

土木深基坑工程变形控制技术及周边环境影响评估

刘政辉

中国化学工程第六建设有限公司 湖北 襄阳 441000

摘要：文章聚焦土木深基坑工程，系统研究变形控制技术及周边环境影响评估。深入阐述变形控制基础理论，详细介绍围护结构设计施工、支撑体系设计等关键技术；构建涵盖土壤、水体等多方面的环境影响评估指标体系，并展开分析。通过实际工程案例实证，表明合理运用变形控制技术可有效控制基坑变形，同时验证了环境影响评估的重要性，为深基坑工程设计与施工提供参考。

关键词：土木工程；深基坑工程；变形控制技术；周边环境影

引言：随着城市化进程加速，地下空间开发促使深基坑工程规模与深度不断攀升。然而深基坑工程区域性、复杂性特征显著，施工中土体应力变化、地下水作用等易引发基坑变形，威胁工程安全，同时对周边土壤、水体、建筑物等环境要素造成影响。深入研究变形控制技术与周边环境影

1 土木深基坑工程变形控制基础理论

土木深基坑工程变形控制基础理论是保障工程安全与周边环境稳定的基石。深基坑工程作为城市地下空间开发的关键，其开挖深度超5米或条件复杂时，涉及土方开挖、支护与降水等多环节，区域性和复杂性显著，关乎多学科知识及周边环境安全。变形控制原理聚焦于平衡土体应力与支护结构抗力。土体开挖打破原有应力状态，支护结构需抵抗土压力。从土力学视角，土体变形分弹性与塑性，要通过合理设计支护结构，将土体应力限制在弹性范围，并重视地下水影响，采取降水或止水措施，同时考虑时间效应对基坑变形的作用，合理安排施工进度。变形监测技术是重要辅助手段，传统的水准测量、全站仪测量与现代自动化监测系统、遥感监测技术相互补充，实时获取变形数据，为工程决策提供可靠依据，助力实现深基坑工程变形有效控制。

2 土木深基坑工程变形控制关键技术

2.1 围护结构设计施工

围护结构是深基坑工程抵抗土体压力、控制变形的重要屏障，其设计与施工质量直接关系到基坑的安全稳定。常见的围护结构形式有地下连续墙、灌注桩排桩、水泥土搅拌桩等。地下连续墙具有整体性好、挡土和止水性能优越等优点，适用于各种复杂地质条件和周边环境^[1]。在设计地下连续墙时，需要根据基坑深度、地质

条件、周边荷载等因素，合理确定墙体厚度、配筋率等参数。施工过程中，要严格控制成槽精度，防止槽壁坍塌，确保墙体的垂直度和连续性。同时要做好墙段之间的接头处理，保证接头的止水性能。灌注桩排桩是通过在基坑周边成孔后灌注混凝土形成桩体，桩与桩之间相互连接形成挡土结构。灌注桩排桩的设计需要考虑桩径、桩长、桩间距等参数，确保桩体能够承受土体压力。施工时，要注意控制钻孔深度和孔径，保证灌注桩的质量。为提高灌注桩排桩的止水性能，通常会在桩间设置高压旋喷桩或水泥土搅拌桩进行止水。水泥土搅拌桩是利用水泥作为固化剂，通过特制的搅拌机械将软土和水泥强制搅拌，使软土硬结形成具有一定强度和止水性能的桩体或墙体。水泥土搅拌桩适用于软土地基，在设计时要根据土体的物理力学性质确定水泥掺量和搅拌桩的布置形式。施工过程中，要控制搅拌深度和搅拌速度，保证水泥土搅拌均匀，提高搅拌桩的强度和止水效果。

2.2 支撑体系设计

支撑体系的作用是为围护结构提供水平支撑力，减小围护结构的变形。支撑体系主要有内支撑和锚杆支撑两种形式。内支撑包括水平支撑和竖向支撑，水平支撑常用的有钢管支撑、钢筋混凝土支撑等。钢管支撑具有安装和拆除方便、可重复使用等优点，但承载能力相对较低；钢筋混凝土支撑则具有承载能力大、刚度大等优点，但施工周期长，拆除困难^[2]。在设计内支撑时，需要根据基坑的形状、尺寸、深度以及围护结构的受力情况，合理确定支撑的布置形式、间距和截面尺寸。同时要考虑支撑体系与围护结构的连接方式，确保支撑力能够有效传递。锚杆支撑是通过在土体中设置锚杆，将围护结构所受的土压力传递到稳定的土体中。锚杆支撑具有不占用基坑内部空间、施工方便等优点，适用于基坑周边有足够锚固长度的情况。锚杆的设计需要考虑锚杆

