

水利工程深基坑支护方案的选择

孟祥专 张石祥 程 赛

江苏省水利工程建设有限公司 江苏 扬州 225000

摘要：水利工程深基坑支护方案选择至关重要，需遵循安全可靠、技术可行、经济合理原则。其受工程地质与水文地质、基坑自身特征、周边环境等关键因素影响。常见支护体系有排桩、地下连续墙、土钉墙与锚杆支护等，各有技术特点。支护方案选择流程包括初步筛选与可行性分析、技术经济比选、多目标综合决策，以选出最优方案。

关键词：水利工程；深基坑支护；方案选择

引言：在水利工程建设中，深基坑支护方案的选择至关重要，关乎工程整体安全、进度与成本控制。其选择需遵循安全可靠、技术可行、经济合理等核心原则，同时受工程地质与水文地质条件、基坑自身特征、周边环境等关键因素影响。常见的支护体系有排桩支护结构、地下连续墙、土钉墙与锚杆支护等，各有其技术特点。为选出最优方案，需遵循综合选择流程，开展科学合理决策。

1 深基坑支护方案选择的核心原则

在水利工程建设中，深基坑支护方案的选择是一项至关重要的工作，其直接关系到工程的整体安全、施工进度以及成本控制。一般来说，水利工程深基坑支护方案的选择需严格遵循三个核心原则。（1）安全可靠原则是深基坑支护方案选择的首要考量。水利工程深基坑施工环境复杂，周边可能存在重要的建筑物、地下管线等，一旦支护结构出现问题，不仅会导致基坑本身的坍塌，还可能对周边环境造成严重破坏，引发重大安全事故。因此，所选择的支护结构必须具备足够的强度，能够承受土压力、水压力等外力作用；要有良好的刚度，在受力过程中变形控制在允许范围内；同时要保证稳定性，防止发生倾覆、滑移等失稳现象。通过精确的力学计算和稳定性分析，确保支护结构在施工期间及使用过程中，能有效控制土体变形，为基坑及周边环境提供绝对的安全保障。（2）技术可行性原则要求方案与场地的工程地质、水文地质条件高度匹配。不同的地质条件对支护结构的要求差异很大，例如，在软土地区，土体的承载力低、变形大，需要采用能够提供较大支撑力且能有效控制变形的支护形式；而在岩石地层中，则可以考虑相对简单的支护方式。此外，方案还需考虑现有的技术手段和施工能力，确保所选方案在技术上能够得以实现。如果方案过于复杂，超出了当前的技术水平和施工能力，不仅会增加施工难度，还可能影响工程质量和进

度。（3）经济合理性原则强调在满足安全与技术要求的前提下，追求方案综合成本的最优。这包括材料成本、施工成本、工期成本以及环境补偿成本等全周期成本。在选择支护方案时，要对不同方案进行全面的经济分析和比较，综合考虑各种因素，选择性价比最高的方案。不能仅仅为了追求安全或技术上的先进性，而忽视成本因素，导致工程投资过大。通过合理的方案选择，实现水利工程的经济效益和社会效益的最大化^[1]。

2 影响支护方案选择的关键因素

2.1 工程地质与水文地质条件

工程地质与水文地质条件是影响水利工程深基坑支护方案选择的根本性因素，土层性质、分布、力学参数以及地下水位高低、渗透性等，均在不同程度上左右着支护结构类型、入土深度及降水方案的确定。（1）土层性质涵盖了土的颗粒组成、密实度、压缩性等多个方面。不同性质的土层，其承载能力和变形特性差异显著。例如，砂土颗粒较大、排列疏松，具有较高的渗透性，但承载力相对较低且易发生液化；而黏土颗粒细小、孔隙比大，透水性差，但具有一定的黏聚力和可塑性。土层的分布情况同样不容忽视，若基坑范围内存在多层不同性质的土层，支护结构需适应各土层的特性，确保整体稳定性。力学参数如内摩擦角、黏聚力等，是进行支护结构力学计算的重要依据，直接影响支护结构的强度和稳定性设计。（2）地下水位的高低和渗透性对支护方案的影响也十分关键。在地下水位较高的地区，支护结构需承受较大的水压力，若处理不当，易引发基坑涌水、流砂等问题。对于承压水头高的地区，还需特别关注突涌风险，防止因水压力过大导致基坑底部土体隆起破坏。此外，地下水的渗透性会影响降水方案的选择，渗透性强的土层可采用明排或井点降水等方式；而渗透性差的土层，则需考虑采用深井降水等更有效的措施。因此，在制定支护方案前，必须对工程地质与水文

