

机制砂在混凝土中的应用研究

华长鑫

甘肃建投商品混凝土有限公司

摘要：机制砂是通过砂石的人工破碎和筛分而得到的一种人造砂，具有均匀的颗粒分布和良好的颗粒形状，在机制砂的制备过程中，可以控制其颗粒大小和形状，使其具有更好的填充性和黏结性。因此，机制砂在混凝土中的添加可以改善混凝土的流动性和减少其收缩变形，同时还可以增加混凝土的强度和耐久性。在本研究中，将探讨机制砂在混凝土中的应用效果，以及其对混凝土性能的影响机制。通过对机制砂混凝土的试验研究和性能评价，旨在为混凝土工程的设计和施工提供科学依据和技术支持。

关键词：机制砂；天然砂；混凝土

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.046

引言

混凝土是一种常用的建筑材料，广泛应用于建筑、桥梁、道路等工程中。然而，传统的混凝土存在着一些问题，如较高的成本、重量大、易开裂等。为了解决这些问题，人们开始研究将机制砂应用于混凝土中。

机制砂，是一种利用石料经过机械破碎和筛分制成的粒度合理、形状良好的建筑用砂料。相比于传统的天然砂，机制砂具有石粉含量较低、表面粗糙度适中、颗粒形状较好等特点。

研究表明，将机制砂应用于混凝土中可以改善其力学性能和耐久性。首先，机制砂的颗粒形状和表面特性可以提高混凝土的内聚力和摩擦力，增强其抗压强度和抗折强度。其次，机制砂的粒度均匀性较好，可以填充混凝土中的空隙，减少孔隙率，提高混凝土的密实性和耐久性。此外，机制砂的石粉含量较低，可以减少水泥用量，降低混凝土的成本。因此，研究机制砂在混凝土中的应用可以有效地改善混凝土的性能，提高其施工效率和工程质量，具有重要的理论和实践意义。

一、机制砂与传统天然砂的区别

机制砂和传统天然砂在以下几个方面有所区别：

颗粒特性：机制砂的颗粒表面粗糙、有多棱角体，细度模数较大，而天然砂的颗粒特性则因天然形成而不一致。

石粉含量：机制砂中石粉含量较高，而天然砂的石粉含量则较低。

加工来源：在同一个施工现场，机制砂和碎石通常采用相同的母岩加工制作，热学性能基本一致，能够确保大体积混凝土的整体效果。

细度模数：对于同一种机制砂而言，准确测出单筛

的筛余量就能够获得其细度模数，而天然砂的细度模数需要经过实际筛分测试。

级配特性：机制砂的级配范围从几微米到几毫米，石粉含量越高，细度模数越小。而天然砂的级配则受天然条件的影响，难以调整。

混凝土性能：当使用机制砂作为细集料时，与天然混凝土相比，混凝土的坍落度可能会降低，但28天标准强度会提高。如果保持坍落度不变，增加单位用水量，并增加水灰比后，混凝土的强度不会下降。

二、机制砂质量控制要点

1) 生产机制砂的过程当中，由于块石所携带的泥土会在一定程度上影响机制砂的品质，所以，在矿山开采中需要彻底清理地表的土壤和植物，搬运石料时要去除夹杂的土壤，并通过震动给料器将掺杂在块石的黏土过滤出来。

2) 生产过程中需要控制机制砂的细度模数。由于积筛余量大、渗透系数大，导致机制砂级配偏低。为了保证机制砂的细度模数和级配，需要使用最小级别的振动筛，通过对水流的控制和人员的观测来控制洗砂强度。实际应用证明，最小一级振动筛的筛面直径为3.5毫米时，可以达到规范要求的粒度。

3) 控制机制砂的压碎指标。破碎指数是评价机制砂强度的重要参数。机制砂抗磨能力的提高对水泥石的抗磨能力有一定限制，特别是在高强度混凝土中。对于形态完整的人工沙，其破碎指数通常为20%-25%，机制砂的松散程度直接影响破碎指数的大小。同时，水泥砂浆中使用的机械砂，其抗压性也不能超过30%。因此，应选择母岩抗压强度较高、岩体完整性较好的岩石来制备机制砂，以达到规范要求的压碎值指数。

