

孟珍,毛峰,夏江峰,等. 陕西小型多旋翼无人机气象观测应用体系构建与观测试验[J]. 陕西气象, 2021(2): 60-64.

文章编号: 1006-4354(2021)02-0060-05

陕西小型多旋翼无人机气象观测应用 体系构建与观测试验

孟珍^{1,2}, 毛峰^{1,2}, 夏江峰^{1,2}, 李伟^{1,2}, 杨艳¹

(1. 陕西省大气探测技术保障中心, 西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室, 西安 710016)

摘要:开展小型多旋翼无人机气象观测应用,对综合气象观测发展有着十分重要的意义。结合小型多旋翼无人机气象观测业务的运行研究基础和小型多旋翼无人机气象观测示范网的规范业务应用,建立了陕西省小型多旋翼无人机气象观测应用研究示范体系。该体系通过建立小型多旋翼无人机探测系统、示范站建设、观测体系规范的构建等方式,完善了综合气象观测的内涵,扩展了现代气象探测业务的范畴。在陕西成功进行了业务化试验运行,取得了相关飞行和观测数据,表明了初步具备全国推广的价值和可行性。

关键词:小型多旋翼无人机;气象观测;规范;体系;试验运行

中图分类号: TP278

文献标识码: A

随着公众对气象预报预测服务需求的提高,气象部门对新的观测手段和方法的需求也呈持续增长态势^[1],各类新型气象观测设备不断投入业务应用。小型多旋翼无人机已在国内外多个领域得到应用,如公共安全、应急搜救、农林、环保、交通、电力、影视航拍等。采用小型多旋翼无人机进行观测是目前气象观测领域的研究趋势之一,小型多旋翼无人机在机动性、灵活性、前沿性等方面的优势也使得其在气象观测领域有了广泛应用的空间。国外气象爱好者 2000 年左右就曾将小型多旋翼无人机应用于气象观测,国内江苏、天津、广东、四川等地气象部门也尝试利用小型多旋翼无人机进行气象观测,但因观测方法等不统一数据应用受限。中国气象局《综合气象观测业务发展规划(2016—2020 年)》中指出“飞机气象观测是空基气象观测的重要组成部分,要与卫星大尺

度遥感、地基定点观测一起构成多尺度、无缝隙的立体观测格局”,陕西省气象局在经年业务积累的基础上,开展小型多旋翼无人机气象观测业务应用研究,探索小型多旋翼无人机观测数据应用^[2-5],完成了小型多旋翼无人机及机载传感器选型、观测示范站建设、标准化观测业务流程建设等,在全国较早的建立小型多旋翼无人机气象观测示范网并开展业务试运行。

1 小型多旋翼无人机气象观测体系概述

2019 年,陕西省气象局完成了气象标准预研项目“小型无人机气象观测规范”的编写并向全国气象仪器与观测方法标委会提出和归口。规范主要包括小型多旋翼无人机选型、机载传感器选型、小型多旋翼无人机气象探测系统集成、小型多旋翼无人机气象观测场、观测员、观测业务流程、数据传输、数据存储等,从小型多旋翼无人机气象

收稿日期: 2020-06-23

作者简介: 孟珍(1983—),女,汉族,山东菏泽人,硕士,高工,从事新型气象探测设备观测技术研究及大气探测设备监控系统开发与相关算法研究。

基金项目: 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室面上基金“无人机气象观测技术标准研究”(2019M-13)

探测系统、观测示范站建设和小型多旋翼无人机气象观测等三个主要部分论述无人机观测,以及陕西省开展的试验应用情况,旨在提供一套科学实用、可操作性和可借鉴性较强的小型多旋翼无人机气象观测业务规程。

1.1 小型多旋翼无人机气象探测系统

小型多旋翼无人机气象探测系统包括无人机、机载传感器、采集器、地面数据采集处理系统、小型多旋翼无人机地面控制系统和电源系统6部分。该系统须至少按照观测方式完成一个完整观测过程,并提供秒级观测数据。小型多旋翼无人机气象探测系统数据包括气象要素观测数据和无人机飞行状态数据。加载实景监测设备时,还包括图像视频数据^[6-8]。

1.2 观测示范站建设

示范站建设包括无人机起降场建设、飞行人员培训。起降场一般选在地面气象观测站院内、地面观测场以外的区域。野外等特殊情况下,方圆50 m范围内无遮挡的地方均可作为小型多旋翼无人机起降场。以起降场中心坐标、气压传感器感应部分的海拔高度作为小型多旋翼无人机气象观测站经度、纬度和海拔高度。小型多旋翼无人机观测设备在起降场摆放位置、朝向等,要同时满足气象观测和无人机操作要求。飞行人员须参加专业机构培训,并取得Ⅲ类无人飞行器的机长或飞手执照。

