

深水基础施工中的防渗处理技术及应用

欧阳为新

江西久源建设工程有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i10.5758

[摘要] 深水基础施工是水利工程建设中的关键环节,而防渗处理直接影响工程质量和安全。该文分析了深水基础施工中常见的渗漏问题,介绍了多种先进的防渗处理技术,包括高压旋喷注浆、混凝土防渗墙、土工膜铺设等。通过实际工程案例,详细阐述了这些技术在不同地质条件和工程环境下的应用方法、效果评估及注意事项。研究表明,合理选择和综合运用这些防渗技术,能有效解决深水基础施工中的渗漏问题,提高工程质量和使用寿命。

[关键词] 深水基础; 防渗处理; 高压旋喷注浆; 混凝土防渗墙; 土工膜

中图分类号: TV443 文献标识码: A

Anti seepage treatment technology and application in deepwater foundation construction

Weixin Ouyang

Jiangxi Jiuyuan Construction Engineering Co., Ltd

[Abstract] Deep water foundation construction is a key link in water conservancy engineering construction, and anti-seepage treatment directly affects the quality and safety of the project. This article analyzes common leakage problems in deepwater foundation construction and introduces various advanced anti-seepage treatment technologies, including high-pressure rotary jet grouting, concrete anti-seepage walls, and geomembrane laying. Through practical engineering cases, the application methods, effectiveness evaluation, and precautions of these technologies in different geological conditions and engineering environments are elaborated in detail. Research has shown that the rational selection and comprehensive application of these anti-seepage technologies can effectively solve the leakage problem in deepwater foundation construction, improve engineering quality and service life.

[Key words] Deepwater foundation; Anti-seepage treatment; High pressure rotary jet grouting; Concrete impermeable wall; Geotextile membrane

深水基础施工是水利水电、桥梁、港口等大型工程建设中的重要环节。在施工过程中,由于水压大、地质条件复杂等因素,常常面临严重的渗漏问题,影响工程质量和安全。因此,采用先进的防渗处理技术至关重要。近年来,随着材料科学和施工工艺的进步,防渗处理技术不断创新和发展,为解决深水基础渗漏问题提供了新的思路和方法。

1 深水基础施工中的渗漏问题分析

1.1 渗漏原因

深水基础施工中的渗漏问题主要源于多方面因素的综合作用。首先,地质条件的复杂性,如断层、裂隙和溶洞的存在,为水流提供了天然通道。其次,高压环境下,即使微小的缝隙也可能导致显著渗漏。施工过程中的质量问题,如混凝土浇筑不密实、止水带安装不当等,也是常见原因。此外,材料选择不当、设计缺陷、以及长期使用过程中的结构老化和损伤,都可能引

发或加剧渗漏^[1]。了解这些原因,对于制定有效的防渗策略至关重要。

1.2 渗漏危害

渗漏对深水基础工程造成的危害是多方面的,影响深远。首要的是安全隐患,持续的渗漏会逐渐侵蚀结构材料,降低其强度和稳定性,严重时可能导致工程失效。其次,渗漏会引起地下水位变化,影响周边环境,可能造成地面沉降或隆起。在水利工程中,渗漏还会导致水资源损失,降低工程效益。此外,渗漏会加速结构老化,增加维护成本。在一些特殊工程中,如核电站,渗漏还可能引发环境污染。因此,及时发现和处理渗漏问题,对确保工程长期安全运行至关重要。

1.3 防渗处理的重要性

鉴于渗漏问题的广泛存在和潜在危害,防渗处理在深水基础施工中占据核心地位。首先,有效的防渗措施能显著提高工程

的安全性和耐久性, 延长使用寿命。其次, 防渗处理有助于保护环境, 维持地下水平衡, 防止水资源浪费。从经济角度看, 前期的防渗投入可大幅减少后期的维护成本和潜在损失。此外, 在一些特殊工程中, 如核设施, 防渗处理直接关系到公共安全。因此, 将防渗处理作为深水基础施工的重中之重, 不仅是技术需求, 更是工程质量和社会责任的体现。

