

VAISALA 探空技术及中国探空技术的发展

马舒庆¹ 赵志强² 邢毅¹

(1 中国气象局大气探测中心,北京 100081;2 中国气象局监测网络司 北京 100081)

摘要 VAISALA 公司推出的数字化探空仪 RS92 标志着 VAISALA 探空技术有了全新的发展,探空系统和探空仪完全实现数字化。RS92 采用了数字技术,在提高测量精度、提高信息传输的抗干扰能力上都将获益。RS92 的发射机占用带宽大约是 RS80 的十分之一。测风采用 GPS 扩频技术,大幅度提高测风数据获取率。温、压、湿传感器都有明显改进。中国探空技术要加强传感器和探空仪传感器测量手段的发展。

关键词 探空仪 传感器 测风 GPS

引言

芬兰 VAISALA 公司是国际上著名的探空系统生产厂家。本文对 VAISALA 公司的探空新技术作一概述,并对我国高空探测技术的发展谈几点看法。

探空仪及系统的发展可追溯到 20 世纪 30 年代,VAISALA 公司的创始人 Vaisala 教授发明了该公司第 1 个机电式探空仪,80 年代生产了模拟电子探空仪 RS80,2001 年推出数字化探空仪 RS92。RS92 的出现标志 VAISALA 的探空技术有了全新的发展,探空系统和探空仪完全实现数字化。RS80 温压湿测量、GPS 测风和信息的传输都采用模拟方式。RS92 采用了数字技术,在提高测量精度、提高信息传输的抗干扰能力上都将获益。在无线电频率资源十分紧缺的今天,降低对无线电频带的占用是社会发展的需求,RS92 的发射机占用带宽大约是 RS80 的十分之一。RS92 发射机的发射功率由 RS80 的 200 mW 减小到 80 mW。发射机的振荡器也由 LC 变为晶体振荡器,减小了发射机发射频率的漂移。

与 RS80 对应的地面接收处理器 MW11 和 WMI5,保留了单板机初期的技术风格,在 MW11 和 WMI5 面板上有许多按键,操作者通过这些键的组合来完成操作。而在与 RS92 对应的地面接收处理器上基本没有操作键,地面系统的操作在终端处理计算机上进行,操作者利用鼠标和键盘完成操作,操作简单

方便。

1 GPS 测风技术

全球定位卫星系统(GPS)的出现,为高空气象探测发展带来了新的契机。它与以往无线电导航系统不同点在于:①采用航天技术;②使用了高稳定度的时钟系统,稳定度达 10^{-13} ;③采用了扩展频谱技术;④使用了较高的频率,L1 为 1575.42 MHz, L2 为 1226.6 MHz。采用高新技术提高了导航精度,同时也相应地提高应用系统的软、硬件投入。采用 GPS 的探空系统比雷达探空系统自动化程度高,地面系统结构简单;与欧米茄等无线电导航探空系统相比探空仪接收天线短,不易被空中雷电场击坏;与已有的所有探空系统相比,精度高。因此它有极大的吸引力。但是 GPS 接收机造价高,这个问题是该技术推广应用的障碍。如何越过障碍,推进气象探空技术的发展,国内外已开展大量的工作。VAISALA 公司在将 GPS 技术用于气象探空方面取得了巨大的成就,目前全球大约有一半以上的探空站使用 GPS 探空仪,而这些探空仪基本上都由 VAISALA 公司生产。

GPS 接收机有两种测速方式:①采用直接序列扩频技术,利用伪码测距,通过计算完成定位并获得移动速度,简称定位方式;②GPS 有稳定度达 10^{-13} 的时钟系统,因此可以通过测定由卫星和接收机之

间的相对移动引起的多普勒频移确定接收机的移动速度。VAISALA 公司在 RS80 中采用直接测量多普勒频移确定接收机的移动速度的方式,简称直接测量多普勒频移方式。这在 GPS 技术刚刚用于民用, GPS 接收机专用信号处理器价格较高的时候,直接测量多普勒频移方式是一种有价值的方式,但也有明显的缺陷——抗干扰能力较差。图 1 显示了 1999 年前后 VAISALA 公司 RS80GPS 测风数据丢失率,1999 年前后数据丢失率有明显的减少,但仍在 12 %左右。其主要原因是直接测量多普勒频移方式没有利用扩频技术,抗干扰能力低。直接测量多普勒频移方式在将 GPS 技术用于气象高空探测中发挥了重要作用,但过高的测风数据丢失率,几乎让人们认为 GPS 技术不适合用于气象高空探测。目前 VAISALA 公司已决定将采用定位方式的 RS92 探空仪替代 RS80。

