

奥维地图软件及小型无人机在山区公路工程地质勘察中的应用

李文强

(山西省交通规划勘察设计院有限公司, 山西 太原 030006)

摘要: 传统地质调查方法主要是徒步踏勘, 工作量大, 效率低, 耗时较长, 尤其在地形和地质条件复杂的山区, 有时往往还有一定的危险性。针对传统地质调查的不足, 该文以西北某山区高速公路地质调查为例, 在传统地质调查的基础上, 重点介绍两种新兴的技术手段在现代工程地质勘察中的应用及其优越性, 主要包括线位在奥维地图中的导入与导出, 各类地质调查点如何通过奥维地图和无人机精准定位来完成以及不良地质的排查, 尤其是隐伏构造、大型复杂滑坡和高位危岩体(滑坡)等地质灾害的调查。通过上述两种技术的应用, 使得外业地质调查工作更为高效、便捷和精确, 该项目各条线位总长约 170 km, 传统外业地质调查需要 1~2 月时间, 融合奥维地图软件和无人机技术后, 20 d 完成了外业地质调查工作, 并成功解译断层 22 条、排查 80 余处滑坡和崩塌体, 大大提高了工作效率和精度。

关键词: 奥维地图软件; 无人机; 公路工程; 高位危岩体; 三维激光扫描仪; 地质勘察

奥维地图软件和无人机技术目前已被广泛应用于地质调查中, 但很少将两者同时真正融入地质调查, 目前也缺乏相关资料的汇总与总结, 该文主要结合前人的工作经验和实际工作中遇到的问题和难题, 以西北

复杂山区某高速公路为例, 系统地阐述和总结奥维地图软件和无人机技术在工程地质勘察中的应用, 为类似工作提供一定的参考和帮助, 提高地质调查的效率和精度。

接关系到项目后期运行效益和道路通行能力。该文通过对栾川至卢氏高速公路走廊带方案拟定过程分析与研究, 提出了以路线长度、起讫点、辐射范围、路网结构、工程规模、政府意见 6 因素为评价指标的比选流程, 对栾川、卢氏县南北近 50 km 范围内拟定的 5 个走廊方案进行了综合比选, 最后选定路线便捷、起讫点位置最优、辐射影响面积大、路网布局均衡的方案 1 为推荐走廊带。山区高速公路的走廊带拟定是一个多因素宏观决策问题, 设计人员一定要在完善的前期资料收集和野外调研工作基础上, 加强与地方沟通, 最后针对多方案进行全方位比选, 得出最优走廊方案。

参考文献:

- [1] 吴华金, 张洪林. 山区高速公路选线[M]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
- [2] JTG D20—2017 公路路线设计规范[S].

- [3] 霍明. 山区高速公路勘察设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [4] 丁胜仁. 公路网结构优化理论与方法研究[D]. 长安大学博士学位论文, 2009.
- [5] 河南省交通规划设计院股份有限公司. 栾川至卢氏高速公路项目可行性研究报告[Z], 2018.
- [6] 徐小余. 山区高速公路走廊带方案比选思路分析[J]. 北方交通, 2017(10).
- [7] 王斌, 魏威. 工程可行性研究阶段山区高速公路路线走廊方案比选研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2014(5).
- [8] 马朋涛, 张江洪, 吴涛, 等. 咸旬高速公路土桥至赤道段路线方案研究[J]. 中外公路, 2017(S2).
- [9] 吴明先, 季新友, 董丽娜, 等. 山区地质灾害多发区公路选线策略[J]. 中外公路, 2017(S2).
- [10] 吴善根, 柳银芳. 乐昌至广州高速公路终点接线方案研究[J]. 中外公路, 2018(2).

