

高层建筑工程深基坑的喷锚支护施工技术研究

董诚傲

中国二冶集团有限公司 内蒙古 包头 014000

摘要：本文聚焦高层建筑工程深基坑喷锚支护施工技术。先阐述喷锚支护技术原理与特点，接着从地质勘察、方案设计、材料设备准备、人员组织培训等方面说明施工前期准备要点。详细介绍基坑开挖、锚杆施工、喷射混凝土、排水等关键施工技术，并指出施工质量控制要点与监测内容。旨在为高层建筑深基坑喷锚支护施工提供全面指导，保障施工安全与质量，推动该技术在建筑工程中的合理应用。

关键词：高层建筑；深基坑；喷锚支护；施工技术

引言：在高层建筑工程中，深基坑施工是关键环节，其安全性与稳定性直接影响整个工程。喷锚支护技术凭借自身优势，在深基坑支护中应用广泛。该技术将喷射混凝土与锚杆结合，能有效约束土体变形，保障基坑稳定。然而，高层建筑深基坑施工环境复杂，对喷锚支护施工技术和质量要求极高。深入研究其施工技术，有助于提升施工水平，确保工程顺利推进，具有重要现实意义。

1 喷锚支护技术概述

1.1 喷锚支护技术原理

喷锚支护技术是将喷射混凝土与锚杆相结合形成的联合支护体系，其核心原理是通过锚杆深入基坑周边土体内部，利用锚杆与土体之间的粘结力、摩擦力以及锚固段的嵌固作用，将土体内部的应力传递至稳定地层，从而约束土体的变形。喷射混凝土层能够及时封闭基坑开挖面，防止土体因暴露而发生风化、剥落，形成具有一定强度的柔性支护壳体。该技术通过锚杆的抗拉作用与喷射混凝土的抗压、抗剪作用协同工作，将基坑边坡的主动土压力转化为锚杆的拉力，有效改善边坡土体的受力状态，使土体自身的承载能力得到充分发挥，进而实现对基坑边坡的稳定支护，保障基坑开挖及后续施工的安全。

1.2 喷锚支护技术特点

喷锚支护技术具备显著的技术优势和特点，首先其支护效果良好，通过锚杆与喷射混凝土的协同作用，能有效控制基坑边坡的位移和沉降，对土体扰动较小，可最大限度保留土体原有强度。其次施工灵活性高，能够适应不同形状的基坑断面，对于基坑周边复杂的地形和环境条件，可通过调整锚杆长度、间距及喷射混凝土厚度等参数实现针对性支护^[1]。再者施工效率高，喷锚支护施工流程相对简便，各工序可平行作业，无需大型起

重设备，能有效缩短支护施工周期。另外经济性优越，相比传统的钢板桩、排桩等支护形式，喷锚支护所用材料用量少，施工成本较低，且施工过程中产生的废弃物少，符合绿色施工要求。同时该技术具有良好的适应性，能在多种地质条件下应用。

2 高层建筑工程深基坑喷锚支护施工前期准备

2.1 地质勘察与环境调查

地质勘察与环境调查是深基坑喷锚支护施工前期准备的核心环节，直接影响施工方案的科学性和施工安全。地质勘察需采用钻探、原位测试、室内试验等多种手段，查明基坑开挖影响范围内的土层分布情况，包括各土层的厚度、重度、含水量、粘聚力、内摩擦角等物理力学指标，明确基坑底部及周边的地下水类型、水位标高、渗透系数等水文地质参数。环境调查应全面排查基坑周边建筑物的分布、结构形式、基础类型、建成年限及使用状况，测量建筑物与基坑边缘的距离，评估基坑施工可能对其产生的影响。还需查明地下管线的走向、材质、管径、埋深及使用功能，标注各类管线与基坑的相对位置关系，同时调查基坑周边道路的交通流量、路面状况及地下构筑物分布情况，为施工方案设计和安全风险防控提供全面、准确的基础数据。

2.2 施工方案设计

施工方案设计需以地质勘察和环境调查结果为依据，结合基坑开挖深度、周边环境要求及工程工期要求，制定科学合理的喷锚支护施工方案。方案应明确基坑开挖的分层厚度、开挖顺序及坡道设置，根据土层力学性能确定锚杆的类型、长度、直径、间距及锚固深度，明确锚杆的钻孔角度、注浆材料配比及注浆压力等关键参数。喷射混凝土设计需确定混凝土的强度等级、配合比、喷射厚度及喷射顺序，制定钢筋网的布设方案，包括钢筋直径、间距及连接方式。方案中还需包含

排水系统设计,明确地表排水坡度、排水沟位置及集水井设置,制定基坑内部降水或截水措施^[2]。方案应制定详细的施工进度计划,明确各工序的施工时间及衔接要求,编制安全专项方案,包括基坑变形预警值、应急处置措施及安全防护要求,同时制定质量检验标准和验收流程,确保施工过程有序可控。

