

深基坑支护结构的优化设计

李莉莉

中石化石油工程设计有限公司 山东 东营 257000

摘要：深基坑支护结构的优化设计至关重要，本文综述了深基坑支护结构的类型及特点，包括排桩支护、地下连续墙、土钉墙和锚杆支护等，并探讨了支护结构优化设计的目标、原则、流程与方法。通过分析支护结构的稳定性、经济性和环境友好性，本文旨在为深基坑支护结构的优化设计提供科学指导，确保支护结构安全可靠、经济合理且对周边环境影响小。

关键词：深基坑；支护结构；优化设计

引言

深基坑支护结构是保障基坑工程安全和周边环境稳定的关键，不同类型的支护结构各具特点，适用于不同的地质和工程条件。优化设计对于提高支护结构的安全性和经济性至关重要。本文旨在探讨深基坑支护结构的类型、优化设计目标、原则及流程与方法，为实际工程提供理论支持和实践指导。

1 深基坑支护结构类型及特点

1.1 排桩支护

排桩支护作为深基坑支护的常见类型，是将钢筋混凝土桩依照特定间距有序排列，由此构成桩墙结构，主要功能在于有效抵御土体侧压力。常见的排桩类型包含钻孔灌注桩、挖孔灌注桩等。钻孔灌注桩施工时，利用钻孔设备在地基中钻出桩孔，然后放置钢筋笼并灌注混凝土，该方式对周围土体扰动较小；挖孔灌注桩则通过人工挖掘成孔，施工过程中能直接观察土层情况。排桩支护的显著特点是施工方便，在各类地质条件下均可实施，无论是软土地层还是岩石地层，都能展现良好的适应性，并且适用于不同深度的基坑工程。在地下水丰富地区，因排桩自身止水性能有限，为防止地下水渗漏对基坑造成影响，需结合止水帷幕使用，如常见的水泥土搅拌桩止水帷幕，从而确保基坑施工安全。

1.2 地下连续墙

地下连续墙的施工需在泥浆护壁的条件下开展，借助专用的成槽设备，沿着基坑周边挖掘出具备特定宽度与深度的沟槽，待沟槽成型后，将预先制作好的钢筋笼吊放入槽，最后浇筑混凝土，进而形成一道连续的地下墙体。此支护结构具有诸多优点，其刚度大，能够承受较大的土体侧压力，有效限制基坑变形；而且止水效果极佳，可形成封闭的止水体系，阻止地下水渗入基坑；并且对周边环境影响小，施工过程中产生的振动、噪声

相对较小，对周围建筑物和地下管线的影响可控，较适用于对变形控制要求较高的深基坑工程。不过它的施工成本较高，不仅设备投入大，而且泥浆制备、处理以及钢筋笼制作安装等环节都需要较高费用；施工工艺也较为复杂，对施工队伍的技术水平要求严格，任何环节出现问题都可能影响墙体质量。

1.3 土钉墙

土钉墙的工作原理是在土体内设置土钉，通过土钉与土体之间的相互作用，使土体与土钉形成一个共同受力的整体，以此提高土体的稳定性。在施工过程中，先开挖基坑土方，然后在坡面成孔，置入土钉并注浆，最后喷射混凝土面层，这种支护方式施工简便，不需要大型复杂的施工设备，施工速度较快，能够有效缩短工期，而且成本相对较低，土钉材料和施工费用相对较少，适用于地下水位较低、土质较好的基坑工程。但土钉墙对土体的自稳能力有一定要求，若土体自稳性差，如流沙层、淤泥层等，土钉墙难以发挥有效作用，并且基坑深度不宜过大，一般适用于较浅基坑，当基坑深度超过一定范围，土体侧压力过大，土钉墙的稳定性会受到威胁。

1.4 锚杆支护

锚杆支护是深基坑支护的重要形式之一，它将锚杆的一端牢固地固定在土体内部，另一端与支护结构如排桩、地下连续墙等相连，主要依靠锚杆所产生的拉力来抵抗土体侧压力。在施工时，先在支护结构上预留锚杆孔，然后将锚杆按设计角度和深度打入土体，通过对锚杆施加预应力，使土体与支护结构紧密结合。锚杆支护的突出优点是可有效控制基坑变形，通过合理设计锚杆的间距、长度和预应力大小，能够为支护结构提供可靠的侧向支撑力，确保基坑在开挖和使用过程中的稳定性，适用于较深的基坑工程。施工过程中需要特别注意

