

飞马 D300 无人机在铁路沿线安全环境治理工作中的应用

黄振卫 张廷雷

【中铁工程设计咨询集团有限公司郑州设计院】

摘要：

在铁路沿线安全环境治理工作中应用飞马 D300 无人机进行正射影像数据采集及线路两侧的全覆盖视频拍摄，通过 ArcGIS、After Effects 软件的处理输出加载铁路相关信息的正射影像成果及视频成果，解决了传统的铁路沿线安全环境治理工作准确度差、作业效率低、人员风险高、取证难及取证滞后的行业痛点及难点。

关键词：

安全环境；空中排查；建卡立档

1 引言

铁路沿线安全环境直接关系到铁路运输安全畅通。随着我国铁路特别是高速铁路运营里程不断增加，改善铁路沿线安全环境对保障铁路高质量发展和人民群众生命财产安全的作用更加突出^[1]。

为加强铁路沿线外部安全环境管理，确保铁路运输安全，结合铁路外部环境变化快、难以监控的特点，需要对铁路沿线进行航拍，重点监测铁路两侧 250 米范围内的彩钢瓦、石棉瓦、树脂瓦、简易房、塑料薄膜、防尘网、广告牌等轻质物体，以便实时掌握铁路外部环境变化情况，充分利用先进仪器影像及视频监控防止和减少外部安全环境隐患引发的铁路安全事故，达到人防、技防的保障目的。

2 项目概况

本项目全长 320km（包含**高铁 100km、**高铁 220km），为高速运营线路，沿线安全环境治理工作中的隐患排查航拍安全要求高，另外项目作业区域大部分为城市建成区，人口稠密、高层建筑耸立、电磁环境复杂、**高铁沿线 100km 范围内有两座机场存在禁飞区 20km 左右，为本次高铁沿线环境隐患排查航拍工作带来一定的难度。

主要工作内容是完成全长 320km，带宽 500m，0.05m 分辨率彩色数字正射影像 DOM 数据 160.00km² 的制作及全长 320km 视频拍摄线路两侧，拍摄视角前倾 45 度，两侧拍摄宽度各不少于 100m 的 640km 的视频制作。

3 技术线路

为完成铁路沿线两侧 250 米范围内的彩钢瓦、石棉瓦、树脂瓦、简易房、塑料薄膜、防尘网、广告牌等轻质物体隐患排查，保障铁路安全畅通，确保人民群众生命财产和铁路运输安全。

为实现上述目标，本次利用飞马 D300 无人机开展全线的正射影像数据采集及线路两侧的全覆盖视频拍摄，其技术路线（图 1）如下：①首先通过收集铁路技术资料台账，恢复既有铁路线位；②通过关联点坐标系把既有铁路线位导入奥维软件导出线路的 KML 数据；③使用可携带正射模块 D-CAM310 镜头及可见光视频模块 D-E0V100 镜头的飞马 D300 无人机

开展全线的正射影像数据采集及线路两侧的全覆盖视频拍摄；④使用飞马无人机管家测量版软件将无人机获取的高精影像照片制作数字正射影像 DOM 成果；⑤使用 ArcGIS 软件对全线数字正射影像成果进行编辑，加载铁路中线里程、地界、安保线等信息，对两侧 250 米范围内的彩钢瓦、石棉瓦、树脂瓦、简易房、塑料薄膜、防尘网、广告牌等轻质物体进行标注，并重点标注线路经过的主要道路和河流标注名称和里程，最后通过 ArcGIS 软件将航测图切片入库发布，供铁路管理单位使用；⑥使用 After Effects (AE2019) 软件对线路两侧的视频拍摄成果进行编辑，并在视频中线路上标注半公里标、公里标及沿线主要公路、河流、车站、隧道等标志性区域名称，两侧分别标注 50m 黄线、100m 红线；在视频右上角标注拍摄线名、区段及起止里程；⑦提供铁路管理单位“建档立卡”，精确整治。

