

# 水工结构设计中的地基处理与加固技术

程志旺 罗伟

长江水利水电开发集团(湖北)有限公司 湖北 武汉 430014

**摘要:** 在水工结构的设计与建设中,地基处理与加固技术扮演着至关重要的角色。这项技术直接影响着水工结构的稳定性、耐久性和安全性,是确保水利工程长期运行的关键因素。本文将深入探讨地基处理与加固技术的基本原理,分析其不同水工结构设计中的应用策略,以及最新技术的发展趋势,为相关工程人员提供实际操作指导和参考。

**关键词:** 水工结构设计;地基处理;加固技术

## 1 引言

水工结构设计是水利工程的核心,它关系到整个工程的稳定性和安全性。在设计过程中,地基处理与加固技术是必不可少的环节。由于地理条件和环境因素的多样性,地基的状况各不相同,需要采取不同的处理和加固方法,以确保结构的承载能力和稳定性。本文将深入探讨水工结构设计中地基处理与加固技术,分析它们的作用,探索其实际应用,并展望其发展趋势。在现代化水利工程中,地基处理与加固技术是提高结构耐久性、使用年限和抗震性能的关键。通过地质勘察和评估,我们可以了解地基的特性,选择合适的处理方法,如独立基础和条形基础、人工处理、墩基础、地下连续墙及桩基础等。针对不同的地基土质,可能需要采取振冲置换法、碎石桩法、排水固结法、桩基法等不同的处理方式,以适应不同工程的特定需求。

## 2 水工结构设计概述

水工结构设计是水利工程的核心组成部分,它涵盖了多种类型和功能的建筑物,如水坝、溢洪道、渠道、泵站、水电站等,旨在确保水资源的合理利用、防洪减灾以及能源生产。设计过程中,工程师不仅要考虑结构的承载能力和稳定性,还要兼顾经济性、耐久性以及与周围环境的和谐共存。因此,水工结构设计是一个综合性和复杂性并存的工程领域,要求设计师具备深厚的理论知识、实践经验以及对新技术的敏锐洞察。

水工结构设计的特点主要体现在以下几个方面:

(1) 环境适应性: 由于水利工程通常位于自然环境中,设计者必须充分考虑地质、气候、地形、水文等因素的复杂性,确保结构能够适应各种环境条件,包括极端气候事件如洪水、地震等。

(2) 安全性: 水工结构是关乎公共安全的重大设施,设计时必须确保其在各种可能的荷载和环境变化下

保持稳定,抵御灾难性事件发生。

(3) 经济性: 在保证安全性和耐用性的前提下,设计者需要在材料、施工方法和维护成本之间找到平衡,以实现最经济的工程方案。

(4) 耐久性: 由于水工结构往往有较长的使用寿命,设计时必须考虑材料的耐久性、腐蚀防护以及维护性,以保证结构在多年使用后仍能满足设计要求。

(5) 环境友好: 现代水工结构设计强调与环境的和谐共生,注重减少对生态的破坏,如采用生态友好的材料、设计有利于鱼类通行的鱼道等。

根据功能和工程规模,水工结构设计可以大致分为以下几种类型:

(1) 大型水坝: 如三峡大坝,这类结构旨在控制河流量,提供灌溉和防洪,以及发电。设计时需要考虑大坝的抗压、抗渗和地震安全性。

(2) 水电站: 如伊泰普水电站,这类结构主要目的是发电,设计时需关注水流动力学、水轮机选择、电气系统集成。

(3) 水资源管理设施: 如水库和灌溉渠道,这些设施主要负责储存、分配和输水,设计时要确保水位控制、水质保护和水流调度的效率。

(4) 防洪设施: 如泄洪道和堤坝,主要目的是引导和疏导洪水,防止洪水灾害,设计时应确保泄洪能力与安全裕度。

(5) 水下结构: 如水下隧道和海洋平台,这类结构可能需要对抗海底沉降、腐蚀和海洋生物附着,设计时要充分考虑海洋环境的特殊性。

水工结构设计是一个动态发展的领域,随着新材料、新技术和计算方法的进步,设计师能够设计出更加高效、安全、环保的结构。例如,使用高性能混凝土、预应力技术、以及先进的数值模拟软件,都能在设计阶段优化

结构性能,减少施工风险,提高最终工程的质量。

### 3 地基处理原理

地基处理是水工结构设计中不可或缺的步骤,它直接关系到建筑物的稳定性、耐久性和抗震性能。地基处理的基本原理是通过改变地基土壤的工程性质,提高其承载能力和减小变形,以适应上部结构的荷载需求。这一过程通常涉及对地基土体的物理、化学或机械改造,涉及多种技术和方法,每种方法都有其特定的适用条件和原理。

