

飞马 D1000 在地铁工程建设中的应用

投稿人：陈瑾琿

《广东铁路建设监理有限公司》

摘要：

本文从城市轨道交通疏解方案入手，利用无人机获取地铁车站建设范围的航拍影像，结合城市独立坐标系，制作精度较高的大比例尺平面实景真正射图，可用于房屋征拆、管线迁改、交通疏解、施工场地布置等不同建设阶段的汇报方案制作，报有关部门决策审批，利于地铁工程建设高效推进。

关键词：

无人机；地铁建设；方案制作；决策审批

1 项目背景

1.1 项目介绍

昆明市轨道交通 1 号线西北延工程一二一大街站，位于建设路与一二一大街的交叉路口北侧，沿建设路方向布置。车站为地下三层岛式站台车站，单柱双跨箱型结构，车站采用半盖挖法施工，车站总建筑面积为 13693.29m²。车站外包总长 153m，标准段外包宽度 20.30m。车站标准段基坑深度约为 23.43m~25.76m，端头井及局部下沉段基坑深度约为 24.12m~27.58m。车站共设 4 个出入口，2 组风亭、4 个消防疏散口、2 台无障碍电梯。

受场地局限影响，施工时大型施工机械作业空间、材料堆场、施工机具停放、办公管理区及临时便道等临时用地，须经过 3 次交通疏解方能完成车站主体施工，在考虑全部因素后，设计决定一二一大街站车站主体采用半盖挖施工。

城市道路交通疏解原则：坚持“公交优先”、“占一补一”，留足非机动车及行人通道。



图 1 车站主体及附属平面布置



图 2 交通疏解及施工平面布置（一期）

1.2 成果技术要求

考虑到方案制作及汇报需要，地物可辨识分辨率不低于 10cm，实际出图成果要求精度 1:1000。公交车站、人行道照明电杆变压器、给排水电力燃气、监控通信光缆红绿灯信号等设施管线，既有管线埋深走向，拟迁改措施方法及回迁，均要有直观表达，书面材料交规划、园林、市政、城管、公安交警等多部门核查，报市交委会的审查会专家们须原则上通过。

2 准备阶段

2.1 飞行报备

昆明是边境省会城市，市区敏感单位多，且城市信号干扰也多，低慢小飞行须备案方可飞行，须在项目所属辖区派出所，按要求填写飞机型号、飞手联系方式、航飞作业范围等相关信息，签署安全责任书办理备案。

2.2 航线规划

利用飞马无人机管家电脑端，导入需航飞的范围KML文件，选择D1000支持的无人机精灵4PRO，设置比例尺1:500、分辨率5cm、航向90°旁向80%，软件自动计算飞行高度，确认无误保存即可将飞行任务同步到iPad App。