收稿日期: 2020-12-27(修改稿)

作者简介: 李文强, 男, 硕士, 工程师. E-mail: 516004471@qq.com

1 项目概况

拟建公路位于甘肃省甘南藏族自治州舟曲县和迭部县境内,各路线方案总长约 170 km。项目区地处西秦岭南支西端与岷山山脉交汇叠加地带,白龙江上游流域(项目区位于两河口以上河段),属中国典型的高山峡谷区地貌。

项目区所处的白龙江干流上游区位于青、甘、川三省交界地带,为青藏高原东北缘的东昆仑构造带、西秦岭构造带、松潘甘孜构造带、岷山构造带、龙门山构造带等数个构造带的交汇衔接部位,也即复杂的构造结部位。上述构造带历经多个期次、多个旋回,褶皱断裂构造非常发育,尤其是进入新生代以来,周边活动性断裂构造密集分布,活动频度及强度较高。

项目区地层岩性复杂多变,沉积岩、变质岩和火山岩均有分布。该区地层的平面展布特点明显具有沿白龙江呈近东西向分布,且与流域一致呈条带状展布的规律。自条带中央至条带边缘地层由老至新依次分布,即总体上条带中心以志留系为主,两侧外围则以三叠系为主,其他地层多呈断续条带状展布。

综上所述,该项目路线长,断裂褶皱构造发育,地形地貌复杂多变,滑坡体、泥石流病害成群成带密集分布,不稳定自然高陡边坡隐患点极多。大大增加了地质调查的难度,按照传统的地质调查方法,很难在短期内准确地完成地调任务,在奥维地图软件和无人机技术的辅助下,将大大降低工作难度。

2 应用思路和方法

进行外业地质调查之前,先把路线平面线位导入到奥维地图软件中,主要利用软件的定位和拍照功能,随时掌握路线位置,准确规划调查路线,也为后期钻孔位置的定位提供帮助,定点采集照片信息,避免忘记拍照位置的可能,并根据卫星影像,辅助判断断裂构造位置和不良地质现象的位置和范围。对于调查人员很难到达的路线部位和不良地质体(尤其是高位不良地质体)的调查,可以借助于无人机技术,帮助识别路线附近的地层情况,有无不良地质分布,以及不良地质体的变形特征,为预测不良地质的稳定状态和防治措施提供帮助。因此,在奥维地图软件和无人机技术的帮助下,将大大提高工作效率和精度。应用的技术路线如图 1 所示。

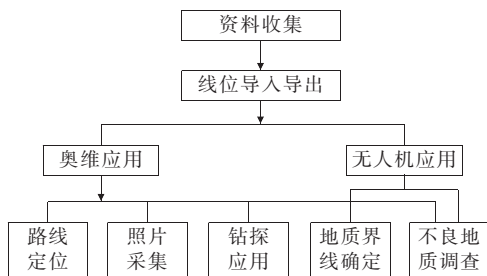


图 1 地调技术路线

3 线位导入与导出

3.1 线位导入

首先将拟建公路的 CAD 线位在 PC 端导入到奥维地图软件,再从 PC 端导出或同步到云端,导入到手机客户端,通过手机随时随地掌握自己的位置以及与线位的关系。

CAD 线位导入奥维地图软件的方法有多种,该文主要介绍一种通用的方法,使用关联点将 CAD 导入奥维。

首先是关联点的选取,一般选取 3 个关联点,如果路线长度较长且地形较复杂,可以适当多选择几个关联点,或者分段导入,关联点尽量沿路线均匀分布。关联点的选取非常关键,直接决定导入线位的精度,所以,关联点一定要选在能准确识别的地方,便于卫星图与 CAD 平面图能准确地吻合,关联点可以在路线上,也可以在路线附近,具体操作见图 2。

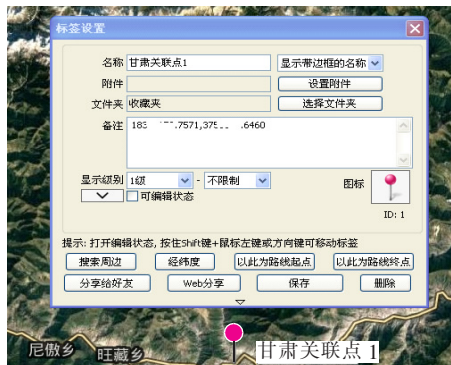


图 2 关联点标签图

关联点确定之后,在奥维互动地图添加关联点标签,在图 2“备注”栏填写关联点坐标,坐标系平面图上该点对应的坐标,直接填写 CAD 平面图读出的平面 X、Y 坐标,中间用英文的逗号分开,不用颠倒 X 和 Y 的坐标值。所有关联点均按照上述办法添加。

