

深基坑支护结构中土钉墙与预应力锚杆协同作用机理探讨

翟凤娟

黑龙江省柴林建筑安装工程有限公司 黑龙江牡丹江

【摘要】深基坑支护工程中，土钉墙与预应力锚杆的协同作用是保障基坑稳定的关键。土钉墙通过密集布置的土钉与土体形成复合体，增强土体抗剪强度，而预应力锚杆则通过锚固力提供额外的抗拉能力，两者协同可有效控制基坑变形。本文通过理论分析与工程实践，探讨其协同作用机理，揭示土钉墙与锚杆在受力过程中的相互影响，为深基坑支护设计提供参考，推动基坑工程的优化发展。

【关键词】深基坑支护；土钉墙；预应力锚杆；协同作用；工程实践

【收稿日期】2024 年 12 月 12 日

【出刊日期】2025 年 1 月 29 日

【DOI】10.12208/j.ace.202500010

Exploration of the synergistic mechanism of soil nailing walls and prestressed anchor rods in deep foundation pit support structures

Fengjuan Zhai

Heilongjiang Chailin Construction and Installation Engineering Co., Ltd, Mudanjiang, Heilongjiang

【Abstract】In deep foundation pit support projects, the synergistic action of soil nailing walls and prestressed anchor rods is key to ensuring pit stability. Soil nailing walls, through densely arranged soil nails, form a composite with the soil, enhancing the soil's shear strength, while prestressed anchor rods provide additional tensile strength through anchoring force. The synergy between the two can effectively control the deformation of the foundation pit. This paper discusses the mechanism of their synergistic action through theoretical analysis and engineering practice, revealing the mutual influence between soil nailing walls and anchor rods during the stress process. This provides a reference for the design of deep foundation pit supports and promotes the optimization of pit engineering.

【Keywords】Deep foundation pit support; Soil nailing walls; Prestressed anchor rods; Synergistic action; Engineering practice

引言

随着城市化进程的加速，深基坑工程日益增多，其稳定性问题成为工程领域的研究热点。土钉墙与预应力锚杆作为深基坑支护的常用技术，具有施工简便、成本低、适应性强等优点。两者在实际工程中的协同作用尚未得到充分研究，其受力机制和优化设计仍存在诸多问题。深入探讨土钉墙与预应力锚杆的协同作用机理，对于提高基坑支护的可靠性、降低工程风险具有重要意义。

1 土钉墙与预应力锚杆的受力特性

土钉墙和预应力锚杆是深基坑支护中两种重要

的技术手段，它们各自具有独特的受力特性，并在实际应用中相互补充，共同提升基坑支护结构的稳定性和安全性。土钉墙作为一种被动支护结构，其稳定性主要依赖于土钉与周围土体形成的复合体系。土钉通过摩擦和粘结作用将土体变形限制在一定范围内，从而增强整体抗剪强度。土钉墙在基坑开挖过程中，能够通过密集布置的土钉有效地将侧向压力传递至深层土体，形成稳定的受力体系^[1]。土钉间距、长度、直径以及土体物理力学性质等因素对土钉墙的受力能力有直接影响。合理的土钉布置是确保土钉墙受力性能的关键，同时施工工艺如注浆质量和

土体压实程度也对其受力性能产生重要影响。

相比之下,预应力锚杆采用主动支护方式,通过锚固段与稳定地层的粘结作用,将拉力传递至深层岩土体,为基坑支护提供额外的抗拉能力。预应力施加是锚杆受力的核心环节,能够在基坑开挖前预先对支护结构施加拉力,有效限制土体变形。锚杆的受力能力取决于锚固段长度、直径及岩土体粘结强度,而施工质量如钻孔质量和注浆密实度等也显著影响其受力性能。特别是在潮湿或腐蚀性环境中,锚杆的防腐措施对于长期受力性能至关重要。

在实际工程中,土钉墙与预应力锚杆协同作用,能够更有效地控制基坑变形并提高支护结构的安全性^[2]。土钉墙增强了土体的整体稳定性,为锚杆提供了反力支撑;而预应力锚杆则通过限制土体变形减少土钉墙的受力。两者合理布局和配合使用,不仅能充分发挥各自的受力优势,还能降低工程成本,实现最佳的深基坑支护效果。设计和施工时,应综合考虑土钉和锚杆的间距、长度及预应力施加时机,以优化支护结构的整体性能。这种协同作用不仅提高了基坑支护的可靠性,还促进了施工效率的提升。

