混凝土的漏水问题,同时减少蜂窝和孔洞的出现。需注意的是,过度振动应被避免,以防止表面出现裂缝,从而形成松散层。

(4) 在初期阶段加大保养力度,适度扩充保养周期。实验指出,使用机制砂的混凝土混合物在水分流失方面比天然砂混凝土来得快,特别是在风大的条件下,这一现象更为显著,这样的快速蒸发对水泥的凝结反应和混凝土强度的增长是不利的,同时加剧了混凝土的干燥变形,进而可能导致开裂问题<sup>[4]</sup>。故而在大风条件下进行混凝土浇筑时,采取有效的防风手段是必不可少的。使用机制砂配制的混凝土,由于夜粉含量较高,在初期的体积收缩较大,因此应注意浇筑后的及时保湿养护,养护龄期远比天然砂混凝土延长2d~3d。

### 结语

在未来的研究和工程实践中,我们应继续深化对机制砂在混凝土中的应用研究。机制砂以其独特的物理和化学特性,为提升混凝土品质与性能提供了新路径。通过不断探索机制砂与混凝土的优化配比,我们可以推动混凝土技术的创新与发展,满足不同工程项目对混凝土性能的高标准需求。同时,机制砂的广泛应用也有助于降低建筑成本,促进资源的有效利用,为可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]范德科.石粉对机制砂混凝土性能的影响[J].硅酸盐通报,2019,3503:913-917.
- [2]高志坚.机制砂特性对混凝土性能的影响研究[J].广东建材,2022,38(02):5-7.
- [3]邵建峰.高品质机制砂大规模生产工艺和质量控制技术[J].混凝土,2021(05):144-146+150.
- [4]许志强.机制砂在高性能混凝土中的应用[J].价值工程,2020,(10):33-34.