

自动测斜仪替代人工监测在边坡工程中的应用路径

倪剑峰

浙江同禾传感技术有限公司 浙江 嘉兴 314001

【摘要】：边坡工程长期依靠人工监测存在作业负荷高、效率偏低、数据采集水准波动明显等状况，固定式测斜仪受布设点位、探测区间狭小及运维开支偏高影响，难以开展大范围监测作业，轻量化便携自动测斜仪调整机械构造形式，完成测杆回转单孔重复检测，选用耐水耐腐材质增强使用时长与运行状态，可在各类复杂场地持续获取边坡形变相关数据。自动采集模式减少人力投入，压缩监测用时与各项开支，成为边坡监测实用备选方式，这类设备维持原有检测水准，兼顾布设灵活度与使用花销，适配各类场地普及运用。

【关键词】：固定式测斜仪缺点；轻量化便携式；机械结构优化；高精度测量；成本降低

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.089

引言

边坡工程所处地质环境复杂多变，形变监测工作关乎现场整体安全，传统人工测量依靠人力实操，作业速率偏低还易出现数值偏差，监测频次也难以达标，固定式测斜仪可长期输出连续监测数据，布设条件与日常养护条件却制约场地排布，无法适配大面积监测场景。轻量化便携自动测斜仪调整机械构造，搭配测杆回转结构完成单孔重复探测，选用防水防腐材质稳固运行状态，可适配各类场地快速布设并稳定收集形变数值，自动作业模式削减人力参与环节，压缩监测耗时并控制各项开支，推动边坡监测脱离传统人力模式走向智能管控，为工程现场安全筑牢技术依托。

1 边坡监测面临的传统挑战

1.1 人工监测效率低与误差问题

边坡工程人工监测依靠工作人员前往实地获取形变信息，这类作业模式存在明显运行阻碍，野外作业会受到场地地势与天气状况约束，工作人员身处危险坡面开展实操会消耗较多精力，不同人员开展作业或是不同时段获取的数值难以保持统一标准，坡面整体形变走向无法精准判定^[1]。实地可布设观测点位受人员配置与现场条件约束，信息获取间隔偏久，现场突发形变状况不能及时察觉，现场安全隐患随之上升，数值偏差除人为因素外，外界场地条件也会干扰实测结果，最终实测信息达不到稳定使用标准，沿用传统实地勘测模式拖慢整体作业节奏，坡面出现异常状况也无法及时处置，契合现代坡面工程实测信息相关标准存在较大难度。

1.2 固定式测斜仪部署局限

固定式测斜仪可不间断收集坡面实测信息，设备实地布设依旧存在诸多不足，设备安放需提前选定合适点位完成固定搭建，实地勘测覆盖范围无法灵活调整，地势起伏较大的坡面区域内，固定安放点位不能覆盖全部重点形变区域，汇总所得实测信息无法完整体现坡面整体变动状态。这类设备安放对场地地势有着硬性标准，整套安放流程耗时较长，狭窄陡峭区域更

会提升施工难度，设备投入长期使用后易受自然外力侵扰，外界各类自然因素都会打乱正常勘测状态，既定勘测形式无法快速更改观测角度增设勘测点位，场地实时出现的各类变动不能快速做出对应反馈。

1.3 长期维护成本高且数据不稳定

依靠人力与固定设备开展边坡监测，后续运维开支不断增加，测斜设备日常养护需专人排查运行状态，调校实测标准并梳理数据问题，耗费不少人力工时，雨水冲刷土体侵蚀与气温波动会损耗设备使用寿命，部件更换及故障检修频次随之上升，两类监测方式搭配使用难以维持数据平稳连贯，缺失异常数据还要到场复测，整体开支再度加重。监测范围逐步拓展后运维开销大幅上涨，地处偏僻或是危险坡面，物资运送与现场作业花销更高，数据波动除人为操作偏差外，设备易受外界环境干扰也会造成影响，坡面长期形变走势分析缺少可靠依据，高昂运维费用与数据波动问题，限制传统监测方式普及运用，也不利于坡面安全风险统筹管控。

2 自动测斜仪的设计优化方向

2.1 轻量化结构便于现场部署

轻量化设计成为自动测斜仪优化实地使用效果的主要方式，缩减设备整体自重并调整整体构造，设备可在各类地势坡面快速安置，减轻现场人员实操压力，分体式构造让设备转运与组装更为便捷，依照监测点位实际情形灵活拼装拆分，适配各类坡面实地环境，轻巧外形加快布设进度，设备安置于松软基面也能更好适配现场条件，缓解场地带来的安装阻碍^[2]。设备便携特性助力工作人员在狭小区域完成前期准备工作，减少配套工具使用，偏僻危险坡面也可完成常态化数据采集，新型轻质材质搭配结构调整，保留设备整体牢固度与实测平稳性，为实地数据采集筑牢硬件条件，设备保留全部实用功能的同时简化现场操作流程，灵活完成点位布设，为坡面监测工作打造更为高效的实用技术方式。

