

深基坑支护施工技术优化与边坡稳定性监测分析

万洋君

青岛蓝谷投资发展集团有限公司 山东 青岛 266200

摘要:深基坑支护施工中,支护技术的合理选用与施工工艺的持续优化是保障边坡稳定的关键环节。本文围绕排桩、地下连续墙、土钉墙、锚索及内支撑等支护形式的结构特征与适用条件展开分析,探讨了施工技术在参数调整、开挖工序、降水排水、结构衔接及土体扰动控制等方面的优化路径。同时梳理了边坡稳定性监测体系的构建方法,并提出监测数据驱动的支护方案动态调整、多源信息融合分析及全周期风险分级响应等联动管控策略,为深基坑工程中支护施工与边坡稳定的协同管理提供系统性参考。

关键词:深基坑支护;边坡稳定性;施工技术优化;监测体系;联动管控

引言:深基坑工程因开挖深度大、地质条件复杂、周边环境敏感,施工过程中边坡稳定性始终是制约工程安全推进的重要因素。支护技术的选型与施工工艺的优劣直接决定基坑侧壁的抗变形能力,而监测体系的完善程度则影响施工风险的识别时效。当前部分深基坑项目在支护方案优化与监测反馈联动方面仍存在脱节现象,技术改进与数据应用之间的衔接不够紧密。围绕支护施工技术优化与边坡稳定性监测的内在关联展开探讨,对提升深基坑工程的安全管控水平具有实际意义。

1 深基坑支护施工技术的类型与适用场景

1.1 排桩支护技术的结构特征与适用条件

排桩支护技术依托单列或多列桩基结构形成连续挡土体系,依靠桩体自身刚度抵御侧向土体压力。规整排布的桩体能够独立分担岩土荷载,整体结构具备良好的整体性与抗变形能力,施工过程对周边土体扰动程度较低。该类支护技术适配深度适中的基坑施工环境,可在多数常规土层结构中稳定发挥支护作用,对场地空间受限、不便开展大面积开挖作业的施工区域具备良好适配性^[1]。

1.2 地下连续墙支护的施工要点与应用范围

地下连续墙支护通过分段成槽、钢筋笼安放及混凝土浇筑的施工流程,形成封闭式地下挡水挡土墙体结构。墙体整体连续性强,防渗性能与结构稳定性表现突出,竖向承载能力可以适配复杂地下应力环境。施工工序注重槽段衔接的密实度与墙体垂直度控制,能够有效阻隔地下水渗透与土体位移。该技术多用于深度较大、水文条件复杂的基坑工程,周边建筑密集、对基坑变形控制标准较高的施工区域均可采用该类支护形式。

1.3 土钉墙与锚索支护的技术差异与场景匹配

土钉墙依托土体与土钉的相互咬合作用加固边坡土体,通过浅层加固方式提升原位土体的整体稳定性,整

体施工投入成本较低,施工流程更为简便。锚索支护依靠深层锚固结构传递岩土侧向压力,锚固深度更大,对土体约束力更强,结构抗倾覆与抗滑移性能更为优越。土钉墙更适配土质均匀、基坑开挖深度较小的边坡工程。锚索支护可以应对土质松散、基坑开挖深度大的复杂施工场景,能够满足高荷载的支护作业需求。

1.4 内支撑体系的布置逻辑与受力特点

内支撑体系以基坑内部架设的刚性支撑结构分担侧向土体压力,通过合理的杆件排布方式平衡基坑四周岩土应力。体系整体刚度均匀,能够有效约束基坑侧壁的变形位移,应力传导路径清晰且受力分布均匀。结构布置贴合基坑平面形态与土体应力分布规律,多层布设形式可以适配不同开挖深度的受力变化,大幅提升基坑整体结构的稳定程度。

1.5 各类支护技术的选择依据与组合应用

深基坑支护技术选型以场地土层性质、地下水分布状态、基坑开挖深度为基础依据,结合施工空间条件与变形控制标准确定适配支护形式。单一支护结构难以适配复杂基坑工况,不同类型支护技术可根据结构性能互补特征完成搭配使用。多种支护结构的组合运用可以弥补单一技术的性能短板,适配多元化的地下施工环境,全面提升基坑支护体系的整体防护性能与环境适配能力。

2 深基坑支护施工技术的优化路径

2.1 支护结构设计参数的精细化调整

深基坑支护设计工作需要依托完整的场地岩土勘测数据完成各项参数校准,针对支护构件埋置深度、构件排布间距、整体结构刚度等关键指标开展细化调校工作^[2]。结合场地不同区域土体的应力分布特征优化受力设计参数,有效缓解支护体系内部出现的应力集中问题。根据基坑开挖深度与土体承载能力调整结构形变控制指

