

深基坑支护技术在岩土工程基础施工中的应用研究

文 / 卞士伟 江苏省生态地质调查大队

摘要: 当前,在岩土工程勘探与深基坑支护领域中存在的问题对整个工程项目有着重大影响。确保土体稳定性及其周边环境的安全,在促进施工进度和维护作业安全方面发挥着至关重要的作用。因此,在软岩区域进行建设项目时,针对深基坑的支护与施工,相关人员应当优化勘探方法,并根据当地实际情况制定相应的建设指标和技术规范。因此,文章重点就深基坑支护技术在岩土工程基础施工中的应用展开分析。

关键词: 深基坑支护; 岩土工程; 基础施工; 应用研究

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.047

引言

当前,岩土工程项目施工面临复杂管线布局与广泛施工范围的挑战,这显著增加了基坑支撑工作的难度。为了适应施工需求,深入分析基坑施工的核心技术并应用合理的支撑策略,以增强岩土工程的稳定性,显得尤为关键。研究揭示,随着信息技术的持续进步以及工程实践机会的增加,为基坑支撑技术的革新注入了动力,从而确保了该技术的长期发展与优化。

一、深基坑支护的特点

基坑支护被视为一项系统性工作,涉及多种技术如锚杆加固、土钉墙以及连续墙等。一个稳固的基坑支护方案能够有效地保障周边结构的安全,并通过增强基坑自身的稳定性来强化建筑物的基础,进而提升整个建筑结构的抗风险性能。当前,随着支护技术的不断进步,边坡稳定性的提升不仅显著降低了坍塌的风险,还实现了高标准的建设目标。然而,在运用这些技术的过程中,仍需全面评估安全因素并熟练掌握核心施工技巧,以确保基坑支护能达到最优状态。

(一) 联合多种技术手段

研究显示,相比于一般基坑,深基坑的建设复杂度更高。在深基坑施工过程中,需要全面考量诸多要素,不仅包括邻近建筑结构及地下管线设施,还需对土壤特性及相应的排水措施进行评估。因此,仅依赖单一的施工方法往往无法确保理想的支撑效果。为了实现更有效的挖掘与支撑作业,应紧密结合实际施工条件,充分考虑周边环境的影响,并将安全性作为首要考量因素,同时以加快施工进度为宗旨,整合多种施工技术手段,确保这些技术能够得到高效且安全的应用,从而使深基坑施工符合规定的质量标准。

(二) 自然环境影响大

在岩土工程项目的施工过程中,进行基坑挖掘与支撑时,必须全面考量环境因素,其中气象条件尤为重要。特别是在大规模施工项目中,如果基坑深度显著,就必须考虑因气象因素引起的沉降可能性,并采取适当措施以防止过度流失地下水。此外,遭遇大雪或暴雨等极端天气状况时,这些情况极有可能对基坑内的土壤质量产生影响,破坏原有的土壤结构,进而削弱整体支撑

能力并增加施工风险。在这种情况下,最有效的策略是采用加固技术,科学地控制潜在的安全隐患。

(三) 风险大

深基坑施工技术属于一种以安全为首要考量的建筑方法,它具备一定的复杂性与细致性,施工过程中往往伴随着工序间的相互交织。因此在岩土工程领域,这种技术对施工的质量控制和安全监管提出了更高的要求与规范。目前,深基坑的支护技术已在众多岩土工程中得到了推广和运用。但由于其建造成本相对较高,相关参与方往往不愿意投入过多的资金,这在一定程度上对整个工程的安全性和质量标准产生了不利的影响。

(四) 地域性

在开展深基坑支护工程的建设阶段,必须针对项目所在地的具体环境状况进行详尽的施工调研,并妥善完成施工前的各项准备工作。我国幅员广大,南北方之间的地理及地质构造有着明显的不同,这些地质构造因素对于深基坑施工的安全和质量至关重要。鉴于此,在施工启动之前,应当指派专业人员深入工地进行地质构造的详细勘查与测量工作,根据实地地质构造的特点,采取恰当的深基坑支护技术。

