

建筑工程深基坑施工技术与风险防控措施研究

1. 吕艳娟 2. 孙照福

1. 菏泽市建筑技工学校有限公司; 2. 山东白云建工集团有限公司

【摘 要】随着我国城镇化建设进程持续加快, 高层建筑、地下综合体、综合管廊等工程项目不断增多, 深基坑工程作为地下结构施工的前置环节, 其应用规模与施工深度持续提升, 工程施工难度与安全风险也随之显著增加。由于地质条件具有隐蔽性、不确定性特征的典型风险在工程实践中频繁发生, 不仅威胁现场施工人员生命安全, 还会造成经济损失与社会公共安全隐患。本文围绕深基坑支护施工、降水施工两大关键技术展开全面分析, 针对地下水渗漏、边坡失稳、周边环境变形三类主要风险进行深入研究, 并提出科学化、可落地的风险防控措施, 同时展望深基坑施工技术与风险防控的未来发展趋势, 以期为同类工程施工提供参考与借鉴。

【关键词】建筑工程; 深基坑; 支护技术; 降水技术; 施工风险; 风险防控

引言

在城市土地资源高度紧张的发展背景下, 向上拓展高层空间、向下开发地下空间已成为现代城市建设的主要方向, 深基坑工程也随之成为建筑工程领域不可或缺的关键组成部分。近年来, 随着建筑项目规模不断扩大, 深基坑开挖深度持续突破, 部分城市核心区基坑深度已超过 20m, 施工过程中面临的不确定因素持续增多。

本文以深基坑施工技术为核心, 以风险防控为目标, 全面阐述支护与降水技术的施工要点、适用范围与控制要求, 深入分析施工过程中的主要风险类型及成因, 并从技术优化、监测管控等多个维度提出防控措施, 同时结合行业发展方向, 探讨新技术、智能化手段在深基坑工程中的应用前景, 推动深基坑施工朝着安全化、精细化、智能化方向发展。

一、建筑工程深基坑施工技术

深基坑施工技术体系庞大, 其中支护施工技术与降水施工技术保障基坑稳定、创造干燥作业条件的两大核心技术, 直接决定土方开挖与地下结构施工能否顺利进行。不同地质条件、基坑深度、周边环境对技术选型提出差异化要求, 只有合理匹配技术方案, 才能保证施工安全与质量。

(一) 支护施工技术

支护结构的作用是抵抗侧向土压力、水压力, 限制基坑边坡变形, 防止土体滑坡与坍塌, 是深基

坑工程的“安全屏障”。目前工程中常用的支护形式包括土钉墙支护、地下连续墙支护、锚杆支护等, 本文选取应用最广泛的土钉墙支护与排桩支护进行详细分析。

1. 土钉墙支护

土钉墙支护是一种柔性、复合式的土体加固技术, 通过将土钉植入基坑侧壁原状土体内, 与土体形成摩擦力与咬合力, 配合钢筋网与喷射混凝土面层, 使土体与支护结构形成共同工作的整体, 从而提升边坡的抗剪、抗滑能力。

土钉墙优先适用于黏性土、粉土、砂土、粉质黏土等土质较好地层, 在地下水位较低或已完成降水的区域使用效果最佳。软土、淤泥质土等低承载力土层不宜单独使用, 通常与水泥搅拌桩、微型桩结合形成复合土钉墙。

该技术设备简单、施工快、造价低、环境扰动小, 广泛应用于 6m ~ 12m 中小型深基坑。但其地质敏感性高, 施工前需详细勘察, 施工中结合监测动态调整参数; 高水位区域必须先行降水, 同时强化技术交底、过程管控与质量验收, 保障施工质量。

2. 排桩支护

排桩支护为刚性支护, 由灌注桩或预制桩按间隔、咬合排列形成挡土体系, 配合冠梁、腰梁与支撑体系共同受力, 依靠自身刚度抵抗土压力与水压力。冠梁增强整体协同性, 腰梁减小桩体变形, 整体稳定性突出。

排桩地质适应性强,可用于黏性土、砂土、软土、填土等多种地层,尤其在软土地区、深厚松散土层中优势明显,是中大型深基坑工程的首选支护形式之一。

施工重点控制桩位、成孔质量、钢筋笼安装与混凝土连续灌注,采用泥浆护壁、旋挖成孔等方式解决塌孔、缩径问题。临近敏感建(构)筑物与管线时,严控施工振动并加强变形监测,可与内支撑、锚杆组合使用,进一步提升安全性能。

(二) 降水技术

地下水是深基坑施工的主要影响因素之一,过高的地下水位会导致土体软化、边坡失稳、基坑涌水等问题,严重影响土方开挖与支护施工。降水技术的核心目的是降低基坑内部及周边地下水位,改善土体物理力学性质,为施工创造干燥、安全的作业环境。常用降水技术包括轻型井点降水、管井降水、喷射井点降水、深井降水等,其中轻型井点与管井降水应用最为广泛。

