

水利工程施工中地下水控制技术研究

武进

安徽省临泉县田桥街道办事处, 安徽 临泉 236400

[摘要] 水利工程施工过程中, 地下水控制是保障工程顺利进行的重要环节。地下水位过高或水流渗透等问题, 往往会影响施工进度及工程质量。文中通过分析水利工程施工中的地下水控制现状, 探讨了多种地下水控制技术中的应用, 包括降水法、注浆法和围护结构的使用。结合典型案例, 提出了针对不同地质条件的地下水控制技术选择和优化措施。研究表明, 采用科学的地下水控制方案可以有效降低地下水对水利工程施工的负面影响, 确保施工安全和工程质量。

[关键词] 地下水控制; 水利工程; 施工技术; 降水法; 注浆法

DOI: 10.33142/hst.v8i1.15167

中图分类号: TV551.1

文献标识码: A

Research on Groundwater Control Technology in Water Conservancy Engineering Construction

WU Jin

Anhui Linquan Tianqiao Street Office, Linquan, Anhui, 236400, China

Abstract: Groundwater control is an important link in ensuring the smooth progress of hydraulic engineering construction. High groundwater levels or water infiltration often affect construction progress and project quality. The article analyzes the current situation of groundwater control in hydraulic engineering construction and explores the application of various groundwater control technologies, including precipitation method, grouting method, and the use of enclosure structures. Based on typical cases, the selection and optimization measures of groundwater control technologies for different geological conditions are proposed. Research has shown that adopting scientific groundwater control schemes can effectively reduce the negative impact of groundwater on hydraulic engineering construction, ensuring construction safety and engineering quality.

Keywords: groundwater control; water conservancy engineering; construction technology; precipitation method; grouting method

水利工程施工过程中, 地下水的存在是影响工程质量和施工进度的关键因素。随着施工深度的增加, 地下水的渗透和流动问题变得更加复杂, 尤其是在地下水位较高的地区, 容易引发渗漏、塌方等安全隐患。因此, 地下水控制技术成为水利工程建设中的重要技术之一。本文将对水利工程施工中常用的地下水控制技术进行系统分析, 探讨其在实际工程中的应用与优化, 为水利工程施工中的地下水问题提供科学的解决方案。

1 水利工程施工中的地下水问题概述

1.1 地下水对施工安全的影响

地下水的存在直接影响水利工程施工的安全性。在施工过程中, 若地下水位过高, 可能导致基坑或隧道塌方、滑坡等安全事故的发生。尤其是在进行深基坑或地下设施施工时, 地下水的渗透会导致土体的强度降低, 使土层的稳定性受到威胁, 增加了土壤的流动性。此外, 施工区域若存在明显的水流或高水位, 可能导致施工设备的基础不稳, 甚至造成设备倾斜或倒塌, 增加了安全隐患。为了防止这些问题, 地下水控制技术必须被严格执行。

1.2 地下水对工程质量的影响

地下水不仅影响施工安全, 还对工程质量产生重要影响。施工过程中, 地下水的渗透会造成混凝土浇筑质量问题, 导致混凝土的强度和耐久性下降, 甚至出现裂缝或水

泥剥落等现象。此外, 地下水在施工区域内的持续渗漏可能导致土壤膨胀或腐蚀, 影响结构的稳定性, 甚至可能导致后期的沉降、裂缝等质量问题。特别是在高水位地区, 地下水与施工材料的反应可能导致腐蚀性物质的形成, 增加了对建筑结构的长期影响, 因此在水利工程的施工过程中, 地下水的管理与控制至关重要^[1]。

1.3 施工过程中常见的地下水问题类型

在水利工程施工中, 地下水带来的问题通常表现为几个方面。首先, 地下水位过高是最常见的问题, 它会影响基坑的开挖, 增加排水和支护的难度。其次, 渗水问题是施工过程中另一个频发的情况, 特别是在地下结构施工时, 水的渗透会增加土层的湿度, 影响结构的施工质量。第三, 地下水流动的方向和速度有时难以预测, 若不加以控制, 可能导致水流的集中或分布不均, 从而加剧工程地质条件的复杂性, 甚至引发局部水土流失或塌方等严重问题。最后, 水质问题也不容忽视, 施工过程中, 水源的污染或泥沙的浑浊可能影响施工进度和施工质量, 甚至对周围环境造成污染。因此, 在施工阶段, 针对这些地下水问题的有效控制显得尤为重要。

2 地下水控制技术的基本原理与分类

2.1 地下水控制的基本原理

地下水控制的基本原理是通过改变地下水的流动路

径、降低地下水位、减少水流渗透或阻止水体进入施工区域，从而确保施工环境的稳定性。地下水的流动受到地形、土层性质、地下水补给条件等多方面因素的影响。在水利工程施工过程中，地下水控制通常依靠物理和化学手段来控制水流方向和水位高度，确保地下水对施工的负面影响最小化。通过降低地下水位、提高土体的抗渗性、加固支护结构等方式，地下水的渗透力和流动性会得到有效控制，避免水流对施工安全和质量造成威胁。

