

# 水利工程中地下水控制技术研究

李立明

宁夏水利水电工程局有限公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 地下水作为重要的淡水资源,在维持生态平衡和人类生活方面发挥着至关重要的作用。然而,在水利工程建设运营过程中,地下水控制成为了一个不可忽视的问题。本文旨在探讨水利工程中地下水控制技术的现状、原理、应用及发展趋势,以期对相关领域的研究和实践提供参考。

**关键词:** 水利工程;地下水;控制技术

## 引言

水利工程在调节水资源、防洪抗旱、发电灌溉等方面发挥着巨大作用。然而,水利工程的实施往往会对地下水环境产生影响,如地下水位变化、水质污染等。因此,研究水利工程中地下水控制技术,对于保障水利工程的安全运行和地下水资源的可持续利用具有重要意义。

### 1 水利工程中地下水控制技术的理论基础

#### 1.1 地下水动态平衡机制

地下水系统是一个复杂的自然体系,其水位与水质均处于动态平衡之中,这一平衡状态由地下水的自然补给(如降雨入渗、地表水渗漏等)和排泄(如蒸发、植物蒸腾、地下径流等)过程共同维持。在水利工程的规划与实施中,必须充分考虑这一动态平衡机制。通过科学设计排水系统、合理布置防渗设施,以及采取人工补给措施等手段,可以有效调控地下水的补给与排泄过程,确保地下水位波动在可控范围内,从而最大限度地减少水利工程建设与运营对周边地下水环境的干扰和破坏。

#### 1.2 地下水渗流理论——达西定律的应用

地下水在岩土介质中的流动遵循达西定律,这是描述地下水渗流速度与水力梯度之间关系的基本物理定律。具体而言,地下水流量与岩土的渗透系数(表征岩土透水能力的参数)及水力梯度(即水位差与渗流路径长度的比值)成正比。在水利工程实践中,利用达西定律可以精确计算地下水流动路径、流速及流量,为工程设计和施工提供重要依据。例如,通过合理布置排水井群、设置防渗帷幕等措施,可以有效引导和控制地下水的流动方向,避免地下水对工程结构产生过大的水压力,确保工程结构的安全稳定。同时,基于达西定律的渗流分析还有助于评估地下水开采对周边环境的影响,为水资源的可持续利用提供科学指导。

### 2 水利工程中地下水控制技术的分类及应用

#### 2.1 地下水隔离技术

##### 2.1.1 地下连续墙

地下连续墙是一种高度专业化的地下结构形式,通过在地面以下连续浇筑混凝土,形成一道坚固且连续的墙体,以达到隔离地下水与工程区域的目的。这一技术因其出色的防水性能和结构强度,在水利工程的多个领域得到了广泛应用。地下连续墙的施工通常采用挖槽、放置钢筋笼、浇筑混凝土等步骤。挖槽过程需精确控制深度和宽度,以确保墙体的稳定性和防水性能。钢筋笼的放置则增强了墙体的承重能力和抗渗性能。浇筑混凝土时,需选用高质量的材料,并采用振捣等工艺确保混凝土的密实度。地下连续墙特别适用于深基坑、地下隧道等大型地下工程。在深基坑工程中,它能有效防止地下水渗漏和基坑突水,为基坑开挖和主体结构施工提供安全的作业环境<sup>[1]</sup>。在地下隧道工程中,地下连续墙则作为隧道的外围防护结构,承受水土压力,保护隧道免受地下水侵蚀。地下连续墙技术具有施工效率高、防水性能好、结构强度高优点。它能在复杂的地质条件下形成连续的防水屏障,有效隔绝地下水与工程区域的联系。此外,该技术还具有良好的耐久性和抗震性能,能够长期保持稳定的防水效果。尽管地下连续墙技术具有诸多优势,但在施工过程中也面临着一些挑战,如施工难度大、成本较高、对环境影响大等。为解决这些问题,工程界不断探索新的施工技术和材料,如采用预制墙板、优化施工工艺等,以降低施工难度和成本,减少对环境的影响。同时,加强施工过程中的质量监控和安全管理,确保地下连续墙的施工质量和安全性能。

##### 2.1.2 帷幕灌浆

帷幕灌浆作为一种高效的地下水控制技术,在水利工程中发挥着至关重要的作用。该技术通过在地下特定深度钻孔,并向孔内注入特制的浆液,待浆液凝固后,形成一道连续、密实的隔水帷幕,从而有效阻止地下水的渗透。帷幕灌浆的核心在于钻孔和注浆两个环节。钻

