

高层建筑基坑桩锚基坑支护技术

朱 燕

宁夏地质工程集团有限公司 宁夏 银川 750001

摘要：高层建筑基坑桩锚支护技术由护坡桩与预应力锚杆（索）构成。其设计要点包括地质勘察、支护桩、锚杆、冠梁与腰梁设计等，施工工艺涵盖护坡桩（钢筋混凝土灌注桩、钢管桩）、锚杆（索）施工及桩间土防护。质量控制从原材料、施工过程（护坡桩与锚杆（索）各环节把控）及监测反馈着手，通过对各土层特性分析确定参数，严格施工步骤与质量检验，实时监测并处理异常，为高层建筑基坑稳定提供可靠保障，确保支护体系安全有效运行。

关键词：高层建筑；基坑；桩锚支护；技术研究

引言：随着高层建筑的不断涌现，基坑支护成为工程建设的关键环节。桩锚基坑支护技术因其独特的稳定性和适应性被广泛应用。在复杂的地质条件与周边环境下，该技术通过护坡桩抵御土体侧向压力，预应力锚杆（索）施加反向拉力，二者协同形成稳固支护体系。然而，要充分发挥其优势，需深入探究其技术原理、精心设计并严格把控施工工艺与质量，以应对高层建筑基坑支护面临的诸多挑战，保障工程顺利推进与周边环境安全。

1 桩锚基坑支护技术原理

桩锚支护体系主要由护坡桩和预应力锚杆（索）组成。护坡桩一般采用钢筋混凝土灌注桩或钢桩等形式，其主要作用是承受基坑侧壁土体的侧向压力，阻止土体的侧向位移。桩体通过嵌入基坑底部一定深度的稳定土层或岩层，利用桩身与土体之间的摩擦力以及桩端的阻力来提供抗倾覆和抗滑移能力。预应力锚杆（索）则是将拉力传递到稳定的土体或岩体中，对护坡桩施加反向拉力，进一步增强支护结构的稳定性。锚杆（索）一端与护坡桩连接，另一端深入到基坑周边的稳定土层或岩层中。在施工过程中，对锚杆（索）施加预应力，使其预先处于受拉状态，这样可以有效地限制护坡桩的位移，减少基坑侧壁土体的变形。通过桩与锚的协同作用，形成一个稳定的支护体系，共同抵抗基坑开挖过程中土体产生的各种应力。

2 桩锚基坑支护技术设计要点

2.1 地质勘察与分析

准确且详细的地质勘察作为桩锚支护设计的基石，其重要性不言而喻。必须全面查明基坑范围内各土层的物理力学性质，诸如土的重度、内摩擦角、粘聚力以及压缩模量等，同时对地下水的类型、水位及其补给来源等信息也要了如指掌。以砂土地区为例，由于其土层的内摩擦角较大，但粘聚力较小，这就导致锚杆的锚固力

相对难以充分发挥。因此在设计时，需要适当增加锚杆的长度或者提高锚杆的锚固力，以此来确保支护结构的稳定性。而在粘性土地区，土层的粘聚力较大，土体本身具有一定的自稳能力，不过也要特别注意地下水对土体强度的影响，因为地下水可能会降低土体的粘聚力和内摩擦角，从而影响基坑的稳定性。

2.2 支护桩设计

支护桩作为桩锚支护体系中的主要受力构件之一，其设计涵盖多个关键方面。首先是桩径的确定，一般需依据基坑深度、地质条件以及周边环境等因素综合考量，常见的桩径有600mm、800mm、1000mm等。桩间距的设计则既要满足土体稳定性的要求，又要兼顾施工的可行性，通常不宜过大，否则会影响支护效果，一般在1.0m~1.5m之间较为合适。桩长的确定同样很重要，要根据基坑深度、土层分布以及锚杆设置位置等多方面因素进行综合计算。要确保桩身能够嵌入稳定土层一定深度，从而为支护结构提供足够的竖向承载力和侧向抵抗力^[1]。配筋方面，则要依据桩身所受的弯矩、剪力等内力情况进行精确计算，主筋一般采用HRB400级钢筋，可沿桩身均匀布置，也可以根据受力情况分段布置，以充分发挥钢筋的力学性能，确保支护桩能够承受基坑开挖过程中土体产生的各种应力。

2.3 锚杆设计

锚杆设计是桩锚支护设计的核心环节。其中，锚杆的直径通常在150mm~250mm之间，具体数值要根据设计拉力值来确定。锚杆长度的计算需综合考虑基坑深度、土层条件以及锚杆的锚固位置等因素，务必保证锚杆在稳定土层中有足够的锚固长度，这样才能提供可靠的锚固力。锚杆间距一般与支护桩间距保持一致，也可根据受力情况适当调整。锚杆倾角一般控制在15°~30°之间，因为倾角过大或过小都会对锚杆的受力性能产生不利影

