

L 波段高空气象探测系统气压、高度观测数据分析

王荣基 李君

(甘肃省民勤县气象局, 民勤 733300)

摘要 对甘肃省民勤站 L 波段高空探测系统 GTS1 型探空仪地面基测气压变量的统计分析表明, 气压传感器在地面稳定的环境下感应的数值与标准气压数值相比偏低; 在实时探测过程中, 气压相差 1 hPa 时, L 波段高空探测系统所反映出的测高偏差随探测高度的增加而不断变大; 对 L 波段雷达和 GTS1 探空仪测量高度的差值进行比较, 所得的高度差随探空仪的升高而逐渐增大, 探测高度到达 36000 gpm 时, 高度差约为 1700 gpm。

关键词 L 波段雷达 气压 高度 测量偏差

引言

高空气象观测是气象业务的基础, 是天气预报、气候分析、科学研究和国际交换气象情报和资料的主要来源^[1]。随着高空气象业务的不断发展, 高空气象探测系统就必须具有更高的性能, 满足更高的要求。L 波段高空气象探测系统是我国高空气象探测业务现代化建设的重要举措, 它取代 59-701 探测系统, 是高空气象探测发展的必然趋势。与 59-701 探测系统相比, L 波段高空气象探测系统的探空温度、高度的月平均差、均方差较小^[2], 高空记录的离散性较小^[3], 系统软件稳定正常, 操作方便, 用户界面友好, 功能完善^[4], 不仅提高了我国高空气象探测的质量和精度, 提高了探测信息的空间与时间密度, 而且基本实现了探测数据和集成的自动化^[5]。

L 波段高空气象探测系统虽然具有很多优越性, 但在气压和高度的探测精度方面仍然有一定的局限性。例如, 随探测高度的增加, 探空仪测量的高度与实际空间高度相比差值越来越大, 主要表现在探空仪气压传感器测量误差使等压面高度的计算值与实际空间高度形成偏差。研究 L 波段高空气象探测系统和 GTS1 型探空仪的气压探测精度, 对于高空台站开展 5 hPa 探测业务具有重要意义。

甘肃省民勤探空站(区站号: 52681)2006 年 1 月 1 日正式启用 L 波段高空气象探测系统, 本文取 2006~2007 年 07:00 和 19:00 的实时高空探测资

料进行分析。

1 资料分析

1.1 L 波段 GTS1 型探空仪地面基测气压变量统计分析

民勤探空站 2006 年以来 L 波段高空气象探测系统 GTS1 型探空仪地面基测变量的统计结果是: 温度变量为 $-0.2\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \Delta t \leq 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, Δt 的平均值为 $-0.06\text{ }^{\circ}\text{C}$, 表明温度传感器的测量误差很小, 测量精度高; 施放探空仪的气压基测变量合格标准是 $-2.0\text{ hPa} \leq \Delta p \leq 2.0\text{ hPa}$ ^[5], 2006~2007 年所施放的 GTS1 型探空仪气压基测变量的频次见图 1。

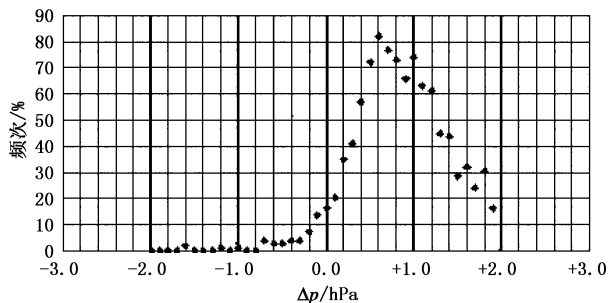


图 1 民勤站 2006~2007 年 GTS1 型探空仪气压基测变量频次

从图 1 中看出 GTS1 型探空仪气压基测变量基本分布在 $-0.2 \sim +1.9\text{ hPa}$ 之间, 集中出现在 $0.0 \sim +1.9\text{ hPa}$ 之间, 说明 GTS1 型探空仪气压传感

