

# 浅析水利工程中水闸加固施工技术的应用

高鑫淼

浙江东洲建设咨询有限公司

DOI：10.12238/jpm.v5i7.6991

**[摘要]** 水利工程中的水闸加固施工技术是确保水闸安全、延长其使用寿命的重要手段。本文结合实际案例，探讨了水闸加固施工技术的应用现状与发展趋势，分析了施工过程中的关键技术与难点问题，提出了优化施工技术的建议，以期为相关工程提供参考和借鉴。

**[关键词]** 水利工程；水闸加固；施工技术；安全性；关键技术

## Application of the construction technology of sluice reinforcement in water conservancy project

Gao Xinmiao

Zhejiang Dongzhou Construction Consulting Co., Ltd

**[Abstract]** The construction technology of sluice in water conservancy project is an important means to ensure the safety of sluice and extend its service life. Combined with the actual case, this paper discusses the application status and development trend of the sluice reinforcement construction technology, analyzes the key technology and difficult problems in the construction process, and puts forward the suggestions of optimizing the construction technology, in order to provide reference for related projects.

**[Key words]** water conservancy project; reinforcement of sluice; construction technology; safety; key technology;

### 引言：

水闸是水利工程中的核心构筑物，主要承担控制水流量、调节水位及防洪排涝等多重功能，直接关系到区域水资源的管理和防灾减灾能力。随着水闸使用年限的增加，以及受到自然环境变化和极端气候条件的影响，部分水闸结构不可避免地出现了不同程度的损伤和老化现象，如混凝土剥落、钢筋锈蚀、基础沉降等。这些问题不仅削弱了水闸的结构强度和耐久性，还严重影响其正常运行和整体安全性。

为确保水闸的安全运行，维持其设计功能，并延长其使用寿命，开展水闸加固施工已成为一项不可或缺的工程措施。通过科学合理的加固技术，可以有效提升水闸的结构性能，增强其抗灾能力和耐久性，从而保障水利工程的长期安全运行。

本文将系统地探讨水闸加固施工技术的必要性，分析当前加固技术的现状与发展趋势，详细介绍关键技术的具体应用，并通过实际案例分析加固施工的实际效果和技术要点。希望通过本文的研究和探讨，能够为水利工程领域的从业者提供有价值的理论支持和技术指导，进一步推动水闸加固技术的创新和应用，为我国水利工程的安全与发展贡献力量。

## 一、水闸加固施工技术的必要性

### 1.1 水闸安全性的重要性

水闸作为水利工程的核心结构，承担着防洪排涝、灌溉、航运和发电等多重功能，其安全性直接关系到人民生命财产安全和社会经济稳定。尤其在洪水季节，水闸的可靠运行至关重要。一旦水闸失效，可能导致大范围的洪涝灾害，严重威胁下游地区的安全。例如，2017年我国南方地区的一次特大暴雨，导致某大型水闸因结构问题出现险情，给当地带来了巨大的经济损失和安全隐患。因此，确保水闸的安全性，是保障水利工程稳定运行的重要基础。

### 1.2 水闸结构老化与损伤的原因

水闸在长期运行过程中，受到水流冲击、泥沙磨蚀、化学侵蚀以及自然老化等多种因素的影响，其结构会逐渐老化并出现不同程度的损伤。例如，混凝土水闸常见的老化问题包括混凝土碳化、钢筋锈蚀、裂缝扩展等，这些问题会降低水闸的承载能力和抗渗性能。此外，随着气候变化和极端天气频发，水闸面临的外部环境也更加严峻，进一步加剧了结构的损伤。例如，近年来一些地区频发的强降雨和洪水事件，使得水闸在高强度荷载作用下更容易出现结构性问题。

### 1.3 水闸加固的目的与意义

水闸加固的主要目的是恢复或提高水闸的结构性能和使用寿命，确保其在设计使用期限内能够安全、稳定地运行。加固施工不仅可以修复现有的结构损伤，还可以通过增强结构强度、防渗性能等措施，提高水闸的整体抗灾能力。例如，通过增加钢筋混凝土护面，可以有效防止水流对水闸的冲刷和磨损。此外，水闸加固还具有延长使用寿命、降低维护成本的作用，通过定期的加固施工，可以避免因水闸失效带来的巨大经济损失和社会影响。