1.3 无人机气象观测

小型多旋翼无人机气象观测分为常态化业务观测和特殊情况观测。将在固定地点、固定时间或时间段开展的观测称为常态化业务观测。将在非固定地点、非固定时间或时间段开展的观测称为特殊情况观测。

常态化业务观测时,以垂直非悬停观测为主。海拔高度低于2 500 m的观测站,飞行高度(真高)不低于1 500 m;海拔高度高于2 500 m的观测站,飞行高度(真高)为小型气象无人机最大实际飞行真高。特殊情况观测时,除按照常态化业务观测方式开展观测外,也可根据需要开展指定高度的悬停观测、水平观测等。

2 陕西省小型多旋翼无人机气象观测试验

陕西省气象局通过开展小型多旋翼无人机及机载观测设备选型、4个观测示范站基础建设、飞行人员培训、观测业务流程编制,以及开展无人机观测数据应用研究,在全国率先建立小型多旋翼无人机气象观测示范网。并通过开展小型多旋翼无人机低空综合气象观测试验,积极探索无人机气象观测在气象观测业务中的应用,开辟了气象探测新领域。在近100个架次的垂直气象观测试验中,不仅实现了地面到最高距地3 000 m高空的气温、湿度、气压、风向、风速、大气成分垂直观测,获得各观测要素秒级数据,形成小型多旋翼无人机气象观测网,同时还实现了小型多旋翼无人机气象应急观测(含实景)、雾霾观测及与其他垂直探测数据的对比。试验获得的数据一方面融入到冬季污染物扩散气象条件预报服务、大雾天气时近地层气象研究中;另一方面用于与现有新型遥感式垂直气象探测设备进行同步对比观测,实现对新型遥感设备的机外标校,提升观测准确性。试验过程还培养和锻炼出了一支满足观测业务需要的小型多旋翼无人机观测员队伍,对小型多旋翼无人机气象观测业务流程和规范进行了验证实践和完善。

2.1 小型多旋翼无人机与探空站对比观测

图1为2018年11月20日07时,在陕西汉中勉县开展的小型多旋翼无人机与探空站对比观测的温度、湿度、气压、风向风速等气象要素。

小型多旋翼无人机观测点为勉县气象观测场,探空数据来源为汉中探空站,两站间距40 km,观测场海拔高度相差40 m。比对结果显示:边界层结构中,两地既有一致性,也有差异性。800 m(真高)以内,温度具有显著的一致性,低空逆温厚度、强度基本相同;湿度、风向、风速差异明显,此三要素受局地环境、下垫面性质影响显著。勉县三面环山,站场环境为乡村,与汉中站的城市环境相比,风速偏大、湿度较高符合一般性规律。800 m以上,风向、风速趋向一致,原因是边界层以上受下垫面影响减弱,自由大气趋向均一,而温度出现一个弱逆温层,与之配合,风场的出现显著变化,由东北转为西风。但是,汉中站探空测得的

