

深基坑支护体系稳定性评估与降水控制方案研究

李志国

新疆兵团市政轨道交通(集团)有限公司 新疆 乌鲁木齐 830063

摘要: 本文聚焦深基坑工程中的支护体系稳定性评估与降水控制方案研究。阐述深基坑支护体系的多种类型,构建涵盖变形、应力、稳定性系数等多方面的稳定性评估指标体系,并介绍数值模拟、现场监测等评估方法。研究降水目的与原则,对比分析常见降水方法,详细说明降水参数确定、设备布置等方案设计要点,探讨降水对周边环境的影响及控制措施。深入剖析支护体系稳定性与降水控制的协同作用,强调两者相互依存、相互制约的关系,提出联合考量、实时监测等协同优化策略,为深基坑工程实践提供理论支持。

关键词: 深基坑; 支护体系; 稳定性评估; 降水控制

引言: 在城市化进程加速、地下空间开发需求不断增长的背景下,深基坑工程作为城市基础设施建设的核心环节,其安全性与稳定性至关重要。深基坑支护体系作为保障基坑及周边环境安全的关键结构,其稳定性评估是工程设计的核心内容。降水控制作为影响支护体系稳定性的重要因素,其方案的科学性与合理性直接关系到工程的安全与质量。本文旨在系统研究深基坑支护体系稳定性评估方法与降水控制方案,深入探讨两者之间的协同作用,以期为深基坑工程实践提供科学依据和技术支持,推动地下空间开发技术的进步与发展。

1 深基坑支护体系稳定性评估

1.1 深基坑支护体系类型

深基坑支护体系是保障基坑开挖过程中周边环境及施工安全的重要结构,其类型多样,依据不同地质条件、工程需求及施工工艺可分为以下几种主要类型。

(1) 放坡开挖支护体系:适用于土质较好、开挖深度较浅的基坑,通过合理放坡,利用土体自身稳定性支撑开挖面,无需额外支护结构,但需注意边坡稳定性,防止滑坡。(2) 土钉墙支护体系:在土体中打入土钉,并喷射混凝土面层,形成复合土体,增强土体整体稳定性,适用于非软土地区,开挖深度适中的基坑。(3) 排桩支护体系:采用钢筋混凝土灌注桩或预制桩,沿基坑边缘排列布置,形成连续的挡土结构,适用于各种地质条件,尤其适用于软土地区或开挖深度较大的基坑。(4) 地下连续墙支护体系:在基坑周围构筑连续的钢筋混凝土墙体,兼具挡土、防渗及承重功能,适用于城市中心区域、地下管线复杂或对变形控制要求高的基坑工程。(5) SMW工法桩支护体系:利用水泥土搅拌桩与H型钢(或其他型钢)组合而成的复合结构,既具有挡土作用,又便于施工后型钢的回收利用,适用于对环境保护

及资源循环利用有较高要求的工程。(6) 内支撑/外支撑支护体系:根据基坑形状、深度及周边环境,设置内部或外部支撑结构,如钢支撑、混凝土支撑等,以增强支护体系的整体稳定性,适用于大型、深基坑或对变形控制有严格要求的工程。

1.2 稳定性评估指标体系构建

为全面、准确地评估深基坑支护体系的稳定性,需构建一套科学合理的评估指标体系,主要包括几个方面;变形指标:包括支护结构水平位移、竖向位移、倾斜度等,直接反映支护体系的变形情况。应力指标:支护结构内力、土压力等,体现支护体系的受力状态^[1]。稳定性系数:如抗滑移安全系数、抗倾覆安全系数等,综合反映支护体系的稳定性。环境影响指标:包括周边建筑物沉降、地下水位变化等,评估支护体系对周围环境的影响。施工工艺与质量指标:如混凝土强度、钢筋连接质量等,确保支护体系施工质量符合设计要求。

1.3 稳定性评估方法

一是数值模拟分析法。利用有限元软件等数值工具,建立支护体系的三维模型,模拟不同工况下的稳定性,分析变形、应力分布等,预测支护体系的稳定性。二是现场监测与数据分析法。在支护体系关键部位设置监测点,实时采集数据,通过数据分析评估稳定性,及时调整施工方案。三是专家评审法。组织行业专家,依据评估指标体系,对支护体系进行综合评审,提出改进建议。四是历史案例对比法。收集类似工程案例,对比分析,评估当前支护体系在类似条件下的稳定性表现。五是风险评估与预警法:识别潜在风险因素,评估风险等级,制定预警机制,确保施工安全。