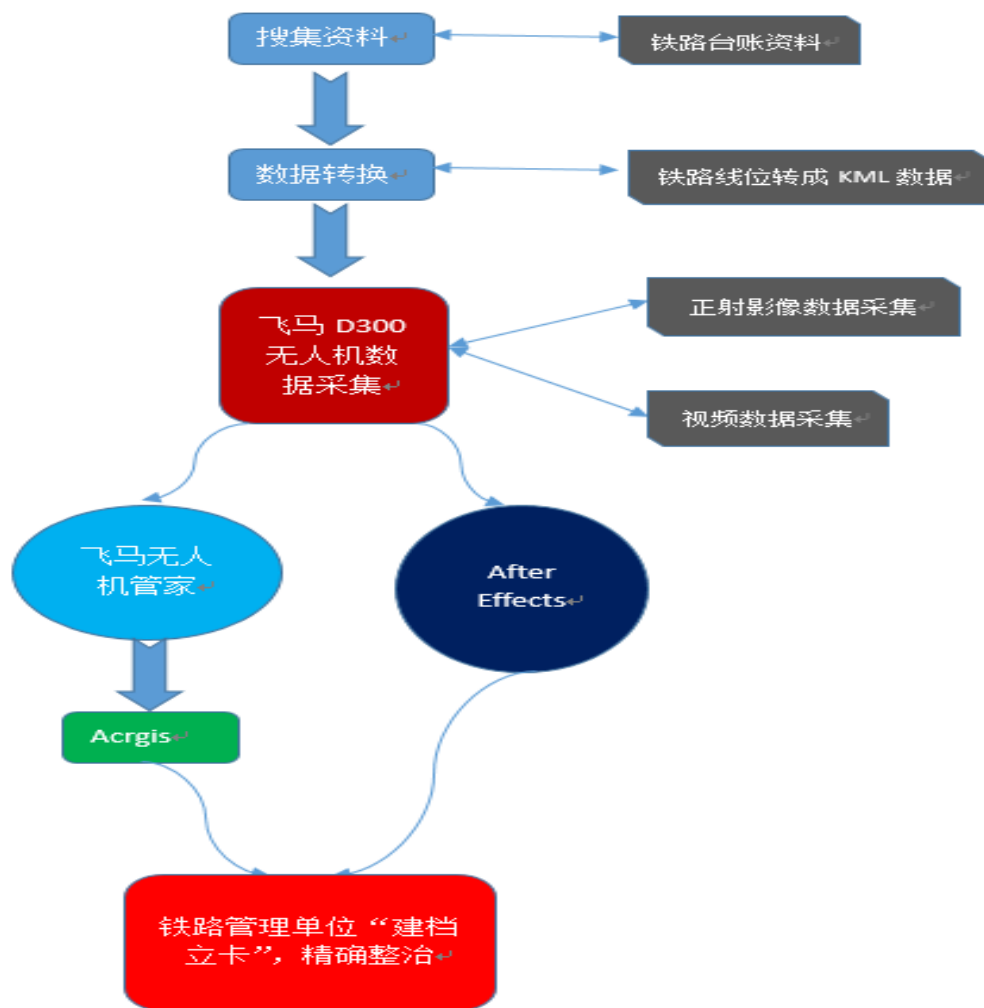


图1 基于飞马 D300 无人机铁路沿线安全环境治理技术路线图

4 实际作业流程

飞马 D300 是飞马机器人推出的一款基于高性能旋翼平台的一体化高精度航测/遥感/侦察系统。D300 主打视频应用，标配视频模块及高精实时图传系统，结合无人机管家软件及飞马云播系统，具备实时视频监控及远程视频传输能力；同时 D300 也可根据客户需求选配差分基站及正射、倾斜、LiDAR、热红外遥感、多光谱等模块，实现高精度航测/遥感应用。该型无人机具有高景谷航测、单兵作战成本低、起飞场地要求低、拆装方便、免像控精度、模块化任务、精准仿地飞行的诸多优势。

D300 飞行平台主要技术参数（图 2）如下：

对称电机轴距：988mm
 飞行高度：4500m（海拔）
 飞行距离：10km（300 米高）
 巡航速度：14m/s
 最大爬升速度：10m/s
 最大下降速度：8m/s
 自动跟踪速度：20m/s
 续航时间：48min；（单架次海平面悬停）
 抗风能力：5 级（正常作业）
 任务响应时间：展开≤10min，撤收≤15min 视频模块
 起降方式：垂直起降
 工作温度：-20~50° C
 飞机外包装箱尺寸：1038×475×366.5mm
 地面站系统外包装箱尺寸：640×505×280mm



