

# 大坝加固与除险技术的创新与实践

黄伦跃

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

**摘要：**大坝，作为水利枢纽的核心，承载着防洪、灌溉、发电等多重功能。然而，随着运行年限的增长，大坝不可避免地面临各种老化和病险问题。为了确保大坝的持久安全，加固与除险技术的持续创新与实践变得至关重要。本文从技术创新与实践的角度，深入剖析大坝加固与除险的前沿技术、应用效果及实施策略，旨在为大坝的安全管理提供全面、专业的参考。

**关键词：**大坝加固；除险技术；创新实践；安全管理

## 引言

大坝的安全，直接关系到下游居民的生命财产安全，也影响到整个水利系统的稳定运行。随着时间的推移，大坝受到环境侵蚀、材料老化、设计缺陷等多重因素的挑战，病险情况日益凸显。因此，大坝加固与除险不仅是技术问题，更是社会发展的重要保障。近年来，随着新材料、新技术的不断涌现，大坝加固与除险领域迎来了前所未有的创新机遇。

## 1 大坝加固技术的创新与实践

### 1.1 新材料的应用与突破

新材料的应用在大坝加固领域带来了前所未有的技术革新。这些新材料不仅显著提高了大坝的结构性能，还为解决传统材料所面临的种种问题提供了新的途径。高性能混凝土（HPC）是近年来广泛应用于大坝加固的一种新材料。与传统的混凝土相比，HPC具有更高的耐久性、抗渗性和抗裂性。这得益于其独特的配合比设计和优质的原材料选择。HPC中掺入了高效减水剂、矿物掺合料等，使得混凝土的工作性能、力学性能和耐久性都得到了显著提升。在大坝加固中，HPC能够有效修复和增强坝体的结构强度，抵抗水流冲刷和侵蚀，从而确保大坝的长期安全运行。纤维增强复合材料（FRP）是另一种在大坝加固中备受瞩目的新材料。FRP由高强度纤维和树脂基体组成，具有轻质、高强、耐腐蚀等突出特点。在大坝加固中，FRP常被用于坝体表面的加固和修复。通过将FRP片材或布材粘贴在坝体表面，可以有效提高坝体的抗拉强度和抗裂性能，防止裂缝的扩展和坝体的进一步损坏。同时，FRP的耐腐蚀性也使得其能够在恶劣的水环境下长期保持稳定的性能。这些新材料的应用不仅为大坝加固提供了更多的选择，也为解决传统材料所面临的问题带来了新的思路。例如，传统的混凝土坝体容易受到温度应力和化学侵蚀的影响而产生裂缝和损

坏，而HPC和FRP的应用则可以有效解决这些问题<sup>[1]</sup>。此外，新材料的使用还可以降低大坝加固的成本和施工难度，提高加固效率和质量，为大坝的长期安全运行提供有力保障。

### 1.2 加固方法的精细化与多元化

大坝作为重要的水利工程设施，其安全性和稳定性至关重要。然而，随着时间的推移和外界环境的影响，大坝不可避免地会出现各种病害和损伤，需要进行及时的加固处理。传统的加固方法多局限于表面修补和局部加强，难以满足现代大坝加固的需求。随着技术的不断进步，加固方法日趋精细化和多元化，为大坝加固带来了革命性的变革。预应力锚固技术是一种先进的加固方法，通过在大坝内部或表面设置预应力筋，并对其进行张拉，从而有效提升大坝的整体稳定性。这种技术能够充分利用预应力筋的高强度特性，改善大坝的应力分布，减少裂缝的产生和发展，提高坝体的承载能力和抗震性能。在实际应用中，需要根据大坝的具体情况和加固需求，合理确定预应力筋的布置位置、数量和张拉力，以确保加固效果的最大化。深层搅拌桩加固技术是另一种有效的加固方法，主要应用于大坝地基的加固处理。该技术利用深层搅拌机械设备，在地基深处将水泥、石灰等固化剂与土壤进行充分混合，形成具有较高强度的桩体，从而增强大坝地基的承载能力。这种加固方法不仅能够有效提高地基的稳定性，还能防止地基的进一步沉降和变形，确保大坝的长期安全运行。高分子材料注浆技术则是处理大坝裂缝的一种利器。该技术利用高分子材料的出色渗透性和粘结性，将浆液注入到裂缝中，使其充分填充并固化，从而恢复坝体的完整性和强度。与传统的注浆材料相比，高分子材料具有更好的耐久性和抗渗性能，能够有效延长大坝的使用寿命。在实际应用中，需要根据裂缝的宽度、深度和走向等因