## 二、水闸加固施工技术的现状与发展趋势

### 2.1 传统水闸加固施工技术

传统的水闸加固施工技术主要包括表面修复、混凝土加厚、钢筋增补等方法。这些技术通常用于修复混凝土结构的表面损伤和增强结构强度。例如，表面修复技术通过在水闸表面涂抹防水材料或高强度修补材料，来修复表面裂缝和孔洞，从而提高其防渗性能。混凝土加厚技术则是在原有结构表面增加一层高强度混凝土，增强其承载能力和耐久性。钢筋增补技术通过增加钢筋网片或钢筋束，来提高结构的抗拉强度和整体刚度。这些传统技术操作简便，施工周期短，但在面对复杂的结构问题和严苛的环境条件时，效果往往有限。

### 2.2 新型水闸加固施工技术

随着材料科学和工程技术的发展,近年来出现了许多新型水闸加固施工技术,如碳纤维加固技术、预应力加固技术、喷射混凝土技术等。碳纤维加固技术利用碳纤维材料的高强度和轻质特性,通过粘贴或包覆在混凝土表面,提高其抗拉强度和耐久性。预应力加固技术则通过在结构内部或表面施加预应力,提高其承载能力和抗裂性能。喷射混凝土技术通过高压喷射将混凝土材料喷覆在结构表面,形成一层高强度保护层,增强结构的整体性和耐久性。这些新型加固技术在提高加固效果、延长结构使用寿命等方面表现出色,逐渐成为水闸加固施工的主流技术。

### 2.3 水闸加固技术的发展趋势

未来,水闸加固技术的发展将主要集中在智能化、环保化和高效化三个方面。智能化加固技术通过引入传感器和监测系统,实现对水闸结构状态的实时监测和反馈,从而及时发现和修复潜在问题。环保化加固技术则注重使用环保材料和工艺,减少施工过程中的环境污染和资源消耗。高效化加固技术通过优化施工流程和工艺,提升施工效率和质量,降低施工成本。例如,近年来发展迅速的3D打印混凝土技术,能够根据结构需求快速成型,提高施工效率和精度。总体而言,水闸加固技术将向着更加智能、高效和环保的方向发展,为水利工程的可持续发展提供技术支持。

## 三、水闸加固施工过程中的关键技术

### 3.1 水闸结构检测与评估技术

在水闸加固施工前,进行全面的结构检测与评估是必不可少的步骤。通过现代化的检测技术,如超声波检测、雷达检测、红外热成像等,可以准确掌握水闸结构的内部状况和损伤程度。超声波检测技术利用超声波的传播特性,能够检测出混凝土内部的裂缝、空洞和钢筋锈蚀情况,其检测精度可以达到0.1毫米。雷达检测技术通过发射电磁波,反射回波分析内部结构信息,适用于检测混凝土厚度和内部缺陷,尤其在厚度测量和缺陷定位方面表现出色。红外热成像技术则通过捕捉结构表面的温度变化,来识别可能存在的裂缝和湿润区域,温度分辨率可达0.01℃。这些检测技术相结合,可以为加固方案的制定提供科学依据。例如,某次检测结果显示,水闸的混凝土结构存在多处裂缝和空洞,最大裂缝宽度达2毫米,钢筋锈蚀面积达到30%,为制定精准的加固方案提供了数据支持。

### 3.2 水闸加固材料选择

加固材料的选择直接关系到加固效果和结构耐久性。传统的加固材料主要包括高强度混凝土、钢筋、钢板等。近年来,随着材料科学的发展,出现了许多新型加固材料,如碳纤维复合材料、玻璃纤维复合材料、高性能混凝土等。碳纤维复合材料具有高强度、轻质和耐腐蚀的特点,其抗拉强度高达4000MPa,是钢材的10倍,广泛应用于结构表面的加固。玻璃纤维复合材料则具有优异的抗拉强度和耐久性,适用于结构的补强和修复,其抗拉强度可达2000MPa。高性能混凝土通过加入特种添加剂,提高了混凝土的强度和耐久性,适用于重要结构部位的加固,其抗压强度可达80MPa。这些新型加固材料在提高加固效果和延长结构使用寿命方面表现出色,成为水闸加固施工的首选材料。

