

文章编号: 1672-8785(2014)03-0037-06

无人机遥感在油气管道巡检中的应用

李器宇¹ 张拯宁¹ 柳建斌² 郭峰² 李明¹

(1. 天津航天中为数据系统科技有限公司, 天津 300301;

2. 航天恒星科技有限公司, 北京 100086)

摘要: 我国油气管道线路漫长, 常常需要穿越沼泽、沙漠、山岭和森林等复杂区域或人口密集区域, 因此存在巨大的安全隐患。为提高管道巡检水平, 迫切需要引入高新监测技术及手段。由于具有对地观测成像分辨率高、设备机动性好、转场作业灵活以及便于紧急出动作业等优点, 无人机遥感监测系统在油气管道巡检领域具有极大的应用价值。分析了将无人机遥感监测用于油气管道巡检的可行性, 介绍了无人机油气管道遥感监测系统的监测内容、系统组成、数据处理成果和作业模式, 并结合西南和西北地区的成功案例介绍了相关的实际使用情况。

关键词: 遥感技术; 无人机系统; 油气管道

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.03.008

Application of UAV Remote Sensing in Oil and Gas Pipeline Inspection

LI Qi-yu¹, ZHANG Zheng-ning¹, LIU Jian-bin², GUO Feng², LI Ming¹

(1. Tianjin Zhongwei Aerospace Data System Technology Co Ltd, Tianjin 300301, China;

2. Space Star Technology Co Ltd, Beijing 100086, China)

Abstract: There are many long oil and gas pipelines in our country. Since the pipeline needs to pass through swamps, deserts, mountains, forests and other complex or densely populated areas, there exists a potential huge safety risk. To improve the pipeline inspection ability, new high-tech inspection means need to be incorporated urgently. Because of the advantages of high imaging resolution, good equipment maneuverability, good mobility and convenient operation in case of emergency, remote sensing monitoring systems onboard unmanned aerial vehicles (UAV) are of great value to the field of oil and gas pipeline inspection. The feasibility of an UAV remote sensing monitoring system used in oil and gas pipeline inspection is analyzed. The monitoring content, system components, data processing result and operation mode of the UAV remote sensing monitoring system are presented. Several successful application cases in some southwest and northwest districts in our country are given.

Key words: remote sensing technology; UAV; oil and gas pipeline

1 引言

1.1 油气管道安全的重要性

石油与天然气在我国的社会经济发展中具

有重要地位。目前我国陆上油气资源主要依靠管道进行输送。截至 2013 年年底, 我国已建油气管道的总长度约为 100000 km, 包括 665 条油气长输管线。其中部分管线已运行 20 余年, 使用

收稿日期: 2014-02-28

作者简介: 李器宇(1986-), 男, 天津人, 硕士, 主要从事无人机系统集成和无人机行业应用等方面的研究。

E-mail: liqiyu@spacezw.com

<http://journal.sitp.ac.cn/hw>

INFRARED (MONTHLY)/VOL.35, NO.3, MAR 2014

时间最长的管线甚至超过了 40 年,而且有些管道已经出现了锈蚀和变薄等现象。我国幅员辽阔,管线穿越地区地形复杂,不仅穿越人烟稀少的山地、荒漠和沼泽等地区,而且还经过人口密集地区。这些管道面临严重的自然灾害威胁、违法打孔盗油盗气以及地上建筑违章占压等问题。因此,我国油气管线存在严重安全隐患,面临严重安全威胁^[1]。由于石油和天然气自身具有易燃、易爆的特性,一旦发生油气泄漏就极易造成重大事故。这不仅会带来巨大的经济损失,甚至还会导致严重的环境破坏和人员伤亡,造成极其恶劣的社会影响。2013年11月22日,山东省青岛市中石化东黄输油管道泄漏并发生爆炸。该事故总共造成 62 人遇难, 136 人受伤,直接经济损失达到 7.5 亿元。

因此,为了确保油气管道安全运行,减少和避免由管道泄漏造成的损失,我们必须在日常的油气管道巡检中把提前发现管道安全隐患作为当前工作的重中之重。

1.2 遥感技术在管道巡检中的意义

目前管道巡检工作通常以人工巡检作为主要手段,即由巡检工沿管道巡视,检查管道本体及其地表环境。但人工巡检效率较低,难以对穿越高山、沙漠和沼泽等恶劣地形的管道进行巡查,特别是在冬季冰雪天气等恶劣条件下具有较大的作业难度。为了弥补人工巡检的不足,提

