

水利工程基础处理施工技术研究

孙鲁星

郓城县农业建设发展有限公司 山东 菏泽 274700

摘要: 水利工程基础处理施工技术是保障工程安全稳定运行的核心要素。地基加固、防渗、桩基础施工及排水等技术,通过不同作用机制提升基础承载能力与抗渗性能。随着科技发展,智能化、自动化设备实现精准施工,绿色环保技术减少环境影响,新材料与新技术融合拓展应用边界,标准化规范保障施工质量。这些技术的演进与应用,为水利工程高质量建设提供了坚实支撑。

关键词: 水利工程;基础处理;施工技术

引言

水利工程基础作为整个工程的根基,其施工质量直接关系到工程的安全性、耐久性和功能性。在复杂地质条件与高标准建设要求下,基础处理施工技术的优化与创新成为关键。本文围绕地基加固、防渗、桩基础施工及排水等核心技术展开分析,探讨其施工要点与应用效果,并结合行业发展趋势,研究智能化、绿色化、标准化等方向对水利工程基础处理施工技术的推动作用。

1 水利工程基础处理概述

水利工程基础处理是确保水利设施安全稳定运行的关键环节,其核心在于通过技术手段增强地基的承载能力、改善变形特性并提升抗渗性能。地基作为水利工程的重要承载体,其质量直接影响水工建筑物的安全性和耐久性,需根据不同地质条件、工程类型及功能需求,采用适宜的处理方法。软土地基处理是水利工程基础处理的常见难题。软土具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、强度低等特性,易引发地基沉降、不均匀变形甚至失稳问题。针对此类地基,常采用排水固结法,通过设置砂井、塑料排水板等竖向排水体,加速孔隙水排出,促使土体固结,提高地基强度;也可采用换填法,将软土层挖除后换填强度较高、压缩性较低的材料,如砂石、灰土等,以改善地基的物理力学性能。强夯法利用重锤从高处自由落下产生的冲击力,使地基土密实,从而提高地基承载力和减小沉降量。岩基处理同样不容忽视。虽然岩石地基一般具有较高的强度和稳定性,但节理、裂隙发育的岩基可能存在渗漏和抗滑稳定等问题。对于岩基防渗,通常采用帷幕灌浆技术,通过钻孔向岩体内注入水泥浆等防渗材料,形成连续的防渗帷幕,阻止地下水渗漏;为提高岩基的抗滑稳定性,可采用锚固技术,利用锚杆或锚索将不稳定岩体与稳定岩体相连,增加岩体的抗滑力。随着水利工程建设向大型化、复杂

化发展,基础处理技术也在不断创新。复合地基处理技术融合多种方法优势,将桩体与土体共同作用形成复合地基,显著提高地基承载力;新型材料如高分子防渗材料、高性能灌浆材料的应用,进一步提升了基础处理的效果和耐久性。水利工程基础处理通过科学选择和合理应用技术方法,为水利工程的长期稳定运行筑牢根基,保障工程发挥防洪、灌溉、发电等综合效益。

2 水利工程基础处理施工技术分析

2.1 地基加固技术

(1) 深层搅拌加固技术是通过特制的深层搅拌机,在地基深部将软土和水泥、石灰等固化剂强制搅拌,使软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的桩体或地下连续墙,从而提高地基承载力、减少沉降。该技术适用于淤泥、淤泥质土、粉土等软土地基,尤其在含水量高、压缩性大的土层中,能有效改善地基的物理力学性能。(2) 强夯加固技术利用重锤从高处自由落下产生的巨大冲击能,对地基展开强力且高效的夯实作业。在冲击过程中,土体颗粒会在强大外力作用下重新排列组合,原本疏松的孔隙被大幅压缩。此技术适用范围广泛,可处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性土、湿陷性黄土等多种地基,对消除地基土的湿陷性、提高地基密实度效果显著,能大幅提升地基的承载能力。(3) 注浆加固技术是将配置好的浆液,通过注浆泵注入地基土的孔隙、裂隙或空洞中,浆液在压力作用下填充、渗透、挤密土体,待浆液凝固后,与土体形成一个整体,提高土体的强度和稳定性。该技术可根据不同的地质条件和工程要求,选择不同的注浆材料和注浆工艺,适用于各种软弱地基的加固,有效改善地基的不均匀沉降问题^[1]。