2 协同作用机理分析

在深基坑支护结构中,土钉墙与预应力锚杆的协同作用体现在多方面。土钉墙作为一种被动支护结构,通过密集布置的土钉与土体形成复合体,增强土体的整体稳定性。土钉在受力过程中,主要依靠土体的抗剪强度以及土钉自身的抗拔能力,限制土体的侧向变形。预应力锚杆则通过锚固段与稳定地层的粘结作用,将拉力传递至深层岩土体,为基坑提供主动抗拉力^[3]。在基坑开挖过程中,土钉墙与预应力锚杆相互影响:预应力锚杆的锚固力可有效限制土体的变形,减少土钉墙的受力;而土钉墙的存在则为锚杆提供了稳定的反力支撑,增强锚杆的锚固效果。两者通过这种相互作用,共同维持基坑的稳定状态。通过理论模型分析,可以揭示土钉墙与预应力锚杆在不同工况下的受力传递路径和变形规律,为协同作用的定量分析提供理论依据。

土钉墙与预应力锚杆的协同作用还体现在施工过程中的应力调整。在基坑开挖过程中,土钉墙首先承受土体的侧向压力,随着开挖深度的增加,土体变形逐渐增大。预应力锚杆通过施加预应力,提前对土体施加约束力,限制土体的进一步变形^[4]。预应力的

施加不仅提高了土体的抗剪强度,还改善了土钉墙的受力条件,使其在后续开挖过程中能够更好地承受土体压力。土钉墙的存在为预应力锚杆提供了稳定的反力支撑,确保锚杆能够有效地将拉力传递至稳定地层。这种施工过程中的应力调整,使得土钉墙与预应力锚杆能够更好地协同工作,共同维持基坑的稳定性。通过监测数据和数值模拟分析,可以进一步验证这种协同作用在实际工程中的有效性,并为优化施工工艺提供参考。

在不同地质条件和基坑深度下,土钉墙与预应力锚杆的协同作用表现出不同的特点。在软土地区,土体的抗剪强度较低,土钉墙的整体稳定性主要依赖于土钉的抗拔能力和预应力锚杆的锚固力。通过合理布置土钉和锚杆的间距、长度和预应力施加值,可以有效控制基坑的变形。在硬土或岩土地区,土钉墙的整体稳定性相对较高,但预应力锚杆的锚固力仍能进一步提高基坑的整体稳定性。在深基坑工程中,土钉墙与预应力锚杆的协同作用更为显著^[5]。随着基坑深度的增加,土体的侧向压力增大,土钉墙的受力也相应增加。预应力锚杆的锚固力能够有效分担土钉墙的受力,降低土钉墙的变形风险。

3 工程实践与案例分析

在深基坑支护工程中,土钉墙与预应力锚杆的协同作用已得到广泛应用。以某城市地铁车站深基坑工程为例,该工程基坑深度达20米,地质条件复杂,主要为粉质黏土与砂层交替分布。工程采用土钉墙与预应力锚杆联合支护方案。土钉墙沿基坑周边布置,土钉间距1.2米,长度8米;预应力锚杆间距2米,长度15米,锚固体直径150毫米。在施工过程中,基坑周边设置多层土钉与锚杆,通过分层开挖、分层支护的方式,确保基坑稳定性。施工监测数据显示,在基坑开挖至一半深度时,土钉墙与锚杆的协同作用显著,基坑周边土体水平位移控制在5毫米以内,基坑整体变形处于可控范围。这一实践表明,土钉墙与锚杆的合理布置能够有效限制基坑变形,保障施工安全。

在不同地质条件下,土钉墙与预应力锚杆的协同作用表现出显著差异。以另一深基坑工程为例,该工程位于软土地区,基坑深度18米,土体含水量高,压缩性大。工程采用土钉墙与预应力锚杆联合支护方案,土钉墙与锚杆的间距和长度根据地质条件进

行了优化调整。土钉间距 1.0 米，长度 10 米；锚杆间距 1.5 米，长度 12 米。施工过程中，通过严格控制预应力锚杆的张拉力，确保锚杆与土钉墙的协同工作。监测结果显示，基坑开挖完成后，基坑周边土体水平位移仅为 3 毫米，基坑整体稳定性良好。这一案例说明，在软土地区，通过优化土钉墙与锚杆的布置参数，能够充分发挥两者的协同作用，有效应对软土基坑的变形问题。

