

基坑开挖与支护过程中地下水控制技术研究

李青炜

中冶武勘工程技术有限公司 湖北 武汉 430080

摘要：本文围绕基坑开挖与支护过程中的地下水控制技术展开研究，分析地下水对基坑工程的影响、存在问题及技术需求，介绍抽水降水法等常用技术，并探讨现有技术优化策略与新型技术。研究表明，合理运用及创新地下水控制技术，能有效保障基坑工程安全，减少环境影响，对推动基坑工程技术发展意义重大。

关键词：基坑开挖；支护；地下水控制技术；工程应用

引言：在城市建设蓬勃发展的当下，基坑工程规模与深度不断增加，地下水控制成为关键难题。地下水的力学、化学作用及水位变化，给基坑施工安全、工程质量和周边环境带来诸多挑战。因此深入研究地下水控制技术，探索其理论基础、实践应用与创新方向，对保障基坑工程顺利进行、促进城市建设可持续发展具有迫切且重要的现实意义。

1 基坑开挖与支护中地下水控制技术理论基础

地下水对基坑工程存在多方面影响，力学上，它增加土体自重应力，降低抗剪强度，渗流产生的渗透力易引发流砂、管涌；化学上，其含有的酸碱盐等成分会腐蚀支护结构，缩短使用寿命；水位变化还会导致地面沉降或增加基坑水压力。为此，形成了降水、隔水、回灌三大控制原理，降水基于达西定律，通过抽水设备降低地下水位，减少水压力与不良地质现象；隔水依靠水泥土搅拌桩、地下连续墙等形成的隔水帷幕，截断水力联系；回灌则是在降水可能危害周边环境时，将处理后的水回灌含水层，维持水位，保护周边建筑与管线。这些理论相互配合，为基坑工程地下水控制提供了科学依据与技术支撑。

2 基坑开挖与支护过程中的地下水问题分析

2.1 地下水对基坑开挖的影响

在基坑开挖阶段，地下水带来的不利影响严重威胁施工安全与工程质量。一方面，高含水量使土体泥泞，导致施工设备易陷、效率降低、成本增加，且含水土体开挖后易坍塌，尤其在砂性土、粉土地层，渗流减小土体摩擦力，易引发边坡失稳，造成安全事故^[1]。另一方面，地下水位高时基坑底部积水，会软化基底土体，降低地基承载力，致使基底标高难控，影响基础施工精度，积水不及时排出还会扰动地基土，改变其物理力学性质，威胁建筑物稳定性。当基坑开挖深且地下水位高时，土体受浮力作用易隆起变形，破坏基底土体结构，

严重时导致基坑整体失稳。

2.2 基坑支护结构对地下水控制的考虑

基坑支护结构在设计 and 施工过程中，必须充分考虑地下水控制的要求，以确保支护结构的安全稳定和基坑工程的顺利进行。在设计阶段，需要根据工程地质和水文地质条件，合理选择支护结构形式，并确定相应的地下水控制措施。对于土质较好、地下水位较低的基坑，可以采用放坡开挖结合简单排水的方式；而对于土质较差、地下水位较高的基坑，则需要采用桩板式支护、地下连续墙等结构形式，并配合降水、隔水等地下水控制技术。在选择支护结构时，还需要考虑地下水的水压力对支护结构的作用。地下水的水压力是支护结构设计中的重要荷载之一，设计人员需要准确计算水压力的分布，以保证支护结构具有足够的强度和稳定性。在施工过程中，支护结构的施工质量直接影响地下水控制的效果。如果地下连续墙的接头处理不当，可能会导致地下水渗漏，影响基坑的安全。

2.3 地下水控制技术的需求分析

随着城市建设推进，基坑工程规模与深度不断加大，对地下水控制技术提出更高要求。城市建筑密集、管线复杂，基坑施工时需严控地下水位变化，防止地面沉降对邻近建筑与管线造成损害，尤其在地铁车站等深大基坑工程中，传统技术难以满足对环境的高保护要求，亟需精细化降水、高精度隔水等先进技术。环保意识提升也促使地下水控制技术需满足环保标准。降水时抽取的地下水要合理处理排放，避免污染周边水体与土壤，对含矿物质或有害物质的地下水，需净化达标；同时要注重水资源循环利用，提高利用效率。另外，基坑工程地质条件、工程需求与周边环境复杂多样，单一技术难以适用，要求地下水控制技术具备更强适应性，需探索创新，形成多样化、个性化技术方案，以满足不同基坑工程的实际需求。

