

锚杆支护在边坡治理中的应用

刘海滨

山东省核工业二四八地质大队 山东 青岛 266041

摘要：边坡系统具有很明显的开放特性，经常和外界环境开展物质与能量交流，这就削弱了土体与岩体的结构稳定性，引发了边坡滑移和形变等不好的现象，而且这个过程具备不可逆转的特征，直接影响到工程的整体质量。鉴于这种情况，针对各项目里地质条件的变化特点，有必要采取具有针对性的科学防护策略，以此强化边坡结构并预防土石材料应力松弛和强度减弱。文章对锚杆支护在边坡治理中的应用进行了研究分析，以供参考。

关键词：锚杆支护；边坡治理；应用

1 前言

在岩土工程支护技术里，锚杆支护实施流程包含这些步骤，先对坡面岩土体开展钻孔作业，接着把钢绞线或钢筋等材料制的杆体放进孔内，最后用高压注浆工艺让杆体、浆液与周围岩土体成整体结构，从构造组成方面看，锚杆系统主要由外露锚头、自由段和锚固段这三部分构成，当岩土体产生作用力时，先由坡面挡土结构来承担荷载，然后通过锚头将作用力传递到杆体上，最终把应力扩散到深层稳定岩土层实现支护效果，按照力学特性差异，锚杆能分成拉力型、压力型以及荷载分散型含拉力分散型和压力分散型等多种形式，该技术不光有显著支护效果，还具备经济性好、施工便捷、环保安全、适应性强等优势，所以在水土保持工程、地质灾害防治、地下工程加固及应急抢险等领域广泛应用，成为现代岩土工程中不可缺少的关键技术。

2 锚杆支护在边坡治理中的主要影响因素

2.1 人的因素

在边坡工程岩土勘察工作当中人力资源起着关键作用，它是高效推进勘察工作的必要条件也是保障工程质量根本所在，鉴于人员因素在边坡工程项目管理和施工全程处于核心地位，勘察阶段一定要贯彻人本管理理念并实施差异化员工管理策略，以此来有效协调其他相关因素所产生的影响，因为个体行为具有显著主观性特征且易受多重外部因素干扰，在项目管理里很难实现精准控制所以要构建完整监督约束机制，而建立科学绩效考核与激励机制是普遍采用的有效办法，能够激发勘察人员工作热情还能提升勘察数据可靠性和成果质量。

2.2 物的因素

影响勘察质量的关键因素能归纳成下面这三个方面，首先工程材料作为项目实施的物质基础，其质量会直接影响勘察成果的可靠性，在材料采购阶段需要严格

把控，要通过多方比选确定优质供应商，确保材料符合规范要求之后才可投入使用，其次材料进场后需要执行规范的验收程序，要根据材料特性科学规划存储区域，既要便于取用又要避免因保管不当造成损耗，第三勘察机械设备与仪器的性能状况，是保障勘察工作顺利开展的重要条件，特别是在大型边坡工程当中对设备技术要求更为严格，勘察工作分为外业和内业这两个环节，涉及多种设备的协同作业所以必须建立完善的设备维护保养机制，采用性能良好的设备不仅能提高勘察精度，还可以有效提升工作效率，为确保设备管理规范有序需制定专项管理制度，明确责任人并且严格执行持证上岗制度，内业工作主要包含资料收集分析、勘察方案编制、室内试验及报告撰写等环节。

2.3 方法因素

在边坡工程勘察实际操作里，所采用的技术方法体系包含项目全生命周期实施的所有勘察手段和组织管理措施，因为边坡工程存在规模大、结构复杂等特点，它的勘察过程通常得运用多种不同的技术方法，并且对数据精度有着严格要求，科学合理的勘察方法体系构建是保证勘察成果质量的关键因素，所以在方案设计阶段应先系统分析工程特征，在此基础上筛选适用的技术方法，接着按照施工流程对各类勘察手段做系统比选，最终确定最优化的技术方案。

