

引用格式:彭桂林,万志强.中国浮空器遥感遥测应用现状与展望[J].地球信息科学学报,2019,21(4):504-511. [Peng G L, Wan Z Q. The present situation and prospect of aerostat applied to remote sensing and remote survey in China [J]. Journal of Geo-information Science, 2019,21 (4):504-511.] DOI:10.12082/dqxxkx.2019.180390

中国浮空器遥感遥测应用现状与展望

彭桂林^{1,2}, 万志强²

1. 中国电子科技集团公司第三十八研究所,合肥 230031; 2. 北京航空航天大学航空科学与工程学院,北京 100083

The Present Situation and Prospect of Aerostat Applied to Remote Sensing and Remote Survey in China

PENG Guilin^{1,2*}, WAN Zhiqiang²

1. The 38th Research Institute, China Electronics Technology Group Corporation, Hefei 230031, China;

2. School of Aeronautic Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100083, China

Abstract: The aerostat is a new airborne remote sensing platform, which is suitable for high resolution remote sensing in a small and medium area. The floating aircraft, especially the medium and low altitude small remote control airship, can be supported by the power propulsion and control system to implement the maneuvering flight. It has the characteristics of long flight time, large coverage area, strong load capacity, and high cost-efficiency. Satellite remote sensing data that lacks high spatial resolution and timeliness is of limited ability to access remote environment at a micro scale. Rotary or fixed-wing unmanned aerial vehicle (UAV) platforms, which is capable of performing unmanned inspection, surveillance, reconnaissance, and mapping of inimical areas with amateur or SLR digital cameras, can fly with manual, semi-automated, and autonomous modes. It is well known that recently UAVs in the geomatics field became a common platform for data acquisition, but the platforms have a low payload capacity and its flight was too short to be a valid complementary solution to data acquisitions. Compared with several other aviation platforms, the airship platform has a comprehensive advantage, which meets the comprehensive urgent needs and precision large scale mapping requirement for the areas with complex terrains. It has a wide application prospect in various fields, such as basic geographic data collection, land resources exploration, environmental monitoring, and agricultural vegetation monitoring. As its height superiority, the airship can effectively overcome the influence of earth curvature and the environment which helps to enhance the detection performance. Near space aircraft is the fundamental infrastructure platform in breaking down the natural barriers between the aviation region and the outer space. The stratosphere airship, which is one of the quasi-static aircrafts within the near space, has unique platform advantages. It is equipped with laser scanner, VIS camera (one for vertical capturing or more for slope capturing), thermo camera, and INS/GPS as an exterior orientation (pose) determination in undertaking tasks of aviation thermometric mapping and environmental studies. This objectives of this paper are (1) to analyze the application cases of the remote sensing telemetry of China's human aircraft, UAV, middle and low altitude airship and stratospheric airship platform; (2) to analyze the performance characteristics, working methods, and technical difficulties of each aviation platform;

收稿日期:2018-08-24;修回日期:2019-03-05.

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFB0503002)。[Foundation item: National Key Research and Development Program of China, No.2017YFB0503500.]

作者简介:彭桂林(1979-),男,江西宜春人,博士,研究员,主要从事浮空器综合信息系统研究。E-mail: bspeng@126.com

(3) to compare the technical features of various platforms; (4) to discuss the advantages of the application of the small and medium remote control airship platform in remote sensing telemetry, and (5) to explore the development status and key technology of the stratospheric airship. In the end, the future application of the remote aerostat is prospected in the light of the research progress in the international related fields.

Key words: aerostat; remote sensing and remote survey; aerial platform low altitude airship; stratospheric airship; China

***Corresponding author:** PENG Guilin, E-mail: bsipeng@126.com

摘要:浮空器是一种新型的航空遥感遥测平台,适合于中小面积高分辨率的遥感遥测,尤其是中低空小型遥控飞艇,可依靠动力推进与操纵系统实现可操作飞行,具有飞行时间长、覆盖面积大、载重能力强、效费比高等特点,与其他几种航空平台相比,飞艇平台具有综合优势,在基础地理数据采集、国土资源勘查、环境监测、农业植被监测等各个领域具有广泛的应用前景。本文分析了中国有人飞机、无人机和中低空飞艇、平流层飞艇平台在遥感遥测中应用案例,以及各个航空平台的性能特点、工作方式、技术难点等,对比了各种平台的技术特点;探讨了中小型遥控飞艇平台在遥感遥测中应用的优势,研究了平流层飞艇的发展现状与关键技术;并结合国际相关领域的研究进展,对未来浮空器遥感应用的前景进行了展望。

