

# 抗冲磨混凝土材料的性能优化与应用

薛玉林 孟帮杰 李宏娟 刘应军

阿坝水电开发有限公司

**摘要：**建筑行业的快速发展下，近年来，社会对建筑质量、使用寿命等都提出了更高的要求，以更好的满足建筑行业可持续发展的要求。混凝土材料作为建筑施工的主要材料，其抗冲磨性能是保证施工质量的重要基础，尤其是水利水电工程建设中，受到水流、碎石等的长期冲刷，必然会给混凝土施工工程带来磨损、冲击等问题，影响建筑工程的质量及其使用寿命，因此加强抗冲磨混凝土材料的性能优化成为建筑施工材料研究的主要方向。本研究将结合影响混凝土材料磨损率的因素，以及相关的实验结果，探究抗冲磨混凝土材料的性能优化与应用策略，希望为建筑施工项目质量的提升提供参考。

**关键词：**抗冲磨混凝土材料；性能优化；应用

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.017

## 引言

根据我国《泥石流防治工程设计规范（试行）（T/CAGHP021-2018）》等文件的要求，要通过工程优化设计、材料性能提升等，“推动泥石流防治工程设计向规范化和科学化的方向发展，从整体上提升我国泥石流防治工程设计的技术水平，并且使泥石流防治工程经济合理、技术可行、安全可靠。”而抗冲磨混凝土材料施工过程中的主要材料，其性能水平是保证混凝土施工工程质量及其在不同项目中抗冲磨性能的重要基础。但目前我国建筑施工项目中，混凝土的抗冲磨性能存在一定的不足，尤其是近年来暴雨等极端天气的频繁发生，增加了混凝土工程质量问题的发生概率，而且水利水电工程项目中，受到水流等的长期冲刷，也增加了混凝土质量问题的发生概率，给混凝土工程质量及居民的人身安全等都带来影响。因此加强抗冲磨混凝土材料的性能优化与应用的研究至关重要。

## 一、混凝土的冲磨破坏机理分析

### （一）悬移质破坏

悬移质破坏是一种因悬移质泥沙水流造成的混凝土冲磨现象，而含有悬移质泥沙的水流，在不断的冲刷、冲击过程总，会按照顺序对混凝土材料表层、深层不断的进行冲磨，首先会冲磨掉混凝土表面一些较软的水泥砂浆，再进入混凝土的细骨料、粗骨料等，随着粗骨料的不断冲磨，一旦冲磨掉混凝土中的骨料，就会造成混凝土表面的凹凸不平，并造成更深层次的破坏<sup>[1]</sup>。

### （二）推移质破坏

推移质破坏一般是在高速的水流冲击作用下，给混凝土带来的冲磨作用，推移质破坏的程度主要会受到推

移质能量大小及其冲击力大小、与混凝土表面的接触方式等影响，出现不同的混凝土冲磨问题。推移质破坏中，推移质颗粒主要是按照跳跃运动的方式对混凝土的表面带来冲磨，因此在这个过程中冲磨现象是一种大范围的冲击力，尤其是受到较大直径范围石子、石子冲磨角的形状、速度等的影响，给混凝土带来不同的冲击力及冲磨破坏力。

## 二、影响混凝土材料磨损率的因素

### （一）混凝土被冲磨后的特点

混凝土作为建筑施工中的主要材料，是一种以水泥为主要材料形成的胶凝材料，在施工过程中，将其与水、砂、石等材料，以及相关的化学剂、矿物掺和料等进行一定的配比、搅拌，浇筑在施工现场，并通过凝结、硬化等过程，完成混凝土的施工。也因混凝土材料本身的构成元素，在施工后，必然会受到外界环境的影响，尤其是一些大型器械的压力、长期的水流冲刷、碎石硬块等的冲刷，很容易造成混凝土的冲磨问题，而被冲磨后的混凝土也因冲磨的程度、冲磨的材料等的不同，出现不同形式的破坏情况。比如在水流的长期冲刷下，会将混凝土搅拌、浇筑中，一些耐磨损率较低的部分冲刷掉，并在水流的冲击下，导致混凝土表面的平整度减小，表面粗糙度增加，形成一些凹凸不平的裂缝、小洞；当水流中裹挟了碎石、泥沙等物质时，也会加大混凝土表面缝洞的尺寸，甚至还可以出现局部的空洞问题，如果不及时进行混凝土的维修，还可能会持续的加大混凝土表面的磨损程度，形成更大范围的坑洞，最终影响混凝土整体的施工结构，造成更大的安全隐患。