4) 在制备机制砂混凝土时，建议将石粉含量控制在10%以内，并按照各国的标准要求进行调整，因为石粉在水泥混凝土中的最佳掺量受多种因素的制约，如机制砂母岩的种类、混凝土的详细要求、对矿物掺和材料的要求，以及机制砂本身的颗粒形状和粒度分布。适当的石粉掺量可以对混凝土起到良好的作用，不同石粉性能之间存在较大差异，石粉在不同水泥混凝土体系中应用的方法和用量也不同，需要进行具体试验来确定。适宜的石粉含量在三个数值范围内，即15%~18%、17%±2%或16%。在实际操作中，这些数据可以作为使用机制砂的参考标准，但具体的操作仍需根据实际情况来确认合适的石粉含量。

5) 在机制砂-水泥混凝土配合比设计中，砂率、用

水量和减水剂的参数是非常重要的，需要进行精确控制。为了确定最佳的砂率、用水量和减水剂的大小，可以采用以下方法：

首先，采用试验中的“五点法”对砂率进行选择，并确定一个基础砂率，在此基础上，进行和易性试验和力学性能考察，通过上下浮动2%来确定最佳砂率。其次，用水量和减水剂的确定也需要进行类似的过程。需要综合考虑他们之间的协同作用，同时考察弹性模量、收缩应变等性能因素。在进行试验和性能考察时，可以增加这些方面的研究，以确保最佳的配合比设计。

6) 当机制砂中石粉的含量较高时，浆料的黏度会增大，导致搅拌不够均匀。为了避免出现露石等问题，需要增加搅拌时间，确保石粉能够均匀地包裹在集料表面上。

7) 在使用机制砂进行振捣时，需要注意振动的有序性和合理性，以避免振动不足、过度振动或振动不均匀等问题。机制砂中的石粉能够覆盖和填补沙粒表面的空隙，减小骨料内部阻力，从而使得混凝土更易于振捣密实。因此，在振捣过程中，需要合理把握振动时间，必要时减少振捣时间。

8) 为了防止机制砂在干燥过程中出现干缩裂缝，应加强养护工作。机制砂中含有适量的石粉和黏土，这些成分能减少混凝土在干燥过程中发生干缩的风险。因此，控制混凝土的干燥速度、加强养护工作是必要的，以减少干缩裂缝的发生。

三、机制砂石粉含量对混凝土性能的影响

(一) 对机制砂混凝土施工拌和性能的影响

机制砂是一种颗粒状物质，由破碎岩石得来，表面不光滑，粒径通常大于2.36mm或小于0.15mm。在粒径为0.3-1.18mm的机制砂中含有较多的石粉。然而，在混凝土配制中使用机制砂会对混凝土的流动性产生影响，并给施工带来不便。因此，在混凝土配制过程中，需要通过充分搅拌并增加浆体材料的方式来提高混凝土的流动性。根据大量试验结果（见表1），不同种类的砂对混凝土的工作性能有不同的影响。

为了制备适于泵送的混凝土并改善其流动性，可以根据机制砂的特性进行合理配制。通过利用机制砂中的石粉，并合理调整砂的含量，可以制备出流动性良好的混凝土。

表1 不同砂对混凝土抗压强度达到标准值的影响结果

品种	天然砂	天然砂+石屑	机制砂
3d强度标准值/MPa	40~45	45~55	60~70
7d强度标准值/MPa	65~75	75~80	85~100
28d强度标准值/MPa	110~120	115~130	120~135
90d强度标准值/MPa	130~150	130~145	135~155

根据表2的数据，可得出结论：机制砂配制的混凝土具有比天然砂和混合砂混凝土更高的强度。

(二) 对用水量和外加剂的影响

相对于河砂，机制砂具有裂隙多、棱角多以及石粉含量多等特点，这些特性使得机制砂能够吸收更多的水分，从而导致混凝土的坍落度降低。在其他配制条件相同的情况下，机制砂所需的水量更多，但可以通过增加混凝土的水胶比来抵消这一差异。然而，使用机制砂来配制混凝土时，由于需要较多的水量，因此需要选择高质量的减水剂来提高混凝土的耐久性。