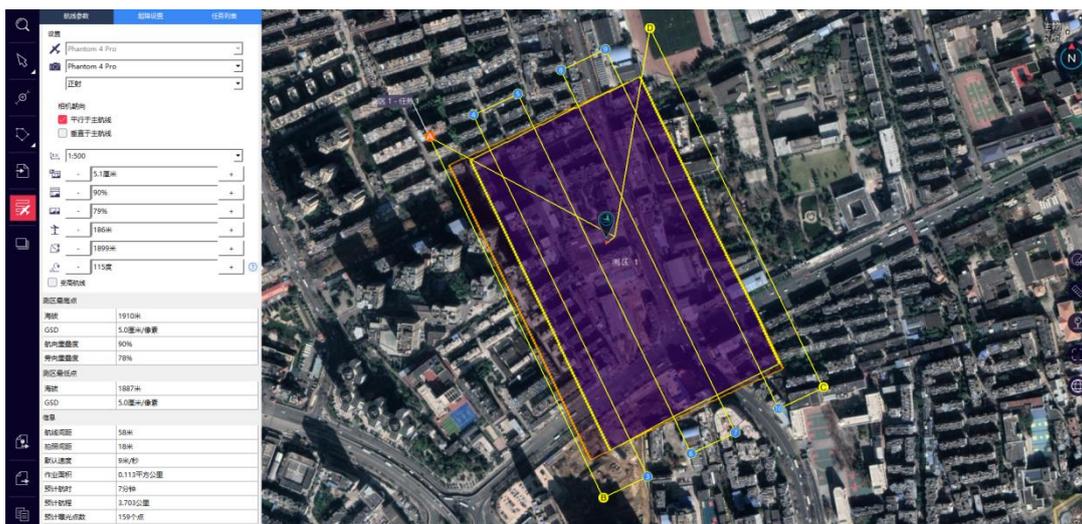


图 3 航飞范围及航线规划

2.3 像控点布置

车站外围4个像控作为平高控制点，车站施工场中1个像控为检查点，共5个像控点。建设路和一二一大街道上用交通标线箭头3个作为像控点，另喷漆2个像控。



图 4 像控点位置示意图

2.4 像控点数据采集

昆明地铁建设采用的是2004昆明坐标系（椭球西安80，中央经线102.45，国家1985高程），

属城建独立坐标系，1 号线西北延全线测量控制网 CPI、CPII 三等导线和二等水准，车站附近均有布置，施工时经复核无误同等精度加密即可使用。

像控点数据采集，使用思拓力 GNSS，千寻 CORS，固定解平滑 3 次获得平高数据。



图 5 像控点数据采集

3 航飞作业

无人机选用大疆精灵 4 RTK，在工地空旷区域作业起降点，远离大型机械设备和高低压配电装置，避免起降碰撞和电磁干扰无人机指南针，遥控器与无人机通讯频率设置为 5.8GHz，使用 D1000 内置账号获取定位 FIX。



图 6 航飞作业

在飞行过程中，可能会受城区高楼遮挡的影响，须时刻保持遥控器天线对着飞机，避免收发信号差飞行数据无 FIX。

4 内业数据处理

本次航飞数据共 144 张照片，使用飞马无人机管家智检图进行航飞数据检查，结论为：测区平均分辨率为 0.05 米，航向重叠度为：80%，旁向重叠度为：79%。

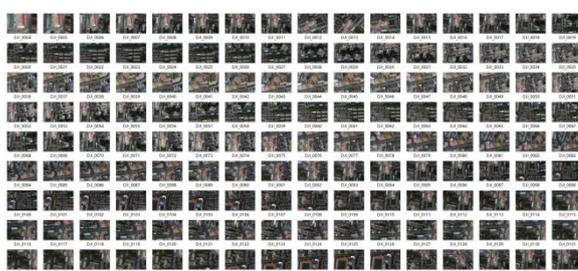


图 7 航飞数据



图 8 本地坐标系刺点

本项目是本地坐标系，使用智理图计算像控点七参数，转换飞行经纬度数据 POS 坐标。在智拼图里对像控点进行刺点空三优化，框选输出范围，无人机管家输出真正射和倾斜成果。

5 成果展示及精度检查

图 9 正射影像高楼外围拉花扭曲较少，楼栋之间狭窄空间清晰可见，影像导入车站 CAD 施工设计图，整体坐标吻合，地物与图纸线条完全重叠。车站施工的地下连续墙混凝土导墙沟槽、交通标志线和井盖、施工监测地面沉降点清晰可见。

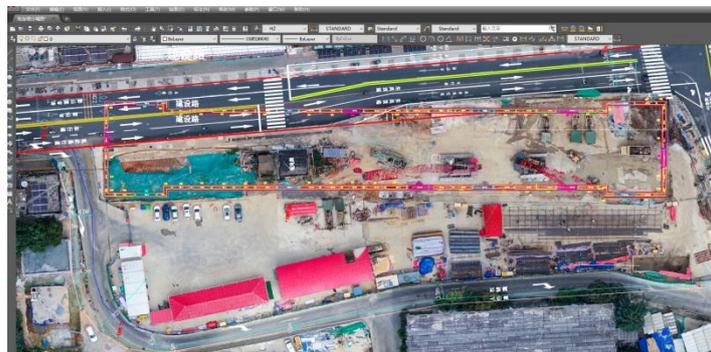


图 9 CAD 线条与正射影像融合重叠

图 10 倾斜影像质量较好，城区有高楼正射拍摄旁向 80%重叠度，建筑侧面阳台窗户纹理贴图无扭曲，工地宣传标语清晰可见无拉花。像控点中误差检查：平面 0.026 米，高程 0.095 米。

