

深基坑支护技术在复杂地质条件下的应用研究

曹俊斌

宁波市建设集团股份有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：文章聚焦深基坑支护技术在复杂地质条件下的应用。阐述了深基坑支护技术的概念与发展现状，剖析复杂地质对深基坑工程在支护结构设计、施工工艺及周边环境方面的影响。研究土钉、地下连续墙等多种支护技术的应用，指出技术选择需综合地质、工程及周边环境因素，合理选用方能保障深基坑工程安全、高效施工，为相关工程实践提供参考。

关键词：深基坑支护技术；复杂地质；应用研究

1 深基坑支护技术

深基坑支护技术是建筑工程地下施工的关键部分。当基坑开挖深度达5米及以上，或虽不足5米但地质条件复杂（如软土、砂土、回填土），又或周边有密集建筑、重要地下管线等对变形敏感因素时，就需运用该技术。其核心目标是保障基坑施工安全与稳定。一方面要维持基坑侧壁土体稳定，防止因土体自重、侧向土压力引发坍塌，这关乎施工人员安全与工程顺利推进；另一方面要精准控制周边土体变形，避免周边建筑墙体开裂、地基沉降，以及地下管线受挤压断裂，导致公共设施故障。为实现这些目标，深基坑支护技术包含多种支护结构形式。排桩支护通过在基坑周边排列钢筋混凝土桩抵抗侧向土压力，有钻孔灌注桩、预制桩等类型，在土质好、地下水位低区域应用广泛。地下连续墙利用专用设备挖槽，浇筑混凝土形成连续墙体，在软土、高地下水位且对周边环境要求高的深基坑中优势明显，挡土止水性能俱佳。土钉墙支护在土体内设土钉，增强土体稳定性，适用于地下水位以上或降水后的非软土且深度不大的基坑^[1]。锚杆支护在基坑侧壁钻孔插入锚杆并施加预应力，抵抗土体滑动，常用于岩质或土质较硬的基坑。另外，还会配合井点降水、高压喷射注浆等降水止水辅助措施，它们相互协作，为深基坑施工营造安全稳定空间，助力建筑工程地下部分顺利开展。

2 深基坑支护技术的发展现状

2.1 传统支护技术

传统支护技术在深基坑工程中应用历史悠久，历经长期实践与改进，已形成较为成熟的体系。其中，排桩支护凭借施工工艺相对简单、成本可控的优势，在众多工程中得以广泛应用。钻孔灌注桩作为排桩的常见类型，通过机械钻孔、放置钢筋笼并浇筑混凝土成桩，能有效抵御土体侧压力。在地质条件较好、周边环境对变

形控制要求相对不高的项目里，排桩支护表现出良好的适用性。随着基坑深度增加与周边环境日益复杂，排桩的抗弯刚度有限、止水性能欠佳等问题逐渐凸显。土钉墙支护同样应用广泛，其利用土钉与土体的相互作用增强土体稳定性，具有施工便捷、经济性好的特点，在地下水位较低、土质适宜的浅基坑中效果显著。但对于深厚软土等不良地质条件，土钉墙的加固效果大打折扣，且对基坑变形控制能力较弱，难以满足现代城市建设中对基坑周边环境严格保护的要求。

2.2 新型支护技术

为应对传统支护技术的局限，新型支护技术不断涌现并迅速发展。例如，组合式支护结构将多种传统支护形式有机结合，取长补短。桩锚支护体系把排桩的挡土功能与锚杆的锚固作用相结合，在复杂地质与深大基坑中能有效控制变形，大幅提高基坑稳定性，已成为城市高层、超高层建筑深基坑支护的常用选择。随着材料科学的进步，新型材料在支护技术中得到应用。纤维增强复合材料（FRP）锚杆逐渐崭露头角，相比传统钢筋锚杆，FRP锚杆具有耐腐蚀、质量轻、强度高特性，尤其适用于存在腐蚀风险的特殊地质环境，如沿海地区富含氯离子的土壤中。这不仅延长了支护结构的使用寿命，还降低了后期维护成本。信息化施工技术也为深基坑支护带来革新。借助传感器实时监测基坑变形、地下水位、土压力等参数，通过数据分析及时调整支护方案，实现动态化、精准化施工。这种技术显著提高了施工安全性与效率，降低了工程风险，是深基坑支护技术未来发展的重要方向之一。但新型支护技术在推广过程中也面临一些挑战，如组合式支护结构设计施工复杂，对技术人员要求高；新型材料成本相对较高，限制了其大规模应用；信息化施工技术的监测设备稳定性、数据传输准确性等还有待进一步提升。

