

基于 3S 技术的低空空域告警航图 可视化匹配设计初探*

冯登超¹ 秦焕禹^{1,2} 曾 湧²

(1. 北华航天工业学院电子与控制工程学院 3S 技术研究室 廊坊 065000; 2. 中国资源卫星应用中心系统运营部 北京 100094)

摘要: 将 3S 技术应用于低空空域告警航图可视化设计, 探索建立低空告警航图平台和低空告警航图匹配模型的技术路线。根据低空飞行任务需求和紧急程度选择适当空间分辨率的多源遥感数据。对地理障碍物信息进行筛选, 构建低空告警航图障碍物数据库, 设计低空空域告警航图平台。使用飞行器机载定位系统采集飞行器位置信息, 与低空告警专用航图障碍物信息进行对比, 对低空飞行危险情况预警, 将 RS、GIS、GNSS 技术应用于低空空域告警航图可视化设计, 为后续开展低空空域告警航图可视化的飞行视景匹配研究提供参考。

关键词: 3S 技术; 遥感; 低空告警; 航图可视化

中图分类号: TP79 TN967.1 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.40

Primary exploration of 3S technology in the matching design of visual alarm chart in low altitude airspace

Feng Dengchao¹ Qin Huanyu^{1,2} Zeng Yong²

(1. 3S Application Technology Research Lab, School of Electronics and Control Engineering, North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000, China; 2. China Centre for Resource Satellite Data and Application, Beijing 100094, China)

Abstract: In the paper, 3S technology was applied to the warning chart visualization design in the low altitude airspace, the route of the low altitude warning chart platform and low alarm chart matching model were explored. According to the different requirements and emergency degree of mission, multi-source remote sensing data with appropriate spatial resolution was selected. The information of geographical obstacle was filtered, the database of low altitude warning chart obstacle was built, and the low altitude airspace warning chart platform was designed. Aircraft airborne positioning system was used to collect the aircraft position information, and the low altitude warning special obstacle information chart was compared with. Aircraft flying in a dangerous situation can be warned early. The RS, GIS, GNSS technology (3S technology) is applied in the design of visual chart in low altitude airspace warning, which can provide the reference for the flight scene matching research in low altitude airspace.

Keywords: 3S technology; remote sensing; low altitude alarming; chart visualization

1 引言

低空空域是指真高低于 1 000 m(含)以下的空间范围, 它不仅是国家空域体系在通用航空中的重要组成部分, 也是国家重要的战略资源, 可用于公共安全应急、灾害监测、国土资源调查等领域, 具有重要的经济、国防和社会价值。随着我国经济和航空航天工业的不断发展, 2010 年中央军委批准通过《低空空域管理改革

指导意见》, 计划在 2015 将逐步开放低空空域^[1], 并在 2020 年完善优化相关制度。然而, 开放低空空域所面临的最重要问题就是低空空域安全问题。与其他传统通航空域相比, 低空空域飞行除了需要考虑气象环境影响, 更需要精确地分析自然地理环境和城市地理环境对于飞行的影响^[2]。因此, 影响低空空域飞行安全的因素更为复杂, 需要重新建立一套具有针对性、可更新性、实时性的高精度低空空域告警航图可视化匹配

收稿日期: 2015-05

* 基金项目: 华航博士基金(KY2008-02-B)、北华航天工业学院专项重点(ZD2013-04)项目

模型安全辅助系统,以解决低空空域飞行安全的技术问题。目前,我国低空空域安全技术研究处于起步阶段,国内学者对低空飞行安全技术进行了初步研究:陈伟将 GPRS 结合嵌入式技术设计了低空小目标监视实验^[3];王鑫等人提出使用 GPS 与北斗导航获取定位信息,并利用北斗导航系统独有的短报服务平台实现对低空飞行器定位监视终端的设计^[4];沈笑云等人将 paili 算法加入时间维度,更准确的预测冲突发生的概率^[5]等。通过文献查阅发现,目前国内外大多数低空安全技术研究主要适用于 IFR 飞行,而对于低空空域可视化 VFR 飞行安全的研究相对较少。本文将探索使用 3S 技术应用于低空空域告警航图可视化研究,利用多源遥感数据作为数据源对不同地理环境进行精确探测,结合地理信息系统数据库构建低空告警航图障碍物数据库,建立低空空域告警航图平台。最后,通过飞行器机载定位系统精确测量^[6]飞行系实时姿态信息后,与低空告警航图障碍物数据库进行对比,构建低空空域告警可视化航图匹配技术模型,为后续开展低空空域告警航图可视化飞行视景匹配研究提供参考和思路。