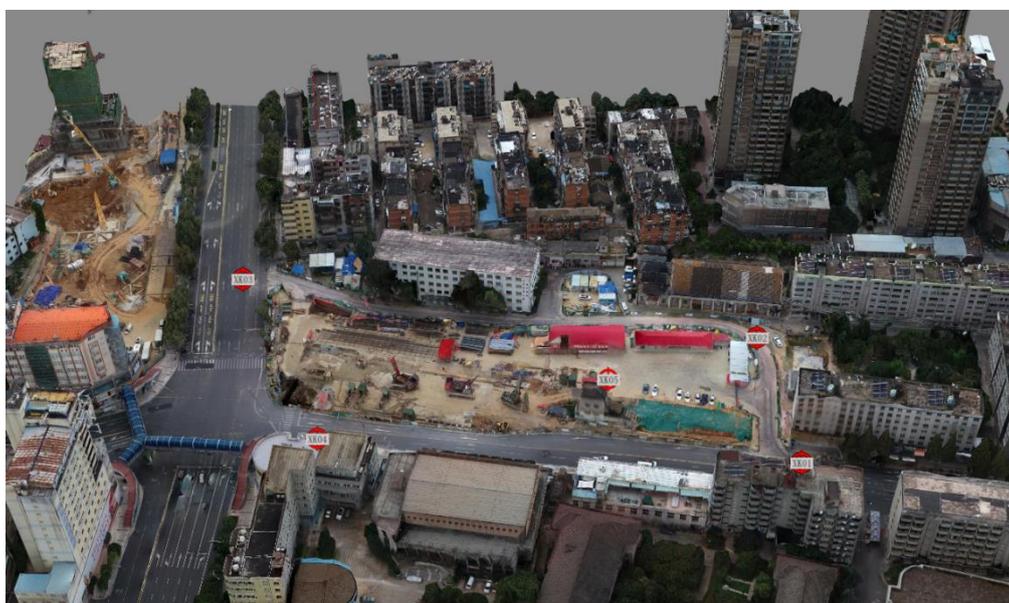


图 10 倾斜模型效果及像控点位置

检测报告精度									
检查点	X坐标	Y坐标	高程	模型点	X坐标	Y坐标	高程	平面点误差	高程误差
XK01	494156.1060	2773282.3690	1899.6630	XK01c	494156.0916	2773282.3942	1899.6931	0.0290	0.0301
XK02	494108.7300	2773248.0310	1899.7240	XK02c	494108.7609	2773248.0541	1899.8887	0.0386	0.1647
XK03	494166.0470	2773067.9830	1895.7280	XK03c	494166.0353	2773067.9980	1895.7494	0.0190	0.0214
XK04	494219.2030	2773138.4900	1896.5200	XK04c	494219.1993	2773138.4865	1896.4909	0.0051	-0.0291
XK05	494151.8510	2773211.4230	1899.6120	XK05c	494151.8521	2773211.4488	1899.7364	0.0258	0.1244

平面中误差	高程中误差
0.0260	0.0947

图 11 倾斜模型平高点精度检查报告

6 结论与建议

D1000 航测系统适用于安全小面积快速高精度作业，与无人机管家搭配，能一站式处理数据成果：航测区域划分、航线规划与安全防撞预控、飞行操控、影像数据质量检查、数据 POS 坐标转换、像控点刺点、快速 DEM 和 DOM 成果输出，倾斜成果浏览检查。

在城市作业，飞马 D1000 在昆明 1 号线西北延地铁建设中功效更显突出，借助 iPad 可装多种 APP 作业和成果展示，给工程建设者提供了极大的方便。虽然目前多种飞控 APP 出现，但最方便的还属 D1000。

个人在使用 D1000 时，发现软件里虽有全景和航线视频的功能选项，但一直未能给予使用。在工程汇报演示时，领导有时想看建设期间的空中视频无缝切换，有如建筑生长动画；还有目前比较流行的全景 VR，精灵 4RTK 高精度定点定期拍摄 VR，数据量小成果对比直观方便，希望飞马航测软件开发者，孜孜不倦加入此类功能。