

# 浅析红层边坡综合勘察方法

鲁科 王灿\*

四川省第一地质大队 四川省地质工程勘察院集团有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2157

**[摘要]** 红层边坡在国内分布广泛,评价利用前进行详细勘察是基本前提。为了系统、全面、准备获取勘察数据,本文从综合勘察角度出发,分析了无人机运用、工程地质测绘、地质勘探、孔内电视等各种勘察方法在红层边坡勘察中的运用和受限情况,对红层边坡的勘察具有一定的参考意义。

**[关键词]** 红层; 边坡; 勘察

中图分类号: U416.1+4 文献标识码: A

## A Brief Analysis of Comprehensive Survey Methods for Red-Bed Slopes

Ke Lu Can Wang\*

Sichuan Provincial First Geological Brigade, Sichuan Provincial Geological Engineering Survey Institute Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Red-bed slopes are widely distributed across China, and conducting detailed surveys prior to evaluation and utilisation is a fundamental prerequisite. To systematically, comprehensively, and adequately obtain survey data, this paper adopts a comprehensive survey perspective to analyse the application and limitations of various survey methods—including unmanned aerial vehicle (UAV) deployment, engineering geological mapping, geological exploration, and borehole television—in red-bed slope surveys. The findings provide valuable reference for red-bed slope surveys.

**[Key words]** Red-Bed; Slope; Investigation

红层边坡勘察主要需要获取地形数据、岩体结构面数据、边坡风化与卸荷特征、砂泥岩地层和软弱夹层的分布、岩土体物理力学参数、水文地质条件、变形破坏特征及人类工程活动的影响等,为了更加全面和准确的对红层边坡进行勘察,需要通过综合的勘察方法进行研究,从而互相补充、相互验证,提高勘察精度,指导防灾减灾或利用红层边坡的目的。

### 1 无人机贴近摄影

贴近摄影测量技术流程主要遵循“由粗到精”的基本思路。首先,采用旋翼无人机针对被摄对象进行初次航摄飞行,获取被摄对象的初始地形信息;然后,根据初始地形信息进行三维航线规划,并将所规划的三维航线通过飞控软件导入旋翼无人机的飞行控制系统,以实现自动贴近飞行;最后将贴近飞行拍摄的大量图像导入半自动建模软件,经过空中三角测量计算、影像密集匹配、纹理映射等一系列流程,得到被摄对象高精度的三维实景模型。贴近摄影测量的实现主要基于无人机高精度定位技术以及无人机云台姿态控制能力<sup>[1]</sup>。无人机的高精度定位主要通过无人机自身集成的RTK系统来完成,可实现厘米级的定位精度。本文研究使用的大疆经纬M300 RTK无人机,在RTK FIX时,水平方向精度可达1cm+1ppm,垂直方向精度可达1.5cm+1ppm。对于斜坡陡峭、植被较差区域的红层边坡可以获取清晰准确的三维地形数

据和岩体结构面数据,但植被覆盖区则受限制,需要其它勘察方法进行弥补。

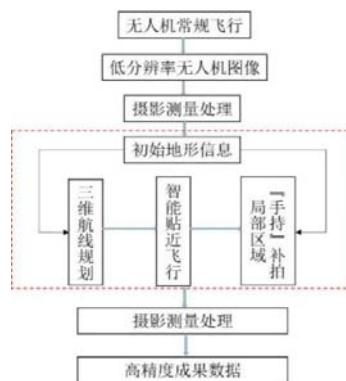


图1 贴近摄影测量技术流程图

### 2 机载LiDAR三维扫描

大多红层边坡局部或整体受植被覆盖,采用无人机贴近摄影受限,无法获取植被覆盖区域的岩体几何特征和结构面特征数据,此时可以通过对勘查的边坡进行机载LiDAR三维扫描<sup>[2]</sup>,此时航测属于航摄困难区域且作业区植被茂密,为保证飞行安全及激光雷达的有效穿透性,飞行载体宜采用多旋翼无人机平

台,激光雷达系统需采用具有多次回波技术设备。通过数据采集得到激光测距数据、POS数据和真彩色数码影像,利用航迹解算软件解算实时航迹线文件,再利用点云数据处理软件对飞机GPS航迹数据、飞机姿态角、激光测距数据、激光的扫描角数据、地面基站静态数据、地面控制点数据进行联合处理,得到各个测点的(X, Y, Z)坐标数据。经过对雷达获取的点云数据分析,滤除测区植被影响后,按照0.2米格网间距形成DEM成果,以获取植被覆盖区域的三维地形数据和主要的岩体结构面数据。