2.3 材料与设备准备

材料准备需严格按照施工方案设计要求,采购符合质量标准的各类施工材料并进行检验。锚杆材料应选用强度等级符合设计要求的螺纹钢或钢绞线,进场后需检查其外观质量和力学性能试验报告,确保无锈蚀、裂纹等缺陷。喷射混凝土材料需选用级配良好的碎石、中砂,水泥选用普通硅酸盐水泥,其强度等级不低于设计要求,同时准备合格的速凝剂、减水剂等外加剂,进场后需对原材料进行抽样送检,检测其颗粒级配、强度、凝结时间等指标。钢筋网采用热轧光圆钢筋或带肋钢筋,进场后需核对规格型号并进行力学性能检验。设备准备需配备与施工规模相匹配的各类机械设备,包括锚杆钻孔机、注浆泵、混凝土喷射机、搅拌机、挖掘机、装载机等,设备进场前需进行全面检修和调试,确保性能完好。同时准备充足的备件和易损件,搭建临时材料仓库和搅拌站,做好材料存储防潮、防雨措施,确保材料和设备满足施工需求。

2.4 施工人员组织与培训

施工人员组织需根据施工方案和进度计划,组建专业的施工团队,明确各岗位人员职责。团队应包括项目经理、技术负责人、质量员、安全员、施工员及各工种操作人员,其中项目经理需具备丰富的深基坑施工管理经验,技术负责人需熟悉喷锚支护技术要点,质量员和安全员需具备相应的资质证书。各工种操作人员包括钻孔工、注浆工、喷射混凝土工、钢筋工等,需选用具备熟练操作技能的人员。施工人员培训需分阶段开展,岗前培训主要讲解施工方案、技术规范、安全操作规程及质量控制要点,重点培训锚杆钻孔、注浆、喷射混凝土等关键工序的操作技巧。现场培训通过技术交底和实操演示,让操作人员熟悉设备使用方法和施工流程。培训后需进行考核,考核合格后方可上岗,同时建立定期培训制度,针对施工中出现的问题及时开展专项培训,确保施工人员具备相应的技术水平和安全意识。

3 高层建筑工程深基坑喷锚支护施工关键技术

3.1 基坑开挖技术

基坑开挖需遵循“分层开挖、分层支护、限时开挖、及时封闭”的原则,根据基坑深度和土层情况合理

划分开挖分层,每层开挖厚度控制在锚杆排距范围内,一般不超过2米。开挖顺序应从基坑边缘向中间推进,采用分段开挖方式,每段开挖长度根据土体稳定性确定,通常为10-15米,避免超长开挖导致边坡失稳。开挖过程中使用挖掘机进行土方开挖,配合装载机和运输车转运土方,开挖坡度需符合设计要求,若土层稳定性较差,需适当减小开挖坡度或采取临时支护措施。开挖至锚杆设计标高时,应预留20-30厘米厚的土层,采用人工清理,避免机械开挖扰动锚杆锚固段土体。开挖过程中需及时清理基坑边缘的浮土和杂物,在基坑周边设置防护栏杆和警示标志。加强对开挖过程的监测,若发现边坡出现裂缝、位移等异常情况,应立即停止开挖,采取加固措施后再继续施工,确保基坑开挖过程安全稳定。

3.2 锚杆施工技术

锚杆施工流程包括钻孔、清孔、安放锚杆、注浆、张拉锁定等工序。钻孔前根据设计要求放线定位,确定锚杆孔位和角度,采用锚杆钻孔机钻孔,钻孔直径和深度需符合设计要求,钻孔过程中需控制钻孔速度,避免钻孔偏斜。钻孔完成后采用高压空气或清水进行清孔,清除孔内的泥土和岩屑,确保孔壁清洁。安放锚杆时需将锚杆体缓慢放入孔内,确保锚杆居中,若锚杆长度较长,可采用分段连接方式,连接部位需牢固可靠^[3]。注浆材料采用水泥浆或水泥砂浆,按照设计配比进行搅拌,搅拌均匀后采用注浆泵进行注浆,注浆压力控制在0.3-0.5MPa,确保浆液充满孔道,注浆过程中若出现漏浆现象,需及时补浆。注浆完成后待浆液强度达到设计强度的70%以上,进行锚杆张拉锁定,张拉前需安装锚具和千斤顶,张拉时分级加载,每级加载后稳压5-10分钟,直至达到设计张拉值,然后进行锁定。张拉完成后需对锚头进行保护,避免受到外力破坏,确保锚杆施工质量符合要求。

3.3 喷射混凝土施工技术

喷射混凝土施工前需做好基层处理,清除基坑边坡表面的浮土、杂物和松动岩块,对边坡进行修整,确保坡面平整。若坡面存在较大凹陷,需采用同级混凝土填补平整。钢筋网铺设应与坡面贴合紧密,钢筋网间距符合设计要求,钢筋搭接长度不小于30厘米,搭接部位采用绑扎或焊接连接牢固,钢筋网与锚杆外露端需焊接固定。喷射混凝土采用干喷或湿喷工艺,湿喷工艺具有混凝土强度高、施工环境好等优点,应优先采用。混凝土搅拌需按照设计配合比进行,搅拌时间不少于2分钟,确保搅拌均匀。喷射作业时,喷射机喷头与坡面保持垂直,距离控制在0.8-1.2米,喷射顺序从下往上分层进行,

