

岩土工程施工中深厚软土深基坑开挖支护研究

王晓冬 范民浩 付天诚 林博哲 王康
北京航天地基工程有限责任公司 北京 102600

摘要: 在岩土工程施工领域,深厚软土深基坑开挖支护是一项极具挑战性且关键的工作。本文首先阐述了其面临地质条件复杂、城市环境影响大、土体性质差、风险因素多等挑战;接着介绍了支护结构类型、开挖方法、监测技术;然后提出了稳定性控制措施,包括降水排水、土体加固、支护结构优化。强调需综合考虑地质、环境、施工等因素,采取科学合理措施,保障深厚软土深基坑开挖支护工作安全、顺利开展,为相关工程提供理论与技术支持。

关键词: 岩土工程;深厚软土;深基坑;开挖支护

引言: 岩土工程施工中,深厚软土深基坑开挖支护意义重大且面临诸多难题。其地质条件复杂,城市环境影响大,土体性质差,还存在多种风险因素。为保障施工安全顺利,需掌握相关技术并采取有效控制措施。本文围绕深厚软土深基坑开挖支护展开研究,阐述其面临的挑战,介绍支护结构类型、开挖方法、监测技术,提出稳定性控制措施,为该领域工程实践提供参考。

1 深厚软土深基坑开挖支护面临的挑战

从地质条件方面看,深厚软土地区地质状况极为复杂,土层分布毫无规律可言,常常存在软弱夹层、古河道等不良地质现象。软弱夹层的存在使得土体抗剪强度大幅降低,在基坑开挖过程中,极易引发基坑局部失稳问题,出现滑坡、涌水涌砂等危险状况,严重威胁基坑施工安全。在城市环境因素上,深厚软土深基坑大多位于城市中心区域,周边建筑物密集林立,地下管线纵横交错、错综复杂^[1]。基坑开挖时产生的土体变形和位移,会对周边建筑物和地下管线的安全造成直接影响,可能导致建筑物出现倾斜、开裂等情况,地下管线发生断裂,进而影响城市的正常运转和居民的生活,因此必须采取切实有效的措施来严格控制土体变形。就土体自身性质而言,深厚软土的物理力学性质较差,在开挖过程中,土体容易出现流变、蠕变现象,这使得基坑变形会随时间不断加剧。深厚软土的渗透性较低,降水排水工作异常困难,基坑内极易形成积水,不仅会影响施工进度,还会降低施工质量。而且,深厚软土深基坑的支护结构需要承受较大的土压力和水压力,这对支护结构的设计和施工都提出了极高的要求。深厚软土深基坑开挖支护过程中还存在多种风险因素,地质灾害风险包括基坑坍塌、滑坡、涌水涌砂等;施工安全风险涵盖高处坠落、物体打击、机械伤害等;环境风险涉及对周边建筑物和地下管线的破坏以及对周边环境的影响。这些风险因素相互

关联、相互影响,大大增加了基坑开挖支护的风险管理难度,需要综合考虑地质、环境、施工等多方面因素,采取科学合理的措施,才能确保深厚软土深基坑开挖支护工作安全、顺利地进行。

2 深厚软土深基坑开挖支护技术

2.1 支护结构类型

(1) 排桩支护结构,是常用深基坑支护形式,有钻孔灌注桩、人工挖孔桩等类型,具有刚度大、抗弯能力强的优点,适用于多种地质条件和周边环境,在深厚软土地区,可通过设置冠梁和腰梁将排桩连成整体,提升整体稳定性。(2) 地下连续墙支护结构,是一种集挡土、防渗功能于一体,刚度大、整体性好、防渗性能强,在深厚软土地区能有效阻止地下水渗透,减少基坑涌水、涌砂问题,还可作为地下结构一部分与主体结构结合,节省工程投资。(3) 土钉墙支护结构,采用原位土体加筋技术,在土体中设置土钉,把土体与喷射混凝土面板连接成整体,提高土体稳定性,具有施工方便、造价低的优点,适用于深度较浅、地质条件较好的深厚软土深基坑。(4) 复合支护结构,是将两种或两种以上支护结构组合,充分发挥各支护结构优点以增强支护效果,在深厚软土地区应用时,可根据工程实际情况灵活组合不同支护结构,满足不同地质条件和周边环境要求。如排桩与锚索组合,排桩提供主要挡土作用,锚索通过施加预应力增强排桩的稳定性,共同抵抗土压力;地下连续墙与内支撑组合,地下连续墙阻挡土体和地下水,内支撑则承受地下连续墙传来的水平力,保证基坑稳定。不同支护结构在深厚软土深基坑工程中各有适用场景,需综合考虑地质条件、周边环境、工程要求等因素合理选择。