2 3S 技术在构建低空告警航图平台中的应用

3S 技术是指遥感技术 (RS)、地理信息系统技术 (GIS)、全球定位系统技术 (GPS) 的结合,它是一个动态的、可视的、不断更新的、通过计算机网络能够传输的、三维立体的、不同地域和层次都可以使用的“活”的系统。将 3S 技术应用于构建低空告警航图平台,可以使平台绘制出具有快速更新频率、高精度和针对性的低空告警专用航图。

2.1 低空空域航图简介及要求分析

航图是保证航空器飞行所需要的有关规定、限制、标准、数据和地形等,以一定的图标形式集中编绘、提供使用的各种图的总称^[7]。航图根据飞行规则可分为目视飞行航图和仪表飞行用航图。低空空域相对于其他空域所面临的环境因素更加复杂,要求航图更新速度性快、具有实效和精确性。随着高分二号卫星的发射,我国遥感已进入亚米级时代。目前在轨服务对地观测资源卫星数量为 10 颗,其中空间分辨率在 5 m 及以上的卫星具有 8 颗^[8],因此使用高分辨率多源遥感影像作为低空空域航图的数据源,不但可以满足低空空域航图对环境信息的要求,还满足了低空空域航图的时效性要求。

2.2 低空告警航图遥感数据源选择

根据低空空域飞行任务目的,笔者通过资料的查阅分析,试从传感器空间分辨率以及飞行任务紧急程度两个维度构建低空空域航图数据源选择模型。其中,按飞行任务紧急程度分为普通通航低空飞行,应急情况低空飞行和重要应急低空飞行 3 个;将空间分辨率分为亚米级、2 米级、5 米级、10 米级 4 个等级。因此,可以按照不同的飞行任

务情况优先选取相应遥感传感器数据作为低空空域航图数据源。具体选择模型如表 1 所示。

表 1 低空空域航图数据源选择

	亚米级	2 米级	5 米级	10 米级
普通低空飞行	GF-2	ZY-3	ZY02C	GF-1 (CCD)
应急情况 低空飞行	GF-2	GF-1 ZY-3 ZY02C	ZY-3 ZY02C	GF-1 (CCD)
重要应急 低空飞行	GF-2	GF-1 ZY02C SJ-9A/B	ZY-3 ZY02CZ Y-3 ZY104	GF-1 (CCD)

根据遥感卫星太阳同步轨道周期特性,当低空飞行任务紧急程度要求很高时,可以利用多颗高分辨率遥感卫星组网进行观测,以达到低空空域航图制作的时效性精确性要求,从而为进行遥感影像地理数据信息分类^[9-10]奠定基础。

2.3 建立低空告警航图地理信息数据库

低空告警航图信息数据库是研制低空告警航图平台的重要模块,是低空飞行预警的参照依据。对高分辨率遥感卫星影像进行辐射校正和几何精校正^[11]后,精确提取影像自然环境信息和人文环境信息,使用地理信息数据处理平台对不同低空飞行任务所需要的普通地理信息和危险障碍物地理信息按照点、线、面分类进行提取,从而建立普通低空飞行基础数据库和低空飞行障碍物数据库,为进行低空空域航图绘制提供核心数据信息。

1) 构建低空告警航图基础地理信息数据库

根据解译特征对数据预处理后的遥感影像进行解译,并载入地理信息数据处理平台,对基础环境信息按照点、线、面分类进行矢量提取^[12]。低空空域航图基础数据库包含有低空空域飞行区域的基本环境信息。用于低空空域航图底图绘制,主要包括城市、乡镇、村庄、铁路公路、河流湖泊、海洋等。基础数据库要素分类如表 2 所示。

