

轴力伺服型钢组合支撑在深大基坑中的应用

谢一正

浙江工业大学土木工程学院

摘要：近年来，随着时代的进步与社会经济的发展，城市建设繁荣，地铁、大型商场等建筑设施愈发普遍，建筑施工面临周边环境愈发复杂的情况，同时，城市地下空间开发也往更深、更大的方向发展，基坑施工小变形的需求越来越大。传统的基坑支护体系是被动的受力体系，无法对基坑变形进行主动控制，缺乏一定的安全性，并不能够完全适用于周边环境复杂且对变形控制有需求的深大基坑，因此，应用一种能够对基坑实现主动控制的轴力伺服型钢组合支撑非常必要。本文主要对轴力伺服型钢组合支撑的相关理念以及设计应用展开相关研究，阐述基坑支护方案以及轴力伺服型钢组合支撑的设计方案、应用方法与监测流程，进而更好地满足深大基坑的施工与控制要求，保障既有建筑的安全性与可靠性。

关键词：轴力伺服系统；型钢组合支撑；深大基坑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.04.025

在社会经济持续发展的大环境下，城市建设愈发繁荣，地下空间开发向更深、更大的方向发展，但城市中建筑设施的完善也给城市中建设深大基坑工程带来挑战，面临的施工环境也愈发复杂，施工中不仅要考虑基坑自身安全，也要考虑周边环境安全。以地铁周边为例，作为一线城市交通的代表性交通方式，其沿线的居住、商业价值也逐渐提高，进而临近地铁的建设工程数量也相应增多。因此，如何在基坑施工的同时保证周边建筑物的安全，实现基坑小变形便成了工程中的难点。

传统的基坑支护体系是被动的受力体系，无法施加主动控制力对基坑变形进行主动干预，实现基坑的小变形控制，因此在实际施工中难以有效预测并保证有控制需求的基坑安全。轴力伺服型钢组合支撑通过高强螺栓将多根型钢有效组合连接，并通过轴力伺服系统施加主动力，实现对支护结构变形的主动控制。与传统的型钢组合支撑相比，轴力伺服型钢组合支撑能充分发挥支撑强度，使基坑变形更小，更适用于深大基坑项目。此外，轴力伺服型钢组合支撑通过系统内部的信号对伺服

轴力与千斤顶行程实行监测并进行自动补偿，使得支撑实际强度能进行动态调整，这样既能够最大限度地保障深大基坑施工的安全性，又能够保障基坑周边建筑物安全，实现基坑小变形。

一、轴力伺服系统的概述

（一）轴力伺服系统的概念

伺服，主要指系统按照外部物理量进行反馈输出。在轴力伺服系统中，主要根据结构的变形情况来输出相应伺服轴力，实现基坑支护结构小变形控制。深基坑施工中，结构的变形与轴力处于动态变化的过程，当支撑伺服轴力不能够满足基坑变形控制要求时，可通过动态调整伺服轴力大小至控制需求，保证对围护结构小变形实施精准控制。在基坑发生意外状况时，如基坑施工过程中发生管线破裂、断电、进水等安全问题时，可运用轴力伺服系统主动控制轴力，充分发挥支撑的强度，在后期施工中进行一定补救。

在支撑中应用轴力伺服系统弥补了传统支撑无法主动控制结构变形的缺陷，有效保障基坑施工的安全性，并可根据基坑变形控制的实际需求，以不同方式设置轴力伺服支撑，应用灵活性与可靠性更强^[1]。

（二）轴力伺服型钢支撑组合优势分析

在深大基坑施工过程中运用轴力伺服型钢组合支撑，能够精确并有效地控制基坑的变形，应用实效性更强。同时也能够对深大基坑的轴力及变形进行实时监测，防控深大基坑施工风险，在一定程度上能够有效保障深大基坑开挖施工的安全性。与此同时，轴力伺服系统能够根据采集伺服轴力变化情况，对坑外土压力的实际状态与变化情况进行一定预估，这能够为深大基坑的变形、环境风险的控制提供一定的参考依据。由此可见，在深大基坑施工中应用轴力伺服型钢组合支撑，其应用的价值与安全性更为显著，但同时，施工中也需要对支撑伺服轴力与温度等因素间的联系进行关注，避免伺服轴力在短期内变化过大^[2-3]。

二、轴力伺服型钢组合支撑的应用

为研究轴力伺服型钢组合支撑在深大基坑中的应

用，由于深大基坑的安全支护受到多种因素的影响，如周边既有建筑、周边土体力学性能、基坑开挖深度、支护结构设计及布置形式等。现有研究中，轴力伺服型钢组合支撑的应用较少，在深大基坑中应用轴力伺服型钢组合支撑系统时，要参考以往轴力伺服钢管支撑的应用经验，结合型钢组合支撑的特点，优化设计支护方案。运用轴力伺服系统可实时监测支撑伺服轴力及伺服节点的变化，及时反馈问题，在一定程度上提升深大基坑支护的安全性与可靠性。下面对轴力伺服型钢组合支撑在深大基坑中的应用方法与流程展开分析与讨论。