2.2 开挖方法

分层分段开挖是常用方法,它把基坑分成若干层与段,逐层逐段开挖,能有效控制土体变形,降低对周边

环境的影响,开挖时要遵循“对称平衡、限时开挖、严禁超挖”原则,以此确保基坑稳定。盆式开挖则是先挖基坑中间部分土体,留下周边土体作为支护结构支撑,待中间施工完成再开挖周边土体,此方法可减少支护结构变形,提升基坑稳定性,适用于周边环境要求高、支护结构刚度大的深厚软土深基坑,它利用周边土体为中间施工提供相对稳定的支撑环境,保障开挖过程安全^[2]。岛式开挖与盆式开挖顺序相反,先开挖基坑周边部分土体,留下中间部分作为施工平台,待周边施工完成再开挖中间土体,这种开挖方式能提前形成支护结构工作面,加快施工进度、缩短工期,不过需重点关注中间部分土体稳定性,因其处于相对孤立状态,若处理不当易出现滑坡等问题,影响基坑安全与施工正常进行。在实际深厚软土深基坑开挖工程中,选择开挖方法要综合考量多方面因素,如地质条件,不同土层特性会影响开挖难易程度与土体稳定性;周边环境,周边建筑物、地下管线分布及对变形敏感程度决定开挖方法对环境影响控制要求;还有工程工期要求,若工期紧张可能倾向选择能缩短工期的开挖方法,但也要确保安全与质量,通过科学合理选择开挖方法,保障深厚软土深基坑开挖工程顺利推进。

2.3 监测技术

(1) 监测内容,土体变形监测是重点之一,能直接反映基坑周边土体移动情况;支护结构变形监测可掌握支护体系受力与变形状态,确保其发挥有效支撑作用;地下水水位监测可了解基坑内外水压力变化,防止因水位异常引发涌水等问题;周边建筑物和地下管线变形监测能及时发现基坑施工对其造成的影响,保障周边设施安全。通过实时监测这些参数变化,能及时掌握基坑稳定状况,一旦发现异常可迅速采取处理措施。(2) 监测方法,因监测对象不同而有所差异,土体变形监测常用测斜仪、分层沉降仪等设备,测斜仪可测量土体不同深度水平位移,分层沉降仪能监测土体分层沉降情况;支护结构变形监测采用全站仪、水准仪,全站仪可精确测量支护结构各点三维坐标,水准仪用于测量其垂直位移;地下水水位监测用水位计,能准确获取水位高度^[3]。周边建筑物和地下管线变形监测使用水准仪、经纬仪,水准仪测垂直位移,经纬仪测水平位移。(3) 监测频率并非固定,需根据基坑开挖进度、周边环境变化动态调整。基坑开挖初期,土体和支护结构变形相对较小,监测频率可适当降低;而开挖至基底、浇筑底板等关键阶段,土体应力状态改变大,支护结构受力复杂,周边环境受影响程度增加,此时应提高监测频率,加密监测次数,以便及

时发现潜在问题并处理,确保深厚软土深基坑开挖支护施工安全顺利进行。

3 深厚软土深基坑开挖支护稳定性控制措施

3.1 降水排水

井点降水适用于渗透系数小的软土区域,施工时在基坑周边合理布置井点管,这些井点管如同地下“吸管”,依靠抽水设备产生的吸力将地下水抽出,使地下水位逐步降低,为基坑开挖创造相对干燥的作业环境。管井降水则针对渗透系数大的软土地区,在基坑内设置管井,管井如同一个个“地下水库”,通过抽水设备将管井内的水抽出,进而降低地下水位,两种方法需依据地质条件差异合理选用,以达到最佳降水效果。基坑开挖过程中,完善的排水系统必不可少,它能及时排出基坑内积水和地表水,保障施工顺利进行。该系统主要由排水沟和集水井构成,排水沟沿基坑周边布置,如同一条条“导流渠”,引导水流汇聚至设置在排水沟末端的集水井,集水井如同“积水容器”,再利用水泵将集水井中的水抽排至基坑外,确保基坑作业面干燥,避免积水对施工造成干扰。然而,降水排水操作可能引发周边环境问题,如地面沉降、建筑物倾斜等,必须采取有效控制措施^[4]。一方面可采用回灌技术,在降水井周边设置回灌井,把抽出的地下水重新回灌到地下,如同给地下“补水”,平衡地下水位,减少因降水导致的地层应力变化,降低对周边环境的影响;要加强对周边建筑物和地下管线的监测,运用专业监测设备,实时掌握其变形、位移等数据,一旦发现异常,迅速分析原因并采取针对性处理措施,如对变形较大的建筑物进行加固支撑,对受损地下管线进行修复等。通过合理选择降水方法、设置科学排水系统以及采取有效控制措施,可确保深厚软土深基坑降水排水工作顺利进行,保障基坑及周边环境安全。