3 基坑开挖与支护过程中常用的地下水控制技术

3.1 抽水降水法

抽水降水法是基坑工程中最常用的地下水控制技术之一,它通过在基坑周围或内部设置降水井,利用水泵将地下水抽出,降低地下水位。根据降水井的类型和布置方式,抽水降水法可分为管井降水、深井降水等。管井降水是在含水层中设置管井,井内安装潜水泵或深井泵进行抽水。管井的直径一般较大,适用于含水层厚度较大、渗透系数较高的地层^[2]。在一些砂卵石地层的基坑工程中,采用管井降水能够有效地降低地下水位,保证基坑的干作业施工。深井降水则是利用深井泵将地下水从深井中抽出,深井的深度较大,能够抽取更深层的地下水,适用于深层降水的需求。在超深基坑工程中,深井降水可以满足基坑底部以下一定深度的降水要求,确保基坑施工的安全。抽水降水法的优点是降水效果显著,能够快速降低地下水位,满足基坑开挖和施工的要求;设备简单,操作方便,施工成本相对较低。然而该方法也存在一些缺点,如长期抽水可能会引起周围地面沉降,对周围环境造成影响;抽取的地下水需要进行合理排放,否则可能会对周边水体和土壤造成污染。

3.2 井点降水法

井点降水法是一种将多根井点管埋入地下含水层内,通过抽水设备将地下水抽出,形成连续的降水漏斗,从而降低地下水位的方法。根据井点管的类型和工作原理,井点降水法可分为轻型井点降水、喷射井点降水、电渗井点降水等。轻型井点降水是最常用的井点降水方法之一,它由井点管、连接管、集水总管和抽水设备等组成。在施工过程中,将井点管插入地下含水层中,通过连接管与集水总管相连,利用抽水设备将集水总管中的水抽出,使井点管周围的地下水位下降。轻型井点降水适用于渗透系数较小的土层,如粉质粘土、粉土等,降水深度一般在3-6米。喷射井点降水是利用高压水泵将水通过喷射器形成高速射流,在喷嘴周围形成负压,将地下水吸入井点管并抽出。喷射井点降水的降水深度较大,一般可达8-20米,适用于渗透系数较小、降水深度较大的基坑工程。电渗井点降水是利用电泳和电渗原理,在基坑周围设置电极,通过施加直流电,使土颗粒向阳极移动,水向阴极移动,然后通过井点管将水抽出。电渗井点降水适用于粘性土等渗透系数极小的土层,能够有效地降低地下水位。井点降水法的优点是降水均匀,能够形成稳定的降水漏斗,对周围环境的影响相对较小;可以根据基坑的形状和大小灵活布置井点管,适应性较强。但其缺点是设备和施工工艺相对复

杂,施工成本较高;在降水过程中需要持续供电,对电力供应的稳定性要求较高。

3.3 围堰系统

围堰系统是一种通过在基坑周围修筑围堰,将基坑与外部水体隔离,然后抽排围堰内地下水的地下水控制技术。围堰系统主要适用于桥梁基础、码头等临近水体的基坑工程。常见的围堰类型有土围堰、钢板桩围堰、钢筋混凝土围堰等。土围堰是利用土料分层填筑而成,适用于水深较浅、流速较小的河流或湖泊中。在施工过程中,先在基坑周围用土料堆筑围堰,然后在围堰内设置排水设施,将水抽出。土围堰的优点是施工简单、成本低,但强度和抗渗性较差,适用于临时性工程。钢板桩围堰是将钢板桩打入地下,形成连续的挡水结构。钢板桩具有强度高、抗渗性好、施工速度快等优点,适用于水深较大、流速较快的水体中。在一些大型桥梁基础施工中,常采用钢板桩围堰来隔离水体,保证基坑的干作业施工。钢筋混凝土围堰则是采用钢筋混凝土浇筑而成,具有较高的强度和抗渗性,适用于永久性工程或对围堰稳定性要求较高的场合。钢筋混凝土围堰的施工相对复杂,成本较高,但能够提供可靠的挡水和支护作用。围堰系统的优点是能够有效隔离外部水体,保证基坑施工的安全;对于临近水体的基坑工程,具有较好的适应性。但其缺点是围堰的拆除相对困难,可能会对环境造成一定的影响;在一些复杂地质条件下,围堰的施工难度较大,成本较高^[3]。