### （二）影响混凝土材料磨损率情况的因素

#### 1. 混凝土材料自身的因素

混凝土作为一种主要的施工材料，在施工该过程中，会根据施工工程的需求，通过混凝土材料质量的选择、混凝土的合理配备等，以满足施工质量的需求。但目前混凝土工程施工过程中，受到施工人员施工能力、采购混凝土质量等的影响，可能会因材料性能本身强度、硬度等的不足，导致其抗冲磨能力降低；或者混凝土的配合比不合理，导致混凝土的密实性和坚固程度不足，从而影响其抗磨损能力。而且在混凝土施工完成后，需要通过涂层等处理方式，对混凝土的施工表面进行处理，如果施工人员在混凝土浇筑后的混凝土表面处理中出现失误等问题，也可能会加大冲磨给其带来的影响，出现较大的磨损<sup>[2]</sup>。

#### 2. 混凝土施工结构的影响

混凝土工程施工过程中，需要结合施工要求进行施

工结构的构造设计，尤其是在一些泥石流发生概率较高的地区，以及水利水电工程项目中，需要结合水流的流向、水流中的泥沙类型、水流的冲刷为主等，进行混凝土施工结构的合理设计，以减低其冲磨的程度。但目前的混凝土施工结构设计却存在一些问题，比如混凝土浇筑不均匀或存在空洞、裂缝等缺陷，会导致混凝土磨损率增加；或者混凝土施工结构的设计不合理，出现受力不均匀等问题，也会影响其抗磨损能力。

### 3. 冲磨混凝土的材料、物质等的影响

混凝土的冲磨主要是水及其内部的泥沙、碎石等，不同的冲磨物质也会影响混凝土的磨损率，一般情况下，在相同的混凝土施工质量下，水流的速度、水流中的泥沙含量高低、泥沙颗粒大小与混凝土的冲磨率成正比关系，当水流的速度快时，会产生较大的冲击力，从而加大对混凝土表面的冲击；或者较大的颗粒也会更容易造成混凝土表面的冲击、磨损，尤其是当颗粒中包含一些石块、颗粒时，在水流的影响下，也会给混凝土表面带来更大的冲击，从而出现磨损等问题。

## 三、抗冲磨混凝土材料的选用及其应用优化策略

### （一）抗冲磨混凝土材料的选用

随着混凝土材料的不断创新，各种化学材料的衍生，为混凝土材料的性能提升提供了重要的支持，而且混凝土材料配比的调整，也可以通过加入一些矿物质材料等，增加混凝土的强度和硬度，以提升混凝土的抗冲磨性能。

#### 1. 无机材料的应用

无机材料的应用是提升抗冲磨混凝土材料性能的重要方式，施工人员可以将粉煤灰、聚丙烯纤维、矿渣、铁矿石或矿砂、硅粉等无机材料加入到混凝土材料中，以增加混凝土的强度、混凝土结构的使用寿命等。比如可以将聚丙烯纤维加入到混凝土材料中，根据聚丙烯纤维的性能特点分析，其作为一种由丙烯聚合物制作形成的纤维材料，有着较高的强度，一般可以达到350MP-700MP，将其加入到混凝土材料中，可以有效的在混凝土的内部实现支撑，并依靠聚丙烯纤维的分散分布，改善混凝土材料本身的结构性能，减少因混凝土本身流动行造成的开裂问题，通过加强内部的相互联结、支撑等，可以有效的降低外部环境对混凝土内部的渗透，以提升混凝土的抗冲磨、抗冲击能力，提升其使用寿命。根据调查发现，目前我国著名的三峡水利工程的部分渠道中，就在混凝土的基础上加入了聚丙烯纤维，有效的提升的这些环节的抗冲磨功能，提升了混凝土工程的使用寿命<sup>[3]</sup>。

不同的无机材料在混凝土中也有着不同的使用功能，除聚丙烯纤维外，硅粉、矿渣等有着其独特的应用价值，比如硅粉可以有效的调整混凝土中内部孔隙的结构，并增加其内部的黏结力，提升其强度；矿渣则是依靠其本身的强度、化学反应等，增强混凝土结构的强度