图 2 D300 飞行平台主要技术参数

航测模块参数（图 3）如下：



D-CAM300

可支持航测和倾斜作业

云台	两轴增稳云台
相机型号	SONY RX1RII
传感器尺寸	35.9×24mm
有效像素	4200万（7952×5304）
镜头参数	35mm（定焦）

图 3 航测模块参数

可见光视频模块参数（图 4）如下：


D-EOV100 	视频机芯	视频分辨率	1920*1080
		视频帧率	25fps
		变焦倍数	30倍光学变焦
		传感器尺寸	1/4英寸
		增稳云台	三轴增稳云台
		机载视频存储	支持
		编码格式	h264
		数据大小	7.5 GB/h
		连续录制时长	2h
		图传参数	压缩标准
传输协议	私有协议（可根据需要提供AES256/AES128数据加密）		
工作频段	2.3GHz~2.7GHz		
发射功率	100mW~300mW		
信道带宽	10MHz		
传输距离	10km		

图 4 可见光视频模块参数

本项目外业作业 7 天，完成全线 320km 的正射影像数据采集及线路两侧的全覆盖视频拍摄。其中正射影像数据采集 160km²，航向重叠率 80%，旁向重叠率 60%，照片拍摄分辨率 5cm/像素；线路两侧的全覆盖视频拍摄长度 640km，拍摄视角云台角度 45 度，飞行高度 150m。

4.1 无人机正射影像数据及视频拍摄数据获取方法

无人机正射影像数据及视频拍摄数据获取作业主要包括现场勘察、方案设计、空域申请、航线规划、像控测量、外业航飞、质量检查、成果提交等内容，作业流程具体如图 5 所示。

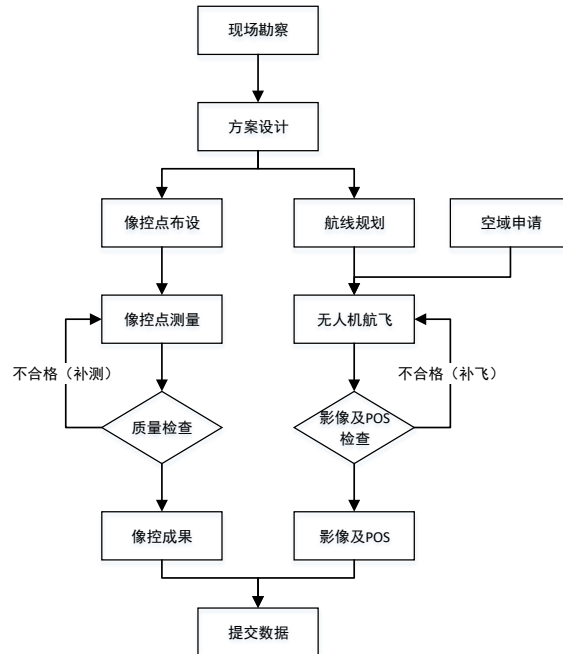


图 5 外业数据获取流程图

4.1.1 方案设计

航测任务作业前，需要到现场了解作业区的地形概况和地貌特征，包括居民地、道路、水系、植被等要素的分布及主要特征、地形类别、困难类别、海拔高度、相对高差、高大建筑物的位置和高度、高压线塔的位置及走向。

熟悉现场情况后，进行航线规划。航线规划之前需要根据需求确定航测范围、航向重叠度、旁向重叠度和影像分辨率等指标的参数，同时考虑现场风向、高大地物和现场相对高差选择合适飞行器及荷载，根据相应的飞行器和荷载完成航线规划工作。

结合测区实际情况及技术设计书要求，航线设计时，测区统一按照航测技术指标（GSD：0.05m、航向重叠度 80%、旁向重叠度 60%）设计航线（图 6），其中视频拍摄技术指标：云台角度 45 度，飞行高度 150m（图 7）。