关键词:浮空器;遥感遥测;航空平台;低空飞艇;平流层飞艇;中国

1 引言

航空遥感遥测因其分辨率高、成像比例尺大、测绘面积大而日益成为现代空间数据获取中不可替代的一种技术手段,被广泛应用于基础地理数据采集、国土资源勘查、环境监测、农业植被监测等各个领域,成为卫星遥感、传统地面摄影的有效补充。航空遥感遥测的发展,很大程度取决于技术的进步,特别是遥感平台、传感器及遥感信息处理技术的发展^[1]。近年来,航空遥感平台除有人飞机、无人机等传统平台外,浮空器也逐渐成为遥感遥测的重要平台^[2]。

浮空器是一种主要依靠空气浮力(静升力)来克服自身重力的航空平台,总体上可分为受缆绳约束的系留气球和带动力的飞艇2大类。浮空器作为遥感遥测载荷的装载平台,在“空域”和“时域”上有无可替代的优势:与飞机相比,浮空器能看得更广;与卫星相比,浮空器能长时期定点观测。因此,很早以前浮空器就被视为理想的遥感探测平台,其中飞艇平台配置有动力推进装置和可操纵舵面,可操纵飞行,具有更好的操纵稳定性和综合飞行性能,能够适应城市、山区、丛林、海上、荒漠等多种环境,可实现对城市重点区域、地震震区、森林地区、旅游景区、海面等特定目标或区域的遥感探测等^[3-4](图1)。

2 中国航空遥感平台发展现状

随着对地观测体系研究的深入,人类逐渐将视

角从地面扩展到高空,对地球的观测也从地面扩大到空中,相应对观测的精准度、连续性等方面也提出了更高要求。航空遥感遥测即是借助空基遥感平台,实现一定区域内高分辨率探测以及探测方式“从地面到空间”技术性跨越的有效探测手段。现有的航空遥感平台包括各种有人飞机、无人飞机(固定翼与旋翼式)、系留气球和遥控飞艇等(图2),这些不同工作方式、技术性能的遥感平台共同组成了一个立体的、多层次的现代化遥感信息获取体系^[5]。航空观测平台的工作高度一般不超过80 km,可以有效弥补地基平台探测范围小、易受地形地貌条件限制的缺陷以及航天平台图像分辨率相对较低的问题,是对地观测技术体系的重要信息感知方法^[5]。