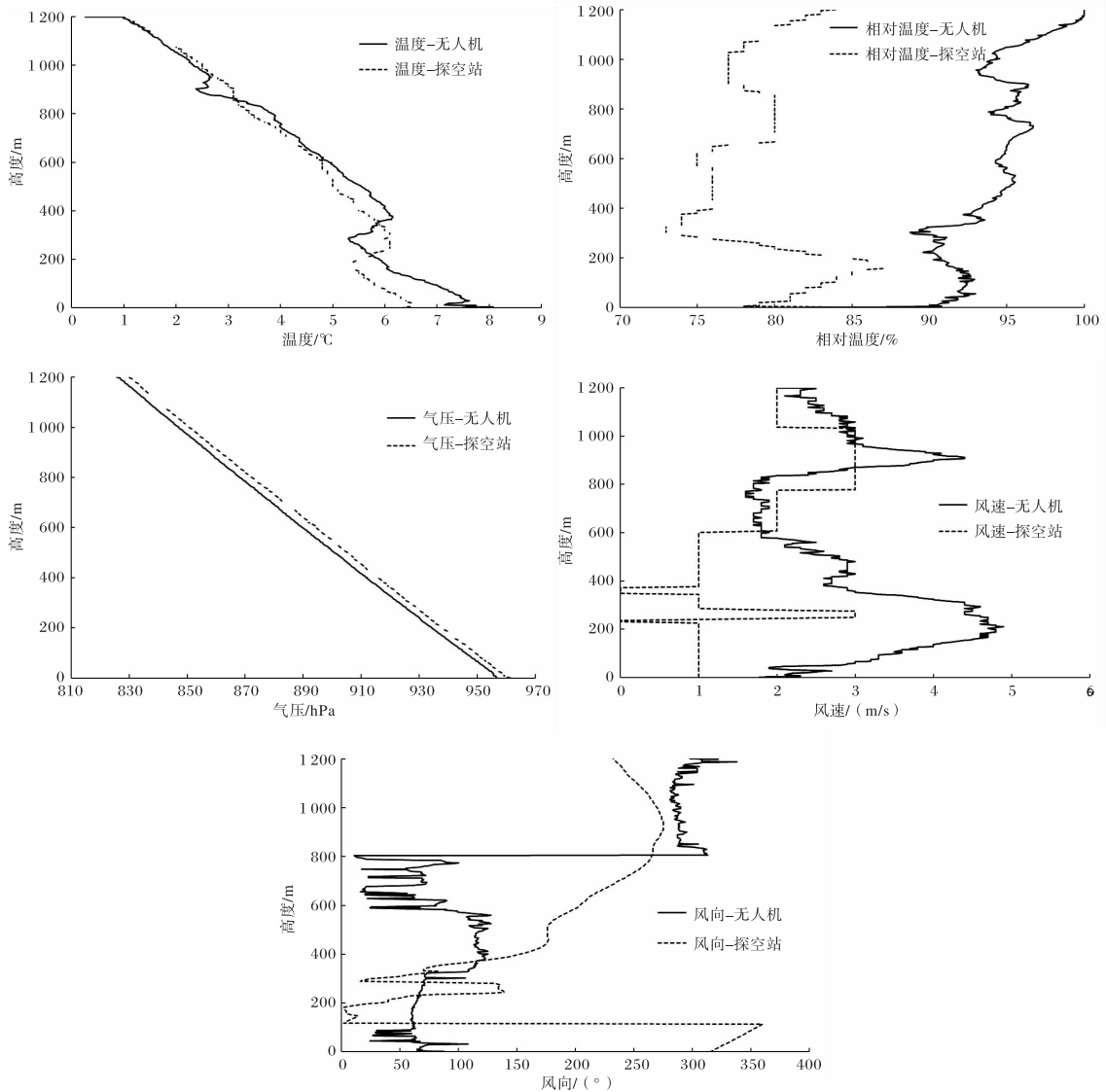


图1 2018-11-20T07小型多旋翼无人机(勉县)和空基探空雷达(汉中)对比观测的温度、湿度、气压、风向风速

风为顺时针转,而勉县测得的是逆时针转,这种差异与800 m左右的逆温层有关,也显示出在地形较复杂地区边界层内气象要素分布代表性差、局地性强的特点。可以看出,小型多旋翼无人机观测的温度、相对湿度廓线与探空观测具有较好的一致性,风向和风速数据有误差但存在一致性,需要更多实验及校对测试。

2.2 小型多旋翼无人机观测大气成分

图2分析了小型多旋翼无人机飞行过程中大气成分数据随高度和时间的变化规律。时间为2019年6月14日,测试地点为陕西汉中汉台区,观测的大气成分为CO、SO₂、NO₂、O₃以及颗粒物PM_{2.5}、PM₁₀。从本次小型多旋翼无人机遥感技

术在大气环境环境监测中的应用中可以看出,观测结果与实况吻合,定量趋势一致,定性等级一致。在无人机观测高度为0~1500 m的垂直探测中,对大气成分的监测可以补充环保空中观测资料,同时若进行高频的连续观测则可以为当次环境气象服务提供重要的数据参考。

通过在陕西汉中开展对比观测的检验,校验了小型多旋翼无人机气象观测的观测系统,完成了示范站标准建设,制定小型多旋翼无人机观测各类气象要素的观测流程和方法等。2018年至今,陕西进行的小型多旋翼无人机气象观测试验均按照上述规范开展,在2019年11月的全国气象观测会上进行的小型多旋翼无人机气象观测现场