孔需根据地质条件和设计要求,精确确定钻孔的位置、深度和直径。注浆则要求选用合适的浆液材料,如水泥、膨润土、水玻璃等,并根据实际情况调整浆液的配比和注浆压力,以确保帷幕的密实度和防水性能。帷幕灌浆技术尤其适用于地质条件复杂、地下水丰富的地区。在岩溶地区,由于岩溶发育,地下水流动通道复杂,传统的防水方法往往难以奏效。而帷幕灌浆技术则能够通过注浆填充岩溶洞穴和裂隙,形成有效的隔水层。在断层破碎带,由于岩层破碎、裂隙发育,地下水易于渗透。帷幕灌浆技术能够通过注浆加固岩层,提高岩体的整体性和抗渗性能。帷幕灌浆技术具有施工灵活、适应性强、防水效果好的优点。它能够根据不同的地质条件和工程需求,灵活调整钻孔和注浆参数,形成符合要求的隔水帷幕。同时,该技术还能够提高岩体的稳定性和承载力,减少地下水对工程结构的侵蚀和破坏。尽管帷幕灌浆技术具有诸多优势,但在施工过程中也面临着一些挑战,如钻孔难度大、注浆压力控制复杂、环境影响等。为解决这些问题,需要采用先进的钻孔设备和注浆技术,加强施工过程中的质量监控和安全管理,并注重环境保护和生态恢复工作。通过这些措施,可以确保帷幕灌浆技术的施工质量和防水效果,为水利工程的安全运行提供有力保障。

## 2.2 地下水疏排技术

### 2.2.1 井点降水

井点降水是一种广泛应用于水利工程中的地下水疏排技术,其核心在于通过在地下水位以下设置井点,并利用真空原理抽取地下水,从而有效降低地下水位,为工程施工和运营创造有利条件。井点降水技术基于真空抽水的原理,通过井点管与真空泵的连接,形成负压环境,使地下水在压力差的作用下被抽取至地表。这一过程中,关键设备包括井点管、真空泵、滤水管以及相应的管路连接件。井点管的布置需根据地下水位、土层渗透性等因素综合考虑,以确保降水效果。井点降水技术特别适用于渗透系数较大的砂土、碎石土等土层,这些土层因颗粒间空隙大,地下水流动相对容易,便于井点降水技术的实施。同时,该技术也适用于地下水位较高、降水深度较大的情况,如深基坑开挖、地下工程建设等场景。井点降水的施工流程包括井点布置、钻孔安装井点管、连接真空泵、启动抽水等步骤。在施工过程中,需严格监控地下水位的变化,以及井点降水对周边环境的影响,如地面沉降、周边建筑物稳定性等<sup>[2]</sup>。通过科学的施工管理和监控措施,可以确保井点降水技术的有效实施,并最大程度地减少对周边环境的影响。井点

降水技术具有施工便捷、降水效果显著、适用范围广等优点。然而,该技术也存在一定的局限性,如降水过程中可能导致土层固结、地面沉降等环境问题,以及设备投入和运行成本相对较高。因此,在实际应用中需综合考虑技术、经济和环境因素,制定合理的井点降水方案。

### 2.2.2 深井井点降水

深井井点降水作为地下水疏排技术的一种,特别适用于地下水位较深、降水难度较大的情况。这一技术通过在地下深处钻设深井,并利用深井泵高效抽取地下水,以达到降低地下水位的目的。深井井点降水技术的主要特点在于其深井结构和高效的抽水系统。深井通常钻至含水层以下,能够直接抽取深层的地下水,因此降水效果显著。同时,由于深井的抽水系统位于地下深处,对地表和浅层土层的影响较小,有助于减少地面沉降等环境问题。此外,深井井点降水技术还具有运行稳定、维护简便等优点,适用于长期或大规模的地下水疏排工程。深井井点降水技术特别适用于地下水位较深、土层渗透性较差或降水难度较大的情况,如深层承压水降水、大型地下工程建设等。然而,该技术的实施也受到一些限制因素的影响,如地质条件复杂、钻井难度大、成本较高等。因此,在实际应用中需综合考虑技术可行性、经济性和环境影响等因素,进行合理的方案设计和选择。深井井点降水的施工包括钻井、安装深井泵、连接管路等步骤。在施工过程中,需严格监控钻井的深度、直径和垂直度等指标,确保深井的结构安全和抽水效率。同时,还需对抽水过程进行实时监控,调整抽水参数以优化降水效果,并密切关注周边环境的响应,如地面沉降、水质变化等,以确保工程的安全和环境的可持续性。