(三) 对混凝土强度的影响

机制砂表面粗糙，与河砂相比具有更强的黏结力，并在骨料空隙中填充了石粉，从而提高了混凝土的密实性。机制砂的石粉含量大约为10%，非常适合用于配制普通混凝土和高强度混凝土。想要确保混凝土的流动性和施工的顺利性，必须控制原材料质量配比，并确保混凝土具有足够的泵送性和抗冲击能力。如图1所示，可以看出机制砂的高性能混凝土强度与石粉含量相关。

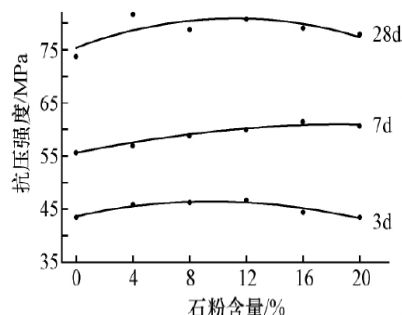


图1 机制砂高性能混凝土强度随石粉的变化图

从图1中可以看到，3、7、28和90期间，由机制砂配制的高性能混凝土的抗压强度均高于自然沙混凝土，这说明了混凝土的强度也是随石粉含量的提高而提高的。在石粉含量达到12%时，混凝土的强度稍微降低，但降低幅度并不大。这主要是因为机制砂本身的锐棱角清晰和粗糙度大的特点，增加了骨料间的机械咬合力，从而提高了混凝土的抗压强度。

四、解决机制砂石粉对混凝土施工影响的措施

(一) 合理延长拌和时间

在施工阶段，为了保证混凝土能够完全覆盖机制砂，应适当地增加搅拌时间。完全搅拌还能够提升混凝土的可塑性和泵送性能，一般情况下，机制砂的粒径相对较大，在总体中占比较小，而用于泵送的混凝土需要较高比例的细骨料通过0.3mm筛孔。相比之下，天然砂中粒径低于0.3mm的比例较高，容易导致混凝土出现大的裂缝。因此，可以采用机制砂和天然砂混合的方法来优化施工性能。

以下是天然砂、混合砂和机制砂混凝土的配比、水泥用量和28天强度的优化结果（参考表2）：（具体数据可以根据实际情况调整）

(二) 严格控制生产工艺

为了保证混凝土的质量，并充分发挥机制砂的性

表2 C30混凝土的配比及强度

	天然砂	混合砂	机制砂
配合比（水泥：砂：石头：水）	1：1.17：3.54：0.52	1：2.39：3.92：0.52	1：2.51：3.93：0.52
水泥用量/（kg·m ⁻³ ）	385	310	302
28 d 强度/MPa	36.0	44.1	45.6

能，需要严格控制机制砂的生产工艺以及混凝土的配制质量。在开始使用机制砂之前，需要对粒径、级配、含泥量、压碎值和细度模数等指标进行全面检验。为了提高混凝土的使用性能，必须对混凝土的配制质量进行严格把控，比如，机制砂中石粉含量控制在10%左右、细度模数控制在2.8至3.0之间、保粒径变化范围控制在正负0.2mm之内。所以，对于配制c30和以下强度等级的混凝土使用的机制砂，石粉含量应控制在不大于10%（当摩擦率小于1.4时），压碎指标应小于30%。而对于配制C35至C45强度等级的混凝土所使用的机制砂，石粉含量应控制在不大于7%（当摩擦率小于1.4时），压碎指标应小于25%。机制砂的石粉含量一般在5%到10%之间，石粉含量的增加可以增强机制砂混凝土的强度，尤其在泵送中低强度的情况下，混凝土的强度等级和流动性通常是成反比关系的，即强度等级越高，流动性越小。通过增加机制砂中的石粉含量，可以相应地提高混凝土的强度等级。

