

水利水电工程设计中地基处理技术研究

余龙祥

中电建振冲建设工程股份有限公司 湖北 鄂州 436000

摘要: 本文聚焦水利水电工程地基处理。首先强调地基处理对保障工程全生命周期安全稳定运行的重要性,其影响工程安全、寿命与功能实现。接着介绍常用地基处理技术,包括换填垫层法、夯实法、挤密法、灌浆法,阐述各技术原理、适用范围与优势。然后从地质勘察全面性、技术选型适配性、施工参数合理性、质量检测规范性四个方面,详细论述地基处理技术在设计中的应用要点,强调全面勘察、合理选型、精准确定参数与规范检测对确保地基处理效果的关键作用,为水利水电工程地基处理提供全面的理论参考与实践指引。

关键词: 水利水电工程设计;地基处理;处理技术

引言: 水利水电工程作为国家基础设施建设的核心组成部分,其安全稳定运行对于保障社会经济发展、人民生命财产安全意义重大。而地基作为工程的根基,其处理质量直接影响工程的整体性能与寿命。由于水利水电工程常选址于水文地质条件复杂的区域,地基面临着上部结构荷载、水压力、渗透力等多种作用,易出现承载力不足、抗渗性差等问题。因此,科学合理的地基处理至关重要。本文将深入探讨水利水电工程地基处理的重要性,介绍常用的地基处理技术,并详细阐述地基处理技术在设计中的应用要点,旨在为水利水电工程地基处理提供理论支持与实践指导,提升工程质量与安全性。

1 水利水电工程地基处理的重要性

地基处理在水利水电工程设计体系中占据着至关重要的地位,是保障工程全生命周期安全稳定运行的核心要素,其重要性全面渗透于工程的设计、施工以及运维等各个关键阶段,对工程的安全稳定性、使用寿命以及功能实现起着决定性作用。(1) 水利水电工程通常选址于江河、湖泊等水文地质条件极为复杂的区域,其地基不仅要承受上部结构所施加的巨大垂直荷载,还需抵御水压力、渗透力、波浪力等多种复杂水力作用的长期影响。倘若地基处理工作未能达到预期标准,将会引发一系列严重的工程隐患,对工程的正常运行构成极大威胁。(2) 从工程安全层面深入分析,若地基承载力无法满足设计要求,稳定性欠佳,极易导致上部结构出现不均匀沉降、开裂等病害,严重时甚至会引发滑坡、坍塌等灾难性安全事故,给人民生命财产带来巨大损失。同时,若地基抗渗性能不足,在长期水力作用下,可能会出现管涌、流土等渗漏问题,进而破坏工程的防渗体系,降低工程的整体安全性。(3) 从工程寿命角度考量,科学合理的地基处理措施能够有效改善地基的物理

力学性能,显著提升地基的抗侵蚀、抗变形能力,避免地基因长期受水文地质因素的侵蚀和影响而出现性能衰减,从而延长工程的使用寿命,降低工程的维护成本。

(4) 从工程功能实现方面来看,良好的地基条件是水利水电工程实现防洪、灌溉、发电、供水等核心功能的基础前提。只有通过有效的地基处理,确保工程结构稳定可靠,才能保障各项功能得以高效发挥,实现工程建设的预期目标。因此,高度重视地基处理工作,科学严谨地开展地基处理设计,对于提升水利水电工程的整体质量、保障工程安全稳定运行具有不可替代的重要意义^[1]。

2 水利水电工程设计中常用地基处理技术

2.1 换填垫层法

换填垫层法是水利水电工程中最基础、最常用的地基处理技术之一,主要适用于软弱地基、湿陷性黄土地基等承载力不足的地基处理。其核心原理是将地基表层的软弱土层或不良土层挖除,替换为强度高、稳定性好、渗透性小的合格填料,通过分层压实、夯实等工艺,使填料与原地基形成整体,从而提升地基承载力、降低压缩性,增强地基稳定性。常用的换填填料包括砂土、碎石土、灰土、素混凝土等,具体填料选择需根据地基类型、工程要求及填料来源综合确定。该技术的优势在于施工工艺简单、操作便捷、成本较低,且处理效果直观,能够快速提升地基表层承载力,适用于浅层软弱地基处理。在应用过程中,需控制换填厚度和填料质量,分层压实的压实度需达到设计要求,避免出现分层不均、压实不足等问题,确保换填垫层与原地基结合紧密,发挥协同承载作用^[2]。

