

# 水利水电工程中的大坝加固设计技术分析

熊雅琴

中国葛洲坝集团第二工程有限公司 四川 成都 610031

**摘要:** 在水利水电工程中,大坝起着至关重要的作用。本文对水利水电工程中的大坝加固设计技术进行了深入分析。首先阐述了水利大坝工程地基处理的特点,接着详细介绍了水利水电工程大坝加固设计技术,包括坝体、闸门以及混凝土加固,截渗、反滤、排水加固,泄洪洞、溢洪道除险加固和坝坡稳定加固技术。同时,探讨了大坝加固设计技术的发展趋势,涵盖新材料的应用、智能化监测与评估、绿色环保技术的推广以及生态环保与可持续发展等方面,为提高水利水电工程大坝的安全性和稳定性提供了技术参考。

**关键词:** 水利水电; 工程大坝; 加固设计; 技术分析

**引言:** 水利水电工程中的大坝作为重要的基础设施,对水资源的合理调配和能源的稳定供应起着关键作用。然而,随着时间的推移和外部环境的变化,大坝可能会出现各种安全隐患,因此对大坝进行加固设计至关重要。水利大坝工程地基处理具有一定的特殊性,了解这些特点有助于更好地进行大坝加固设计。将围绕水利水电工程大坝加固设计技术及其发展趋势展开讨论,以促进水利水电事业的可持续发展。

## 1 水利大坝工程地基处理特点

### 1.1 易受多种因素影响

水利堤坝工程由于施工条件特殊,存在着相当的复杂性。在现场实施中,会收到很多不稳定因素的困扰,无法对参数做出合理的调节。所以,有必要严格审核项目内容,科学合理的设计了基础工程,以增加工程的总体安全系数。若无法确定基础施工管理方案的合法性,会加大工程整体运营的风险,在运营过程中极易出现安全事故,也不能够有效地防范自然灾害。

### 1.2 需要做好前期调查工作

由于水利工程设施大坝施工后在投入使用过程中会遇到环境因素的冲击,基础设施的工程质量往往无法得以提高,上部结构的各种指标也会受到一定的冲击,为了合理防止这一状况,必须提高基础工程的教学质量。在实际建设阶段,应进行工程建设区的地质勘查工作,了解地貌条件和水文地质要求,并做好有关测试,确认没有问题后才能开展后续工程建设作业。

### 1.3 质量评估难点

工程基础建设属于水利工程中的隐蔽工程,在施工建成后就很难对其实施工程质量检验。只有经过工程的调试,才能了解质量是否符合要求。不过,一旦工程进行后出现产品质量问题,就无法进行有效的修复。这就

要求有效控制施工过程中各环节的施工质量,确保各环节科学合理,防止基础工程质量问题<sup>[1]</sup>。

## 2 水利水电工程大坝加固设计技术

### 2.1 坝顶、坝坡加固设计

坝顶和坝坡是大坝结构中十分关键的两个部分,坝顶的高度和强度决定了水库能够安全容纳的水量,对于防洪、抗旱、预防溢坝等功能至关重要,坝坡则需要确保在强大的水压力、地震等自然力作用下保持稳定,控制水渗透,保护大坝结构。坝顶需要承担部分排水任务,在设计坝顶路面时,应向下游方向倾斜2%,有助于增加坝顶排水功能,以减少潜在的渗透与侵蚀问题。在设计坝顶时,还应根据当地情况设置抗冻材料或加热电缆等防冻措施,预防冻融循环破坏坝顶强度。坝坡的坡度设计是否稳定,需要充分分析坝型、坝高、坝基等具体数据,根据实际情况进行优化,同时减少占地面积与工程量。对于易受水流冲刷、风化侵蚀的护坡,可采用护坡石、草坪植被等方式进行保护,稳定其结构,提升抗损耗能力。坡面的整体稳定性则需要采用锚杆、地锚、格网等加固构件来完成,防止滑坡塌陷。坝坡加固应关注上下游情况,通过建造防浪墙、调整坡度、培土、设置反压平台等方式提升整体的抗滑稳定性。

### 2.2 坝体、闸门以及混凝土加固

坝体是大坝的主要承载结构,其稳定性关系到大坝的整体安全性,裂缝与渗漏是坝体常见的问题,在建造土石坝时,填筑材料多工程所在地的石料、土料等,经碾压后筑成水坝,在施工过程中可能出现材料、技术不到位的情况,因此应根据材料特点和地质水文条件来采用强夯法、换填法、分层填筑法等技术处理,部分大坝经长期使用后已经出现了渗漏情况,应尽快开展密实加固工作,通过深层搅拌防渗墙来确保坝基稳定性,采用

