

水利施工深基坑降水难题及新型排水技术对策研究

黄 伟¹ 潘苏辉¹ 沈 蓉²

1.如东县水利电力建设工程有限责任公司 江苏 南通 226400

2.淮安市洪泽区高良涧水利中心服务站 江苏 淮安 223100

【摘要】本次研究为解决水利施工中深基坑降水过程中地下水位高,地质条件复杂,环境影响大等难点问题提出了一种新的排水技术应对措施。采用文献分析和工程案例研究相结合的方法,系统地评价了高效井点降水,真空降水和复合排水体系在基坑水位监测中的适用性以及智能化监测和动态调控策略相结合的基坑水位精准管理方法。研究表明:该新型技术对于提高降水效率,保证基坑稳定性以及降低施工成本等有显著优势,也有效地缓解了对周围生态环境的干扰,推动了施工期可持续发展。得出结论:今后深基坑降水要朝着智能化,生态化及标准化的方向发展,才能达到水利工程安全,高效及环保等综合目的,并对施工管理起到技术支持作用。

【关键词】深基坑;降水技术;高效排水;基坑稳定;可持续发展

DOI:10.12417/2811-0528.26.02.052

深基坑施工作为水利工程建设的关键环节,降水措施的好坏直接影响着基坑的稳定性,施工安全以及对周围环境的影响。伴随着城市化进程的加快与水利设施的日益扩张,常规井点降水与明沟排水在高地下水位,复杂地质条件与环保要求的条件下,面临着效率低下,干扰严重,费用昂贵的挑战。近年来新型降水技术在深基坑施工中逐步成为一个重要的发展方向,借助高效井点系统,真空降水,复合排水体系和智能监测手段等,达到精确调控地下水位,同时考虑施工安全和环境保护。文章以深基坑降水困难为研究对象,以新型排水技术应用策略和效果评价为基础,对工程实践可行性和环境可持续性进行了分析研究,为水利施工,促进深基坑降水向着高效,绿色和智能化的方向发展提供了科学依据和技术参考。

1 水利施工中的深基坑降水情况分析

1.1 深基坑降水工程背景及特征

深基坑降水是水利施工过程中的关键环节,其工程背景受到地下水位、地层结构以及基坑规模等多种因素的综合制约。大多数水利工程多分布于沿河流域或低洼地带,这些区域地下水埋深较浅且土层渗透性较高,使得在基坑开挖过程中极易产生渗流涌水、管涌以及土体扰动等不稳定现象,从而对基坑整体安全带来潜在威胁。深基坑降水具有历时长、降水量大、影响范围广等特点,其在保证基坑稳定性、控制周围建筑物沉降以及维护施工安全方面发挥着不可替代的作用^[1]。同时降水措施在设计和实施过程中需充分考虑地层透水性随开挖深度和施工进程的变化、基坑加深带来的水力负荷增加,以及周边环境的敏感性提升等复杂因素,这使得工程组织与技术方案的选择呈现出高度的系统性和风险性。因此,科学合理的降水设计

与管理成为确保深基坑施工安全、降低施工风险以及实现环境可持续的重要保障,对水利工程的顺利实施具有直接而深远的影响。

1.2 传统的降水方法和应用受到限制

常规深基坑降水通常采用轻型井点,管井和深井泵,技术成熟,施工方便,但是在高渗透性地层和强补给含水层中往往表现为降水范围不够,控制精度较低。这类方法主要靠连续抽排来完成,耗能大且容易诱发周围地层过固结,地面沉降和相邻建筑物的变形危险^[2]。传统技术存在降水效率和环境安全难以平衡、排水网络布设有限、抽排量不稳等问题,很难满足复杂地质中深基坑安全管控的需求。伴随着工程规模的不断扩大,它的局限性也日益凸显,这就给新型降水技术应用带来了必要性和现实推动。

1.3 深基坑降水对于周围环境和结构安全的影响

深基坑降水过程中,地下水位可能发生突发性下降,导致周围土层有效应力重新分布,从而引发地面沉降及不均匀变形的风险。这种变形不仅影响施工区域本身,还可能对邻近的建筑物、管线及市政设施造成安全隐患^[3]。当地基承受的渗流扰动增加时,其承载力可能下降,进而引发结构倾斜、裂缝扩展或沉降加速等问题,严重时甚至影响周边城市基础设施的整体稳定性。同时,持续抽排地下水还可能诱发管涌、流砂及边坡失稳等不利地质现象,使基坑围护结构承受额外的水压力和变形荷载,增加施工风险。因此在深基坑施工中,科学合理地调控降水范围、降水速率及降幅,对于维持周边环境稳定、保障施工安全和基坑结构完整性具有极其重要的作用,是确保工程顺利推进和防范次生灾害发生的关键措施。

