

# 卫星导航定位技术在高空气象探测系统中的应用研究

王靖瑶

(成都信息工程大学电子工程系 四川成都 610225)

**摘要:** 人们一般借助高空气象探测系统来了解大气层的气象情况,然而因为传统方式局限性、探测设备性能等因素的影响,该领域很难获得进一步提升。对此,基于卫星导航定位技术在高空气象探测系统中的应用能有效提升探测准确度和机动性能,并且一定程度推动了卫星导航定位技术的应用和发展。本文先简单说明了卫星导航定位技术在高空气象探测系统中的应用现状,再基于此介绍了其基本概念和与其他探测方式的对比,最后对基于卫星导航定位技术的高空气象探测系统的运行原理和构成展开分析。

**关键词:** 高空气象探测; 卫星导航定位; 概念; 原理; 构成

**中图分类号:** P624

**文献标识码:** A

**DOI 编码:** 10.14016/j.cnki.1001-9227.2016.09.096

**Abstract:** People usually use high altitude meteorological observation system to understand the weather condition of the atmosphere, however, because of the limitations in the traditional way, detection equipment performance, the influence of such factors as the field is very difficult to get further improvement. To this, based on the satellite navigation and positioning technology application in the high altitude meteorological observation system can effectively improve the detection accuracy and maneuvering performance, and to a certain extent promote the application and development of satellite navigation and positioning technology. This paper simply illustrates the first satellite navigation and positioning technology in high altitude meteorological observation system, the application of the status quo, and then based on this introduced its basic concept and compared with other detection methods, finally, based on satellite navigation and positioning technology of high altitude meteorological observation system operation principle and the composition analysis.

**Key words:** high altitude meteorological observation; satellite navigation and positioning; concept; the principle; constitution

## 0 前言

就具体情况而言,人类生活和气象密切相关,其除了提供解决资源稀缺、环境保护等基本气象信息之外,还在军事方面有所应用,比如一些高端武器需要将气象情况作为参考依据等。然而,传统高空气象探测系统具有准确性差、机动效能不高等常见问题。

针对距离地面 30km 的大气层风速风向的探测,一般将气球升空作为测量质点,借助地面设备跟踪记录气球漂浮轨迹,借助雷达或者经纬仪测量气球每个时间点的偏离角度和距离,从而确定其空间坐标值,最后计算出大气层各高度的风速风向。然而这种方式往往存在机动效能不高、准确性差等问题,比如光学经纬仪依旧采取手工操作方式,对于能见度低的环境难以发挥功能;雷达探测的电磁隐蔽性偏低,极易受电磁干扰,操作繁琐复杂、后期维护困难;传统高空气象探测设备往往需要比较固定的测量平台,不适用于船舶、车辆等移动平台。

## 1 国内外发展情况

通常来讲,高空探测系统的构成包括无线电经纬仪、GPS 处理器、电子探空仪和自动化数据处理系统四个。

### 1.1 国外发展情况

#### (1) 芬兰 VAISA LA 公司

芬兰的 VAISA LA 公司是全球著名的气象探测产品的供应商,其产品在全世界被广泛运用,甚至是美国军方。该公司研发的高空气象探测系统的主要构成是 MW15GV 地面设备和 RS80-15GE 探空仪,测量准确度高,价格不菲。

#### (2) 德国 GRAW 公司

德国的 GRAW 公司的高空气象探测系统的主要构成是 GK-90C 地面设备和 DFM-90 探空仪,地面基站成本约 4.5 万美元,探空仪每只约 185 美元。由于运行原理复杂、价格昂贵等原因,目前很少使用。

#### (3) 美国 SIPPICAN 公司

美国的 SIPPICAN 公司的高空气象探测系统的主要构成是 GPSW-90 地面设备和 GPS MARK II MICROSONDE 探空仪,和芬兰 VAISA LA 公司产品相似。

### 1.2 国内发展情况

我国对卫星导航定位技术在高空气象探测系统的应用研究起步晚,自 20 世纪 90 年代末,国内某些部门才进行有关研究,然而实用产品还较少。而以卫星导航定位技术为基础的高空气象探测系统仍然是国内亟待发展的气象探测业务之一,已被纳入国家气象部门战略发展规划之中,未来前景广阔。