（一）不同支撑形式对比

目前深大基坑采用“围护桩+内支撑”的设计形式较多。在复杂环境下，除基坑自身安全外，深大基坑施工也要考虑对地铁、隧道等重要既有建筑以及周边环境的影响。根据使用的材料，内支撑体系主要可分为混凝土支撑体系和钢支撑体系。相比传统混凝土支撑体系，钢支撑体系不需要养护，可明显节省施工工期。目前使用的钢支撑体系中，主要为钢管支撑体系及型钢组合支撑体系。

传统的钢管支撑为单杆支撑体系，支撑布置形式较为单调，且存在单根支撑刚度不足，可能出现支撑失稳的问题。在现场实施中，施工精度相对较低，也可能出现加压偏心、连接不牢等问题，施工质量无法得到全面保障，难以满足深大基坑的设计要求，影响支护的安全性与可靠性。与钢管支撑相比，型钢组合支撑通过多根型钢拼接而成，结构体系与钢筋混凝土支撑的结构体系类似，是一种超静定的桁架结构体系，所有节点均为

刚接^[4]。型钢组合支撑的稳定性更强，能支撑能承受的轴力更大。此外，由于支撑整体采用拼接，支撑形式也更加多样，能够满足多种复杂平面的需求。

在施工结束后，钢材也能进行回收并利用与下一次施工中，因此，在深大基坑中运用轴力伺服型钢组合支撑，还能符合绿色环保要求，还能够降低工程造价，节约成本^[5]。结合轴力伺服型钢组合支撑能够主动控制伺服轴力实现基坑变形控制的优点，将大大降低周边隧道、地铁及其他重要建筑设施变形过大的施工风险，并对变形问题得以有效预防与把控。在施工方案的具体应用过程中，支护方案的制定与选择也要结合深大基坑的支护标准、要求以及其他实际情况来进行针对性设计，为深大基坑的安全支护做好铺垫。

（二）轴力伺服型钢组合支撑节点设计

与一般型钢组合支撑相比，轴力伺服型钢组合支撑需要在支撑中设置伺服千斤顶来提供伺服轴力对变形进行主动控制。伺服千斤顶通过油管与泵站相连，泵站接受控制端的命令对相连的千斤顶轴力进行控制。在使用伺服千斤顶施加轴力时，需要结构构件传递轴力，保留结构的轴向变形能力，因此，在完成初始加压后，加压件与保力盒之间的螺栓不拧紧，允许一定限度的轴向位移。由于构件之间预留一定的变形空间，支撑整体的稳定性有所降低，为防止在加压过程中出现偏差造成结构失稳，在构件之间通过增加了带滑槽的盖板，限制伺服节点处仅能进行轴向变化，从而避免产生其他方向的变形，以此提升结构整体性和稳定性。