### 3.3 水闸加固施工工艺

水闸加固施工工艺的选择和实施对加固效果有着重要影响。常见的加固施工工艺包括喷射混凝土工艺、粘贴纤维复合材料工艺、预应力加固工艺等。喷射混凝土工艺通过高压喷射将混凝土材料喷覆在结构表面,形成一层高强度保护层,适用于大面积表面修复和加固。该工艺的喷射速度可达每秒50米,确保混凝土与结构表面紧密结合。粘贴纤维复合材料工艺则通

过在结构表面粘贴碳纤维或玻璃纤维布,来提高其抗拉强度和耐久性,适用于局部结构补强。预应力加固工艺通过在结构内部或表面施加预应力,提高其承载能力和抗裂性能,适用于重要结构部位的加固。该工艺能够有效提高结构的抗拉和抗压性能,预应力钢筋的应力可以达到1500MPa。这些加固施工工艺在实际应用中应根据结构特点和加固需求进行选择和优化。

### 3.4 水闸加固质量控制与验收

加固施工质量的控制和验收是确保加固效果的重要环节。在加固施工过程中,应严格按照设计方案和施工规范进行操作,确保每一道工序的施工质量。施工前,应进行详细的技术交底和人员培训,确保施工人员掌握正确的施工方法和工艺要求。施工过程中,应进行定期的质量检查和监测,及时发现和处理施工中存在的问题。例如,某项目中,施工过程中每日进行质量检查,发现了5处不符合标准的喷射混凝土区域,并及时进行了修复。施工完成后,应进行全面的质量验收,检测加固效果和结构性能,确保加固后的水闸能够满足设计要求和用户需求。验收过程中,采用超声波检测和雷达检测技术,确保加固材料和结构的紧密结合,最终验收合格率达到98%。通过严格的质量控制和验收,确保水闸加固施工的质量和效果,为水闸的长期安全运行提供坚实保障。

## 四、水闸加固施工技术的实际应用

### 4.1 水闸混凝土结构加固案例分析

某大型水闸经过多年运行,出现了混凝土表面剥落、钢筋锈蚀、裂缝扩展等问题,严重影响了水闸的安全性和使用寿命。为了确保水闸的正常运行和防洪功能,当地水利部门决定对其进行全面加固。加固施工前,首先对水闸进行了详细的结构检测与评估,采用超声波检测、雷达检测等技术,发现混凝土强度下降明显,钢筋锈蚀严重,局部结构存在空洞和裂缝。根据检测结果,制定了详细的加固方案,采用喷射混凝土、碳纤维布粘贴和钢筋锚固等多种加固技术。在施工过程中,严格控制混凝土材料的配比和喷射工艺,确保喷射层的均匀性和密实度。碳纤维布粘贴在裂缝和薄弱部位,进一步提高了结构的抗拉强度和耐久性。经过数月的施工,加固工程顺利完成,水闸的整体结构性能得到了显著提升,达到了预期的加固效果。

### 4.2 水闸基础沉降加固案例分析

某水闸位于台风频发地区,长期受到强风浪和水流冲击,结构损伤严重。近年来,水闸出现了明显的倾斜和沉降,影响了正常的水流控制功能。为此,决定对该水闸进行全面加固和修复。施工前,通过红外热成像和雷达检测技术,对水闸内部结构进行了详细的评估,发现基础部分的混凝土已严重劣化,钢筋锈蚀和断裂现象普遍。针对这些问题,采用了预应力加固技术和高性能混凝土修复技术。在水闸基础部分,采用了钻孔注浆技术,注入高强度灌浆材料,填补内部空洞和裂缝,增强基础的稳定性和承载力。随后,在水闸表面喷覆了一层高性能混凝土,并在关键部位布设了预应力钢筋束,提高了结构的整体抗裂性能。施工过程中,严格按照施工规范进行质量控制,确保每一道工序的施工质量。经过加固处理,水闸结构得到了有效恢复和加强,抗风浪能力显著提高,确保了水闸的长期安全运行。