2.2 常见地下水控制技术的分类

地下水控制技术的分类主要依据技术的应用方式和作用机理来划分，常见的控制方法包括降水法、注浆法、围护结构法和排水系统的应用。

2.2.1 降水法

降水法是通过安装深井泵等设备抽取地下水，降低施工区域的地下水位，从而避免水位过高带来的安全隐患。降水法可以有效地在短时间内将地下水位控制在可接受范围内，通常用于地层渗透性较大的区域。常见的降水方法包括井点降水、深井降水和重力降水等。降水法的关键是准确计算水位降低的深度和范围，以确保施工环境的稳定。

2.2.2 注浆法

注浆法是将水泥、化学浆料等材料注入地下水渗透层，通过填充土体孔隙、裂缝等位置，减少水流的渗透性。注浆法适用于土层松散或者水流渗透严重的地区。通过注浆处理后，土层的抗渗性大大增强，可以有效阻止地下水进入施工区域，保证施工过程中的安全性与质量。注浆法常用于隧道、地下室和深基坑等项目。

2.2.3 围护结构法

围护结构法通过构建挡水墙、止水板等设施，形成一个封闭的防水屏障，从而将施工区域与地下水隔离。围护结构通常用于水位较高或地下水流动性强的区域。常见的围护结构形式有地下连续墙、钢板桩墙和混凝土防水墙等。通过围护结构的加固，地下水无法渗入施工区域，从而有效保证施工的顺利进行。

2.2.4 排水系统的应用

排水系统是通过设置排水管道、渗水井等设施，将施工区域内积水及时排出。排水系统广泛应用于地下工程、隧道和基坑等施工过程中，尤其在地下水位较高的区域。通过合理布置排水系统，能够持续排除地下水，并保持施工区域的干燥，从而避免积水对施工产生不利影响。排水系统的设计需要考虑地下水的流速、流向及水量等因素，以确保排水效果的最大化^[2]。

3 地下水控制技术在不同地质条件下的应用

3.1 在砂层中的地下水控制技术

在砂层中，地下水渗透性较强，水流较为迅速，控制地下水的难度较大。针对砂层的特点，常用的地下水控制技术包括降水法和注浆法。降水法主要通过井点降水系统

或深井泵降水来降低地下水位，以减轻砂层中地下水的渗透作用。由于砂层的孔隙度和渗透性较高，降水法通常需要较多的井点配置，以确保水位能够有效降低。在某些情况下，注浆法也可以与降水法结合使用，通过在砂层中注入水泥浆或化学浆料，填充孔隙，进一步增强土层的抗渗性，减少地下水渗透进入施工区域。

3.2 在黏土层中的地下水控制技术

黏土层的渗透性较低，地下水的流动速度较慢，但由于黏土具有较强的膨胀性和渗透性变化，仍需采取适当的控制技术。在黏土层中，降水法仍然是常用的技术，尤其是在需要开挖深基坑或地下结构时。通过井点降水系统或深井泵抽水，可以有效降低地下水位，减少施工中的渗水问题。然而，由于黏土层水流的缓慢特性，注浆法在此类地层中也有较好的应用效果，尤其是在处理土体裂缝或渗水点时。

3.3 在岩石层中的地下水控制技术

岩石层的渗透性相对较低，但由于岩石的裂缝和孔隙可能成为地下水流动的通道，地下水的控制同样面临一定挑战。在岩石层中，注浆法通常是最常用的技术，尤其是在裂缝较为发达的岩石层。通过注浆，可以填充岩石的裂缝或空隙，阻止水流的渗透和流动，确保施工区域的干燥。此外，围护结构法也可在岩层中应用，尤其是在高水位地区。通过设置地下连续墙或钢板桩墙等围护结构，可以有效隔绝地下水，防止其进入施工区，确保施工的顺利进行^[3]。

3.4 地质条件对技术选择的影响分析

地质条件对地下水控制技术的选择有着重要影响。不同的土层类型和地下水情况决定了采取哪种技术最为合适。在砂层中，由于渗透性强，通常需要综合采用降水法和注浆法，以确保地下水的有效控制。在黏土层中，尽管渗透性较低，但水流速度较慢，降水法和注浆法的结合能够有效减少水分渗透。在岩石层中，由于岩石可能具有复杂的裂缝系统，注浆法和围护结构法更为常见，能够有效隔断水流，保障施工环境的稳定。

4 地下水控制技术的优化与创新

4.1 技术优化的必要性

地下水控制技术的优化是确保水利工程施工安全和工程质量的关键。随着施工深度和工程规模的增加，传统的地下水控制技术往往面临着效率低、成本高或适应性差的问题。优化技术不仅能提高地下水控制的效率，还能降低施工成本，减少资源浪费。例如，针对不同地质条件下的地下水问题，优化降水法、注浆法等技术，可以提高水位控制的准确性和持久性，避免施工过程中出现因地下水渗漏引发的次生灾害。因此，技术优化的必要性不仅体现在提升施工效果上，更能增强工程的可持续性和经济性^[4]。

