

水利水电大坝工程基础的处理设计

陈红莉 常黎明

湖北省水利水电规划勘测设计院有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：水利水电大坝工程作为重要的基础设施，其基础处理设计决定着工程的安全性与稳定性。基于此，本文深入探讨了水利水电大坝工程基础处理设计的关键要点，分析了常见的基础问题及对应的处理方法，包括软土地基、岩石地基等不同地质条件下的处理技术，阐述了基础处理设计中的关键参数确定、施工工艺选择以及质量控制要点，旨在为水利水电大坝工程基础处理设计提供全面且系统的参考，确保大坝工程的长期可靠运行。

关键词：水利水电；大坝工程；基础处理设计

引言：水利水电大坝工程在防洪、发电、灌溉、供水等方面发挥着不可替代的重要作用，是保障社会经济可持续发展的关键基础设施。而大坝基础作为承受大坝全部荷载的部分，其处理设计的合理性与科学性直接决定了大坝的安全性、稳定性以及使用寿命。不同的地质条件给大坝基础处理带来了诸多挑战，若基础处理不当，可能导致大坝出现裂缝、渗漏、不均匀沉降等严重问题，不仅影响工程效益的发挥，甚至可能引发安全事故，造成巨大的生命财产损失。因此，深入研究水利水电大坝工程基础的处理设计具有极为重要的现实意义。

1 水利水电大坝工程基础处理设计的重要性

第一，基础处理设计关乎大坝工程的稳定性。大坝所承受的水压力巨大，且长期受到水流、泥沙、地震等多种自然因素的作用。一旦基础处理设计不合理，大坝可能会出现不均匀沉降、滑动甚至倾覆等严重问题^[1]。如，在一些软土地基上建设大坝，若没有对软土进行有效处理，大坝在自重和水压力作用下，基础会产生过大变形，导致坝体出现裂缝，严重影响大坝的正常运行和使用寿命。而科学合理的基础处理设计，如采用桩基础、换填基础等方法，可以大幅度提高地基的承载能力，增强大坝的稳定性，最大程度上确保大坝在各种工况下都能安全可靠地运行。

第二，基础处理设计影响大坝工程的防渗性能。水的渗漏会造成水资源的浪费的同时，还可能引发大坝的安全隐患。如果基础处理设计未能有效阻止地下水的渗透，水可能会沿着坝基或坝体与地基的接触面渗漏，导致坝体内部的水压力分布发生变化，降低坝体的抗滑稳定性。更糟糕的是，渗漏的水还可能对坝基和坝体材料产生侵蚀作用，加速大坝的老化和损坏。应用合理的基础处理设计，如设置防渗帷幕、铺设防渗膜等，可以有效降低坝基的渗透性，减少渗漏量，保证大坝的防渗性

能，确保水资源的有效利用和大坝的安全运行。

第三，基础处理设计还影响着大坝工程的经济性和可行性。合理的基础处理设计方案可以在满足工程要求的前提下，降低工程成本。如，在选择基础处理方法时，综合考虑地质条件、工程规模、施工条件等因素，选择最适合的处理方法，可以避免不必要的工程投入。更重要的是，科学的基础处理设计可以提高工程施工的效率，缩短工期，减少施工过程中的风险和不确定性，使大坝工程能够顺利实施。

2 水利水电大坝工程基础常见问题

2.1 软土地基问题

软土地基具有含水量高、孔隙比大、压缩性强、抗剪强度低等特点。在大坝荷载作用下，软土地基容易产生较大的沉降和不均匀沉降，导致大坝坝体开裂、倾斜，影响大坝的正常运行。再加上，由于软土地基的抗剪强度低，在遭遇地震、洪水等自然灾害时，可能发生地基失稳现象，对大坝安全构成严重威胁。如，在一些沿海地区或河流冲积平原建设的水利水电大坝，常面临软土地基问题。

2.2 岩石地基问题

虽然岩石地基相对软土地基具有较高的强度和稳定性，但也存在一些特殊问题。具体表现如下：一是岩石地基可能存在节理、裂隙、断层等地质构造，这些构造会降低岩石的完整性和强度，增加地基的透水性。在大坝运行过程中，水可能通过这些裂隙渗漏，形成集中渗流，对地基产生渗透压力，进而影响大坝的稳定性；二是，风化严重的岩石地基，其力学性能会显著降低，无法满足大坝基础的承载要求。如在山区建设的大坝，岩石地基的节理裂隙发育情况对基础处理设计影响重大。