### 4.3 施工技术的优化建议

在水闸加固施工过程中,优化施工技术和提高施工质量是确保加固效果的关键。首先,应加强加固材料的选择和应用,根据不同的结构特点和加固需求,选用高性能、耐久性好的加固材料,如碳纤维复合材料、高性能混凝土等。其次,施工工艺的优化也是提高加固效果的重要措施。应采用先进的施工技术和设备,如3D打印混凝土技术、智能化施工监测系统等,

提高施工效率和精度。此外, 施工过程中的质量控制和验收环节也不可忽视。应加强施工现场的质量管理, 严格按照施工规范和设计要求进行操作, 确保每一道工序的施工质量。最后, 加固施工完成后, 应进行全面的质量验收和结构性能检测, 确保加固后的水闸能够满足设计要求和需求。通过优化施工技术和加强质量控制, 可以有效提高水闸加固施工的效果和结构的长期耐久性, 为水利工程的安全运行提供坚实保障。

### 五、结语

综上所述, 水闸加固施工技术在保障水利工程安全、延长水闸使用寿命方面发挥着至关重要的作用。通过对加固施工技术的深入研究与实践, 能够显著提高水闸的结构稳定性与耐久性, 确保其在复杂水文环境下的长期可靠运行。本文探讨了加固技术的必要性、现状、关键技术及实际应用, 为水闸加固提供了系统的理论支持和实践指导。通过持续的技术创新和工程实践, 水闸加固施工技术将更加完善, 为水利工程的可持续发展提供坚实保障, 确保水资源管理和防灾减灾体系的高效运转, 为社会经济的发展和生态环境的保护作出更大贡献。

### 【参考文献】

- [1]水闸加固施工技术应用分析[J]. 唐亚洲. 运输经理世界, 2021 (25)  
 [2]水利工程中水闸加固施工技术研究[J]. 刘明稀. 地下水, 2021 (02)

- [3]水利工程中水闸设计的要点及注意事项分析[J]. 许华勇. 陕西水利, 2021 (03)  
 [4]水利工程中水闸加固施工技术的应用分析[J]. 万吉祥. 工程技术研究, 2020 (19)  
 [5]水利电力工程中水闸施工技术与管理解析[J]. 杨波. 绿色环保建材, 2020 (08)  
 [6]水利工程中水闸加固施工技术探讨[J]. 刘东晓. 长江技术经济, 2019 (S1)  
 [7]关于水利工程中水闸加固施工技术的应用分析[J]. 黄平旦. 低碳世界, 2019 (08)  
 [8]水利工程中水闸加固施工技术的应用分析探讨[J]. 胡磊. 城市建设理论研究(电子版), 2019 (06)  
 [9]水利工程中水闸加固施工技术研究[J]. 钟顺香. 居舍, 2019 (02)  
 [10]水闸施工技术与管理的的重要性分析[J]. 陶慧萍. 河南水利与南水北调, 2020 (03)  
 [11]基于管井井点降水的水闸泵站基坑施工技术研究[J]. 王龙. 东北水利水电, 2023 (03)  
 [12]水利工程中水闸泵站的施工质量管理与技术运用[J]. 李晓作. 珠江水运, 2022 (24)  
 [13]水利工程中水闸加固施工技术的实际应用[J]. 林健超. 珠江水运, 2022 (21)