按照中国国防科工局“高分辨率对地观测系统十三五重大专项”规划,要求“重点发展基于卫星、飞机和平流层飞艇的高分辨率先进观测系统;形成

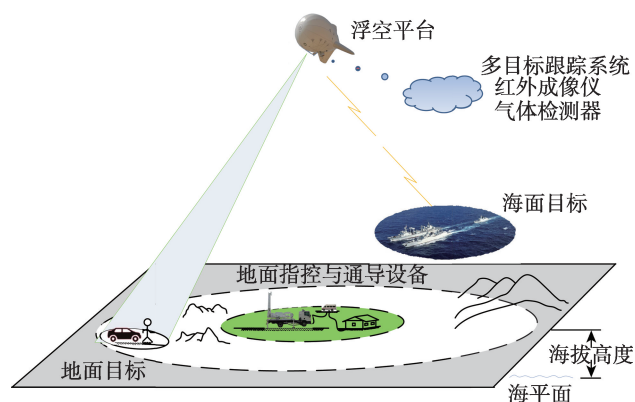


图1 浮空器典型应用场景

Fig. 1 Typical application scenario of a floating aerostat

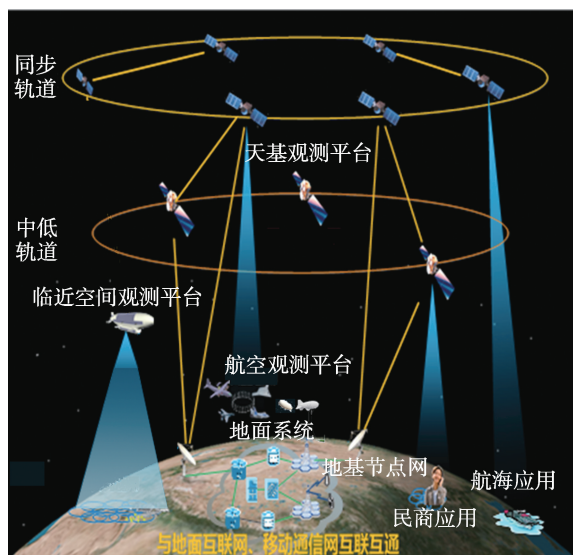


图2 各类遥感平台

Fig. 2 Various kinds of remote sensing platforms

时空协调、全天候、全天时的对地观测系统”^[6]。由此可见,在中国的航空遥感平台方面,有人飞机和无人机仍是获取地面地理信息的重要手段。

采用有人飞机开展遥感探测的思想由来已久,航空摄影测量和早期军事侦察都是采用有人飞机作为空中平台的。美国早在第二次世界大战期间就利用战机作为探测平台取得了战场的红外彩色胶片,这些航空相片的比例尺较大,分辨率高,可以进行立体量测。中国也于20世纪50年代开始应用于林业、水利、地质部门^[7]。1986年,中国科学院航空遥感中心采购了两架美国赛斯纳公司生产改装的“奖状S/II”型遥感飞机,相继携带航空相机、成像光谱仪和成像雷达等多种传感器,历经1998年长江特大洪水和2008年汶川地震,获取大量高质量遥感探测数据。2013年,国家发改委批复了“航空遥感系统”国家重大科技基础设施项目建设,以目前国内最成熟的新舟60型涡桨客机为基础改装航空遥感特种飞机;2017年,新舟60遥感飞机在陕西阎良完成定型试飞,成为中国飞行性能最好、飞行时间最长、航程最远、遥感设备集成度和观测效率最高的航空遥感平台^[8]。

随着无人飞控技术的迅速发展以及各种重量轻、体积小、探测精度高的数字化新型探测传感器的研制成功,无人机遥感系统以其高机动、低成本、自动化、实时性强等独特优点,得到了快速发展,正逐步成为卫星遥感、有人机遥感和地面摄影的有效补充手段^[9]。2011年和2014年,科技部高新技术司和国家遥感中心分别组织了全国重点行业无人机遥感应用普查,统计结果发现目前遥感无人机具有

如下特点:多旋翼多于固定翼、30 kg以下占绝大多数、大部分小于1 h、垂直起降和滑跑起降占据主流,表明目前中国遥感应用的无人机中,轻小型旋翼无人机是主力机型^[10]。

3 中国浮空器遥感平台应用现状

浮空器是一种廉价的、操作简单的航空遥感平台,可携带各种相机、红外辐射计等多种遥感传感器,早在1858年,法国人就开始用气球进行航空摄影^[3]。按飞行高度,遥感应用的浮空器可分为中空浮空器和高空浮空器两类。凡是在对流层工作的都属于中空浮空器,其中大多数是可在空中某固定区域上空进行人工操作的飞艇,最高可升至地面上空8 km处,其组成如图3所示,典型工作方式包括地面组装、地面系留维护、升空巡航和拆收存储等;凡是进入到平流层工作均称为高空浮空器,它们大多是平流层飞艇,可升至20~40 km高空,其组成主要包括飞艇平台、任务载荷、测控数传和地面综合保障4大分系统(图4),其中飞艇平台分系统主要用于保障平流层飞艇的基本飞行状态,遥感遥测设备位于任务载荷分系统内,典型工作方式包括地面组装、地面系留维护、升空巡航和拆收存储等。经统计,目前在中国应用最广泛的浮空器遥感平台是中低空飞艇和平流层飞艇2大类。

3.1 中低空飞艇遥感系统

20世纪末以来,中低空飞艇的研制水平有了极大提高与突破:①艇壳结构普遍由软式改为硬式;

