

深基坑支护技术在地铁建设中的应用研究

郭文洋

中咨工程管理咨询有限公司 北京 100048

摘要：通过深入探讨了深基坑支护技术在地铁建设中的应用。地铁作为城市交通的重要组成部分，其建设过程中的深基坑开挖与支护是确保工程安全的关键。文章分析地铁深基坑支护面临的地质复杂性、施工环境敏感性等挑战，并详细介绍地下连续墙、排桩、土钉墙及内支撑等多种支护技术的特点与应用。通过实际案例，展示支护技术如何有效应对地铁建设中的基坑稳定、周边环境保护等难题，为地铁工程的安全、高效施工提供有力支撑。

关键词：深基坑支护技术；地铁建设；应用

引言：随着城市化进程的加速，地铁作为缓解城市交通压力的重要手段，其建设规模日益扩大，地铁建设中的深基坑开挖与支护问题一直是工程领域的难点和热点。深基坑支护技术不仅关系到地铁工程的安全稳定，还直接影响到周边建筑物的安全和城市环境的保护。因此深入研究深基坑支护技术在地铁建设中的应用，对于提高地铁建设的安全性和效率，促进城市交通的可持续发展具有重要意义。

1 地铁深基坑工程的特点

1.1 开挖深度大

地铁深基坑工程的一个显著特点是开挖深度大。由于地铁线路通常需要穿越城市的核心区域，为了满足地铁车站和隧道的建设需求，基坑的开挖深度往往达到数十米甚至更深。这种大深度的开挖不仅增加施工的技术难度，还对基坑的稳定性提出了更高的要求。在设计 and 施工过程中，必须充分考虑开挖深度对基坑支护结构、降水措施以及周边环境的影响，确保施工安全和质量。

1.2 周边环境复杂

地铁深基坑工程往往位于城市繁华地段，周边环境复杂多变。基坑周边可能紧邻高层建筑、地下管线、道路和桥梁等重要基础设施，这些设施的存在对基坑的施工安全和周边环境的保护提出极高的要求。在施工过程中，必须采取有效的措施来减少对周边环境的影响，如控制基坑变形、降低噪音和粉尘污染等，以确保施工活动的顺利进行和周边居民的正常生活。

1.3 地质条件多变

地铁深基坑工程的地质条件通常多变，不同地区的地质特征差异显著。这可能包括软土、硬土、岩石、断层等多种地质类型。地质条件的多变性对基坑的支护设计和施工方法提出了挑战^[1]。在设计阶段，需要详细勘察地质情况，了解土层的物理力学性质和分布规律，以便

制定合理的支护方案。在施工阶段，则需要根据地质条件的变化及时调整施工方案和支护措施，确保基坑的稳定性和施工安全。

1.4 施工周期长

地铁深基坑工程的施工周期通常较长。由于基坑开挖深度大、周边环境复杂以及地质条件多变等因素的影响，施工过程中的各个环节都需要精细管理和严格控制。从基坑开挖、支护结构施工到降水措施的实施，再到后续的基坑回填和地面恢复，整个施工过程需要经历多个阶段和环节，施工过程中还可能受到天气、材料供应等外部因素的影响，导致施工周期的延长。

2 深基坑支护技术的类型

2.1 土钉墙支护技术

土钉墙支护技术是深基坑支护领域中一种广泛应用的方法，它通过将土钉（即土层锚杆）嵌入土体中，形成连续的墙体结构，以此来提高基坑边坡的稳定性和承载能力。土钉墙支护技术的施工流程通常包括几个步骤：首先，进行基坑边坡的开挖，并预留出土钉的施工位置；其次，根据设计要求，在预留位置钻孔并安装土钉，同时进行注浆加固；另外，在土钉上铺设钢筋网，并喷射混凝土形成面层，使土钉与面层紧密结合，形成整体的支护结构；最后，根据基坑的变形监测结果，及时调整支护参数，确保基坑的稳定性。土钉墙支护技术具有施工简便、成本较低、对周边环境影响小等优点。它适用于地质条件相对较好、基坑深度适中且周边无重要建筑物的工程，在软弱土层或地下水丰富的地区，土钉墙支护技术的效果可能会受到限制，需要采取额外的加固措施。

2.2 排桩支护技术

排桩支护技术是另一种常见的深基坑支护方法，它通过在基坑周边设置一排或多排桩体，利用桩体的抗侧

力和抗弯能力来支撑基坑边坡，防止土体失稳。排桩支护技术的施工流程包括基坑开挖、桩体施工、桩顶冠梁或联系梁施工以及支护结构的监测与维护等步骤。在基坑开挖过程中，需要预留出桩体的施工位置，并根据设计要求进行桩体的钻孔、注浆或预制桩的吊装与连接。桩体施工完成后，需要在桩顶设置冠梁或联系梁，将各桩体连接成一个整体，提高支护结构的整体性和稳定性。排桩支护技术具有支护效果稳定、施工灵活、适用范围广等优点。它适用于地质条件复杂、基坑深度较大且周边有重要建筑物的工程。