二、岩土工程深基坑支护的常见问题

(一) 设计问题

在深基坑施工的支护作业中,若稳定性得不到妥善保障,便有可能出现支护结构位移或空间不敷使用的问题。这主要是由于设计者在设计阶段未能全面考虑支护的各项参数,缺乏详尽的数据支持,导致无法满足基坑施工过程中实际承受力的需求。部分设计者仅停留在理论探究层面,未能深入调研施工现场的具体状况,使得计算出的支护强度与现场实际受力状况不符,虽然在理论上看似理想,但实际挖掘时却因土体和岩层等因素的干扰而引发安全隐患,忽略了动力因素的作用。同时,有些施工项目在挡土墙与土层之间出现了土压力问题,设计者却仅仅关注了支护结构的横向土压力,未对地下土质和地下水的变动进行深入分析,这导致了深基坑支护结构在设计上频繁出现问题,进而影响了工程的顺利进行。

(二) 施工问题

在开展深基坑支护作业时,常常遭遇挖掘不到位或

超挖的问题。这些问题产生的原因，一方面源于操作人员在机械操作上管理不严，现场监督不够细致。另一方面，施工人员进行施工时，未严格按照技术规范操作。选用的挖掘技术不恰当，导致施工现场混乱不堪。比如，在土方开挖阶段，未能妥善处理支撑与开挖的协调，忽略了实施围护结构、墙根注浆、坑底加固等关键措施。另外，某些深基坑支护工程还需对地下室、停车场等部位进行施工，这些地方对基坑作业的标准更为严格。然而，施工人员在实际操作中，并未对墙体参数如中线定位、墙体角度设定、间距排布以及宽度制作等进行精确控制，或者在施工过程中，未能妥善掌握添加的膨润土、纯碱等外加剂的用量，这些因素使得泥浆质量难以达标，施工稳定性无法得到有效保障。

三、深基坑支护施工技术

（一）搅拌桩支护技术

搅拌桩支护技术借助软弱土层构建稳固的支撑体系，为深基坑工程提供可靠的保护。施工初期，依据地层特性的差异调整混凝土成分，采用重型机械将水泥及石灰等材料输送至指定地层并实施搅拌作业。当混合物充分拌合后，停止搅拌过程，伴随水分逐渐蒸发，搅拌区的结构强度得以显著增强，进而形成有效的支护结构。搅拌桩支护技术在深基坑工程中应用广泛，特别适用于软土地层的深基坑施工，其主要依靠桩体自重提供支撑力，不同的混合桩体积与质量会带来不同的支撑效果。此外，该技术还具备施工效率高的优势，仅需预先运用搅拌设备在施工区域进行地层搅拌处理，待搅拌完成后即可形成支护结构，无需额外挖掘地层，大幅减少了挖掘作业的时间消耗。搅拌桩技术常与锚杆支护技术联合使用，既能充分发挥搅拌桩的结构性优势，又能借助锚杆提高基坑的整体支撑强度，有效确保基坑环境的稳定与安全。搅拌桩支护技术的应用极大地提升了深基坑施工的安全性，能够有效应对传统支护技术难以解决的问题，在众多超高层建筑项目的基坑支护作业中，该技术的应用日益普及。

（二）钻孔灌注桩

随着城市化的快速推进，地下空间开发日益受到重视，挖掘作业是不可或缺的一环。在挖掘期间，必须严格遵守安全规程，确保施工人员的人身及财产安全。对于硬度较高的岩层，则需采取爆破方式进行挖掘。实施爆破时，应精确控制炸药用量、钻孔深度及爆破速率，并设置缓冲沟以减轻对周边环境的影响。水平支撑结构选用井字形钢柱与现浇桩相结合的形式，顶部采用厚达0.25m的钢筋混凝土支撑，底部则由3m长的桩柱支撑。该支撑方案能有效抵御地下水压，确保施工的安全与稳定。采用长螺栓灌注桩技术进行施工。在施工过程中，应关注防水问题，通过导管排除积水，并留意气象变化，以确保灌注桩的品质与效能。同时运用抗拔锚杆技术，确保施加足够的预应力并锁定锚杆，以此稳固支护结构。

（三）地下连续墙施工技术

在进行深基坑挖掘时，若挖掘深度超过10m，周边建筑物及地下设施将对基坑的沉降与位移提出更为严格的要求。为此，建筑企业可采用地下连续墙技术以确保基坑围护结构的稳固性。该技术以其优良的整体性能和较大的刚度而著称，能显著降低深基坑结构及其地基发生形变的可能性，进而保障围护结构的稳定。此外，地下连续墙技术在各类地质环境中均能施展其效用，无论是砂石土层还是风化岩层。通过运用这项技术，可以有效确保建筑结构的稳固性。

