基于土木工程建筑施工中的边坡支护技术探究

王　飞　贾宝林　都　郝

内蒙古鄂尔多斯资源股份有限公司电力冶金集团　内蒙古　鄂尔多斯　017000

摘　要：边坡支护是土建施工中保障坡面稳定、规避结构形变的关键施工内容，边坡结构具备动态变化、个体差异化的显著施工特征。土建工程施工场景复杂多样，不同支护工艺的适配场景与作业流程存在明显区分。本文结合土钉墙、锚杆、排桩、地下连续墙等主流支护形式的工艺特点，梳理支护施工全流程的技术把控重点，分析预处理、结构浇筑、动态维稳及辅助施工的管控细节，从工艺细化、工序调整、结构适配、现场规范四个维度搭建优化方向，助力边坡支护施工质量与现场管控水平稳步提升。

关键词：土木工程；边坡支护；施工工艺；施工管控；工艺优化

引言：土木工程建筑施工多涉及土方开挖与坡面改造作业，原始地貌结构会随施工推进产生持续扰动，坡面稳定性始终处于动态变化状态。复杂的地质条件与多变的施工工况，对边坡支护施工的工艺标准与精细化程度提出较高要求。不同类型的边坡支护工艺具备独特的施工特点与适配场景，施工过程中的工序排布、技术操作、现场管控都会直接影响坡面整体稳定性。规范支护施工流程、细化技术管控细节、优化施工实施模式，能够有效规避坡面形变、松动等施工问题，保障土建施工有序推进。

1 土木工程施工边坡支护的核心施工特性

1.1 边坡施工的形体与结构特征

土木工程施工现场的边坡由原始地貌保留或人工开挖成型，空间形态具备极强的个体化差异。常规施工边坡坡面倾角区间集中在 30°-75°，整体跨度可达到 10-80m，竖向高差都会塑造出独特的空间结构形态。场地内部岩土体分层排布方式、层理延展走向以及裂隙发育程度，都会改变边坡整体构造格局[1]。边坡 0-2m 表层岩土长期暴露在外，结构松散脆弱，深层岩土受外界干扰较少，整体更为密实，内外结构差异会直接影响施工推进路径。各类开挖作业会改变坡面轮廓线条与边界形态，让每一处边坡都具备专属的结构特点。

1.2 边坡施工过程的动态变化特征

边坡结构在施工周期内始终处于非稳态转换状态，人工开挖、土体扰动以及外部环境影响，都会打破岩土体原始应力平衡。0-3m 浅层土体受施工扰动最为明显，会产生松动、位移甚至脱落现象，深层岩体也会伴随作业推进产生细微应力调整，持续改变整体稳定性能。施工推进的不同阶段，边坡受力体系、结构状态与稳定程度会出现阶段性变化，整体演变过程具备连续属性。单日累计降水超过 20mm、昼夜温差波动大于 15℃的外部因素，会加剧岩土体结构形变，降低坡面整体稳定性。

1.3 边坡支护施工的适配性特征要求

边坡支护施工无法采用统一固化的作业模式，必须依据场地岩土构造、地形样貌、现场工况灵活调整。支护结构选型、施工工艺取舍、工序排布顺序，都需要围绕现场实际施工条件灵活调整。不同构造的边坡，对支护承载能力、施工精细程度以及作业流程规范有着不同标准。支护作业开展期间，需要充分考量 3-8m 有限现场作业空间、施工设备适配程度、后续土建工序衔接等现实条件，匹配对应施工方案完成作业部署。

2 土木工程施工常用边坡支护技术类型及施工工艺

2.1 土钉墙支护施工技术及工序流程

土钉墙支护是浅层边坡加固的主流技术，依靠土钉杆件与土体之间的摩擦作用约束岩土体变形位移。该技术适用于浅层开挖边坡与土质均匀的施工场地，操作流程简便，作业占用空间范围较小。施工优先开展坡面修整工作，清理表层松散土体，修整坡面平整度与规整度。按照预设点位完成钻孔作业后安放土钉，通过注浆填充孔道空隙，提升杆件与土体的结合强度[2]。后续依次铺设钢筋网并喷射面层混凝土，形成完整的坡面防护整体。

2.2 锚杆支护施工技术及工序流程

锚杆支护多用于中深层边坡的加固处理，依托锚杆锚固段传导土体拉力，抵消边坡内部产生的形变应力。

该技术具备较强的荷载承受能力，适合高差较大、开挖深度较深的边坡施工场景。施工前期精准定位锚固点位，使用专业设备完成深部钻孔作业，清理孔内残留的渣土与杂物。将锚杆体平稳送入孔内后开展高压注浆，等待浆液凝固成型，形成稳固的锚固结构。锚固结构成型后进行张拉锁定作业，优化整体受力状态。