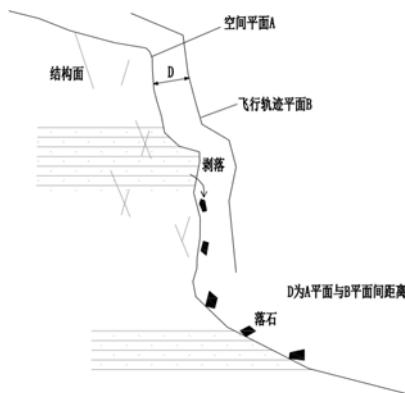


图2 贴近摄影飞行轨迹规划示意图

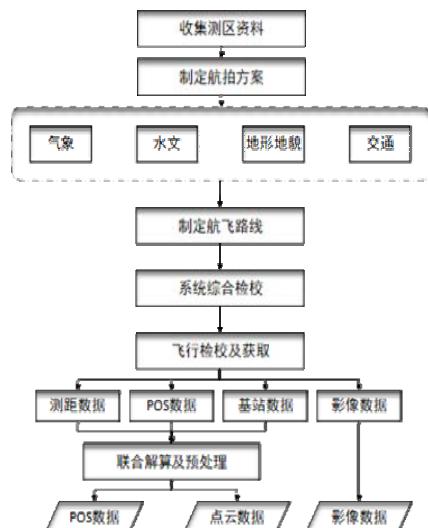


图3 机载LiDAR数据获取工艺流程图

### 3 工程地质测绘

工程地质测绘作为红层边坡主要勘察手段,要求勘察人员利用专业知识,通过线路穿越、点面结合等基本方法进行勘察,尽可能覆盖勘察区人员能够到达的区域,对于陡坡区在条件允许下可以安排蜘蛛人对难以到达的陡坡区进行勘察。勘察期间可利用皮尺、卷尺、测距仪、地质锤、罗盘、放大镜、三角尺等工具,对边坡岩体结构、风化卸荷特征、水文地质条件等进行详细勘察。对于作业人员难以到达的区域,宜借助小型无人机进行摄影调查,从多角度观察边坡的结构特征,尤其需要调查到外倾结构面、卸荷裂隙等控制性结构面的贯通性、起伏粗糙程度、充填物情况等,再结合贴近摄影三维模型进行相互补充,从而掌

握地形地质数据。在工程地质测绘过程中,对周边人群进行访谈亦是重要工作内容,了解边坡在过去的历史变化特征<sup>[3]</sup>,在暴雨、地震等一些特殊工况下的稳定性表现,对边坡勘察同样有着重要作用。有条件时亦可通过获取历史不同周期次的遥感影像,通过对比不同时期的卫星影像变化,掌握边坡历史动态变化过程。

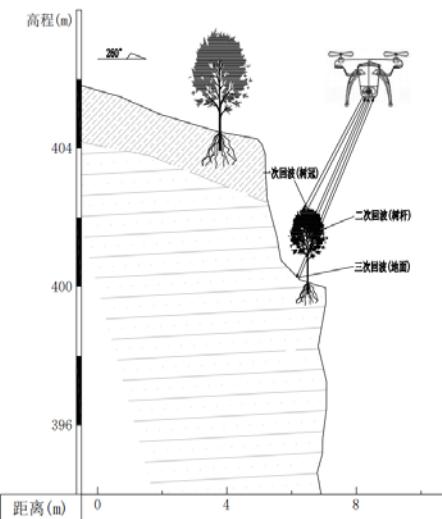


图4 机载LiDAR用于边坡勘察技术原理

### 4 钻探与槽探

通过布置勘探剖面,结合红层边坡特征,尽可能在边坡的上中下三个区域布置钻探与槽探工作,钻探宜采取植物胶护壁回旋取芯工艺<sup>[4]</sup>,确保取芯的完整性,一方面可以确定岩土体结构、岩体完整性、风化特征等,并获取岩样;另一方面利于判断软弱夹层的分布,若取芯较差,对于薄层的软弱带可能出现漏判情况。对于作业条件较差的边坡,可利用便携式背包钻作为补充手段,该类型钻机对于红层边坡的勘察适用性较好,便于搬运、钻进速度快、取芯尚可是其优势。钻探孔的深度应进入潜在滑移面或破裂面以下一定深度,避免勘察深度不足而达不到勘察目的。槽探方面的工作宜布置于边坡控制性边界处或拟设工程部位,在边坡坡顶可见卸荷裂隙或可能有卸荷裂隙分布区域进行布置作用较大,沿着可能发育的卸荷裂隙垂直方向,通过挖除覆土,形状不一定规则,以确定卸荷裂隙位置为准,从而控制边界条件,测量卸荷结构面基础数据。