2.2 夯实法

夯实法作为地基处理领域的一项实用技术,在处理特定类型地基方面发挥着重要作用。它主要应用于松散

砂土、粉土、杂填土以及软弱粘性土地基的处理。其核心作用机制在于借助夯击设备所产生的强大冲击力,直接作用于地基土层,促使土层颗粒发生重新排列,彼此间紧密嵌合,进而有效减少土层中的孔隙率,显著提高土层的密实程度与强度指标,最终实现地基承载能力和稳定性的提升。夯实法依据处理深度和设备特点,可分为重锤夯实与强夯两种类型。重锤夯实侧重于浅层地基处理,通过重锤自由下落产生的冲击力,对浅层土层进行夯实作业;强夯法则更适用于深层地基处理,利用质量较大的重锤从一定高度自由下落,产生强大的冲击能,并传递至深层土层,深层土层达到密实状态,强度得以提升。该技术优势明显,处理深度具有灵活性,可根据地基实际状况调整夯击参数。不过,应用时需合理确定夯击能量、夯击次数、夯点间距等关键参数,防止夯击过度引发土层开裂或夯击不足影响处理效果,同时要做好夯后检测工作,确保地基密实度和承载力符合设计标准。

2.3 挤密法

挤密法作为地基处理领域的一项实用技术,在特定土质条件下展现出良好的适用性。它主要针对松散砂土、粉土、粘性土以及杂填土地基进行处理。其核心操作流程为,借助沉管、冲击、振动等专用设备在地基中成孔,随后向桩孔内填充砂石、灰土等材料。在填料过程中,利用挤密作用使桩体周边土层颗粒相互挤压、重新排列,达到密实状态,进而桩体与挤密后的土层构成复合地基,协同承担上部结构传递下来的荷载,有效提升地基的承载能力与稳定性。常用的挤密法包含砂石桩挤密法和灰土桩挤密法等类型。其中,砂石桩挤密法侧重于提高地基的承载力以及抗液化性能;灰土桩挤密法则着重改善软弱粘性土地基的强度与稳定性。此技术的显著优势在于可充分挖掘原地基土层的潜力,通过桩体与土层的紧密配合,大幅提升地基承载性能,且施工效率可观,尤其适用于中深层地基的处理。在实际应用时,要严格把控桩孔直径、深度、间距以及填料密实度等关键参数,确保桩体质量与挤密效果^[3]。

2.4 灌浆法

灌浆法是水利水电工程中用于处理岩石地基、裂隙地基及透水地基的核心技术,其核心原理是通过灌浆设备,将具有胶结性的浆液(如水泥浆、水泥砂浆、化学浆液等)注入地基的裂隙、孔隙中,浆液凝固后形成坚固的胶结体,填充地基中的空隙,改善地基的整体性、强度和抗渗性,从而提升地基稳定性和承载能力。根据灌浆目的,灌浆法可分为防渗灌浆、加固灌浆和回填灌

浆,防渗灌浆主要用于堵塞地基裂隙、降低地基渗透性,防止渗漏;加固灌浆主要用于提高岩石地基或裂隙地基的强度和整体性;回填灌浆主要用于填充地基中的空洞、缝隙,确保地基均匀受力。该技术的优势在于针对性强,可根据地基缺陷类型和工程要求,选择合适的浆液和灌浆工艺,能够有效处理深层地基缺陷和隐蔽性问题。应用时需控制灌浆压力、浆液浓度、灌浆量等参数,确保浆液能够均匀填充地基空隙,凝固后形成稳定的胶结体,同时需做好灌浆后的质量检测,验证灌浆效果。

3 水利水电工程设计中地基处理技术的应用要点

3.1 地质勘察的全面性

地质勘察的全面性在水利水电工程地基处理技术应用中起着至关重要的基础性作用,它是合理选用地基处理技术并进行科学设计的重要前提。唯有全面、精准地掌握地基的地质与水文条件,才能挑选出与之适配的处理技术,进而保障地基处理达到预期效果。(1)在水利水电工程设计阶段,必须开展详尽且细致的地质勘察工作。要全面查清地基土层的类型、分布范围、厚度情况,以及其物理力学性质,涵盖承载力、压缩性、渗透性等关键指标。同时,对于地下水的水位高低、水质状况、渗透系数大小等水文参数也要准确测定。此外,还需仔细排查地基中是否存在裂隙、空洞、软弱夹层等可能影响工程安全的缺陷。(2)勘察过程中,要运用专业的勘察设备,采用科学合理的勘察方法,保证勘察数据的准确性与完整性。依据勘察结果,对地基进行分类评价,精准明确地基存在的核心问题,为后续地基处理技术的合理选择和参数的精准设计提供坚实可靠的依据^[4]。