帷幕灌浆形成连续帷幕,强化防渗效果。大坝闸门作为控制水流量水流向的关键设施,关系到大坝的安全稳定运行,因此应定期严格检查闸门基础设施,一旦发现龟裂、变形、松动等情况,应及时处理或更换,以确保闸门稳定性。闸门较易受腐蚀,强化防腐处理、提升保养频率有利于延长闸门稳定性和使用寿命。裂纹缝隙是全球范围内大坝难以完全避免的通病,因此混凝土加固工作尤为重要,随着使用年数增加,大坝在风化、冰冻、溶蚀影响下可发生老化,大坝表层出现破损,为此需要进行一系列的表面加固、结构加固,表面处理包括补抹环氧砂浆、高强砂浆、添加防水涂料等,结构加固则包括混凝土矩形涵洞除险加固等,均能够提升大坝整体稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 截渗、反滤、排水加固

水流控制是大坝功能的核心关键,为实现高精度、高效率的水流控制,应高度重视大坝的截渗、反滤、排水加固设计。截渗指减少或避免水流渗漏坝体、地基,延缓坝体地基的侵蚀速度,延长大坝使用寿命,其加固设计措施包括构建截渗墙、灌江加固等,水泥土或混凝土截渗墙能够形成防水屏障,阻止水的持续渗透。灌江加固指通过打孔并向坝体内部注入浆液,填补孔隙裂孔,减少内部空隙,从而提升防渗性能。反滤加固是指在坝体、坝基中设置反滤层,以防止土体渗透滑坡,配合坝体坝基渗透系数的下降,反滤层能够整体提升水坝安全性能。反滤层的设计要实现上流防渗体有效截流,下游排水层能够顺畅排水,从而减少渗水量,降低渗压,在设置反滤层时,应充分确保颗粒分级恰当,排列有序,在地下水流顺畅的基础上防止细颗粒流失,从而保持稳定的承载力。排水加固设计则要根据当地具体情况设置排水管道和沟槽,引导渗透水安全排除,防止在水坝内部形成集中渗流通道,造成细小土粒流失而冲刷形成空洞。

### 2.4 泄洪洞、溢洪道除险加固

泄洪洞用于在洪水期间安全、有效地排放多余水量,保护大坝的稳定性,因此泄洪洞应具有足够的强度承受水流冲刷与侵蚀,不仅要在选材、加固设计上下功夫,还要关注泄洪洞的断面形状与表面光滑度,从而优化水流特性,提高泄洪效率,泄洪洞可采用高强度钢材、高硬度合金、特殊抗腐蚀涂层材料等进行建造,其断面形状除了常规圆形,还有马蹄形等。溢洪道用于宣泄超过正常蓄水水位的来水,以保障大坝安全,溢洪道一般不经常工作,但依旧作为水库枢纽中的关键设施,在一些水利水电工程项目中,受工程造价的限制,设计

溢洪道的洪水标准偏低,导致总体溢洪道尺寸偏小,从而限制了关键时期的泄洪能力,不利于大坝整体安全,在规划布局时应尽量利用地形地貌,在保证安全有效的基础上降低建造成本,并对周围岩体进行的充分加固处理,防止滑坡、塌陷等地质灾害发生。

### 2.5 坝坡稳定加固技术

坝坡稳定加固技术在水利水电工程中至关重要,培厚放缓坝坡是一种常用方法。通过增加坝坡的厚度以及放缓坡度,可以有效降低坝体的下滑力,提高坝坡的稳定性。在实施过程中,需要对坝体进行详细的勘察和分析,确定合理的培厚和放缓参数,确保加固效果。加筋土法也是一种有效的坝坡稳定加固技术。在坝坡中铺设土工合成材料,如土工格栅等,可以增强土体的抗拉强度,限制土体的变形,从而提高坝坡的稳定性。这种方法施工相对简便,且能适应一定的变形,对于一些地质条件较为复杂的坝体具有较好的适用性。抛石压脚法主要是在坝坡的坡脚处抛填石块,增加坡脚的重量和抗滑力。抛石的大小和数量需要根据坝坡的具体情况进行计算确定。该方法能快速有效地提高坝坡的稳定性,尤其适用于坝坡出现滑动迹象的紧急情况<sup>[3]</sup>。

## 3 大坝加固设计技术的发展趋势

### 3.1 新材料的应用

随着科技的不断进步,新材料在大坝加固设计中的应用越来越广泛,为大坝的安全稳定运行提供了有力保障。高性能纤维复合材料是近年来备受关注的一种新材料。它具有强度高、重量轻、耐腐蚀等优点,可以有效地提高大坝的抗震性能和抗裂性能。例如,碳纤维复合材料可以用于加固大坝的裂缝和薄弱部位,提高大坝的整体强度和稳定性。新型混凝土材料也在大坝加固中发挥着重要作用。自密实混凝土可以在无需振捣的情况下自动填充模板,提高施工效率和质量,高性能混凝土具有更高的强度和耐久性,可以延长大坝的使用寿命。此外,还有一些新型的防渗材料,如土工膜、膨润土防水毯等,可以有效地防止大坝的渗漏。纳米材料的应用也为大坝加固带来了新的思路。纳米材料具有特殊的物理和化学性质,可以改善混凝土的性能,提高大坝的抗渗性、抗冻性和抗侵蚀性。