2 深基坑降水控制方案研究

2.1 降水目的与原则

2.1.1 降水目的

深基坑降水的首要目的是确保基坑在开挖及后续施工过程中的干燥作业环境。地下水若在基坑内积聚,不仅会影响土方开挖的效率,还可能导致坑壁土体的强度降低,引发边坡失稳等严重安全事故。通过降水,降低地下水位至基坑底面以下一定深度,一般要求不小于0.5-1.0m,可有效避免土体因含水量过高而产生的流砂、管涌等现象,保证坑壁的稳定性。干燥的作业环境有利于基础工程的顺利开展,如钢筋绑扎、模板安装及混凝土浇筑等,提高施工质量,减少因地下水干扰带来的质量隐患^[2]。

2.1.2 降水原则

安全可靠是降水的核心原则。降水方案必须充分考虑基坑自身的稳定性以及对周边环境的影响,确保在降水过程中基坑不会因地下水位变化而发生坍塌、位移等情况,同时周边建筑物、地下管线等设施不受降水影响而产生损坏。经济合理性原则要求在满足安全和施工要求的前提下,选择成本较低的降水方法和设备。这需要综合考虑降水设备的购置、安装、运行及维护成本,以及因降水可能产生的对周边环境修复等额外费用。另外,降水应遵循环境保护原则,避免因降水导致地下水资源的过度浪费或对周边生态环境造成污染,尽量采用可循环利用的降水技术和设备,减少对环境的负面影响。

2.2 降水方法选择

集水明排法是较为简单且常用的降水方法,通过在基坑底部设置排水沟和集水井,利用重力作用将基坑内的水汇集到集水井,再通过水泵抽出。该方法适用于基坑开挖深度较浅、涌水量较小且土层渗透系数较大的情况。井点降水法包括轻型井点、喷射井点、电渗井点等多种类型。轻型井点是沿基坑周边布置一系列井点管,通过抽水设备将地下水从井点管内抽出,使地下水位降低。它适用于渗透系数为0.1-50m/d的土层,降水深度一般在3-6m。喷射井点则利用高压水或压缩空气为动力,将地下水抽出,降水深度可达8-20m,适用于渗透系数为0.1-20m/d的土层。电渗井点适用于渗透系数小于0.1m/d的粘性土,通过在土体中插入电极,利用电渗作用促使地下水流动并排出^[3]。管井降水法是在基坑周边设置管井,每个管井单独用一台水泵抽水,适用于渗透系数大(大于20m/d)、涌水量大且降水深度要求较深的情况。降水方法的选择需综合多方面因素,首先是工程地质条件,包括土层的类型、渗透系数、含水层厚度等。如在砂性土且渗透系数较大的场地,管井降水或井点降水可能较为合适;而对于粘性土且渗透系数较小的情况,电

渗井点或结合其他辅助措施可能更有效。基坑的开挖深度和规模也影响降水方法的选择,深度较浅、规模较小的基坑可优先考虑集水明排法,而大型深基坑则需采用井点降水或管井降水等更有效的方法。周边环境条件同样关键,若基坑周边存在对沉降敏感的建筑物或地下管线,应选择对周边环境影响较小的降水方法,如采用回灌井点等措施结合井点降水,以控制地下水位下降幅度,减少对周边环境的影响。施工成本和工期要求也是重要的考量因素,需在满足降水效果的前提下,选择成本低、工期短的降水方案。

2.3 降水方案设计

在深基坑降水控制方案研究中,降水方案设计是核心内容之一,其科学性与合理性直接关系到基坑施工的安全与效率。本方案针对具体工程地质条件与水文特征,进行了全面细致的分析与评估。首先,根据基坑规模、开挖深度及周边环境,确定了降水目标水位,确保基坑底部干燥,便于施工操作。其次,结合地下水流动规律及渗透系数,合理规划了降水井的布局,包括井点数量、间距及深度,以形成有效的降水帷幕,防止地下水渗透。在降水方法选择上,综合考虑了降水效率、成本及环境影响,选用了真空深井降水技术,该技术具有降水速度快、效果显著等优点。同时,配备了先进的自动化监测系统,实时监测地下水位变化及降水设备运行状态,确保降水过程安全可控。另外,本方案还制定了详细的应急预案,包括降水设备故障处理、地下水位异常波动应对措施等,以应对可能出现的突发情况,保障基坑施工顺利进行。

2.4 降水对周边环境影响分析

2.4.1 地面沉降

降水过程中,地下水位下降会导致土层中的有效应力增加,土体发生压缩变形,从而引起地面沉降。地面沉降可能对周边建筑物、道路及地下管线造成严重破坏。对于建筑物,不均匀沉降可能导致墙体开裂、基础倾斜甚至建筑物倒塌;对道路而言,沉降会造成路面不平、开裂,影响行车安全;地下管线如供水、排水、燃气等管道,沉降可能使其扭曲、断裂,导致管道泄漏等事故^[4]。地面沉降的影响范围和程度与降水深度、土层性质、降水时间等因素密切相关。在软土地层中,降水引起的地面沉降往往更为显著,且影响范围较大,可能达到基坑周边数倍于基坑深度的距离。