升巡检效率,迫切需要引入新的技术手段来加强管道巡检。

油气管线一般呈线形分布,其线路长度通常达到上百公里。人们在巡检作业中主要关注的是管线本身及其周边 1 km 范围内的环境情况。因此,作为一种有效的监测手段,遥感技术可以实现对管道沿线的宏观监测。

无人机遥感是利用先进的无人驾驶飞行器技术、GPS 差分定位技术、遥感载荷技术和遥测遥控通信技术等采集遥感数据的^[4]。采用无人机遥感进行管道巡检具有对地观测成像分辨率高、设备机动性好、转场作业灵活以及便于紧急出动作业等优点,不仅可以定期对管道进行常规巡检,而且还可以在发生突发情况后紧急出动并展开应急监测^[5]。因此,无人机遥感可作为一种有效的监测手段实现对管道线路的监测。

2 无人机油气管道遥感监测系统工作模式

2.1 无人机管道巡检系统的组成

无人机油气管道遥感监测系统由无人机平台、任务载荷、数据链和地面站等几部分组成,如图 1 所示。

2.1.1 无人机平台

无人机平台是任务载荷和测控数据链机载

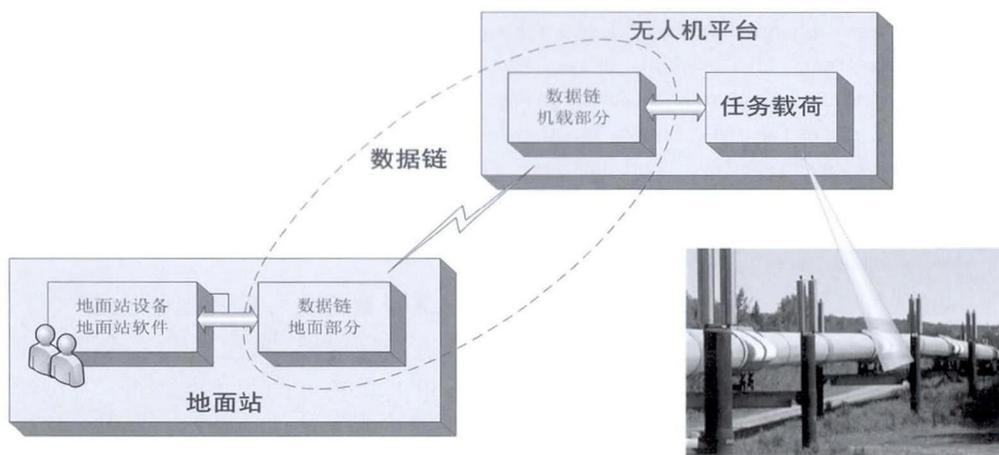


图 1 无人机油气管道遥感监测系统

设备的载体,用于为遥感监测系统提供空中对地观测平台。

2.1.2 任务载荷

任务载荷是遥感监测系统的对地观测手段,用于采集任务目标的图像和视频。

2.1.3 数据链

数据链是遥感监测系统的空中部分与地面部分相互联络的信息通道,用于将任务载荷获取的信息实时回传给地面,同时将无人机的下行遥测信息发送至地面站,并将上行遥控信息发送至飞机和任务载荷。

2.1.4 地面站

地面站是遥感监测系统的指挥中心。它通过软硬件等设备的配合对无人机系统进行任务规划、控制无人机起降,实时监测系统的工作状态、发出系统的各种控制指令,并完成飞行过程相关数据的存储。

2.1.5 后期数据处理

遥感作业完成后,对遥感图像、视频等数据进行后期处理,主要包括制作管道正射影像图和进行管道巡检专题分析。

制作管道正射影像图是先对通过无人机航拍得到的目标管道巡检照片进行预处理,然后将图像拼接成高分辨率全拼图,接着在此全拼图的基础上嵌入地理信息并标注管道符号,生成标准测绘产品,以确保作业人员能够全面掌握所监测管道的地面情况。其中,图像预处理包括畸变校正、几何校正和匀光匀色;图像拼接包含特征点选择、图像拼接、融合处理、镶嵌以及外场控制点校正。