2 深水基础防渗处理技术

深水基础防渗处理技术是确保水利工程安全和效益的关键。随着工程规模的扩大和复杂性的增加, 防渗技术不断创新和发展。主要包括高压旋喷注浆、混凝土防渗墙、土工膜铺设、化学灌浆和冷冻法等。这些技术各有特点和适用条件, 可单独使用或组合应用^[2]。高压旋喷注浆技术利用高压射流切割并加固土体, 适用于各种地层; 混凝土防渗墙技术通过开槽灌注形成连续墙体, 适合深度较大的工程; 土工膜铺设技术利用人工合成材料阻断水流, 适用于水库和堤坝; 化学灌浆技术通过注入化学材料填充孔隙, 适合处理局部渗漏; 冷冻法则通过人工冻结土体形成临时防渗屏障, 适用于特殊地质条件。选择合适的防渗技术需综合考虑工程地质条件、水文特征、施工环境、工期和经济性等因素。随着新材料、新工艺和智能监测技术的应用, 深水基础防渗处理技术正朝着更高效、更环保、更可靠的方向发展。

3 防渗处理技术在深水基础施工中的应用

3.1 高压旋喷注浆技术

高压旋喷注浆技术是深水基础防渗的有效方法。施工时, 使用钻机将钻杆送入地层预定深度。钻杆顶部连接高压泵和搅拌设备, 底部安装特制喷嘴。通过高压泵将水泥浆以20~40MPa压力从喷嘴喷出, 同时旋转提升钻杆。高压射流切割并扰动土体, 与水泥浆充分搅拌, 形成直径1~5米的水泥土柱体。多根柱体相互搭接, 构成连续的防渗帷幕。该技术适用于砂土、粘土等各种地层, 尤其在砂卵石层效果显著。施工过程中, 通过调节喷射压力、提升速度和水泥浆配比, 可控制柱体直径和强度, 确保防渗效果。

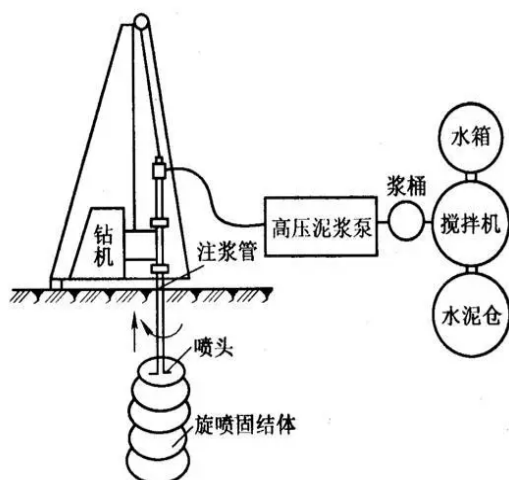


图1 高压旋喷注浆技术

3.2 混凝土防渗墙技术

混凝土防渗墙技术是深水基础防渗的主要方法之一。施工开始前, 先进行导墙施工, 确保槽壁稳定^[3]。然后使用液压抓斗或铣槽机开挖槽段, 同时灌注膨润土泥浆维持槽壁稳定。达到设计深度后, 放置钢筋笼, 采用导管法浇筑水下混凝土。为确保墙体连续性, 常采用单元法施工, 相邻槽段搭接。混凝土浇筑时, 使用自动化监测系统控制导管埋深和提升速度, 保证混凝土质量。该技术适用于深度较大的防渗工程, 可有效阻断地下水流动。

3.3 土工膜铺设技术

土工膜铺设技术在水库、堤坝等深水基础防渗中得到广泛应用。施工时, 首先平整基础并铺设土工布作为保护层。然后将大型土工膜卷运至现场, 使用专业设备展开铺设。关键在于接缝处理, 通常采用热熔焊接或化学粘接, 并进行气压测试确保密封性。在陡坡或水下区域, 常使用锚固系统固定土工膜。铺设完成后, 再覆盖保护层防止膜体破损。整个过程需要专业团队操作, 并采用全方位质量控制措施, 如实时监测、定期检查等, 以确保防渗效果的持久性。

3.4 化学灌浆技术

化学灌浆技术在处理深水基础局部渗漏问题时效果显著。施工时, 先通过钻探或声波探测等方法精确定位渗漏点。然后, 选用适合的化学灌浆材料, 如水玻璃、聚氨酯等。使用高压灌浆泵将材料注入渗漏区域, 材料在孔隙中固结形成防渗屏障。灌浆过程中, 通过压力、流量等参数实时监控灌浆效果。对于大面积渗漏, 常采用格栅式布置灌浆孔。灌浆完成后, 进行质量检测, 必要时进行补充灌浆。该技术操作灵活, 对既有结构干扰小, 特别适合已建工程的渗漏治理。

