

# 水利水电工程除险加固技术研究

陈永坤

浙江省围海建设集团股份有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要：**本文深入探讨了水利水电工程除险加固的关键技术，重点分析了灌浆技术、锚固技术及护坡加固技术等提升工程安全性和稳定性方面的应用。灌浆技术通过压力注浆填充裂缝与空洞，增强结构强度；锚固技术则利用锚固体与岩土体相互作用，提升边坡及坝体稳定性；护坡加固技术则通过植被或工程材料构建防护层，有效抵御水流冲刷。这些技术为水利水电工程的安全运行提供了坚实保障，具有重要的工程实践意义。

**关键词：**水利水电工程；除险加固；技术

引言：现阶段，水利水电工程的施工技术取得了很大程度的发展，各项高科技的施工技术不断涌现，为水利水电工程的施工带来了极大的便利，但是水利水电工程在施工中仍旧面临很多问题，尤其是在施工的过程中经常会发生一些突发状况，使得水利水电工程无法按时完工，甚至无法继续建设，因此，水利水电工程施工中的除险加固技术十分重要。

## 1 水利水电工程除险加固的重要性

水利水电工程作为国民经济的基础设施，其安全稳定运行直接关系到广大人民群众的生命财产安全和社会经济的持续发展。然而，由于自然环境的侵蚀、材料的老化、设计施工的不足等多种因素，水利水电工程在运行过程中往往会面临各种潜在的安全隐患，如渗漏、裂缝、滑坡等。这些隐患若不及时处理，不仅会影响工程的正常运行，甚至可能引发严重的安全事故，给人民生命财产带来巨大损失。因此，水利水电工程除险加固工作显得尤为重要。它不仅能够及时发现并消除工程中的安全隐患，防止事故的发生，还能提高工程的整体稳定性和安全性，延长工程的使用寿命。通过采用先进的除险加固技术和科学的施工方法，可以有效地修复工程中的损伤部位，增强工程的抗灾能力，确保工程在恶劣环境下依然能够稳定运行<sup>[1]</sup>。通过加固水库、堤防等工程设施，可以减少水资源的浪费和流失，提高水资源的存储和调配能力，为农业灌溉、工业生产和居民生活提供更加稳定可靠的水资源保障。

## 2 水利水电工程险情主要特点

### 2.1 突发性

水利水电工程险情的突发性主要体现在灾害性气候、地质灾害（如地震、滑坡、泥石流）等自然因素导致的工程安全威胁上。这些自然灾害往往具有难以预测和突然爆发的特点，使得水利水电工程在短时间内面临

巨大的安全压力。例如，在强降雨或连续降雨期间，水库水位迅速上涨，若超出设计标准或库岸出现滑坡、坍塌等险情，将直接威胁到水库大坝的安全。此时，若未能及时采取有效的除险加固措施，一旦发生溃坝，将引发下游地区的严重洪涝灾害，造成巨大的人员伤亡和财产损失。同样，地震等地质灾害也具有突发性强、破坏力大的特点。地震波的传播速度快，能够在短时间内对水利水电工程的结构造成破坏，导致裂缝、变形、垮塌等险情的发生。这些险情一旦发生，将严重影响工程的正常运行，甚至引发次生灾害，进一步加剧灾害的严重程度。因此，针对水利水电工程险情的突发性特点，必须建立健全的监测预警系统，加强日常巡查和维护保养工作，及时发现并消除潜在的安全隐患。同时，还需要制定科学的应急预案和抢险救灾方案，确保在险情发生时能够迅速、有效地进行处置，最大限度地减少灾害损失。

### 2.2 不确定性

水利水电工程险情的不确定性主要体现在灾害发生的时间、地点、规模以及影响范围等多个方面。（1）灾害发生的时间具有不确定性。尽管现代科技手段已经能够在一定程度上预测某些自然灾害的发生，如通过气象预报预测降雨情况，但具体到某一水利水电工程何时会遭受灾害侵袭，仍然难以准确判断。这种时间上的不确定性使得工程管理者难以提前做出全面而有效的防范措施。（2）灾害发生的地点也具有不确定性。水利水电工程往往跨越广阔的地域，涉及多个地质单元和水文环境。不同区域的地质条件、水文特征以及人类活动强度等因素的差异，导致灾害可能发生在工程的任何部位。这种空间上的不确定性增加了工程除险加固的难度和复杂性。（3）灾害的规模和影响范围同样具有不确定性。同一种灾害在不同条件下可能表现出截然不同的规模和影响范围。例如，同样强度的降雨在不同地质和水文条