## 2.3 地下水回灌技术

地下水回灌作为一种创新的水资源管理策略,旨在将经过严格处理的地表水或再生水重新注入地下含水层,以有效补充地下水资源,并维持地下水位的动态稳定。这一技术在地下水超采严重、地下水位持续下降的地区具有显著的应用价值,对于缓解地下水危机、保护生态环境具有重要意义。地下水回灌技术的关键在于水源的选择与处理。通常,用于回灌的水源包括经过高级处理的城市污水、工业废水以及雨水等。这些水源在回灌前需经过多道处理工序,包括物理过滤、化学沉淀、生物处理等,以确保水质达到或优于地下水质量标准。处理后的水通过专门的回灌井或渗井注入地下含水层,实现水资源的再利用。地下水回灌技术特别适用于地下水超采严重、地下水位下降明显的地区,如干旱区、城

市密集区等。通过回灌，可以有效补充地下水储量，减缓地下水位下降速度，从而保障供水安全，维护生态平衡<sup>[3]</sup>。此外，该技术还有助于减少地表水体的污染负荷，提高水资源的整体利用效率。地下水回灌技术的实施面临诸多挑战，如回灌水源的可靠性与稳定性、回灌过程中的水质控制、回灌对地下水环境的潜在影响等。为解决这些问题，需要采取一系列措施，包括加强水源地的保护与管理，优化回灌水的处理工艺，建立完善的回灌监测与评估体系等。通过这些措施，可以确保地下水回灌技术的安全、有效实施，为水资源的可持续利用提供有力支持。

### 3 水利工程中地下水控制技术的发展趋势

#### 3.1 智能化控制技术的崛起

随着物联网、大数据、人工智能等前沿科技的飞速进步，地下水控制技术正逐步向智能化、精准化方向迈进。未来的地下水管理系统将集成先进的传感器网络，实时监测地下水位的动态变化、水质状况及水流方向，这些数据将被实时传输至云端数据中心。借助大数据分析和机器学习算法，系统能够深入挖掘数据背后的规律，预测地下水位的未来趋势，从而实现了对地下水资源的精准调控和自动化管理<sup>[4]</sup>。这种智能化的控制技术不仅能大幅提高管理效率，还能有效预防因地下水异常波动而引发的地质灾害，为水利工程的安全运行提供有力保障。

#### 3.2 绿色环保技术的引领

在地下水控制领域，绿色环保技术将成为未来发展的主流趋势。这包括采用环保型材料构建地下水控制设施，以减少对自然环境的污染；优化处理工艺，降低废水排放，保护地下水水质；以及推动地下水资源的循环利用，通过回灌技术将处理后的水再次注入地下水层，实现水资源的可持续利用。这些绿色环保技术的应

用，不仅有助于减轻对自然环境的压力，还能促进生态系统的平衡发展，实现人与自然的和谐共生。

#### 3.3 综合治理技术的推广

未来的地下水控制将不再局限于单一的技术手段，而是更加注重与地表水管理、生态环境保护、水资源综合利用等领域的综合治理。这要求水利工程师在设计 and 实施地下水控制方案时，必须充分考虑地表水与地下水的相互作用，以及水利工程对周边环境的影响。通过多领域、多学科的交叉融合，可以形成更加全面、系统的地下水治理方案，实现地下水问题的综合解决。这种综合治理技术的推广，将有助于提升水利工程的整体效能，促进水资源的合理配置和高效利用，为经济社会的可持续发展提供坚实支撑。

#### 结语

水利工程中地下水控制技术的研究与应用对于保障水利工程的安全运行和地下水资源的可持续利用具有重要意义。未来，随着技术的不断进步和创新，地下水控制技术将向智能化、绿色环保和综合治理方向发展，为水利工程建设 and 地下水环境保护提供更加科学、有效的解决方案。

#### 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,(04):114-115.
- [2]胡竞文,王松.水利工程深基坑排水控制技术与安全管理要点分析[J].水上安全,2024,(19):185-187.
- [3]田光辉.复杂地质条件下水利工程高水位深基坑降水施工方法研究[J].价值工程,2024,43(26):67-70.
- [4]崔岫.水利工程施工对水环境影响及防治措施[J].大众标准化,2024,(10):71-73.