3.5 冷冻法

冷冻法在特殊地质条件下的深水基础防渗中发挥重要作用。实施时, 首先在待处理区域周围布置冷冻管。通过制冷站将低温介质(如液氮或盐水)输送至冷冻管, 逐渐冻结周围土体和地下水, 形成临时的冰土防渗墙^[4]。冻结过程中, 使用温度传感器和位移监测系统实时监控冻土体的生长。冻结完成后, 在冰墙保护下进行开挖或结构施工。工程完成后, 通过向地层注入热盐水或电热的方式进行解冻。该技术特别适用于流砂层、承压水层等传统方法难以处理的地质条件。

4 深水基础防渗处理技术应用注意事项

4.1 技术选择与组合策略

深水基础防渗处理技术的选择和组合基于详细的工程地质勘察, 包括钻探、物探和原位测试。根据勘察结果和工程要求, 制定初步方案。例如, 复杂地质可能需要结合高压旋喷和混凝土防渗墙; 已建工程渗漏处理可能更适合化学灌浆。方案确定后进行小范围试验, 验证可行性并优化参数。大型水利工程常见组合包括“帷幕灌浆+混凝土防渗墙”、“高压旋喷+土工膜”等。选择时还需考虑施工条件、设备可获得性、工期和成本。实施过程中保持灵活性, 根据实际情况及时调整策略。

4.2 施工质量控制体系

深水基础防渗工程的质量控制体系包括多个层次。首先制定详细的质量控制计划,明确各工序的标准和控制点。配备专业检测团队和先进设备,如声波检测仪、渗透仪等。采用实时监测系统,如光纤传感、GPS变形监测,及时发现问题。关键工序如高压旋喷压力控制、混凝土防渗墙灌注质量等,使用自动化控制系统减少人为误差。建立完善的记录和追溯机制,确保可控^[5]。定期召开质量分析会,总结经验。

4.3 环境影响评估方法

深水基础防渗处理的环境影响评估采用全面、动态的方法。工程规划阶段进行初步评估,包括生态调查、水文分析和社会影响评估,据此优化方案,如调整施工时序避开生态敏感期。施工过程中建立环境监测网络,包括水质、噪声监测点等,实时监控环境变化。化学灌浆等技术特别关注地下水影响,采用示踪试验评估污染扩散。建立应急响应机制和环境事故预案。冷冻法应用重点评估地温场影响。采用生态补偿措施,如建设鱼道、增殖放流等。工程完工后进行长期生态监测,评估对区域水文地质的影响,并适时调整运行策略。

4.4 经济性分析模型

深水基础防渗处理技术的经济性分析采用全生命周期成本模型。构建详细成本结构,包括初始投资、运营成本和风险成本。使用概率统计方法如蒙特卡洛模拟,评估成本不确定性。考虑防渗效果对发电、灌溉等效益的影响,通过对比不同方案的渗漏损失量化经济效益。将环境成本纳入模型,如生态补偿、碳排放成本等。长期项目采用净现值法或内部收益率法,考虑资金时间价值。进行敏感性分析,识别关键影响因素如材料价格波动。

5 结语

深水基础施工中的防渗处理技术在实践应用中展现了显著成效。高压旋喷注浆、混凝土防渗墙和土工膜铺设等技术的灵活运用,有效解决了各种复杂工程环境下的渗漏难题。这些技术的成功应用关键在于因地制宜,需要全面考虑地质条件、水文特征和具体工程需求。随着材料科学和工艺技术的不断进步,深水基础防渗处理技术正朝着更加精细化和智能化的方向发展。新型材料的应用和智能监测系统的引入,将进一步提高防渗效果和施工效率。这些进步将为水利工程的安全性和经济效益提供更加强有力的技术支撑,推动水利事业的可持续发展。

[参考文献]

- [1]李胜春,周龙,郑松文.复合式深水围堰防渗体系施工技术研究[J].广东水利电力职业技术学院学报,2024,22(3):23-27+100.
- [2]李进洲.高压旋喷桩防渗墙加固深水钢围堰底板渗漏技术[J].建设监理,2023,(11):104-107+111.
- [3]王洪宇.矿区深水防渗河床上桥墩围堰施工技术[J].建筑施工,2023,45(07):1370-1373.
- [4]周鑫.软基高水位围堰填筑及塑性混凝土防渗墙施工[J].中华建设,2022,(05):144-145.
- [5]吴德东,周杰.深水钢板桩围堰防渗技术分析和堵漏施工方法[J].工程建设与设计,2021,(08):102-104.

作者简介:

欧阳为新(1987--),男,汉族,九江瑞昌人,大专,中级,研究方向:水利水电。