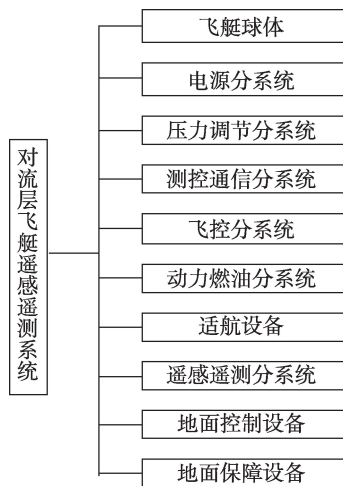


图3 对流层飞艇遥感遥测系统组成

Fig. 3 Composition of tropospheric airship remote sensing system

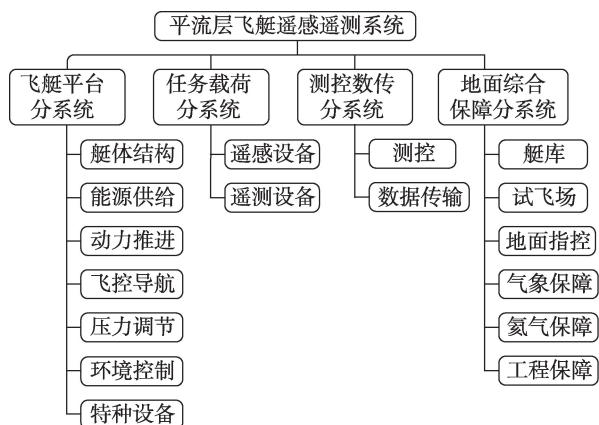


图4 平流层飞艇遥感遥测系统组成

Fig. 4 Composition of stratospheric airship remote sensing system

② 浮力介质从易燃易爆的氢气改为惰性气体氦气；
③ 针对具体用途实现全新设计,既注重发展多种大型的军用或民用飞艇,也着力研制各种中小型多用途飞艇；④ 是采用多种电子信息技术及其他高新技术使飞艇自主垂直起降、悬停和航行的可操作性及航行速度大为提高,留空工作时间大为延长,运营成本显著降低。但是出于飞行流程复

杂且空域管制等方面原因,目前中国应用中低空飞艇平台开展航空遥感的单位较少,而且基本都是一些有政府背景的测绘研究院所和高校或者基于上述传统测绘单位发展而来的企业。其中,中国测绘科学研究所和武汉大学是国内最早应用遥感飞艇平台开展低空摄影测量地形图测绘的。2008年,彭晓东等^[11-14]针对航空摄影测量的要求,改进设计制造而成了FKC-1无人飞艇平台,并专门开发了解决无人飞艇所获取的高重叠度、大旋转角的立体影像,大数据量等问题的空中三角测量软件,基本实现无人飞艇影像空中三角测量的自动处理。

2012年,华南理工大学任鹏^[15]等利用自制的小型遥控飞艇搭载数码相机和红外成像设备,在广州大学城飞行,获取了近2355 m×2081 m的正射影像。

2007年,中国电子科技集团38所在安徽省六安市试验场利用BWT-300低空飞艇搭载自研的SAR设备,开展了高分辨率宽幅成像模式、GMTI模式、InSAR模式、方位向摆扫成像模式试验(图5),获取大量低空遥感数据^[16],该飞艇的主要性能参数如表1所示。



图5 38所飞艇平台工作示意

Fig. 5 Schematic diagram of the 38th research institute unmanned airship platform work

表1 无人飞艇平台性能参数

Tab. 1 The performance parameters of unmanned airship platform work

指标名称	FKC-1 飞艇	华南理工飞艇	38所飞艇
艇体体积/m ³	180	120	300
任务载重能力/kg	不小于15	不小于10	不小于50
控制飞行半径/km	1	10	20
最大升限/m	2000	1500	3000
巡航时间/h	不小于2	不小于3	不小于3
巡航速度/(km/h)	40	20~60	50~70

3.2 平流层飞艇遥感系统

平流层飞艇工作在20 km以上高度(图6),能够克服地面地球曲率的限制和地形的遮蔽,具有升空高度高、视距远、覆盖范围大、效费比高、起降条件要求低、技术保障简便等特点,具备几个月甚至长达数年的高空定点留空和机动能力,基本不需要地面补给保障。因此,平流层飞艇可以执行区域高空地理资料长时收集的任务,能实现大范围、指定高度、大批量数据的长达数天,甚者数月的探测,解决现有遥感探测手段无法实现长时定点探测的不足。

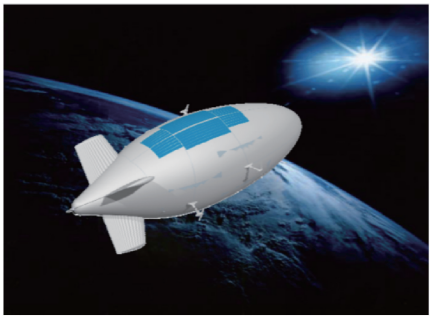
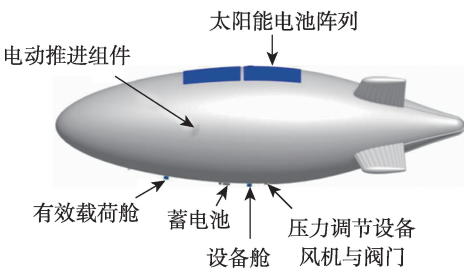