3.2 技术选型的适配性

在水利水电工程中,地基类型丰富多样,不同地基所面临的问题以及工程对其提出的要求存在显著差异。(1)地基处理技术的选型必须严格遵循“适配性”原则。具体而言,要全面综合地考量地基条件,包括土层的物理力学性质、地质构造等;工程结构特点,如建筑物的形式、规模等;荷载要求,涵盖上部结构传递下来的不同类型荷载大小;以及施工条件,包含现场的施工环境、可利用的施工设备等关键因素,从而挑选出最为适合的处理技术。(2)针对浅层软弱地基,换填垫层法、重锤夯实法是优先选择,其处理成本相对较低且效果良好;对于深层软弱地基或松散砂土地基,强夯法、挤密法能有效提升深层地基强度;岩石裂隙地基或透水地基,灌浆法可增强地基整体性和抗渗性;湿陷性黄土地基,换填垫层法或灰土桩挤密法能消除其湿陷性。此外,还需兼顾处理技术的施工难度、成本投入、工期安

排等因素,在确保处理效果达标的前提下,优化技术选型,达成经济性与实用性的有机统一。

3.3 施工参数的合理性

在水利水电工程地基处理中,施工参数的合理性是保障处理效果的关键因素。地基处理技术的各项施工参数,直接决定了最终的处理成效,因此在工程设计阶段,必须依据地质勘察所获取的数据以及工程提出的具体要求,科学合理地确定各项施工参数,以此确保整个施工过程规范有序、可控可调。(1)不同的地基处理技术,其所需的施工参数存在较大差异。例如,换填垫层法需要精准确定换填的厚度、选用何种填料类型以及压实度等参数;强夯法则要明确夯击能量的大小、夯击次数的多少以及夯点之间的间距等参数;灌浆法需确定灌浆压力的高低、浆液浓度的配比以及灌浆量的大小等参数。(2)参数设计过程中,要紧紧密结合地基的实际状况,通过严谨的理论计算和必要的试验验证,保证参数既合理又可行。要避免因参数设置不合理,出现压实度不达标、夯击能量不足、浆液浓度不合适等问题,影响处理效果。同时,要明确施工过程中的参数控制要求,确保施工人员严格按照设计参数进行操作,切实保障地基处理质量^[5]。

3.4 质量检测的规范性

质量检测作为验证水利水电工程地基处理效果、保障工程质量的核心环节,其重要性不言而喻。在地基处理施工圆满完成后,必须开展规范且严谨的质量检测工作,对地基处理质量是否满足设计要求进行全面、细致的评估。(1)质量检测内容的确定,需紧密结合所采用的处理技术类型以及工程提出的具体要求。例如,对于换填垫层法,要着重检测垫层的压实度和承载力;采用强夯法处理地基时,需检测地基的密实度、承载力以及抗液化能力;若使用灌浆法,则要检测灌浆体的强度、完整性以及地基的抗渗性。(2)在检测方法的选择上,

应选用专业、可靠且经过实践验证的检测手段,以此确保检测数据的准确性与客观性。同时,要明确检测频率和检测标准,对于检测结果不合格的区域,必须及时采取有效的补处理措施,直至该区域地基质量达到设计要求。此外,还需建立完善、系统的检测档案,详细记录检测数据、检测结果等关键信息,为工程后续的运维管理提供有力的参考依据。

结束语

水利水电工程地基处理是一项系统而复杂的工作,关乎工程的整体质量与安全稳定运行。通过全面深入的地质勘察,能够精准掌握地基的地质与水文条件,为地基处理技术的合理选用和科学设计奠定坚实基础。依据适配性原则选择合适的地基处理技术,并合理确定施工参数,可有效提升地基的承载能力、稳定性和抗渗性。而规范的质量检测则是对地基处理效果的最终把关,确保地基质量满足设计要求。在实际工程中,应高度重视地基处理的各个环节,严格遵循相关规范和标准,不断优化处理方案,提高地基处理水平,为水利水电工程的长久安全运行提供可靠保障,推动水利水电事业的持续健康发展。

参考文献

- [1]唐昌金. 水利水电工程建设中软土地基加固处理技术研究[J]. 水利技术监督,2025(5):160-163.
- [2]梅凯,刘敏. 水利工程地基加固施工技术分析[J]. 工程建设与设计,2025(23):195-197.
- [3]黄谦. 水利水电工程设计中的地基处理技术研究[J]. 浙江工艺美术,2023(10):154-156.
- [4]汪琪. 水利水电施工中地基处理技术探讨[J]. 建筑与装饰,2023(3):178-180.
- [5]张志远. 水利工程中的地质勘察与地基加固技术研究[J]. 世界家苑,2023(1):171-173.