关联点添加完成后,将 CAD 平面线位另存为 dxf

格式,然后将 dxf 文件直接拖拽入奥维互动地图软件界面,将会出现图 3 所示界面。



图 3 关联点转换图

图 3 中“CAD 坐标设置”选择“关联点转换坐标”选项,然后点击“方案管理”栏,点击“添加”按钮,在“名称”栏输入项目名称,如图 4 所示,然后点击“添加关联点”按钮,出现图 5 界面,点击“添加”按钮,然后点击“选择标签”按钮,选择已建立的关联点,最后点击“开始解析”按钮,最终将线位导入到平面图,如图 6 所示。

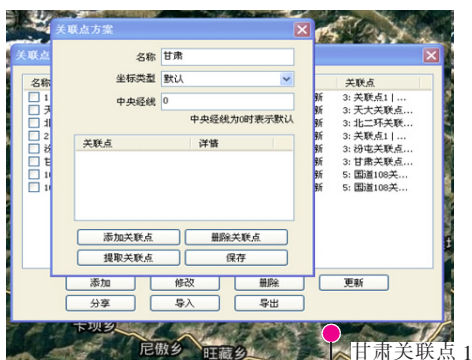


图 4 关联点转换图



图 5 关联点转换图

3.2 线位导出

将线位从 PC 端导入手机移动端方法有多种,该文主要介绍同步和文件传输的方式。

(1) 同步的方法

该方法主要应用于同一账号不同客户端之间的应用(一个账号可以绑定几个客户端)。



图 6 线位平面图

点击“用户”栏,然后点击“与云端同步对象”选项,在“文件夹”选项选择需要同步的对象,在“同步选项”栏选择“将本地对象上传合并入云端”,最后点击“开始同步”,平面线位就上传到了云端。

在手机端点击“收藏”“菜单”“同步”,然后在“文件夹”选项选择需要同步的对象,在“同步选项”栏选择“将云端下载对象合并入本地”,最后点击“开始同步”,解析完成,平面线位就成功导入到手机。

(2) 文件传输的方法

该方法应用较为广泛,方便同一项目不同专业小组人员之间的传输与共享。

在 PC 端“收藏夹”一栏单击需要导出的项目文件,然后点击右键,选择“导出”,弹出下列对话框(图 7),在“格式”选项中选择“KML Google”,最后点击“导出”,线位数据就被导出到电脑中,然后传输到手机上,用手机版“奥维互动地图”软件打开文件,平面线位即传输到手机客户端。



图 7 导出对象图

4 奥维地图在地质勘察过程中的应用

奥维地图在地质勘察的各个环节都能应用,该文主要从路线定位、地质界线确定、不良地质范围确定、地质勘探和照片采集等方面的应用展开介绍。

4.1 路线定位

外业地质调查一般采用 1:10 000 或 1:2 000 的地形图。1:10 000 地形图测量年代较久,地形和

地物均发生了变化,很难准确定位,而 1:2 000 的地形图往往图幅较小,在图幅之外很难定位,常常需要不断地找人问路,特别是长大隧道要穿越地形复杂的山区(无人区),基本没法定位,完全不知道自己所在的位置,以及与线位的关系,有时候盲目寻找,不但浪费时间还可能具有一定的危险性,降低了工作效率。

通过手机奥维地图定位,能随时随地掌握自己所处的位置以及与线位的关系。在奥维地图上能清晰地看到所在位置的道路情况,能顺利找到通往路线的最便利的道路,大大提高了外业调查的效率和精度。

4.2 地质界线确定

地质界线的勾画主要还是通过现场徒步踏勘并结合区域地质图来综合确定,通过奥维地图能进一步增加地质界线的精度。

路线地质调查主要沿路线附近进行踏勘,在基岩山区,受地形等因素限制,有时调查的内容比较局限,看不清全貌,例如断层、土石分界线的分布。

奥维地图能弥补以上工作的不足。在基本确定断层出露位置后,能通过奥维地图获取附近整体地形地貌条件,通过地形地貌(如垭口、断层崖等),判断断层的延伸方向;在植被稀少的山区,通过奥维地图能清晰地看出土石分界线分布,对现场调查工作进行复核和验证。

