

高层建筑工程中深基坑开挖与支护技术的应用分析

● 苏光聪



[摘要] 在高层建筑工程中,深基坑开挖与支护技术是关键环节,涉及多个关键技术与施工步骤。其中,深基坑开挖面临着复杂的地质条件与周边环境挑战,需运用科学的测量手段与合理的开挖方案。基于此,本文从高层建筑工程中深基坑开挖与支护技术的应用进行分析,有助于确保工程基坑开挖与支护方案的安全可行,以及推进工程施工并使其符合工程质量要求。

[关键词] 高层建筑工程;深基坑;开挖与支护

Q 高层建筑工程深基坑开挖与支护技术的重难点

(一)地质条件复杂性

高层建筑工程深基坑工程所处地质条件复杂多变,给开挖与支护带来诸多挑战。不同地区地质构造差异显著,如软土地区,土体含水量高、压缩性大、抗剪强度低。在基坑开挖时,软土易产生较大变形,导致坑壁坍塌。上海地区某高层建筑工程基坑施工中,曾因软土特性,在开挖过程中出现坑壁滑移现象,对周边建筑物及地下管线安全构成了威胁。而在岩石地区,地质坚硬,基坑开挖难度大,需要采用爆破或大型破碎设备,但会增加施工成本与安全风险。且岩石节理、裂隙发育情况不同,也可能导致岩体稳定性问题。此外,若未充分考虑支护设计,容易引发坍塌事故。像重庆这类型的山地城市高层建筑工程,常面临此类复杂岩石地质条件带来的困扰,因此,在支护结构设计时,需精确分析岩石力学参数,以保证基坑安全稳定。

(二)基坑深度与周边环境的影响

随着城市的发展,高层建筑不断增加,基坑深度也日益加深。然而,基坑深度的增加不仅使基坑支护结构承受更大压力,也对支护体系强度、刚度与稳定性提出了更高要求。例如,部分超高层建筑工程基坑深度超20m,传统支护方式难以满足要求,因此,需采用地下连续墙、内支撑与锚索相结合等复杂支护体系,但会在一定程度上增加施工难度与成本。同时,高层建筑多位于城市繁华区域,其周边建筑物、地下管线密集。因而,在基坑开挖与支护过程中,需确保周边环境安全。例如,在紧邻既有建筑物处开挖基坑,若降水或开挖引起土体沉降不均,可能会导致相邻建筑

物开裂、倾斜。北京某高层建筑工程基坑施工时,因未有效控制基坑周边土体沉降,致使附近居民楼出现墙体裂缝,引发纠纷与赔偿问题。此外,地下管线如供水、供电、燃气管道等分布复杂,一旦在施工中受损,会造成停水、停电、爆炸等事故,从而影响城市正常运转。

(三)地下水控制难题

地下水位较高时,基坑开挖会使坑内土体受水浸泡,降低土体强度与稳定性。地下水还会对基坑支护结构产生静水压力与渗透压力,增加支护结构负荷。如在沿海地区,地下水位高且受潮汐影响波动大,因此,基坑工程施工时需采取有效止水与降水措施。止水帷幕是常用地下水控制方法,但施工质量要求高,若存在缺陷,地下水易渗漏,影响基坑安全。降水过程中,若降水速度过快或降水量过大,则会引起周边土体沉降,危及周边建筑物与地下管线安全。此外,部分地区地下水存在腐蚀性,会对基坑支护结构耐久性产生不利影响。如在一些化工园区附近,地下水含多种腐蚀性离子,会侵蚀混凝土与钢材,缩短支护结构使用寿命,需采用特殊防腐材料与措施,但会增加工程成本与施工复杂性。

Q 钻孔灌注桩施工技术要点

(一)泥浆制备

泥浆在钻孔灌注桩施工中起着关键作用,其主要功能包括护壁、携渣、冷却钻头和润滑钻具等。泥浆制备材料通常选用膨润土、水、添加剂等。膨润土是泥浆的主要成分,它能赋予泥浆良好的黏性和悬浮性。水的用量需根据

膨润土的特性及施工要求合理确定,以调配出合适稠度的泥浆。添加剂则用于改善泥浆的性能,如增黏剂可提高泥浆黏度,分散剂可防止泥浆中的颗粒团聚。泥浆的性能指标对钻孔灌注桩施工质量影响重大。其中,黏度是衡量泥浆抵抗流动的能力,一般控制在 $18\sim 25\text{s}$ 之间,合适的黏度可确保泥浆有效护壁并携带钻渣。比重应保持在 $1.1\sim 1.3$ 之间,既能保证泥浆对孔壁有足够压力以防止坍塌,又不会因比重过大影响钻进效率。含砂率需控制在 4% 以内,过高的含砂率会加速泥浆泵磨损并降低护壁效果。此外,在施工过程中,应使用专门的泥浆检测仪器,如泥浆比重计、黏度计等,定期对泥浆性能进行检测和调整,以满足不同施工阶段的要求。