（四）土钉墙支护技术

在岩土工程支护施工领域，土钉墙支护占据着相当重要的位置。然而，在采用这一技术前，有必要对岩土工程所处的地质环境进行详尽的评估，以确认施工区域内的岩石及土壤种类是否适合使用土钉墙支护方案。一般而言，岩土工程的土质状况与土钉墙支护技术的实际效果呈正相关关系。从土钉墙支护技术的应用实践中看出，该技术拥有低成本、工期短及高度灵活性等特点，这使得它能够很好地匹配施工现场的具体条件，并为可能发生的施工调整预留了充足的余地。

（五）锚喷支护技术

在锚喷支护操作环节，为了增强支护效能，需要借助高压喷射手段，将预先调配的混凝土喷洒至岩层表面，以此来稳固工程根基。此过程中，应灵活运用锚杆，促使混凝土与锚杆紧密结合，从而实现有效加固。研究表明，锚喷支护技术能够有效提升岩土的黏结性能，对围岩实施加固处理，同时能够消除潜在的施工风险。

（六）排桩+内支撑+预应力锚杆支护

采用柱状阵列的形式来布置桩体结构，打造出完整的支撑体系，确保深层基坑的稳定性。这种排桩支撑方式具有高度的灵活性，能够依据施工现场的具体状况进行合理的布局，从而提升支撑的品质。至于排桩支撑所需的桩体数量和分布密度，可以根据关键区域的性能需求来进行科学的规划和挑选，以此来提高支撑的整体效能。

（七）三轴深搅技术的应用要点

三轴深层搅拌技术是建筑领域中广泛应用于的地基处理方法，该技术通过深入搅拌地基层次，有效提升地层的物理和力学特性。以下是在建筑基础施工中运用三轴深层搅拌技术时应关注的几个关键环节：①在开展三轴深层搅拌作业之前，必须对施工地点进行地质和现场详细勘查，掌握施工区的地层特征及地下水资源状况，以便制定出适宜的施工策略。②依据地层的具体情况和施工的具体需求，挑选恰当的三轴深层搅拌器械和施工工艺。三轴深层搅拌器械包括机械式搅拌头和液压力式搅拌头两类，需根据地层条件和施工需求进行挑选。③在施工过程中，要根据地层的特性和施工的具体要求，精确控制搅拌的深度和密度，确保达到预期的地层改良效果。

（八）组合支护技术组合

将多种深基坑支护手段融合运用，以实现同一基坑项目的综合加固作业。这种复合支护手段相较于单一技术有着明显的操作优势，各组成部分之间能够实现高效的性能互补，使得整体的支护成效更为显著。伴随着岩土工程基坑施工范围的持续拓展和施工深度的不断深入，此类复合加固方法的应用也日渐普及。特别是在面对施工环境复杂、地基条件不佳的基坑工程时，采用复合施工技术无疑是首选的加固方案。

四、深基坑支护技术在岩土工程基础施工中应用管理措施

（一）优化深基坑支护设计

应改进设计方案，并对施工及测量团队实施技术提升训练，确保勘查工作的精确性以获取准确的数据，从而支撑基坑支护方案的设计及其功能的完善。需全面分析所获数据，深入了解地质与水文条件，确保支护工程的质量。此外，还需加强施工组织管理、支护技术管理以及人员施工管理等各项工作，进一步提高支护技术的实际应用效能。

（二）科学选择支护结构

在深基坑支护作业中，确定恰当的支撑手段至关重要，以下是一些必备的关注点：①必须全面掌握项目的地质与地形特征，涵盖土壤类型、坑边稳固性、地下水资源等信息，这对于确定适宜的支撑手段至关重要。②在挑选支撑手段时，需全面权衡各类因素，包括土壤条件、坑边稳固度、地下水资源、坑边垂直位移以及周边建筑的影响等，以保障支撑手段的稳固与安全。③在确定支撑手段的过程中，应充分考虑支撑材料的选用，例如混凝土、钢质板桩、钢筋混凝土桩等，选择恰当的材料有助于确保支撑结构的稳固与安全。④根据实际状况，在挑选支撑手段时还应明确施工方法，这包括支撑结构的搭建顺序、施工方向以及支撑材料的施工技术。