## 上接第 123 页

表 1 混凝土养护要点

养护目的	养护内容
确保混凝土内部多余水分蒸发	混凝土材料和水充分融合
避免裂缝	在混凝土表面覆盖保湿袋
避免混凝土表面水分过度流失	控制养护温度

### 4 碾压混凝土施工的质量控制

确保质量是碾压混凝土施工的重要环节。施工过程中的质量监测和检验可以有效保证质量。主要通过对混凝土的几项指标进行监测, 如坍落度测试评估流动性, 强度试验确保达到设计要求。此外, 密实性和平整度也需监控, 以保证施工一致性。施工中常见的质量问题包括混凝土的不均匀性、空洞和裂缝等。其中, 混凝土不均匀问题可以通过优化搅拌时间、速度和配比提高均匀度; 出现空洞时, 可通过改进工艺和增加振捣次数提高混凝土密实性; 裂缝问题则应注意温湿度控制和合理设置伸缩缝, 以减少收缩膨胀。此外, 还需要定期检查施工现场及设备, 及早发现和解决可能的问题。如检查搅拌机搅拌叶片和传动, 查看输送设备是否正常等。同时, 与供应商和技术人员进行沟通也很重要, 可及时获取专业指导解决施工问题。通过对过程和产品的多项质量监测, 以及对潜在问题的分析提前预防, 有效保障了碾压混凝土施工的质量。

### 5 碾压混凝土施工技术优化措施

为进一步优化其应用效果, 需要从多个方面进行整改。首先, 在选材方面, 应选择正规厂商供应水泥, 并精心选择混合材料如石灰石和煤粉等, 以提高混凝土强度, 是保证质量的重中之重。其次, 在混合材料配比方面, 可以通过试验室试验确定在实际施工中各种混合材料的使用比例, 使配比更精确科学。这有利于符合工程需求。此外, 运输过程也需严格把控。由于搅拌区与施工区通常有距离, 需要控制好每次运输混凝土数量和时间, 免得影响混凝土性能。另一方面, 还应加强对施工现场管理。如实时监测现场温湿度, 精准控制应变缝布置,

这些措施均可有效减少混凝土收缩和裂缝的出现。总体来说, 应针对材料选购、配比比例、运输环节以及现场管理各个细节, 进行精细化管理。科学利用碾压技术的优势, 与其他技术手段相 Organic 高, 才能最大限度地提高大坝工程质量, 并拓展其应用范围。只有实事求是, 不断完善优化, 碾压混凝土施工技术才能发挥更好的作用。

### 6 结束语:

总之, 碾压混凝土施工技术在水利工程大坝项目中的应用前景广阔。未来, 需要从以下几个方面进行深入研究: 一是深入分析不同工程条件下碾压混凝土的力学性能, 研究其变形机理; 二是探讨混凝土材料配比对力学性能的影响, 找出最佳配比; 三是优化施工方法技术流程, 提高工作效率; 四是对施工管理模式进行革新, 建立标准化制度; 五是开发新型机械设备以提高自动化水平。只有通过理论研究和实践验证相结合, 不断总结经验教训, 不断完善施工技术细节, 才能让碾压混凝土在各类水利工程大坝建设中得到深入应用, 真正发挥其应有的优势作用。这将成为未来水利工程施工技术研究的一个重要方向。该技术在水利事业中持续发展将促进整体施工水平的提升。

### 【参考文献】

- [1]张生武. 水利工程大坝施工中碾压混凝土施工技术[J]. 水上安全, 2024, (04): 169-171.  
 [2]王明霞, 邓树密. 碾压混凝土重力坝混凝土缺陷修复施工技术探讨[J]. 四川水利, 2023, 44 (S1): 12-16.  
 [3]常斌, 姚文旭. 水库大坝工程中混凝土碾压施工的质量管理措施[J]. 建材发展导向, 2023, 21 (08): 83-85.  
 [4]马锦华. 水利水电工程筑坝施工技术要点与应用策略分析[J]. 工程技术研究, 2023, 8 (07): 75-77.  
 [5]杨红艳. 水利工程大坝施工过程中碾压混凝土施工的技术分析[J]. 科学技术创新, 2019, (34): 120-121.  
 [6]雷继超. 水利工程中碾压混凝土施工技术的探讨[J]. 现代物业(中旬刊), 2018, (09): 226.