(1) 处理地基的主要目标是降低其含水量,改善其压缩性和渗透性。含水量高的软土地基,如淤泥、淤泥质土或黏土,由于其颗粒之间的空隙大,空隙水容易流动,导致地基承载力降低,易产生沉降。因此,通过排水固结法,通过排水降低孔隙水压力,使土体固结,从而增加地基的承载力和稳定性。

(2) 地基加固技术通过引入新的材料或结构,增强地基的整体性。例如,桩基础法通过打入深部土层的桩体,形成复合地基,增大地基的承载面积,分散荷载,减少沉降。振冲置换法则是通过振动和冲击,将软土与颗粒较大的填料如碎石或砂混合,形成密实的置换体,提高地基承载力。

(3) 再者,地基处理也要考虑土壤的侧向稳定性,通过增加侧向阻力,防止地基在水平荷载作用下发生剪切破坏。这通常通过采用地下连续墙或板桩等结构实现,形成连续的隔水或承重墙体,增强地基的横向承载能力。

(4) 处理方法的选择与地基土的性质、工程类型和环境条件紧密相关。例如,对于饱和的粉细砂,排水固结法效果显著;而在深厚的软土层中,可能需要采取复合地基的做法,如桩基础结合堆载预压。因此,对地基的地质勘察和评估至关重要,以确定最佳的处理方案。

(5) 地基处理的原理还需考虑施工方法的经济性和可行性,包括材料成本、施工难度以及对环境的影响。例如,振冲法虽然处理效果好,但噪音大,可能对周围环境产生影响;而石灰桩法虽然成本较低,但可能对地下水造成污染。

随着科技的进步,新的处理技术和设备不断涌现,如微孔注浆、高压喷射注浆等,这些技术能够在更小的空间内完成处理,减少对周围环境的干扰。同时,数值模拟和现场试验也帮助工程师更准确地预测地基处理的效果,为决策提供依据。

### 4 地基处理方法

地基处理是对地基土壤进行物理、化学或机械改造,以改善其承载能力和减小变形,适应上部结构的荷载

需求。多种技术方法可根据工程需求和地基条件而选择。

(1) 填料加固:地基加固的一种常见方法是采用填料加固,例如碎石、砂石、卵石等,这些材料可以填充地基空隙,提高土体的密实度和承载力。填料加固常用于软土、沙土或泥沼等松软地基,通过增加颗粒间摩擦力和凝聚力,提升地基的承载能力。

(2) 浆液法:浆液法是一种通过注浆方式处理地基的方法,浆液可以是水泥浆、石灰浆或其他化学浆液,主要目的是将浆液注入地基空隙,硬化后形成新的地基结构。浆液法适用于渗透性较高、含水量较大的地基,例如淤泥、黏土等。

(3) 地下注浆:地下注浆是一种通过向地下空隙注入液体材料,如水泥砂浆或化学浆液,以填充空隙、提高土体密度和承载力的方法。地下注浆可用于提高地基承载力,减少沉降,改善地基的变形特性。这种方法适用于各种类型地基,尤其是渗透性不佳、难以排水固结的饱和地基。

(4) 排水固结法:排水固结法是一种通过排水降低孔隙水压力,使土体固结,从而增加地基承载力和稳定性的方法。该方法适用于含水量较高的地基,通过排水系统将地下水排出地基,减少孔隙水压力,使土体固结,提高承载能力。

(5) 地下连续墙:地下连续墙是一种结构化的地基处理方法,通过打入地下连续的混凝土墙,形成隔水或承重墙体,增强地基的横向承载能力。地下连续墙适用于需要提高地基侧向稳定性的工程,例如高层建筑、地铁站等。

(6) 桩基础法:桩基础法通过打入深部土层的桩体,形成复合地基,增大地基的承载面积,分散荷载,减少沉降。桩基础法适用于需要提升地基承载力的工程,尤其是在深厚软土层中。

### 5 加固技术概述

在水工结构设计中,地基处理和加固技术是确保工程稳定性和耐久性的重要手段。地基加固技术通过引入新的材料或结构,增强地基的整体性,从而提升地基的承载力和减小变形。这些技术在软土地基、深层基础、抗震工程以及抗冲刷工程中发挥着至关重要的作用。

(1) 在软土地基中,地基加固技术可以有效提升承载能力。例如,桩基础法是通过打入深部土层的桩体,形成复合地基,以分散荷载,减少沉降。桩基础法适用于需要提升地基承载力的工程,尤其是在深厚软土层中。另一种常见的加固技术是振冲置换法,通过对地基进行振动和冲击,将软土与颗粒较大的填料如碎石或砂

混合,形成密实的置换体,提高地基承载力。

(2)在深层基础中,地基加固技术可以增强地基的稳定性。比如,地下连续墙是通过打入地下连续的混凝土墙,形成隔水或承重墙体,增强地基的横向承载能力,适用于需要提高地基侧向稳定性的工程,例如高层建筑、地铁站等。

