

基于 GPS 的大气遥感探测系统设计

Research on GPS-based remote sensing detection system of atmosphere and its key techniques

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 彭 岩^{1,2} 刘 伟¹ 张 倩^{1,2} 许 杰^{1,2}

PENG Yan LIU Wei ZHANG Qian XU Jie

摘要: 论文研究了基于 GPS 的大气遥感探测系统及其关键技术,主要包括基于 GPS 的大气遥感系统的工作原理、系统组成以及系统设计、硬件组成和软件设计等几个方面,并给出了具体案例,解决了基于 GPS 的大气遥感探测系统的关键技术及难点。

关键词: GPS; 大气遥感; 探测

中图分类号: P228 **文献标识码:** A

Abstract: This paper has a study of GPS-based remote sensing detection system of atmosphere and its techniques, including the working principle, system composition, system design, hardware and software design and some other aspects. It also gives the practical example to illustrate the relative key techniques and difficulties of the GPS-based remote sensing detection system of atmosphere.

Key words: GPS; Remote sensing of atmosphere; Detection

1 前言

自 20 世纪 90 年代以来, GPS 定位技术在大地测量学、地球物理学、地球动力学、大气探测等领域得到了广泛的应用。特别是近几年来,运用 GPS 技术对地球大气层进行遥感和探测,从而估算大气水汽总量技术的迅速发展,形成了一门极具潜力、实用价值很大的新型大气探测技术 GPS 气象学(GPS Meteorology,简称为 GPS/Met)。GPS/Met 属于前沿性、多学科交叉的研究领域,其研究已成为 GPS 应用的热点方向之一。本文在前人研究的基础上探讨了基于 GPS 的大气遥感探测的简单实用的建设方案。

2 GPS 气象学探测方法概述

“GPS 气象学”是利用全球卫星定位系统(GPS)对地球大气层进行遥感探测的一种技术方法。气象学家把这种技术简称为“GPS/MET”,即:“GPS Meteorology”。GPS 气象探测技术可以成功地从 GPS 信号中提取大气水汽分布的信息,并且信号不受天气的影响。由此可以 24 h 不间断地监测大气的变化,这为气象预报提供了更为先进的手段。同时对某些天气预报时间分辨率要求高或地面常规气象站分布稀疏的地区,应用 GPS 技术探测大气水汽对短时或临近天气预报极有价值。

3 GPS 定位系统的组成

全球定位系统(GPS)由空间星座部分、地面监控部分和用户设备三大部分组成。

GPS 星座由 24 颗在轨工作卫星组成,这 24 颗卫星均匀分布在 6 个轨道平面内,轨道倾角为 55 度,各个轨道平面之间相距 60 度。每个轨道平面内各颗卫星之间的升交角距相差 90 度,每一轨道平面上的卫星比西边相邻轨道平面上的相应卫星超前 30 度。在两万公里高空的 GPS 卫星,当地球对恒星来说自

转一周时,它们绕地球运行二周,即绕地球一周的时间为 12 恒星时。这样,对于地面观测者来说,每天将提前 4 min 见到同一颗 GPS 卫星。位于地平线以上的卫星颗数随着时间和地点的不同而不同,最少可见到 4 颗,最多可见到 11 颗。在用 GPS 信号导航定位时,为了计算观测站的三维坐标,必须观测 4 颗 GPS 卫星,称为定位星座。

地面监控部分包括五个监控站、一个主控站和信息注入站。监控站设有 GPS 用户接收机、原子钟、收集当地气象数据的传感器和进行数据初步处理的计算机。监控站的主要任务是取得卫星观测数据并将这些数据传送到主控站。主控站的主要任务是收集各监控站对 GPS 卫星的全部观测数据,利用这些数据计算每颗 GPS 卫星的轨道和卫星钟改正值。上行注入站的任务主要是在每颗卫星运行至上空时把这类导航数据及主控站的指令注入到卫星。这种注入对每颗 GPS 卫星每天进行一次,并在卫星离开注入站作用范围之前完成注入。

GPS 信号接收机的任务是:捕获按一定卫星高度截止角所选择的待测卫星的信号,并跟踪这些卫星的运行,对所接收到的 GPS 信号进行变换、放大和处理,以便测量出 GPS 信号从卫星到接收机天线的传播时间,解译出 GPS 卫星所发送的导航电文,实时地计算出测站的三维位置,甚至三维速度和时间。根据 GPS 用户的不同要求,所需的接收设备各异。

4 基于地基 GPS 的大气遥感探测系统

地基 GPS 气象学就是将 GPS 接收机安放在地面上,像常规的 GPS 测量一样,通过地布设 GPS 接收机网络,来估计一个地区的气象元素。地基 GPS/MET 的目标是计算出大气折射量。