锚杆的抗拔力，这取决于土体的性质、锚杆的长度、直径以及注浆质量等因素，若抗拔力不足，锚杆可能失效，导致基坑事故，还需关注对周边环境的影响，锚杆施工可能对周围地下管线造成破坏，或因土体应力变化影响附近建筑物基础。

2 深基坑支护结构优化设计的目标与原则

2.1 优化设计目标

第一，安全性，基坑工程关乎整个项目的施工安全以及周边环境的稳定，在整个施工阶段乃至后续使用期间，必须确保基坑的稳定性，使其结构强度能够承受土体压力、地下水压力等各种外力作用，严格控制变形在允许范围内，避免因过大变形导致支护结构破坏或影响周边设施，同时要保证基坑具备足够的抗倾覆、抗滑移等稳定性，切实保障周边建筑物、地下管线等设施的安全，防止因基坑问题引发周边建筑沉降、开裂，或地下管线破裂等严重后果。第二，经济性，在保证基坑安全可靠的大前提下，通过科学合理地选择支护结构类型，充分考量不同地质条件、基坑深度和周边环境下各种支护方式的适用性与成本效益，同时对设计参数进行精准优化，避免过度保守设计造成浪费，从而有效降低工程成本，提高项目的经济效益，以合理的投入实现基坑安全与经济的平衡，为项目创造更大价值。第三，环境友好性，随着环保意识的增强，深基坑施工过程中对周边环境的影响备受关注，优化设计应致力于尽量减少施工过程中产生的噪声，避免对周边居民正常生活造成干扰；降低振动幅度，防止对周边建筑物基础产生不良影响；妥善处理泥浆排放，避免污染土壤和水体，切实保护周边生态环境，实现基坑工程与周边环境的和谐共生^[1]。

2.2 优化设计原则

在深基坑支护方案的设计过程中，优化设计原则起着举足轻重的作用，它涵盖了因地制宜、动态设计及综合考虑三个核心要素，确保支护结构的安全可靠性、经济合理性和工程进度及质量的满足。因地制宜原则要求支护设计紧密结合基坑的具体条件，包括地质条件、周边环境和工程规模，在软土地层中要选择刚度较大的支护结构来增强土体稳定性，而在岩石地层中，则可采用锚杆等锚固类支护，形成稳定的支护体系，同时若基坑临近既有建筑物或地下管线密集，需采用对周边影响小的支护方式，并严格控制变形，对于大型基坑需要采用更复杂的支护体系以满足稳定性要求。动态设计原则强调在施工过程中，依据现场监测数据实时调整支护设计，通过监测支护结构位移、应力及周边建筑物沉降等信息，及时发现并解决可能出现的问题，确保支护结构

的合理性和安全性。综合考虑原则注重全面考量支护结构涉及的施工难度、工期和成本等多个方面，选择易于施工的方案以降低难度和风险，合理安排施工顺序和时间以避免延误后续工程，同时在满足安全和功能要求的前提下优化设计以降低成本，实现工程效益的最大化，所以在深基坑支护方案的设计过程中，必须综合考虑这三个原则，制定出最优的支护方案。

3 深基坑支护结构优化设计流程与方法

3.1 工程地质勘察与周边环境调查

工程地质勘察与周边环境调查是深基坑支护结构设计的关键基础工作。工程地质勘察通过地质钻探、原位试验、室内试验等环节，详细查明基坑范围内地层分布、岩土物理力学性质、地下水位等地质条件，为支护结构设计提供重要依据，关系到支护结构选择、参数设定及施工方法确定。其中，地质钻探能直观了解地层和岩土特征，原位试验测定岩土力学参数，室内试验进一步分析岩土样品。周边环境调查同样不可或缺，通过现场踏勘、资料收集、结构检测等环节，调查基坑周边建筑物、地下管线、道路等设施的分布、结构形式及使用状况，评估基坑施工对周边环境的影响。现场踏勘了解实际情况，资料收集获取全面环境信息，结构检测评估周边建筑物和地下管线安全性。完成勘察与调查后，对地质和环境信息综合分析评估，包括建立地质模型、进行环境风险评估并制定支护结构初步方案。之后对初步方案进行优选和比选，从支护结构稳定性分析、经济性评估和施工可行性分析三方面着手，过程中可能多次迭代优化支护方案，如进行参数调整、结构优化和施工工艺改进。最终确定最优支护方案，该方案需满足安全可靠、经济及施工可行要求^[2]。确定方案后编制详细施工图纸和方案，包括构造图、材料表、工艺流程图等，同时制定施工监测方案。施工过程中对支护结构实时监测动态调整，监测位移、应力、变形等参数，发现异常及时分析原因并调整。施工完成后对支护结构验收评估，涵盖质量检查、安全评估和功能验证，确保符合设计及使用要求。