和硬度，并依靠其化学反应，避免混凝土的碱骨料反应，提升其抗冲磨性能。

因此混凝土施工人员要结合施工场地的实际特点、对混凝土工程抗冲磨性能的需求等，选择不同的无机材料，为了保证其抗冲磨性能，也可以根据实际情况选择两种无机材料，但要通过实际的实验检验，确定材料之间不会因相互的反应，影响混凝土本身的施工质量。

#### 2. 有机材料的应用

有机材料也是目前提升抗冲磨混凝土材料性能的重要方式，包括环氧树脂、橡胶、聚脲弹性体材料等材料，将其与混凝土材料进行融合，也可以有效的改善混凝土材料的性能。比如利用环氧树脂进行混凝土使用性能的改良，环氧树脂是一种含有环氧基团的高分子化合物，在其固化后，具有良好的物理化学性能，可以在混凝土的表面形成一种较强的粘接性能，可以有效的提升混凝土的抗裂性能、抗冲磨能力，但环氧树脂在潮湿的混凝土粘接工作中存在一定的问题，因此目前其主要用于混凝土浇筑工作后的维护、局部维修、表面防护等工作中，以提升其抗冲磨性能。根据调查发现，目前，环氧树脂材料在混凝土材料中得到了广泛的应用，自20世纪60年代，我国很多著名的水利水电工程就已经开始使用环氧树脂进行混凝土抗冲磨性能的优化，比如三门峡、葛洲坝等工程。

橡胶作为一种新型的有机材料，是一种有机高分子化合物，将其混合到混凝土材料中，可以有效的改善混凝土内部的物理结构，而且不会与混凝土中的其他材料产生化学反应，可以有效的提升混凝土材料本身的使用性能。将橡胶材料加入到混凝土材料中，橡胶颗粒可以填充到混凝土材料的空隙中，提升混凝土材料的密实度，尤其是橡胶颗粒还有着较大的弹性，因此不会对混凝土的物理性质带来影响，反而会提升混凝土材料的韧性、强度，提升其抗冲磨性能。根据相关的实验调查数据显示，橡胶材料的使用量也影响的其性能，将橡胶粉按照不同的比例加入到混凝土中时，混凝土的抗冲磨性能也在发生变化，需要根据建筑施工工程及施工地本身的特点分析，选择适量的橡胶粉进行混凝土性能的改良，一般情况下，随着橡胶粉的加入量增加，可以有效的提升混凝土的抗冲磨性能。调查还发现，橡胶粉的加入还可以有效的提升混凝土的抗冲击能力、抗渗透能力、抗冻能力等<sup>[4]</sup>。

聚脲弹性体材料也是一种增加混凝土抗冲磨能力的有机材料，主要是由聚氰酸酯组分、氨基化合物等通过一定的化学反应得到了一种具有较强环保性能的涂料，也因其无污染性、安全性，而且引起良好的附着力、放肾功能、抗腐蚀性等特点，也可以有效的提升混凝土结构的强度、抗冲磨性能。根据Wang Xin等学者的研究发现，聚脲弹性体材料的抗冲磨性能高于普通混凝土的5-50倍，但聚脲弹性体材料的硬度却与其抗冲磨性能存

在负相关关系，需要结合混凝土施工工程的特点，合理的计算聚脲弹性体材料的使用量。而且聚脲弹性体材料作为一种化工材料，其价格高于其他的材料，使其在混凝土抗冲磨性能提升中的应用并不广泛。

### 3. 外加剂的应用

外加剂是目前混凝土施工工程中使用较为广泛的材料，尤其是近年来，对建筑施工质量要求不断提升的情况下，各种化学材料的创新应用，为混凝土使用性能的提升奠定基础。混凝土施工过程中，可以加入可以提升其耐磨性能、抗冲磨能力的外加剂，比如HF06抗冲磨外加剂等材料，也可以加入一些改变混凝土性能的外加剂，以提升其抗冲磨性能。比如在一般的混凝土中加入HF06抗冲磨外加剂，HF06抗冲磨外加剂可以利用高效减水组分、高分子胶粉、抗裂减缩组分等配置形成，将这些混合外加剂加入到混凝土材料中，可以有效的发挥其减水增强效果，改变混凝土的性能，以提升混凝土的强度、抗压性能以及抗冲磨性能，而且这种外加剂的原材料价格低、获取方便，因此可以在减少的资金投入情况下，获得更大的使用性能，具有良好的应用优势<sup>[5]</sup>。