图6 平流层飞艇总体布局
Fig. 6 Overall layout of the stratospheric airship

从目前国际平流层飞艇的发展和技术研究来看,在概念提起之初,世界各国受平流层飞艇技术优势的巨大吸引,均争先恐后的进行研发。但是随着研究的深入,各个国家均逐渐认识到平流层飞艇的技术难度,逐渐退出了研发队伍。几十年过去了,平流层飞艇的概念设计众多,但仍然处于原理性验证阶段^[17]。从目前的实际进展来看,投入最大的仍然是美国。世界上比较有代表性的平流层飞艇如表2所示^[17]。

中国的平流层飞艇系统研究始于“十五”期间,进入21世纪,在国家重大专项等的大力支持下,平流层飞艇研究也取得了不断的突破。“十一五”期间,国家相关部门就投入专项经费支持飞艇平台关键技术攻关;“十二五”期间相关参研单位都进行了飞艇平台的演示验证,取得了阶段性成果。近年来,国内多所高校与科研院所开展了方案论证、关键技术攻关等研究工作,部分民营企业也投入到飞艇的研制过程中,从目前的平流层飞艇研制现状来

看,通过近几十年的努力,中国的平流层飞艇研制取得了较大的进展,基本与美国等国家处于同一起跑线上,国内某些单位已完成多次演示验证飞行,通过不同方式获得了宝贵的试验数据。但也存在能源动力、囊体材料等短时间难以解决的问题,整体技术水平距离实际遥感应用尚有一定的距离^[18]。

4 浮空器遥感应用展望

4.1 航空遥感平台比较

根据目前国内已应用的典型航空遥感遥测平台情况,定性比较了各种航空遥感遥测平台涉及的各项关键性能^[19],具体见表3。

有人飞机具有载重大、高度高、速度快、环境适应性强及飞行时间长等优点,可携带复杂的、性能更好的大型遥感设备进行大面积遥感,但有人驾驶飞机需要专门的飞行员驾驶,操作难度大,定点运行能力差且使用成本很高。因此,有人驾驶飞机适

表2 世界各国平流层飞艇发展情况
Tab. 2 Development of stratospheric airships around the world

项目名称	国家/部门	主要用途	进展情况
HAA 高空飞艇	美国导弹防御局,后转移到海军空间与导弹防御司令部	导弹预警	2003年开始论证,仍处于样机研制阶段
“高空哨兵”飞艇	SwRI研究所	高空监视、通信中继	2005年11月进行飞行试验,飞行高度达22 km,留空时间达5 h
ISIS项目	美国国防高级计划研究局(DARPA)	预警、通信等	正在进行缩比尺寸验证艇的研制
平流层卫星	Sanswire Networks公司	军事/民用通信	2005年5月,Sanswire Networks宣称已经按预定计划完成军用飞艇原型的演示验证
JP Aerospace公司系列飞艇	美国空军天战实验室/JP公司	高空侦察监视、中继通信	“攀登者”高空飞艇:进行了部分低空试验,准备进行高空试验时被损毁。 “天腾”飞艇:飞行高度达28 981 m,(95,085 ft)打破了由美军“高空哨兵”保持的22 555 m记录
HALE平流层飞艇	欧洲航空局	对地观测、通信中继	处于概念设计阶段
日本平流层飞艇	日本航空航天技术研究所	对地观测、通信中继	2003年8月,发射了一艘无动力平流层试验艇,升空高度达16.4 km,现处于关键技术攻关阶段

表3 各种航空遥感遥测平台性能对比

Tab. 3 Performance comparison of various aerial remote sensing platforms

遥感平台	有人飞机	固定翼无人机	旋翼无人机	中低空飞艇	平流层飞艇
载重能力	大	较大	较小	大	大
飞行高度	高	低	低	低	高
飞行速度	快	较快	慢	较慢	较慢
操纵简便性	难	一般	简单	一般	一般
垂直/重复起降	一般	较差	优良	优良	优良
定点运行能力	差	差	优良	优良	优良
驻空时间	一般	短	较短	长	长
抗风能力	强	强	一般	强	一般
技术成熟度	高	高	高	高	低
使用成本	高	低	低	较低	较低

用于国家或政府层面的大面积遥感。

小型固定翼无人机载荷能力很小,一般在 10 kg 以内,仅能搭载简便的光谱相机,且飞行时间较短。因此,小型固定翼无人机适用于面积较小、精度要求不高的遥感测量。

旋翼无人机载重能力较小,以常见的八旋翼为例,其最大起飞重量通常不超过 20 kg,单次飞行时间约 60 min 以内,最大飞行高度 1000 m。因此,旋翼无人机多用于定点遥感和科学研究方面,在产业化遥感应用方面并不适用。