(二)护筒埋设

护筒的作用在于固定桩位、保护孔口、维持孔内水头和引导钻头钻进方向。护筒一般采用钢板制作,其厚度和强度应能承受施工过程中的各种外力作用。护筒内径应比桩径大 $20\sim 40\text{cm}$,以便钻头能顺利进出护筒且有足够空间容纳泥浆。护筒埋设位置应准确,其中心线与桩位中心线偏差不得超过 50mm 。埋设深度应根据地质条件和地下水位确定,在黏性土中不宜小于 1m ,在砂土中不宜小于 1.5m ,且护筒底部应深入到稳定土层。埋设过程中,护筒需保持垂直,倾斜度不得大于 1% 。护筒顶部应高出地面 $30\sim 50\text{cm}$,以防止地表水流入孔内。在护筒周围应用黏土分层回填夯实,确保护筒稳固,防止在钻进过程中发生位移或下沉。

(三)钻孔作业

钻孔作业是钻孔灌注桩施工的核心环节。应根据地质条件和桩径、桩长等要求,选择合适的钻孔机械,如正循环钻机、反循环钻机、冲击钻等。在钻进过程中,需控制好钻进速度。对于软土层,可适当提高钻进速度,但在硬土层、岩层或砂土层中,应放慢钻进速度,以防止钻头过度磨损或孔壁坍塌。例如,在砂土层中,如果钻进速度过快,容易造成砂粒大量涌入孔内,使泥浆性能恶化,进而引发塌孔事故。钻进过程中还应注意保持孔内水位稳定,水位应高于地下水位 $1\sim 2\text{m}$,以维持足够的静水压力,防止孔壁坍塌。同时,还需及时清理孔内钻渣,使钻头能始终在良好的工作条件下钻进。对于不同地层,采用不同的钻进参数和钻头类型。在土层中可采用刮刀钻头,在岩层中则需使用牙轮钻头或冲击钻头等。此外,在钻进过程中,需定期检查钻头情况,及时更换磨损严重的钻头,以确保钻孔质量和效率。

(四)成孔验收

成孔后需进行严格验收,以确保孔深、孔径、孔斜度等指标符合设计要求。孔深可通过测绳测量,测量时需将测

绳垂直放入孔底,确保测量数据准确。孔径可采用专门的孔径检测仪器,例如,使用井径仪进行检测,其原理是通过发射超声波或电磁波,并接收反射信号来确定孔径大小。孔斜度可使用测斜仪检测,将测斜仪放入孔内不同深度,测量孔壁的倾斜角度。验收标准方面,孔深应符合设计桩长要求,允许偏差一般为 $+300\text{mm}$ 。孔径不得小于设计桩径,且偏差应控制在一定范围内,如 $\pm 50\text{mm}$ 。孔斜度一般要求不大于 1% 。此外,还需检查孔底沉渣厚度,沉渣厚度过大将影响桩端承载力。对于端承桩,沉渣厚度一般要求不大于 50mm ,摩擦桩则不大于 100mm 。如发现成孔指标不符合要求,应及时采取措施进行处理,如清孔、扩孔或纠偏等。

(五)钢筋笼制作与吊装

钢筋笼制作应严格按照设计图纸和规范要求进行。钢筋的规格、型号、数量和间距必须符合设计规定。钢筋笼的焊接质量至关重要,焊接接头应牢固,焊缝长度、高度和宽度应满足规范要求。例如,主筋的焊接接头应错开,错开距离不小于 $35d$ (d 为主筋直径)且不小于 500mm ,同一截面内的接头数量不得超过主筋总数的 50% 。钢筋笼制作完成后,需进行吊装作业。吊装前应制定详细的吊装方案,根据钢筋笼的重量、长度和现场施工条件选择合适的吊装设备,如起重机、吊车等。在吊装过程中,应确保钢筋笼平稳起吊,避免发生变形。可采用多点起吊的方式,如设置四个吊点,使钢筋笼受力均匀。钢筋笼入孔时,应缓慢下放,并注意与孔壁保持一定距离,防止刮伤孔壁。下放至设计位置后,及时进行固定,如采用吊筋将钢筋笼悬挂在护筒或孔口平台上,确保其在混凝土灌注过程中不会上浮或下沉。

(六)导管安装

导管用于混凝土灌注,其材质一般为钢管,内径宜为 $200\sim 300\text{mm}$ 。导管的连接应紧密、牢固,采用丝扣连接或法兰连接,并进行密封试验,确保在灌注过程中不漏水、不漏气。导管的长度应根据孔深和施工需要确定,一般第一节导管长度较长,为 $4\sim 6\text{m}$,后续导管长度可根据实际情况调整,一般为 $2\sim 3\text{m}$ 。导管安装时,应保证其位置居中,轴线与桩孔轴线重合,偏差不得超过 $\pm 100\text{mm}$ 。导管底部距孔底的距离应控制在 $300\sim 500\text{mm}$ 之间,距离过小容易造成混凝土堵管,距离过大则可能导致首批混凝土灌注后不能埋设导管底部,使泥浆混入混凝土中,影响桩身质量。在混凝土灌注过程中,需要根据混凝土的上升高度及时提升导管,但导管埋深应控制在 $2\sim 6\text{m}$ 之间,埋深过小容易造成断桩,埋深过大则会增加导管拔出的难度,甚至导致导管拔不出的事故。