每层喷射厚度控制在5-10厘米,后一层喷射需在前一层混凝土初凝前完成。喷射过程中需控制喷射压力,确保混凝土密实,表面平整。喷射完成后及时进行养护,采用喷水养护方式,养护时间不少于7天,确保混凝土强度正常增长。

3.4 排水施工技术

排水施工包括地表排水和基坑内部排水两部分,地表排水需在基坑周边设置截水沟,截水沟采用砖砌或混凝土浇筑,截面尺寸根据汇水量确定,一般宽度和深度不小于50厘米,截水沟坡度不小于3‰,确保地表雨水及时排出,避免渗入基坑。在基坑边缘设置挡水坎,高度不小于30厘米,防止地表水流流入基坑。基坑内部排水需在基坑底部周边设置排水沟,排水沟与截水沟相连,在排水沟转角处和基坑端部设置集水井,集水井直径不小于80厘米,深度比基坑底部低1-2米,集水井内放置潜水泵,及时排出基坑内积水。对于地下水丰富的场地,需采用井点降水措施,根据土层渗透系数和降水深度选择轻型井点、喷射井点或管井井点,井点布置间距和深度符合设计要求,降水过程中需监测地下水位变化,确保地下水位降至基坑底部以下0.5-1米。同时加强对排水系统的维护,定期清理排水沟和集水井内的淤泥和杂物,确保排水畅通,避免基坑内积水影响施工质量和安全。

4 高层建筑工程深基坑喷锚支护施工质量控制与监测

4.1 施工质量控制要点

施工质量控制需贯穿施工全过程,原材料质量控制是基础,所有进场材料必须具备出厂合格证和检验报告,进场后按规定进行抽样送检,不合格材料严禁使用。锚杆施工质量控制重点包括钻孔孔径、深度和角度,需采用测绳和坡度仪进行检测,确保符合设计要求;注浆过程中需检查浆液配比和注浆压力,注浆完成后进行注浆密实度检测。喷射混凝土质量控制需检查混凝土配合比、搅拌时间和喷射厚度,采用坍落度仪检测混凝土坍落度,用针探法或超声波检测喷射混凝土厚度,同时按规定制作混凝土试块,检测其抗压强度。钢筋网施工需检查钢筋规格、间距和搭接长度,确保连接牢固。基坑开挖质量控制需检查开挖分层厚度和坡度,避免超挖或欠挖。施工过程中建立“三检制”,即班组自检、施工队复检、项目部专检,每道工序检验合格后

方可进入下道工序。同时加强对关键工序的旁站监理,及时发现和解决施工中出现的质量问题,确保施工质量符合设计和规范要求。

4.2 施工监测内容

施工监测需制定详细的监测方案,明确监测项目、监测频率和预警值,监测项目主要包括基坑边坡位移监测、沉降监测、锚杆拉力监测及周边环境监测。基坑边坡位移监测采用全站仪或测斜仪,在基坑边坡设置监测点,监测点间距根据基坑长度和地质条件确定,一般为10-20米,开挖期间每天监测1-2次,开挖完成后每周监测1次,若出现位移异常需加密监测频率^[4]。沉降监测采用水准仪,在基坑周边建筑物、道路及地下管线上设置沉降观测点,监测频率与位移监测一致,重点监测建筑物沉降是否均匀,避免出现不均匀沉降导致结构损坏。锚杆拉力监测采用锚杆拉力计,每个锚杆检测点随机选取3%的锚杆进行检测,监测锚杆的实际拉力是否达到设计要求,开挖期间每周监测1次。周边环境监测包括地下管线变形监测和周边土体裂缝监测,采用应变仪监测管线变形,定期巡查周边土体是否出现裂缝,发现异常及时发出预警并采取应急措施,确保施工过程中周边环境安全。

结束语

高层建筑工程深基坑喷锚支护施工是一项复杂且关键的工作。通过做好施工前期各项准备,精准把握基坑开挖、锚杆施工、喷射混凝土及排水等关键技术要点,并严格落实施工质量控制与监测措施,能够有效保障深基坑施工的安全与质量。未来,随着建筑技术的不断发展,喷锚支护技术也将持续优化,为高层建筑工程的稳定建设提供更有力的支撑,推动建筑行业不断向前发展。

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]刘保华.喷锚支护技术在高层建筑深基坑工程中的应用探究[J].建筑技术开发,2024,51(12):155-157.
- [3]王猛.高层建筑深基坑支护施工技术研究[J].科技资讯,2025,23(15):109-111.
- [4]陈鹏亮.深基坑支护技术在建筑施工中的应用研究[J].砖瓦,2023(7):136-138.