素,选择合适的注浆材料和注浆工艺,以确保注浆效果的可靠性。

### 1.3 智能化监控技术的深度融合

随着信息技术的迅猛发展,智能化监控技术已经渗透到各个行业领域,而在大坝加固领域的应用,更是带来了革命性的变革。智能化监控技术的深度融合,不仅提高了大坝加固的精准性,更为大坝的长期安全管理提供了前所未有的支持。智能化监控技术的核心在于通过在大坝关键部位布置高精度传感器,实时监测大坝的变形、应力、温度等关键参数。这些传感器如同大坝的“神经末梢”,能够捕捉到坝体最细微的变化。例如,变形传感器可以实时监测大坝的沉降和位移情况,应力传感器则可以感知坝体内部的应力分布和变化情况。这些数据通过物联网技术实时传输到监控中心,为大坝的安全管理提供了第一手资料。借助大数据分析技术,我们可以对收集到的海量数据进行深度挖掘和处理。通过建立数学模型和算法,实现对大坝健康状态的实时评估和预警。这种智能化评估不仅能够及时发现坝体存在的安全隐患,还能够预测其发展趋势,为决策者提供科学依据。智能化监控技术的深度融合还体现在与加固技术的紧密结合上<sup>[2]</sup>。在加固过程中,我们可以利用智能化监控技术对加固效果进行实时监测和评估。通过对比加固前后的数据变化,判断加固措施是否有效,从而及时调整加固方案,确保加固效果的最大化。此外,智能化监控技术还可以为大坝的长期安全管理提供有力支持。通过建立完善的安全监控体系,实现对大坝安全的全面、持续、实时监控。这种监控方式不仅能够提高大坝的安全管理水平,还能够降低管理成本,提高管理效率。

## 2 大坝除险技术的创新与实践

### 2.1 隐患探测技术的精准化与智能化

随着科技的飞速进步,探测技术正朝着精准化与智能化的方向不断发展,为大坝安全隐患的及时发现和处理提供了有力支撑。地质雷达和超声波探测技术是当前大坝隐患探测中常用的无损检测方法。地质雷达通过向坝体内部发射高频电磁波,利用电磁波在介质中的传播和反射特性,能够精准地探测出大坝内部的裂缝、空洞、不密实区域等隐患。而超声波探测技术则利用超声波在材料中的传播特性,通过测量超声波的传播时间、波幅衰减等参数,来判断坝体内部是否存在缺陷。这些无损探测技术的应用,不仅提高了隐患探测的精度和效率,还避免了对大坝造成二次损伤。除了上述无损探测技术外,水下机器人技术的引入为水下部分的隐患探测带来了革命性的突破。水下机器人能够携带高清摄

像头、声呐等探测设备,深入大坝水下部分进行全方位、高精度的探测。通过实时传输的探测数据,专业人员可以清晰地观察到水下坝体的状态,及时发现并处理潜在的安全隐患。这种智能化、远程操控的探测方式,不仅提高了探测的安全性和可靠性,还大大降低了人工探测的难度和成本。这些先进技术的结合应用,为大坝除险提供了全面、精准的数据支持。通过实时分析和处理探测数据,专业人员能够准确判断大坝的安全状况,及时制定并采取有效的除险措施。这不仅保障了大坝的安全运行,还为下游居民的生命财产安全提供了坚实保障。

### 2.2 除险方法的创新与优化

随着科技的进步和实践经验的积累,大坝除险方法也在不断创新和优化,以应对各种不同类型的隐患。高压水射流切割技术是一种新兴的除险方法,以其高效、环保的特点备受瞩目。该技术利用高压水泵产生的高速水流,通过特制的喷嘴形成细小的水射流,对大坝表面的裂缝和松散物质进行精确切割和清除。这种方法的优点在于其切割精度高,对周围坝体损伤小,同时避免了传统机械清除方法可能产生的粉尘和噪音污染。在实际应用中,高压水射流切割技术已成为清除大坝表面病害的首选方法<sup>[3]</sup>。化学灌浆技术则是针对大坝内部渗漏问题的一种有效解决方案。该技术通过向大坝内部注入特制的化学浆液,利用浆液的流动性和粘结性,有效封堵渗漏通道,提高坝体的抗渗性能。化学灌浆技术的关键在于选择合适的浆液材料和注浆工艺,以确保浆液能够充分渗透到渗漏部位,并形成稳定的封堵层。随着材料科学的不断发展,新型的高性能化学灌浆材料不断涌现,为化学灌浆技术的进一步优化提供了有力支持。震动爆破技术则是针对大坝深部岩石缺陷的一种安全、高效的破碎处理方法。该技术利用特制的震动爆破设备,产生高频振动能量,使岩石在瞬间产生微裂缝并破碎。与传统的爆破方法相比,震动爆破技术具有破碎效率高、对周围环境影响小等优点。在实际应用中,震动爆破技术已被广泛应用于大坝基础处理、岩石开挖等工程领域。