2.4 环境因素

环境要素能够划分为自然环境和作业环境这两大类别，自然环境主要指那些不受人为控制的客观条件，这些因素会直接作用于最终的勘察结果，在质量管理体系里环境要素主要体现为既定管理框架和质量控制规范，作业环境则特指与现场勘察工作密切相关的操作条件，涵盖通风系统照明设施及组织协调等方面，需注意在大型工程项目尤其其边坡工程中环境因素影响比常规项目更

显著复杂,所以必须对其予以重点关注。

3 锚杆支护在边坡治理中的应用措施

3.1 事前控制做好准备工作

边坡勘察项目质量管理成效好坏,依赖于事先控制的有效实施情况,事前控制着重于项目启动前的质量把控,以准备工作的落实情况作为核心贯穿项目全过程,在事前控制阶段要明确管理主体,由项目经理和总工程师承担质量责任,选拔经验丰富且责任心强的专业人员,在勘察实施前强化安全教育与技能培训,相关人员考核合格之后才可以正式上岗开展工作,针对勘察机械设备与仪器要从源头把控质量,在采购或租赁环节就进行严格质量控制,遵循安全、效率等原则来择优选取性价比高的设备,所有进场设备都需要经过严格的验收与调试工作,使其符合工程建设的相关标准要求,材料包含工程材料与施工用料,方法是指技术方案与相关措施,技术水平高低、工序合理性等因素会直接影响项目质量,所以在事前控制中勘察企业要通过深入研究与专家论证,制定周密的技术方案并对关键环节进行充分测试与试验,以此保障后续勘察工作能够顺利有序地进行下去,此外还需深入掌握边坡所在地区气象特征和自然环境因素,充分认识环境因素对勘察质量产生的具体影响情况,特别是在勘察过程中可能会面临的复杂气候条件,据此需要在事前做好充分准备合理安排勘察进度,规避不利因素同时确保场地运输畅通和能源稳定供应,从而确保勘察任务能够按期高质量地完成。

3.2 事中控制

事中控制是勘察活动质量管理的核心环节,目的是全面管控勘察实施过程中可能影响质量的各项因素,特别强调对人员因素进行规范化管理,要依靠完善的制度体系来加以约束,具体做法是针对全体在岗人员,依据他们各自的岗位职责,强化质量意识方面的培训,建议以两周作为一个周期开展定期培训,并且实施动态的监督检查,对于情节严重的人员,可以采取辞退等处理办法来起到警示作用,需要定期对勘察所使用的机械设备进行维护与检查,避免因为设备或者仪器出现故障而影响勘察成果的质量,重要设备的管理要严格落实责任制,实行定机、定人、定岗的“三定”原则,确保出现问题能够进行追溯,对于工程材料,要实施严格的检验和管理工作,防止出现受潮变质等问题,必要的时候采取实验等方式来进行质量检测,确保材料符合标准,要组织专业技术人员进行监督检查,及时纠正存在的不足之处,要是问题没有办法通过方案调整来解决,就应该立即上报,针对边坡勘察项目,要结合场地的自然环

境,适时调整工序和方法,最大程度降低环境因素给勘察活动带来的不利影响。

3.3 事后控制

边坡工程勘察项目事后控制环节包含三个关键方面,首先是对已完成项目进行系统性评估,重点在于构建科学合理的结构评价体系,借助经验总结机制持续优化勘察工作质量,其次要建立完善的人员激励机制,对表现突出的人员给予奖励并建立人才档案库,为后续项目储备优质人力资源,最后是做好资源管理与技术总结工作,涵盖材料归档、设备管理(租赁设备及时归还、新购设备入库保管)、技术问题分类建档及针对性解决方案制定等内容,同时需特别重视场地的恢复工作以确保不影响后续施工。在成果产出阶段,要综合分析各项勘察数据与试验结果,通过深入研究形成最终的勘察报告。