地质条件进行详细勘察和分析,为方案选择提供准确可靠的基础数据^[2]。

2.2 基坑工程自身特征

基坑工程自身特征,尤其是开挖深度、平面尺寸与形状,是决定支护方案的关键因素,对支护结构的设计和施工有着决定性影响。(1)基坑的开挖深度是影响支护结构刚度和嵌固深度的主要因素。随着开挖深度的增加,土体侧压力增大,对支护结构的强度和稳定性要求也相应提高。一般来说,开挖深度越大,支护结构需要具备更高的刚度,以有效抵抗土体变形;同时,嵌固深度也需增加,确保支护结构与土体之间有足够的锚固力,防止发生倾覆或滑移。(2)基坑的平面尺寸和形状则直接影响支撑体系的布置形式。对于平面尺寸较大的基坑,若采用单一支撑形式,可能导致支撑间距过大,无法有效控制土体变形。因此,常采用对撑、角撑或环形支撑等多种支撑形式相结合的方式,以增强支撑体系的整体稳定性。而基坑的形状也会对支撑布置产生影响,例如,不规则形状的基坑需要更加灵活的支撑布置方案,以适应不同部位的受力要求。在制定支护方案时,需充分考虑基坑的自身特征,合理选择支撑体系和支护结构形式,确保基坑施工的安全和稳定。

2.3 周边环境条件

周边环境条件是水利工程深基坑支护方案选择中不可忽视的重要因素,基坑邻近的建筑物、道路、地下管线及河道等的距离、重要性及对变形敏感度,直接决定了变形控制等级和支护形式的选择。(1)在基坑周边存在重要建筑物或对变形敏感的设施时,必须严格控制基坑施工引起的变形,选择刚度大、变形小的支护体系。例如,对于邻近高层建筑的基坑,若支护结构变形过大,可能导致建筑物倾斜、开裂等严重后果。因此,需采用地下连续墙、排桩支护等刚度较大的支护形式,并设置有效的支撑体系,以减小基坑变形对周边建筑物的影响。(2)周边道路和地下管线的安全也需重点考虑。若基坑施工导致道路沉降或地下管线破裂,将影响交通正常运行和居民生活。对于距离基坑较近的道路和地下管线,需采取相应的保护措施,如加强支护结构的监测、设置隔离桩等。同时,在支护方案选择时,需综合考虑周边环境的复杂性,制定针对性的变形控制措施,确保基坑施工不对周边环境造成不良影响。

3 主要支护体系及其技术特点

3.1 排桩支护结构

排桩支护结构是水利工程深基坑支护中广泛应用的一类形式,涵盖钻孔灌注桩、SMW工法桩等多种具体类

型。其发挥作用的关键在于桩体嵌入坑底以下特定深度的土体,凭借桩身与周围土体的相互作用力来提供支挡效果。(1)排桩支护结构具备诸多突出优势。其刚度表现优异,在承受基坑外侧土体传递而来的侧压力时,能够维持良好的结构形态,有效抵御变形。这种强大的变形控制能力,使其成为深大基坑工程以及周边环境敏感区域的理想选择。在深大基坑中,土体压力巨大,对支护结构的强度和稳定性要求极高,排桩支护结构可凭借自身刚度确保基坑安全;而在周边环境敏感区域,如邻近重要建筑物、地下管线等,对基坑变形有着严格限制,排桩支护结构能有效控制变形,避免对周边环境造成损害。(2)在实际工程应用中,排桩支护结构常与内支撑或锚索组合使用。内支撑系统通过在基坑内部合理布置水平或斜向支撑,将排桩连接成一个有机的整体,显著增强支护结构的整体刚度和稳定性;锚索则借助其强大的拉力,将排桩与基坑外侧稳定的土体相连,为排桩提供额外的锚固力,进一步提升其抗倾覆和抗滑移能力,共同形成强大的挡土体系^[3]。

3.2 地下连续墙

地下连续墙在水利工程深基坑支护领域展现出独特的技术优势。(1)它具有整体性良好的特性,在施工过程中,通过专业的成槽设备在地下挖掘出连续的深槽,随后在槽内浇筑混凝土,形成一道连续、无缝的地下墙体。这种整体性结构使得地下连续墙在承受复杂荷载时,应力分布均匀,不会出现局部应力集中导致的破坏。(2)地下连续墙刚度极大,能够承受巨大的土体压力和水压力,为基坑提供可靠的支挡。同时,其防渗性能卓越,墙体混凝土的高密实性有效阻止地下水的渗透,保障基坑施工环境的干燥与稳定。此外,地下连续墙具有多功能性,既可作为临时挡土结构,满足基坑施工期间的支护需求,又可作为永久结构的一部分,如地下厂房的外墙、水闸的底板等,减少后续工程的施工工序和成本。它特别适用于超深基坑、紧邻重要建(构)筑物或地层中存在深厚软土及承压水的情况,能有效应对复杂地质条件和严苛的工程要求。