### (二) 加强施工工艺的科学操作

在抗冲磨混凝土材料的科学选择后，施工人员要按照规范的施工工艺要求、科学的施工流程等，开展抗冲磨混凝土材料的有序施工。在施工前的准备阶段，现场的整洁、混凝土的合理配比等工作至关重要，施工人员应做好场地清理、材料准备和设备调试工作，确保施工现场整洁，尤其是根据实验结果，选择施工场地适合的抗冲磨混凝土材料，比如根据南北方的气候、混凝土施工地冲磨现象特点等，选择有机或无机等材料，保证混凝土的抗冲磨性能，并通过施工设备的检验、材料的提前入场等，保证材料齐全，为施工的有序开展奠定基础。在混凝土的施工过程中，要结合施工图纸和工艺要求等，开展混凝土的层次浇筑工作，并按照规范的要求，注意控制浇筑质量和速度，并通过振动器的振实处理，减少混凝土内部产生空洞和裂缝等问题。在施工后，也要通过科学的检测、验收等，保证混凝土浇筑质量，提升其抗冲磨性能。

### (三) 加强混凝土建筑结构的优化设计

建筑工程不同的部位受到的冲磨程度存在较大的不同，尤其是在水利水电工程中，水闸底板部位、大坝的溢流面、护坦等部位受到的冲磨更多，因此在抗冲磨混凝土材料的合理选择外，也要根据建筑物各部位受到冲磨程度不同的特点，进行结构的优化设计。针对一些受到冲磨程度更高的部位，建筑结构设计师要对这些部位进行重点加固设计，比如通过在这些部位增加加固构件、覆盖使用耐磨材料等，以提高这些部位的耐磨性能；或者在这些容易受到冲击的建筑部位，增加缓冲材料、设计减震结构等，以减小水流等的冲击给结构的稳

定性等带来影响。

### (四) 加强定期的维护与修补

后期的维护和修补也是提升混凝土浇筑工程抗冲磨性能的重要方式，尤其是在不断的冲磨后，通过对重点部位的修补、涂层保护处理等，可以有效的提升混凝土工程的使用寿命。建筑的管理部门要制定完善的维护保养计划，结合建筑受到冲磨的程度、磨损率等，定期开展混凝土工程的维护和保养，尤其是通过涂层保护、裂缝修补等，以保证混凝土的施工安全性<sup>[6]</sup>。

### 结语

综上所述，受到近年来暴雨等极端天气，以及混凝土工程本身的使用功能等的影响，混凝土工程的抗冲磨性能提升成为相关研究的主要方向，本研究主要结合混凝土冲磨问题机理及影响其冲磨程度的影响，探究如何通过抗冲磨混凝土材料的优化选择、工程的科学施工、结构的优化设计以及后期的有效维护等，提升其抗冲磨性能，提升其使用寿命。

### 参考文献

- [1]姜春萌,李双喜,蒋林华,等.冻融作用下低热水泥混凝土抗冲磨性能评价[J].长江科学院院报,2023,40(08):163-169.
  - [2]汪永剑.抗冲磨超高性能混凝土施工技术.广东省,广东水电二局股份有限公司,2022-08-11.
  - [3]黄丁成.橡胶改性钢纤维二级配混凝土抗冲磨性能试验研究[D].郑州大学,2022.
  - [4]方鑫,陈晓清,陈剑刚,等.泥石流防治工程混凝土材料的抗冲磨性能[J].水土保持通报,2021,41(04):113-120.
  - [5]杨海军.抗冲磨混凝土在水工领域中的应用[J].住宅与房地产,2021,(09):127-128.
  - [6]刘瑞琳.水电工程中钢纤维混凝土抗冲磨性能研究[J].水利技术监督,2020,(05):123-125+222.
- 作者简介:薛玉林,1970年5月,男,汉族,甘肃省永登县人,兰州铁道学院,教授级高工,本科学历,研究方向:主要从事水电工程建设运营管理工作。
- 孟帮杰,1976年3月,男,汉族,重庆铜梁县人,四川大学电气工程及其自动化专业,高级工程师,本科学历,研究方向:主要从事水电工程建设及运营管理工作。
- 李宏娟,1983年4月,女,汉族,贵州省大方县人,四川农业大学环境工程专业,高级工程,研究生学历,研究方向:主要从事水电工程建设及运营管理工作。
- 刘应军,1974年1月生,男,汉族,甘肃省陇南市人,西华师范大学,高级经济师,本科学历,主要从事水电工程建设运营管理工作。