4 锚杆支护在边坡治理中的应用

4.1 锚杆施工工序

锚杆施工主要包括测量并确定钻孔位置、移动钻孔设备、调节钻孔角度、开展钻孔施工、安装支护锚杆、采取注浆补强措施等。

4.1.1 锚杆孔测量放线

依据工程设计方案的技术规范,需在锚杆作业区段的起止点设置基准控制桩,以此作为参照点进行其余施工孔位的精准定位,确保平面位置偏差不超过 $\pm 50\text{mm}$ 的容许范围,中间区段的钻孔间距可根据实际地质条件适当调整。对基准控制桩应采取必要的保护措施,如设置警示标识等,防止施工过程中造成损坏。特别需要注意的是,测量放线作业应与施工工序错开进行。同时,锚杆的布设间距应按坡面长度等分原则进行放样,并根据现场具体情况作适当调整。

4.1.2 钻机就位

在实施钻机安装作业前,需先进行土方开挖以形成锚杆施工工作面,并对坡面倾角等参数进行精确测量,据此确定钻孔定位点。钻机就位后需反复调整设备姿态,确保钻头与预定孔位精确对中,其中锚杆孔位的横向和竖向定位偏差均应严格控制在 $\pm 50\text{mm}$ 范围内。参照钻机技术规范及施工规范要求,设备倾角偏差不得超过 $\pm 1.0^\circ$,方位角偏差需限制在 $\pm 2.0^\circ$ 以内。锚杆轴线与水平面的夹角应保持在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 区间。整个钻孔过程中必须确保钻机处于绝对水平稳定状态,施工期间需持续进行位移监测,防止发生任何位置偏移现象。

4.1.3 钻进方式

基于该工程区域岩土体结构致密、力学性能良好的

地质特征，建议采用干式成孔工艺进行钻孔作业。该工艺在经济效益方面具有显著优势，同时施工流程相对简化。在正式钻进前，需彻底清除钻孔内的松散沉积物、碎石及积水，以增强孔壁与注浆材料间的粘结性能，从而为边坡支护工程创造更有利的施工环境。特别需要强调的是，施工过程中必须严格控制钻进速率，避免因速度过快导致孔道轴线偏移或孔径异常变形，进而影响后续施工质量及工程安全。

4.1.4 钻进过程

在钻探作业过程中，施工人员需系统记录各项观测数据，具体涵盖地层岩性变化特征、钻进取芯速率与压力参数变化规律以及地下水位动态变化等关键指标。当出现孔壁坍塌或孔径收缩等工程异常时，须立即中断作业流程，及时实施注浆固结处理工艺，待浆液达到设计强度标准后方可恢复施工。

4.1.5 孔径孔深

依据工程规范要求，钻孔施工过程中需严格控制孔径与孔深的精度指标，具体参数要求为：设计孔径不得超过130毫米，锚杆倾斜度需控制在杆体总长度的3%以内。为确保成孔质量符合技术标准，施工时钻头直径应大于设计孔径值，同时实际钻孔深度需超出设计深度至少0.5米以上。

4.1.6 锚杆孔清理

为确保钻孔质量符合设计要求，当钻进深度达到预定标高时，建议维持1-2分钟的持续钻进状态，以有效防止孔底收缩及孔径不足等质量缺陷。为增强水泥砂浆与孔壁的黏结性能，需采用高压气吹工艺对孔道进行清理，彻底清除残留的钻屑、岩粉及积水等杂质。对于完整性良好且强度满足要求的围岩孔段，可选用高压水射流冲洗工艺。针对锚孔内积水问题，应采取注浆封闭或重复钻进等工程技术措施予以处理。

4.1.7 锚杆孔检验

为确保工程后续施工质量达标，必须对锚杆钻孔实施系统性质量检测。检测项目主要涵盖钻孔深度、孔径等关键参数，需严格参照设计方案的技术要求进行核查。检测过程中应选用符合规范的标准钻具，操作人员需保持匀速缓慢推进钻头，避免因操作不当造成测量误差。当钻具进出顺畅且孔内无明显残留物及积水时，方可判定该钻孔质量合格。

4.1.8 锚杆制作

锚固构件选用HRB400级直径25毫米的钢筋，于钢筋末梢焊接三个直径为8毫米的支架，间距为每2000毫米一个，支架高出表面40毫米，全长230毫米。

4.1.9 注浆管

在注浆施工过程中，为确保工程质量，应优先选用符合国家标准且具有较高抗压强度的注浆管材，从而有效预防堵管、断裂及爆管等工程隐患。针对锚杆注浆工程，建议采用分阶段注浆技术方案：初次注浆阶段选用直径为20毫米的注浆管，二次补浆阶段则采用15毫米规格的注浆管进行施工。