2.3 排桩支护施工技术及工序流程

排桩支护依靠连续排布的桩体结构阻挡土体滑移，多用于临近在建区域、对边坡位移控制标准较高的施工场景。桩体可根据场地实际需求选用混凝土或钢材材质，整体结构刚度优异，抗形变能力较强。施工以现场放样定位为起始工序，借助成孔设备施工桩体孔位，下放钢筋笼后浇筑混凝土，完成单桩整体成型。单桩强度达到设计标准后，有序开展桩间防护与缝隙封堵施工。

2.4 地下连续墙支护施工技术及工序流程

地下连续墙支护整体性好、防渗性能突出，广泛应用于深基坑及复杂地质条件下的边坡支护工程。施工首先修筑导墙，规整施工边界，为槽段开挖提供精准参照。采用专用挖槽设备分段开挖岩土体，单段槽段长度控制在 4 ~ 6m，成型规整的地下槽段，及时清理槽底堆积沉渣。钢筋笼吊装就位后，通过导管工艺开展混凝土浇筑，墙体常规厚度设置为 600 ~ 800mm，分段完成墙体结构成型。对各槽段接缝位置做专项处理，杜绝渗漏、开裂等结构问题。

2.5 复合型边坡支护施工技术及组合方式

复合型边坡支护整合两种及以上支护工艺，弥补单一施工技术的性能短板，适配复杂地质、高稳定性要求的边坡施工场景。常用组合方式包括土钉与排桩搭配、锚杆与地下连续墙结合等形式。施工前期依据边坡受力特征划分支护区域，明确各类支护结构的施工先后顺序。刚性支护结构优先成型，承担主要土体荷载，柔性支护结构辅助加固表层土体，抑制细微形变的产生。各道施工工序有序衔接，规避工序冲突与结构受力失衡问题。

3 边坡支护施工的关键技术把控要点

3.1 施工前期场地与坡面预处理技术把控

边坡支护正式施工前，场地与坡面预处理是保障后续施工质量的核心环节，直接影响支护结构的成型精度与运行状态。施工人员全面清理作业区域内堆积的杂物、表层浮土与废弃施工构件，规整整体作业空间，为设备进场、材料堆放以及各道工序开展预留充足作业范围。针对坡面松散岩土、凸起土体、凹陷坑洼等不规则结构开展精细化修整，重塑坡面规整形态，杜绝局部应力集中问题。细致排查场地低洼区域与隐蔽积水点位，疏通地表排水通路，防止积水长期浸泡软化基底岩土，破坏场地基础稳定性[3]。逐一核对坡面坡度、平整度等关键施工参数，修正人工开挖造成的造型偏差，消除前期施工遗留隐患。

3.2 支护结构安装与浇筑施工技术把控

支护结构安装与浇筑作业直接决定边坡支护体系的承载能力与整体牢固度，是施工管控的核心环节。各类支护构件进场安装前，工作人员逐一核查构件规格、材质参数、外观完整性，剔除存在破损、尺寸偏差的不合格用材。依据施工放样点位精准定位构件安装位置，反复校准构件垂直度、水平度与埋设深度，规避构件偏移、错位、埋设不足等施工问题。混凝土浇筑作业遵循分层、匀速的施工原则，逐层推进浇筑作业，搭配标准化振捣工艺，排出结构内部气泡与空隙，提升混凝土密实程度。浇筑完成后落实常态化养护工作，管控养护温度与养护周期，规避结构开裂、形变、强度不足等质量缺陷。

3.3 施工过程坡面稳定性动态把控

边坡岩土结构会随开挖、钻孔、注浆等一系列施工操作持续发生变化，稳定性管控需要贯穿施工全流程。作业开展期间，每间隔 4h 持续观测坡面表层岩土状态，精准捕捉土体松动、细微裂隙、局部脱落等初期异常情况。结合施工推进进度，阶段性检测边坡内部受力变化，合理调节现场作业强度与施工推进速率，降低施工扰动影响。针对裂隙单条宽度超 2mm 的松软边坡区域，提前布设临时加固措施，阻断岩土形变持续扩散。规范现场施工操作方式，杜绝集中开挖、超范围作业等不规范施工行为，减少人为扰动对边坡结构的破坏。

3.4 支护施工配套辅助技术把控

配套辅助施工技术能够补齐主体支护工艺的短板，优化施工现场条件，辅助提升整体施工质量。排水辅助施工需要结合边坡地形走势，每隔 5~8m 布设一组排水沟槽与泄水孔，及时疏导地表积水与浅层渗水，减少水体对支护结构和边坡土体的侵蚀作用。裸露坡面需要根据天气环境开展临时防护作业，通过遮盖、围护等方式，抵御风雨冲刷、温差变化带来的结构损伤。定期每 7d 对钻孔、注浆、振捣等核心施工设备进行调试与校准，保障设备运行精度，降低设备误差引发的施工质量问题。