的长度、直径、倾角、锚固力等参数,确保锚杆能够提供足够的拉力。施工过程中,要保证锚杆的成孔质量和注浆质量,提高锚杆的锚固效果。

2.3 土体加固技术

土体加固技术可以提高土体的强度和稳定性,减少基坑变形。常用的土体加固技术有注浆加固、高压旋喷加固、深层搅拌加固等。注浆加固是通过向土体中注入水泥浆、化学浆液等,填充土体孔隙,改善土体的物理力学性质。注浆加固适用于各种土质条件,在深基坑工程中,常用于加固基坑底部土体,提高地基承载力,防止基坑隆起。注浆时,要根据土体的渗透性选择合适的注浆材料和注浆工艺,控制注浆压力和注浆量,确保加固效果。高压旋喷加固是利用高压喷射流将土体破坏,并与水泥浆等固化剂混合,形成具有一定强度的加固体。高压旋喷加固可用于止水和土体加固,在基坑周边进行高压旋喷桩施工,能够形成连续的止水帷幕,阻止地下水渗入基坑,同时提高土体的强度和稳定性。施工过程中,要控制喷射压力、提升速度和旋转速度等参数,保证旋喷桩的质量。深层搅拌加固是通过深层搅拌机械将土体和固化剂强制搅拌,形成水泥土加固体。深层搅拌加固适用于软土地基,可用于加固基坑边坡土体,提高边坡的稳定性。在设计深层搅拌加固方案时,要根据土体的性质和加固要求,确定搅拌桩的直径、长度、间距和水泥掺量等参数。

2.4 开挖与降水控制

合理的开挖与降水控制是深基坑工程变形控制的关键环节。土方开挖顺序和方法会影响基坑土体应力的释放和重新分布,进而影响基坑变形。在土方开挖过程中,应遵循“分层、分段、对称、均衡”的原则,避免土体应力集中释放。同时要根据基坑的支护结构形式和支撑体系,合理安排开挖顺序,确保支护结构在开挖过程中的稳定性。降水控制对于深基坑工程至关重要,地下水的存在会降低土体的强度和稳定性,增加基坑变形的风险。通过降水措施,可以降低地下水位,减少地下水对土体的浮力和软化作用。在降水设计时,要根据地质条件、基坑深度和周边环境等因素,选择合适的降水方法,如管井降水、轻型井点降水等。

3 深基坑施工对周边环境的影响评估

3.1 影响评估指标体系

建立科学合理的影响评估指标体系是准确评估深基坑施工对周边环境影响的基础。影响评估指标体系应涵盖深基坑施工对土壤、水体、空气质量、噪音、生态以及建筑物等多方面的影响。在土壤方面,评估指标包括

土壤沉降、土壤位移、土壤密实度变化等;水体方面,指标有地下水位变化、水质污染情况等;空气质量方面,主要评估扬尘污染程度、有害气体排放等;噪音评估指标包括施工噪音的强度、频率和持续时间;生态影响评估指标涉及植被破坏、生物栖息地改变等;对于建筑物,评估指标有建筑物沉降、倾斜、裂缝等情况。通过这些指标的综合评估,能够全面了解深基坑施工对周边环境的影响程度。

3.2 土壤与水体影响评估

深基坑施工对土壤的影响主要表现为土体扰动和变形。土方开挖过程中,土体的应力状态发生改变,导致土体产生侧向位移和沉降。如果土体变形过大,可能会影响周边建筑物的基础稳定性,导致建筑物沉降、倾斜甚至开裂。降水措施也会引起土壤的固结沉降,改变土壤的物理力学性质^[3]。对水体的影响主要体现在地下水位变化和水质污染两个方面。降水施工会降低地下水位,可能导致周边建筑物基础下的土体失水固结,产生沉降。施工过程中产生的泥浆、油污等污染物如果处理不当,会渗入地下水体,造成水质污染,影响周边居民的用水安全和生态环境。

3.3 空气质量与噪音影响评估

深基坑施工过程中,扬尘污染已成为影响周边空气质量的关键因素。在土方开挖阶段,机械挖掘与运输车辆的频繁碾压,使得原本稳定的土壤颗粒暴露并扬起;材料堆放区域若缺乏有效苫盖,砂石、水泥等粉状物料在风力作用下也会形成扬尘。这些扬尘中包含的PM_{2.5}、PM₁₀等颗粒物,能够长时间悬浮在空气中,不仅降低空气能见度,更会随着呼吸进入人体呼吸道和肺部,引发咳嗽、哮喘等呼吸道疾病。挖掘机、柴油打桩机等施工机械运行时,会燃烧柴油排放一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物等有害气体,与扬尘相互作用,进一步加剧空气污染,甚至可能形成光化学烟雾,危害区域大气环境质量。噪音污染同样不容忽视,施工过程中,挖掘机的机械轰鸣声、装载机的物料装卸声、打桩机的锤击声等,噪音强度通常在80分贝以上,部分打桩作业噪音峰值可达110分贝。长期暴露在这种高强度噪音环境中,周边居民会出现听力下降、耳鸣等症状,严重时还可能引发失眠、焦虑等精神性疾病。高噪音环境会干扰居民正常的生活、学习与工作,降低生活质量。