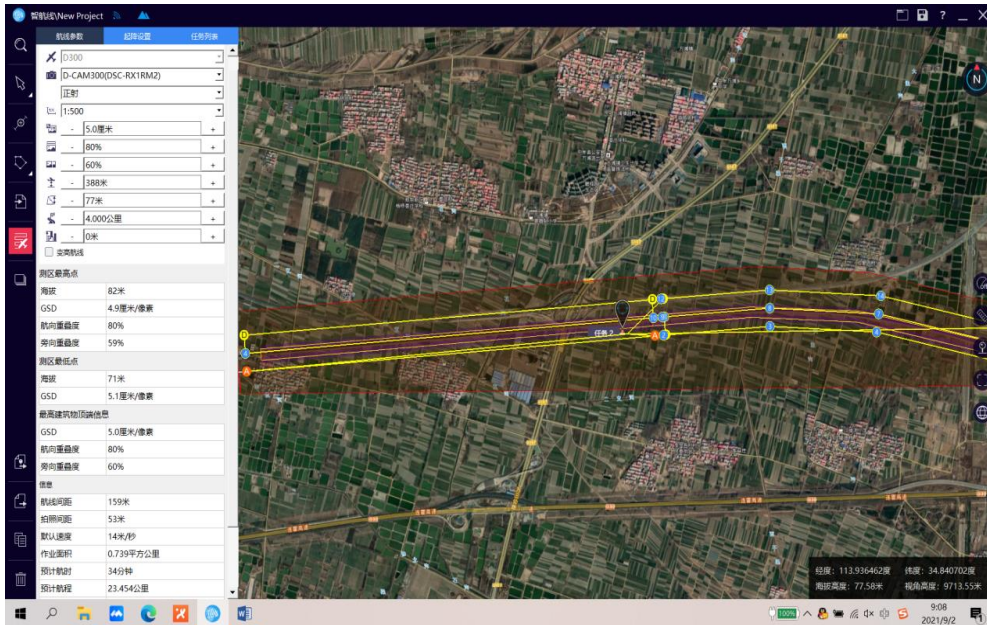


图 6 正射影像获取航线规划

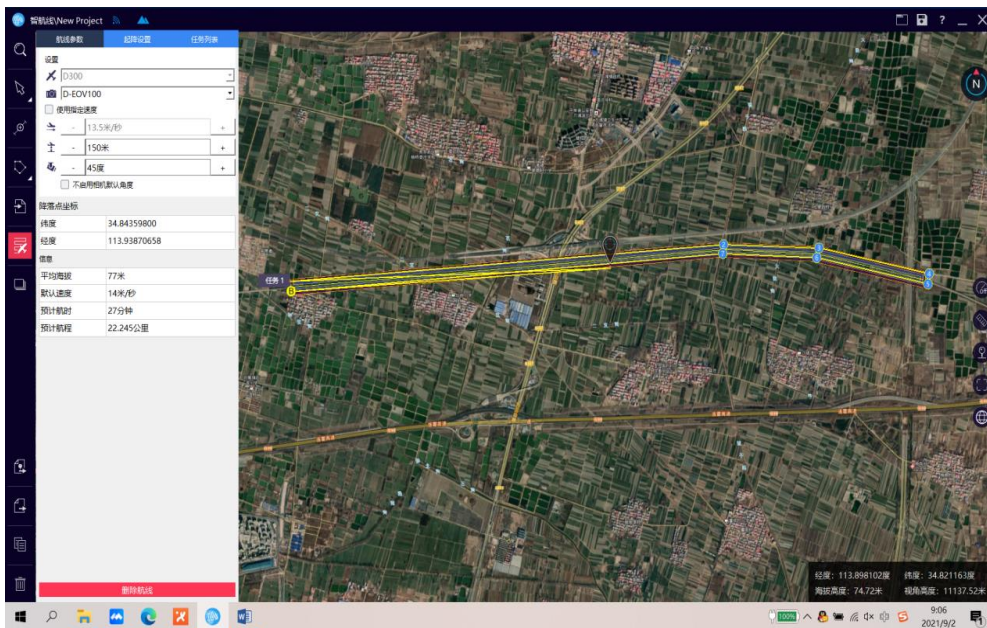


图 7 视频拍摄航线规划

4.1.2 空域申请

根据航测范围提交相应的材料，申请相应的空域，等待审批通过之后着手准备外业航测。

4.1.3 航测作业

进入测区前，使用奥维软件对可能符合起降要求的地点进行标注，并记录坐标。到达测区后，优先对预选地点进行查勘，同时对未标注但符合起降要求的场地进行查勘。

航测之前要选择一个开阔平坦的场地，一切准备就绪后，机组人员边在选好的起降场等待合适的航摄天气，边对航摄硬件进行检查维护，确保设备处于最佳状态。待到能见度好，

风速 3 级以下天气时，进行航空摄影，争取在同一架次或相似的气候条件下执行航测任务。

飞行过程中时刻关注飞机的姿态、风速、电量等各项参数是否正常，如遇到不适合继续作业和威胁到飞行安全的情况则马上返航。

4.1.4 像控布设及测量

为了提高空三精度，需要布设像控点。像控点布设和测量需执行以下技术要求：

- ◇ 像片控制点的目标应清晰、易于判别和立体量测，如选在交角良好（ $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ ）的细小线状地物交点、明显地物拐角点，同时应是高程起伏较小易于准确定位和量测的地方；
- ◇ 对于像片控制点选择困难地区，可以航测前布设“L”标志，如图 8 所示：