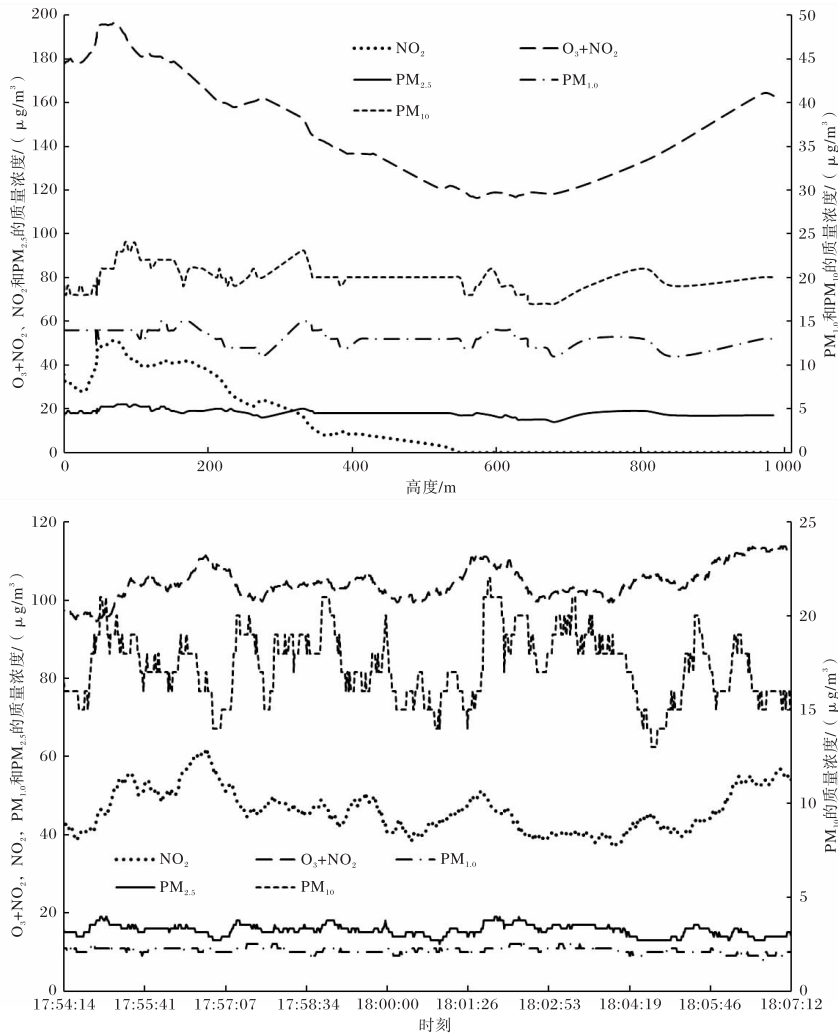


图2 2019-06-14 陕西汉中大气成分数据随小型多旋翼无人机飞行高度和时间变化对比图

试飞演示,也是完全按照规范相关内容进行,得到了全国同行的肯定。通过系统性建设,可以使小型多旋翼无人机气象观测资料具有代表性、准确性、比较性和连续性,便于资料的共享和使用^[9]。

3 结语

目前我国 1.5 km 高度范围内的低空气象探测还处于发展阶段。针对气象观测业务中小型旋翼无人机实施补充观测的需要,陕西省研制出一套流程科学规范、系统可操作性强、可以自动化控制飞行,并且自主完成多气象要素观测的小型旋翼无人机气象观测示范体系建设和试验规程,将小型多旋翼无人机作为观测平台,搭载集成度高、观测能力强、准确度高的机载气象探测设备,并将小型多旋翼无人机气象观测规范化、流程化,是适应智慧气象发展、有效提高近地面气象观测能力、

进一步发展气象应急保障服务的强有力手段和方法,具有广阔的应用业务前景。该小型多旋翼无人机气象观测示范体系的研发,对引入创新性技术、完成数据实时比对、提高观测效率、保证气象观测网安全、稳定、可靠运行具有关键的研究价值。经过在陕西汉中试验基地的试验,证实可以通过逐步进行业务化运行,开展小型多旋翼无人机定期或非定期气象观测,有效获取边界层内部大气气象要素的垂直廓线,弥补近地面大气探测资料的不足,对灾害性天气监测预警、雾霾精准治理有着重要的意义。

参考文献:

- [1] 胡鹏,伍光胜,孙伟忠,等.多要素气象观测无人机系统的设计与应用[J].计算机测量与控制,2019,27

- (4):139-142+148.
- [2] 毛文军. 无人机在气象服务中的应用[J]. 浙江气象, 2016, 37(4):38-40.
- [3] 孟茹, 马艳, 郑薇薇, 等. 基于 PDCA 循环的地市级气象观测质量管理实践[J]. 陕西气象, 2020(5): 55-60.
- [4] 司鹏. 省级地面气象观测资料均一化处理技术与应用[J]. 气象, 2020, 46(8):1128.
- [5] 夏江峰, 刘佳奇. 基于无人机的气象探测环境 360° 球型全景制作及应用[J]. 陕西气象, 2020(3):62-64.
- [6] 行鸿彦. 气象观测自动化、大气探测技术与信息处理[J]. 电子测量与仪器学报, 2017, 31(10):1533.
- [7] SHIMURA T, INOUE M, TSUJIMOTO H, et al. Estimation of wind vector profile using a hexarotor unmanned aerial vehicle and its application to meteorological observation up to 1000 m above surface [J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2018, 35(8):1621-1631.
- [8] GULTEPE I, AGELIN-CHAAB M, KOMAR J, et al. A meteorological supersite for aviation and cold weather applications[J]. Pure and Applied Geophysics, 2019, 176:1977-2015.
- [9] CHANG Chihchung, CHANG Chihyuan, WANG Jialin, et al. An optimized multicopter UAV sounding technique (MUST) for probing comprehensive atmospheric variables [J]. Chemosphere, 2020, 254:126867.