管道巡检专题分析是在管道正射影像图的基础上进行的。根据管道安全的相关国家标准对地质变化、违章建筑和违章施工等现象进行分析,形成专题图册和分析报告,以确保作业人员能够精确掌握所监测管道的安全状态。

2.2 无人机管道遥感监测系统的作业内容

根据作业频率和监测内容的不同,无人机管道遥感监测作业可以分为常规巡检和特殊巡检两种。其中,常规巡检包括管道通道环境监测

和管道线路巡检;特殊巡检则为应急监测。

2.2.1 常规巡检——管道通道环境监测

管道通道环境监测是对长距离、大面积的管道通道进行航拍测绘。管道通道环境监测作业根据线路走向划定航拍区域并设定航线。无人机搭载高清可见光相机,沿航线自动飞行拍照。作业完成后进行后期数据处理,然后生成管道通道区域的全拼图,其分辨率可达 0.2 m。在全拼图的基础上,可以针对以下内容进行分析并生成专题图:

(1) 测算图中管道长度,提取管道周边道路;

(2) 划定管道沿线的安全区域,提取整条线路及安全区域内存在违章占压、第三方施工和地质变化等安全隐患的区域,并计算危险区域的面积,分析其危险等级;

(3) 将全拼图与历史图像进行对比,分析线路上方及安全区域内的违章占压、第三方施工以及自然地质的变化情况和态势。

2.2.2 常规巡检——管道线路巡检

管道线路巡检是对管道尤其是沼泽和沙漠等人员难以进入区域内的管道进行巡检。飞行作业时,沿管道走向精确规划飞行航线。无人机搭载高清可见光摄像机,沿航线自动飞行并拍摄巡线视频。通过数据链将视频实时回传到地面站,使其工作人员能够实时观看巡线视频并监视线路的安全情况。地面站通过视频拼接软件实时生成管道局部拼接图,并在图中标注出管道位置和安全区域,以辅助工作人员的监视工作。

2.2.3 特殊巡检——应急监测

当管道发生故障或者出现油气泄漏、偷盗油等紧急情况时,使用无人机载高清可见光摄像机对事发现场进行近距离拍摄,然后通过数据链将视频实时回传到地面站,使其工作人员能够实时监视现场。另外,无人机也可搭载红外成像仪来执行夜间监测飞行作业。由于直接监测目标的热信号,红外热像仪能够避免因夜间光照不足造成的影响,从而有效发现夜间作案的非法盗油人员和可疑车辆。

3 无人机油气管道遥感监测作业成果

我们利用无人机遥感监测系统对位于西南丘陵地带的天然气管道进行了巡检。无人机的主要飞行任务是巡查贵港输气站与18号阀室之间的中石油天然气管道。这条线路的总长度约为22 km，覆盖了贵港输气站和19号阀室。图2所示为这架固定翼无人机的飞行航线。该无人机对输气管道沿线的整体建筑、地貌以及周围环境进行了巡查，并拍摄了目标的高清照片及视频。然后通过数据处理生成了管道通道的全拼图和专题分析图。图3所示为巡线区域内天然气管道的全拼图。



图2 无人机的飞行航线



图3 天然气管道的全拼图

监测图像可以全面掌握现场情况(如图5所示),精确观察设备状态,读取仪表盘指数(如图6所示)。

在遥感监测区域内,管道线路的长度为21757m。根据管道安全的相关管理规定进行分析,得到以下结果:在距离天然气管道75m的安全距离内,建筑用地总面积约为180000m²;在距离天然气管道15m的高危距离内,建筑用地总面积约为25000m²。

图4所示为管道沿线的安全隐患。我们对其中的管道安全重点区域进行了分析。在管道沿线某处的75m安全距离内有一所学校,存在安全隐患。

作业中,模拟输气站发生紧急情况,人员难以进入现场的场景,并使用四旋翼无人机对输气站的建筑、设施和管道等进行航拍监测。通过

无人机深入人工巡检无法进入的沼泽区, 对芦苇丛中常年无法观测到的管道桩进行了详细监测, 发现管道桩已经出现了严重锈蚀, 如图 7 所示。

夜间用无人直升机搭载红外热像仪在管道沿线对其进行了巡视。通过红外视频发现了 3 名可疑人员, 而且在视频图像中可以清晰地识别出地表植被和地面车辙印, 如图 8 所示。