小型中低空飞艇一般载重在 50 kg 左右,飞行高度在 3000 m 以下,飞行速度 50 km/h 以上,巡航时间 2 h 以上。同时,小型飞艇飞行过程平稳,遥感遥测效果好,与有人驾驶飞机和无人机相比,更适用于规模化遥感作业。但是小型飞艇通常飞行高度较低、飞行速度较慢,对应的遥感作业效率低、飞行安全性差。

平流层飞艇综合性能优良,具备长达数月的定点驻空能力,载重量可达数吨,且飞行高度高,覆盖范围大,是一种理想的遥感遥测平台。近年来,随着航空材料及工艺技术的不断进步,以及各国军方开始寻求低成本的长航时监视、通信平台和潜在的运输与巡逻航空器时,平流层飞艇再一次掀起了一波研究热潮,但作为一项极为庞大的系统工程,平流层飞艇研制涉及的基础原理和工程实践均无太多的经验可遵循,目前各国都正处于技术探索当中,技术成熟度较低,部分关键技术尚未完全见底,技术验证性高空试飞有待开展,尚不具备直接应用于遥感遥测的能力。

4.2 国外浮空器遥感应用现状

在航空遥感方面,美、英、法、德及瑞典等欧美

国家借助航空遥感在农业监测、地图测绘、交通遥感等方面取得了显著成果。近年来,随着无人飞行技术的发展和光谱技术的进步,基于小型无人机和无人飞艇等的遥感遥测设备在各国发展火热,航拍航测设备、多光谱设备、高光谱设备如雨后春笋,方兴未艾。

20 世纪 70 年代,由美国国家宇航局(NASA)、农业部(USDA)、国家海洋大气管理局(NOAA)和商业部合作主持了“大面积农作物估产”项目(LACIE),运用无人机、飞艇等搭载多光谱、高光谱设备,运用航空视频图像交互式解译系统(AVS)等遥感遥测技术对多种农作物长势做出评估并预测产量,实现了实时、高效、灵活的对农林病虫害、农作物测产及土壤肥力等的检测。

与美国等发达国家相比,中国利用浮空器进行遥感监测任务的案例较少,目前主要是武汉大学、中国测绘科学研究院等高校与科研院所采用无人飞艇进行过地形测图等研究,研究重点集中在采用无人飞艇平台进行摄影测量的可行性和适应性进行论证,并在生产效率、成本、质量与安全等方面对无人飞艇平台与传统遥感平台进行比较与论证^[20]。在飞艇平台与遥感测绘载荷的集成化设计方面尚无深入研究,在技术与应用方面都有待进一步加强研究。

4.3 中低空浮空器遥感应用前景

从上述各类遥感平台的性能特点以及目前国外浮空器的遥感应用现状可知,中低空飞艇具有载重量大、飞行速度慢、留空时间长、飞行稳定等特点,在遥感遥测中具有很好的应用前景。随着智慧城市、精准农业等现代社会发展概念的提出和发展,针对城市、土壤等特征的大面积高分辨率遥感

需求激增。卫星遥感适用于超大面积国家普查,但在指导具体作业方面作用有限;以飞机作为平台进行遥感虽然效果好,但成本很高,一般作业者难以承受;小型无人机飞行时间短,覆盖面积过小,且载重有限,难以满足需求。相比而言,从技术角度上说,浮空器平台具有综合优势,具有飞行时间相对较长、覆盖面积较大、载重能力较强等特点,技术较为成熟,能够对所有遥感项目以较好的性能提供覆盖,更适合于中小面积高分辨率遥感遥测,在未来精准测绘领域具有广阔的应用前景。在人工智能技术迅速发展的时代背景下,浮空器遥感应用也迎来了很好的发展机遇,首先以深度学习为代表的神经网络算法与传统的浮空器自主飞控、外界风场预测、囊体强度分析预测与遥感遥测等科学算法想结合有了较大的可能性,这对于提高浮空器遥感应用的安全性和出勤率具有很大的促进作用。

除单独应用外,飞艇平台还可以与其他地基平台和天基平台配合使用,尤其是发挥其空中定点监视、数据中继等优势,形成空天地一体的立体式垂直遥感探测网。通过搭载光谱成像系统和航测设备,浮空器平台自身在完成应急预警监控、安保反恐、森林防火、防灾减灾等多种任务的同时,与其他无人机等监测、通信等平台相互连接,利用国家天地一体化信息通信网络以及未来物联网,形成较为完善的空间互连互通体系,将有效增强遥感探测等效能,提高动态预警能力。