4.1 系统设计

GPS 在大气探测中的主要应用领域是探空观测。可以将 GPS 接收机植入探空仪中,利用 GPS 系统的高精度定位能力,测定高空风力或者大气情况。一个 GPS 探空站,一般可以由遥测接收系统 TRS、地面 GPS 接收机、地面气象要素观测仪器、人

机交互工作站、GPS 探空仪和气球充灌室等构成。借鉴 GPS 探空系统,我们基于地基 GPS 的大气遥感探测方案拟定如图 1 所示。

GPS 探空仪由气球或飞机携带升空,并开始发送数据。由遥测接收系统跟踪已升空的探空仪,并将接收到的数据经前置放大器放大后传送到信号处理器,信号处理器将探空仪发回的探测数据进行解码,恢复为气象信息,并计算出气压、温度、湿度和风向风速等气象要素。

在探空仪飞行期间,计算机工作站对其轨迹进行持续跟踪。观测人员可以对数据进行编辑、删除或确定是否需要重新施放。而后,系统将正确的探空信息进行编发探空气象报告。

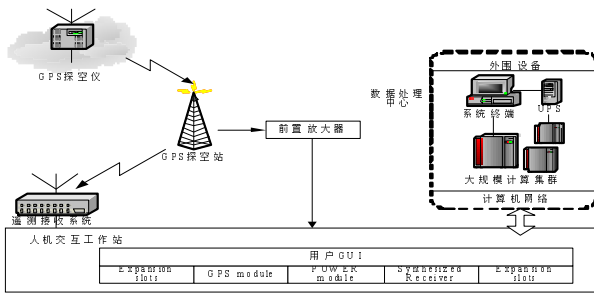


图 1 GPS 大气探测方案图

4.2 硬件组成

鉴于实验室的试验条件和系统的精度需求,系统实际采用的硬件组成框图如图 2 所示。

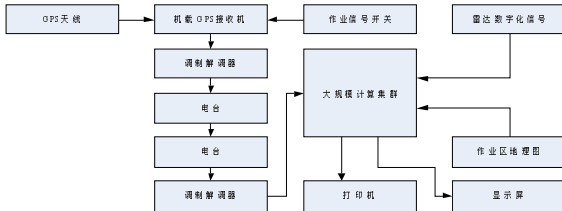


图 2 系统硬件组成架构

探空仪可以采用热气球装载或者安装在飞机上,根据试验条件,我们把 GPS 的天线安装在飞机机体的上部或机体上方任一不受遮挡处。天线接收的信号通过反馈线路传送给机舱中的接收机主机,主机输出飞机所在的经度、纬度和高度信号,加上是否探测取样的信息,经过调制解调器和电台发送给地面。地面电台收到信号后经过解调,把信息输入计算机,与从地面雷达站送来的雷达回波信号和在计算机内储存的地理图信息叠合显示在荧光屏上,以下分述各部份的结构和性能。

4.2.1 GPS 接收机

GPS 是美国陆、海、空三军 1973 年开始研制,1978 年实施建造的第三代导航系统。1994 年空间部份已建造完毕,在轨卫星超过 24 颗,分布在 6 个轨道平面上,轨道高度约 20000km。每颗卫星都向地面发射 3 种信息:精密码、非精密码和内含卫星位置和钟差订正信息的导航电文。接收机可不受气象条件、地形条件和时间的影响而全天候接收卫星发来的信号,当它同时收到 3~4 个以上卫星的信号时,就可计算接收机天线所在的准确经、纬度和高度。

由于美国国防部实施 SA 政策,民用接收机的单点定位在水平方向的精度只能达到 100m,在测高上的误差可在 200m 以内。当 GPS 用于测绘和车辆管理等方面时,还需采用差分或 RTK 等技术来提高定位精度。GPS 接收机的通信接口可按用户

设置的时间输出由用户指定的各种信息。在我们的工作中,一般需输出经度、纬度、高度和是否作业信号。

4.2.2 空地数据通信系统

系统采用的地空通信频率约为 230MHz。在飞机上安装一根与频率相应的发射天线,经 Modem 和发射台把信号发送出去。数据传输采用的波特率为 4800。这个通信系统也可以把地面计算机已处理完的图面随时传送给飞机,使机上作业人员也能从荧光屏上看到自己的作业位置,并根据需要做调整。

4.2.3 雷达回波

在试验过程中我们采用 713 雷达和多普勒雷达来测量探测区内的云和降水强度。也可以使用卫星云图。但由于气象台站只能收到每小时一张的云图资料,对监测人工影响天气作业前后云层的变化时间间隔太长。因此,我们采用雷达回波作为作业云层的依据。