响。在杆体材料的选择上,可根据预应力大小及工程具体要求选用普通钢筋、高强钢丝或钢绞线等。锚固方式主要有机械锚固、粘结锚固等,在实际工程中,需依据土层条件及工程实际情况来选择合适的锚固方式,以确保锚杆与土体之间的锚固力能够满足设计要求。

2.4 冠梁与腰梁设计

冠梁作为设置在支护桩顶部的钢筋混凝土梁,其主要作用是将支护桩连接成一个整体,从而显著增强支护结构的整体性和刚度。冠梁的截面尺寸和配筋需要根据支护桩的间距、桩径以及所受荷载等因素进行精确计算。一般情况下,冠梁的高度在0.6m~1.0m之间,宽度在0.8m~1.2m之间。腰梁则是设置在锚杆位置处的钢筋混凝土梁,它能够将锚杆的拉力均匀地传递给支护桩,有效改善支护桩的受力状态。腰梁的截面尺寸和配筋同样需要依据锚杆的拉力以及支护桩的间距等因素进行科学计算,以确保其能够充分发挥传递拉力的作用,进一步提高支护结构的稳定性。

3 桩锚基坑支护技术施工工艺

3.1 坡桩施工

3.1.1 钢筋混凝土灌注桩施工

(1)成孔是钢筋混凝土灌注桩施工的关键步骤,可采用钻孔灌注桩、旋挖灌注桩等方式。钻孔灌注桩借助泥浆护壁钻孔,在钻孔过程中,泥浆起到护壁、携渣和冷却钻头的作用,能有效防止孔壁坍塌。而旋挖灌注桩则利用旋挖钻机直接取土成孔,具有成孔速度快、效率高的特点。无论采用哪种成孔方式,都必须严格控制孔的垂直度、孔径和孔深,使其符合设计要求。比如,垂直度偏差过大可能导致钢筋笼安装困难,影响桩的承载能力;孔径不足则会使钢筋笼难以放入,而孔深不够则无法满足设计的桩长要求。(2)钢筋笼的制作需严格依据设计要求进行,确保钢筋的规格、数量、间距以及焊接质量等均符合规范。制作好的钢筋笼应具有足够的强度和刚度,以保证在运输和安装过程中不变形。在钢筋笼安装时,要缓慢下放,避免碰撞孔壁,防止孔壁坍塌或造成钢筋笼变形。下放至设计位置后,需要采取措施将其准确就位并固定牢固,如采用吊筋或其他固定装置,以确保钢筋笼在混凝土浇筑过程中不会发生移位。

(3)混凝土浇筑通常采用导管法,这是保证混凝土浇筑质量的重要方法。在浇筑前,要控制好混凝土的坍落度和浇筑速度。坍落度太小,混凝土不易流动,容易造成堵管或浇筑不密实;而坍落度太大,混凝土则容易离析,影响桩身质量。浇筑速度也应适中,过快可能导致混凝土上升过快,冲破泥浆护壁,造成桩身夹泥等质量

缺陷;过慢则可能使混凝土在导管中停留时间过长,产生堵管现象^[2]。通过合理控制坍落度和浇筑速度,确保混凝土能够顺利地由导管中流出,均匀地填充整个桩孔,形成密实的桩身,避免出现断桩、夹泥等质量问题。

3.1.2 钢管桩施工

(1)钢管桩制作:首先要根据设计要求精心加工钢管桩,对钢管的材质、管径、壁厚等进行严格把控,确保其符合设计标准。在钢管桩下端设置桩尖,桩尖的形状和尺寸需根据地质条件和入土要求进行设计,其作用是便于钢管桩顺利入土,减少入土时的阻力,提高打桩效率。(2)打桩:打桩是将钢管桩打入土中的过程,可采用振动沉桩、静压沉桩等方法。振动沉桩是通过振动锤的振动作用,使钢管桩周围的土体产生振动,从而减小土体对桩的阻力,使桩能够顺利下沉。静压沉桩则是利用静压力将钢管桩逐渐压入土中,这种方法对周围环境的影响较小。在打桩过程中,要密切控制桩的垂直度和入土深度,如遇障碍物应及时处理,以确保钢管桩的施工质量和位置符合设计要求。