4 地下水控制技术的优化与创新

4.1 现有技术的优化策略

为了提高现有地下水控制技术的效果和适应性,需要从多个方面进行优化。在降水技术方面,可以通过优化降水井的布置方式和抽水参数,提高降水效率,减少对周围环境的影响。采用数值模拟等技术手段,对基坑降水过程进行模拟分析,根据模拟结果合理调整降水井的间距、深度和抽水流量,使地下水位下降更加均匀,避免局部水位下降过大引起地面沉降。还可以对抽水设备进行改进,采用新型高效的水泵,提高抽水效率,降低能耗。在隔水技术方面,需要不断提高隔水帷幕的施工质量和性能,加强对水泥土搅拌桩、高压旋喷桩等隔水帷幕施工工艺的研究和改进,提高桩体的强度和抗渗性。在施工过程中,严格控制施工参数,如搅拌速度、注浆压力等,确保隔水帷幕的连续性和完整性。还可以采用新型的隔水材料,如纳米防渗材料等,提高隔水帷幕的性能。在回灌技术方面,需要优化回灌井的布置和回灌工艺。通过建立回灌数学模型,分析回灌过程中地

下水位的变化规律,合理确定回灌井的位置和数量。采用先进的回灌设备和技术,如自动控制回灌系统,实现对回灌水量和回灌压力的精确控制,提高回灌效果,减少对周围环境的影响。

4.2 新型地下水控制技术的探索

4.2.1 生态渗水系统在基坑地下水控制中的应用

生态渗水系统是一种基于生态理念的新型地下水控制技术,它通过在基坑周围设置具有渗水功能的生态结构,实现地下水的自然渗透和调节。生态渗水系统通常由透水材料、植被和土壤等组成,这些材料和植被能够有效地吸收和渗透地下水,减少基坑降水对周围环境的影响。在生态渗水系统中,透水材料如透水混凝土、透水砖等能够为地下水提供渗透通道,加快地下水的渗透速度;植被的根系可以固定土壤,防止水土流失,还能通过蒸腾作用调节地下水位。在一些城市基坑工程中,采用生态渗水系统与传统降水技术相结合的方式,既保证了基坑施工的安全,又实现了对周围生态环境的保护。生态渗水系统还可以收集雨水,实现水资源的循环利用,具有较好的经济效益和环境效益。

4.2.2 纳米技术在地下水过滤与净化中的前景

纳米技术在地下水过滤与净化方面具有广阔的应用前景,将其应用于基坑地下水控制中,可以提高地下水的处理效率和质量。纳米材料具有独特的物理化学性质,如巨大的比表面积、高吸附性等,能够有效地去除地下水中的有害物质。例如,纳米二氧化钛具有良好的光催化性能,在光照条件下,能够将地下水中的有机污染物分解为无害的二氧化碳和水;纳米活性炭具有超强的吸附能力,可以吸附地下水中的重金属离子、有机物等污染物^[4]。将纳米材料应用于地下水过滤装置中,可以开发出高效的地下水净化设备,对抽取的地下水进行处理,使其达到排放标准或回用要求。纳米技术还可以用于改进隔水帷幕的材料性能,提高其抗渗性和耐久性。

4.2.3 智能化监测系统在地下水控制中的实践

智能化监测系统是利用传感器、物联网、大数据等技术,对基坑地下水控制过程进行实时监测和智能调控的系统。通过在基坑周围和支护结构中布置各种传感器,如水位传感器、压力传感器、位移传感器等,实时采集地下水位、水压力、土体位移等数据。这些数据通过物联网技术传输到数据处理中心,利用大数据分析和人工智能算法对数据进行处理和分析,及时发现地下水控制过程中存在的问题,并预测可能出现的风险。当监测数据超过预设阈值时,智能化监测系统能够自动发出预警信号,并根据预设的应急预案,自动调整降水设备、回灌设备等的运行参数,实现对地下水的智能调控。智能化监测系统能够提高地下水控制的准确性和可靠性,及时发现和处理潜在的安全隐患,保障基坑工程的安全施工。

结束语

综上所述,基坑开挖与支护中地下水控制技术是保障工程安全与质量的核心。随着技术的不断优化与创新,生态渗水、纳米技术、智能化监测等新型手段为该领域带来新方向。未来,需持续结合工程实际,加强技术研发与实践,进一步提升地下水控制技术水平,以更好地应对复杂工程需求,实现基坑工程建设的安全与环保目标。

参考文献

- [1]王亚凌.深基坑地下水水位时序变化及稳定性分析[J].石材,2024,(06):8-10.
- [2]李百利.市政工程基坑开挖中常见问题及解决措施[J].工程建设与设计,2023,(16):182-184.
- [3]王会武.市政排水管道深基坑开挖支护施工技术分析与研究[J].中华建设,2024,(10):178-180.
- [4]王超,和礼红,邱云,等.临近既有桥梁泵站基坑地下水控制方案研究[J].中国市政工程,2024,(05):65-69+161-162.