

建筑土木工程中基坑支护施工技术的应用

文 / 解毅飞 山东省机场管理集团有限公司

摘要: 在建筑工程施工中,深基坑施工作为其重点内容,在具体施工环节,施工人员通过运用一系列加固措施,来对深基坑的侧壁及其周围环境加以有效保护,可充分保障建筑工程地下结构的安全性、可靠性。但是,由于建筑工程施工周期较长,在深基坑支护施工环节,极易受到很多因素影响,这将会为建筑项目的整体质量预埋下严重隐患,因此在实际施工期间,工程管理人员需对深基坑施工技术的应用展开系统监督与管理。本文在分析深基坑施工技术特点的基础上,探讨了常见的基坑支护技术类型,并且以某机场建筑项目为例,细致地分析预应力锚杆支护技术应用要点,提出基坑支护技术创新发展建议,仅供参考。

关键词: 土木工程; 基坑支护; 施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.17.042

引言

机场建筑施工过程中面临诸多挑战,其中,基坑支护是确保施工安全与周边环境稳定的关键。传统支护技术在应对复杂地质条件与日益增长的工程需求时,逐渐凸显一些局限性。新型支护技术以高效、安全、环保等特点在机场建筑施工中得到广泛应用。文章研究支护技术的应用与发展,对推动机场建筑施工技术进步、保障工程质量与安全具有重要意义。

一、深基坑施工技术主要特点

(一) 施工深度较大

近年来,随着我国城镇化建设步伐的不断加快,土地资源短缺现象日益凸显,为了能够利用起有限的土地资源,高层、超高层建筑施工数量不断增加,虽然通过此类建筑的建设与应用,能够有效提高土地的使用效率,但是伴随深基坑深度的逐渐增加,也使工程施工面临诸多挑战,如施工难度增加、安全风险提高、技术要求更高等。因此,为进一步提升深基坑施工质量,在实际施工阶段,不仅需要依据施工现场实情,采用恰当、规范的施工设备与工艺技术,同时还要安排高素养管理者对施工全过程进行系统监管,及时发现并解决隐患问题,以减少安全、质量问题的发生,保护现场人员的生命财产安全^[1]。

(二) 复杂程度较高

深基坑支护作为建筑工程施工中的一道关键施工步骤,为了能够实现既定的施工标准,建设出符合国家规范要求的建筑工程,在正式施工之前,需要由专人前往施工现场展开系统、全面的前期调研工作。通常来讲,此项工作的开展涉及大量的测量与计算内容,而且在测量和计算期间,必须要对各项数据信息的精准度进行严格控制。否则,一旦测量与计算方面存在任何误差,均无法充分保证深基坑设计方案的科学性、合理性,进而大幅度降低深基坑支护施工的整体质效^[2]。

(三) 施工要求较为严格

在建筑工程施工中,深基坑施工尤为重要,其施工成果在一定程度上直接影响着基础结构的安全性、稳定

性。在此情况下,为了能够充分确保建筑工程基础结构可以承受住高强度负荷,并且能够有效抵抗来自外部环境的力量,则对深基坑支护施工提出了严格要求。因此,则需要施工单位在全面掌握深基坑工程现场实际情况以后,以此为基础前提,制定出一套科学、合理的深基坑支护计划,从而为后续建设的高质量开展,创造良好条件。同时,在实际施工过程中,施工人员必须遵循支护计划和安全操作程序,确保每一个步骤都能够得到精确控制。

二、建筑基坑支护常见技术类型

(一) 土钉墙支护技术

土钉墙支护技术是通过在土体内设置土钉,将土钉与土体形成一个复合体,利用土钉对土体的锚固作用,提高土体的抗剪强度和稳定性。在施工前,施工方需要对施工现场的地质条件进行详细勘察,确定土钉长度、间距和倾角等参数。施工时,施工方首先需要进行土方分层开挖,每层开挖深度应与土钉的竖向间距相匹配。开挖完成后,需要在坑壁上凿孔,将土钉钢筋置入孔内,并注入水泥砂浆,使土钉与土体紧密结合。其次,施工方需要在土钉头部设置钢筋网,并喷射混凝土面层,形成土钉墙。该技术适用于地下水位以上或经降水处理后的杂填土、粉质黏土、粉土等土层,具有施工简便、工期短、成本低等优点。例如,在一些城市的商业建筑基坑支护中,当土质条件适宜且周边环境对变形要求相对宽松时,土钉墙支护技术能够快速有效完成基坑支护工作,为后续施工创造条件^[3]。