1. 轻型井点降水

轻型井点降水是一种负压抽水技术,通过沿基坑周边或内部布设井点管,利用真空泵、射流泵等设备形成负压,将地下水吸入井点管,经集水总管统一排出场地,实现地下水位下降。该系统主要由井点管、滤水管、集水总管、抽水设备、排水管路等组成,具有设备轻便、安装快捷、成本较低、降水均匀等特点。

轻型井点降水适用于粉土、粉质黏土等低渗透土层,单级降水深度 3m ~ 6m,多级可达 8m ~ 12m。在实际应用中,轻型井点降水可连续作业稳定控制水位,但在砂土、砾石等高渗透地层效率偏低,需配合其他降水方式。

2. 管井降水

管井降水又称深井降水,是在基坑周边或内部按一定间距布置深井管,利用潜水泵将地下水集中抽排,形成大范围降水漏斗,实现地下水位大幅下降的技术。管井降水系统由深井管、滤水管、潜水泵构成,出水量大、管理简便。

该技术适用于渗透系数大的土层,如砂土、砾石、卵石层等,在深厚含水层、高地下水位地区、大型深基坑工程中应用效果显著,降水深度可达到 20m 以上。管井降水可独立使用,也可与轻型井点、止水帷幕结合使用。

二、深基坑施工风险分析

深基坑工程施工周期长、工序交叉多、环境复杂,在土方开挖、支护施工、降水作业等环节均存在不同类型的风险,其中地下水渗漏风险、边坡失稳风险、周边环境变形风险是发生率最高、危害性最大的三类风险,直接关系工程安全与社会公共利益。

(一) 地下水渗漏风险

地下水渗漏是深基坑施工中最常见的恶性风险之一,具有突发性强、扩散速度快、处置难度大等特点,严重时可直接引发基坑坍塌。地下水渗漏会直接冲刷基坑土体,造成土体流失、空洞形成,使支护结构发生位移、变形,最终失去稳定。同时,渗漏还会引发周边地面沉降、建筑物开裂,造成不可逆的环境破坏,给工程带来巨大的经济损失与安全隐患。

(二) 边坡失稳风险

边坡失稳是指基坑边坡土体在开挖、降水、荷载作用下,发生滑动、坍塌、滑移等破坏现象,其力学本质是边坡土体内部剪应力超过了土体自身的抗剪强度,平衡状态被打破。边坡失稳不仅会破坏支护结构、延误工期,还会直接威胁现场施工人员生命安全,引发重大安全事故。

(三) 周边环境变形风险

深基坑施工不可避免会对周边土体产生扰动,引发地表沉降、建筑物倾斜开裂等问题。在城市核心区、老旧城区等敏感区域,该风险危害尤为突出。支护结构变形过大、土体流失等问题,会进一步加剧周边环境变形。当变形值超过规范允许范围时,会导致邻近住宅楼墙体开裂,供排水、燃气等管线破裂,引发停水、停电等安全事故,不仅影响居民正常生活,还会引发社会恐慌与纠纷^[1]。

三、深基坑施工风险防控措施

为有效应对深基坑施工各类风险,需坚持预防为主、防治结合、技术先行、管理保障的原则,从技术防控与管理防控两大维度构建全周期、多层次的风险防控体系,实现风险提前识别、动态监测、及时处置。

(一) 技术防控措施

技术防控是从根源上降低风险的核心手段,通过优化设计、改进工艺、强化监测,提升工程自身安全性与风险抵御能力。

1. 优化支护与降水设计

支护与降水设计是深基坑工程的灵魂,必须坚持“因地制宜、科学合理”的原则。施工前需开展详细的地质勘察与水文测验。设计过程中可采用 BIM 技术手段优化支护形式、井点布置等关键指标。

针对复杂地质与敏感环境,可采用组合式支护方案,如土钉墙+微型桩等,提升结构整体刚度与稳定性;止水设计优先选用地下连续墙等可靠性高的止水帷幕,确保阻断地下水渗流。降水方案需结合土层渗透性、基坑深度、水位高度合理选型,实现高效、可控降水,避免过度降水引发沉降^[2]。

2. 加强全过程监测与预警

监测是风险防控的“眼睛”,可实时掌握基坑与周边环境状态,实现异常情况早发现、早处置。监测

内容应全面覆盖基坑边坡水平位移、竖向沉降、支护结构应力等指标。监测频率需根据施工进度动态调整,土方开挖与降水阶段应加密监测次数,遇暴雨、地震等特殊情况需实施 24 小时连续监测。