Q 基坑开挖流程

(一) 施工准备

在进行基坑开挖前，需全面细致地做好施工准备工作。首先，是技术准备，组织施工人员深入研读施工图纸与地质勘察报告，精准掌握工程规模、基坑深度、周边环境，以及地质条件等关键信息，进而编制科学合理且具针对性的施工方案与应急预案。例如，依据地质报告了解到地下存在砂质土层时，施工方案中应提前规划可能出现的流沙现象的应对措施。其次，场地准备也是重要步骤之一，应清理施工场地内的障碍物、杂物以及地下管线等，确保场地平整开阔，为后续施工机械的顺利进场与作业创造良好条件。最后，搭建临时办公区、生活区与材料堆放区等临时设施，并做好施工道路的规划与修筑，保障施工期间道路畅通，材料运输便捷高效。

(二) 测量放线

精确的测量放线是基坑开挖的重要前提。运用先进的测量仪器，如全站仪、水准仪等，并依据设计图纸准确测定基坑的开挖边界、中心线，以及水准控制点等关键位置，设置稳固且易于识别的测量标志。例如，在大型高层建筑基坑工程中，水准控制点的设置间隔通常不超过 30m，以保证测量精度。在开挖过程中，需定期对测量控制点进行复核与校正，防止因控制点位移或偏差导致基坑开挖出现超挖或欠挖现象，以确保基坑开挖尺寸与位置符合设计要求。倘若在复核过程中发现控制点偏差超出允许范围，如水平位移超过 10mm，必须立即停止施工，重新进行测量定位与校正。

(三) 分层分段开挖

为有效控制基坑变形与保障施工安全，深基坑通常采用分层分段开挖方式。需依据基坑深度、土质条件及支护结构形式等因素合理确定分层厚度与分段长度。一般而言，每层开挖深度控制在 3~4m，每段长度在 20~30m 之间。比如，在软土地层的基坑开挖中，每层开挖深度可能会适当减小 2~3m，以防止坑壁坍塌。在开挖过程中，需严格遵循先撑后挖、限时支撑、分层开挖、严禁超挖的原则。即每开挖一层或一段后，及时进行相应的支护结构施工，如安装钢支撑或浇筑混凝土支撑等，并确保支护结构达到设计强度要求后，再进行下一层或下一段的开挖，从而减少基坑无支护暴露时间，降低基坑变形风险。若开挖后未能及时支护，导致基坑暴露时间过长，例如，超过 24 小时，可能会

引起坑壁土体松动，增加支护难度与安全隐患。

(四) 土方运输

基坑开挖产生的大量土方需及时运输至指定场地。应合理调配土方运输车辆与机械设备，并依据开挖进度与土方量规划运输路线与运输时间，以确保土方运输高效有序地进行。在城市中心区域施工时，需充分考虑交通高峰期对土方运输的影响，需提前与交通管理部门沟通协调，申请办理相关运输通行证，避免因交通管制导致土方运输延误。同时，注重施工现场的环境卫生，对土方运输车辆进行严密覆盖与清洗，防止土方遗撒与扬尘污染周边环境。例如，要求土方运输车辆在驶离施工现场前，必须经过专门的洗车设施清洗轮胎与车身，确保车辆干净整洁。

Q 结束语

综上所述，高层建筑深基坑开挖与支护技术至关重要。科学的开挖流程与适配的支护技术，是保障基坑稳定及周边环境安全的关键。因此，在实际施工过程中，需综合考量地质、环境等因素，优化方案并严格把控施工质量。随着科技的不断发展，相关技术将不断革新，新材料、新设备与智能监测也将助力工程提升。但安全与质量始终是深基坑工程的核心关注点，只有持续强化技术研究与应用，积累经验，才能推动建筑行业在深基坑领域稳健前行，为高层建筑建设筑牢根基。

Q 参考文献

- [1]徐爽,李俊才,滕晓军,等.南京长江漫滩区某超大深基坑支护与监测结果分析[J].南京工业大学学报(自然科学版),2022,44(01):107-113.
- [2]吴维明.拉森钢板桩与基坑喷锚复合支护形式的应用[J].人民黄河,2022,44(S1):254-255.
- [3]邹卓川.建筑工程施工中深基坑支护施工技术分析[J].内蒙古煤炭经济,2020(20):137-138.
- [4]王丽,李磊.采空区建筑地基超深地下连续墙支护工程施工技术[J].科技通报,2022,39(07):75-79.
- [5]张诗康.高层建筑深基坑支护施工技术研究[J].中国住宅设施,2022(11):55-57.

作者简介:

苏光聪(1989—),男,汉族,浙江温州人,本科,温州兴建建设有限公司,研究方向:建筑施工管理。