2.3 地下连续墙支护技术

地下连续墙支护技术是一种高性能的深基坑支护方法，它通过在基坑周边施工连续的钢筋混凝土墙体，形成一道封闭的支护结构，以承受基坑内外的水土压力，确保基坑的稳定性。地下连续墙支护技术具有支护效果优异、施工速度快、对周边环境影响小等优点。地下连续墙支护技术的施工流程包括基坑开挖、导墙施工、槽段开挖与清底、钢筋笼制作与吊装、混凝土浇筑以及支护结构的监测与维护等步骤。在基坑开挖过程中，需要预留出地下连续墙的施工位置，并根据设计要求进行导墙的施工。导墙作为地下连续墙的支撑和导向结构，对后续的施工质量和安全具有重要影响。接着进行槽段的开挖与清底工作，为钢筋笼的制作与吊装提供条件^[2]。钢筋笼制作完成后，通过吊装设备将其放入槽段内，并进行混凝土的浇筑工作。浇筑完成后，需要进行支护结构的变形监测和质量控制工作，确保支护结构的安全性和稳定性。地下连续墙支护技术适用于地质条件复杂、基坑深度大且周边有重要建筑物的工程。它能够有效抵抗水土压力的作用，防止基坑边坡的失稳和变形。地下连续墙支护技术还具有施工速度快、对周边环境影响小等优点，能够在保证工程质量的同时，减少对周边居民和交通的影响。

2.4 内支撑与锚杆支护技术

内支撑与锚杆支护技术是一种结合了内部支撑结构和外部锚杆加固的深基坑支护方法。它通过在基坑内部设置支撑结构（如钢支撑、混凝土支撑等），以及在基坑边坡上设置锚杆（如土层锚杆、岩石锚杆等），共同构成支护体系，以提高基坑边坡的稳定性和承载能力。内支撑与锚杆支护技术的施工流程包括基坑开挖、支撑结构施工、锚杆施工以及支护结构的监测与维护等步骤。在基坑开挖过程中，需要根据设计要求预留出支撑结构和锚杆的施工位置。进行支撑结构的施工工作，如钢支撑的安装与连接、混凝土支撑的浇筑与养护等。在

基坑边坡上钻孔并安装锚杆，进行注浆加固工作。锚杆施工完成后，需要进行支护结构的变形监测和质量控制工作，确保支护结构的安全性和稳定性。内支撑与锚杆支护技术具有支护效果稳定、施工灵活、适用范围广等优点。它适用于地质条件复杂、基坑深度大且周边有重要建筑物的工程。通过合理设置支撑结构和锚杆的参数（如支撑结构的类型与尺寸、锚杆的长度与直径等），可以显著提高支护结构的承载能力和稳定性。内支撑与锚杆支护技术还能够减少基坑边坡的变形和沉降，保护周边建筑物的安全。

3 地铁建设中深基坑支护技术的应用

3.1 地铁工程特点分析

在地铁建设中，深基坑支护技术是一项至关重要的工程技术，它直接关系到地铁工程的安全性和稳定性。地铁工程通常位于城市中心或繁华地段，周边环境复杂，建筑物密集，地下管线众多。这就要求深基坑支护技术必须具备良好的稳定性和安全性，以确保施工过程中不会对周边环境造成破坏。在实际应用中，地铁工程常采用地下连续墙支护技术、排桩支护技术、土钉墙支护技术以及内支撑与锚杆支护技术等。这些支护技术各具特点，能够根据不同的地质条件和工程要求进行灵活选择和应用。地下连续墙支护技术以其刚度大、防渗性能好、施工噪音低等优点，在地铁工程中得到广泛应用。它通过在基坑周边施工连续的钢筋混凝土墙体，形成一道封闭的支护结构，有效抵抗水土压力的作用，防止基坑边坡的失稳和变形。排桩支护技术则适用于地质条件复杂、基坑深度较大的地铁工程。它通过设置一排或多排桩体，利用桩体的抗侧力和抗弯能力来支撑基坑边坡，确保基坑的稳定性^[3]。土钉墙支护技术则以其施工简便、成本较低等优点，在地质条件相对较好、基坑深度适中的地铁工程中得到广泛应用。内支撑与锚杆支护技术则通过结合内部支撑结构和外部锚杆加固，共同构成支护体系，提高基坑边坡的稳定性和承载能力。地铁工程的特点也对深基坑支护技术的应用提出了挑战，地铁工程通常位于城市的深部，地下水位高，土层复杂，施工条件较为恶劣。这就要求深基坑支护技术必须具备良好的适应性和耐久性，能够在恶劣的施工环境中保持稳定的支护效果。