3.2 锚杆(索)施工

第一,钻孔是锚杆(索)施工的基础,需按照设计的锚杆(索)位置、倾角和长度进行精确钻孔。钻孔设备一般选用地质钻机等专业设备,以保证钻孔的精度。在钻孔过程中,要特别注意控制孔的精度,防止孔斜、塌孔等情况发生。对于易塌孔的土层,可采取跟管钻进或泥浆护壁等措施。跟管钻进是在钻孔的同时跟进套管,防止孔壁坍塌;泥浆护壁则是通过向孔内注入泥浆,形成护壁泥浆层,保持孔壁的稳定性。第二,根据设计要求制作锚杆(索),锚杆一般由钢筋或钢绞线组成,锚索则采用高强度钢绞线。在制作过程中,要确保锚杆(索)的长度、直径、材质等符合设计要求,并在锚杆(索)上安装定位器,以保证其在孔内居中。将制作好的锚杆(索)插入钻孔中时,要注意插入深度符合设计要求,确保锚杆(索)能够有效地传递拉力。第三,采用压力注浆的方式对锚杆(索)孔进行注浆,注浆材料一般为水泥浆或水泥砂浆。注浆压力应根据土层性质和设计要求确定,合理的注浆压力能够确保浆液充分填充钻孔,使锚杆(索)与土体或岩体之间形成良好的粘结力,从而提高锚杆(索)的锚固效果。在注浆过程中,要注意观察注浆压力和注浆量的变化,确保注浆质量。第四,当锚杆(索)的注浆体达到设计强度后,方可进行预应力张拉。张拉设备应经过校验,以确保张拉力的准确性。张拉过程要严格按照设计的张拉顺序和张拉力进行,分级加载,并同时测量锚杆(索)的伸长

量,通过伸长量的对比来验证张拉过程是否符合规范要求。张拉完成后,要及时对锚杆(索)进行锁定,防止预应力损失,确保锚杆(索)能够长期稳定地发挥作用。

3.3 桩间土防护

在护坡桩施工完成后,必须对桩间土进行防护,以防止桩间土坍塌。常见的防护方式有挂网喷浆和设置挡土板等。挂网喷浆是在桩间土表面挂设钢筋网,然后喷射混凝土,形成一层坚固的防护层。钢筋网的规格和间距应根据桩间土的性质和设计要求确定,喷射混凝土的厚度和强度也需满足设计标准。通过挂网喷浆,能够有效地增强桩间土的整体性和稳定性,防止土体脱落和坍塌。挡土板则是在桩间安装预制的混凝土挡土板或钢板,挡土板的尺寸和安装位置要根据桩间距离和设计要求进行精确调整,使其能够紧密地贴合在桩间,起到可靠的挡土作用,保护桩间土不受外界因素的影响。

4 桩锚基坑支护技术质量控制措施

4.1 原材料质量控制

护坡桩和锚杆(索)施工原材料的质量是基础保障。钢筋、水泥、钢绞线等材料必须具备质量合格证明文件,且要严格按照规范要求进行抽样检验,只有检验合格后才可投入使用。这能有效避免因原材料质量不过关而致使支护结构出现质量缺陷,确保整个支护体系的可靠性。

4.2 施工过程质量控制

(1) 护坡桩施工质量控制:成孔过程中,需定期检查孔的垂直度、孔径和孔深,一旦偏差超出允许范围,要立即纠正,以保证护坡桩的位置和承载能力符合设计要求。在钢筋笼制作环节,要严格把控钢筋的加工质量和焊接质量,确保钢筋笼的尺寸精确、强度达标。安装钢筋笼后,还需检查其位置是否准确,固定是否牢固,防止其在混凝土浇筑过程中发生移位。混凝土浇筑时,要严格控制配合比、坍落度和浇筑速度,并安排专人负

责振捣,使混凝土浇筑密实,从而保证护坡桩的整体质量。(2) 锚杆(索)施工质量控制:钻孔过程中,要随时检查孔的位置、倾角和深度,确保钻孔精度,为后续施工创造良好条件。注浆时,需对注浆压力、注浆量和注浆材料的质量进行监控,保证浆液能够充分填充钻孔,使锚杆(索)与土体紧密结合^[3]。在预应力张拉过程中,必须严格按照设计要求的张拉顺序、张拉力和伸长量进行操作,同时张拉设备应定期校验,以确保张拉数据的准确性,使锚杆(索)发挥出应有的支护作用。

4.3 监测与反馈

在基坑开挖和支护施工期间,建立完善的监测体系至关重要。要对基坑周边土体的位移、沉降、护坡桩的位移以及锚杆(索)的应力等进行实时监测。依据监测数据及时分析支护结构的工作状态,若发现如位移过大、应力突变等异常情况,需迅速采取调整开挖速度、增加支护措施等相应处理方法。此外,要将监测数据及时反馈给设计单位,以便对支护设计进行优化和完善,进一步提高支护结构的安全性和稳定性。

结束语:高层建筑基坑桩锚支护技术在工程实践中具有极为重要的地位。从技术原理的科学构建,到设计要点的精准把握,再到施工工艺的规范执行以及质量控制的严格落实,各环节紧密相连,缺一不可。通过严谨的地质勘察确定合理设计参数,规范施工流程确保各部件质量达标,建立完善监测反馈机制及时处理异常,保障了基坑在施工过程中的稳定性与安全性。

参考文献

- [1]任星奕.高层建筑工程深基坑的喷锚支护施工技术研究[J].工程机械与维修,2024(5):22-24.
- [2]顾兴伟.高层建筑深基坑边坡锚杆框架梁支护施工技术[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(4):0193-0196.
- [3]禹泽云.高层建筑施工深基坑支护加固技术研究[J].建筑技术,2024,55(5):542-546.