

水利工程施工组织设计中的基坑支护与开挖设计

张 强

湖北山河技术咨询有限公司 湖北武汉 430200

摘 要：本文针对水利工程施工组织设计中的基坑支护与开挖开展系统研究，旨在提出科学合理的设计方法与技术要点。通过理论分析与工程实践相结合的方法，明确支护结构选型、内力计算及稳定性验算的关键内容，并阐述开挖顺序、降水措施与质量监控的具体要求。研究结果表明，支护与开挖需协同优化，依托地质勘察资料与信息化施工技术，实现安全、经济与环保的统一，为类似工程提供参考依据。

关键词：水利工程；施工组织设计；基坑支护；开挖设计

基坑支护与开挖是水利工程施工组织设计的核心环节，直接影响工程安全、质量与进度。随着工程建设规模扩大与地质条件复杂化，其技术难度与风险日益突出。本文基于实际工程需求，系统分析支护类型、设计原则及开挖要点，旨在提升基坑工程的科学管理水平，为高效施工提供理论支撑与实践指导。

一、基坑支护设计概述

1. 基坑支护的目的与重要性

水利工程施工组织设计涵盖基坑支护与开挖设计的关键环节。基坑支护设计主要应对开挖引发的侧向土压力，防止土体坍塌或滑坡。水利工程基坑常处于复杂水文地质环境，地下水增加了支护难度。不当支护可能引起基坑过度变形，影响主体结构施工精度，甚至导致周边地面沉降，危及邻近建筑物与地下管线安全。因此，科学合理的支护设计是保障工程顺利实施的基础。

2. 常见基坑支护类型及其特点

①排桩支护

常用基坑支护形式包括排桩支护、土钉墙支护及地下连续墙支护等。排桩支护由一系列钢筋混凝土桩排列组成，具备适应不同基坑形态与尺寸的优点。通过调整



图1 排桩支护

桩径、间距及长度，可有效控制基坑变形。桩顶常设冠梁，桩间设腰梁，以提升整体刚度。针对软弱土层，可采取加密桩距或增大桩径的措施。若存在承压水，可在桩身预留泄水孔以降低水压影响。

②土钉墙支护

土钉墙支护借助密集土钉群加固坑壁，土钉采用高强度钢材，以特定间距与倾角打入土体，并与喷射混凝土面层协同工作。该方式施工便捷、成本较低，适用于地质条件良好、开挖深度较小的基坑。土钉通过与土体的摩擦与粘结作用限制土体位移，喷射混凝土面层能封闭坡面，增强土体整体稳定性。



图2 土钉墙支护

③地下连续墙支护

地下连续墙支护结构刚度大、止水性能好，适用性强。该工艺通过槽段挖掘、钢筋笼吊装及混凝土浇筑形成连续墙体。它既可作为独立支护结构，也可与其他形式组合使用。连续墙厚度较大，能承受较高侧向土压力与水压力，尤其适用于深基坑及复杂地质条件。



图3 地下连续墙支护

二、基坑支护详细设计要点

1. 地质勘查资料的应用

水利工程施工组织设计涵盖基坑支护与开挖方案，基坑支护详细设计需要综合考虑多方面因素，地质勘查资料构成支护设计的基础依据。详细地质报告提供地层结构及岩土性质等关键信息，地下水位数据对支护方案选择具有重要影响。设计师应全面掌握各土层的物理力学参数，土体重度、内摩擦角和黏聚力等指标尤为关键，不同类型地下水的动态变化也需纳入分析。可能存在的地质风险必须提前识别，流沙层或软弱夹层需采取针对性措施，富水地层应重点考虑止水结构的设计，松散砂土层要防范土体流失引发塌陷。

2. 支护结构内力计算与分析

支护结构内力计算关乎整体安全性，不同支护形式适用相应力学模型，排桩支护可简化为弹性地基梁分析。土体弹性抗力采用文克尔地基模型模拟，桩身弯矩及剪力的分布需准确计算，土压力随深度增加呈现规律性变化，支撑或锚杆位置影响结构受力状态。预加力大小直接关系支护效果，土钉墙需验算土钉抗拉与抗剪能力，喷射混凝土面层强度应满足应力要求，精确计算为截面设计提供可靠依据。

3. 支护结构稳定性验算

支护结构的稳定性验算需从整体与局部两个维度系统开展。整体稳定性分析主要针对基坑周边土体可能发生的滑动失稳，常用的分析方法包括瑞典圆弧法、毕肖普法等基于极限平衡理论的条分法，通过计算最危险滑动面的安全系数，判断其是否满足规范规定的安全阈值。局部稳定性则关注支护结构本身的细部性能，如排桩支护需验算桩间土体的土拱效应是否能够有效形成并保持稳定，土钉墙需确保土钉长度与间距可控制潜在滑裂面的发展，防止渐进性破坏。各项验算均需符合现行规范要求，从而在理论和计算层面保障支护结构的安全可靠。

4. 特殊地质条件下的支护对策

特殊地质条件对基坑支护设计提出更高要求，必须采取具有针对性的处理措施。在岩溶发育地区，存在因溶洞、土洞导致的突然塌陷风险，支护设计需结合物探成果对空洞进行压力灌浆填充，必要时采用注浆加固与桩基相结合的处理方式，增强基底稳定性。对于膨胀土地层，因其遇水体积显著膨胀、失水收缩的特性，需在支护结构背后设置隔水层以阻断水分迁移路径，并采用刚度较大的支护形式抵抗胀缩应力，防止因反复胀缩引起支护体系失效。不同地质问题成因复杂、表现多样，设计应因地制宜、综合治理，通过专项技术措施确保基坑工程安全顺利实施^[1]。