3.2 初步设计方案制定

在深基坑支护结构设计的关键阶段，初步设计方案的制定发挥着承上启下的关键作用，它既是对工程地质勘察和周边环境调查结果的直接运用，又是后续详细设计与施工实施的基石。制定初步设计方案时，支护结构类型的选择与设计参数的确定是两大核心环节。支护结构类型的选择需综合考量众多因素，一是要基于工程地质勘察结果，深入了解基坑范围内地层分布、岩土物

理力学性质及地下水位等地质条件,因其直接决定支护结构所承受的压力、变形等力学特性,进而影响类型选择;而硬土地区土层性质较好,可选择土钉墙或重力式挡土墙等相对简单的结构。二是周边环境调查结果,基坑周边建筑物、地下管线、道路等设施的分布、结构形式及使用状况,均会影响支护结构的选择,比如周边有重要建筑物或地下管线时,为减少对周边环境的扰动,应选择静力压桩或锚杆支护等对周边影响小的结构。三是基坑深度与工程规模,基坑深度越大,支护结构承受的压力和变形越大,对其刚度与承载能力要求越高;工程规模则决定支护结构的复杂程度与施工难度,影响类型选择。初步选定支护结构类型后,便要确定主要设计参数,这些参数直接关乎支护结构的承载能力与稳定性,它的确定要遵循相关规范与经验,并结合具体工程实际综合考虑,桩径和桩长要依据基坑深度、土层力学性质及支护结构承载能力要求确定,土钉间距和锚杆长度的确定要考虑土层抗剪强度、支护结构整体稳定性及施工可操作性等因素。四是确定设计参数时需要进行必要的计算和验算,可运用有限元分析、极限平衡分析等方法对支护结构的稳定性和承载能力进行计算与验算,确保满足安全要求,且要兼顾支护结构的经济性,通过对比不同支护方案的成本与效益,选出最优方案。

3.3 数值模拟分析

在深基坑支护结构设计的深化阶段,数值模拟分析作为一种高效且准确的预测手段,对评估不同支护方案的可行性与安全性起着至关重要的作用,它主要包括建立模型和模拟计算这两个关键环节。首先,建立模型是数值模拟分析的基础,借助先进的如有限元等数值模拟软件,依据工程实际情况构建基坑与支护结构的三维模型,该模型需尽可能真实地还原现场状况,不仅要包含基坑的形状、尺寸、深度,以及支护结构的类型、尺寸、位置等,还要考虑土体的物理力学性质,像密度、

弹性模量、泊松比、抗剪强度等,以及支护结构的材料属性,尤其在构建模型时,要特别留意土体与支护结构之间的接触关系,以保证模拟结果能够真实反映实际情况。完成模型建立后便进入模拟计算阶段,在此阶段,针对不同的支护设计方案展开模拟计算,进而分析支护结构的内力、变形以及基坑周边土体的位移等情况。变形分析重点关注支护结构和基坑周边土体的位移,通过对比不同方案的位移量来评估支护结构的刚度和稳定性,关注基坑周边土体的位移,确保支护结构施工不会对周边环境造成过大影响。在模拟计算过程中,还需对计算结果进行细致分析与评估,一方面要对比不同支护方案的计算结果,从支护结构的承载能力、稳定性、经济性等多个方面综合考量,找出最优设计方案;另一方面要将模拟结果与工程实际情况相对比,验证模型的准确性与可靠性,若发现模拟结果与实际情况偏差较大,就需对模型进行修正和优化,以提升模拟的准确性^[3]。

结语

综上所述,深基坑支护结构的优化设计是一个复杂而系统的过程,通过科学合理地选择支护结构类型、确定设计参数,并进行数值模拟分析和现场监测,可以确保支护结构的安全可靠和经济合理。随着技术的不断进步和工程实践的深入,深基坑支护结构的优化设计将更加完善,为基坑工程的安全和周边环境的保护提供更加有力的保障。

参考文献

- [1]叶永,刘杨,谢旋.深基坑开挖中支护结构参数优化设计[J].三峡大学学报(自然科学版),2023,45(3):14-19.
- [2]林浩.深基坑内支撑支护结构变形规律与优化设计研究[J].砖瓦,2024(4):71-73.
- [3]徐建军.基于平面应变比的深基坑工程支护结构优化设计研究[J].建筑技术开发,2024,51(6):149-151.