4 土木工程边坡支护施工技术的优化路径

4.1 施工工艺精细化优化方式

传统边坡支护施工工艺普遍存在操作粗放、参数把

控松散的问题，难以适配复杂地质的高标准施工需求。工艺精细化优化需要从基础施工环节入手，对钻孔、注浆、混凝土喷射、构件锚固等核心工序进行细节升级。钻孔作业摒弃粗放式钻进模式，依据地质差异调整钻进速率与钻进力度，控制孔位偏差、孔深误差，减少机械扰动对周边岩土的破坏[4]。注浆作业摒弃统一化配比标准，根据土体密实度、裂隙发育情况调整浆液浓度与注浆压力，让浆液充分填充岩土缝隙。混凝土施工细化喷射厚度、振捣频率、成型养护等各项参数，规避表层空鼓、内部疏松等施工缺陷。针对不同支护技术的工艺特点制定专属精细标准，补齐传统施工模式的细节短板。

4.2 施工工序合理化调整方式

边坡支护施工由多项工序衔接组成，不合理的工序排布会造成施工冗余、结构受力紊乱，拖累整体施工质量与效率。工序优化需要立足边坡施工的动态特性，重新梳理各施工环节的先后逻辑与衔接关系。破除固定僵化的工序流程，结合现场开挖进度、坡面形变状态、地质变化情况灵活调整施工顺序。前期预处理、构件布设、结构浇筑、后期防护等工序需要划分清晰的施工层级，错开交叉作业的冲突时段，避免不同工序相互干扰引发的施工隐患。删减重复冗余的施工环节，合并适配性较高的同类作业内容，压缩无效施工时长。针对特殊地质工况，提前前置薄弱区域加固工序，延后稳定性达标区域的辅助作业内容。

4.3 支护结构施工适配性优化方式

不同场地的地质条件、边坡形态、施工环境存在明显差异，固定的支护结构施工模式无法适配全部施工场景。适配性优化需要围绕边坡实际工况，调整支护结构的施工方式与成型标准。土质松散、裂隙密集的边坡区域，强化深层锚固施工力度，提升结构整体抗滑移能力。土质密实、高差较小的边坡区域，简化冗余加固施工内容，控制施工成本与施工周期。临近建筑物、管线的施工场地，优化结构施工尺寸与埋设范围，规避施工操作对周边构筑物造成影响。复杂地质场景下，灵活搭配不同支护结构的施工优势，调整单一结构的施工侧重点。

4.4 现场施工操作规范化优化方式

施工现场操作不规范是引发边坡形变、结构缺陷、施工隐患的主要人为因素，操作规范化优化是提升支护施工质量的关键举措。针对现场作业人员的施工行为建立统一操作准则，统一构件安装、浆液制备、混凝土施工等基础操作手法。杜绝凭经验作业的粗放施工模式，所有施工动作严格遵循工艺标准与设计要求。定期开展现场作业规范管控，纠正偏差施工行为，约束不规范操作习惯。细化设备操作规范，明确各类施工机械的操作流程、启停标准与作业范围，降低设备操作失误带来的质量问题[5]。划分现场施工责任区域，明确各区域操作管控重点，实现施工操作全程可控。

结束语

边坡支护施工的精细化程度，直接决定土建施工现场的安全性与结构稳定性，是土建工程建设中不可或缺的重要施工环节。各类支护技术拥有专属的工艺体系与适配场景，施工前期预处理、结构浇筑、动态维稳及配套辅助施工，均会影响支护体系成型质量。持续优化传统施工工艺，调整现场工序排布方式，提升支护结构与场地工况的适配度，规范一线施工操作行为，能够有效改善边坡施工现状，构建高质量、标准化的边坡支护施工体系。

参考文献

[1] 闫红林. 基于土木工程建筑施工中的边坡支护技术探究 [J]. 建筑·建材·装饰,2024(2):109-111,153.

[2] 焦阳. 基于土木工程建筑施工中的边坡支护技术探究 [J]. 建筑技术开发,2025,52(1):34-37.

[3] 于凡. 基于土木工程建筑施工中的边坡支护技术探究 [J]. 城市周刊,2025(10):127-129.

[4] 齐菁. 土木工程建筑施工中的边坡支护技术探究 [J]. 模型世界,2025(21):212-214.

[5] 王国强. 边坡支护技术在土木工程中的应用 [J]. 建筑·建材·装饰,2022(19):123-125.