积极推广自动化监测技术,提升数据精度与时效性。当监测数据达到预警值时,立即启动应急预案,控制风险扩大。监测数据需整理归档,为施工调整与后期工程提供数据支撑^[3]。

3. 规范施工工艺控制

严格按照设计方案与规范标准组织施工,是降低风险的关键。土方开挖坚持“分层、分段、对称、均衡”原则,严禁超挖、陡直开挖,开挖与支护施工紧密衔接,缩短边坡暴露时间;支护施工严控工程质量,杜绝偷工减料、工艺简化;降水施工保持连续作业,防止降水中断导致水位反弹。

(二) 管理防控措施

技术措施的落地离不开完善的管理体系,通过制度建设、人员管理、责任落实,实现施工全过程规范化管控。

1. 完善施工管理制度体系

建立健全覆盖全流程的施工管理制度,包括施工组织设计审批制度、技术交底制度、质量检查验收制度等,明确各部门、各岗位工作职责与操作标准。制定专项应急预案,定期开展应急演练,最大限度降低事故损失^[4]。

2. 加强人员培训与安全意识提升

施工单位需定期开展专项技术培训,针对土钉墙、降水、监测等关键工艺进行实操教学,提升作业人员专业技能;加强安全教育培训,杜绝违章指挥、违规作业。建立考核上岗制度,特种作业人员必须持证上岗,定期开展技能与安全考核,考核不合格者不得上岗,从人为层面消除风险隐患。

3. 强化全过程协同管理

深基坑工程涉及建设、设计、勘察、施工、监理、监测等多方主体,需建立协同管理机制,加强信息沟通与工作配合。监理单位严格履行监督职责,对施工质量、安全、进度进行全过程管控;监测单位及时反馈数据,为决策提供依据;各方定期召开工程例会,协调解决施工中的技术、安全、进度问题,形成管控合力。

四、深基坑施工技术与风险防控发展趋势

随着建筑行业转型升级与科技进步,深基坑施工技术与风险防控正朝着绿色化、智能化、信息化、工业化方向发展,新技术、新材料、新设备的应用不断提升工程安全性与施工效率。

(一) 绿色环保型技术与材料应用

未来深基坑工程将更加注重环境保护与资源节

约,绿色施工技术成为主流。新型止水材料、环保型注浆材料、可回收支护材料逐步替代传统材料,减少施工污染与资源消耗;真空降水、回灌技术等绿色降水工艺,保护生态环境。同时,低振动、低噪声施工设备不断普及,最大限度降低施工对周边居民与环境的影响^[5]。

(二) 智能化与信息化技术深度融合

大数据、物联网、人工智能等技术与深基坑工程深度融合,推动风险防控从“被动应对”向“主动预判”转变。智能支护系统可根据土体压力、结构变形自动调节支撑力,实现自适应稳定;基于人工智能算法的风险预警模型,可通过历史数据与实时监测数据,精准预测风险发生概率与发展趋势。

(三) 标准化与工业化施工推广

深基坑支护、降水等工艺逐步实现标准化设计、工厂化生产、装配化施工,减少现场作业量与人为误差,提升施工质量与效率。标准化的支护构件、降水设备、监测系统大幅降低施工成本,缩短工期,同时提升工程质量稳定性,推动深基坑工程向高质量、高效率方向发展。

五、结语

深基坑工程作为建筑工程的重要组成部分,具有施工复杂、风险集中、影响因素多等特点,其施工安全直接关系到工程整体成败与社会公共利益。本文通过对深基坑支护施工技术、降水施工技术的系统分析,明确了不同技术的适用条件、施工要点与控制要求;通过对地下水渗漏、边坡失稳、周边环境变形三大核心风险的深入剖析,厘清了风险产生机理与主要影响因素;并从技术优化、监测预警、工艺管控、制度建设、人员管理、多方协同等方面,提出了全面、可行的风险防控措施。在未来城市建设中,需持续加强技术创新与管理升级,不断总结工程实践经验,推动深基坑工程高质量发展,为城市地下空间开发与高层建筑建设提供更加坚实的安全保障。

参考文献:

- [1] 徐鸿杰. 建筑工程深基坑施工技术 [J]. 城市住宅, 2021, 28 (S1): 116-117.
- [2] 姜尊义. 建筑工程中深基坑施工中的桩锚支护 [J]. 中国新技术新产品, 2021, (21): 114-116.
- [3] 宋庆. 论建筑工程深基坑施工中组合支护技术的应用 [J]. 居舍, 2021, (30): 77-78.
- [4] 高斌, 马建春, 吴齐兴. 建筑工程中深基坑施工技术应用分析 [J]. 中国住宅设施, 2021, (09): 114-115.
- [5] 杨金贵. 高层民用建筑工程中的深基坑施工工艺 [J]. 建筑安全, 2021, 36 (08): 37-39.