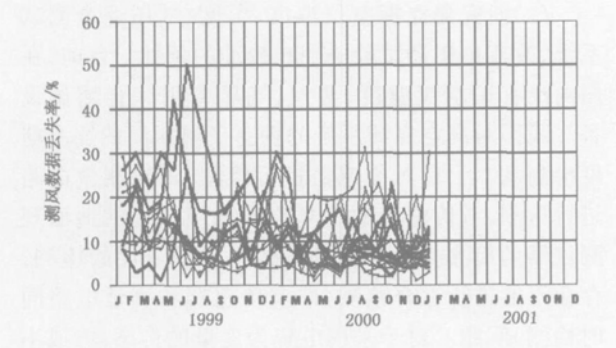


图 1 1999 ~ 2001 年 RS80GPS 测风数据丢失率 (在澳大利亚的 VAISALA 公司)

如图 2 所示, GPS 接收机由接收通道、相关器和计算机组成。接收通道完成对 GPS 卫星信号的接收、放大、变频。相关器对 GPS 卫星信号进行解扩处理。计算机承担的任务有:对相关器进行设定、监控,从相关器采集测量数据,进行定位计算处理以及承担对外通信任务。如果将包括浮点运算的定位处理移到地面处理系统,就可以将计算机降格成为单片机,使 GPS 测风模块大幅度降价。同时可将探

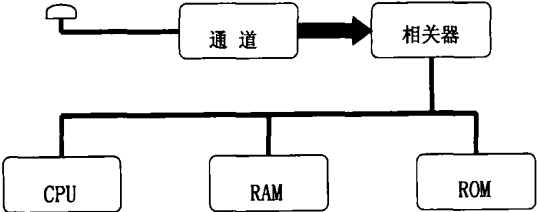


图 2 GPS 接收机框图

空数据采集任务也交给这个单片机,使探空仪整机价格下降。

图 3 是中国气象局支持开发的 GPS 探空仪工作原理图。图 3 中的通道、相关器、单片机和发射机是探空仪的一部分,其余部分是地面设备的一部分。通道完成 GPS 卫星信号的接收、放大,相关器在单片机的控制下,完成 GPS 卫星到测风单元的时延测量,将时延测值通过探空仪的发射机传送到 GPS 探空系统的地面接收机, GPS 探空系统的终端根据基站 GPS 给出的卫星坐标参数以及基站 GPS 的差分参数,解算出探空仪的位置、速度。从图 3 可以看出完成定位或测风,是探空仪与地面设备共同完成的,与通用 GPS 接收机是有很大差别的。VAISALA 公司虽没有给出 RS92 的原理框图,但在技术材料中明确指出,定位和测风是由地面设备完成,在设计思路与中国气象局的 GPS 探空仪相同。这样做的目的是将探空仪上测风部件的成本降到最低。

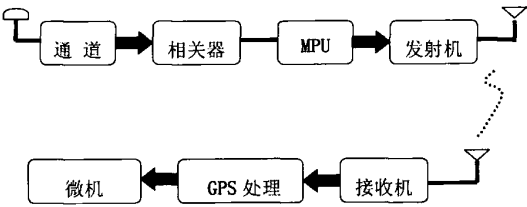


图 3 GPS 探空仪测风工作原理图

2 温、压、湿探测技术

图 4 是 RS92 温湿传感器。RS92 温度传感器和湿传感器安装在韧性绝缘材料的支架上,支架和温度传感器表面涂有防辐射的反射层。RS92 的温度传感器与 RS80 的温度传感器不同,是线状温度传感器,热容量小,有更快的响应速度,测量滞后性更小。

RS92 湿度传感器是湿敏电容,湿度传感器有两个,可以轮流分别加热。在晴天探测时一般都较 RS80 响应快,但在出云顶,进入干空气时,测量有延迟。在雨天条件下比 RS80 测量更好。

气压传感器采用硅传感器,体积比 RS80 的金属膜盒小,1998 年的对比试验结果显示 RS90 与 RS80 的气压差是高度的函数,在 20 km 高度, RS90 测高更接近实际(RS90 与 RS92 性能接近)。