2.2 测杆旋转与单孔多次测量

设备构造调整能够改善实地采集效果,测杆回转配合单孔重复采集可提升实测数据实际效用,回转式测杆可在同一孔洞内完成多方位信息收录,拓宽实地勘测覆盖范围,填补点位不足形成的监测空白,单孔重复采集所得数据可相互参照整合,弱化偶然因素带来的数值偏差。设备内部构件经过合理调配,回转组件长期运转状态平稳,避免机械损耗引发数值偏移,多次收录整理的信息能够清晰呈现坡面形变走向,复杂地质区域也可维持数据连贯可用状态,依托回转式测杆设计,设备可在有限区域完成大批量信息收录,兼顾实操简易度与采集速度,为坡面监测工作积攒完整有效的实测资料。

2.3 防水防腐材料提升耐久性

坡面野外场地常年经受雨水冲刷、泥浆冲击以及土质腐蚀,这类环境对测斜设备长期运转提出较高标准,选用防水防腐材质能够拉长设备使用周期,长久维持实地采集数值平稳,测杆回转组件及外部壳体采用耐蚀材质打造,抵御潮湿空气化学物质与气温变动对设备构件及感应元件造成的影响。整体防水工艺保障阴雨潮湿场地依旧正常收录信息,隔绝水汽带来的运行干扰,材质挑选搭配表层防护工艺,提升设备野外运行状态,减少设备故障检修造成的作业停滞。

3 测量精度与数据可靠性提升

3.1 自动化测量减少人为干扰

自动化测量依托机电一体化形式完成信息采集,有效弱化为操作带来的数值偏差,现场作业无需人员反复介入,规避操作方式、观测视角与数值记录形成的数据起伏,设备依照既定流程定时收录边坡形变信息,保障时序层面信息完整连贯^[3]。设备自主运转降低危险场地人员作业负担,陡坡松软地层及恶劣天气中均可正常开展监测工作,实测信息可直接传送至储存与分析端口,免去手动录入整理产生的各类疏漏,弱化为参与的采集形式,更易理清坡面形变走向,为坡面安全管控提供有效凭据,提升整体监测运行效率与信息实用价值。

3.2 高精度传感器的应用与校准

传感元件品质直接决定测斜设备采集信息的真实程度,灵敏元件可捕捉细微位移变动,完整记录坡面微小形态改变,元件投入使用后定期完成参数调校,抵消气温波动、构件损耗及电路运行产生的数值偏移,调校工作完成后,设备在各类场地环境里均可维持平稳采集水准,为长期监测工作打下信息基础,传感元件搭配改良机械构造,提升多次实测结果的统一度与对照价值。元件传出的实测信息可适配各类形变研判模型,更快察觉坡面非正常形态变动,该类设备可同步掌握坡面整体变动与细微发展态势,为险情预判及工程方案制定提供科学参考。

3.3 连续监测确保数据稳定性

不间断数据收录是维系坡面形变信息完整均衡的重要途径,定时收录搭配实时留存的运行模式,可掌握坡面长短周期形态变化,填补信息空白引发的研判失误,多时段汇总的实测内容可相互对照修正,提升信息真实度与研判水准,设备持续运转过程中可及时察觉形态异动,方便管理人员实时掌握坡面实际状态。平稳完整的信息资源便于梳理坡面形态变化规律,也能为现场施工方案调整提供参考,不间断采集融合自动运行与精密传感装置,稳住实测信息品质与走势研判效果,复杂场地内搭建完善监测体系,助力坡面安全管控工作有序推进。

4 成本控制与运行效率改进

4.1 减少人工干预降低人力成本

自动测斜仪依托自主采集与数据整理,削减实地人力操作需求,有效压缩人力开支,传统模式需工作人员多次到场完成读数记录核对,该设备可自主持续收集边坡形变信息,缩减实地出勤频次,设备运行状态统一稳定,规避人为数值偏差,也不用因人员调配或操作问题重新复测^[4]。人力开支缩减之余,现场安全隐患随之下降,高危坡面实地作业频次大幅减少,数据自动留存省去人工二次整理工序,精简监测全流程耗时与各项花销,弱化人力参与既提升监测经济优势,也让设备在复杂场地平稳运转,给工程管控筑牢基础。