3.2 典型支护技术的应用实例

大连地铁4号线幸福村站也是一个典型的地铁工程案例。幸福村站场地内地形起伏较大，地面绝对标高28.97~42.39。车站设计右线起讫里程为DK5+630.756~DK5+813.856，中心里程为DK5+698.606，

车站长度183.1m,标准段宽20.7m,为地下双层单柱双跨(局部三层)岛式车站,站台宽度12m。车站顶板覆土2.66~5.84m左右,该段典型地质自上而下为素填土、粉质黏土、含碎石粉质粘土、强风化石灰岩、中风化石灰岩,地下水位在车站底板以下。

幸福村站主体基坑长度约为200.3m,标准段深度约22.3m,基坑宽约58.072m。采用明挖法施工,基坑采用放坡开挖,上部素填土、杂填土采用1:1放坡,喷射混凝土,内配 $\Phi 6@150 \times 150$ 钢筋;下部土层采用1:0.75、1:0.5放坡, $\Phi 22$ 、1.5m \times 1.5m土钉梅花行布置;下部岩层采用1:0.2放坡, $\Phi 22$ 、L = 3m、2.0m \times 2.0m砂浆锚杆梅花行布置;车站大里程端采用围护桩+预应力锚索支护体系。

幸福村站设置4个出入口、2组风亭,出入口通道为箱型框架结构,出地面处为U型槽结构;出入口采用放坡+锚杆支护方式。风亭位于车站主体外部。车站两端均为盾构区间,设有盾构工作井,大、小里程端均为始发井。

通过采用上述多种支护技术相结合的方式,幸福村站成功实现了对深基坑的稳定控制,确保了基坑开挖过程中的安全。同时,考虑到周边环境的复杂性和重要性,严格控制基坑变形,地面最大沉降量 $\leq 0.15\%H$,边坡顶部最大水平位移 $\leq 0.15\%H$ 或 $\leq 30\text{mm}$,两者取小值,有效保护了周边的重要地下管线、构筑物及建筑物等。此外,结构设计按最不利情况进行抗浮稳定验算,确保了车站主体结构在使用期间的安全性和稳定性。

3.3 支护技术的选择与优化

在地铁建设中,深基坑支护技术的科学选择与持续优化至关重要。首先,选择支护技术时,必须全面考量地铁工程的各项具体特点。基坑的深度决定了所承受的土压力大小,深度较大时,需选用能提供更强支撑力的支护技术。宽度和形状则影响着支护结构的布置方式和受力分布,不同的形状可能需要针对性的设计方案。而周边环境的复杂程度更是关键因素,若紧邻重要建筑物或地下管线,如采用不当的支护技术,可能会引发严重后果。地下连续墙支护和排桩支护等技术,凭借其稳固性和可靠性,能有效确保在复杂环境下基坑开挖的稳定性和安全性。同时,经济性也是不可忽视的方面。在

确保工程质量和安全的前提下,应避免不必要的浪费。通过合理规划和设计,选择性价比高的支护技术方案,既能满足工程需求,又能降低成本。在支护技术的优化上,技术创新和精细化施工是重要途径。改进支护结构的设计,可从材料选择、结构形式等方面入手,提高支护体系的整体刚度和承载能力,使其能更好地应对各种复杂工况。采用先进的施工工艺和设备,能大幅提高施工效率和质量,缩短工期,降低工程风险。加强施工过程中的监测和预警,利用现代监测技术实时掌握基坑的变形情况和支护结构的受力状态,一旦发现潜在安全隐患,及时采取措施进行处理^[4]。另外,支护技术的优化还需充分考虑与后续施工的衔接。深基坑支护只是地铁建设工程的一部分,后续的主体结构施工、盾构掘进等工序对支护结构有不同的要求。在选择和优化支护技术时,要确保其与后续施工的协调性和兼容性,避免因支护技术与后续施工不匹配而导致工程受阻,从而保证整个地铁建设工程的顺利进行。

结束语

深基坑支护技术在地铁建设中的应用是一项系统工程,需综合考虑地质条件、施工环境、技术经济等多方面因素。通过科学合理的支护设计与精细化施工,不仅能够有效保障地铁工程的安全稳定,还能最大限度地减少对周边环境的影响。未来,随着技术的不断进步和创新,深基坑支护技术将在地铁建设中发挥更加重要的作用,为城市交通的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]蔡永元,董建忠,谢铭祥.深基坑支护技术在地铁隧道中的应用[J].科学技术创新,2022(28):105-108.
- [2]罗海泉.深基坑支护施工技术在地铁车站工程中的应用分析[J].智能城市,2020,6(10):229-230.
- [3]李成龙.预应力拉锚施工技术在深基坑支护中的应用——以某装配式地铁车站深基坑支护为例[J].居舍,2019(11):103-104.
- [4]王亮.深基坑支护技术在地铁建设中的应用研究[J].建筑与装饰,2024(13):130-132.