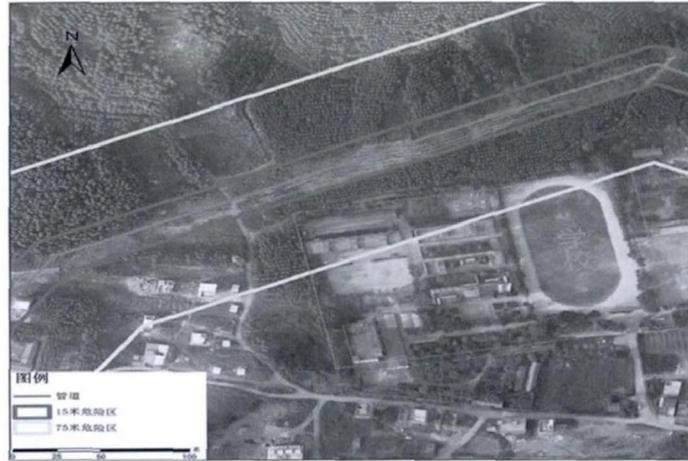


图 4 管道沿线的安全隐患



图 5 输气站全景



图中可清晰看出表盘指针指向 8



图 6 设备及仪表读数

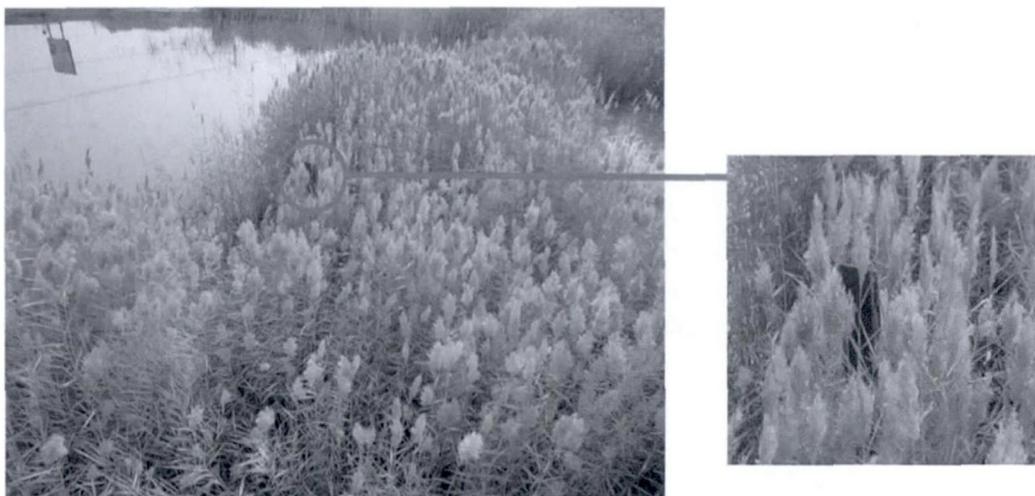


图7 芦苇丛中的管道桩



图8 红外监测图像中的可疑人员

4 结束语

本文介绍了无人机遥感监测系统在油气管道巡检中的监测内容、设备构成、应用模式以及在管道监测实际应用中的成功案例。随着油气管道巡检技术水平的不断提升和无人机遥感应用的日益普及,无人机遥感监测系统在长距离油气管道巡检中的应用必将会得到进一步的快速推进。

参考文献

- [1] 孙泽民, 王建宏. 长输管道管理现状分析及其对策 [J]. *储运安全*, 2007, 7(9): 37-38.
- [2] 余华琪, 齐小平. 石油遥感二十年 [J]. *国土资源遥感*, 1999, 41(3): 16-21.
- [3] 南立团, 陈利琼, 段永红, 等. 卫星监测技术在预防管道第三方破坏中的应用 [J]. *油气储运*, 2010, 29(9): 656-660.
- [4] 金伟, 葛宏立. 无人机遥感发展与应用概况 [J]. *遥感信息*, 2009, 11(1): 32-34.
- [5] 欧新伟, 周利剑, 冯庆善, 等. 无人机遥感技术在长输油气管道管理中的应用 [J]. *科技创新导报*, 2011, 8(15): 77-78.