器感应的气压值偏小于标准气压值。对气压基测变量数据做平均统计,平均值为 +0.84 hPa,说明 GTS1 型探空仪气压传感器在地面的平均测量偏差约为 0.84 hPa。如果探测升空过程中探空仪的气压传感器感应数值呈线性偏低,那么,L 波段高空气象探测系统探测的各等压面的位势高度就比空间大气的实际等压面的位势高度偏高。

1.2 等压面间气压相差 1 hPa 时位势高度变化量

是取民勤站 L 波段高空气象探测系统探测资料中 2006 年 1、4、7、10 月的所有探测数据,统计等压面间气压相差 1 hPa 时位势高度平均差值的变化情况(图 2)。分析图 2 得出结论:如果 500 hPa 等压面与 600 hPa 等压面之间气压相差 1 hPa,位势高度

相差约 14 gpm;到 100 hPa 与 150 hPa 等压面之间时如果气压相差 1 hPa,位势高度相差约 50 gpm;到达 5 hPa 时气压相差 1 hPa,位势高度的差值达到 1150 gpm。表 1 是民勤站 L 波段高空气象探测系统探测资料,各等压面间气压相差 1 hPa,对应位势高度平均差的统计结果。

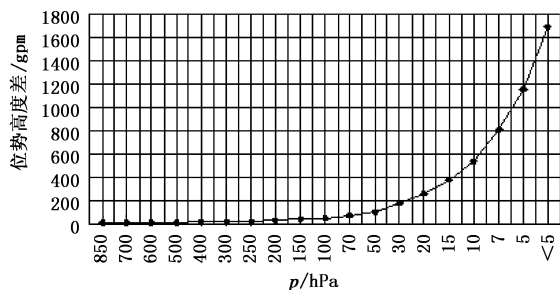


图 2 等压面层间气压相差 1 hPa 的位势高度变化量

表 1 等压面层间气压相差 1 hPa 位势高度对应平均差

规定等压面/hPa	850	700	600	500	400	300	250	200	150	100
位势高差平均差/gpm	10	11	12	14	16	20	24	29	37	50
规定等压面/hPa	70	50	30	20	15	10	7	5	<5	
位势高差平均差/gpm	73	104	183	263	379	539	802	1151	1692	

如果以地面气压基测变量平均偏低 0.84 hPa 计算 GTS1 型探空仪在升空过程中气压传感器的测量偏差,那么探空仪在 500 hPa、100 hPa、5 hPa 时测得的位势高度就与实际大气的位势高度分别相差约 12、40、1000 gpm。

1.3 L 波段雷达探测高度与 GTS1 型探空仪探测高度对比分析

在高空气象探测过程中,L 波段雷达定位探空仪用仰角和斜距加上地球曲率订正,利用三角公式可以计算出每秒钟探空仪在空间的高度值;GTS1 型探空仪用其压、温、湿传感器探测的数据,代入大气静力学公式也可以探测出每秒钟探空仪在空间的高度值,并且两种测量值在时间和空间上是完全同步的,这样就可以用同一时刻的观测数据分别计算出雷达探测高度值和探空仪探测高度值,对两种高度值进行分析比较。

具体计算方法是用规定高度层最接近的观测时间的仰角和斜距,代入公式(1)^[5]计算几何高度,再用公式(2)^[5]将几何高度换算成位势高度:

$$Z_{拔} = Z_0 + (R + Z_0) \cdot$$

$$\left(\sqrt{1 + \frac{r^2}{(R + Z_0)^2} + \frac{2r}{(R + Z_0)} \sin E} - 1 \right) \quad (1)$$

式中, $Z_{拔}$ 为目标海拔几何高度(m); Z_0 为测站海拔几何高度(m); R 为地球平均半径,为与数值分析网格点计算方法一致,取值 6371000 m; r 为目标物斜距(m); E 为目标物仰角($^\circ$)。

$$H = \frac{g_{\varphi,0}}{G} \frac{RZ_{拔}}{(R + Z_{拔})} \quad (2)$$

式中, H 为目标物的海拔位势高度(gpm); $Z_{拔}$ 为目标物在球坐标中的海拔几何高度(m); R 为地球平均半径,取值同式(1); G 为标准重力加速度,取值 9.80665 m/s²; φ 为纬度; $g_{\varphi,0}$ 为纬度 φ 对应海平面处的重力加速度: $g_{\varphi,0} = 9.80620 [1 - 0.0026442 \cos 2\varphi + 0.0000058(\cos 2\varphi)^2]$