标, 适配不同施工区域的土体承载与位移约束需求。精细化的参数调校可以贴合场地真实地质工况, 有效提升支护体系整体承载能力与形变控制水平。

2.2 开挖顺序与分层分段施工的工艺改进

基坑开挖作业可以通过优化整体施工时序, 缓解岩土结构承受的动态受力波动。分层施工模式能够科学控制单次土体开挖厚度与作业范围, 避免大面积土体一次性卸荷带来的结构不稳问题。规范各施工分段的作业边界与施工进度, 让基坑内部土体应力保持平缓释放的状态。合理调整各施工段落的作业衔接方式, 均衡基坑整体受力状态, 减少无序施工引发的边坡位移与土体结构扰动, 维持基坑施工阶段的土体稳定性。

2.3 降水与排水方案的协同优化

基坑水治理施工需要结合场地真实水文特征, 科学排布降水与排水体系布局。统筹浅层地表积水疏导与深层地下水管控的施工需求, 优化降水点位布设密度与排水通道的铺设形式, 提升地下水疏导作业的均匀度。规避局部水位快速下降引发的土体固结沉降问题, 合理规划降水作业推进节奏, 匹配基坑支护施工的整体进度, 削弱水体环境变化对原状土体结构的负面作用, 维持岩土体原始应力平衡状态。

2.4 支护结构与主体结构的衔接处理

支护体系与建筑主体结构的衔接施工需要细化节点施工工艺, 提升两类结构结合位置的密实程度与整体连贯性。强化衔接节点的施工精度管控, 规避结构对接过程中产生的受力偏差与微小形变缝隙。科学排布衔接施工的工序流程, 实现支护体系受力状态的平稳转换, 让结构内部应力可以顺畅传递, 保障地下整体结构的完整性与受力稳定性, 提升基坑整体施工质量。

2.5 施工过程中土体扰动的控制手段

基坑现场施工作业需要规范各类机械设备的作业幅度与运行范围, 严格管控施工过程产生的动态荷载。弱化机械碾压、施工震动等作业行为对原状土体结构的破坏作用, 细化近距离基坑作业的施工操作标准, 减少施工活动对边坡土体造成的结构性损伤。做好基坑边坡及周边土体的防护管控, 保全岩土体原始物理形态, 为支护体系稳定运行提供可靠的土体基础条件。

3 边坡稳定性监测体系的构建与运行

3.1 监测点位的布设原则与空间分布逻辑

边坡监测点位布设遵循基坑受力特征与边坡形态规律开展布设规划, 贴合边坡应力集中区域与形变敏感区域完成点位布置。重点覆盖边坡坡顶、坡面、坡脚等关键区域, 结合场地地质条件的差异化特征调整点位分布

密度^[3]。依托基坑整体空间形态构建立体化监测布局, 消除监测盲区, 让布设点位可以精准捕捉边坡土体的细微形态变化与受力变动。科学的空间分布模式能够提升监测工作的覆盖范围, 强化监测体系的整体适配性。

3.2 位移、应力、渗流等关键指标的采集方式

边坡位移指标依托高精度传感设备捕捉坡面竖向与水平向形变数据, 持续捕捉边坡土体的位置变动状态。应力指标通过预埋传感元件采集支护结构与土体内部的应力变化信息, 精准捕捉结构与土体的受力波动情况。渗流指标依托专业探测设备掌握地下水渗透状态与渗流量变化, 掌握场地水文环境的动态变化规律。多维度指标采集模式可以全面覆盖边坡稳定相关的核心监测内容。

3.3 监测频率的动态调整与预警阈值设定

监测工作依照基坑施工推进状态调整数据采集频次, 施工扰动较强的作业阶段提升数据采集密集度, 施工状态平稳阶段适当放缓采集节奏。结合场地岩土体物理性质与结构承载能力划定合理的预警阈值, 适配不同施工阶段的边坡稳定管控标准。阈值数值贴合场地真实工况设置, 贴合边坡土体形变极限与结构受力极限, 为边坡风险管控提供精准的数值参照标准。

3.4 监测数据的处理流程与异常识别方法

边坡监测数据通过标准化流程完成筛选、整理、统计与分析, 剔除采集过程中产生的无效干扰数据, 留存有效监测信息。对各类监测数据开展连续性分析, 梳理数据变化的波动规律与变化趋势。依托数据变化特征甄别边坡形变异常、应力超标、渗流异动等各类异常状态, 精准捕捉边坡稳定状态出现的各类隐患问题, 实现隐患问题的早期分辨。