3.4 生态与建筑物影响评估

深基坑施工对周边生态环境的破坏呈多维度特征。工程建设初期,大规模场地平整与拓展必然占用土地,导致树木砍伐、植被铲除,直接摧毁生物栖息地,致

使鸟类、昆虫等大量迁移,生物多样性急剧减少。施工过程中,若建筑垃圾、废弃泥浆未经妥善处理而随意堆放、排放,会渗入土壤和水体,造成土壤板结、水体富营养化,严重破坏生态系统的物质循环与能量流动。施工活动改变局部微气候,影响空气流通,进而威胁周边植物生长环境,对生态平衡形成长期威胁。在建筑物方面,基坑开挖引发的土体变形是关键影响因素。土方开挖使周边土体应力场改变,产生侧向位移与沉降,给邻近建筑物带来附加应力。当建筑物基础难以承受时,沉降、倾斜、裂缝等问题随之出现,尤其对历史建筑和医院、学校等重要建筑危害极大,不仅造成经济损失,还可能危及公共安全。

4 深基坑工程变形控制及周边环境影响实证研究

4.1 工程案例介绍

选取某城市商业综合体深基坑工程作为研究案例。该工程基坑深度为18米,基坑面积约12000平方米,周边环境复杂,东侧紧邻一栋20层的办公楼,西侧为城市主干道,地下分布有燃气、给排水等多种管线。工程地质条件为上为杂填土和粉质黏土,下部为粉砂和中砂层,地下水丰富。根据工程特点和周边环境要求,采用地下连续墙作为围护结构,墙厚0.8米,深度30米;内支撑体系采用3道钢筋混凝土支撑,支撑间距8米;采用管井降水方式降低地下水位,同时在基坑周边设置回灌井,防止周边建筑物沉降。

4.2 变形控制措施与效果分析

在该工程中,采取了一系列变形控制措施。在围护结构施工方面,严格控制地下连续墙的成槽精度和混凝土浇筑质量,确保墙体的整体性和止水性能。内支撑体系按照设计要求及时施工,在土方开挖过程中,遵循分层分段开挖原则,每层开挖深度不超过2米,每段开挖长度不超过20米,减少土体应力集中释放。通过变形监测数据显示,基坑围护结构的最大水平位移为25毫米,小于设计允许值30毫米;周边建筑物的最大沉降量为15毫米,未对建筑物安全造成影响。这些数据表明,所采取

的变形控制措施有效控制基坑变形,保障了基坑及周边环境的安全^[4]。

4.3 周边环境影响评估结果

对该工程周边环境影响进行评估发现,在土壤方面,基坑周边土壤沉降在可控范围内,未对周边建筑物基础造成明显影响;水体方面,通过回灌措施,地下水位基本保持稳定,未出现因降水导致的周边建筑物沉降和水质污染问题;空气质量方面,施工过程中采取洒水降尘、覆盖防尘网等措施,扬尘污染得到有效控制,但仍存在一定程度的有害气体排放;噪音方面,施工噪音在夜间得到有效控制,但白天仍对周边居民生活造成一定影响;生态方面,施工对周边植被造成了一定破坏,但通过后期绿化补偿措施进行修复;建筑物方面,除少量细微裂缝外,未出现明显的沉降和倾斜问题。总体而言,该工程在施工过程中对周边环境的影响得到了有效控制。

结束语

本文系统探讨了土木深基坑工程变形控制技术及周边环境评估,从理论到实践,提出多种有效控制措施与评估方法。通过案例验证,证实相关技术与评估体系在保障工程安全、降低环境影响方面成效显著。未来,随着技术发展与环境要求提升,需进一步优化变形控制技术,完善环境影响评估体系,以应对更复杂的深基坑工程挑战。

参考文献

- [1]朱晓波.紧邻地铁的深基坑施工时对地铁隧道变形的控制技术研究[J].建筑施工,2020,42(8):1395-1397.
- [2]尹荣玉.复杂周边环境桩锚支护深基坑监测分析[J].四川水泥,2023(03):148-150.
- [3]蒋兴祥,吴勇,张向阳.复杂周边环境深基坑开挖监测与变形特性分析[J].工程质量,2022,40(07):52-55.
- [4]李维,陈宏伟.深基坑工程施工对周边环境的影响及防治对策分析[J].砖瓦,2021(08):202+204.