

水利水电工程中的大坝加固设计技术分析

李庆峰

四川二滩国际工程咨询有限责任公司 四川 成都 611130

摘要：水利水电工程中的大坝加固设计是确保大坝安全稳定运行的关键环节。本文阐述了大坝加固设计的重要性，分析了大坝加固设计应遵循的原则，包括安全性、经济性、可行性、环保性和可持续性等。在此基础上探讨了坝体充填灌浆、裂缝处理与加固、滑坡治理、上下游护坡施工、放水洞和溢洪道加固、截渗反滤与排水加固以及材料选择与施工技术设计等方面的具体内容。旨在为水利水电工程大坝加固设计提供理论支持和实践指导。

关键词：水利水电工程；大坝加固设计；技术

引言：水利水电工程中的大坝作为重要的水利设施，承担着防洪、灌溉、发电等多重任务。由于自然侵蚀、材料老化、设计缺陷等原因，大坝在运行过程中往往会出现各种安全隐患。为了确保大坝的安全稳定运行，必须进行加固设计。以下将从大坝加固设计的重要性出发，分析加固设计的原则，并详细探讨加固设计的各项技术。

1 水利水电工程大坝加固设计的重要性

水利水电工程作为国民经济的重要基础设施，对于防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着不可替代的作用。而大坝作为水利水电工程的核心组成部分，其安全性与稳定性直接关系到整个工程的运行效果和人民生命财产安全。大坝加固设计在水利水电工程中具有极其重要的地位，其重要性体现在以下方面：（1）确保大坝安全稳定运行。随着岁月的流逝，大坝在长期承受水压、风压、温度变化等自然因素的作用下，难免会出现老化、损伤等问题^[1]。这些问题若不及时处理，将对大坝的安全构成严重威胁。通过加固设计，可以及时发现并解决大坝存在的安全隐患，确保大坝在极端天气和自然灾害面前能够保持稳定的运行状态。（2）有助于提高水利水电工程的综合效益。大坝作为水利水电工程的关键设施，其运行状态直接影响到工程的发电、灌溉、供水等功能。通过加固设计，可以提升大坝的承载能力和稳定性，从而确保水利水电工程能够充分发挥其应有的效益，为经济社会发展提供有力支撑。（3）有助于推动水利水电工程技术的创新与发展。加固设计需要综合考虑多种因素，包括地质条件、水文环境、施工工艺等，这就需要不断创新设计理念和手段。通过实践中的不断探索和总结，可以推动水利水电工程技术的不断进步，为未来的工程建设提供更加先进、可靠的技术支持。

2 大坝加固设计的原则

2.1 安全性原则

加固设计必须以大坝的安全性为首要考虑。设计方案应确保大坝在加固后能够抵御设计标准内的洪水、地震等自然灾害，满足防洪、挡水等要求。加固措施应针对大坝存在的具体安全隐患进行，确保加固后的大坝结构稳定、安全可靠。

2.2 经济性原则

加固设计应考虑工程的经济性，力求在满足安全要求的前提下，尽可能降低加固成本。设计方案应进行多方案比选，优化加固措施，避免不必要的浪费。加固材料的选择应兼顾性能和价格，确保加固工程的经济合理性。

2.3 可行性原则

加固设计应具有可行性，即加固措施应能够在实际施工中得到有效实施。设计方案应充分考虑施工条件、工期要求等因素，确保加固工程能够按时、按质完成^[2]。加固措施还应与现有大坝结构相协调，避免对大坝造成新的损害。

2.4 环保性原则

加固设计应考虑环境保护要求，减少对自然环境的破坏。设计方案应优先考虑采用环保材料和工艺，降低施工过程中的噪音、粉尘等污染。加固工程还应注重生态恢复和景观美化，实现人与自然和谐共生。

2.5 可持续性原则

加固设计需遵循可持续性原则，确保加固工程不仅满足当前需求，还能适应未来可能的变化。这包括考虑大坝的长期运行和维护需求，以及可能的气候变化和极端天气事件。设计时应注重提高大坝的耐久性和适应性，采用能够抵御未来挑战的材料和技术。加固工程应与当地的水资源管理和生态保护策略相结合，促进水利水电工程的可持续发展，实现经济效益、社会效益和环

境效益的协调统一。

3 水利水电工程中的大坝加固设计技术

3.1 坝体充填灌浆施工设计技术。

坝体充填灌浆技术是一种有效解决大坝渗漏问题的加固方法。该技术的核心在于通过灌浆操作,将浆液注入坝体内部的空隙和裂缝中,从而增强坝体的密实度和整体性,提高其抗渗能力。在具体实施过程中,帷幕灌浆技术被广泛应用。帷幕灌浆是通过在坝体内形成一道连续的、致密的帷幕层,来阻断水流通道,达到防渗的目的。灌浆过程中,施工人员需严格遵循“稀浆开路、浓浆灌注”的原则,确保浆液能够均匀、充分地填充坝体内部的空隙。