3.2 土体加固

水泥搅拌桩加固以水泥为固化剂,借助特制搅拌机,将水泥与软土强制搅拌,使水泥均匀分散在软土中,让软土硬结,从而提升土体强度与稳定性,让原本松散、承载能力弱的软土具备更好的承载能力与抗变形能力,为基坑稳定提供基础支撑。高压喷射注浆加固利用高压喷射流冲击破坏土体,在强大的冲击力下土体结构被打破,同时在破坏土体结构的过程中注入水泥浆液,水泥浆液迅速与被破坏的土体充分混合,形成具有一定强度的加固体,这种加固体不仅提高了土体强度,还增强了土体的防渗性能,能有效阻止地下水渗透对基坑的影响,保障基坑施工安全。加固范围和深度的确定需综合多方面因素,基坑深度是重要考量因素,较深的基坑受到的土

压力和水压力更大,需要更大范围和更深度的加固来保证整体稳定,防止基坑出现变形、坍塌等问题;地质条件也至关重要,不同土层的特性不同,如存在软弱夹层等不良地质时,这些部位土体强度低、稳定性差,加固范围和深度要适当调整,重点对这些部位进行加固处理;周边环境同样不可忽视,周边建筑物、地下管线的分布及对变形的敏感程度,决定了加固需达到的保护程度,要确保加固不会对周边设施造成损害。通常加固范围要延伸至基坑周边一定距离,加固深度应达到基坑底部以下一定深度,为基坑稳定提供可靠保障。土体加固完成后,必须进行加固效果检测,检测方法有静力触探试验、标准贯入试验、钻孔取芯试验等,通过这些检测方法获取加固体强度、均匀性等指标,评估加固效果是否满足设计要求,确保深厚软土深基坑工程安全。

3.3 支护结构优化

对于排桩支护结构,要优化桩径、桩间距、桩长,桩径大小直接影响其承载能力,桩径过小承载力不足,过大则增加成本,需合理确定;桩间距决定整体挡土效果,间距过大易出现土体坍塌,过小则增加施工难度和成本;桩长需穿透软弱土层到达稳定地层,确保桩体有足够的支撑。地下连续墙需优化厚度与深度,厚度关乎结构强度,厚度不足难以承受土压力和水压力,过厚则造成浪费;深度要满足基坑抗渗与稳定要求,防止地下水渗透和基坑失稳。锚索要优化间距、倾角、长度,合理间距保证锚固力均匀分布,避免局部应力集中;合适倾角使锚索更好地发挥拉结作用,提高支护效果;适当长度确保锚固在稳定土层,保证锚固力可靠^[5]。通过参数优化,可提升支护结构稳定性并增强经济性。支护结构施工工艺优化对提高施工质量至关重要,排桩施工时要严格把控钻孔垂直度,利用专业测量工具实时监测,避免桩体偏斜影响承载;注重钢筋笼安装质量,保证钢筋位置准确、连接牢固,防止后续混凝土浇筑时钢筋移位;重视混凝土浇筑质量,采用分层振捣等方式确保混凝土密实无缺陷。地下连续墙施工要严格掌控成槽质量,保证槽

壁垂直、平整,为后续施工提供良好基础;注重钢筋笼吊装质量,选用合适的吊装设备和吊点,防止吊装变形;保证连续墙整体性。支护结构动态调整是在基坑开挖过程中,依据监测结果与实际情况进行,监测发现支护结构变形过大,要及时增加支撑或锚索,改变其受力状态,增强稳定性;发现地下水水位变化较大,要及时调整降水排水方案,防止因水位异常引发基坑失稳,通过动态调整确保基坑在整个开挖过程中始终保持稳定状态,保障施工安全与质量。

结束语

综上所述,深厚软土深基坑开挖支护是岩土工程的关键环节。其面临地质、环境等多方面挑战,需综合运用支护结构类型、开挖方法、监测技术等。通过采取降水排水、土体加固、支护结构优化等稳定性控制措施,能有效应对挑战。在工程实践中,要充分考虑地质、环境、施工等因素,依据实际情况科学选择技术与措施,保障施工安全与质量,推动岩土工程领域相关技术不断进步,为城市建设与发展提供坚实的技术支撑。

参考文献:

- [1]李丁相,李晓飞.岩土工程施工中的深厚软土深基坑开挖支护技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):070-073.
- [2]卞士伟.岩土工程施工中深厚软土深基坑开挖支护技术[J].门窗,2025(2):46-48.
- [3]阴世宁,徐涛,史少博,王硕.岩土工程施工中深厚软土深基坑开挖支护技术分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):124-127.
- [4]于楨.岩土工程施工中深基坑开挖支护技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):027-030.
- [5]莫毅政,张艺天.深厚软土深基坑开挖条件下的岩土工程支护技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(4):164-167.