表 2 基础数据库信息提取分类

	自然环境	人造环境
点信息	高山、丘陵等自然形成的点状信息	小型村庄、桥梁等人工设施
线信息	河流、海岸线等自然形成的点状信息	公路、铁路等人工设施
面信息	湖、沙漠、盆地自然形成的面状信息	机场、广场、以及大型城市等面状信息

2) 构建低空告警航图障碍物数据库

低空告警障碍物信息数据库是根据低空飞行任务建立的对飞行器构成安全隐患的数据信息库。通过收集文献资料、地理信息资料、航图资料、地面高层建筑资料 and 人口密度资料,结合高分辨率遥感数据对低空障碍物进行精

确矢量提取,将地理障碍物信息分为自然障碍物信息和人造障碍物信息,以点、线、面进行分类统计,构建低空告警航图障碍物数据库。具体障碍物信息要素如表3所示。

表3 障碍物数据库信息提取分类

	自然障碍物	人工障碍物素
点信息	各种鸟类	高层建筑,楼间
	飞禽类动物	天线,灯塔
线信息	各种高大树木	空中电缆输电
	以及其他植物	电线
面信息	林区、峡谷等	国家规定危险
	特殊地貌	特殊、限制空域

3 低空告警专用航图绘制

在完成低空告警航图高分辨率遥感数据信息采集、建立低空空域告警航图平台数据库后,笔者试搭建基于3S技术的低空空域告警航图平台。低空空域告警航图平台以高分辨率遥感影像为基础,对获取的多源遥感原始影像进行辐射校正和几何精校正,融合成高分辨率多光谱影像;以低空告警航图平台数据库为数据支持,利用地理信息数据处理平台对地理信息精确提取;最后将高分辨率遥感数据和低空空域告警地理信息数据库相结合,使低空空域告警平台具有更新速度快,数据多源化、精确度高的优点。用户或相关部门可以根据不同低空空域飞行任务紧急程度、任务目的从低空空域告警航图平台中自由选择数据绘制所需专用低空空域告警航图。利用低空空域告警平台绘制专用告警航图流程如图1所示。

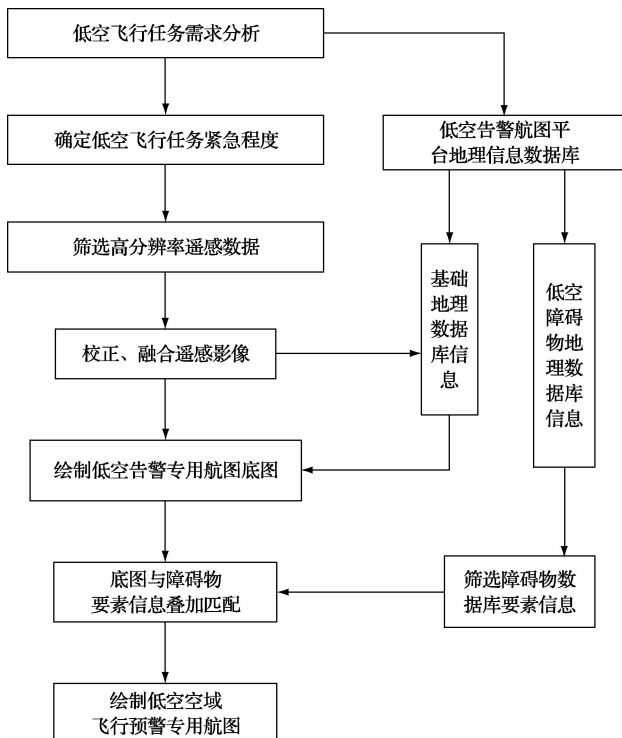


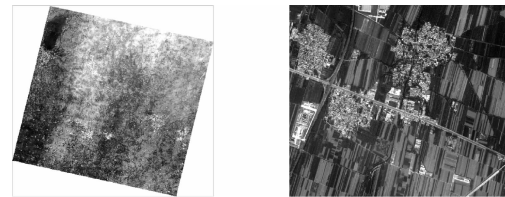
图1 低空空域告警专用航图绘制流程

首先,确定低空空域飞行任务需求和紧急程度,根据任务需求对高分辨率遥感数据源进行筛选,结合低空告警基础数据信息库完成专用航图底图绘制;然后,根据低空飞行目的,筛选飞行区域障碍物要素信息,从低空告警障碍物数据中提取精确矢量障碍物要素信息,完成障碍物信息特征图层的绘制;最后将提取的障碍物要素信息图层与低空飞行告警专用航图底图图层进行精确匹配,完成低空空域告警专题航图绘制,为低空告警航图可视化研究构建数据基础。