因探空仪与雷达具有相同的探测时间,运用 L 波段高空气象探测系统数据处理软件的“探空数据处理”菜单下“任意时刻、高度、等压面的气象要素值”功能,输入相应时间计算出相应的探测高度来,然后计算出规定高度层探空仪测高与雷达测高的差值。表 2 是随意选取的 60 份探测记录,经过以上方法计算后求取各规定高度层探空仪测高与雷达测高差值的平均高差。

表2 规定高度层 L 波段雷达测高与探空仪测高的平均高差

	gpm								
规定高度	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
平均高差	30	18	31	39	45	44	41	41	60
规定高度	12000	14000	16000	18000	20000	22000	24000	26000	28000
平均高差	50	75	128	170	226	283	344	432	580
规定高度	30000	32000	34000	36000	38000				
平均高差	786	1006	1348	1736	2214				

从表2可以看出,16000 gpm以下,探空仪测高与雷达测高的差值不超过100 gpm,当高度超过16000 gpm时,随空间高度的递增,探空仪测高与雷达测高的差值随之变大,到36000 gpm时,高差已达到1700 gpm左右。将表2与表1的数据结合在一起分析,L波段雷达的测量高度与空间实际高度相比较相对偏低,在500 hPa、100 hPa、5 hPa时测得的位势高度与实际空间的位势高度分别偏低约20、80、500 gpm。这与大桥厂L波段二次测风雷达系统与业务试运行期间探测对比分析^[6]结果具有很好的 consistency。

1.4 探测仪器的测量偏差

GTS1型探空仪的技术要求:气压传感器的量程是1060~5 hPa,标准不确定度是:气压在500 hPa以上为 $\Delta p \pm 2$ hPa,气压在500 hPa以下为 $\Delta p \pm 1$ hPa^[7]。上面在分析气压基测值时,GTS1型探空仪测量值比标准气压值平均偏小0.84 hPa,虽符合探空仪的技术要求,但在大气探测中到500 hPa、100 hPa、5 hPa时测得的位势高度与实际空间的位势高度要分别相差约12、40、1000 gpm,并且差值随高度升高而增大,因此,可以说,GTS1型探空仪的气压传感器技术要求偏低,气压传感器的测量精度相对偏低。

L波段二次测风雷达的测角精度为:俯仰角(6° 以上) $\leq 0.08^\circ$ (RMS),斜距误差不大于20 gpm (RMS)^[7],用民勤站经纬仪和雷达对比观测数据相比较,俯仰角差值 $\Delta\beta < 0.15^\circ$ (RMS),斜距标定值小于10 gpm (RMS),可以说L波段二次测风雷达的测量精度相对较高。

2 结论

(1)在地面稳定环境情况下,L波段高空气象探测系统GTS1探空仪气压传感器的测量存在一定偏

差,平均不确定度约偏低0.8 hPa,反应到高空大气探测中,100 hPa时高度偏高约40 gpm,到了5 hPa大气层,高度偏高就会有1000 gpm之多,此时因高度误差引起的温度测量误差就很难确定。

(2)以GTS1型探空仪气压传感器的不确定度平均偏差1 hPa来讨论,随探空仪的上升,高度探测越来越不够精确,甚至到了高空5 hPa,超过1000 gpm的测高偏差对大气的探测和研究来说就显得太大了。为了提高高空探测的准确度,必须提高探空仪的技术要求,提高探空仪气压传感器的探测精度。