(3)在抗震工程中,地基加固技术可以提高结构的抗震性能。例如,增加截面法通过对现有结构的增强,如使用预应力钢筋混凝土或增强型钢筋混凝土,以提高结构的抗震性能。此外,结构优化设计也是一种有效的方法,通过改变结构的几何形状或材料分布,以提高结构的抗震能力。

(4)在抗冲刷工程中,地基加固技术可以抵御冲刷对地基的影响。例如,通过使用混凝土护面或抛石防护,可以保护地基不受水流冲刷的影响,从而提高工程的耐久性。

(5)随着科技的进步,地基加固技术也在不断发展。如微孔注浆、高压喷射注浆等新的地基处理方法,能够在更小的空间内完成处理,减少对周围环境的干扰。同时,数值模拟和现场试验也帮助工程师更准确地预测地基处理的效果,为决策提供依据。

## 6 加固材料与设备

在水工结构设计中,地基加固是一项至关重要的任务,它不仅影响着工程的稳定性,还对工程的耐久性和抗震性有直接的影响。选择合适的加固材料和设备是实现这一目标的关键。

(1)让我们来看看常见的加固材料。在地基加固中,常用的材料包括混凝土、钢材、预应力材料、化学灌浆材料和碎石等。混凝土因其强度高、耐久性好,常被用于桩基础、地下连续墙等结构。钢材,尤其是预应力钢材,因其延展性和抗拉强度,被广泛用于增强现有结构或新建结构,以提升其承载能力和抗震性能。化学灌浆材料,如水泥浆、聚合物浆等,主要用于填充地基空隙,提高土体的密实度和承载力。碎石、卵石和砂则常用于填料加固,如在振冲置换法中,这些材料与软土混合,形成密实的置换体,以提升地基承载力。

(2)讨论了材料,我们再来谈谈与之配套的加固设备。在地基加固过程中,设备的选择和使用直接影响到施工的效率和质量。例如,在桩基础施工中,会使用到打桩机、振动锤、钻孔设备等,这些设备能够将桩体准确地打入地层。地下连续墙的施工则需要连续墙抓斗、搅拌桩机等,以确保墙体的连续性和坚固性。在化学灌浆中,专用的灌浆泵和压力控制设备是必不可少的,它

们能够精确控制浆液的注入量和压力,保证灌浆质量。此外,像微孔注浆和高压喷射注浆等先进工艺中,也会用到专门的高压注浆机,以在狭小的空间内完成高效、精准的注浆工作。

(3)然而,在实际操作中,常会遇到一些挑战。例如,不同地质条件可能需要不同的加固材料和设备,这就要求设计和施工人员具备丰富的专业知识和经验,以选择最合适的解决方案。同时,设备的保养和维护也是不可忽视的问题,设备的故障或磨损可能会影响加固效果,甚至导致工程延期。此外,材料的运输和储存也可能成为工程的瓶颈,特别是在偏远或地形复杂的地区。

(4)为了应对这些挑战,科技的进步为地基加固提供了新的可能。现代化的加固设备通常配备有先进的传感器和控制系统,能实时监测施工过程,确保质量。同时,新型的加固材料也在持续研发,如高性能混凝土、耐腐蚀的钢材等,它们的使用提升了地基加固的性能和耐久性。

(5)在施工过程中,严格遵循施工规范和质量控制标准至关重要,以确保加固材料和设备的正确使用。同时,对设备进行定期的检查和维护,以及对施工人员进行专业培训,也是保证工程质量和安全的关键。通过持续的技术创新和严格的质量管理,我们可以更好地应对地基加固的挑战,提高水工结构设计的可靠性和稳定性。

## 结束语

地基处理与加固技术是水工结构设计中的核心技术之一,其科学性和适用性直接影响着工程的整体质量和安全性。随着科技的进步,未来的地基处理与加固技术将更加注重环保、经济和可持续性。因此,持续学习和研究新的地基处理方法,对于提升水工结构的设计水平,保障水利工程的长远利益具有重要意义。让我们共同期待,未来在这一领域有更多的创新和突破,为人类的水资源利用和环境保护做出更大的贡献。

## 参考文献

- [1]修郁林,吴嫡捷.堤坝施工中的地基处理与加固技术研究[J].珠江水运,2024,(04):135-137.
- [2]于海洋.水利工程地基处理关键技术探析[J].居舍,2020,(21):76-77.
- [3]黄善缙.水利工程中软土地基处理的施工技术探讨[J].智能城市,2020,6(11):208-209.
- [4]罗海腾.对水利工程施工中软土地基处理技术的分析[J].珠江水运,2019,(17):46-47.
- [5]李青松.软土地基处理技术在水利施工的应用[J].农村实用技术,2019,(08):126-127.