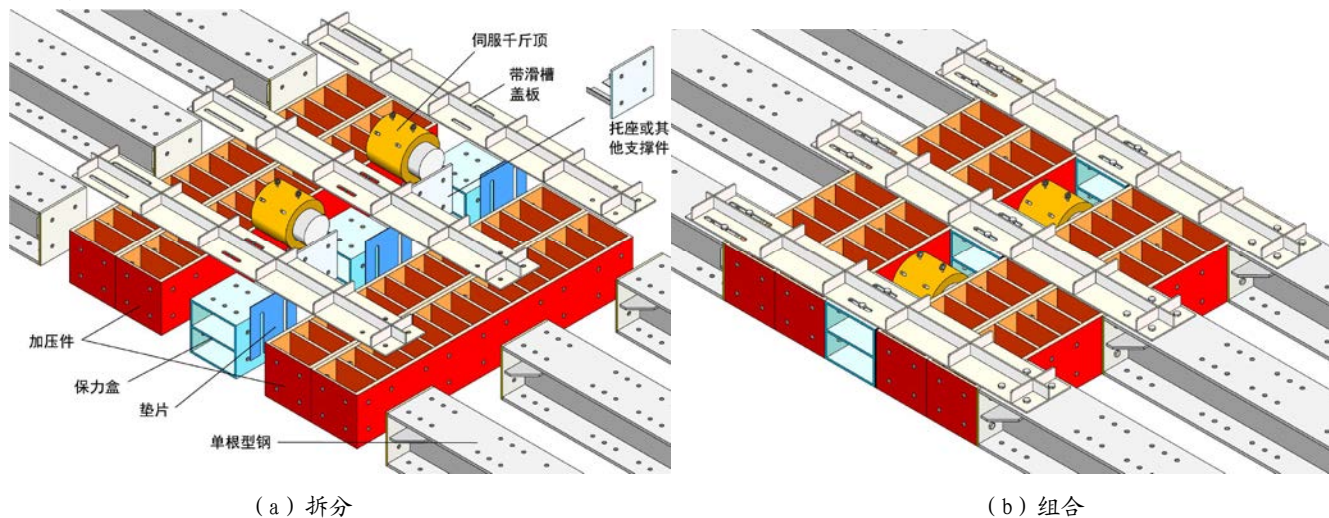


图1 轴力伺服型钢组合支撑伺服节点

（三）轴力伺服型钢组合支撑的施工方法

在深大基坑工程中应用轴力伺服型钢组合支撑时，要先明确其施工流程，即安装型钢组合支撑-吊运安装伺服千斤顶-液压站就位-连接液压管与控制柜-调试并运行系统。在安装型钢组合支撑时，通过运用高强螺栓对不同部件进行连接，保证部件之间连接牢靠。安装伺服千斤顶时要清理安装面，保证安装位置的整洁，安装千斤顶时要尽量对称且对准安装位置中心，避免出现加压偏心，使支撑偏心受力。连接液压管线与控制柜时，应确认安装的液压管线没有破损和扭曲，避免在施加伺服轴力时发生液压油泄漏的情况。在调试的环节中，要对伺服千斤顶的安装位置进行确认，并对整体系统进行检查，保证系统的正常运行。

轴力伺服型钢组合支撑的伺服轴力可根据基坑实际变形情况进行实时调整，做到最大化地保障深大基坑的安全。在施加支撑伺服轴力时，初始轴力要按照设计的要求来进行分级施加。在施工过程中，轴力伺服型钢组合支撑可根据伺服轴力及千斤顶行程的反馈数据来对支撑节点的变形进行实时监测，从而对基坑的变形情况进行初步判断，通过结合围护结构的变形监测数据进行复核，并对伺服轴力进行相应调整，支撑伺服轴力调整要与设计的轴力控制标准相符。

轴力伺服型钢组合支撑的运用过程中，若在调整支撑伺服轴力时，支撑伺服轴力达到上限值，但基坑变形仍无法得到有效控制，持续向基坑内侧增加，或者支撑伺服轴力达到下限值，但围护墙及基坑周边土体水平位移仍朝向基坑外侧发展时，则应发起人工会议及复核，对整个基坑设计进行检查，并重新确定各道支撑的伺服轴力大小。

（四）强化施工监测

在深大基坑施工过程中，由于基坑场地大，监测项目及位置多，运用传统的人工监测措施，其效率相对较低，可能无法及时将数据或者问题反馈整理，导致一些设计及施工问题无法及时做出调整，从而诱发安全隐患。因此，应当结合信息科技的手段，强化施工监测信息的反馈速度，使基坑的施工过程中出现的问题能得到及时反馈，从而优化与解决实际施工问题。科学合理地

布置监测点，对基坑的支护结构变形、支撑伺服轴力变化、周边土体及建筑沉降等内容进行监测，这样有利于轴力伺服型钢组合支撑能够及时调整支撑伺服轴力，减小施工过程中的安全风险，提升深大基坑施工效率与水平^[6]。

三、结束语

综上所述，随着城市化建设的逐步完善，城市中的基坑施工面临更加严峻的挑战，施工过程中不仅要考虑基坑自身安全，也要考虑周边地铁、隧道及其他重要建筑物的稳定与安全。传统支护体系作为被动的受力体系，无法对基坑变形主动控制。通过运用轴力伺服型钢组合支撑，能够有效提升基坑施工的安全性与稳定性，实现基坑变形主动控制。本文对深大基坑中轴力伺服型钢组合支撑应用技术进行阐述，通过轴力伺服型钢组合支撑系统的科学应用，发挥轴力伺服型钢组合支撑体系能够对轴力实时调整的优势，并通过强化施工中的监测过程，及时发现施工问题，有效解决基坑支护变形问题，使深大基坑施工的安全得到有效保障，提升工程建设的效率与水平。

参考文献：

- [1] 孙九春, 白廷辉. 地铁基坑钢支撑轴力伺服系统设置方式研究[J]. 地下空间与工程学报, 2019, 0(S01): 195-204.
 - [2] 秦宏亮. 钢支撑轴力伺服系统技术在基坑开挖中的应用[J]. 建筑施工, 2019, 41(7): 1195-1198.
 - [3] 陈冠良. 温差对伺服钢支撑轴力和基坑变形的影响[J]. 上海建设科技, 2020, 0(1): 63-65.
 - [4] 胡琦, 施坚, 方华建, 竹向, 黄星迪, 黄天明. 型钢组合支撑研究综述[J]. 建筑施工, 2019, 41(12).
 - [5] 陈赞, 周群建, 胡琦, 任宇, 宋均国, 方华建. 超大跨预应力型钢组合支撑及其在深基坑工程中的应用[J]. 科技通报, 2021(1): 85-89.
 - [6] 郑坚杰. 地铁深基坑钢支撑施工节点优化与轴力控制[J]. 市政技术, 2021, 39(S01): 130-134.
- 作者简介：谢一正（1998.1-），男，汉族，硕士研究生，主要从事基坑工程方面研究工作。