2.3 地基渗漏问题

无论软土地基还是岩石地基，地基渗漏都是一个不

容忽视的问题。渗漏不只是会造成水资源的浪费,还可能引发管涌、流土等渗透破坏现象,危及大坝安全。渗漏的原因主要包括地基土或岩石的透水性较大、基础处理不当、施工质量缺陷等。如,在土石坝工程中,若坝基防渗处理不到位,库水就可能通过坝基渗漏到下游,导致坝基土体饱和,继而强度降低。

3 水利水电大坝工程基础处理方法

3.1 软土地基处理方法

3.1.1 换填法

换填法是将基础底面以下一定范围内的软弱土层挖去,然后回填强度较高、压缩性较低、透水性良好的材料,如砂、碎石、灰土等^[2]。利用换填,提高地基的承载能力,减少沉降量。换填法施工简单、成本较低,适用于浅层软土地基处理。施工过程中,要特别注意控制回填材料的质量和压实度,确保换填效果。

3.1.2 排水固结法

排水固结法是利用排水系统和加压系统,使软土地基中的孔隙水排出,土体逐渐固结,强度逐步提高。排水系统一般采用砂井、塑料排水板等,加压系统可采用堆载预压、真空预压等方式。排水固结法适用于处理厚度较大的软土地基,能有效减少地基的后期沉降。如在某大型水利水电工程的软土地基处理中,采用了塑料排水板结合堆载预压的方法,经过一段时间的预压,地基沉降基本稳定,满足了大坝建设要求。

3.1.3 复合地基法

复合地基法是在软土地基中设置增强体,如碎石桩、水泥土搅拌桩、CFG桩等,与桩间土共同承担荷载,形成复合地基。复合地基能显著提高地基的承载能力,减小沉降量。在此过程中,需要注意的是,在选择增强体类型和设计参数时,要根据软土地基的性质、工程要求等综合确定。如,在某水利枢纽工程的软土地基处理中,采用了水泥土搅拌桩复合地基,桩径500毫米,桩间距1.2米,有效提高了地基的稳定性。

3.2 岩石地基处理方法

3.2.1 灌浆法

灌浆法是采用钻孔将浆液注入岩石的节理、裂隙、断层等地质构造中,使浆液填充并胶结这些空隙,以提高岩石的完整性和强度,降低地基的透水性。根据灌浆材料的不同,可分为水泥灌浆、化学灌浆等。其中,水泥灌浆适用于较大的裂隙和断层,化学灌浆则适用于细微裂隙。在灌浆施工前,要进行详细的地质勘察,确定灌浆参数,如灌浆压力、浆液配合比等。如,在某大坝工程的岩石地基处理中,对节理裂隙发育区域进行了水

泥灌浆处理,灌浆压力控制在2-3MPa,有效改善了岩石地基的防渗性能。

3.2.2 锚固法

锚固法是利用在岩石中钻孔,插入锚杆或锚索,然后施加预应力,将不稳定的岩石与稳定的岩体连接在一起,从而提高岩石地基的稳定性。锚固法适用于处理岩石边坡、坝肩等部位的不稳定岩体。在设计锚固参数时,要重点考虑岩体的力学性质、滑动面情况以及工程荷载等因素^[3]。如,在某大坝坝肩处理中,采用了预应力锚索锚固技术,锚索长度15米,预应力施加至500kN,有效增强了坝肩岩体的稳定性。

3.2.3 混凝土塞法

对于岩石地基中的断层破碎带、溶洞等缺陷,可采用混凝土塞法进行处理。先将缺陷部位的破碎岩石或填充物清除,然后浇筑混凝土,形成混凝土塞,以增强地基的承载能力和稳定性。混凝土塞的尺寸和强度要根据缺陷的规模和工程要求确定。如在某大坝工程中,对于一处宽度为3米的断层破碎带,采用了混凝土塞法,混凝土塞的长度为10米,强度等级为C30,有效解决了地基缺陷问题。

3.3 地基防渗处理方法

3.3.1 垂直防渗墙

垂直防渗墙是在地基中建造一道连续的垂直防渗体,截断地基中的渗流通道,达到防渗目的。垂直防渗墙可分为刚性防渗墙和柔性防渗墙。刚性防渗墙如混凝土防渗墙,适用于各类地基,防渗效果好,但施工成本较高;柔性防渗墙如塑性混凝土防渗墙、水泥土防渗墙等,成本相对较低,适用于软土地基。在施工垂直防渗墙时,要严格控制墙体的垂直度和连续性,确保防渗效果。

3.3.2 水平防渗铺盖

水平防渗铺盖是在大坝上游坝基表面铺设一层不透水材料,如黏土、土工膜等,延长渗流路径,降低渗透坡降,减少渗流量。水平防渗铺盖适用于透水性较强、厚度较大的地基。铺盖的长度、厚度和材料选择要根据地基的渗透特性和工程要求确定。施工过程中,尤其要注意铺盖与坝体及两岸的连接,防止出现渗漏通道。