### 5 孔内电视观测

红层边坡内部岩体结构特征是勘察的难点与重点,可利用孔内照相和电视的方法,直接观察孔壁岩石的裂缝或孔洞、岩层的破碎情况等。在勘察过程中,在典型斜坡地段,搭设脚手架和钻机平台,通过实施水平或倾斜钻孔后,将摄像头伸入到孔内,在外接设备上进行观察,分段进行编录,获取直观的内部岩体结构信息,重点捕捉结构面发育情况、裂缝位置与几何特征、软弱夹层分布等,对于确定边坡破坏模式、分析边坡的稳定性,以及后期防治阶段布置锚杆(索)、确定漏浆等均有很好的指导作用。

但此种方式在地下水发育地段、岩体很破碎易塌孔情况、边坡过于高陡无法搭设钻机平台等情况下使用受限,主要会导致雾化、掩埋摄像头从而无法达到勘察目的。

## 6 平硐勘探

对于复杂且重要的红层边坡,通过开挖平硐进行大断面揭露岩体内部可直观准确的确定风化卸荷、岩体结构、软弱夹层、裂缝的发育特征等,一般按宽1.5m、高1.8m的拱形尺寸进行开挖,开挖方式可采用爆破法,效率较高,若有噪音等限制,可采取水磨钻法进行开挖,但效率较低。平硐开挖成形后,地质人员沿开挖断面分段进行地质编录,获取岩体结构信息,确定不利结构面、卸荷特征等,同时在硐内还可进行现场岩体试验,获取岩体物理力学参数。该勘察方法深入岩体内部,获取信息丰富准确,但施工难度、安全风险和资金投入均较大,施工工期也较长,需充分论证后对红层边坡采取平硐勘察方法。

## 7 变形监测

为了掌握红层边坡在暴雨、开挖等工况下的变形特征,可综合利用地表和深部位移监测手段进行变形监测,地表监测通过建立基准点和变形监测点,基准点应建立在监测边坡外围稳定区域,通过人工或自动化测量手段,获取监测点的三维坐标,通过不同时间点的数据对比,综合反映地表位移情况;深部位移监测则掌握岩体内部变形特征,通过在钻孔内布置监测管,按一定周期测量孔内一定间距点处的变形数据,对比不同观测点的变形差异,可准确获取破裂面或滑移面位置。对于地表位移变形监测应合理布置于边坡的不同区域,同时应结合其它勘察方法获取的红层边坡基本特征,根据边坡不同区域的稳定性情况,在布置密度和监测频率上进行区别;对于深部位移监测应注意孔深须进入潜在破裂面以下一定深度,确保监测数据的可靠性,同时也应针对性的考虑布置密度与监测频率。

## 8 岩石试验

在对红层边坡勘察中,现场可利用回弹仪、点荷载仪等便携设备对岩石强度进行快速获取,这对边坡岩体质量初步判断有较好的作用,并且对于难以取样的全风化或强风化岩石适用性较好,在无须取样的情况下可进行原位测试。勘察中需进行室内

试验的样品,可通过钻孔岩芯、人工开凿等方式获取岩石试验样品,对于边坡局部出露的软弱夹层,应通过环刀取样,取样后及时送实验室进行分析,重点获取密度、含水率、抗压和抗剪强度参数,红层边坡中发育的软弱夹层或典型岩石样品还应测试其膨胀性、矿物成分等,遇水膨胀往往是一些红层边坡破坏的关键点,不同矿物成分决定了岩石的工程地质性质差异。最终的参数建议宜根据勘察目的,结合现场试验、室内试验、参数反算、工程地质类比等方式进行综合确定,同时根据后期工程施工揭露的地质条件可进一步深入研究,动态调整相关参数,优化方案,节约工程成本<sup>[5]</sup>。

总之,对于红层边坡的勘察,须结合勘察目的,综合运用针对性的勘察方法,不同勘察方法具有不同限制条件,不可盲目布置。在运用有效的勘察方法基础上,可系统、全面、精确的获取红层边坡的勘察数据,从而在后期评价分析、支护设计、综合利用等方面提供可靠的数据支撑。

### 参考文献

- [1]王凯.无人机贴近摄影测量技术在高陡危岩体结构面调查中的应用[J].城市勘测,2024(5):160-163.
- [2]娄骏.基于机载激光雷达的高速公路边坡勘察技术研究[J].交通世界,2024(28):81-83.
- [3]王志兵,唐鹏,王朝阳.红层的工程地质特性及其边坡破坏形式[J].福建建筑,2007(12):94-97.
- [4]魏雁宾.岩土工程边坡勘察难点及技术优化[J].中国新技术新产品,2024(2):110-112.
- [5]王智猛,邱恩喜,龚富茂.西南红层边坡分类及加固防护理念研究[J].路基工程,2021(2):9-14.

### 作者简介:

鲁科(1985--),男,汉族,四川广安市人,高工,工学硕士,研究方向:岩土工程与地质灾害防治。

### \*通讯作者:

王灿(1986--),男,汉族,山东人,高工,工学硕士,研究方向:主要从事水工环相关方面工作。