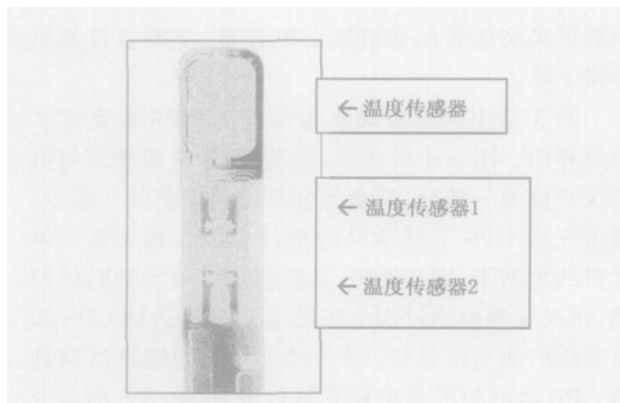


图 4 RS92 温湿传感器

3 探空仪测试技术

VAISALA 公司在探空仪温度、湿度和气压测量的标校、检测上有其独特的技术。VAISALA 公司在标校探空仪温度、湿度和气压测量时,将探空仪温度、湿度和气压的测量单元(包括测量电路和传感器)放入测试箱体,一并完成温度、湿度和气压的标校。完成一批探空仪测量单元的标校约需 10 h,气压标校 5 个点,湿度标校 4 个点,温度标校 16 个点。VAISALA 公司探空仪标校方法的优点是标校工作效率高;由于测量电路和传感器同时放入测试箱体,标校更为准确。VAISALA 公司的探空仪标校技术是该公司自己开发的专有技术,不对外公开,因此未见到具体的技术材料。从 VAISALA 公司对这项技术设备的功能介绍,可以推断测试箱体没有采用液体介质作为测量媒介,而是采用大气作为测量媒介。采用大气作为测量媒介首先遇到的是气体介质温度均匀性差、波动性大,这两点直接影响温度检验的准确性。国内外生产的变温变压空气箱产品给出的温度均匀性和波动性指标是 1°C 左右,这对于仪器进行环境试验来说,能满足使用要求,而对于探空仪检验和校准,这个数值远大于探空仪的精度要求。改善温度均匀性和抑制波动性的方法是选择合适的箱体空间、整流和滤波。

4 关于中国探空系统技术发展的讨论

VAISALA 公司的高空探测核心技术是传感器和探空仪的标校技术,它的这两项技术在全球独具特色。我国的高空探测技术与 VAISALA 公司的高空探测技术有较大的差距。我国业务高空探测网中

有采用机电探空仪的 59-701 系统和 L 波段二次测风雷达-电子探空仪系统,后者正逐步替代前者。虽然 L 波段二次测风-电子探空仪系统是上世纪 90 年代后期开发的新的探空系统,在技术上比 59-701 系统上了一个台阶。但要缩短与 VAISALA 公司的高空探测技术的差距,主要应在以下几个方面努力:

(1) 提高传感器性能: ①提高温度传感器的测量响应速度,减小辐射的影响; ②提高湿度传感器测量稳定性和响应速度。目前业务探测的探空仪采用的湿度电阻,稳定性不够好,操作也不简便。应该加速湿敏电容的应用开发,解决湿敏电容在高空探测中应用的关键技术。探空仪传感器技术是探空仪的基础技术之一。目前国内探空仪生产厂家处在一个比较特殊的阶段,完全依靠厂家的力量发展探空仪传感器技术,难以达到预期的目的,在基础技术和科研样机的研究阶段,国家要有一定的投入。

(2) 研究建立探空仪温度、湿度、气压综合测试系统,改善传感器试验、检验、校准的条件。目前,在国内没有探空仪温度、湿度、气压专用综合测试设备。我国对高空探测系统的探空仪温压湿的探测精度检测基本上只对传感器进行检测,未对测量电路进行检测,对传感器的检测方式采用传统的地面观测仪器的检测方式。这种方式用于探空仪的检测,存在不能进行综合检测(即对传感器和测量电路同时检测)问题。对于采用电容为变量的传感器,或小阻值传感器的探空仪的测量难以进行客观分析,是影响我国探空仪发展的一个重要因素。

(3) 无线电频段是一种十分重要的价值很高的资源。采用占用无线电频段宽度较窄的测风方式是一种发展方向。在中国气象事业发展战略中提出建设集成探空系统,就是一种有效的适合我国国情的措施。

(4) 注重探空系统辅助功能的开发应用。例如自动放线器的开发应用,不仅减轻放球的劳动强度,改善大风天放球的难度,还可解决放球绳长短不一,人为造成探空温度数据受绳长影响的问题。

参考文献

- 1 Vaisala 公司. Vaisala. Radiosonde. RS92 技术报告. Helsinki: Vaisala Ltd., 2004
- 2 Smout R, Elms J, Lyth D, et al. Met Office RS90 Pressure Sensor Evaluations. New Technology in Upper Air Observations' Report (2000). Bracknell: Meteorological Office, UK, 2001

3 马舒庆等. GPS 探空系统技术报告. 北京: 中国气象局, 2004

电子探空仪考核技术报告. 北京: 中国气象局, 2000

4 中国气象局大气探测综合试验基地. L 波段二次测风雷达系统 —

VAISALA's Radiosonde Technology and Advancement in Radiosonde Technology in China

Ma Shuqing¹ Zhao Zhiqiang² Xing Yi¹

(1 Atmospheric Observation Technology Center, 2 Department of Observation and
Telecommunication, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract: The digitized radiosonde RS92 developed by VAISALA Ltd. indicates that VAISALA has made great advancement in radiosonde sounding technology — both radiosonde system and radiosondes are totally digitized. RS92 adopts new digital technology with greatly improved sounding precision and antijamming capability in information transmission. RS92 transmitter's bandwidth is only one tenth of RS80's. By means of GPS frequency-extending technology, RS92's wind data acquirability is greatly improved. The temperature, pressure and humidity sensors are also improved obviously. China needs to strengthen the development of sensors and testing measures of radiosonde sensors.

Key words: radiosonde, sensor, wind sounding, GPS