4.3 软件设计

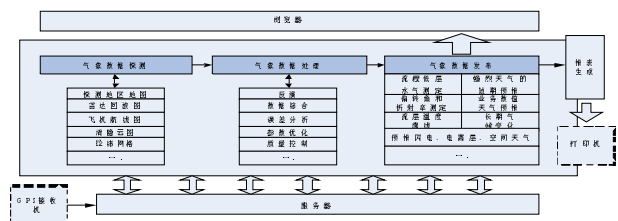


图 3 系统软件构架图

系统软件的整体框架如图 3 所示。软件分为 3 个主要功能模块,分别为气象数据探测模块、气象数据处理模块和气象数据发布模块。气象数据探测模块经由 GPS 接收机接收的气象数据,同时可以显示探测地图、雷达回波图、飞机航线图、消隐云图等等探测数据,经过反演、数据综合、参数优化等等气象数据处理,得到有关的数据统计分析数值,经分析得出天气的短期预报或长期的天气变化等等,最后发布到浏览器或者生成数据报表。

4.3.1 系统功能设计

系统实现的功能包括:

数据探测部分包括 (1) 在计算机屏幕上实时显示探测地区地图、雷达回波图和飞机航线图。记录航线每一点和每幅雷达回波的时间。(2)把每次飞行探空观测作为一个文件记录,储存在磁盘中,供随时调用。(3)把每幅雷达回波图作为一个文件,储存在磁盘中,供随时调用。(4)用更换航线颜色的方法,实时显示飞机作业的时间和地点。(5)可以在显示图形时分别消隐云图、经纬网格或全部地图,以便于更清楚地看到所需观察的部份。

数据发布包括 (1)对强烈天气和降雨的短期预报、水汽的全球气候学、水分循环研究;(2)业务数值天气预报、气候研究的再分析;(3)电离层研究、空间天气;(4)高层等压面的位势高度计算;气候研究、通过地转/梯度风关系估计高纬度地区风;也可进行对流层的高分辨率温度廓线;对流层顶研究、平流层/对流层交换、平流层臭氧、高层锋面研究、火山效应、气候变率和气候变化的研究;其它比如可探测、预报闪电等。

系统处理结果可以输出到浏览器或者生成数据报表并送至可用彩色打印机。

4.3.2 系统误差分析与处理

监测系统的误差可分为定位和定时两类。定时误差来自

GPS、雷达和计算机的定时系统。GPS 系统的定时依靠原子钟,误差可以忽略,后两者的误差必须注意。定位误差是由航线定位误差、雷达定位误差和地理位置定位误差造成的。

考虑到 GPS 接收机每秒钟刷新一次数据,而在 0.5s 内允许的飞行距离为 300m(一般为 100m 左右),另有因为实行 SA 政策人为干扰引起的误差,总误差最大约为 400m 左右。在高度上的误差最大为 200m 左右。雷达定位误差取决于雷达标定的质量,一般在 500m 以内。地理位置定位,除了投影图固有的误差外,因为是用扫描仪和手工修正相结合绘制并显示的,按一般比例(百万分之一),每个像素点约相当于 500m,因此,绘制时的粗心就会引起较大的误差。

图象经叠加后,航线、云层和地理位置间的最大误差可控制在百米的量级,这比过去国内常用的测量方法已有很大提高,并能满足人工大气探测工作的一般要求。

5 总结

基于 GPS 的大气遥感探测研究目前正是一个年轻的技术领域,有着广阔的研究空间,充满着艰难险阻,向人们提出种种挑战。美国、加拿大、澳大利亚都把 GPS 作为未来高空探测体制的重要组成部分。本文基于 GPS 气象学研究了基于地基 GPS 的大气遥感探测系统的方案设计,并系统探讨了各个环节的关键技术分析,希望对相同领域的研究者有些许裨益。

