

长输管道无人机数字化信息技术应用

杨 胜

中石化中原油建工程有限公司 河南 濮阳 457001

【摘要】：长输管道施工距离长、分布广，如何加强长输管道精细化管理是在施工过程中面临的难题。通过无人机数字化运用，可以获取高精度影像数据，为管道的施工提供技术支持。通过对在建项目的实际应用，长输管道无人机数字化信息技术的应用，能够有效的辅助项目施工人员开展相关施工管理工作，并且其误差能够满足要求，精度可以通过验证。

【关键词】：长输管道；无人机；数字化信息技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.075

1 长输管道无人机数字化信息技术在长输管道各个施工阶段的应用概述

在长输管道项目前期策划时，可以满足快速踏勘管道路由的需要，利用无人机了解拟建设的长输管道线路路由实时的地形、道路、周围环境等情况，便于进行策划部署将来施工的人员及设备何时何地进场作业。用无人机与传统的管道线路现场踏勘相结合的方式，降低人力物力投入，提高效率，解决数据来源单一、时效性差、数据处理工作量大的痛点，更加真实快速地了解施工路由及其周边的地表信息，进一步敲定长输管道实际施工时的进场道路和资源配备。通过无人机搭载高分辨率航拍相机，对线路沿线作业带进行测绘级拍摄，用配套制图软件进行快速精细的数据处理，及时提供施工路由全线的地面基础信息资源。

在管道施工建设实施时，可以方便的利用无人机拍摄，对现场每周每月每阶段的施工进度情况、地形地貌上方未进行已进行已恢复的现状情况、机具布置情况、管道走向等进行采集分析，方便根据项目总体进度计划调整人员和设备，根据现场实时发生的问题合理调配资源进行施工。

在管道验收阶段，无人机数字化技术进行于管道线路机械完工移交前的巡检记录。传统的管道巡检方法依靠人力和地面车辆进行拍照列表登记内容，工作内容繁琐，效率不高，难以直观的体现问题。将长输管道无人机数字化技术用于管道完工后的巡检记录，可进行长航时的实时监控，对重点区域上空进行定点盘旋监测，能够锁定地面指定目标进行稳定凝视，探查细节，以便发现已完工区域内的管线是否有被破坏的迹象，顺利完成长输管道项目的交工移交。

2 无人机数字化系统的组成

表 1 无人机信息化系统组成表

序号	分类	名称	技术参数
1	飞行平台	大疆无人机	单次最长飞行时间：45 分钟（可更换电池）； 环境感知：前后左右上下，视觉+红外传感器，六向感知避障（易于控制，设定好航线后自动飞行）； 环境适应性：工作环境温度-20℃至 50℃，IP55

			防护，环境适应性：最高 6000 米起飞海拔，12m/s 最大抗风风速，单架次作业面积 2 平方公里（基本满足全天候工作需要）
2	负载	可见光测绘相机带 RTK 定位模块	环境感知：全向双目视觉系统，辅以机身底部红外传感器机械快门；8 秒至 1/2000 秒，最快 0.7 秒间隔连拍广角相机；4/3CMOS，有效像素 2000 万可搭载 RTK 模块，支持网络 RTK、自定义网络 RTK 服务以及 D-RTK2 移动站，实现厘米级定位。
3	建模软件	大疆智图	以摄影测量技术为核心的三维重建软件，可支持各类可见光精准高效二三维重建、大疆激光雷达的数据处理。大疆智图与大疆行业无人机和负载可形成完美搭配。 三维重建 通过照片迅速生成逼真的三维模型和高精度点云成果；AI 技术现可自动对模型中的特殊场景进行优化；输出多种行业常用格式，可满足测绘建模、施工现场建模、长输管道项目进度跟踪等多场景应用需求。 二维重建 通过照片迅速生成高精度的真正射影像（TDOM）和数字表面模型（DSM）；根据不同场景分别优化算法，大幅提升处理效率，有效避免图像扭曲变形，准确细致地呈现目标对象和测区，可满足包含测绘、土地测量、作业带规划、施工场地平面布置等多种场景的需求。 激光雷达 在进行地面点分类后，支持输出数字高程模型（DEM）和等高线成果，重建高精度模型，解决山区陡坡施工坡度复测工作。轻松测量目标对象的坐标、距离、面积、体积等多种关键数据，为进一步分析决策提供数据支撑，精度厘米级。
4	信息处理	南方 CASS	CASS 软件是基于 CAD 平台开发的一套集地形、地籍、空间数据建库、工程应用、土石方算量等功能为一体的软件系统。广泛应用于土地测绘、城市规划、建筑设计等领域，可以帮助用户高效地完成各种测绘任务，需搭配 AutoCAD 软件使用。