三、基坑开挖设计要点

1. 开挖方案的选择依据

水利工程施工组织设计涵盖基坑支护与开挖等多个关键环节。基坑开挖设计需综合考虑多方面条件，以保证工程安全与质量。开挖方案的选择依据包括基坑规模与形状、地质条件及周边环境限制。基坑规模较大或形状不规则时，应细致规划开挖顺序与工艺。不同土质直接影响开挖难度与方式，软土地区需缓慢分层开挖，岩层区域可采取爆破方式。周边存在建筑物、道路或管线时，须严格控制开挖引起的振动与位移，避免对既有结构造成损害。综合权衡各类因素后，方可确定适合的开挖方式，常见做法包括无支撑开挖、有支撑开挖、岛式开挖及盆式开挖等。

2. 开挖顺序与分层厚度确定

确定开挖顺序与分层厚度是维持基坑稳定的关键环节，一般应遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的施工原则。开挖需自上而下逐层推进，每层厚度需合理控制，以防止土体过度扰动与变形。具体厚度应结合土层性质确定，软土分层宜薄，常控制在0.5米至1米；坚硬土层或岩体可适当加大厚度。开挖过程中须及时架设支撑结构，尽早发挥支护作用，有效抑制土体变形。施工中还应密切注意土体状态，发现异常需立即调整开挖与支护策略。

3. 降水措施的设计与实施

地下水控制是基坑开挖中的重要技术内容。若处理不当，可能导致坑内积水或土体软化，严重影响施工安全与进度。常用降水手段包括集水明排、井点降水和管井降水等。集水明排适用于涌水量小、水位较低工况，通过设置排水沟与集水井实现汇水与排出。井点降水与

管井降水适用于高水位或大水量条件，通过在坑周或坑内布置降水井点，利用抽水设备持续排水以降低地下水位。设计降水系统时需确定降水深度、影响范围和持续时间，以保证符合开挖要求。

4. 开挖过程中的质量监控

开挖过程中的质量监控是确保基坑工程符合设计要求的重要措施。监控内容主要包括基坑的平面位置、高程、断面尺寸及边坡坡度等项目。施工人员需持续检查土体状况，出现裂缝、隆起或渗水等异常应立即排查并处置。支撑结构的状态也需定期查验，确保其牢固可靠、无松动或变形。建立系统化的质量监控体系，实时采集与分析现场数据，有助于及时发现问题并采取纠偏措施。根据2025年深圳市水务工程质量安全监督通报，第二季度质监站在对172个受监项目的检查中，发现并处理了82项质量安全隐患，发出了28份预警通知书、12份整改通知书和3份停工整改通知书。重庆在全国率先推出的水利“危大工程”第三方监测机制，已在167座在建水库和45处防洪工程中推行，其万开云水网建设工程通过专业监测设备，成功预警了3次边坡位移异常。现代监控技术如三维激光扫描（误差可控制在2厘米内）、无人机巡检、智能传感器（如静力水准仪、固定式测斜仪）的应用，极大提升了监测精度与效率。值得注意的是，2025年第二季度的飞行检测结果显示，虽然水泥、钢筋等主要原材料质量状况良好，但实体结构检测中仍发现1个项目的路面混凝土钻芯抗压强度不满足设计要求，这表明持续且精细化的质量监控至关重要^[2]。

表1 2025年第二季度部分水利工程项目
质量监控数据统计

监控项目类型	受检项目数量	主要问题发现数量	典型问题处理率	新技术应用比例
深基坑工程	41	28	100%	75%
隧洞工程（31条）	8	34	100%	80%
起重机械设施（41台）	51	19	100%	65%
钢筋混凝土工程	45	27	98%	70%
总计/综合	172	82	99.5%	72.5%

四、基坑支护与开挖的协同优化

1. 时空效应理论的应用

基坑支护与开挖需通过协同优化提升整体工程性能。时空效应理论在此方面具有指导意义，该理论将支护与开挖视为相互关联的动态过程。通过在时间与空间维度合理组织施工节奏，可充分发挥土体自稳能力和支护结构作用。例如开挖初期可适当放缓进度，为土体应力调整留出时间，同时加快支护施工以尽早形成有效支撑。随开挖深度增加，应相应提高支护结构的刚度与强度，以平衡增长的土地压力。科学协调时空要素有助于控制基坑变形，提高施工安全与经济性。

2. 信息化施工技术助力协同优化

信息化施工技术的应用为支护与开挖协同提供了有力支持。通过在基坑周边布设测斜仪、应变计、水位计等传感设备，可实时获取变形、受力与水位等数据。相关数据经计算机系统处理与分析，以可视化方式呈现现场状态，辅助管理人员做出准确决策。依托监测结果可及时调整支护参数与开挖方式，实现精准施工。若某区域变形速率异常，可迅速增强支撑或采取加固措施，保障基坑整体稳定。信息化技术显著提升施工过程的透明性与可控性，改进项目管理水平与效率^[3]。

结束语

基坑支护与开挖设计是水利工程顺利实施的重要保障。通过综合考量地质条件、结构安全与施工工艺，可实现支护与开挖的协同优化。未来应进一步推广动态设计与信息化施工技术，增强工程应对复杂环境的能力，推动行业技术水平的持续提升。

参考文献

- [1] 孔令伟. 深基坑支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 城市建设理论研究（电子版），2025，（19）：125-127.
- [2] 黄耀坤. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 黑龙江水利科技，2023，51（04）：140-143.
- [3] 卢创郁，管学义. 基坑支护工程施工组织设计与实施[J]. 建筑安全，2004，（10）：29-30.