2.4.2 对周边建筑物影响

除了地面沉降导致的建筑物损坏外,降水还可能引起建筑物基础的附加沉降。当建筑物基础位于降水影响

范围内时,地下水水位下降使得基础底面以下的土体有效应力增加,基础会产生额外的沉降。对于一些年代较久、结构较为脆弱的建筑物,这种附加沉降可能超出其承受能力,引发严重的安全隐患。此外,降水还可能改变建筑物周边土体的侧向压力分布,导致建筑物墙体受到额外的侧向推力,从而出现墙体倾斜、开裂等现象。在对周边建筑物影响分析时,需对建筑物的结构类型、基础形式、使用年限以及与基坑的相对位置等因素进行详细调查和评估,预测降水对建筑物可能产生的影响程度。

2.5 降水控制措施

建立完善的水位监测系统是降水控制的重要手段。在基坑周边及内部布置一定数量的水位观测井,通过定期测量水位,实时掌握地下水水位的变化情况。根据水位监测数据,及时调整降水设备的运行参数,如水泵的开启数量、抽水时间等,以确保地下水水位维持在设计要求的范围内。当发现地下水水位下降过快或超出预期范围时,可适当减少抽水设备的运行数量或降低抽水强度;若地下水水位下降过慢,可增加抽水设备或采取其他辅助降水措施。同时要根据基坑施工进度变化,动态调整水位控制目标,在基础施工完成后,可适当提高地下水水位,减少降水对周边环境的持续影响。回灌技术是减少降水对周边环境的有效措施之一。通过在基坑周边设置回灌井点,将抽出的地下水经处理后再回灌到地下含水层中,维持基坑周边一定范围内的地下水水位稳定。回灌井点的布置应根据基坑周边环境的敏感程度和地下水流向等因素确定,一般布置在降水影响范围的边界附近。回灌水量要根据水位监测数据进行调整,确保回灌效果。回灌过程中,需对回灌井点的水位、水质等进行监测,防止出现回灌不畅、水质污染等问题。回灌技术与降水措施相结合,可在满足基坑施工降水要求的同时,最大限度地减少对周边环境的影响,保护周边建筑物和地下管线的安全。

3 支护体系稳定性与降水控制的协同作用

在深基坑工程中,支护体系稳定性与降水控制之间存在着紧密且不可分割的协同作用。降水作业通过改变

基坑周边土体的物理力学性质,深刻影响着支护体系的稳定状态。降水导致地下水水位下降,孔隙水压力减小,有效应力增加,土体抗剪强度改变,可能增强也可能削弱支护体系的稳定性,如在细颗粒土中降水引发的干裂会降低土体与支护结构间的摩阻力。同时降水形成的渗透力若控制不当,可能引发流砂、管涌等危害,危及支护体系^[5]。另一方面,支护体系的稳定性对降水控制提出了严格要求。为确保支护体系安全,需合理控制降水速率,避免土体变形过快;精准限定降水深度,防止土体压力过大及周边环境过度沉降;保证降水均匀性,减少不均匀变形对支护结构的不利影响。这种相互依存、相互制约的关系,要求在工程实践中必须将支护体系设计与降水方案制定进行联合考量,采用实时监测与反馈调整手段,甚至引入新技术、新材料,以实现支护体系稳定性与降水控制的高效协同,保障深基坑工程的顺利实施。

结束语

深基坑支护体系稳定性评估与降水控制是深基坑工程关键课题。本文研究使我们全面了解支护体系类型、稳定性评估指标及方法,掌握降水控制目标、原则、方法选择及方案设计要点。同时认识到支护体系稳定性与降水控制间存在紧密复杂的协同关系,工程实践需联合考量二者,运用实时监测与反馈调整实现高效协同。展望未来,随着科技发展和工程实践推进,相关技术将不断完善,为地下空间开发提供更安全高效的技术支持。

参考文献

- [1]周坪沅.工业建筑施工中深基坑支护的施工技术探讨[J].城市建筑,2024,21(16):218-221.
- [2]张立斌.针对建筑工程中的深基坑支护施工技术研究[J].陶瓷,2024,(08):227-229+233.
- [3]王桢.软土地区深基坑支护结构施工技术研究及质量分析[J].建筑科技.2024,8(05):164-167+172.
- [4]林晓峰,陈伟.深基坑支护结构变形特性及控制措施研究[J].地下空间与工程学报,2023,9(4):567-578.
- [5]王建华,刘向东.地下连续墙在软土地层中应用的技术难点及对策[J].岩土力学,2022,43(12):3456-3467.