3.5 自动化监测技术在边坡稳定管控中的应用

自动化监测技术依托智能传感设备与数据传输系统完成全天候数据采集工作, 减少人工干预带来的监测偏差。智能监测设备可以自动完成数据收录与传输工作, 持续跟进边坡各类监测指标的动态变化。配套数据处理程序可以高效完成海量监测数据的整合分析, 提升边坡状态管控的精细化程度, 适配深基坑长期施工的边坡稳定监测需求, 提升监测工作的整体效率与精准度。

4 支护技术与监测体系的联动管控策略

4.1 监测数据反馈驱动支护方案的动态调整

深基坑边坡监测采集的动态数据能够真实反映土体形变走势与支护结构受力状态, 为支护施工方案的动态优化提供科学依据。基坑施工推进过程中, 土体环境与结构受力状态处于持续变化状态, 固定的施工方案难以适配现场动态工况^[4]。实时收录的监测数据可以精准捕捉

支护体系与土体环境的适配偏差,指导施工团队调整支护施工布局与作业内容。依托数据波动特征优化施工部署,打破传统静态施工模式的局限,让支护施工内容贴合基坑现场的动态变化规律,持续维系地下结构的稳定状态。

4.2 施工偏差的即时修正与支护参数的迭代更新

深基坑支护现场施工受地质环境与施工操作影响,容易产生细微施工偏差,偏差累积会改变支护结构原始受力状态,降低基坑整体稳定性能。常态化监测工作可以精准捕捉偏差引发的结构形变与受力波动,推动现场快速开展工艺修正作业。结合场地实际施工条件与监测数据变化规律,持续迭代支护结构布设间距、埋设深度、结构刚度等关键参数。不断优化的参数体系能够提升支护结构与现场地质工况的适配度,弱化施工偏差带来的负面作用,提升施工精细化水平。

4.3 多源监测信息的融合分析与综合判断

深基坑边坡监测涵盖位移变化、结构应力、土体渗流等多项监测内容,单一维度的数据解析无法全面覆盖边坡稳定状态的核心特征。对不同类型的监测数据开展整合梳理与交叉研判,挖掘各项数据变化规律之间的内在关联。多源信息融合的分析模式可以弥补单一监测维度的认知局限,精准识别边坡土体与支护结构的隐性变化特征。提升基坑边坡状态研判的全面性与精准度,为现场管控工作开展提供扎实的数据支撑。

4.4 支护结构与边坡土体的变形协调控制

深基坑支护体系的稳定运行依托结构构件与原状土体的形变协同状态,形变节奏与形变幅度的差异会诱发局部应力集中,造成结构隐性损伤。依托持续更新的监测数据,掌握支护结构形变节奏与边坡土体的形变发展规律。结合现场形变特征调整施工推进进度与现场作业方式,对结构受力薄弱位置开展补强施工。通过精细化的现场管控手段平衡结构与土体的形变幅度,弱化不均匀形变产生的不利影响,保持支护体系与边坡土体的协

同工作状态,保障地下结构整体完整。

4.5 施工全周期的风险分级与应急响应机制

深基坑不同施工阶段的土体扰动强度存在明显区别,边坡稳定隐患的表现形式与危害程度存在差异化特征。结合全周期监测数据的波动幅度与变化速率,划分层次清晰的施工风险等级,对应匹配不同类型的边坡稳定隐患^[5]。依据风险等级划分结果细化现场管控重点,落实针对性的防控举措。搭建覆盖施工全流程的应急响应体系,针对各类边坡异常状态制定专属处置流程,快速处理现场出现的稳定隐患,阻断风险持续扩散,保障深基坑施工全过程的作业安全。

结束语

深基坑支护施工技术的优化与边坡稳定性监测是相互嵌套的系统性工作,两者的协同运转直接关系到基坑工程的安全与质量。支护技术从参数精细化、工序合理排布、降水排水协同等维度持续改进,能够有效缓解施工扰动对土体结构的破坏。监测体系通过多维度数据采集与动态分析,为支护方案的即时修正与参数迭代提供依据。将监测反馈深度融入施工决策链条,构建覆盖全周期的风险分级响应机制,可使支护体系与边坡土体始终保持形变协调状态,确保深基坑施工全过程的结构安全与稳定可控。

参考文献

- [1]盖晓正.建筑工程深基坑支护施工技术优化与边坡稳定性控制实践[J].砖瓦世界,2026(3):28-30.
- [2]樊兵.高层建筑工程深基坑支护施工技术[J].新疆有色金属,2026,49(1):67-68.
- [3]张长青.土建施工中深基坑支护施工技术[J].智能建筑与工程机械,2025,7(7):35-38.
- [4]李春盛.高层建筑深基坑边坡支护技术与施工要点分析[J].建设机械技术与管理,2025,38(3):144-146.
- [5]韩姗姗,张振华.深基坑支护及边坡防护施工技术探讨[J].模型世界,2025(19):140-142.