件下可能引发不同程度的滑坡或泥石流灾害。这种规模和影响范围的不确定性要求工程管理者在制定除险加固方案时必须充分考虑各种可能情况,并采取相应的应对措施。

### 2.3 破坏性

水利水电工程险情的破坏性体现在对工程自身结构的直接损害上,更可能引发连锁反应,对周边环境、生态系统乃至社会经济造成深远影响。一是当水利水电工程遭遇险情时,如洪水、地震等自然灾害,其强大的冲击力往往导致工程设施受损严重,如大坝裂缝、堤防决口、水电站设备损坏等。这些直接破坏不仅削弱了工程的正常运行能力,还可能引发更严重的次生灾害。二是水利水电工程险情的破坏性还体现在对周边环境的冲击上。例如,洪水泛滥会淹没农田、冲毁房屋、破坏交通设施,给当地居民的生产生活带来巨大困难。同时,洪水还可能携带大量泥沙和污染物,对水质造成污染,破坏水生生态系统平衡。三是水利水电工程险情的破坏性还可能对社会经济造成深远影响<sup>[2]</sup>。作为国民经济的重要基础设施,水利水电工程在防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着重要作用。一旦工程受损严重,将直接影响到这些功能的发挥,进而影响到相关行业的正常运营和社会经济的稳定发展。因此,必须高度重视水利水电工程险情的破坏性特点,加强工程的安全管理和维护保养工作,提高工程的抗灾能力和应急响应能力,以最大限度地减少灾害损失。

## 3 水利水电工程除险加固关键技术

### 3.1 防渗墙技术

防渗墙技术通过构建一道或多道连续的防渗屏障,有效阻断地下水或外部水源对工程的渗透,从而保护工程主体结构的安全与稳定。

#### 3.1.1 设计阶段

防渗墙的设计需充分考虑工程所在地的地质条件、水文状况以及工程的具体需求。首先,通过详细的地质勘察,了解地层的岩性、渗透性、节理裂隙发育情况等,为防渗墙的设计提供准确依据。其次,结合工程的功能定位、安全标准及经济合理性,确定防渗墙的位置、深度、厚度及材料选择。在材料方面,现代防渗墙技术多采用高性能混凝土、塑性混凝土或黏土混凝土等,这些材料具有良好的防渗性能和耐久性。

#### 3.1.2 施工阶段

防渗墙的施工是一项复杂而精细的工程。施工过程中,需严格控制各道工序的质量,确保防渗墙的连续性和完整性。常见的防渗墙施工方法包括多头深层搅拌

水泥土成墙、锯槽法成墙、链斗法成墙以及薄型抓斗成墙等。这些方法各有特点,需根据工程实际情况进行选择。例如,多头深层搅拌水泥土成墙法适用于软土地层,通过多头深层搅拌机在地层中注入水泥浆并搅拌成墙;而锯槽法成墙则适用于砂土、卵(砾)石含量不大于30%、粒径小于100mm的土层,通过锯槽机在导墙内切割出连续的槽孔并灌注混凝土形成防渗墙。防渗墙施工完成后,需进行严格的效果评估以验证其防渗性能。评估内容包括防渗墙的渗透系数、抗压强度、抗渗稳定性等指标。通过现场试验和数据分析,评估防渗墙的实际防渗效果是否满足设计要求,还需对防渗墙的长期性能进行监测和评估,以确保其在使用过程中能够持续发挥有效的防渗作用。

### 3.2 灌浆技术

灌浆技术通过压力将特定材料(如水泥浆、黏土浆、化学浆液等)注入到工程结构中的裂缝、空洞或软弱地层中,以达到填充、加固、防渗的目的。(1)灌浆材料选择是灌浆技术的关键。不同的工程条件、地质情况和水文环境需要选择不同类型的灌浆材料。例如,对于粗砂层或裂隙较大的地层,常采用水泥浆或水泥粘土浆进行灌浆,因为这些材料具有较好的流动性和固结强度;而对于细砂层或粉砂层等难以处理的地层,则可能需要采用水玻璃类浆液或化学灌浆材料,这些材料能够更好地渗透进细小孔隙中并达到加固防渗的效果。(2)灌浆工艺的应用。灌浆工艺的应用也是灌浆技术的重要环节。常见的灌浆工艺包括劈裂灌浆、高压喷射灌浆、帷幕灌浆等。劈裂灌浆适用于处理裂隙较大的地层,通过压力使地层产生劈裂并注入浆液以填充裂缝;高压喷射灌浆则利用高压射流将地层切割并注入浆液以形成固结体;帷幕灌浆则是在坝体或堤防等结构周边构建一道连续的防渗帷幕以阻止水分渗透。这些灌浆工艺各有特点,需根据工程实际情况进行选择和应用。(3)灌浆效果的评估是确保灌浆技术有效性的重要手段。评估内容包括灌浆体的强度、渗透性、稳定性等指标。通过现场试验和数据分析,可以评估灌浆体的实际性能是否满足设计要求。同时,还需对灌浆体的长期性能进行监测和评估,以确保其在使用过程中能够持续发挥有效的加固防渗作用。

### 3.3 锚固技术

锚固技术通过在岩土体内部设置锚固体,利用岩土体自身的强度和稳定性,将锚固体与工程结构物紧密联结,从而有效抵抗外部荷载和变形。锚固技术的基本原理是将一种新型受拉杆件(锚索或锚杆)的一端固定

