

深基坑支护技术在市政施工中的应用研究

贝静

210921*****4044

摘要: 随着我国城市化进程的不断加速,市政工程建设规模持续扩大,地下空间开发日益增多,深基坑工程已成为市政施工中的重要组成部分。深基坑支护技术作为保障基坑稳定、周边环境安全的关键,其选择与应用直接关系到工程的质量、安全与效益。本文系统分析了深基坑支护施工的特点,重点探讨了土钉墙、钢板桩、钻孔灌注桩、排桩、SMW工法、预应力锚杆及深层搅拌桩等常用支护技术在市政施工中的适用条件、技术要点与优缺点。在此基础上,从前期准备、支护结构选型、降排水方案优化和材料质量控制等方面,提出了提升深基坑支护施工质量的具体措施。研究表明,科学选择支护技术、强化过程控制是确保深基坑工程安全可靠、经济合理的关键,对推动市政工程高质量发展具有重要意义。

关键词: 深基坑支护; 市政工程; 施工技术; 基坑稳定; 质量控制

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.030

引言

近年来,我国城市基础设施建设的快速发展,带动了地铁车站、地下综合管廊、深埋管线、大型地下停车场等市政项目的广泛实施。这些工程往往涉及深度较大、周边环境复杂的基坑开挖,深基坑支护技术因此成为市政施工中的核心环节。深基坑支护不仅关乎基坑自身的稳定性与施工安全,也直接影响邻近建筑物、道路、管线等设施的正常使用寿命,一旦失控可能引发坍塌、沉降等严重事故,造成重大经济损失与社会影响。市政工程多位于城市建成区,施工场地狭窄,地下管线错综复杂,交通与人流密集,对支护技术的可靠性、环境友好性及施工效率提出了更高要求。因此,深入研究深基坑支护技术在市政施工中的适用性与优化措施,具有重要的理论价值与实践意义。本文旨在结合市政工程的特点,系统梳理常用深基坑支护技术,分析其应用要点,并提出相应的质量控制策略,以为同类工程的规划、设计与施工提供参考。

1 深基坑支护施工特点

深基坑支护施工相较于一般土方工程,具有显著的特殊性与复杂性。首先,技术综合性强。支护工程涉及岩土工程、结构力学、材料科学、水文地质等多个学科,需要综合考虑土压力、水压力、周边荷载等多种因素,设计施工必须严格遵循相关规范,并常需借助数值模拟与现场监测进行动态调整。其次,环境制约突出。市政工程多位于城市中心区域,紧邻既有建筑、市政道路与地下管网,基坑开挖可能引起土体位移,导致周边设施

变形甚至破坏。因此,支护设计必须将环境保护置于重要地位,严格控制基坑变形。第三,区域差异明显。我国幅员辽阔,不同地区的地质条件(如软土、砂土、黏土、岩石等)与水文条件差异巨大,支护技术的选择必须因地制宜,不能简单套用固定模式^[1]。第四,风险性高。深基坑属于临时性工程,但其安全等级要求高,施工过程中存在边坡失稳、管涌、流砂等诸多风险,且一旦发生事故往往具有突发性和灾难性。第五,工期与成本压力大。市政工程常面临紧张的工期要求,支护施工需与降水、土方开挖、主体结构施工等环节紧密衔接,同时要在确保安全的前提下,合理控制造价,实现技术经济性的统一。这些特点决定了深基坑支护施工必须遵循“技术先行、精心组织、动态控制”的原则。

2 市政施工中的深基坑支护技术分析

针对市政工程的环境与地质特点,目前已发展出多种成熟的深基坑支护技术,各有其适用条件与优劣。

2.1 土钉墙支护技术

土钉墙支护技术是通过在基坑边坡土体内钻孔置入钢筋或钢管并注浆,形成土钉群,再挂设钢筋网喷射混凝土面层,使土体与支护结构共同作用,提高边坡整体稳定性。该技术具有施工简便、速度快、造价相对较低、对施工空间要求小等优点,适用于地下水位以上或经过降水处理的黏性土、粉土及有一定胶结性的砂土基坑,开挖深度一般不宜超过12米。在市政管线沟槽、中小型基坑中应用广泛。但其自防渗能力差,不适用于富水地层或对变形控制要求极高的敏感环境。

2.2 钢板桩支护技术

钢板桩支护技术利用 U 型、Z 型或直线型等截面钢板桩通过振动或静压打入土中,形成连续挡土挡水墙体。其突出优点是施工速度快、可重复使用、止水性能好,且打入和拔除相对方便。特别适用于软弱土层、需要快速施工的临时性支护或需防水的中浅基坑,如河道护岸、管道沟槽等。但其刚度相对较小,在深大基坑中可能变形较大,且打拔桩时的振动与噪声对周边环境影响显著,在城市密集区使用受限。此外,在坚硬土层或密实砂层中沉桩困难。