4.3 不良地质范围确定

野外调查期间,受图纸精度、地物和地形变化等因素影响,一些不良地质的边界很难准确地反映在图纸上,尤其是大规模或大范围的不良地质,实测难度又比较大,如堆积体、尾矿库、崩塌和滑坡等。

在调查期间,路线附近有多处石料厂,露天开采,弃渣分布面积大,石料厂和弃渣的位置和范围很难确定,利用奥维地图软件,这些问题将迎刃而解,在奥维地图上圈出弃渣边界(图 8),然后在“收藏夹”中选中需要导出的文件,点击“右键”,选择“导出”,保存成

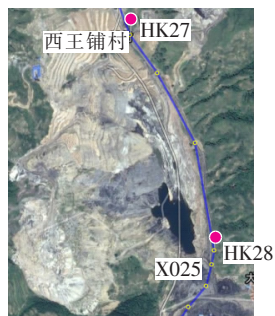


图 8 弃渣范围

dxg 格式,按原坐标粘贴到平面图即可。

4.4 地质勘探中的应用

线性工程路线跨度较大,一般穿越多个地貌单元,地形破碎,地势起伏大,在山区公路工程中尤为显著,无疑增加了地质勘探工作难度,其中一方面就是钻孔的定位,线位的桩子大部分被人为破坏,加之地形复杂,要花费大量的精力寻找钻孔位置。

通过手机奥维地图定位,能随时随地掌握自己所处的位置以及与孔位的关系,轻松到达孔位,大大提高工作效率。

4.5 照片采集

在外业地质调绘期间,需要拍摄大量的照片,一般情况下,照片整理周期为一天(有时会更长),即调查一天之后,晚上回去整理当天的照片,线性工程地域跨度较大,照片采集量较大,有时往往混淆照片所对应的拍摄地点,需要重复调查拍照,影响调查的效率和精度。

随着智能手机的发展,手机拍照完全能满足工作需要,更重要的是利用手机版奥维互动地图软件的拍照功能能精准地定位,避免了上述出现的问题。

首先,线位已成功导入手机中,打开软件,将屏幕上的“黄色十字标”(图 9)移至拍照的地点或对应的桩号位置,点击屏幕右上角“照相机”图标(9),拍照即可,拍摄的照片自动显示在拍摄的位置。如图 9 所示为线位附近几个“照相机”图标。

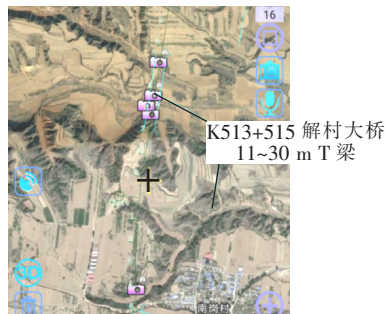


图 9 拍照界面

5 无人机的应用

随着无人机技术的发展和应用,目前无人机已被广泛应用到各类工程建设中。项目区属典型的高山峡谷区地貌,位于多个构造单元带,褶皱断裂构造非常发育,地层岩性复杂多变,不良地质密集发育,地质调查工作难度非常大,好多地方都不能到达,传统的地调方法无法保障工作的精度,在无人机的帮助下,工作的精

度和进度将会进一步得到保障。结合项目区工程地质特征,该文主要介绍无人机在地质构造和不良地质等方面调查的应用及优越性。

5.1 地质构造调查的应用

项目区断裂构造非常发育,尤其是进入新生代以来,周边活动性断裂构造密集分布,受表层岩土体影响,大部分断裂构造具隐伏性,调查难度较大。

传统的调查方法就是发现断层出露的位置,然后根据地形地貌、地层岩性等条件初步判断断层的走向,最后去追踪断层,寻找下一个出露位置,探明其延伸方向,在地形复杂的地区,通常追踪断层耗时较长,耗费体力,甚至还存在安全隐患,但结果有时候都不尽人意。在地形复杂、人员到位困难的地方,可以借助于无人机,能规避风险,提高效率和精度,用无人机沿断层可能的延展方向所在区域进行航拍,根据现场地形地貌、地层岩性等进行解译判断,并结合区域地质资料进行综合分析,最终确定断层的产状。