因此,作为一种用于科学数据采集的经济高效探测平台,无人自控飞艇在遥感遥测方面具有广泛的应用前景。

4.4 平流层飞艇遥感应用前景

从平流层飞艇平台的发展现状来看,无论是美国等发达国家还是国内各研究单位,在平流层飞艇的研制方面均提出了很好的创意和思路,并进行了大量的试验,但从实际效果来看,都值得进一步探索,距离实用差距较大。因此,在平流层飞艇遥感应用过程中,还需对平流层飞艇以及相关关键技术进行深入探索和试验。

从技术发展角度来看,平流层飞艇的应用有以下2点不容忽视:①美国、欧洲和日本等技术先进国家的平流层飞艇相关技术在不断发展,在材料、能源和载荷等技术上储备基础深厚,且在某些技术领域取得重要技术进展;②平流层飞艇项目和计划仍然受到了大量关注和支持,西方国家仍在不断地

进行放飞试验与技术验证,美国NASA启动的平流层飞艇替代卫星竞赛就是证明。

从遥感遥测产业应用方面来说,平流层飞艇的位置一般高于所有的商业飞行航道,由于飞艇高度超过10 km,所以几乎不会干扰商用飞机飞行。一方面,平流层飞艇被设计为能容纳约1000 kg遥感载荷及其他艇上子系统,用于监视和遥感、成像及观测,能为固定地面站和接收台提供遥感数据和图像;另一方面,平流层飞艇的主要结构能在非常短的时间内动态改变,重新分配能力、重新编程任务和根据需要满足新需求。

现代平流层浮空器网络将与地面网络和卫星网络一起部署,为系统融合提供更高的灵活性,能容易地适应地球观测的需求。实际上,高空平流层平台将在未来的地理观测的基础设施中扮演互补角色,如自由漂浮气球(FFB)、重于空气(HTA)飞行器和轻于空气(LTA)飞行器,这种融合还有可能与现有的地面、无人机等遥感系统相连接。对于来自地面测绘网和空中各类遥感测绘平台收集的实时动态时空数据,形成了多源、异构、海量的复杂数据网络,通过大数据、云计算等现代手段进行数据预处理、分析、挖掘,构建基于高空浮空器平台与其它数据平台的遥感探测大数据网,对于进一步促进平流层飞艇遥感信息融合以及揭示飞艇平台的运动规律等具有积极作用,也提高了平流层平台应用于高空测绘遥感与感知获取时空数据的潜力^[21]。

因此,随着昼夜能源循环转换技术、材料技术、大数据、云计算等技术的发展,平流层飞艇必能发挥其高空长航时、大载荷、覆盖面积大的优势,弥补目前卫星遥感与中低空遥感分辨率与成像面积难以兼顾的难题,并能与其他平台共同构建多传感器系统于一体的综合遥感遥测系统,在未来遥感遥测领域发挥更大的作用。

5 结论

与无人机、卫星等航空航天遥感平台相比,浮空器尤其是大型的平流层飞艇具有长时定点驻空、机动快速部署及飞行速度慢、操作简单等特点,耿常适用于大面积高分辨率遥感作业应用,在遥感遥测领域具有广阔的应用前景。虽然中国浮空器遥感应用发展起步较晚,目前应用也主要集中在低空摄影地形图测绘,与美国等发达国家还存在一定的差距,但是近年来随着中国在平流层飞艇等相关浮

空器平台关键技术取得的阶段性突破,后续中国在浮空器遥感应用方面必将得到快速发展。

参考文献(References):