(二) 预应力鱼腹梁式钢支撑

预应力鱼腹梁式钢支撑,全称是预应力鱼腹梁装配式钢支撑系统,简称IPS工法,是一种基于预应力原理开发的新型深基坑支护内支撑结构体系,旨在弥补传统混凝土内支撑和钢支撑的不足。历经大量工程研究与实践应用,该支撑体系由诸多标准部件组合而成,包含鱼腹梁(其构成较为特殊,上弦构件为高强低松弛的钢绞线,受力梁为H型钢,搭配长短不一的H型钢撑梁)、对撑、角撑、立柱、横梁、拉杆、三角形节点、预压顶

紧装置等。施工方通过对这些部件组合并施加预应力，能够形成平面预应力支撑系统及立体结构体系。这种支撑体系工作原理独特，在对鱼腹梁弦上的钢绞线施加预应力时，会对鱼腹梁支撑杆件产生强大反作用力，大幅减小鱼腹梁腰梁上的弯矩，鱼腹梁跨度可达60m以上。这一特性不仅能大幅减少对撑数量，还能降低立柱数量，减少钢支撑材料使用量^[4]。

从多个方面来看，预应力鱼腹梁式钢支撑具备诸多优点。首先，该支撑的型钢构件之间均采用螺栓连接，在安装和拆除操作时，不仅便捷并且产生噪声极低，对周边环境影响较小。其次，该支撑属于装配式支撑，与排桩可构成共同的空间受力体系。此体系施工操作面宽阔，能极大方便土方开挖作业。最后，预应力装配式支撑围护结构的破坏模式呈现延性破坏。在基坑开挖过程中，当面临可能出现过大土压或异常土压时，由于此支撑体系特性，能确保有充分的时间采取有效应对措施。

（三）混凝土灌注桩施工

国民经济水平的不断提高推动了人们对于建筑工程的关注，相应凸显了工程质量的重要性，若施工企业未对施工技术的应用进行有效监管，必将引发安全隐患，不仅损害企业品牌形象，更会对人们的生命财产安全构成威胁。因此，在深基坑支护施工技术的应用过程中，施工企业应加强对于混凝土灌注桩施工过程的重视，采用多元化的施工方法提高工程质量，积极把控各个施工细节以保证工程安全，其主要包括以下几方面内容：一是钻孔施工。钻孔施工过程中，需确保操作平稳，并严格检验机械设备性能，确保其质量和速度均符合施工标准，同时对周边地基变形情况进行定期监测，避免其发生变化影响施工进度。在钻孔工作完成后，应及时进行清理，为后续灌注施工的顺利进行奠定良好的基础；二是水下浇筑。对于水下浇筑混凝土施工过程，应采用导管法进行作业，保证工程质量。因此，对于深基坑支护技术来说，混凝土灌注桩的施工应严格遵循相关规范及标准，从根本上避免安全事故的发生，提高施工可靠性。

三、基坑支护施工技术的应用

（一）工程概况

以某机场建筑基坑支护工程为例，该工程基坑开挖深度为12m，基坑底部的基底标高为6.5m，基坑总面积约为8000m²。基坑周边环境复杂，西侧靠近商业建筑，距离基坑边仅6m。基坑的地质条件较为复杂，主要由粉质黏土和砂土组成，局部存在软弱地层。场地地下水的混合水位埋深为1m~2.3m，含水层大致可分为两大层：其一为人工填砂孔隙潜水含水层，厚度约1.5m，富水性好，渗透系数达35m/d；其二为上更新统冲洪积土、残积土层及强中风化花岗岩层的空隙裂隙承压含水层，平均厚度约22m，平均渗透系数为0.22m/d。在基坑开挖阶段主要受第一含水层的影响。

（二）钻孔、清孔

在钻孔前，需根据设计图纸确定锚杆的孔位和倾角。孔位的允许偏差应为±50mm，倾角的允许偏差应为±1%。根据地质条件选择合适的钻机，在软土层中采用回转钻机，在岩石地层中采用冲击钻机。钻孔过程中严格控制钻孔的垂直度和倾角。钻孔直径设计为150mm，钻孔深度比锚杆设计长度深0.5m，以确保锚杆能够顺利安装。钻孔时，采用压水钻进法^[5]。压水钻进时要不断供水冲洗，保持孔口水位，并根据地质条件控制钻进速度。