本文作者创新点:本文基于 GPS 气象学研究了基于地基 GPS 的大气遥感探测系统的方案设计,解决了基于 GPS 的大气遥感探测系统的有关关键技术及难点。

参考文献

- [1]Klobuchar, J.A., Ionospheric Time-Delay Algorithm for Single-Frequency GPS Users. IEEE Trans. on AES, 23 (3), 325-331, 1987
- [2]Filjar, R., Kos, T., GPS Positioning Accuracy in Croatia During the Extreme Space Weather Conditions in September 2005. European Navigation Conference (ENC), Manchester, UK, 2006
- [3]NOAA Space Weather Scales, available at: www.sec.noaa.gov/NOAAscales/
- [4]McNamara, L.F., The Ionosphere: Communications, Surveillance and Direction Finding, Krieger Publishing Company, Malabar, FL, USA, 1991
- [5]Parkinson, B.W., Spilker, J.J. Jr., Global Positioning System: Theory and Applications. AIAA, Washington, DC, USA, 1996
- [6]洪光烈,张寅超,周孟然等.2006.基于 Raman 激光雷达反演大气污染气体浓度几种方法.光谱学与光谱分析, 26(7), 1249
- [7]Kevin, B. S., 2004. Airborne and scanning lidar results obtained during Pacific 2001 in the Lower Fraser Valley of British Columbia. SPIE., 5235, 525-536
- [8]毛敏娟,张寅超,方海涛等.2007.机载激光雷达对青岛地区及周边海域的气溶胶探测.地球物理学报, 50(2), 370-376
- [9]王 鹄,仇跃华.导航接收机上位机软件的设计与开发.微机计算机信息, 2008, 1-1:169-170.

作者简介:彭 岩(1983—),女(汉族),黑龙江省虎林人,在读硕士,主要研究方向是空间光学遥感器。

Biography: PENG Yan (1983—), woman (han), Heilongjiang, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, master, research area is space optical remote sensor.

(130022 长春中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)

彭 岩 刘 伟 张 倩 许 杰

(100039 北京 中国科学院研究生院) 彭 岩 张 倩 许 杰

通讯地址:(130033 吉林省长春市经济技术开发区营口路 20 号 D 座 612) 彭 岩

(收稿日期:2009.03.23)(修稿日期:2009.04.25)

(上接第 128 页)

4 结束语

本文利用单片微机通过接口扩展制成的超声波传感器测试装置具有通用性强、使用方便等优点,具有广阔的应用前景和较高的经济效益。

本文作者的创新点:利用计算机进行频率扫描并跟踪测量传感器的灵敏度,对超声波传感器的性能进行分析和故障诊断,从而较好地解决了超声波传感器因工作频率分布广而导致测试困难的这一难题。

参考文献

- [1]朱从乔,巫影.仿真技术在电子高速器性能实验中的应用[J].微计算机信息,2007,4-1:264-265.
- [2]何立民.MCS-51 系列单片机应用系统设计,系统配置与接口技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,1997.

作者简介:李翔,男,1983 年生,汉族,湖北人,海军工程大学硕士研究生,主要从事计算机测试技术方面的研究。朱从乔,男,1952 年生,汉族,江苏人,副教授,主要从事计算机测试技术方面的研究。

Biography: LI Xiang, male, 1983, han, Hubei province, master graduate student of Naval University of Engineering. Mainly researches on Automatic test technique.

(430033 湖北武汉 海军工程大学船舶与动力学院) 李 翔 朱从乔 (College of Architecture and Power, Naval University of Engineering, Wuhan 430033) LI Xiang ZHU Cong-qiao
通讯地址:(430033 武汉海军工程大学船舶与动力学院 201 教研室) 李 翔

(收稿日期:2009.03.23)(修稿日期:2009.04.25)

《PLC 技术应用 200 例》

PLC (可编程控制器)广泛地应用在冶金、机械、机器人、石油化工、电力传动、纺织机械、注塑机、包装机械、印刷机械、造纸机械、机床、自来水厂、污水处理、煤矿机械、焊接机械、榨糖机械、制烟机械、工程机械、水泥机械、玻璃机械、食品机械、灌装机械、橡胶机械、船舶、铁路、窑炉、车辆、智能建筑、电梯控制、中央空调控制、大型医疗机械、起重卷扬机械、大坝闸门、大型泵站……

各行各业机械工程师,电气设备工程师,高级技工都需要具备 PLC 的知识,才能做好本职工作。本书汇集 200 多个硬 PLC 和软 PLC 在各行业的应用实例,PLC 故障诊断实例,PLC 抗干扰措施,PLC 使用经验、PLC 技术发展,均在本书之中论述。

本书适合大专院校机械类、电气类、电力类、自动控制和自动化类专业的本科、研究生做毕业设计参考,同时适合老师进行教学、搞科研项目参考。本书是上述各行业的工程技术人员、技术工人的必备参考书,同时也是工厂和科研单位的技术领导、设备采购负责人的参考书。凡具备高中以上文化水平的人均可成为读者。

200 多个西门子、三菱、美国通用电气、施耐德、欧姆龙、罗克韦尔、松下电器、和泉……等 PLC 应用实例,任您选读。一技之长,改变人生。

大 16 开,每册定价 110 元(含邮费)。预购者请将书款及邮寄费通过邮局汇款至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息 邮编:100081

电话:010-62132436

010-62192616 (T/F)

http://www.autocontrol.com.cn

http://www.autocontrol.cn

E-mail:editor@autocontrol.com.cn;

E-mail:control-2@163.com