在边坡或地基的岩层或土层中，形成锚固端（或锚固段）；另一端则与工程建筑物（如大坝、边坡、隧道等）联结，通过锚固体与岩土体的相互作用，将外部荷载传递至稳定的岩土体中，达到加固和稳定工程结构的目的。锚固技术在水利水电工程中主要有以下几种应用类型：预应力锚固：通过在坡体深部稳定岩体上施加预应力，向不稳定坡体传递力，挤压松散岩体，增强岩体间的正压力和摩擦力，从而提升抗滑力，实现边坡的稳定和加固。这种方法在高边坡、隧洞洞口、水库坝体或坝基加固等方面具有显著优势。锚索加固：锚索由高强度、低松弛的预应力钢绞线等材料制成，通过钻孔注浆等方式固定在岩土体中。锚索的另一端与工程结构物相连，通过张拉锚索施加预应力，使岩土体得到加固。锚索加固技术适用于各种复杂地质条件下的工程加固。锚杆支护：锚杆支护是在岩石开挖后，紧随开挖面立即设置锚杆，并施加预应力以稳定岩石。这种支护方式常与喷混凝土结合使用，形成喷锚支护体系，提高岩石的整体稳定性。另外，锚固技术能够充分利用岩土体自身的强度和稳定性，显著提高工程结构的整体稳定性和安全性。适用于各种复杂地质条件下的工程加固，包括软弱地层、破碎岩层等<sup>[3]</sup>。施工灵活方便，可根据工程实际情况调整锚固体的布置方式和参数。相比传统加固方法，锚固技术具有施工周期短、成本低、效果显著的优点。最后，在水利水电工程中应用锚固技术时，需注意以下施工要点：精确施工：钻孔和注浆等施工环节需精确控制，确保锚固体与岩土体的紧密结合。材料选择：锚索或锚杆等材料需选择高强度、低松弛的优质材料，以确保加固效果。张拉控制：张拉锚索时需严格控制张拉力和张拉顺序，避免产生不利影响。监测与评估：施工完成后需进行监测和评估工作，确保加固效果满足设计要求。

### 3.4 护坡加固技术

护坡加固技术的核心在于利用工程材料或植被措施，在边坡表面形成一层或多层防护结构，以分散水流冲击力，增强土体的稳定性。这些防护结构能够有效减少水流对边坡的侵蚀，防止边坡失稳。

#### 3.4.1 主要方法

植被护坡：利用植物的根系固土作用，结合土壤改良技术，在边坡上种植适宜的植被，形成绿色防护层。植物的根系能够深入土壤，增加土体的内聚力，提高边

坡的稳定性。同时，植被还能减缓水流速度，降低冲刷作用。工程护坡：采用混凝土、石材、土工织物等工程材料，构建硬质防护层。常见的工程护坡形式包括混凝土护坡、砌石护坡、土工格栅护坡等。这些防护结构具有强度高、稳定性好、耐久性强等优点，能够直接抵抗水流的冲刷和侵蚀。综合护坡：将植被护坡与工程护坡相结合，形成综合防护体系。这种方法既能发挥植被的生态效益，又能确保边坡的稳定性。例如，在混凝土护坡中设置植被孔，或在土工格栅护坡上种植植被，以实现生态与工程的有机结合。

#### 3.4.2 施工要点

边坡清理：施工前需对边坡进行彻底清理，去除松散土体和植被残根等杂物，确保防护结构能够紧密贴合边坡。材料选择：根据工程实际情况选择合适的护坡材料和结构形式。植被护坡需选择适应当地气候和土壤条件的植被种类；工程护坡则需考虑材料的强度、耐久性和成本等因素。施工质量控制：在施工过程中需加强质量控制，确保各项施工参数和指标符合设计要求。对于植被护坡，需注重植被的成活率和生长状况；对于工程护坡，则需关注防护结构的完整性和稳定性。后期养护：对于植被护坡和综合护坡工程，需加强后期养护管理工作，包括植被修剪、病虫害防治、土壤保水等，以确保防护结构的长期稳定性和有效性。

#### 结语

总之，水利水电工程除险加固技术的研究与应用，对于保障工程安全、促进水资源合理利用具有重要意义。通过灌浆、锚固及护坡加固等关键技术的综合应用，可以显著提升工程结构的稳定性和耐久性，有效应对各种自然灾害和人为因素的挑战。未来，随着科技的不断进步和工程实践的深入，水利水电工程除险加固技术将更加成熟和完善，为水利事业的可持续发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]洪乃全,莫文海,刘启阳.小型水库除险加固问题探讨[J].四川建筑,2020(S1):33-34.
- [2]孙岗,张强,杨峰.小型病险水库除险加固问题探讨[J].河南水利与南水北调,2021(5):121-122.
- [3]卢恩武.浅论水利工程除险加固研究[J].中华民居,2019(9):82-83.