2.3 钻孔灌注桩技术

钻孔灌注桩技术是通过机械钻孔形成桩孔,放入钢筋笼并灌注混凝土,形成排桩式支护结构,常与冠梁、腰梁及内支撑或锚杆组合使用。该技术具有刚度大、抗侧移能力强、施工噪声振动小、适用土层范围广(从软土到岩层)等优点,是城市深大基坑(深度常大于 10 米)的主流支护形式之一,尤其适用于周边环境复杂、变形控制严格的工程,如邻近地铁隧道、历史建筑等。但其施工工序较多、工期较长、成本较高,且泥浆排放可能带来环保问题。桩间通常需要结合旋喷桩、搅拌桩等形成止水帷幕。

2.4 排桩支护技术

排桩支护技术广义上包含钻孔灌注桩、人工挖孔桩等多种桩型组成的支护体系,狭义上有时特指无需另设止水帷幕的密排桩形式。其技术特点与钻孔灌注桩类似,通过调整桩径、桩距、桩长及支撑体系,可适应不同深度与地质条件。在市政工程中,密排桩可用于地下水位较低或止水要求不高的场合,节省了单独设置帷幕的工序与成本。但其整体性略差于连续墙,桩间易发生土体流失,需谨慎选用^[2]。

在实际应用中,排桩支护技术通常采用钢筋混凝土灌注桩或型钢桩,按一定间距排列形成挡土结构,必要时可结合锚索、锚杆或内支撑系统来增强整体稳定性。对于市政工程中存在软土地层且基坑深度较大的情况,排桩支护能通过优化桩身配筋和支撑布置,有效控制基坑侧向变形,减少对周边道路、地下管线的影响。该技术的施工工艺相对成熟,可根据工程地质条件灵活调整桩的参数,例如在砂卵石地层中可采用全套管钻进工艺,避免塌孔问题;在富水地层中则需配合高压旋喷桩或水

泥土搅拌桩等止水措施,形成复合支护体系。

2.5 SMW 工法

SMW 工法,即型钢水泥土搅拌墙技术,是在三轴水泥土搅拌桩内插入 H 型钢,形成兼具挡土与止水功能的复合围护结构,待基坑施工完成后可拔出型钢重复利用。该工法集合了搅拌桩止水效果好和型钢刚度大的双重优势,墙体连续、止水可靠、施工噪声低、型钢可回收、经济环保,在日本和我国沿海软土地区城市基坑中应用成熟。特别适用于软土地层、深度 15 米以内的基坑。但对施工设备与工艺要求高,型钢拔除后搅拌桩体内留下的空隙需进行注浆填充,且型钢拔除时机需精确控制,避免影响主体结构。

2.6 预应力锚杆支护技术

预应力锚杆支护技术是在基坑开挖过程中,通过钻孔将锚杆(索)锚固于稳定土层或岩层中,并对锚杆施加预应力,通过腰梁或冠梁将锚固力传递至支护桩或地下连续墙等围护体上,形成锚拉式支护体系。其优点是可提供主动抗力,有效控制基坑变形,减少内支撑数量,为基坑内开挖作业提供开阔空间,提高施工效率。适用于开挖深度大、土质条件允许提供足够锚固力的基坑,或无法设置内支撑的狭窄场地^[3]。但其设计施工复杂,预应力损失控制是关键,且在软土、高水位地层或周边存在地下构筑物时可能受限,锚杆可能超出用地红线,需征得相关方同意。

2.7 深层搅拌桩支护技术

深层搅拌桩支护技术是利用深层搅拌机械,将水泥、石灰等固化剂与地基土强制搅拌,形成连续搭接的水泥土桩墙,既可单独作为重力式挡墙,也可作为止水帷幕与排桩等组合使用。该技术具有无振动、无噪音、施工速度快、造价低、止水效果好等优点,尤其适用于淤泥、淤泥质土等软土地基的基坑支护与止水。但其抗弯刚度有限,一般适用于深度不大的基坑(如 6-7 米以内),作为重力式挡墙时需保证足够的墙宽与嵌固深度,且施工质量受土层均匀性、机械性能及操作水平影响较大。

3 提高深基坑支护施工质量的措施

为确保深基坑支护工程的安全可靠与经济合理,必须从设计、施工到监测的全过程实施精细化管控。

3.1 做好前期准备工作

做好前期准备工作是成功的基石。这包括详尽的地质勘察与水文地质调查,获取准确、全面的土层分布、物理力学参数及地下水信息,为支护设计与施工方案制定提供可靠依据^[4]。同时,必须对基坑影响范围内的既有建(构)筑物、地下管线、道路等进行全面调查与评估,明确保护要求与等级。基于详实资料,进行多方案的技术经济比选与专家论证,确定最优支护方案,并编制科学、可操作的专项施工方案与应急预案。