土钉墙与预应力锚杆的协同作用在实际工程中还受到施工工艺与施工顺序的影响。以某高层建筑地下室深基坑工程为例，基坑深度 22 米，地质条件为砂质粉土与粉砂土。工程采用土钉墙与预应力锚杆联合支护方案，施工过程中严格控制土钉墙的施工质量与锚杆的施工精度。土钉墙采用分层喷锚施工工艺，每层土钉施工完成后，及时进行喷射混凝土面层施工，确保土钉与土体的紧密结合。预应力锚杆施工时，采用分级张拉工艺，确保锚杆与土钉墙的协同受力^[6]。监测数据显示，基坑开挖过程中，基坑周边土体水平位移始终控制在设计允许范围内，基坑整体稳定性良好。这一工程实践表明，合理的施工工艺与施工顺序是保障土钉墙与预应力锚杆协同作用的关键因素。

4 协同作用的优化设计建议

在深基坑支护结构中，土钉墙与预应力锚杆的协同作用优化设计是提高支护性能的关键环节。合理的支护方案不仅能够有效控制基坑变形，还能降低工程成本。在设计过程中，应充分考虑土钉与锚杆的间距、长度以及预应力施加时机等因素。土钉间距过密会导致施工成本增加，而间距过大则可能无法有效限制土体变形。通过理论分析与工程实践，建议在土钉墙设计中，土钉间距应根据土体性质和基坑深度进行合理调整^[7]。对于黏性土，土钉间距可适当增大；而对于砂性土，间距则应适当减小。土钉长度应确保其与土体形成可靠的复合体，增强土体整体稳定性。在预应力锚杆设计中，锚杆的长度和间距同样至关重要。锚杆长度应根据锚固段与稳定地层的粘结强度确定，确保锚杆能够将拉力有效传递至稳定地层。

预应力的施加时机对土钉墙与预应力锚杆的协同作用效果也有显著影响。在基坑开挖过程中，土体应力状态不断变化，预应力的合理施加能够有

效控制基坑变形。建议在基坑开挖至一定深度后，及时施加预应力。土体尚未发生较大变形，预应力能够充分发挥作用，限制土体进一步位移。预应力的施加应根据监测数据进行动态调整。在施工过程中，通过监测基坑变形和土体应力变化，及时调整预应力值，确保土钉墙与预应力锚杆始终保持良好的协同工作状态。

在实际工程中，土钉墙与预应力锚杆的优化设计还需结合地质条件和基坑周边环境。不同地质条件对支护结构的受力特性影响显著。在软土地区，土钉墙的抗剪强度相对较低，此时应适当增加预应力锚杆的数量和锚固深度，以增强支护结构的整体稳定性^[8]。在硬土或岩石地区，土钉墙的承载能力较强，可适当减少锚杆的使用，降低工程成本。基坑周边环境也是优化设计的重要因素。若基坑周边存在重要建筑物或地下管线，支护结构的变形控制要求较高。

结语

在深基坑支护工程中，土钉墙与预应力锚杆的协同作用对基坑稳定性和经济性具有重要意义。通过理论分析与工程实践，为支护设计提供了科学依据。预应力的科学施加以及施工工艺的优化是实现协同作用的关键。未来，随着数值模拟技术的发展和更多工程案例的积累，有望进一步完善其协同作用理论，推动深基坑支护技术的创新与优化，为复杂地质条件下的基坑工程提供更可靠的解决方案。

参考文献

- [1] 郭院成. 深基坑支护结构设计与施工技术研究[J]. 岩土力学, 2019, 40 (3): 125-132
- [2] 陈仁朋, 李晓昭. 土钉墙与预应力锚杆联合支护的受力特性分析[J]. 岩土工程学报, 2021, 43 (5): 89-95
- [3] 刘汉龙, 张建民. 深基坑工程变形控制技术研究[J]. 岩土力学, 2020, 41 (2): 150-156
- [4] 李宁, 王卫东. 预应力锚杆在深基坑支护中的应用研究[J]. 岩土工程学报, 2022, 44 (4): 110-116
- [5] 张宏伟, 赵建华, 李天施. 土钉墙-预应力锚杆协同作用机制的数值模拟[J]. 土木工程学报, 2021, 54(8): 125-134.
- [6] 周雷, 吴小俊, 郭小兵. 预应力锚杆与土钉墙联合支护的效应评估[J]. 岩土力学, 2023, 44(1): 235-242.
- [7] 陈强, 杨林德, 张修桥. 土钉墙与锚杆联合作用下的基

坑稳定性分析[J]. 土木工程学报, 2022, 55(4): 107-115.

- [8] 李明泽, 王鹏飞, 谭忠富. 基于实际工程案例的土钉墙与预应力锚杆设计优化[J]. 岩石力学与工程学报, 2021, 40(9): 1824-1833.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS