

飞马无人机航测系统在高速公路施工前期规划中的应用

投稿单位：中国十九冶集团有限公司

投稿人：兰传喜 电话：18200541319

摘要：近年来，无人机航测技术飞速发展，该项技术已广泛应用于公路工程建设领域。随着工程建设标准化、精细化管理要求及国家环保要求的不断提高，无人机航测技术将在工程建设中发挥越来越重要的作用。本文主要介绍飞马无人机航测技术在武隆至道真高速公路施工阶段前期，结合相关设计软件在便道、场站规划方案应用方面的探讨。

关键词：飞马无人机航测系统、三维实景模型、工程规划、工程环保。

1. 项目背景

重庆武隆至贵州道真(重庆境)高速公路属于《重庆市高速公路网规划(2019~2035年)》三环十八射多联线中第二十联线垫江至丰都至武隆至道真省际高速通道的南段，线路全长31公里。中国十九冶集团有限公司(以下简称集团公司)承接该项目第五标段的施工任务，标段位于武陵山与大娄山结合部，全长18公里，标段内海拔高度520~1440m，地势起伏较大，地形陡峻、峡谷幽深，施工难度大。标段全线位于中国南方喀斯特世界自然遗产芙蓉洞片区遗产地(世界自然遗产缓冲区)风景名胜区，项目建设环保要求极高。

该项目的施工条件复杂，施工难度大，环保要求高，工程建设中不可预见风险多，集团公司要求该项目必须全面提升标准化施工、精细化管理的水平，充分消除或减小施工中的各类风险，保证工程质量和进度，降低施工建设成本。该项目中标后，集团公司测量大队根据客户要求，选用飞马V100无人机航测技术，在最短时间内提供了该项目全线三维实景模型，为项目总体策划提供依据，并选用飞马D200无人机倾斜摄影技术，结合OpenRoadsDesigner软件为后续的便道规划、场站布置，工程量计算及成本预算提供依据。

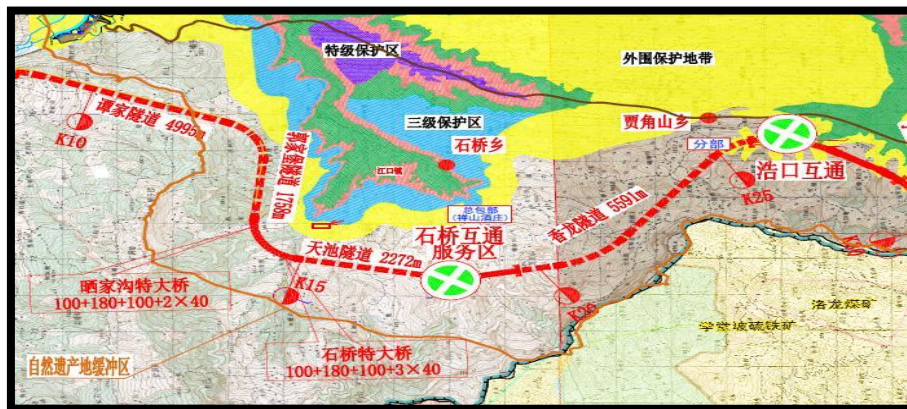


图1 项目线路平面图

2. 技术路线

2.1 总体技术路线



图 2 总体技术路线图

2.2 实施方案

2.2.1 总体线路航测

该项目地处山区，测区高差大，地形复杂，结合项目对航测成果的使用要求及工期节点要求，线路总体航摄选用飞马 V100 固定翼无人机进行带状图航测，带宽 600 米，要求分辨率优于 20cm。

2.2.2 初步确定选线、选址方案

为更加全面直观、合理选择规划方案，全线三维实景模型成果提交后导入 LocaSpace Viewer，与三维地图贴合，初步确定便道、场站的选线、选址方案，初选方案不宜少于 2 个。

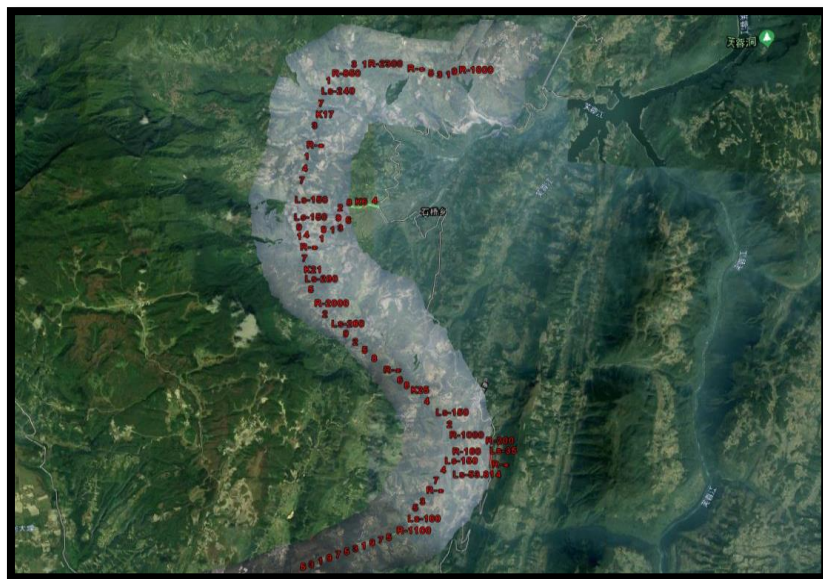


图 3 三维实景模型与三维地图贴合示意图

2.2.3 根据初选方案进行高精度航测

依据初步拟定的规划方案，选用飞马 D200、D1000 旋翼无人机进行高精度航测，航测精度不低于 1:500 地形图精度要求。因测区高差起伏较大，为保证航测精度的一致性，航线规划时选用飞马无人机管家自带的变高飞行功能。

2.2.4 便道设计及工程量计算、确定最优方案

利用高精度航测数据生成与 OpenRoadsDesigner 相匹配的格式的三维实景模型，导入 OpenRoadsDesigner 进行便道优化设计，确定最优方案。

3. 实际作业流程

3.1 航线设计

本次线路总体航测系统选用飞马 V100 垂直固定翼无人机，搭载 V-CAM100 航测模块，该款无人机系统具有长航时、高精度等特点。本测区设计线路长 18 公里，带宽 600 米，根据飞机的续航时间等因素，划分三个带状区块，共三个架次，实际航测长度 22 公里。航线规划使用飞马无人机管家的智航线模块，航线自动生成。因测区测区处在类似“小盆地”内，地形起伏大，周围海拔高，为保证飞行绝对安全，手动调整测区平均航高在 1000 米左右。

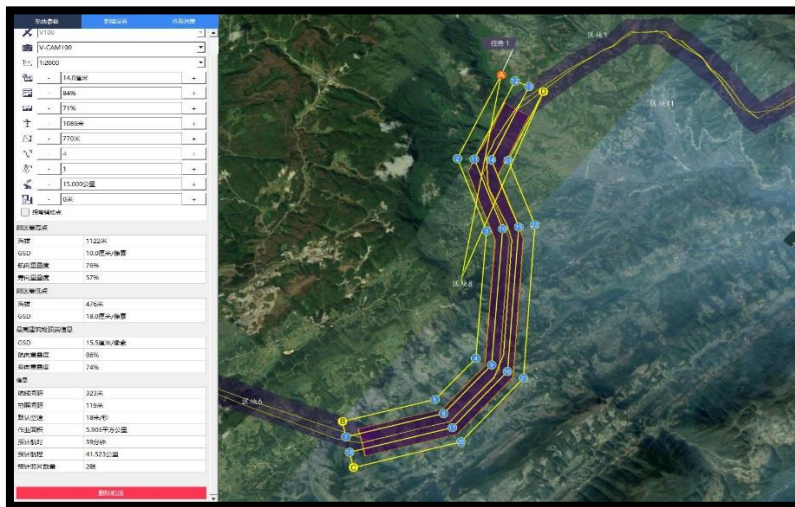


图 4 飞马 V100 航线规划示意图

3.2 像控点布设采集

本测区内已有设计院提供的基础控制点，故无需做基础控制测量。飞马 V100 无人机配备高精度差分 GNSS 板卡，支持 PPK、RTK 及其融合作业模式，可实现稀少外业控制点或一定条件下无控制点成图，支持 POS 辅助空三，实现免像控应用，故本测区共布设像控点 14 个，其中区块重叠部位相控点数量不少于 2 个。像控点数据采用 RTK 技术获取。



图 5 像控点数据采集

3.3 无人机航空摄影

本项目投入设备主要为飞马无人机航测系统，包括飞马固定翼无人机 V100、多旋翼无人机 D200、D1000。本测区地处重庆山区，雨、云、雾天气较多，出测前应做好航测计划，选定航测“窗口期”，并时刻关注天气情况。对 V100 无人机起飞场地应预先踏勘选定，场地应平整，上方空旷，满足飞机起降盘旋半径要求，保证飞行安全。本次总体线路航测共获取高清影片 955 张，航测面积 13.2Km²。



图 6 航空摄影数据采集

3.4 数据处理

利用飞马无人机管家软件智检图模块对航片进行质检，检查合格后利用智理图、智拼图模块进行无人机数据预处理，航片畸变纠正、空三解算，并生成真正射影像图。



图 7 航空摄影正射影像图

3.5 三维实景建模

检查合格后选用 Context Capture 软件进行三维模型建立。将预处理后的正射影像、POS 成果、像控成果等数据导入 Context Capture 软件，生成三维实景模型。

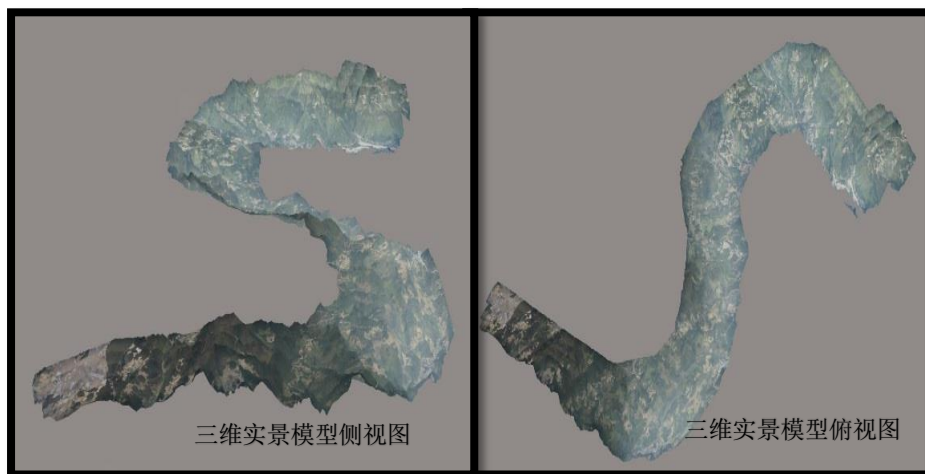


图 8 项目三维实景模型

3.6 确定初选方案及 高精度航测建模

山区高速公路施工临时道路规划应在项目进场初期对所在合同段内地形、地貌等情况

完成踏勘后进行，便道线路规划应遵循便道选取的一般原则，并结合段落内工点分布情况等因案，综合分析后选出最优线路。

3.7 便道设计，确定方案

根据初选便道及场站选址方案，选用飞马 D200、D1000 无人机航测系统进行高精度航测数据采集，生成高精度三维实景模型。将模型导入 OpenRoadsDesigner 软件，基于成本最低、利于施工成产、同时尽量减小对周边环境的破坏干扰，满足环保要求的原则，进行线路优化、土方平衡优化计算，确定最优方案。

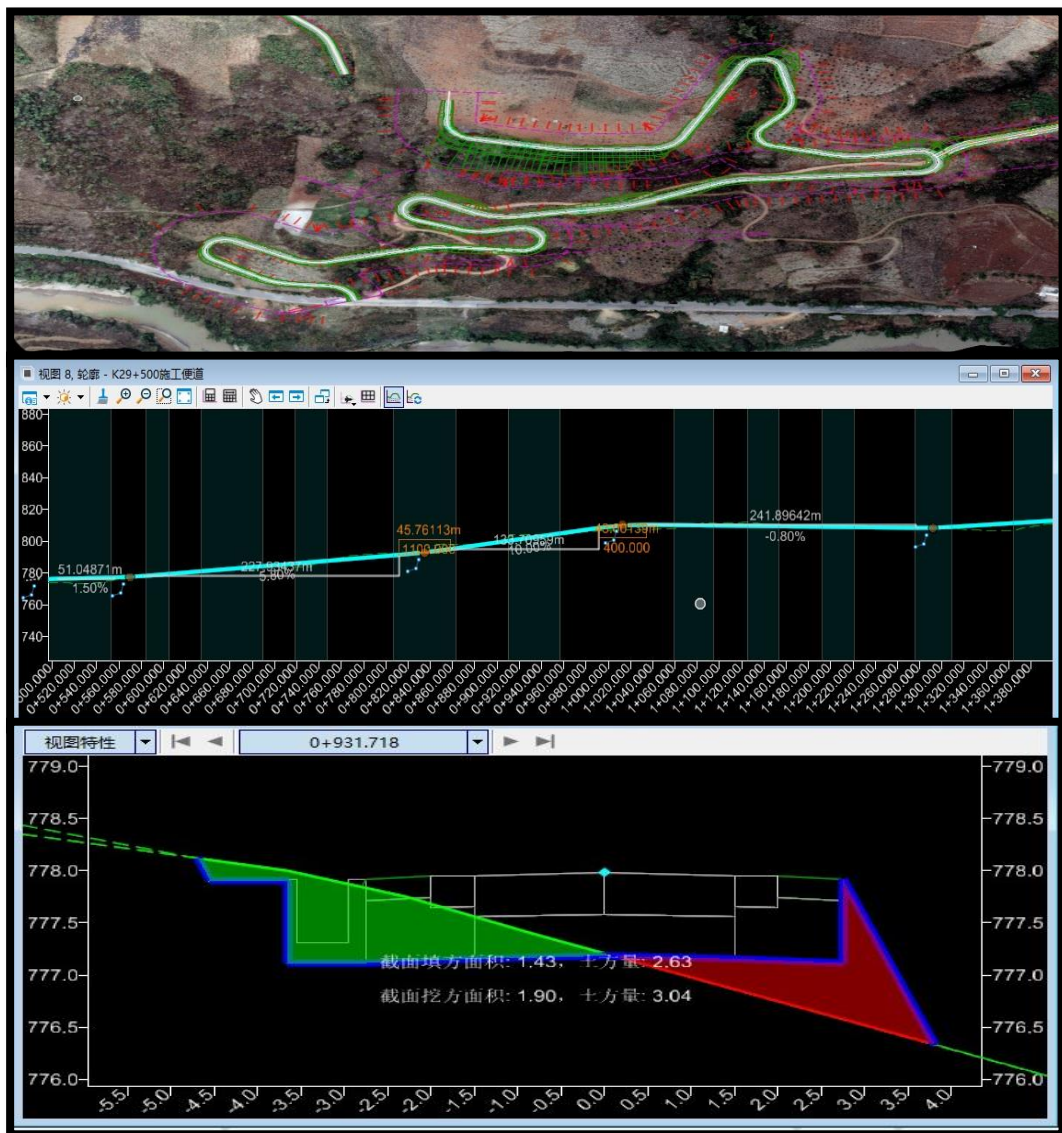


图9 便道线型、纵断、土方平衡优化设计示意图

4. 解决的生产问题

4.1 合理规划，助力环保

本项目地处中国南方喀斯特世界自然遗产芙蓉洞片区遗产地（世界自然遗产缓冲区）风景名胜区内，环保要求极高，所有临时性工程用地必须经过环保评估且审批权限极高。本项目利用飞马无人机航测系统建立全线三维实景模型，并与三维地球模型贴合，通过对范围内已有道路的合理利用，结合周边环境合理、精细的分析新建便道对环境的影响程度，确定了合理的规划方案，解决了工程建设对周边环境的干扰和破坏大的问题。

4.2 精益求精，降低成本

在公路施工中施工临时道路、场站布置等均会影响施工成本，如果临时道路设置不合理，造成运距增加，降低施工效率的同时增加了施工成本，场站布置也一样，特别是山区高速公路建设中，该问题更加突出。本项目基于三维实景模型的便道、场站规划设计解决了基于二维图纸并结合经验进行便道、场站设计相对不够精细，造成后期施工临时道路不断增加、改建，场站布置问题重重，造成建造成本不断增加，给施工带来不便，对工程进度、质量产生不良影响的问题。

4.3 提升效率，保证工期

由于本项目工期要求紧，为保证按时提交成果，外业数据采集全部采用飞马无人机航测系统，大大提升了工作效率，为各工期节点的按时完成提供强有力的技术保证。

4.4 精细处理，保证成果

在利用 CC 进行空三解算时，对于长大、地形起伏大的带状地形经常出现带状的弯曲变形，多次空三及加像控点解算也不能完全解决，且严重影响作业效率。本项目中先使用飞马无人机管家软件进行空三解算，空三合格后再将数据导入 CC 进行三维实景建模，成功解决上述问题，保证三维实景模型的建立成果质量。

5. 创新型应用介绍

5.1 无人机航测技术用于工程前期规划