钻孔完成后，必须进行清孔操作，以清除孔内的岩土屑和杂物。清孔方法根据钻机类型和地质条件选择，主要有正循环清孔、泵吸反循环清孔和气举反循环清孔。在本工程中，采用正循环清孔方法，将钻头提离孔底0.2m~0.3m，输入泥浆循环清孔，钻杆缓慢回转上下移动。清孔时，应保持孔内水头高度，防止塌孔。清孔后，孔底沉渣厚度应控制在100mm以内，确保孔内清洁。清孔完成后，对钻孔质量进行检查，包括孔深、孔径、孔位和孔形等。孔深不得小于设计深度，孔径应符合设计要求。检查合格后，立即进行后续的锚杆安装和注浆工序，避免孔壁坍塌。通过以上步骤，确保钻孔和清孔的施工质量，为预应力锚杆的安装和注浆提供良好的条件。

（三）锚杆制作与安装

在机场建筑工程中，锚杆采用直径15.2mm的高强度钢绞线，其抗拉强度设计值为1860MPa。钢绞线在制作前进行除锈、除油污处理，确保表面清洁，避免杆体弯曲。钢绞线的下料长度比设计孔深长1m左右，以满足张拉和锚固的需要。锚杆自由段需进行防腐和隔离处理，采用塑料套管包裹，以防止锚杆在使用过程中受到腐蚀。在钢绞线上每隔1m~1.5m安装一个定位支架（或撑筋环），确保钢绞线在孔内居中。定位支架采用细钢筋焊接而成，呈120°夹角布置，以增强锚杆的稳定性。在安装锚杆前，确保钻孔内无残留岩土屑和杂物，孔壁应保持光滑。将制作好的锚杆缓慢放入钻孔内，避免钢绞线在孔内弯曲或扭转。对于套管护壁成孔的锚杆，在拔出套管前将杆体插入孔内，以防止孔壁坍塌。锚杆安装时，需同时安装注浆管、止浆器等附件，确保注浆管路连接牢固可靠。

（四）注浆

注浆是预应力锚杆施工的关键工序，直接影响锚杆与土体或岩体的黏结强度和锚杆的抗拔能力，图1为注浆施工的具体流程。

（五）张拉与锁定

锚杆注浆体的强度必须达到设计要求，即15MPa或设计强度的75%后方可进行张拉。正式张拉前，取设计张拉荷载的20%对锚杆进行1~2次预张拉，使其各部位接触紧密，以消除锚杆杆体的初始松弛和局部变形，确保张拉过程的顺利进行。

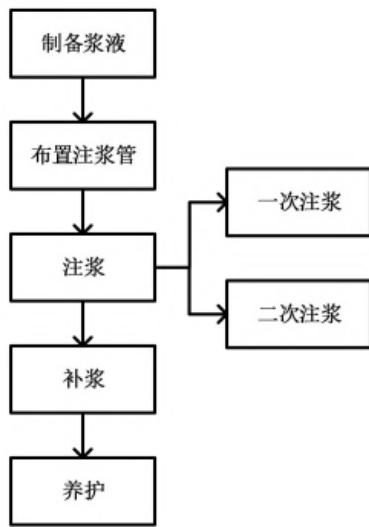


图1 机场工程锚杆支护注浆施工流程

(六) 深基坑支护质量监测

在机场建筑中，深基坑支护技术的应用，除了应加强上述几方面内容外，还要重视对深基坑支护质量检测。部分施工企业往往将更多的关注点放在表面工作上，在一定程度上给深基坑支护工程的安全性带来潜在风险。为了更好地保证深基坑支护施工技术应用效果，推动建筑行业实现高质量发展，应充分利用信息化技术加强质量监测。施工企业应根据工程进展，定期安排相关技术人员进行质量监测，一旦发现问题及时进行反馈并提出解决措施，避免对后续施工作业产生不利影响。同时，施工企业还应做好周边工程的保护工作，避免给周围环境、建筑等产生影响。