图 8 飞前像控点标志示意图

4.1.5 数据检查

航测数据传输结束后，检查照片数与 POS 点个数是否一致，并逐张检查照片质量。随后对像片俯仰滚转角进行统计，统计结果满足航测要求后方可使用。

在像片满足技术要求的情况下，使用无人机管家的智检图模块进行质量检测，确保航片覆盖范围、重叠度以及影像质量满足要求。

4.1.6 成果提交

影像、POS 数据及视频成果，按照“项目名称里程段+航飞日期+航飞架次”的方式为每个架次的数据命名，根据航测日期和架次号分文件夹存放。像控测量成果则根据内业处理要求整理好数据格式和点之记格式统一提交。

4.2 正射影像数据处理

无人机正射影像空三处理采用的是无人机管家。首先将影像、解算好的 POS 数据、相机参数等数据导入无人机管家软件，对影像进行初始纠正并保存，利用经初始纠正的影像进行特征点提取及空三计算，然后导入野外像控点进行空三优化，导出无畸变影像及空三成果，最后生成正射影像成果和数字高程模型。

5 成果输出

5.1 数字铁路成果发布

使用 ArcGIS 软件对全线数字正射影像成果进行编辑，加载铁路中线里程、地界、安保线等，对两侧 250 米范围内的彩钢瓦、石棉瓦、树脂瓦、简易房、塑料薄膜、防尘网、广告牌等轻质物体进行标注，并重点标注线路经过的主要道路和河流标注名称和里程，最后通过 ArcGIS 软件将航测图切片入库发布（图 9、图 10、图 11），提供铁路管理单位使用。