- [1] 桂德竹,张成成,洪志刚. 我国航空遥感发展现状及若干建议[J]. 遥感信息, 2013, 28(1): 119-122. [Gui D Z, Zhang C C, Hong Z G. Development status and industrialization recommendation of aerial remote sensing technology in China[J]. Remote Sensing Information, 2013, 28(1): 119-122.]
- [2] Bitelli G, Girelli V A, Tini M A, et al. Low height aerial imagery and digital photogrammetrical processing for archaeological mapping[J]. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2004, 35(B5): 498-503.
- [3] Gabriel A K, Gillett J D. Airship Technology[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [4] 曹立,潘然,田犇. 遥控飞艇数字航空摄影系统[J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(5): 92-93. [Cao L, Pan R, Tian Z. Digital aerial photogrammetry system based on remote controlled airboat[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2005, 28(5): 92-93.]
- [5] J. Everaerts. The use of unmanned aerial vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping[A]. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing, 2008: 1187-1191.
- [6] 中华人民共和国中央人民政府. 国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006-2020)[EB/OL]. <http://www.gov.cn/jztz/kjzgh/>. [The Central People's Government of the people's Republic of China. Outline of the national medium and long term science and technology development program [EB/OL]. <http://www.gov.cn/jztz/kjzgh/>.]
- [7] Lin Z J. UAV for mapping-low altitude photogrammetric survey[A]. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing, 2008: 1183-1186.
- [8] 新舟60 遥感飞机首飞, 航空遥感用的飞机不再姓“美”[EB/OL]. <http://news.carnoc.com/list/395/395289.html>, 2017-03-11. [Xinzhou 60 is the first remote sensing aircraft to fly, aircraft used in aerial remote sensing is no longer named "USA" [EB/OL]. <http://politics.people.com.cn/n/2014/0104/c70731-24023291.html>, 2014-01-04.]
- [9] 晏磊,吕书强,赵红颖,等. 无人机航空遥感系统关键技术研究[J]. 武汉大学学报·工学版, 2004, 37(6): 67-71. [Yan L, LYU S Q, Zhao H Y, et al. Research on key techniques of aerial remote sensing system for unmanned aerial vehicles[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2004, 37(6): 67-71.]
- [10] 廖小罕,周成虎,苏奋振,等. 无人机遥感众创时代[J]. 地理信息科学学报, 2016, 18(11): 1439-1447. [Liao X H, Zhou C H, Su Z F, et al. The mass innovation era of UAV remote sensing[J]. Journal of Geo-information Science, 2016, 18(11): 1439-1447.]
- [11] 彭晓东,林宗坚. 无人飞艇低空航测系统[J]. 测绘科学, 2009, 34(4): 11-14. [Peng X D, Lin Z J. Unmanned airship low altitude system for aerial photogrammetry[J]. Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(4): 11-14.]
- [12] 张永军. 无人驾驶飞艇低空遥感影像的几何处理[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2009, 34(3): 284-287. [Zhang Y J. Geometric Processing of low altitude remote sensing images captured by unmanned airship[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2009, 34(3): 284-287.]
- [13] Zhang A W, Hu S X, Meng X G, et al. Toward high altitude airship ground-based bore sight calibration of hyper spectral push broom imaging sensors[J]. Remote Sensing, 2015, 7: 17297-17311.
- [14] 逢超. 艇基低空遥感影像自动拼接关键技术研究[D]. 长春: 吉林大学, 2010. [Pang C. Study on automatic stitching of low altitude images by unmanned airship[D]. Changchun: Jilin University, 2010.]
- [15] Ren P, Meng Q L, Zhang Y F, et al. An unmanned airship thermal infrared remote sensing system for low-altitude and high spatial resolution monitoring of urban thermal environments: integration and an experiment[J]. Remote Sens, 2015, 7: 14259-14275.
- [16] 王彦广,姚伟,李勇. 平流层飞艇技术发展及其应用前景展望[J]. 卫星与网络, 2010(4): 18-21. [Wang Y G, Yao W, Li Y. The technology development of a stratospheric platform and its applied expectation[J]. Satellite & Network, 2010(4): 18-21.]
- [17] Lee M, Smith S, Androulakis S. The high altitude lighter than air airship efforts at US army space and missile defense command/army forces strategic command[C]. 18th AIAA Lighter-Than-Air Systems Technology Conference. Seattle, USA: AIAA, 2009: 1-29.
- [18] 刘东旭,杨永强,吕明云,等. 蒙皮热辐射特性对平流层浮空器氦气温度影响[J]. 北京航空航天大学学报, 2010, 36(7): 836-840. [Liu D X, Yang Y Q, LYU M Y, et al. Effect of envelop thermal radiative properties on the stratospheric super pressure LTA vehicle helium temperature[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2010, 36(7): 836-840.]
- [19] 范春石,马蓉,李勇等. 深空自动飞艇探测器技术发展研究[J]. 航天器工程, 2012, 21(2): 85-93. [Fan C S, Ma R, Li Y, et al. Development of autonomous deep space airship explorer[J]. Spacecraft Engineering, 2012, 21(2): 85-93.]
- [20] Lin Z, Chen J, Jiang J, et al. UAV for mapping in the international archives of the photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Beijing, 2008, Vol. XXXVII, Part B2.
- [21] Ilcev D S, Sibiya S S. Weather observation via stratospheric platform stations[C]. Ist-africa Conference. IEEE, 2015.