3 复杂地质条件对深基坑工程的影响

3.1 对支护结构设计的影响

在复杂地质条件下进行深基坑支护结构设计,面临着诸多棘手问题。首先,地质参数的不确定性是一大难题。不同地质层的岩土力学性质差异显著,且在实际勘察过程中,由于勘察点分布有限,难以精准掌握地层参数的空间变异性。参数取值不准确,可能导致支护结构的强度与稳定性计算出现偏差,使支护结构在实际受力时无法满足要求^[2]。其次,复杂地质构造增加了设计难度,断层、褶皱等地质构造改变了土体的原始应力状态与力学性能,在这些区域进行支护结构设计时,需考虑构造对土体压力分布的影响。如断层附近土体的应力集中现象,可能使支护结构承受异常大的侧向力,若设计时未充分考虑,支护结构易发生局部破坏。节理裂隙发育的岩体,其完整性遭到破坏,岩体的强度与变形特性变得复杂,如何合理评估岩体的等效强度,进而设计出安全可靠的支护结构,是设计人员面临的挑战。另外,地下水问题不容忽视。复杂地质条件下,地下水的赋存状态与渗流规律复杂。高水位地区或存在承压水的地层,地下水对支护结构产生的浮力与动水压力,极大影响支护结构的稳定性。地下水的渗流可能引发流砂、管涌等现象,削弱土体强度,间接对支护结构的稳定性构成威胁,设计时需综合考虑止水与抗渗措施。

3.2 对施工工艺的影响

复杂地质条件给深基坑施工工艺带来了一系列难题。在软土地层施工时,土体的高压缩性与低抗剪强度,使得基坑开挖过程中极易出现土体坍塌与变形过大的问题。采用常规的放坡开挖工艺,坡率需严格控制,导致土方开挖量大幅增加,施工成本上升。而使用支护结构辅助开挖时,由于软土对支护结构的变形较为敏感,对支护结构的施工精度与及时性要求极高。在硬岩地层中,基坑开挖同样困难重重。岩石的高强度与高硬度,使得传统的机械开挖设备效率低下,甚至无法作业。采用爆破开挖时,爆破参数的选择极为关键,既要保证岩石有效破碎,又要控制爆破振动对周边环境与已施工结构的影响。爆破后岩石的破碎效果不均匀,可能出现大块石,给后续的清渣与基础施工带来不便。硬岩地层中钻孔作业难度大,如在灌注桩施工时,易出现钻孔偏斜、卡钻等问题,严重影响施工进度与质量。在富水地层施工时,地下水的处理是一大难题。涌水现象不仅会造成基坑内积水,影响施工环境,还可能冲蚀土体,导致坑壁坍塌。常规的降水措施,如井点降水,在复杂地质条件下可能效果不佳。

3.3 对周边环境的影响

复杂地质条件下深基坑工程对周边环境的影响问题突出。基坑开挖引起的土体变形难以控制,易对周边建筑物造成损害。在软土地质中,基坑开挖导致的土体卸荷回弹与侧向位移,会使周边建筑物的地基产生不均匀沉降。对于浅基础的建筑物,过大的沉降可能导致墙体开裂、门窗变形,甚至影响建筑物的整体结构安全。而在砂土地质中,基坑开挖引起的砂土液化,可能使周边建筑物的地基丧失承载能力,引发严重的工程事故。深基坑施工对周边地下管线存在较大威胁,复杂地质条件下,地下管线的变形与破坏风险增加。降水施工可能导致地下水位下降,使埋设在地下水位以下的管线因周围土体失水而产生沉降与变形。基坑开挖引起的土体位移,可能对管线产生拉伸、挤压作用,导致管线破裂、渗漏。例如,燃气管道破裂可能引发火灾、爆炸等安全事故,给周边居民的生命财产安全带来巨大威胁^[3]。施工过程中的噪声与振动问题在复杂地质条件下更为严重,在硬岩地层采用爆破或大型破碎设备施工时,产生的高强度噪声与振动,通过复杂地质介质传播,对周边居民的正常生活造成干扰。尤其是在居民区或学校等对噪声敏感的区域,如何在满足施工进度的前提下,有效控制噪声与振动,成为施工过程中亟待解决的问题。施工过程中产生的粉尘等污染物,在复杂地质条件下,其扩散规律难以预测,可能对周边环境空气质量造成不良影响。

4 复杂地质条件下深基坑支护技术的应用研究

4.1 土钉支护技术的应用

土钉支护技术在复杂地质条件下具有独特的应用价值。该技术适用于地下水位以上或经人工降水后的粘性土、粉土、杂填土及弱胶结砂土等地质。在施工过程中,通过在土体内钻孔、置入钢筋并注浆,使土钉与土体形成复合体,增强土体的稳定性。例如,在一些城市改造项目中,基坑周边存在大量杂填土,土钉支护技术能够有效利用土体自身强度,对土体进行原位加固。施工时,需精确控制土钉的长度、间距及倾角,以确保其能充分发挥锚固作用。土钉支护技术的优势在于施工工艺简单、成本较低且施工速度快。然而,在复杂地质中也面临挑战,如在砂性土中,由于土体颗粒间粘结力小,土钉的抗拔力可能不足,需采取增大土钉直径、增加注浆压力等措施来提高其锚固效果;在含水量较高的土层中,需做好降水工作,否则会影响土钉与土体的粘结强度。