4 水利水电大坝工程基础处理设计要点

4.1 地质勘察与参数确定

准确且全面的地质勘察是水利水电大坝工程基础处理设计得以顺利开展的重要前提。因而,在工程前期筹备阶段,必须综合运用多种先进且有效的勘察手段,像钻探可以直观获取地下岩土样本,物探能探测地下地质体的分布和性质,原位测试则可现场测定岩土的相关参

数。这些手段的应用,能够详细且深入地了解地基的地质条件,涵盖地层结构的具体分层情况、岩土物理力学性质的各项指标、地质构造的发育特征以及水文地质条件等关键信息。

而基于详实的地质勘察结果,工作人员可精准确定基础处理设计所需的关键参数。例如地基承载力决定了大坝基础所能承受的最大荷载,压缩模量反映了地基在压力作用下的变形特性,渗透系数影响着地基的防渗性能,抗剪强度则关乎地基的稳定性。以上参数的准确性至关重要,它们直接决定了基础处理方案的选择方向,也深刻影响着设计的合理性,是确保大坝工程安全可靠的最基本保障。

4.2 基础处理方案选择

在水利水电大坝工程基础处理方案的选择过程中,需要全面且细致地考量地质勘察结果和工程要求。要综合权衡技术可行性、经济合理性以及施工便利性等诸多因素,如此才能挑选出真正合适的基础处理方案。

具体实施手段主要有以下几点:第一,针对软土地基,需依据软土的厚度、物理力学性质,以及工程对沉降的严格程度等,灵活选用换填法、排水固结法或者复合地基法等;第二,对于岩石地基,要根据岩石的完整性、节理裂隙的发育状况等,精准选择灌浆法、锚固法或者混凝土塞法等^[4]。在选择地基防渗处理方法时,要充分考虑地基的透水性、工程的防渗标准以及周边环境等因素;第三,还应对多种基础处理方案开展技术经济比较,通过科学严谨的分析,确定出最优方案,以保障大坝工程的安全与稳定。

4.3 施工工艺设计与质量控制

基础处理施工工艺的设计是一项极为关键且复杂的工作,需要紧密结合所选的基础处理方案和工程实际情况来开展。设计过程中,要精心制定详细且具有可操作性的施工流程,明确每一个施工步骤的顺序和要求;同时,针对不同的施工环节,确定严格的技术要求,确保施工操作符合规范标准;此外,还需制定明确的质量控制标准,为施工质量的评判提供清晰依据。

与此同时,实际施工过程中,必须严格按照设计要求进行施工,丝毫不能马虎。要加强质量控制和监督力度,建立健全质量管理体系。对于换填法施工,要严把回填材料的质量关,确保其具备良好的物理力学性能,并且要严格控制压实度,保证回填土的密实程度。对于排水固结法施工,要时刻关注排水系统的畅通情况,及时清理堵塞物,同时确保加压系统的稳定运行,以达到预期的固结效果。而对于灌浆法施工,要精准控制灌浆压力、浆液配合比和灌浆量等关键参数。

在此基础上,应积极采用先进的检测技术,如超声波检测可以无损检测基础内部的缺陷,钻孔取芯检测能直观了解基础的物理力学性质。采用这些检测手段,及时发现和处理施工中出现的问題,确保基础处理工程质量完全符合设计要求。

结语

水利水电大坝工程基础处理设计是一项复杂而关键的工作,直接影响着工程的安全与稳定。通过深入分析大坝工程基础常见问题,如软土地基的沉降与失稳、岩石地基的渗漏与强度不足等,针对性地采用换填法、排水固结法、灌浆法等一系列有效的基础处理方法,并在设计过程中注重地质勘察与参数确定、基础处理方案选择以及施工工艺设计与质量控制等要点,能够确保大坝基础具备足够的承载能力、稳定性和防渗性能。在未来的水利水电大坝工程建设中,应不断总结经验,加强技术创新,进一步完善基础处理设计理论与方法,为水利水电事业的可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]姜兴培.头道白杨沟水库(两种坝型结合)设计要点分析[J].水电水利,2024,8(1):13-15.
- [2]朱杰飞.水利水电工程中的大坝加固设计技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2021(27):120-122.
- [3]周林滔.水利水电大坝工程基础的处理设计探讨[J].中华建设,2023(14):40-42.
- [4]陈勇建.水利水电工程中的大坝加固设计技术分析[J].建筑工程技术与设计,2021(33):1871-1872.