（三）做好基坑的排水和防渗工作

于深基坑的支护作业而言，确保基坑排水通畅及防渗漏同样关键，以下列出几点施工中需留意的要点。首要之策，构筑一套科学合理的排水体系，涵盖雨水的导排和泥浆的清除等多个环节。这要求依据基坑的具体深度及周遭环境来定制相应的排水计划。其次，实施切实可行的防渗策略，例如应用专业的防渗材料、提升土壤的密实性、增强支护结构的封闭性能等。最后，在施工的各个阶段，需定期对排水系统和防渗措施的效能和完整性进行检查，以便及时发现问题并进行处理。

（四）基于 BIM 技术的安全管理

借助于建筑信息模型（BIM）的先进技术，对深基坑的支撑安全进行管理，这为工程项目的执行带来了更为先进、精确和直观的管理方法。该技术能够对深基坑实施立体模拟，涵盖地质状况、支撑架构以及建设流程等多个方面。借助这一模拟过程，能够预先识别出可能存在的安全隐患，进而对设计方案和施工计划进

行优化调整。利用BIM技术，能够对深层基坑的建设进度进行动态监控，这包括土方挖掘、支撑体系的构建、地下水控制等各个环节。通过部署传感器及数据搜集系统，搜集施工过程中的即时数据，并将这些数据与BIM模型进行对照分析，以便及时识别施工中的偏误和潜在的安全隐患。此外，BIM技术在安全教育和演练中也发挥着重要作用，它通过虚拟现实技术重现深层基坑施工的场景，使得施工人员和管理人员能够更深入地了解施工步骤和安全操作规范。

（五）深基坑降水、变形监测

为确保基坑支护的有效性，开展基坑降水和形变监测工作是极其重要的。在支护结构的周边布置水位观测井以监控水位变化，同时在基坑周边均匀布置四口水位观测井，并每日指派专人负责观测和记录数据。在降水阶段，需对周边建筑物和道路进行沉降监测；在基坑正式挖掘前，要完成一次基础观测记录。在挖掘过程中，每两天进行一次形变观测记录。若遭遇强降雨或基坑出现形变，需立即记录，并与先前数据对照，以便及时发现问题并进行处理，防止支护结构的损坏对邻近建筑和道路产生不利影响。基坑形变监测涉及支护结构的水平和垂直位移监测以及锚索轴力的截面监测，其中冠梁位置设定了基坑顶部水平和垂直位移监测点。通过对监测数据的分析比较，能够评估基坑支护结构的成效，确保建筑施工的安全性。深基坑施工是项目中事故易发的环节，一旦出现事故，不仅会对施工人员造成威胁，还会对周边人员和建筑带来严重的影响。因此，必须严格执行基坑监测工作，一旦发现问题要及时进行检查和加固处理。

综上所述，在实施基坑支护工程时，采取精准有效的施工策略，不仅有助于保障工程的安全性，同时也能显著提升施工的效率与品质。技术人员需对各类支护技术的工作机理及其适用场景进行深入研究，进而结合具体工程需求，挑选出最合适的支护策略。周密的设计与施工管理能够有效应对深基坑支护过程中遇到的技术挑战，确保工程的稳固与安全。技术人员亦对施工期间的监控与调整进行了细致的研究，以便及时识别并处理施工中出现的问题，保障支护结构的稳固与完整。另外，对环境保护和资源的高效运用也给予了高度重视。在施工过程中，采取多种环保措施以减轻对周围环境的干扰，并且最大化地利用了现有资源，减少了工程成本和能源消耗，推动了岩土工程领域基础建设的进步。

参考文献

- [1] 杨伟波, 吴亚争, 谭丽清. 岩土工程基础施工中深基坑支护技术的应用探析[J]. 建材发展导向, 2024, 22(11): 105-107.
- [2] 曹文旭. 岩土工程基础施工中深基坑支护技术的应用[J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(01): 56-58+74.
- [3] 杨春山. 深基坑支护技术在岩土工程施工中的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2024, (01): 64-66.