### 3.2 智能化监测与评估

在大坝加固设计技术的发展中,智能化监测与评估正逐渐成为关键趋势之一。智能化监测系统利用先进的传感器技术,能够实时、准确地采集大坝的各种数据,包括位移、应力、渗流等。这些传感器可以长期稳定地工作,将数据源源不断地传输到中央控制系统。通过对

这些数据的实时分析,可以及时发现大坝可能存在的安全隐患,如裂缝的产生、位移的异常变化等。同时,智能化评估软件结合大数据分析和人工智能算法,能够对大坝的运行状态进行全面、深入的评估。它可以根据历史数据和当前监测数据,预测大坝未来的发展趋势,为加固设计提供科学依据。例如,通过对渗流数据的分析,可以判断大坝防渗系统的有效性,确定是否需要进一步加固处理。智能化监测与评估还可以实现远程监控和管理。工程师和管理人员可以通过互联网随时随地查看大坝的运行情况,及时做出决策。在紧急情况下,系统可以自动发出警报,提高应急响应速度<sup>[4]</sup>。

### 3.3 绿色环保技术的推广

在当今注重生态环境保护的时代背景下,绿色环保技术在大坝加固设计中的推广成为必然趋势。第一,生态友好型材料的应用是绿色环保技术的重要体现。例如,可采用环保型的防渗材料,不仅能有效防止大坝渗漏,还能减少对周边生态环境的影响。一些天然材料或可降解材料在合适的情况下也可以作为加固材料的选择,降低对环境的长期潜在危害。第二,在施工过程中,注重绿色施工方法。采用低噪音、低污染的施工设备和工艺,减少施工对周边居民和生态环境的干扰。合理规划施工流程,降低能源消耗和废弃物产生,如对施工产生的废渣进行合理回收利用,减少对土地的占用和环境的破坏。第三,绿色环保技术还体现在对大坝周边生态环境的修复和保护上。在大坝加固设计中,可以考虑增加生态护坡、鱼道等设施,促进水生生物的生存和繁衍,恢复河流的生态功能,通过合理的植被种植和水土保持措施,防止水土流失,维护周边生态系统的稳定。第四,推广绿色环保技术不仅符合可持续发展的要求,也能提升大坝工程的社会效益和生态效益。在未来的大坝加固设计中,应将绿色环保理念贯穿始终,积极探索和应用更多创新的绿色环保技术,为保护生态环境、实现人与自然的和谐共生贡献力量。

### 3.4 生态环保与可持续发展

在大坝加固设计中,生态环保与可持续发展理念至关重要。一方面,绿色材料和施工工艺的应用是关键。选择环保型灌浆材料,可避免传统化学材料对土壤和

地下水造成污染,保护生态环境的同时确保工程质量。采用低噪音、低振动的施工设备,能减少施工对周边动植物的干扰,维持生态平衡。施工过程中加强对废弃物的管理和回收利用,降低资源消耗,实现循环经济。例如,对废弃的建筑材料进行分类处理,可回收的进行再加工利用,不可回收的进行妥善处置,减少对环境的负担。另一方面,要注重与生态环境的协调发展。在防渗加固设计中,采用生态防渗技术,如铺设生态防渗膜,既能有效防渗,又能为水生生物提供栖息和繁殖场所,促进生物多样性。大坝护坡加固可采用生态护坡技术,如种植植被,不仅能防止坡面水土流失,还能美化环境,与周边自然景观融为一体。同时,在设计过程中充分考虑大坝对河流生态系统的影响,合理规划水流,确保鱼类等水生生物的洄游通道畅通,维持生态系统的完整性。

### 结束语

综上所述,水利水电工程中的大坝加固设计技术至关重要。通过对坝体、闸门、混凝土的加固,以及截渗、反滤、排水和泄洪洞、溢洪道的除险加固等多方面技术的运用,能有效提升大坝的安全性与稳定性。同时,随着新材料、智能化监测、绿色环保技术的发展以及对生态环保与可持续发展的重视,大坝加固设计技术将不断创新与完善。这将为水利水电工程的长期稳定运行提供有力保障,更好地服务于社会经济发展和生态环境保护。

### 参考文献

- [1]蔡波.水利水电工程中的大坝加固工程防渗墙设计与施工技术探讨[J].地产,2021(22):81-83.
- [2]蔡健.基于水库大坝加固工程防渗墙设计与施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(1):154-157.
- [3]杨晖.水利水电工程中的大坝加固设计技术探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(2):127-128.
- [4]辛鹏.水利水电工程中的大坝工程填筑施工技术探析[J].科学技术创新,2020(16):125-126.