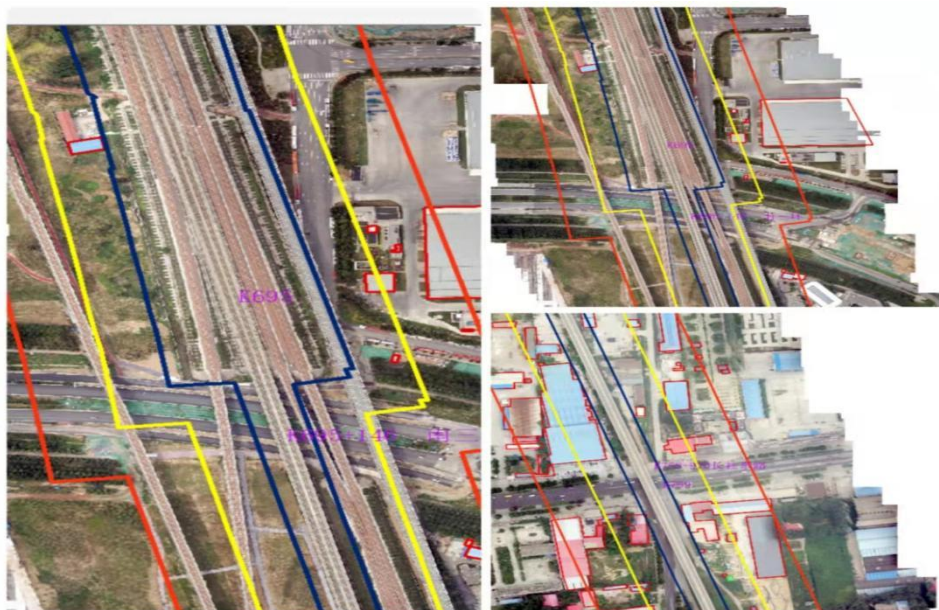


图 9 使用 ArcGIS 软件编辑处理正射影像图

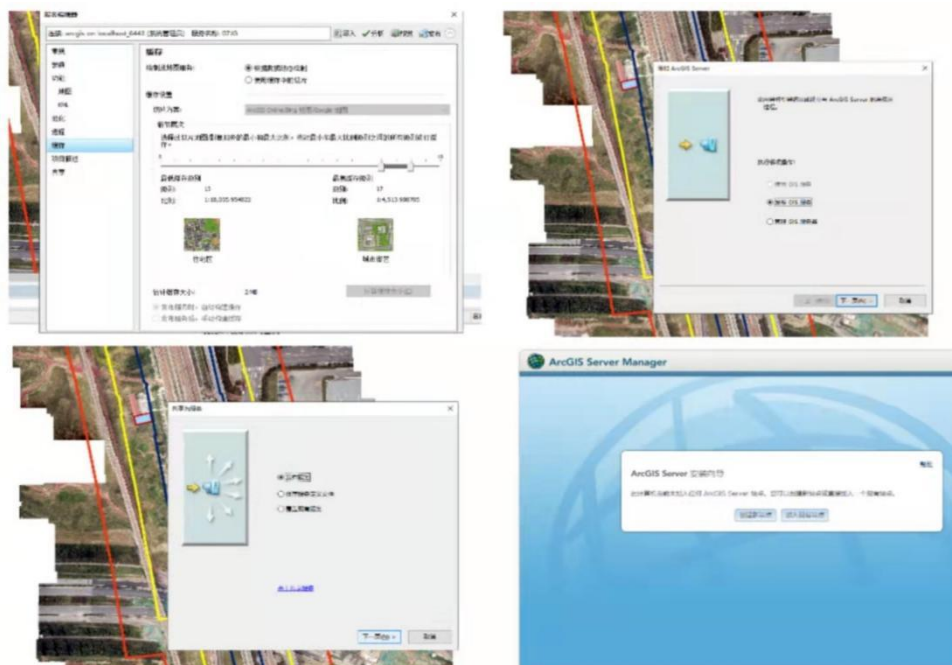


图 10 使用 ArcGIS 软件进行正射影像成果发布、切片

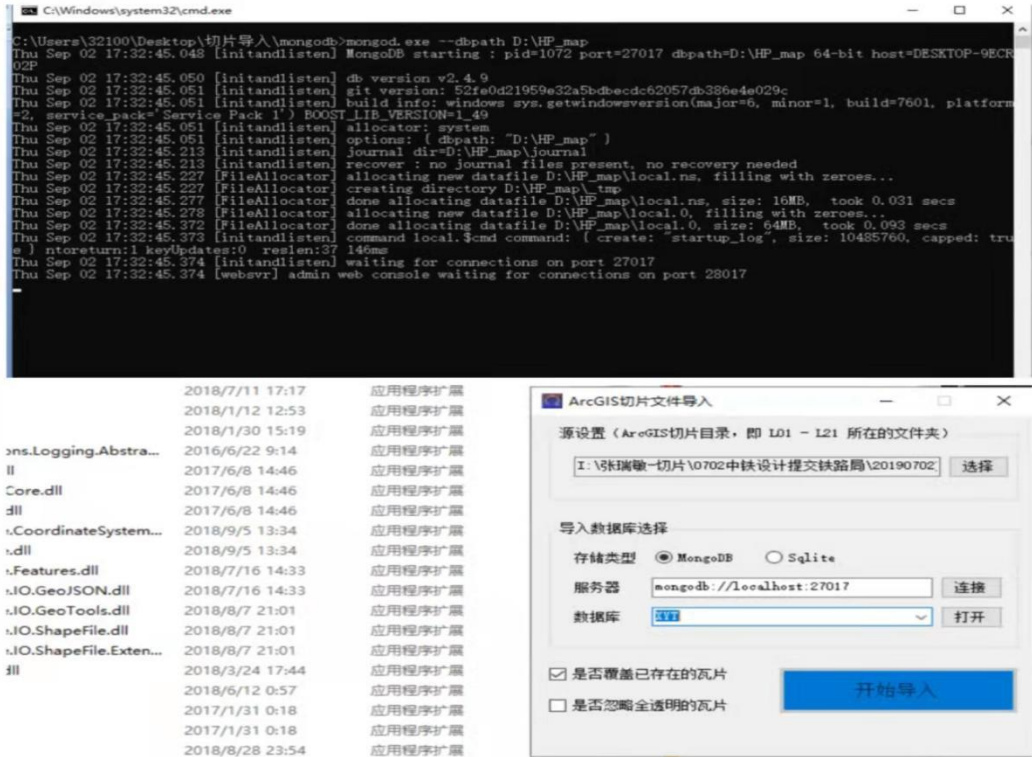


图 11 通过 ArcGIS 软件将正射影像成果切片入库

5.2 全线视频成果输出

使用 After Effects (AE2019) 软件对线路两侧的视频拍摄成果进行深入解析编辑，通过跟踪反求、加载画线、建立实底、成果导出 (图 12、图 13、图 14、图 15) 等步骤在视频成果线路上标注半公里标、公里标及沿线主要公路、河流、车站、隧道等标志性区域名称，两侧分别标注 50m 黄线、100m 红线；在视频右上角标注拍摄线名、区段及起止里程。