#### (1) 中科院空间科学和应用研究中心

自 20 世纪末开始,中科院空间科学和应用研究中心已研发出一套高空探测系统安装于远望号测量船上,还未被广泛运用。

#### (2) 气象科学研究院

自 20 世纪末开始,我国气象科学研究院致力于研发 GPS 高空气象自动探测系统,至今还未研发出来。

#### (3) 空间技术研究院

自 21 世纪以来,我国空间技术研究院致力于研发基于 GPS 定位技术的高空气象自动探测产品,目前已广泛投入使用。

## 2 主要内容和与其他气象探测方式的对比

### 2.1 主要内容

基于卫星导航定位技术的高空气象探测系统是一种比较先进的气象探测方式,其集成了 GPS 定位技术,由卫星导航直接进行定位,再根据轨迹坐标值计算出大气层各高度的风速和风向。

事实上,该系统的原理是 GPS 无源定位,准确度好,不易受干扰;打破了传统探测方式的局限性,整个操作和维护更便捷,机动效能较高;还推动了卫星导航定位技术的广泛应用和良好发展。

### 2.2 与其他高空气象探测方式的对比

收稿日期: 2016-05-28

表1 中对基于卫星导航定位技术和传统集成式的高空气象探测系统的性能进行对比,可以发现基于卫星导航定位技

术的高空气象探测系统在成本、机动效能、性能参数等方面的优势明显。

表1 不同类型高空气象探测方式的对比

特性	经纬仪 测风	RDF ( 无线电经纬仪) 测风	RADAR ( 测风雷达) 测风	LORAN - C ( 罗兰 C 系统) 测风	GPS 测风
精度	最差	1 - 4	0.5 - 2	0.5 - 2	基站固定 <0.5 基站移动 <1
基站机动性	不可动	可动	不可动	好	好
抗干扰		一般	一般	较差	强
电磁隐蔽性	强	差	差	强	强
抗多径效应		差	差	好	好
使用要求	晴空少云	全天候	全天候固定站	某些地区使用	全天候全球使用
地面站价格	便宜	50 万左右	150 万左右	50 万左右	50 万左右
探空仪价格	便宜	1500 左右	300 左右	1500 左右	1500 左右

### 3 基于卫星导航定位技术的高空气象探测系统的运行原理和构成

### 3.1 硬件构成

一般而言,基于卫星导航定位技术的高空气象探测系统的硬件构成包括探空仪和地面接收站。

(1) 探空仪 其主要由 GPS 接收器、电池组、气球、UHF 发射器、各种传感设备和信号获取电路模块等构成。

(2) 地面接收站,其主要由计算机、UHF 地面接收器、UHF 地面接收天线和其他设备等构成。其他外部设备一般有无电线经纬仪、雷达、数传电台、车载系统、GPS 接收器等,图 1 所示是地面接收站的构成示意图。

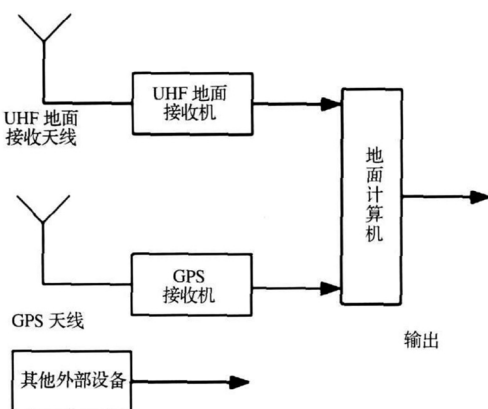


图 1 地面接收站的构成示意图

### 3.2 系统运行原理

高空气象探测系统通常借助探空仪上的传感设备测量温度、气压等,借助 GPS 技术、探空仪上 GPS 卫星的 L1 载波的多普勒频移来测量并计算风向和风速。针对 GPS 卫星 L1 信号不明显或不准确的情况,往往采用备用设备经纬仪来测量风矢量。

对于由探空仪转发的 P 频信号,在地面基站接收和低噪声放大器扩大之后,转发到下变频器进行变频处理,于 70MHz 中频转发至调频接收器,再进行数据解调和信号处理,获得卫星导航定位和气象信息。而 GPS 差分接收器在接收 L1 信号之后进行信号处理,获得 GPS 定位信息。