2 深基坑降水困难原因讨论

2.1 地下水位较高渗透系数较大造成降水困难

地下水位偏高、土层渗透系数大，使得深基坑的降水过程表现出持续性高，涌水量大和水力联系复杂的特点。该类地层地下水回灌速度快，降水锥不易稳定成型，造成水位下降幅度有限，基坑底部和侧壁容易出现渗流变形的危险。降水期间高渗透性土体也会诱发局部流速加大，继而造成管涌，流砂等不健康地质现象的发生，加大基坑支护体系施工的不确定性^[4]。有效破解此类降水难题需要在全面把握含水层结构前提下，通过多级排水和定量化监测措施相结合来精细调节渗流场。

2.2 复杂地质条件降水不均

复杂的地质条件使得深基坑降水表现出明显的不均匀性特征，这种不均匀性主要来源于土层组成差异，渗透系数突变以及地下水补给条件在空间上的变化。分层分带特征使得水流路径连续变化，在局部透水层中容易形成集中渗流区域，弱透水层则使得抽排效率有限，继而出现显着的水位差^[5]。这种失稳的水力环境在弱化降水效果的同时，也会诱发基坑侧壁变形和局部涌水的危险。为了解决这一难题，需要结合地质勘察成果进行分区化分析，通过精细化布井与动态调控来促进降水均衡性的提高。

2.3 施工期较长降水的持续性和经济性之间存在矛盾

施工周期的增加，使得深基坑降水工作面临着持续性和经济性之间的尖锐矛盾。长时间抽排容易造成能耗升高，设备磨损加重和维护成本的攀升等问题，而持续降水则可能诱发地层固结和沉降累积效应的产生，从而进一步加大安全控制的难度。为了综合考虑稳定运行和成本可控的问题，需要在降水强度，时间和设备配置等方面建立一种动态的平衡，以优化排水流程和提高系统能效的方式来减少长期的运行成本，并且实现了资源投入合理化，同时确保了基坑的稳定性。

3 新型降水技术综述

3.1 高效井点和真空降水技术

高效井点降水和真空降水技术应用于深基坑工程，显示了明显的渗控优点。井点系统采用密集布设和高效抽吸的方式达到快速降深的目的，适合中高渗透性土层的应用；真空降水利用负压传递机制来增强细粒土层的渗流排出能力，有效地解决了传统抽水方法难以实现连续降深的问题。两者协同运用能够促进基坑周围水位控制稳定，降低土体变形和渗流扰动，对复杂地质情况下安全开挖具有可靠的技术支持。

3.2 复合型排水体系及智能化监控

复合型排水体系将井点，沟槽和垂直渗排等结构有机地结合起来，能够在多变地层形成稳定有效的水流疏导渠道，明显提高深基坑降水均匀性和可靠性。该系统将智能化监控技术引入到建设过程中，依靠传感网络，实时数据采集和动态分析模型对地下水位，渗流压力和排水量等参数进行持续监控。监测结果能够支持及时调节排水参数，使得降水过程处于安全阈值范围。该类技术的联动应用在提高排水效率的同时还增强了项目的风险预警，对深基坑施工具有较高安全保障和适应性管理手段。

3.3 一种生态环保型降水方法

生态环保型降水方法旨在减少对地下含水层与周围环境的干扰，注重渗排结合，低能耗运行与水资源循环利用。本技术采用布设透水性好的可持续排水材料并结合可调控渗滤结构来缓释式疏导地下水，从而避免了因大面积抽排导致地层沉降和水位骤降等问题。同时与之相配套的回灌系统能够达到地下水动力平衡的同时保持基坑稳定，从而有效地缓解区域生态压力。这类方法对软土和富水地层显示了较好的环境适应性，从而为深基坑降水问题提供了一条更具有长远效益的技术途径。

4 新型排水技术运用策略

4.1 地质条件的匹配和降水方案的优选

地质条件匹配和降水方案优化，是深基坑安全施工中至关重要的一环。根据地层结构、渗透系数、含水层类型等进行精细化地质勘察可以实现降水模式和地质特性之间的准确适配。对于砂性土层可以采取多级井点组合降水的方式，黏性土层中适宜配置真空降水来增强有效应力和稳定性。采用参数反演和数值分析等方法系统优化降水半径，井距和抽水强度等参数，能够在满足基坑变形调控要求下减少能耗和排水量，从而达到降水效率和环境安全协同改善的目的。