3.3 土钉墙与锚杆支护

土钉墙与锚杆支护属于土体加筋技术范畴,其核心原理是在原位土体中设置密集的土钉或锚杆,通过土钉或锚杆与土体之间的摩擦力和粘结力,将土体与加固构件紧密结合,形成一个增强的复合土体,从而提高原位土体的稳定性。该支护体系具有显著的施工优势,施工速度快,土钉或锚杆的施工工艺相对简单,不需要复杂的机械设备和大量的模板工程,能够快速形成支护结

构, 缩短施工周期。同时, 其成本相对较低, 材料消耗和施工费用较为节省。然而, 土钉墙与锚杆支护体系也存在一定局限性, 其变形相对较大, 在承受土体压力时, 土体与土钉或锚杆之间会产生一定的变形协调过程, 导致基坑边坡出现一定程度的位移。因此, 该体系通常适用于开挖深度不大、周边空旷且对变形不敏感的中等以上强度地层, 在这些条件下能充分发挥其经济性和施工便利性的优势。

4 支护方案的综合选择流程

4.1 初步筛选与可行性分析

在支护方案选择初始阶段, 需精准聚焦基坑深度、地质条件与环境限制这些核心约束要素。基坑深度决定了支护结构需承受的土压力大小与分布, 不同深度对支护体系强度、刚度要求不同; 地质条件涵盖土层性质、地下水状况等, 影响支护施工难度与效果; 环境限制涉及周边建筑物、地下管线分布及安全距离等, 关乎支护变形控制标准。基于此, 从专业技术层面严格审查各类支护方案, 排除明显无法满足工程实际需求的方案, 如深厚软土中不适用的简易土钉墙等, 初步确定 2 - 3 种具备可行性的备选支护方案^[4]。

4.2 技术经济比选

在确定备选支护方案后, 需开展全面且细致的详细设计计算工作。(1) 针对安全性, 运用精确的力学模型与数值分析方法, 评估各方案在基坑开挖、使用及极端工况下, 支护结构的承载能力、稳定性以及抗倾覆、抗滑移等性能, 确保其能保障工程安全。对于变形控制效果, 通过模拟分析预测基坑周边土体及支护结构的位移情况, 使其满足周边环境对变形的严格要求。(2) 精确核算施工工期, 考虑各工序的衔接与施工效率; 详细统计材料用量, 明确所需各类支护材料的规格与数量; 准确计算直接工程造价, 涵盖材料采购、设备租赁、人工费用等各项成本。最终, 从安全性、变形控制、工期、材料用量及造价等多方面, 对备选方案进行综合技术经济对比, 为方案选择提供科学依据。

4.3 多目标综合决策

在完成技术经济比选后, 为更科学地确定最优支护方案, 需引入多目标决策方法, 层次分析法便是常用且有效的一种。该方法先对安全性、经济性、工期、环境影响、施工风险等关键指标进行精准量化处理, 依据工程实际需求与专业经验, 为各指标赋予合理权重, 以体现其在决策中的重要程度。例如, 在周边环境敏感区域, 环境影响指标权重可适当提高。随后, 依据量化指标与权重, 对各备选方案进行全面综合评价, 通过计算得出每个方案的综合得分。最终, 依据得分高低, 从备选方案中遴选出能够最大程度满足工程多方面需求的最优支护方案^[5]。

结束语

水利工程深基坑支护方案的选择是一项系统且复杂的工作, 需严格遵循安全可靠、技术可行、经济合理的核心原则。工程地质与水文地质、基坑自身特征及周边环境等关键因素, 均对方案选择产生深远影响。主要支护体系各具特点, 适用不同工况。在方案选择流程中, 通过初步筛选、技术经济比选及多目标综合决策等步骤, 层层筛选与评估。只有全面考量各项因素, 科学运用选择方法, 才能遴选出最优支护方案, 保障工程安全、进度与成本可控, 实现水利工程综合效益的最大化。

参考文献

- [1] 毕仁芬. 基坑支护在水利工程中的应用[J]. 河南水利与南水北调, 2024, 53(02): 37-38.
- [2] 杨正平. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 石材, 2023, (12): 90-92.
- [3] 黎国芬. 水利工程中深基坑支护技术研究[J]. 水上安全, 2023, (13): 185-187.
- [4] 谭广湘. 深基坑支护技术在水利工程中的应用[J]. 石材, 2023, (11): 124-126.
- [5] 卜祥禹. 水利工程施工中深基坑施工技术的运用研究[J]. 中华建设, 2020, (04): 104-10.