2.2 地基防渗技术

(1) 混凝土防渗墙技术是在松散透水地基或土石坝

坝体中建造的地下连续混凝土墙,作为防渗结构。施工时采用专用的成槽机械,按设计的墙段长度和深度,在土中开挖出槽孔,然后在槽内浇筑混凝土,形成连续的墙体。该技术防渗效果好、适应性强,可用于砂砾石地基、粉土地基等多种透水地基的防渗处理,有效截断地下水的渗流通道,保证水利工程的安全运行。(2)帷幕灌浆技术是利用钻孔将浆液注入岩石或土体的裂隙、孔隙中,形成一道连续的阻水帷幕,以减少地基的渗流量,降低扬压力。根据工程地质条件和防渗要求,可采用不同的灌浆材料和灌浆工艺,如水泥灌浆、化学灌浆等。帷幕灌浆技术常用于岩石地基的防渗处理,能有效提高地基的抗渗性能,保障水工建筑物的稳定。(3)土工膜防渗技术采用高分子聚合物制成的土工膜作为防渗材料,通过铺设、焊接等工艺,将土工膜固定在地基表面或坝体中,形成防渗层。土工膜具有良好的防渗性能、抗腐蚀性和柔韧性,施工操作简便、材料成本较低,尤其适用于小型水利工程以及一些特殊地质条件下的防渗处理,可有效防止水分渗漏,保护地基和坝体的稳定。

2.3 桩基础施工技术

(1)预制桩施工技术是在工厂或施工现场预先制作桩体,然后通过锤击、静压、振动等方式将桩体沉入地基中。预制桩具有质量稳定、施工速度快、承载力高等优点,常见的有钢筋混凝土预制桩和预应力混凝土预制桩。锤击法施工时,利用桩锤的冲击力将桩打入土中,适用于各种土层;静压法施工则通过静力压桩机将桩压入地基,对周围环境影响小,适用于软土地基。(2)灌注桩施工技术是在施工现场的桩位上先成孔,然后在孔内放入钢筋笼,再浇筑混凝土形成桩体。根据成孔方式的不同,灌注桩可分为钻孔灌注桩、挖孔灌注桩、沉管灌注桩等。钻孔灌注桩采用机械钻孔,成孔质量好,能适应各种复杂地质条件;挖孔灌注桩则通过人工挖孔,施工过程直观,可直接观察孔内地质情况,但劳动强度较大,适用于无水或渗水量较小的土层。(3)钢桩施工技术以钢材为材料制成桩体,具有强度高、抗冲击性能好、施工速度快等特点。常见的钢桩有钢管桩和H型钢桩。钢管桩的截面为圆形,在水中或软土地基中具有较好的适应性,可通过打入、压入等方式施工;H型钢桩的截面为工字形,与基础结构连接方便,常用于工业与民用建筑以及水利工程的基础处理,能有效提高基础的承载能力和稳定性^[2]。

2.4 地基排水技术

(1)砂井排水技术是在地基中设置一系列的砂井,

作为排水通道,加速地基土中孔隙水的排出,从而加快地基土的固结沉降。施工时,先在地基表面铺设砂垫层,然后利用打桩机将带有活瓣桩靴的钢管打入土中,形成桩孔,再在桩孔内填入中、粗砂,形成砂井。该技术适用于深厚的软黏土地基,可有效缩短地基的排水路径,提高地基的固结速度,增强地基的稳定性。(2)塑料排水板排水技术采用塑料排水板代替砂井作为排水通道,塑料排水板由芯板和滤膜组成,具有排水性能好、质量轻、强度高、施工方便等优点。施工时,通过专用的插板机将塑料排水板插入地基中,然后在地基表面铺设砂垫层,与塑料排水板形成完整的排水系统。该技术广泛应用于软土地基处理,能有效加速地基土的排水固结,减少地基的沉降量。(3)真空预压排水技术是在地基表面铺设砂垫层,然后在砂垫层上覆盖不透气的薄膜,通过真空泵抽气,使地基土中形成负压,加速孔隙水的排出。该技术结合了排水和加压两种作用,可显著提高地基土的强度和稳定性,适用于含水量高、压缩性大的软土地基。在真空预压过程中,地基土中的孔隙水在压力差的作用下,通过排水通道排出,同时地基土在负压作用下产生固结,有效改善地基的力学性能。

3 水利工程基础处理施工技术的发展趋势

3.1 智能化与自动化

水利工程基础处理施工的智能化与自动化发展依托先进的传感技术、人工智能算法和自动化设备,通过在施工区域布设大量传感器,实时采集地质参数、土体应力、设备运行状态等多维度数据。借助物联网技术,这些数据被传输至中央控制系统,利用深度学习模型进行分析处理,系统能够快速识别潜在风险,如地基沉降异常、灌浆压力波动等,并自动调整施工参数,实现施工过程的动态优化。在钻孔灌注桩施工中,自动化成孔设备可依据预设程序精准控制钻进深度、速度及泥浆性能,配合智能钢筋笼吊装系统,显著提升施工效率与精度,同时减少人工操作误差。自动化监测设备持续跟踪基础变形情况,一旦发现异常立即预警并启动应急处置方案,保障施工安全与质量。随着机器人技术的进步,特种施工机器人逐步应用于狭窄空间或复杂地质条件下的基础处理作业,如水下基础加固、溶洞填充等,凭借其灵活的操作性能和精准的作业能力,有效解决传统人工施工难题,推动水利工程基础处理施工向无人化、智能化方向迈进。