4.2 多级联动排水系统的设计

多级联动排水系统的设计，通过井点、排水管网和蓄排结合机制的有机集成，对水位控制进行分级。系统设计时，依据基坑深度，地下水渗透特性和土层分布等因素，对主排水，辅助排水和应急排水单元进行了合理设置，构成了水流路径可控制，排水效率高的网络结构。通过泵站的分级调节及自动监测可以对地下水位的变化做出动态的反应，在降低超抽及地表沉降风险的前提下确保基坑施工期的稳定性，为深基坑施工，提供了高效、可控、环保降水保障。

4.3 施工监测和动态调控

施工监测和动态调控是确保深基坑安全,高效降水的关键环节。通过部署地下水位监测点,应力应变传感器和实时数据采集系统等设备可以实现降水过程动态跟踪和评价。施工期根据监测数据对井点排水量,真空泵功率和排水节点的布置进行了调整,以保证基坑周围土体的稳定和地下水位处于设计范围之内。动态调控在增强降水效率的同时也有效地减少了施工风险,为应对复杂地质条件与突发水文变化给出了科学的应对方案,在工程安全性与经济性方面均有较大价值。

5 新型技术对深基坑工程的影响评估

5.1 对降水效率和基坑稳定性进行分析

在深基坑的施工中降水效率的高低直接关系到基坑的稳定性和施工安全。高效降水技术可迅速降低地下水位和土体孔隙水压力以促进边坡和支护结构稳定。采用井点降水,真空降水以及复合排水体系等措施可以达到控制地下水均匀持续的目的,减小坑壁变形沉降风险。监测数据表明,与传统方法相比,新型排水技术在降水速率,降深和水位控制精度等方面都有显著提高,而对基坑的整体稳定性贡献较为显着,从而为深基坑建设提供了可靠技术支撑。

5.2 施工成本及经济性评估

施工成本和经济性评估,是深基坑降水技术推广应用的一个重要标志。尽管新型降水技术在初始阶段的设备投资和施工工艺成本相对较高,但通过提升降水的效率、缩减施工时间以及减少地下水的处理量,可以有效地降低整体工程的成本。综合分析结果表明:井点真空降水,复合排水体系和智能化监控

在考虑基坑稳定性和施工安全的前提下,长期运营显示了较好经济效益。采取科学成本核算和动态调控策略有利于降水施工资源优化配置和经济性最大化,从而为水利深基坑工程的建设提供持续技术支撑。

5.3 环境影响和可持续性考量

在深基坑降水期间,地下水位的降低可能会诱发周围生态环境的干扰和地表的沉降,从而给地表植被,水体生态和土壤水分的维持带来潜在的影响。新型排水技术从优化井点布置,采取低能耗排水方式和实时监测等方面入手,达到了准确控制水位的目的,并有效地减少了对周围环境的扰动。同时结合生态修复措施可以综合考虑施工期水资源保护和基坑稳定等因素,增强项目的可持续性。技术应用实践证明,科学降水管在确保施工安全的同时,也为水利工程环境友好型建设提供了可靠支持。

6 结论

深基坑降水对于水利施工确保基坑稳定和施工安全至关重要,然而传统降水方法对于高地下水位,复杂地质条件和环境保护要求具有显著限制。引进高效井点降水,真空降水和复合排水体系新技术,并将智能化监测和动态调控相结合,可以明显提高降水效率、本实用新型确保了基坑的稳定性,降低了施工成本,同时也减小了对周围环境的影响。实践证明,新型降水技术对增强工程经济性与安全性有显著优势,也有利于实现整个建设过程的可持续管理。今后深基坑降水要向数字化,智能化,生态化发展,并建立标准化施工和监控体系,才能达到水利工程的安全、环保、高效等综合目的,从而为深基坑建设提供科学的决策和技术支撑。

参考文献:

- [1] 陈龙.深基坑降水对泵站周边土体位移的影响及控制技术[J].广东建材,2025,41(10):83-86.
- [2] 田龙.复杂环境下高层建筑深基坑支护、降水与监测施工技术[J].四川水泥,2025,(09):27-29+32.
- [3] 李宝权,田涌泉,程敏,等.深基坑紧邻高边坡降水开挖沉降控制技术研究[J].价值工程,2025,44(26):119-121.
- [4] 沈铮梁,陶晓星,赵坤,等.高含水量长江漫滩地质条件下深基坑施工技术研究[J].工程技术研究,2025,10(16):69-71.
- [5] 朱蓉鑫.房建工程深基坑降水技术实施效果及周边环境响应保护措施[J].大众标准化,2025,(13):90-92.