为了实现这一目标,钻孔作业采用高压水冲钻机进行钻孔,可以确保钻孔的深度和直径满足设计要求,同时减少钻孔过程中的振动和破坏。在钻孔完成后,需对孔口进行封闭处理,并采用孔内循环的方式进行灌浆。灌浆过程中,应严格控制灌浆压力和浆液的浓度,以确保灌浆质量。灌浆作业还需遵循一定的顺序和原则。一般来说,从大坝的上游向下游、从高处向低处进行灌浆,以避免浆液在坝体内部分布不均或产生串浆现象。为了确保灌浆效果,采用定量灌注的方式,并根据实际情况进行多次复灌。复灌次数和间隔时间需根据浆体的固结程度来判断,以确保每次灌浆都能达到预期的效果。在灌浆过程中,需对大坝的变形和裂缝情况进行实时监测。通过观测大坝的横向和竖向位移,可以及时发现并处理灌浆过程中可能出现的问题,还需对灌浆效果进行评估和检测,以确保加固后的坝体能够满足设计要求和用户需求。

3.2 大坝裂缝处理与加固技术设计

在水利水电工程中,大坝的加固设计技术至关重要,特别是针对大坝裂缝的处理与加固。大坝裂缝处理与加固技术主要包括多种设计方法和施工手段。一种常见的加固设计方法是采用补偿技术,通过在裂缝处注入特殊材料来加固大坝结构。这种材料能够自动膨胀并填充裂缝,实现大坝的稳定。在实际操作中,工程师们会先对裂缝进行详细的测量和评估,包括裂缝的长度、宽度、深度以及扩展情况,基于这些数据判断裂缝的稳定性和对大坝结构的影响,以便制定修补方案。对于较小的裂缝,常常使用聚合物修复材料进行封堵。这种材料能够迅速充填裂缝,并具有很强的黏附性和耐水性。对于更大的裂缝,可能需要采取更复杂的方法,例如使用混凝土补丁或特殊的金属支架进行加固。表面处理法也是一种有效的裂缝处理方式,包括表面涂抹、表面贴

补、凿槽嵌补和喷浆修补等。这些方法适用于不同宽度和深度的裂缝,可以有效封闭裂缝,防止水分渗透和侵蚀。在加固设计方面,还要考虑大坝的整体稳定性。一种常见的加固设计是上游削坡减载与抛石压脚相结合,下游培厚加固。采用化学灌浆技术也是一种有效的加固手段。利用化学灌浆材料在裂缝处形成高强度和高韧性的固结体,特别适用于需要止水的裂缝处理。大坝裂缝处理与加固技术涉及多种设计方法和施工手段。在实际工程中,需要根据裂缝的性质、位置和严重程度,以及大坝的整体稳定性要求,选择合适的技术方案进行加固设计。

3.3 大坝滑坡治理与加固设计

在水利水电工程中,大坝滑坡治理与加固设计是确保大坝安全稳定的重要环节。针对大坝滑坡问题,设计技术主要包括以下几个方面:(1)滑坡治理的核心在于“上堵下排,上部减载,下部压重”。对于因水库水位骤降而引起的上游坝坡滑坡,立即停止放水,并在上游坝坡脚抛掷砂袋或砂石料,作为临时性的压重和固脚。若坝面已出现裂缝,在保证坝体有足够挡水能力的前提下,可采取在坝体上部削土减载的办法,增强其稳定性。(2)对于因坝体土料含水量较大、施工速度较快或坝体内存在软弱土层而引起的滑坡,可采取放缓坝坡、压重固脚和加强排水的措施。放缓坝坡能够减小坝体的滑动力,压重固脚则能增加坝体的阻滑力,而加强排水则能有效降低坝体的浸润线,减少渗漏。(3)在加固设计方面,可采用抛石护坡、修建混凝土防渗墙或帷幕灌浆等技术手段。抛石护坡通过在滑坡体及其附近坝坡上设置压重体,增加坝体的稳定性;修建混凝土防渗墙则能有效防止坝体渗漏,提高坝体的整体强度;而帷幕灌浆则能在坝体内形成连续的防渗帷幕,阻止水分渗透。

3.4 上下游护坡施工技术设计

在水利工程大坝加固过程中,针对上游护坡,技术设计重点在于坝面的整平处理以及砂石垫层的铺设。首先需对上游坝面进行彻底清理和平整,确保无杂物、无凹凸不平,为后续的护坡施工打下坚实基础^[3]。铺设一层均匀的砂石垫层,以增强坝面的承载力和稳定性。在此基础上,采用干砌块石进行护坡施工,利用块石之间的紧密嵌合,形成有效的防护层,抵御水流冲刷和侵蚀。对于下游护坡,技术设计则侧重于坡面的修整和夯实处理。采用人工挖土方式,对下游坡面进行精细修整,确保坡面平整、坡度符合设计要求。在夯实过程中,同样采用人工模式,通过反复夯实,提高坡面的密实度和稳定性。还需完善草皮的搬运和栽植工作,利用草皮的根