(3)L波段雷达和GTS1型探空仪的测量高度都存在一定的偏差,GTS1型探空仪的测量高度偏高,而L波段雷达的测量高度偏低。

(4)对于开展5 hPa高空业务来说,高精度的探空仪和GPS空间定位技术的应用是高空气象探测未来发展的必然选择。

参考文献

- [1] 姚霖,郑国光,郭亚田,等.气象探空测风软件系统的标准化研究[J].应用气象学报,2004,15(1):88-93.
- [2] 朱兰娟,华行祥.杭州L波段和59-701高空探测系统资料对比分析[J].气象科技,2007,35(5):750-754.
- [3] 张立功,陈志斌,马文婷,等.L波段雷达-电子探空仪系统对比观测分析[J].气象科技,2007,35(2):123-125.
- [4] 李伟,刘凤琴,徐磊,等.L波段高空气象探测系统软件[J].气象科技,2008,36(2):237-239.
- [5] 中国气象局监测网络司.L波段(1型)高空气象探测系统业务操作手册[M].北京:气象出版社,2005:前言,54,17-18.
- [6] 孙敏峰,马舒庆,刘凤琴,等.L波段二次测风雷达系统业务试运行期间探测对比分析[C]//首届气象仪器与观测技术交流和研讨会学术论文集,海口,2001:70-74.
- [7] 中国气象局监测网络司.L波段高空气象探测系统设备维护、维修手册[M]//高空气象技术人员内部学习参考用书,2004:71,14.

Analysis of Pressure and Height Measurements from L-Band Radar and Radiosonde Sounding System

Wang Rongji Li Jun

(Minqin Meteorological Bureau, Gansu Province, Minqin 733300)

Abstract: A statistical analysis is made of the air pressure and geopotential height variation measured by means of the L-band Radar and Radiosonde Sounding System and GTS1 at the Minqin station. The results indicate that the measurements are lower than standard values when the sensors are under the stable environmental condition; when pressure difference is 1 hPa, the height differences produced by the L-band Radar and Radiosonde Sounding System increase with the increasing height; the comparison of the L-band radar and GTS1 measurements show that height differences increase with the ascending radiosonde gradually, being 1700 m at the sounding height of 36000 m.

Key words: L-band radar, air pressure, geopotential height, measurement deviation

利用大气与风暴潮耦合模式预测纽约市区洪水水位

2008 年 7 月的 *Bulletin of the American* 杂志报道,由美国石溪大学(Stony Brook University)研究人员开发的高分辨率风暴潮模拟系统将能够在纽约市区遭到强风暴袭击发生洪涝时较好地预测洪水水位,以帮助应急管理部门采取适当对策。该报道指出,洪水不仅取决于热带风暴、飓风和东北风暴(Northeaster)的强度,也取决于风暴来临时当地潮汐的位相。

石溪大学的 Brian Colle 等将一个先进的大气模式与石溪风暴潮(SBSS;Stony Brook Storm Surge)系统的海洋模式耦合,来预测纽约市区的风暴潮,在由纽约海洋基金资助的一个项目中,以热带风暴“Floyd”以及 1992 年 12 月 11、12 日的东北风暴为例,对耦合模式的效果进行了检验。结果表明,风暴期模拟的峰值水位与该区几个水位观测点测得的水位相差不大。他们还评价了诸如局地潮位和风力对洪涝严重程度的影响。模拟表明,如果热带风暴“Floyd”到达纽约的时间提早 1 周遇上春季大潮(fortnightly),那么纽约的水位很可能就会达到洪涝级别。在另一项模拟研究中假定一个 1 级飓风与春季大潮同时到达纽约,结果是水位很可能达到严重洪涝。纽约在热带风暴“Floyd”来临时没有发生洪涝仅仅是因为风暴的风力在到达纽约前已经减弱,风力最大时段恰好是低潮期。按美国陆军工兵部队(U. S. Army Corps of Engineers)的估计,一个 3 级飓风袭击纽约就会造成曼哈顿南部发生洪涝,威胁纽约数百万人口的生命财产。在 1992 年 12 月的东北风暴中,纽约市区在数小时内多处海潮越过海堤,造成该地区地铁与铁路系统瘫痪数日。

随着海平面的上升,纽约在风暴潮来临时会变得更加脆弱。只要水位比平均海平面高出 1.5~1.75 m,洪水就会越过曼哈顿南部的海堤,全球变暖将会加剧这种危险。

曾晓梅编译自美国气象学会网站,AMS News and Information,2008-07-30,
<http://www.ametsoc.org/amsnews>