四、深基坑支护施工技术创新

(一) 新型支护结构应用

新型支护结构在深基坑工程中的应用不断深化，其中，复合型支护结构显示出良好的应用前景，采用预制装配式地下连续墙技术，通过工厂预制标准化墙板现场拼装连接，大幅提高施工效率。预制墙板采用高性能混凝土，墙板接缝采用特殊防水材料密封，确保结构整体性。装配式支撑系统采用新型钢-混组合支撑，钢管内灌注高强混凝土，提升支撑承载力。针对软土地区，采用水泥土-钢板组合墙技术，通过水泥土加固地基内衬钢板起到止水作用，形成整体性强、防渗性能好的支护结构。采用塑料排水板与土钉墙组合支护技术，在传统土钉墙基础上增设塑料排水板加快土体固结，提高支护结构稳定性，新型止水帷幕采用可膨胀止水材料，遇水膨胀形成防渗层，具有自修复功能，提高止水效果。纳米材料改性混凝土应用于支护结构，提升混凝土的强度和耐久性。

(二) 自动化施工工艺

自动化施工工艺在深基坑支护施工中得到广泛应用，显著提升施工精度和效率，采用智能测量放线系统，结合全站仪和GPS定位技术，实现支护结构定位放线自动化。液压抓斗采用电子导向系统，通过传感器实时监测成槽垂直度，自动调整抓斗姿态，确保槽壁垂直。钢筋笼制作采用自动化生产线，通过数控设备完成钢筋切割、

弯曲和焊接，保证钢筋笼尺寸精度。混凝土浇筑采用智能布料系统，通过远程控制调节布料量和浇筑速度实现均匀浇筑。支撑系统安装采用液压自动调节装置，根据监测数据自动调整支撑预应力。土方开挖采用GPS导航挖掘机，实现精确开挖，控制开挖深度和范围，降水系统采用自动控制装置，根据水位监测数据自动调节水泵运行参数，保持水位稳定。

(三) 信息化监测技术

信息化监测技术的应用实现了深基坑支护施工全过程的动态监控和智能预警，采用物联网技术构建监测传感网络，将各类传感器数据实时传输至监控中心。基坑位移监测采用自动化全站仪，配备伺服系统和棱镜自动寻踪功能，实现24h连续监测。支撑轴力监测采用智能应变片，通过无线传输模块将数据上传至云平台实时分析支撑受力状态，土体压力监测采用光纤传感技术，沿支护结构布设光纤传感器，获取土压力分布数据，地下水监测采用分布式光纤测温系统，通过温度场变化判断渗流情况。

(四) 绿色施工技术

绿色施工技术在深基坑支护工程中的应用，有效降低环境影响，实现资源节约和环境保护。采用低碳混凝土技术，通过掺加粉煤灰、矿渣等工业废料减少水泥用量，降低碳排放。支护结构采用可回收型钢支撑系统，支撑构件标准化设计，便于周转使用。降水系统采用回收利用技术，抽取的地下水经处理后用于施工用水或市政绿化。泥浆处理采用固化处理技术，将废弃泥浆制成建筑材料，实现资源化利用。土方开挖采用分类堆放，适宜的土方用于回填或绿化，减少弃土外运。施工现场采用太阳能供电系统，降低能源消耗，噪声控制采用隔声屏障和低噪声设备，降低施工噪声，扬尘控制采用雾炮机和围挡系统，确保施工环境达标，施工机械采用新能源设备，减少废气排放，实现绿色施工目标。

结语

综上所述，随着地下建筑工程利用效率的不断提高，基坑工程的重要性日益凸显，作为一项严谨性较强、复杂程度较高的工作，为了更好地保证施工技术应用的有效性，需要施工企业严格按照施工流程及操作规范进行作业，选择合理的施工支护结构和方式，严格控制工程质量，才能充分保证施工安全，为我国建筑行业的长久发展奠定坚实的基础。

参考文献

[1] 李炜. 建筑工程深基坑支护施工技术 [J]. 江苏建材, 2024, (04): 98-100.
 [2] 张立斌. 针对建筑工程中的深基坑支护施工技术研究 [J]. 陶瓷, 2024, (08): 227-229+233.
 [3] 赵晓东. 高层建筑深基坑支护施工技术 [J]. 工程建设与设计, 2024, (15): 203-205.
 [4] 赖旭俊. 深基坑支护施工技术在建筑工程管理中的应用原则与技术分析 [J]. 中华建设, 2024, (08): 51-53.
 [5] 赵峰山. 深基坑支护施工技术在建筑工程中的实践研讨 [J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(07): 165-169.