4.2 现代化设备在地下水控制中的应用

现代化设备的引入使地下水控制技术得到了显著提

升。先进的水泵设备、智能监测系统和自动化控制系统的使用，可以极大地提高地下水控制的效率和精度。例如，采用自动化的井点降水系统，结合实时监测和控制，可以动态调整水泵的运行参数，根据地下水位变化实时调整降水力度，从而实现精确控制。智能化水位监测仪器能够实时反映地下水位的变化趋势，使施工人员能够及时发现潜在风险并做出应对。

4.3 新型材料与技术的创新应用

新型材料和技术的创新应用在地下水控制中起到了重要作用。随着科技进步，开发出了一些高效、环保的新型水泥、化学注浆材料以及防水涂料，这些材料不仅具备更强的抗渗性和耐久性，还能减少对环境的影响。例如，采用高分子化学材料进行注浆，可以提高浆液的渗透能力和抗水压能力，在复杂地质环境下能够更好地控制地下水流动。此外，新型自愈合材料的研发为地下水控制提供了更多的可能性，这些材料在发生微裂缝时能够自动修复，有效延长地下水控制设施的使用寿命。

4.4 综合技术方案的提出与实施效果分析

随着地下水控制技术的不断发展，单一技术手段已无法满足复杂施工环境下的需求，因此，提出和实施综合技术方案成为一种趋势。在复杂地质环境下，可以根据实际情况将降水法、注浆法、围护结构法等多种技术结合使用，形成互补优势，达到更高效的地下水控制效果。例如，在某些高渗透性的砂层区域，先使用降水法降低地下水位，再通过注浆法强化土体的抗渗性，最后应用围护结构防止地下水进入施工区域。实施这一综合方案不仅能够提高地下水控制的稳定性，还能降低单一技术失败的风险。通过实际案例分析，综合技术方案的应用效果表明，在多种技术协同作用下，地下水控制的效果更加显著，施工环境的稳定性和工程的安全性得到了有效保障^[5]。

5 案例分析与实际应用

5.1 某大型水利工程的地下水控制案例

在某大型水利工程中，施工区域位于地下水位较高的砂层和黏土层交界处。施工方采用了综合地下水控制技术，包括降水法、注浆法和围护结构法。在初期阶段，使用井点降水系统降低地下水位，并通过实时水位监测系统动态调控水泵运作，以确保施工区域的干燥。接着，在部分渗透性较强的区域，采用了高效水泥浆注浆法，以提高土层的抗渗能力，减少水流对施工的影响。最后，为确保长期稳定性，施工方还设置了地下连续墙作为围护结构，进一步隔离地下水流动，保障了工程的施工安全和质量。

5.2 地下水控制技术在实际施工中的应用效果

该项目的地下水控制技术应用取得了显著效果。首先，降水法有效降低了地下水位，确保了基坑的干燥，避免了因地下水位过高导致的土体滑移和基坑塌方问题。其次，注浆法在施工过程中成功阻止了水流的渗透，特别是在渗水较为严重的砂层区域，注浆提高了土层的抗渗性，避免了混凝土浇筑过程中水分渗入，确保了混凝土结构的质量。围护结构的使用有效防止了外部水流进入施工区域，减少了施工环境的不稳定因素。

5.3 案例分析中的经验教训与改进措施

通过此次案例分析，施工方总结了以下经验与教训：首先，降水法在某些特殊地质条件下效果不如预期，特别是在黏土层中，降水过程较为缓慢，需与其他技术如注浆法配合使用，确保水位的快速下降。其次，注浆法的选择材料和施工工艺需要更加精细，避免出现局部注浆不均匀的现象，导致渗水控制不完全。最后，围护结构的设置必须根据地下水流动方向和土质条件精确设计，避免因水流压力过大而导致结构变形或损坏。

6 结束语

地下水控制技术在水利工程施工中具有重要作用，通过合理选择和优化技术方案，可以有效解决地下水带来的安全和质量问题。实际应用中，降水法、注浆法和围护结构法等技术相互配合，能够显著提高施工效率和安全性。案例分析表明，技术的综合运用和精细化管理对项目的成功至关重要。在未来的工程实践中，应进一步优化技术手段，加强现场管理与技术创新，以应对复杂地质条件下的地下水控制挑战，确保水利工程的顺利实施。

[参考文献]

- [1]王祥国. 水利工程基础施工中地下水的处理研究[J]. 中国新技术新产品, 2019(4): 114-115.
- [2]王丽娟, 王学. 水利工程施工组织与项目管理技术分析[J]. 黑龙江水利科技, 2024, 52(11): 83-85.
- [3]刘思佳, 王佳玮, 王晨, 等. 水利工程施工技术及其管理水平提升策略[J]. 价值工程, 2024, 43(33): 63-65.
- [4]胡忠军. 水利工程施工中混凝土裂缝控制策略探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(33): 79-81.
- [5]周阜军, 陆凤华, 商志清, 等. 水利工程地基施工过程中地下水污染生态净化处理研究[J]. 环境科学与管理, 2021, 46(5): 79-83.

作者简介：武进（1970.11—），男，汉族，专科，水利水电助理工程师，就职于安徽省临泉县田桥街道办事处，从事水利工作。