系固土作用,进一步增强下游坡面的防护能力。

3.5 放水洞和溢洪道加固设计

针对放水洞的加固设计,主要关注其承载能力和稳定性。首先需对放水洞的结构及周边环境进行细致检测,了解其受力情况和存在的安全隐患。基于检测结果,制定相应的加固设计方案,包括加固材料的选择、加固方式的确定以及施工工艺的规划。常用的加固材料有钢筋混凝土、高强度合金等,加固方式则根据放水洞的实际情况,采用局部加固或整体加固的方式。在施工过程中,需确保加固材料与原结构紧密结合,同时严格控制施工质量,防止安全事故的发生。对于溢洪道的加固设计,重点在于提高其泄洪能力和抗冲蚀能力。设计时应考虑地形、水流条件等因素,合理确定溢洪道的尺寸和形状。在材料选择上,优先采用耐冲刷、耐腐蚀的材料,如钢筋混凝土等。同时要加强对溢洪道的护砌工作,防止水流冲刷导致结构破坏。在施工工艺上,应确保护砌材料与基岩紧密结合,形成有效的防护层。定期对溢洪道进行检查和维护,及时发现并处理潜在的安全隐患。

3.6 截渗、反滤与排水加固的设计

在水利水电工程中,大坝的截渗、反滤与排水加固设计是确保大坝长期安全稳定运行的重要措施。以下将重点介绍这一设计技术的关键要点。截渗设计主要是通过构建有效的防渗体系,阻止水分渗透到坝体内部,从而防止大坝因内部水分过多而导致的结构破坏。常用的截渗措施包括设置防渗墙、帷幕灌浆、铺设复合土工膜等。防渗墙的设计需考虑墙体的厚度、深度和材料选择,确保其能有效阻隔水分。帷幕灌浆则是通过在坝体内钻孔并注入灌浆材料,形成连续的防渗帷幕^[4]。复合土工膜则以其良好的不透水性和延展性,被广泛用于大坝的防渗加固。反滤设计旨在防止坝体内部的水分在排出过程中带走坝体材料,导致坝体结构破坏。反滤层通常由多层不同粒径的颗粒材料组成,这些材料能逐级过滤水分,同时保持坝体的稳定性。反滤层的设计需考虑材料的粒径、层数和厚度,以确保其既能有效排水,又能防止坝体材料的流失。排水加固设计则关注于将坝体内的水分有效排出,以降低坝体的浸润线,提高坝体的稳定性。排水措施包括在坝体内设置排水管道、排水沟

或集渗沟等。排水管道的设计需考虑其位置、数量和直径,以确保排水效果。排水沟和集渗沟则用于收集并引导坝体表面的水分,防止其渗透到坝体内部。

3.7 大坝加固材料选择与施工技术设计

在水利水电工程大坝加固中,材料选择与施工技术设计是确保加固效果的关键。材料选择方面,需根据大坝的实际情况和加固需求,综合考虑材料的强度、耐久性、施工便捷性等因素。常用的加固材料包括高强度混凝土、纤维增强材料、钢板、钢筋混凝土以及聚合物材料等。高强度混凝土和纤维增强材料因其高强度和良好的耐久性,常被用于坝体的整体加固。钢板和钢筋混凝土则因其良好的抗拉性能和承载能力,常用于坝体的局部加固。聚合物材料因其重量轻、施工便捷,适用于一些特殊部位的加固。施工技术设计方面,需根据加固材料的特性和加固部位的具体情况,制定科学合理的施工方案。对于使用高强度混凝土和纤维增强材料的加固部位,采用适当的浇筑和振捣技术,确保材料充分密实,提高加固效果。对于使用钢板和钢筋混凝土的加固部位,需采用焊接、螺栓连接等可靠的连接方式,确保加固材料与坝体的紧密结合。施工过程中还需严格控制施工质量,确保加固效果达到预期。

结束语:本文通过对水利水电工程大坝加固设计技术的系统分析,明确了加固设计在确保大坝安全稳定运行中的重要作用。在加固设计过程中,严格遵循原则,综合考虑坝体结构、地质条件、水文环境等多种因素。同时注重采用先进的加固技术和材料,提高加固工程的施工质量。随着水利水电工程技术的不断发展,大坝加固设计将更加注重智能化、绿色化和可持续发展。

参考文献

- [1]任世强.大中型水库大坝除险加固工程设计及施工技术分析[J].黑龙江水利科技,2019(8):181-182.
- [2]覃海龙.大中型水库大坝除险加固工程设计及施工技术[J].新建设:现代物业(上旬刊),2019(9):50-51.
- [3]刘红伟.谈北方地区水利工程中大坝加固的施工技术[J].黑龙江科技信息,2020(17):11.
- [4]代明洁,梁晓峰.水库大坝防渗与加固工程处理技术探讨[J].建筑工程技术与设计,2020(20):8-9.