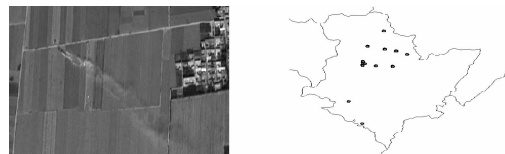
4 基于3S技术的飞行视景与低空告警航图匹配

4.1 综合运用3S技术精确监测秸秆焚烧

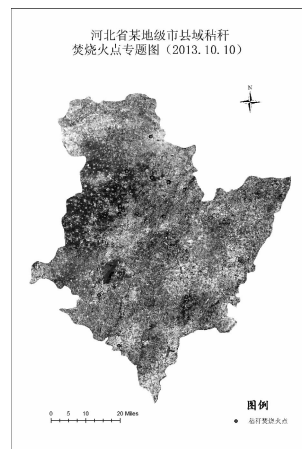
低空空域告警航图可视化的关键是将3S技术进行精确匹配并综合运用,因此根据笔者以往研究成果,以县域秸秆焚烧可视化监测为例,说明如何将3S技术进行精确匹配与综合运用。首先,根据监测区域获取多源遥感影像并处理,图2(a)为处理后2.1 m 高分辨率多光谱影像;随后按解译特征^[13]对秸秆焚烧火点进行解译提取并精确定位,图2(b)为解译后可视化影像和县域火点定位信息;最后,将2.1 m 遥感影像与定位火点信息以及行政区域地理矢量进行精确匹配^[14],将3S技术综合运用并制作河北省某市县域秸秆焚烧监测专题影像,如图2(c)所示。实验结果



(a) 2.1 m 高分辨率多光谱影像



(b) 火点解译可视化影像以及火点定位



(c) 县域秸秆焚烧3S监测专题影像

图2 3S技术精确监测秸秆焚烧

显示,综合运用3S技术在实验区域内共监测秸秆焚烧火点12处,将实验结果与环保部同时同地秸秆焚烧监测结果对比后发现,综合运用3S技术能够使监测结果更为精确^[15]。同理,将3S技术运用于低空空域告警可视化技术研究中,不仅更有利于低空VFR飞行,还可以提高告警精度,减少飞行安全事故发生。

4.2 基于3S技术的飞行视景与低空告警航图匹配设计

将3S技术运用与低空空域告警可视化匹配设计中,是将3S技术进行综合运用,以运用RS技术制作低空空域告警专用航图为基础、利用GIS构建低空空域告警航图平台数据库为数据支持,通过GNSS技术采集实时位置航空器信息,结合以LOS算法构建的地形可视化模型和三维环境技术^[15],探测航空器前方地形信息,实时显示航空器飞行周围障碍物信息,并根据预设情况,对飞行员进行告警,从而综合运用3S技术对完成飞行视景与低空告警航图的匹配,提高预警精度,减少低空飞行安全事故的发生。其相应的匹配流程如图3所示。