3.2 合理选择支护结构

合理选择支护结构是核心技术决策。选择时需系统考虑基坑开挖深度与规模、工程地质与水文条件、周边环境敏感度与保护要求、施工场地条件与工期、地区施工经验与技术经济性等多重因素。例如,在软土地区且周边环境敏感时,可优先考虑SMW工法或钻孔灌注桩加止水帷幕;在空间狭窄且需严格控制变形时,预应力锚杆结合排桩可能是优选;对于浅且宽的市政管沟,土钉墙或钢板桩可能更经济高效。切忌生搬硬套,应做到“一地一策,一坑一案”。

3.3 优化深基坑降排水方案

优化深基坑降排水方案对保障基坑稳定至关重要。地下水的处理不当是引发基坑事故的主要原因之一。应根据水文地质条件,科学选择降水或止水方案。对于含水丰富地层,通常采用坑外止水帷幕(如搅拌桩、旋喷桩)结合坑内降水(管井、轻型井点)的方式,在阻断坑外地下水补给的同时,疏干坑内地下水。降水设计需精确计算涌水量,布置合理的井点间距与深度,并制定详细的水位监测与回灌预案,以控制降水对周边环境引起的沉降。在弱透水层或止水帷幕可靠的情况下,也可采用坑内明排或盲沟排水。

3.4 严格把控材料质量

严格把控材料质量是确保支护结构强度的根本。所有进场的钢材(钢筋、型钢、钢板桩、锚杆等)、水泥、外加剂等原材料及成品桩、锚具等构配件,必须具备出厂合格证与质量检验报告,并按规定进行见证取样和复检,严禁不合格材料用于工程。对于支护桩的混凝土灌注、水泥土搅拌桩的水泥掺量与搅拌均匀性、锚杆的注浆材料与浆体强度等关键工艺环节的材料配比与用量,必须进行严格的过程控制与检验^[5]。同时,加强施工机械设备的检查与保养,确保其性能满足工艺要求。

此外,还应强化施工过程监测与动态信息化管理。在基坑开挖及使用期间,必须对支护结构位移、深层水平位移、支撑轴力、锚杆应力、地下水位、周边建筑物沉降与倾斜等进行系统、连续的监测,并将监测数据与设计预警值进行实时比对分析。一旦数据异常或接近预警值,应立即启动应急预案,调整施工参数或采取加固措施,实现信息化施工和动态设计,防患于未然。同时,加强现场施工管理,确保各工序按设计与规范要求执行,特别是成桩质量、锚杆钻孔与注浆、支撑安装与预应力施加、土方分层开挖与及时支护等关键环节。

4 结语

深基坑支护技术是市政工程安全施工的重要保障,其选择与应用是一项复杂的系统工程。本文通过对土钉墙、钢板桩、钻孔灌注桩、SMW工法等多种主流支护技术的分析,揭示了各自的技术特性与市政工程中的适用场景。市政深基坑工程往往面临复杂的地质条件与苛刻的环境约束,因此,没有一种技术是放之四海而皆准的。成功的关键在于坚持勘察先行、精心设计、科学选型、严格施工与动态监控相结合的原则。通过做好充分的前期准备、基于综合因素合理选择支护结构、优化降排水方案、严格把控材料质量,并辅以全过程的信息化监测,方能有效管控风险,确保深基坑工程的稳定安全,最大限度地减少对城市正常运转的影响,从而实现市政工程建设经济、社会与环境效益的统一。未来,随着新材料、新工艺与智能化监测技术的发展,深基坑支护技术必将朝着更加绿色、高效、智能的方向演进,为城市地下空间的可持续发展提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 罗文彬. 深基坑支护技术在建筑工程项目施工中的应用研究——以SMW工法桩支护技术为例[J]. 城市建设, 2025, (30): 74-76.
- [2] 冉翠玲. 探究深基坑支护施工技术在土建施工中的应用[J]. 中国设备工程, 2025, (24): 18-20.
- [3] 杨冲, 徐开铨. 深基坑支护技术在市政施工中的应用研究[J]. 中国住宅设施, 2025, (10): 230-232.
- [4] 丁韬. 深基坑支护施工技术在建筑工程施工中的应用研究[J]. 石材, 2025, (10): 77-79.
- [5] 吕培良. 深基坑支护技术在岩土工程基础施工中的应用分析[J]. 工程建设与设计, 2025, (17): 42-44.