4.2 地下连续墙支护技术的应用

地下连续墙支护技术在复杂地质条件下表现出良好

的适应性。它适用于多种地质情况,尤其是在软土地层、砂卵石地层以及对周边环境要求严格的区域。在施工时,通过专用设备沿着基坑周边开挖槽段,在槽段内吊放钢筋笼并浇筑混凝土,形成连续的钢筋混凝土墙体。以沿海地区的深基坑工程为例,该地区地质多为深厚软土,地下水位高,地下连续墙凭借其良好的挡土和止水性能,有效保障了基坑施工安全。在砂卵石地层中施工地下连续墙时,由于地层颗粒大、透水性强,需采用特殊的成槽工艺,如采用冲击钻配合膨润土泥浆护壁,防止槽壁坍塌。地下连续墙支护技术的优点是墙体刚度大、整体性好,能有效控制基坑变形,对周边环境影响小。但该技术施工成本较高,对施工设备和技术人员要求也高,且在硬岩地层中施工难度较大,需采用特殊的破岩设备。

4.3 排桩支护与搅拌桩支护技术的应用

排桩支护技术在复杂地质中应用广泛,可根据不同地质条件选择合适的桩型,如钻孔灌注桩、预制桩等。在粘性土地质中,钻孔灌注桩能较好地适应土体特性,通过机械钻孔、放置钢筋笼、浇筑混凝土形成桩体,抵抗土体侧压力。在施工过程中,要注意控制泥浆质量,防止塌孔现象发生。预制桩则适用于较均匀的土层,具有施工速度快、桩身质量易保证等优点,但在复杂地质中可能因桩身难以穿透坚硬土层而受到限制。搅拌桩支护技术常作为止水帷幕与排桩配合使用,尤其在富水地层中效果显著。它通过深层搅拌机械将水泥等固化剂与原位土体强制搅拌,形成具有一定强度和抗渗性的水泥土桩体。在砂土地层施工搅拌桩时,为提高水泥土的强度和抗渗性,可适当增加水泥用量或采用特殊的外加剂。排桩与搅拌桩支护技术结合,能充分发挥排桩的挡土和搅拌桩的止水作用,但其施工过程较为复杂,需要精确控制两种桩的施工顺序和质量。

4.4 复合支护技术的应用

复合支护技术是将多种支护形式有机结合,以适应复杂地质条件下深基坑支护的需求。常见的复合支护形式有桩锚支护、土钉墙与排桩复合支护等。桩锚支护体系在

复杂地质中的深大基坑应用较多,它将排桩的挡土功能与锚杆的锚固作用相结合。在岩石地层中,锚杆可有效锚固在稳定的岩体中,为排桩提供强大的拉力,限制排桩的变形。土钉墙与排桩复合支护则适用于上部为较松散土层、下部为较硬土层的地质情况,上部采用土钉墙加固土体,下部利用排桩增强支护结构的稳定性^[4]。复合支护技术的优势在于能综合利用各种支护形式的长处,提高支护结构的整体性能。但设计和施工难度较大,需要对地质条件进行详细勘察和分析,合理确定各支护形式的参数和施工工艺。同时复合支护技术的成本相对较高,在应用时需综合考虑工程的安全性、经济性和可行性。在复杂地质条件下,深基坑支护技术的选择和应用需充分考虑地质特点、工程要求及周边环境等因素。土钉支护技术适用于一定条件的土体加固,成本较低;地下连续墙支护性能优越,但成本高、施工难度大;排桩与搅拌桩支护结合能满足挡土止水需求;复合支护技术综合性能好,但设计施工复杂。只有根据具体情况合理选用支护技术,才能确保深基坑工程的安全、高效施工。

结束语

深基坑支护技术在复杂地质条件下的应用,对保障建筑工程地下施工安全至关重要。面对复杂多变的地质状况,传统与新型支护技术各有优劣。通过对多种支护技术应用研究可知,只有深入了解地质特点,权衡工程要求与周边环境影响,科学合理地选择并组合支护技术,才能不断提升深基坑工程的施工质量与安全水平,推动建筑行业持续发展。

参考文献

- [1]游应峰.复杂地质条件下深基坑支护方案研究及稳定性分析[J].江西建材,2023,(01):175-176+183.
- [2]吴书崇.复杂环境条件下深基坑支护施工技术分析[J].建筑技术开发,2021,48(06):19-20.
- [3]曹红卫.复杂环境及地质条件下深基坑支护施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(21):143-145.
- [4]刘根.复杂地质条件下深基坑支护结构动态可靠度研究[J].建筑技术,2023,54(11):1297-1301.