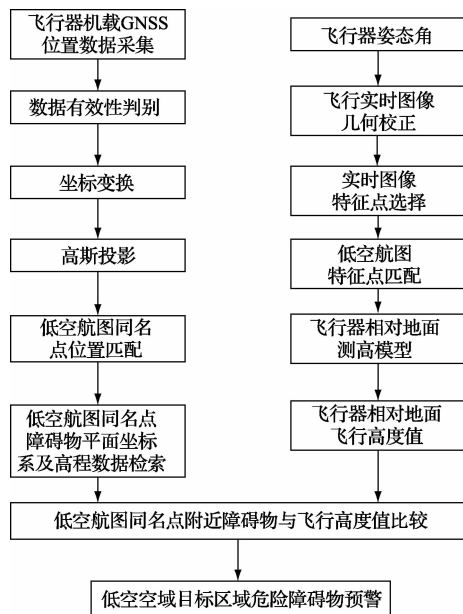


图3 低空空域飞行视景与低空告警航图匹配流程

5 结论

随着我国低空空域的逐步放开,国内急需使用低空空域飞行告警辅助系统来保障低空飞行器安全。然而,对于低空空域告警航图可视化技术的研究仍处于起步阶段,笔者提出将3S技术应用于构建低空空域告警航图平台以及低空飞行视景与低空告警航图匹配设计,能够发挥3S技术的优势,使低空空域告警辅助系统具有任务针对性,可更新性,实时性等优点。但同时,由于3S技术本身缺陷以及传感器等硬件固有误差的存在,低空空域飞行告警平台以及告警航图可视化的匹配仍需要进一步实验,以验证其精度和可靠性,笔者将对低空空域告警平台和低空告警航图可视化匹配技术进一步研究。

参考文献

- [1] 吕茂辉,余秦勇,周琦,等. 空管新技术在低空空域管理中的应用[J]. 通信技术,2009,42(12):95-100.
- [2] 冯登超,袁晓辉. 低空空域安全告警航图可视化研究进展[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(3):7-11.
- [3] 陈伟. 低空空域小飞行目标动态监视方法与实验平台研究[D]. 济南:山东大学,2010:13-46.
- [4] 王鑫,张彦仲,于龙洋,等. 一种低空飞行器定位监视终端的设计与实现[J]. 电子测量技术,2012,25(5):99-102.
- [5] 沈笑云,周波,曹博,等. 基于冲突概率的低空自由飞行冲突监测算法[J]. 光电与控制,2014,21(6):43-47,63.
- [6] 伍洪俊,张辉,庄儒耀,等. 基于速度数据的GPS时间延迟精确测量方案[J]. 电子测量技术,2014,37(11):106-108.
- [7] 黄俊祥,李鹏,王红勇. 基于视觉感受实验的目视航图评价[J]. 中国民航大学学报,2013,31(2):7-11.
- [8] 黄宇民,范一大,马骏,等. 中国遥感卫星系统灾害监测能力研究[J]. 航天器工程,2014,23(6):7-12.
- [9] 冯登超,陈刚,肖楷乐,等. 基于最小距离法的遥感图像分类[J]. 北华航天工业学院学报,2012,22(3):1-2,5.
- [10] 谭熊,余旭初,秦进春,等. 高光谱影像的多核SVM分类[J]. 仪器仪表学报,2014,35(2):405-411.
- [11] 冯登超,陈刚,肖楷乐,等. 遥感图像的几何精校正研究[J]. 国外电子测量技术,2012,31(5):41-43,73.
- [12] 高芳琴,吴健平. 遥感图像识别中线性地物提取方法研究[J]. 仪器仪表学报,2004,25(4):653-656.
- [13] 冯登超,秦焕禹,鞠秀亮,等. 基于Google Earth的县域秸秆焚烧火点监测初探[J]. 北华航天工业学院学报,2015,25(1):3-5.
- [14] 冯登超,秦焕禹,杨晓冬,等. 基于资源三号影像的秸秆焚烧火点监测研究[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(4):616-621.
- [15] 袁立伟,杨树文,杨维芳,等. 基于ENVI+IDL的遥感三维地形可视化技术研究与实现[J]. 兰州交通大学学报,2011,30(3):116-119.

作者简介

冯登超,博士,副教授,硕士生导师。主要研究方向为遥感信息处理、机器视觉、低空空域安全告警等。

E-mail: tyfdc001@163.com

秦焕禹,硕士研究生。主要研究方向为通信与信号处理。

E-mail: 403046061@qq.com

曾湧,博士,研究员,中国资源卫星应用中心系统运营部主任。主要研究方向为遥感信息处理,卫星轨道设计。

E-mail: zy720221@sina.com