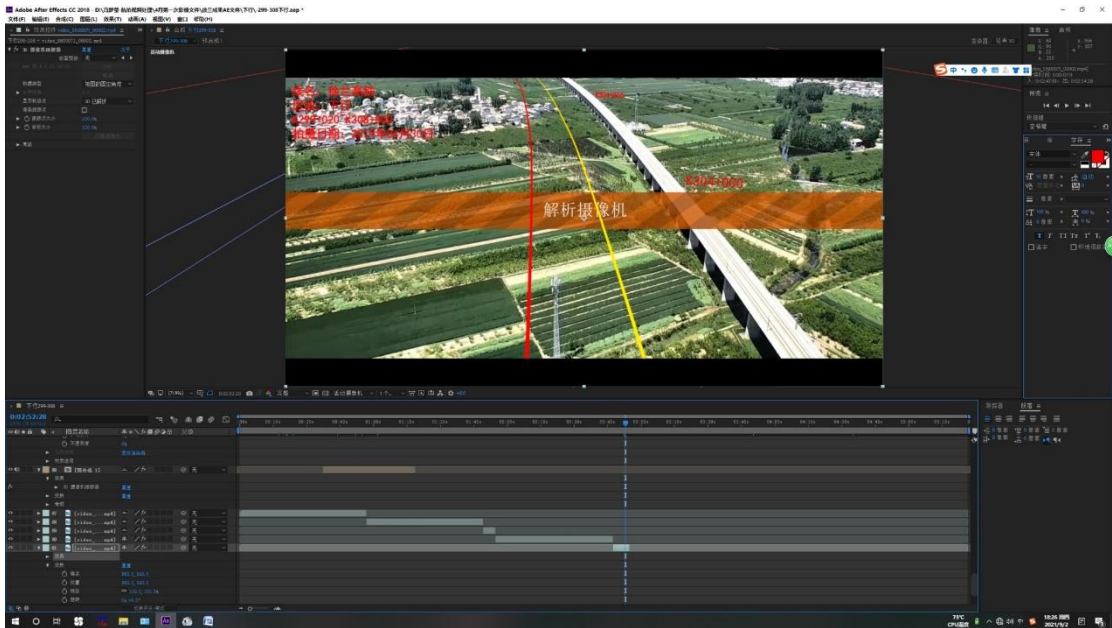


图 12 跟踪反求

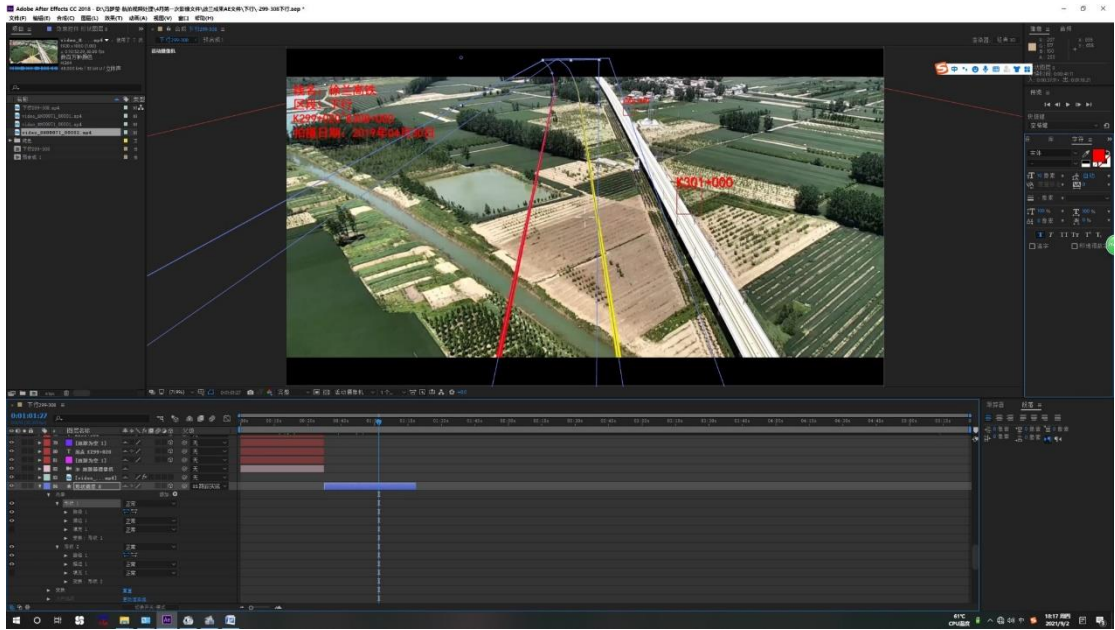


图 13 加载画线

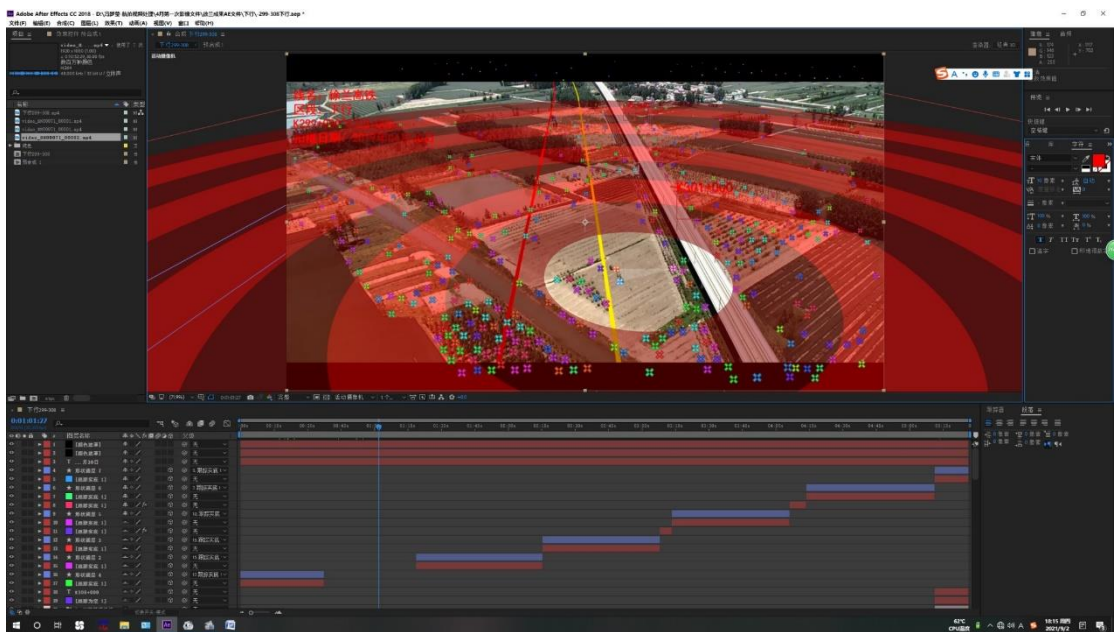


图 14 建立实底



图 15 视频成果

6 解决生产问题与创新应用

传统的铁路沿线安全环境治理隐患排查是通过铁路工务人员沿铁路两侧一定范围内进行普查登记,详细调查影响铁路运营安全的各种外部环境物体,但是铁路沿线往往没有道路,区域分布广、跨度大,排查费时费力,甚至有些地方人员都难以到达,消耗大量人力物力的同时还伴随着极高的安全风险,而且调查效率不高、取证难、取证滞后,最后只能初步统计沿线的概略环境隐患物体,并不能实现精准量测及统计做到对铁路沿线安全隐患进行“建档立卡”。

首先无人机航测生产的正射影像成果和视频成果,通过 ArcGIS 软件的深入编辑并切片入库发布及 After Effects 软件对线路两侧的视频拍摄成果进行深入解析编辑,铁路管理单位就可以在室内对铁路沿线两侧现有彩钢瓦、石棉瓦、树脂瓦、简易房、塑料薄膜、防尘网、广告牌等轻质物体进行扫描式的拍照取证、视频记录关键信息,实现数字化“建档立卡”。

其次由于对线路进行全覆盖拍摄,建立视频、图片影像资料库,为每一条线路编码建立“身份证”,对铁路沿线“红线”范围、安全保护区内不符合国家标准、行业标准规范规定的违法建厂、违法采矿、违法经营、乱搭乱建、非法侵占铁路用地、随意跨越铁路通信电缆、破坏铁路设施等突出安全隐患,进行有效依法整治,才能推进铁路沿线环境安全治理体系和治理能力现代化。

7 总结

本项目具有时间紧,排查难度大、排查要求精确度高、人工排查风险大等特点。通过在铁路沿线安全环境治理工作中应用飞马 D300 无人机,解决了传统的铁路沿线安全环境治理工作准确度差、作业效率低、人员风险高、取证难举证滞后的行业痛点及难点,克服时间和空间的限制,减少人力物力,实现了铁路沿线安全环境治理工作的“空中排查”,并对安全环境隐患物体精确实现数字化“建档立卡”及精准依法整治,确保人民群众生命财产和铁路运营安全。

参考文献:

[1]国务院办公厅.关于加强铁路沿线安全环境治理工作的意见.国办函(2021)49号.