4.2 快速部署缩短监测周期

轻便分体式构造适配多样地形,加快设备安放进度,压缩整体监测用时,设备可依照坡面实况调整安放点位与勘测角度,短时间内完成组装启用,省去繁杂筹备施工流程,高效布设可满足高频次监测需求,及时应对坡面突发形变状况,让数据收集与风险把控更为及时,灵活布设形式让同一设备适配多处监测点位,提升设备利用率,减少重复购置开销。简易安装流程减少配套器械与运输物资使用,偏远危险区域监测工作更易开展,设备快速投用可短期内集齐完整监测资料,转变传统低效监测模式,助力工程统筹与方案制定。

4.3 设备维护简化整体投入降低

自动测斜仪选用坚固材质搭配优化构造,简化日常养护流程,减少整体资金投入,表层防护工艺与分体结构能抵御野外各类环境侵扰,阴雨泥泞场地依旧维持正常运转状态,日常养护流程更为简便,无需频繁拆装调校,减少专业人员到场次数,缩减日常运营花销,设备运行故障有所减少,配件更换与故障维修开支随之降低,长期使用更具经济优势。简易养护搭配自主采集模式,维持监测数据连贯规范,减轻日常管控压力,提升实际使用效益,设备耐用性能、简易养护模式与自主采集相互配合,平衡资金管控与运行效率,为大范围边坡监测提供经济实用方案。

5 自动测斜仪替代路径实践分析

5.1 复杂边坡环境下的应用案例

不同地质场地实地使用过程中,自动测斜仪展现出良好实用效果,陡坡软土及裂隙发育区域内,传统实地勘测作业难度大,信息收录断断续续还伴随安全隐患,这类设备依靠轻便分体构造快速布设,短时间内完成多点位数据收录^[5]。依托测杆回转与单孔复测形式,狭小空间内可收集完整坡面形变信息,及时察觉细微位置变动,提前预判各类异常状况,设备表层防护材质可应对多变天气与潮湿场地,维持长期稳定运转,避免信息中断与设备停运,各类实地项目均可适配该设备完成精准持续监测,为各类岩土工程安全管控积累实践经验。

5.2 技术优势与传统方法对比

自动测斜仪在数据采集、场地布设及运行节奏上,整体表现优于传统实测方式与固定监测设备,内部传感元件搭配改良结构,可精准捕捉坡面细微形变,维持信息完整稳定,传统人力勘测易出现数值偏差且采集间隔偏久,新型设备可自主收录信息并完成远程传送,剔除人为因素带来的不稳定影响。固定监测设备受安放点位与探测范围约束,轻便便携款式可灵活调整勘测角度,覆盖更多重点监测区域,完善整体监测内容,简易养护模式与防护材质削减长期运行开支,把控整体资金投入,设备综合性能兼顾作业速率与信息品质,适配各类复杂野

外场地,成为替代传统监测形式的实用途径。

5.3 整体可行性与推广价值评估

结合现场实操与资金投入来看,该类监测设备具备落地条件与普及意义,合理结构设计 with 外部防护配置,可适配各类规模坡面工程,快速完成布设并开展长期监测,自主采集模式减少现场人员参与,压缩人力开支同时规避作业风险,精准采集的数据也能为工程规划提供参考。简易养护流程与稳固设备性能提升实际使用效益,让监测模式兼具实用价值与经济优势,对比旧式监测手段,设备可在保障采集水准的基础上,搭建高效灵活且低成本的监测体系,满足大范围普及使用条件,实际应用证明此项技术落地难度偏低,还能切实提升坡面安全管控整体成效。

6 结语

自动测斜仪在边坡监测中的应用,实现了技术与工程实践的深度融合,轻量化结构、旋转测杆与高精度传感器协同作用,让仪器在复杂地形中灵活布设、连续监测,同时降低人工干预与长期维护成本,防水防腐材料保障设备在恶劣环境下稳定运行,确保数据可靠可用。相较于传统人工测量和固定式测斜仪,其不仅提升监测效率与精度,还增强边坡管理的经济性和可操作性,该技术具备广泛推广价值,为边坡变形监测提供了高效、可靠、低成本的可行替代路径。

参考文献:

- [1] 侯辉,陈明昊,刘爱超.机械结构优化下的水平井一趟多层喷砂射孔压裂技术[J].全面腐蚀控制,2025,39(12):324-326.
- [2] 赵梓儒,肖培光,荆赫.起重机械结构优化设计及质量提升措施探讨[J].中国质量监管,2025,(07):80-81.
- [3] 喻崇湖,袁强,文选跃,等.自动提升式测斜仪在软土地铁基坑监测中的应用[J].广东土木与建筑,2025,32(06):10-13.
- [4] 周挺,李乾.轻量化新媒体直播特技包装设计与实践[J].现代电视技术,2024,(02):48-51.
- [5] 李国儒,康健峰.边坡变形柔性测斜仪自动化监测系统在水利工程中的应用[J].水利水电快报,2023,44(03):107-110+116.