3 无人机数字化应用的技术流程

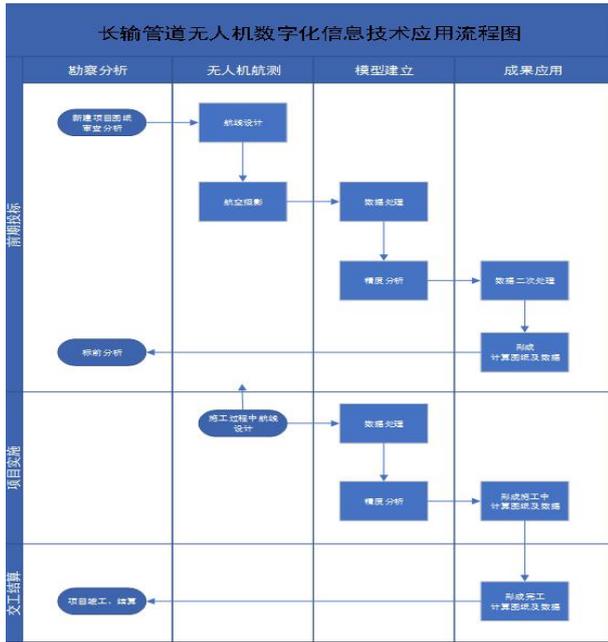


图1 长输管道无人机数字化信息技术应用流程图

3.1 实地勘察

在应用无人机正式开展航飞前，需对长输管道线路路由所在区域的勘察分析，其主要勘察内容为无人机起降地点环境分析，查看是四周否存在明显障碍物，如高层建筑、架空线路等；查看是否存在深沟、大面积水域，保障无人机在起飞、落地阶段能够安全完成，避免对无人机设备造成损坏，丢失数据，影响后续工作开展。

3.2 航线设置

在进行了路由区域勘察分析工作后，再根据需要飞行的区域进行航空飞行测量航线设计，步骤如下：

①中线坐标转 KML 导航文件；②确定航线起点终点、航线宽度、飞行模式、起飞高度等参数设置。



图2 无人机控制器航线参数设置

3.3 航空摄影

作业人员在执行航飞任务过程中，注意实时查看无人机飞行状态，以成功获取最终影像数据。借助倾斜摄影采集多角度、多尺度、多频带的影像数据，其主要原理如下：

(1) 摄影原理：摄影机在拍摄物体的同时，会将物体的图像映射到摄影机的成像面上，形成相应的像元图像，即摄像机所拍摄到的影像数据。(2) 几何原理：倾斜摄影机能够采集多个方位的影像，通过对多角度影像的叠合计算，可以实现地面物体的三维重建和测量。(3) 空间定位原理：倾斜摄影机在拍摄时可以接收全球定位系统(GPS)信号和惯性导航系统(IMU)信号，利用这些信号进行空间定位和姿态测量，为影像的三维重建提供了空间坐标支撑。各测区边均应有效重合，尽量进行不同区域间的部位重叠，以便于后期数据处理，要求平面误差精度应小于 5cm，高程误差精度应小于 10cm。

3.4 数据处理及精度分析

采用大疆智图软件处理，生成包含空中三角测量(空间点云)、2D 重建模型(数字正射影像图)、3D 重建模型(数字高程模型)。完成上述工作后，还需要对数据处理成果进行精度分析，将监测点均匀分布于整个测量区域。而后应用 RTK 采集测区地面检测点，与数据处理成果比对，确定无人机数字化数据成果误差和成果精度(平面误差、高程误差)，符合现场控制精度指标后再进行现场应用。

3.5 成果应用及交付

(1) 成果应用

①长输管道现场地形地貌踏勘复核，时效性对比；②长输管道线路图纸平面图、断面图、穿跨越数据复核；③长输管道施工平面布置，作业区段划分，确定进场路由及部署安排；④长输管道作业带原始地貌信息采集；⑤长输管道作业带清理后地貌信息采集，山区陡坡段削方、降坡后坡度复测，土石方量核算；⑥长输管道施工机械设备、材料进场情况，各作业区段形象进度(扫线、运布管、焊接、防腐、管沟开挖、下沟、水工保护、回填地貌恢复、三桩埋设等)信息采集；⑦单体穿跨越、场站阀室场地平面布置，现场施工情况信息采集；⑧管道中线复核，管沟开挖深度复核，临时用地实际使用量统计，水工保护及附属工程工程量统计；⑨已完工的长输管道线路巡线监控，已完工区域内管线第三方施工占压，进行管道破坏监视；

(2) 成果制作

①施工前原始地貌 2D/3D 数字化信息；②施工各阶段形象图片、视频、模型数字化信息；③交工前长输管道机械完工地貌恢复后 2D/3D 数字化信息。

4 存在的问题及展望

在无人机进行航测飞行时，存在无信号、限高风行的问题，需要进一步细化航线设置，采用手机热点的方式缩短飞行间距和飞行高度；同时无人机信息技术基础资料数据较大，每 5km 约形成 20G 的影像原始资料，处理后的模型资料约 1G/km，资料的保存、共享存在较高较大的硬件需求。随着当今社会人工智能、大数据、物联网等技术的进步，长输管道无人机信息化

技术的应用具备着相当令人惊喜的发展，期待该技术能够随着 国家新建的长输管道项目进一步深化应用。

参考文献:

- [1] 董正勇,乔昌军.浅谈无人机在长输管道项目实施过程中的运用[C]//《建筑科技与管理》组委会.2015 年 4 月建筑科技与管理学术交流会议论文集.中石化石油工程建设有限公司江苏油田分公司,;2015:77-78.
- [2] 杜荣耀,王小萍,徐俊科.基于无人机航测技术的管道施工削坡土方量计算[C]//中国建筑学会工程勘察分会.2022 年石油天然气勘查技术中心站第 29 次技术交流研讨会论文集.中国石油天然气管道工程有限公司,2022:239-244.