目前，工程项目的前期便道、场站规划基本都是基于二维 DLG 线划图或数字高程模型 DEM，凭借施工经验结合现场大量的踏勘、测量工作进行。设计往往不够合理、精细，且需要投入大量人力、物力和精力，造成工程建造成本的增加。本项目将无人机航测技术用于工程前期规划，利用三维实景模型与相关设计软件的联合应用进行项目便道、场站选址优化，对项目的精细化、标准化管理起到了提升作用，具有一定的创新性。

5.2 无人机航测技术在工程环保方面的应用

国家对工程建设环保的要求越来越高，工程在建设初期就应对工程建设环保做相应的规划。本项目地处环保敏感区，对环保要求极高。利用无人机航测技术对工程建设预先进行环

保分析，对工程建设中可能产生的环境污染和可能对环境造成的破坏进行预判，规避环保风险点，所以本项目的成功实施在工程建设的环保的应用方面具有创新性。

6. 精度检查

本次航测对总体线路模型进行了完整性及变形检查，经检查线路总体模型完整无空洞，整体无变形。对高精度航测模型进行了精度检查，经对模型特征点的现场实际测量计算，模型精度满足规范要求。

7. 项目特点及总结

无人机航测技术在项目中的成功应用对工程建设标准化、精细化管理起到了很大的提升作用，解决了工程建设对周边环境的干扰和破坏大的问题；解决了因施工便道、场站布置不合理造成成本增加的问题。将无人机航测技术全面应用于工程建设全周期，结合 BIM 技术融合使用，有利于工程建设规划，缩短设计周期，优化设计方案；有利于工程建设项目土石方工程量计算和工程施工管理；能更加有效的提高工程建设管理水平；有效的保证工程建设的安全、质量、进度，降低成本。无人机航测技术在本项目的成功运用对今后高速公路及市政道路等工程施工有着重要的指导与借鉴价值，对提升我公司在路桥工程建设市场中的技术竞争力，特别是公路工程建设技术，具有十分重要的意义。