因此，为了确保混凝土的质量并发挥机制砂的性能，需要严格控制机制砂的生产工艺，全面检验其各项指标，并根据混凝土的强度等级和流动性要求，合理控制机制砂中的石粉含量和压碎指标。

（三）合理控制混凝土拌和和运输

在混凝土配制过程中，为了减少混凝土运输距离，可以在施工现场建立混凝土拌和站，选择拌和站的布置地点时，需要全面勘察施工现场条件，并结合工程特性和规模来合理安排位置。同时，需要定期对自动计量系统进行标定，并在每班使用前进行检查，以确保计量准确性。对于水泥、粉煤灰和水的计量，最高的偏差上下不得超过1%；对于粗细骨料和减水剂的计量，最大偏差分别在上下2%和上下0.5%。在搅拌时，应随时监测砂、砂的水分含量，以便于对其进行适当的配合比调节。假如不能在施工现场建造搅拌站，那么就可以在其他合适的地方区建造，在选择混凝土运输路线时，应考虑地势地平且距离最短的路线，以防止混凝土在运输过程中出现离析情况，确保浇筑质量。

混凝土运输过程中还需要保证混凝土的坍落度符合要求，通过快装快运的方式，可以减少停留次数，大幅降低混凝土的坍落度。此外，施工现场的时间安排必须准确报备，以确保混凝土不会错过最佳浇筑时间，从而保证外观质量和耐久性符合设计要求。

（四）强化振捣和养护工作

虽然由机械砂浆制成的混凝土具有一定的流变性，

但是它具有很好的黏性。为此，必须对其进行有效的振捣，以确保其充填的致密性，在进行振动作业时，一是要选用合适的振动设备；在振捣过程中，务必要控制好振捣速度和振动的均匀性，避免出现漏振和欠振的情况，对于处理大体积混凝土时，可以采用分层浇筑的方式在混凝土界面下5-10cm的位置插入振捣器，进行均匀振动，以确保混凝土的整体性，从而防止出现分层情况。在钢筋密集的地区，特别是复杂预埋件的地区，必须事先确定好混凝土的浇注方法，并且要保证振捣器不与钢筋和预埋件进行接触，以免造成破坏。

混凝土养护是施工过程中非常重要的一部分，它能够为混凝土的固化提供良好的环境，防止开裂问题的发生。由于混凝土含水量较高，容易散失水分，因此在施工完成后需要进行养护。养护的具体方法是在混凝土捣振工作完成后，铺上一层土工布或草席，并制定一个计划，定期进行洒水养护，根据湿度、温度和风力等外界因素，要控制洒水量，并适时调整，以营造一个良好的固化环境。一般情况下，养护时间需要超过14天，这样才能更好地保证混凝土的强度和品质。

结束语

综上所述，本文通过理论实践研究了机制砂在混凝土中的应用。研究表明，传统河砂对环境有严重影响，而机制砂作为一种人工砂，具有中粗砂的特性。将机制砂用于混凝土配制中可以提升混凝土的稳定性、强度、耐久性和易性等性能。在具体应用过程中，需要考虑机制砂的特性对混凝土性能的影响，并采取适当措施来解决可能出现的问题。例如，延长拌和时间、控制生产工艺、合理控制混凝土的拌和和运输、加强振捣和养护等措施，可以提高混凝土的质量和强度。此外，还需要优化机制砂的选择和使用方法，以确保混凝土制品的质量和可靠性。

参考文献

- [1] 植恒. 机制砂在混凝土中的应用[J]. 商品与质量·建筑与发展, 2020(3): 7-8.
- [2] 吴广华, 张颖. 机制砂在混凝土中推广应用的措施研究[J]. 西部资源, 2022(002): 000.
- [3] 李波. 贵州机制砂在混凝土中的应用[J]. 冶金丛刊, 2020, 005(008): 153-154.
- [4] 王帅. 机制砂在混凝土中的应用技术研究[J]. 中国住宅设施, 2020(2): 2.
- [5] 袁自运, 赵传东, 王文林. 花岗岩机制砂在高性能混凝土中的试验研究[J]. 2022(2).