在上述工作完成之后,自动数据处理器会处理调频接收器和 GPS 差分接收器传来的数据,进行差分定位,获得风速、风向、气压、温度等原始信息,并实时反映和存储。定位信息转换为坐标值后传至天线控制机,控制天线跟踪定位气球,保

证信号的连续性和准确性。

高空气象探测系统采用的是 C/A 码,测量 GPS 卫星的 L1 载波的多普勒频移,由探空仪将多普勒值、PTU 值和其他资料传送到地面基站。一般情况下,探空仪的 GPS 接收器会接收 4 颗以上的卫星来得出风矢量和时差。基于保证风矢量准确性的目标,需要采取差分定位手段。

高空气象探测系统的构成和运行原理示意图具体见下图 2 所示。探空仪的 GPS 接收器以每秒 1 次的速度经由 8 个通道来接收多普勒频移测量值,再调至 400MHz 左右的载波上,同时调制湿度、气压、温度等测量值,然后传输至地面基站。基站通过 UHF 天线进行接收,经过解调处理后传输至计算机,由其进行计算处理。除此之外,地面基站配备了高精度的 12 通道 GPS 接收器,接收探空仪传输的多普勒频移值、卫星轨道等,并进行差分定位处理,其最终结果就是探空仪和基站的相对速度。

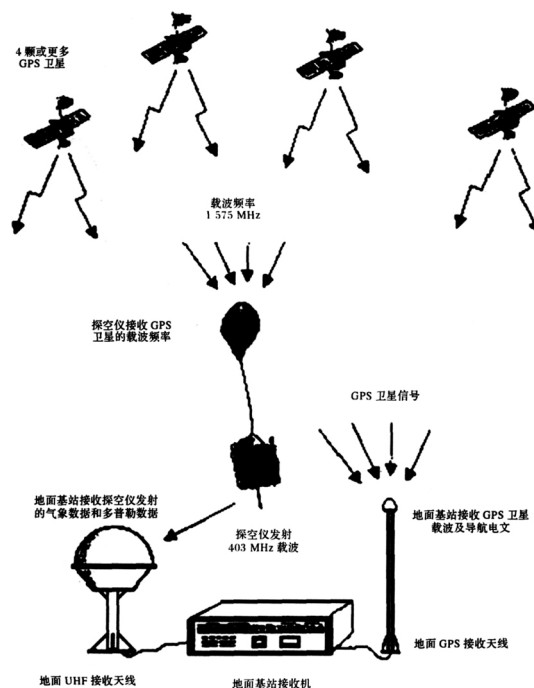


图2 系统构成和运行原理示意图

### 3.3 主要特征

以卫星导航定位技术为基础的高空气象探测系统具备如下几点特征:

(1) 隐蔽性好、被动控制,对于探空仪传送的信号,地面站只能接收卫星信号,不可发射信号,隐蔽性较好、被动控制;

- (2) 能耗少、体积小、成本低;
- (3) 探测准确性好、机动效能高、不易受外界干扰;
- (4) 实时探测、数据更直观;
- (5) 操作便捷、人力成本低等。

### 3.4 关键技术

基于卫星导航定位技术的高空气象探测系统的关键技术不仅包括硬件方面的下行链路,还有软件方面的钟摆原理滤波处理、PTU 数据处理模型的构建和特殊客户应用需求的开发。

#### (1) 钟摆原理滤波处理

气象探测容易受到风的影响,会导致气球下方的探空仪出现类似钟摆的运动,并且该波动会记录到探空仪所测量的数据之中,也就是计算出的风速中包括探空仪的类似钟摆速度,对精度  $\varepsilon$  不大于  $0.5\text{m/s}$  的风速作用明显。所以,要从探空仪的速度中滤除钟摆速度之后,才能得出风速。

#### (2) 构建 PTU 数据处理模型

PTU 信号容易受到下行链路、通制电路、气候环境等影响,造成 PTU 初始数据丢失或物理上的不一致,这就需要借助某种方式对初始数据进行滤波处理,获得所需的真实数据。PTU 信号值的波动表现出大气层的基本特征,其难以预测,所以需要借助统计数据和气象观测经验来构建 PTU 数据处理模型。