5.2 不良地质调查的应用

项目区不良地质发育主要为崩塌、滑坡,该文主要介绍无人机在巨型滑坡、高位崩塌体(滑坡)等不良地质调查中的应用及优越性。

巨型滑坡一般平面面积分布较大,由于地形原因,有时候很难掌握滑坡体全貌及变形破坏迹象,借助奥维地图和无人机,首先通过奥维地图从地貌上初步识别滑坡的范围,然后利用无人机航拍,获取大范围的图像资料,结合航拍资料,确定滑坡的边界和范围,最后利用无人机获取滑坡体局部变形的图像资料。掌握滑坡体的范围边界以及变形特征,为滑坡体的稳定性分析提供十分重要的依据。

高位崩塌(滑坡)一般具隐蔽性,高程较高,势能大,临空条件好,具有突发性,且破坏力强,排查与调查难度较大,如四川茂县滑坡,属于典型的高位崩塌(滑坡),破坏机制为“高位远程崩滑碎屑流”,目前对高位崩塌(滑坡)的调查主要借助于无人机和三维激光扫描仪,无人机能捕捉到无法看到的地质现象,并对地质现象的整体和局部特征进行收集,通过采集到的影像资料对地质现象进行室内解译、分析和评价等,排查和确定该地质体是否为不良地质,最后采用三维激光扫描仪对不良地质体进行现场扫描,可以准确识别和解译出长度 20 cm 以上的裂隙(包括其迹线空间位置、产状等信息),位置偏差 ± 3 mm,自动建立三维空间模型和点云测量数据库,其点定位精度可达到毫米级,通过室

内解译,确定不良地质体的范围、规模和变形特征等,为不良地质体的评价提供依据。

无人机在公路工程中的应用还有很多,在设计阶段可以利用无人机航拍技术和 BIM 技术对全线和单个工点建立模型,结合地形和地质条件进一步验证和核实设计的合理性,提高工作的效率和精度,在施工阶段也能提供技术支持,方便施工人员对各个构造物作出正确理解,进一步节约成本,缩短工期。

6 结论

(1) 奥维地图能给现场工作提供大量的便利,调查人员随时知道自己所处的位置及与线位的关系,省去了问路、找路的环节,大大提高了工作效率。

(2) 奥维地图在不良地质调查、钻孔定位和照片采集等方面提供强大的技术支撑,进一步提高工作的精度和效率。

(3) 无人机在构造和不良地质等方面的调查中发挥至关重要的作用,解译隐伏构造、排查隐蔽不良地质体,进一步规避路线方案选择的风险性。

(4) 融合了奥维地图软件和无人机技术后,大大缩短了外业工期,并成功解译断层 22 条、排查了 80 余处滑坡和崩塌体,提高了工作效率和精度。

参考文献:

- [1] 李军. 基于地震灾区无人机遥感的地形图制作及三维重建技术研究[D]. 西南交通大学硕士学位论文, 2009.
- [2] 赵建军. 公路边坡稳定性快速评价方法及应用研究[D]. 成都理工大学博士学位论文, 2007.
- [3] 冯光乐, 罗蓉, 凌天清, 等. RMR 法在公路边坡应用中的几点修正[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2002(6).
- [4] 石豫川, 王哲, 万国荣, 等. 山区高等级公路边坡岩体分级研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2005(6).
- [5] 乔东华, 唐然. 某高速公路边坡动态优化设计[J]. 中外公路, 2007(3).
- [6] 张倬元, 王士天, 王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [7] 黄润秋. 岩石高边坡发育的动力过程及其稳定性控制[J]. 岩石力学与工程学报, 2008(8).
- [8] 江木春, 卢中, 袁锐. 卫星遥感网络数据在公路地形测量中的应用[J]. 中外公路, 2020(5).
- [9] 邵艳, 余绍淮, 徐乔. 基于机载激光扫描的山区高速公路环保选线研究[J]. 中外公路, 2019(3).