### 2.3 风险评估与预防体系的科学化与系统化

大坝的安全运行关系到下游人民生命财产的安全和区域经济的稳定发展。因此,构建科学化、系统化的风险评估与预防体系至关重要。这一体系不仅能够实现对大坝安全状况的实时监测和预警,还能够为管理者提供决策支持,确保大坝在复杂多变的环境中始终保持稳定。风险评估作为预防大坝险情的第一道防线,其重要性不言而喻。通过建立完善的风险评估模型,我们能够综合考虑大坝所处的地理环境、工程特性、运行历史等

多重因素,对大坝的安全状况进行全面、深入的评估。这种评估不仅包括坝体本身的结构安全性,还涉及到与坝体相关联的库岸山体、水文条件等方面的影响。在风险评估的基础上,我们还需要结合气象、水文等多元信息,构建大坝安全风险预警系统。这一系统能够实时监测和收集各种相关数据,如降雨量、库水位、坝体变形等,并通过先进的算法和模型对数据进行分析和处理,及时预测和发现可能存在的安全风险。一旦系统检测到异常情况,就会立即触发预警机制,通知管理者采取相应措施,从而避免或减少险情发生。此外,风险评估与预防体系的科学化和系统化还体现在其持续性和动态性上<sup>[4]</sup>。大坝在运行过程中会受到各种内外部因素的影响,其安全状况也会随着时间的推移而发生变化。因此,我们需要定期对大坝进行安全检查和评估,及时更新和完善风险评估模型和安全预警系统,确保其始终与大坝的实际状况相匹配。

### 3 加固与除险技术的实施要点

#### 3.1 科学制定加固与除险方案

在制定加固与除险方案时,必须充分考虑大坝的具体病险情况。这包括坝体的裂缝、渗漏、变形等病害,以及可能存在的滑坡、溃坝等风险。针对这些病险情况,应结合工程实际和技术经济条件,进行综合分析,科学制定加固与除险方案。方案应明确加固与除险的目标,即要达到什么样的安全标准,解决哪些具体的病险问题。同时,方案还应详细列出所采用的方法、步骤和时间节点等关键要素。例如,对于坝体裂缝的加固,可以选择采用预应力锚固技术或高分子材料注浆技术;对于坝基渗漏的处理,可以考虑采用深层搅拌桩加固技术或化学灌浆技术。这些方法和技术的选择应根据实际情况进行,确保方案的科学性和可行性。

#### 3.2 严格施工质量控制

加固与除险方案的实施离不开高质量的施工。在施工过程中,应严格按照设计方案和施工规范进行施工质量控制。这包括对施工材料的质量控制、对施工过程的监督检查以及对施工成果的验收等方面。首先,施工材料的质量控制是确保施工质量的基础。应选择符合国家标准和行业规范的材料,并进行严格的进场检验,确保材料的质量符合要求。其次,施工过程的监督检查是确

保施工质量的关键。应加强现场监管力度,对施工过程中的关键环节进行实时监控和记录,确保施工符合设计方案和规范要求<sup>[5]</sup>。最后,施工成果的验收是确保施工质量最后一道关卡。应按照设计方案和规范要求进行全面的验收检查,确保加固与除险工程达到预期的效果和安全标准。

#### 3.3 持续开展后期维护与监测

加固与除险工程完成后,并不意味着大坝的安全问题就得到了彻底解决。随着时间的推移和外界环境的变化,大坝仍然有可能出现新的病险情况。因此,应定期开展后期维护与监测工作,确保大坝长期处于安全稳定状态。后期维护工作主要包括对大坝的定期巡查、保养和维修等方面。通过定期巡查可以及时发现并处理大坝表面和内部的病害;通过保养可以保持大坝的良好状态并延长其使用寿命;通过维修可以修复大坝受损部分并恢复其正常功能。同时,还应加强实时监测系统的建设和管理,实时监测大坝的变形、应力、温度等关键参数的变化情况,及时发现并预警潜在的安全风险。

#### 结语

大坝加固与除险技术的创新与实践是确保大坝安全的重要保障。随着新材料、新技术的不断涌现和应用范围的扩大,我们有理由相信,大坝加固与除险技术将迎来更加广阔的发展空间。未来,我们应继续关注技术创新和实践经验积累,不断提升大坝安全管理水平,为水利事业的持续发展提供坚实保障。同时,也应加强国际合作与交流,共同推动大坝加固与除险技术的全球发展进程。

#### 参考文献

- [1]卢彦东.水库除险加固工程施工技术研究[J].科技创新与应用,2020,(23):154-155.
- [2]吴晓燕.中小型水库土石坝除险加固技术应用[J].中国高新科技,2020,(02):69-70.
- [3]许宇翔,许陈杨.水利工程水闸除险加固设计研究[J].水上安全,2023,(16):163-165.
- [4]闫苗祥.龙颈下水库大坝除险加固工程设计分析[J].陕西水利,2023,(09):161-163.
- [5]黎志勇.海河堤除险加固工程措施分析[J].科技资讯,2023,21(12):172-175.