#### (3) 特殊客户应用需求的开发

高空气象探测系统探测出的气象信息数据会结合客户的特殊需求来设计用户界面和气象播报。

## 4 结语

总的来讲,以卫星导航定位技术为基础的高空气象探测系统可运用于国家性的气象探测中,除了提供解决资源稀缺、环境保护等问题的基本气象信息之外,还在军事方面有重要应用,比如为高端武器提供气象参考依据等,其有效提升了气象探测准确性和机动效能,降低了操作和维护难度。然而以卫星导航定位技术为基础的高空气象探测系统在我国尚处于

发展阶段,针对科技的瞬息万变,需要我国有关研究机构、生产企业在现有条件下提高研发力度,解决发展过程中出现的相关问题,促进卫星导航定位技术在高空气象探测系统中更广泛的应用。

### 参考文献

- [1] 李柏,李伟.高空气象探测系统现状分析与未来发展[J].中国仪器仪表 2009(06).
- [2] 魏军丞,吴振良.基于单片机的数字式探空仪检查器设计[J].中国仪器仪表 2009(12).
- [3] 华行祥,孔万林.GTS1 型数字式探空仪电池的使用技巧和故障处理[J].浙江气象 2008(04).
- [4] 张甲坤.中国的气象卫星应用系统(上)[J].中国航天 2008(02).
- [5] 岳涛,黄宇民,刘品雄,侯宇葵,周一鸣.未来中国卫星遥感器的发展分析[J].航天器工程 2008(04).
- [6] 王斯福,刘永才,关世义,强文义,张克.基于攻防对抗仿真的飞航导弹作战效能评估方法研究[J].战术导弹技术 2007(02).
- [7] 张克,刘永才,关世义.多智能体系统在导弹攻防对抗仿真中的应用的可行性研究[J].战术导弹技术 2001(06).
- [8] 阎文丽,姜振东,朱乃波.国外预警卫星功能综述[J].中国航天,1997(08).
- [9] 郭陆军.气象卫星在国内外的应用和效益[J].中国航天,1995(03).
- [10] 汪波,刘丽彬.“北斗一号卫星导航定位系统”在气象自动站中的应用[J].海峡科学 2010(07).
- [11] J. Nashel. WMO INTERCOMPARISON OF HIGH QUALITY RADIO-SONDE SYSTEMS 2010.
- [12] Frederick A. Clowney. Interoperability in Upper Air Sounding Systems 2006
- [13] Yanming Feng. GNSS three carrier ambiguity resolution using ionosphere-reduced virtual signals[J]. Journal of Geodesy 2008(12).
- [14] G. Hu, D. A. Abbey, N. Castleden, W. E. Featherstone, C. Earls, O. Ovstedal, D. Weihing. An approach for instantaneous ambiguity resolution for medium-to-long-range multiple reference station networks [J]. GPS Solutions 2005(1).

(上接第95页)

防串货、积分管理、营销管理等相关功能。随着互联网+、大数据的快速发展,通过云平台、移动互联的网的广泛应用,国家食品检验检疫部门对农产品安全的高度重视,以及消费者对农产品质量的要求提升,该平台会得到更加广泛的应用。

### 参考文献

- [1] Audun J sanga, Roslan Ismailb & Colin Boydb. A survey of trust and reputation systems for online service provision. Decision Support Systems 2007 9(1): 66-67.
- [2] 孙汝新.基于 Android 的 QR 码安全防伪技术及应用[D].长沙,中南林业科技大学 2015:20-23.
- [3] 李玉邯等.食品溯源系统的建立与实现[J].食品安全导刊 2015(36):79.

- [4] 林志鹏. Web Service 技术在物联网食品溯源系统架构中的应用[J].长江大学学报(自然科学版) 2013(22):45.
- [5] 郭永强等.农产品溯源系统中的用户权限管理探讨与实施[J].安徽农业科学. 2012 40(20):10692.
- [6] 陈文迪.面向质量溯源的农产品管理系统设计与实现[D].广州,中山大学 2012:12-15.
- [7] 秦玉青等.基于食品链的食品溯源系统解析[J].现代食品科技, 2007(23):85-86.
- [8] 林珠等. SaaS 模式的食品类防伪溯源系统[J].计算机系统应用, 2012(21):8-9.
- [9] 张涵等.条码技术在食品溯源过程中的应用研究[J].物流工程, 2007(6):57-58.