3.2 绿色环保化

在水利工程基础处理施工领域,绿色环保化趋势体现在全流程的节能减排与生态保护。施工过程中,通过

优化施工工艺减少能源消耗,采用新型低能耗机械设备替代传统高耗能设备,如变频调速的桩基施工机械,根据实际工况自动调节功率,降低运行能耗。在基础处理材料方面,积极研发和应用绿色环保型材料,生物降解型止水材料在完成防渗任务后可自然分解,避免对环境造成长期污染;生态型灌浆材料采用工业废弃物作为主要原料,在实现资源再利用的同时,减少水泥等传统材料的使用,降低碳排放。基础处理施工往往涉及大量土方开挖与回填,通过科学规划土方调配方案,减少土方运输距离和临时堆放面积,采用植被覆盖、防尘网等措施防止水土流失和扬尘污染。在水下基础施工中,采用环保型施工工艺,减少对水体生态系统的扰动,利用声呐探测技术精准定位施工区域,避免破坏水生生物栖息地,施工结束后及时开展生态修复工作,如投放人工鱼礁、种植水生植物,促进水域生态系统的恢复与平衡,实现水利工程建设与生态环境保护的协同发展^[3]。

3.3 新材料与新技术融合

新材料与新技术的深度融合为水利工程基础处理施工带来革命性突破。纳米材料凭借其独特的物理化学性质,被应用于基础防渗加固领域,纳米二氧化硅颗粒能够填充土体微小孔隙,显著提高土体的密实度和防渗性能;纳米聚合物材料可增强灌浆材料的粘结强度和耐久性,使基础结构更加稳固。新型复合材料如碳纤维增强复合材料(CFRP),因其高强度、耐腐蚀的特性,在基础补强加固中发挥重要作用,通过将CFRP材料粘贴或包裹在基础结构表面,可有效提高结构的承载能力和抗变形能力。3D打印技术与新型建筑材料结合,在水利工程基础处理中展现出巨大潜力,利用可打印的高强度混凝土材料,能够快速构建复杂形状的基础构件,实现按需定制,减少模板使用和材料浪费。生物技术与基础处理技术的融合催生了生物矿化加固技术,通过微生物诱导碳酸钙沉淀,在地基土中形成胶结物,提高土体强度和稳定性,这种技术具有环境友好、可持续的特点,为水利工程基础处理提供了新的技术途径。新材料与新技术的不断融合,持续推动水利工程基础处理施工技术向更高水平发展。

3.4 标准化与规范化

水利工程基础处理施工的标准化与规范化是保障工程质量和安全的关键。在施工工艺方面,通过对不同地质条件、工程类型的基础处理施工经验进行系统总结,制定统一的施工工艺标准和操作规范,明确各施工环节的技术要求和质量控制要点。从基础开挖的坡度、深度控制,到地基处理的方法选择、施工参数确定,再到基础结构的浇筑、养护流程,都有详细的标准可依,确保施工过程的一致性和可重复性。在质量检测与验收环节,建立完善的检测指标体系和验收标准,运用先进的无损检测技术,如超声波检测、探地雷达检测等,对基础结构的完整性、密实度等进行精确检测,依据标准判定工程质量是否合格。标准化的施工管理流程贯穿项目始终,从施工组织设计、人员设备调配,到进度控制、成本管理,都遵循既定的规范和流程,提高施工管理效率和项目执行能力。标准化与规范化还体现在施工安全方面,制定严格的安全操作规程和应急预案,规范施工人员行为,降低安全事故发生概率,保障水利工程基础处理施工的顺利开展和工程长期稳定运行^[4]。

结语

综上所述,水利工程基础处理施工技术保障水利工程建设质量的关键环节。地基加固、防渗、桩基础及排水等施工技术的合理应用,有效提升了工程基础的稳定性与可靠性。面向未来,智能化、绿色环保、新材料新技术融合及标准化规范化的发展趋势,将持续推动水利工程基础处理施工技术迭代升级,为水利事业的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]饶明强.水利工程基础处理施工技术研究[J].中华建设,2022(32):164-166.
- [2]周玉荣.水利工程基础处理施工技术研究[J].世界家苑,2021(16):94.
- [3]高伯川.水利工程基础处理施工技术研究[J].电脑爱好者(电子刊),2020(12):4419-4420.
- [4]李冲.水利工程基础处理施工技术研究[J].电脑校园,2020(10):1883-1884.