4.2 注浆施工

4.2.1 注浆设备

本研究采用HS-6型注浆设备，该设备水平输送距离范围为50至60米。为确保注浆效果，需结合锚固地层的具体工程地质条件，审慎选取适宜的注浆材料，并精确设定注浆压力等关键工艺参数。

4.2.2 注浆材料

本工程采用以P·O42.5R硅酸盐水泥为主要胶凝材料，掺入2%早强剂配制而成的水泥基注浆材料，其水灰比确定为0.4。经28天养护后，该浆体的无侧限抗压强度需达到20MPa的技术指标要求。施工过程中需重点控制以下技术要点：首先，在注浆孔口处需设置止浆塞并配套安装排气装置，以确保浆液灌注密实度；其次，注浆管末端与孔底间距应严格控制在250-500mm范围内。

4.2.3 注浆准备

第一步，准备注浆材料；第二步，架设并校准相关仪器；第三步，对注浆装置及输送管道进行润滑处理，防止长时间停歇导致施工效果下降。

4.2.4 注浆浆液

为确保注浆施工质量，浆液制备需与工程进度同步进行搅拌作业，防止因过早凝结导致材料失效。经充分搅拌后的浆液需达到20MPa的抗压强度标准。在施工过程中，必须采取严格的防护措施，避免外来杂质混入浆体而影响其力学性能。

4.2.5 锚孔注浆

为确保注浆效果，需实施二次注浆工艺。首次注浆压力应维持在1.0MPa以上，而二次注浆压力则需提升至3.0MPa以上。此外，为保证注浆充分，注浆管末端与孔底的距离应控制在200mm以内。在整个注浆及拔管作业流程中，必须确保注浆管口始终浸没于注浆液面之下。

4.2.6 注浆结束

注浆时，要重点关注锚孔孔口或排气管的状态，如果发现孔口冒浆或排气停止时，应立即结束注浆工作，然后将注浆工具清洗干净，以免浆液凝结在套管中。

4.2.7 注浆记录与试验

注浆施工过程中需合理配置操作、检测与数据记录

三类人员。其中检测人员需对各批次浆液开展强度测试工作,数据记录人员则需系统整理注浆过程的技术参数。3.3监测环节在实施监测前,需在分级平台及开挖边坡外侧土体布设位移观测点。施工阶段每2天进行一次周期性观测,工程完工后调整为7天一个监测周期。当遭遇雨雾等不利气象条件时,应适当提高观测频次并延长监测时间,以便及时调整施工参数,保障人员及设备安全。本工程采用MGH系列锚杆测力计配合GSJ-2A型检测设备进行监测,获取了为期40天的连续监测数据。监测结果表明锚索内力波动区间维持在90~120kN之间,各项数据均在设计允许范围内小幅波动,反映出锚杆支护系统具有良好稳定性,支护效果达到预期设计要求。

结语

综上,岩土工程边坡稳定性问题主要表现为卸荷松弛、蠕滑变形以及滑移坍塌等破坏形式。其成因机制可归纳为两类:一是自然地质因素,如风化剥蚀、地下水

渗透及地形条件等;二是工程人为因素,包括设计缺陷与施工偏差等。针对上述问题,应采取以下防治措施:降低坡顶附加荷载、完善排水系统、实施变形监测、规范施工工艺、严格执行建筑标准等。这些措施不仅能有效提升填方体力学性能,更能确保工程结构的整体安全性与长期稳定性。

参考文献

- [1]赵定金.基坑、边坡支护工程中容易被忽视的几个结构设计问题探讨[J].建筑结构,2022,52(S1):2654-2657.
- [2]张慧丽.边坡支护技术在土木工程施工中的具体应用[J].工业建筑,2021,51(9):271-272.
- [3]马天忠,安子申,周勇,等.拉力型锚杆合理锚固长度分析[J].长安大学学报(自然科学版),2022,42(5):43-51.