

梁正鹏,黄平,马凤妮,等. GTS1-2 与 GTS11 探空仪三亚观测数据对比分析[J]. 陕西气象,2020(6):60-63.

文章编号:1006-4354(2020)06-0060-04

GTS1-2 与 GTS11 探空仪三亚观测数据对比分析

梁正鹏,黄平,马凤妮,黄诚辉

(三亚市气象局,海南三亚 572000)

摘要:为了提高探空业务质量,2020 年 1 月和 7 月,三亚地区开展了高空气象平行观测。对该期间 GTS1-2 和 GTS11 型数字探空仪在 925~500 hPa 规定等压面的探空数据进行分析后发现:较之 GTS1-2 型探空仪,GTS11 型探空仪在整体上测得较低的温度值和较高的相对湿度值,且能获得更丰富的湿度数据细节,在测量位势高度上两种型号探空仪具有较好的一致性。

关键词:高空观测;平行观测;探空仪;GTS11;GTS1-2

中图分类号:P412.23

文献标识码:A

高空气象观测是综合气象观测系统的重要组成部分,是气象预报、气候预测、气象服务、科学试验和相关行业业务的基础性技术支撑^[1]。无线电探空仪是当前科研和气象领域广泛使用的一种高空气象探测设备^[2]。目前,三亚地区主要使用南京大桥机器有限公司生产的 GTS1-2 型数字探空仪配套 GFE(L)1 型二次雷达及 L 波段(1 型)高空气象探测系统软件开展高空气象观测业务。随着现代气象业务、服务的不断深化,对高空气象观测资料要求越来越高^[3]。为了适应新时代气象业务的发展,提高高空观测数据的质量,由中国气象局组织,三亚气象局六道岭观测站执行,2020 年 1 月和 7 月在三亚开展高空气象平行观测。

高空气象观测常用来表征大气物理状态的相对真值,描述高空大气的天气和气候变化^[4]。在地面台站固定的情况下,位势高度由气压、平均温度和平均相对湿度决定^[5],但主要和气压相关^[6]。以温度、相对湿度和位势高度作为考察对象,分析此次平行观测期间,在正常工作条件下 GTS1-2 型和 GTS11 型数字探空仪在温度、相对湿度和气压上的质量差异,为进一步提高探空仪质量和高空观测质量提供数据支撑和改进思路。

1 主要器材和方法

1.1 平行观测主要器材

平行观测期间数据接收和处理软件为 L 波段(1 型)高空气象探测系统软件(V6.0.0.20200101),基测箱为 JKZ3-1 型电子探空仪基测箱。探空仪为南京大桥机器有限公司生产的 GTS1-2 型和 GTS11 型数字探空仪。二者均采用 L 波段雷达二次测风原理,且在电器件构造方面差异不大。二者在传感器方面的差异有三方面。①GTS1-2 探空仪温度传感器为涂白漆棒状热敏电阻;GTS11 型探空仪为真空镀铝涂层珠状热敏电阻,对短波反射率更高,达 90% 以上,对红外长波可忽略不计,同时完善热平衡方程对温度短波辐射误差修正算法。②GTS1-2 型探空仪湿度传感器为中科院研制的 HS02 型湿敏电容。GTS11 型探空仪采用 E+E 公司生产的 HC103M2 型湿敏电容,时间常数和湿滞回差小,量程宽,线性度好,灵敏度高,温度系数更低;同时还采用直径更大的防雨罩代替 GTS1-2 型探空仪的长条细柱状防雨罩,使得防雨罩内能更好地与外界空气流通。③GTS1-2 型探空仪的气压传感器为国产膜盒电容;GTS11 型探空仪采用压阻式硅压力传感器,线性度良好,灵敏度高。

收稿日期:2020-04-15

作者简介:梁正鹏(1991—),男,汉族,海南万宁人,硕士,助理工程师,从事综合气象观测。

1.2 平行观测试验方法

采用 GTS11 型数字探空仪与 GTS1-2 型探空仪进行比较观测,每天 1 次,20 时和 08 时交替进行,为期 20 天,共进行 20 次有效平行观测。具体方法如下:将两个探空仪绑在同一根绳子上下位置,相距 1 m 左右,同球升空,认为同一观测时次两个探空仪所经历的高空气象环境相同。

1.3 数据分析方法

对 925、850、700、600、500 hPa 共 5 个规定等压面上的温度、相对湿度和位势高度进行对比分析。分析方法如下:①计算各时次各规定等压面上两种探空仪收集到的温度(T)、相对湿度(H_R)和位势高度(h)的差值(GTS1-2 减去 GTS11),得到对应的温度差(ΔT)、相对湿度差(ΔH_R)和高度差(Δh);②采用 Ryan-Joiner 方法^[7]对各类差值进行正态性检验,以检查所得数据的可用性;③采用 Levene 方法^[8]对满足进一步分析的数据进行方差齐性检验,并依据方差齐性检验结果选取合适的方差分析方法(方差齐性时使用等方差单因素方差分析,方差非齐时采用 Welch 方法单因素方差分析^[9]),并依据方差分析显著性结果进行多重比较^[10](方差分析结果显著前提下,若方差齐性,则使用 Tukey 检验;若方差非齐,则选用 Games-Howell 检验。若方差分析结果不显著,则不进行多重比较)来对数据进一步挖掘分析。

2 探空数据对比

2.1 数据差异正态性检验

一般来说,当数据符合正态性假设时, P 值大于 0.1;而当数据不满足正态性假设时, P 值小于等于 0.1。用 Ryan-Joiner 方法对所获样本数据进行正态性检验(ΔT 和 ΔH_R 的样本每层各 19 份, Δh 每层样本 20 份),结果显示 P 值均大于 0.1,因此,可认为以上样本在统计学上反映了 GTS1-2 型和 GTS11 型探空仪在正常工作情况下获取温度、相对湿度和位势高度上的差异。

2.2 数据方差齐性检验

分别对 ΔT 、 ΔH_R 和 Δh 的样本进行方差齐性检验(Levene 方法),结果显示: ΔT 和 ΔH_R 方差齐性良好, P 值分别为 0.669 和 0.253,采用等方差单因素方差分析进一步对比分析; Δh 方差非

齐性, P 值为 0.000,选取 Welch 方法单因素方差分析进行对比分析。

2.3 规定等压面温度差异

以 ΔT 为响应,5 个规定等压面为因子水平,进行等方差单因素方差分析(图 1)。原假设为所有均值相等;备择假设并非所有均值相等,显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。结果显示 $F = 13.07$, $P = 0.000$,表明各等压面 ΔT 间具有显著的统计学差异。

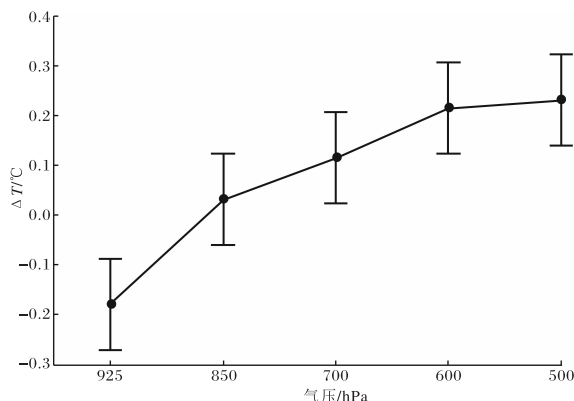


图1 三亚平行观测期间各等压面上 ΔT 均值及其 95% 置信区间(用组合标准差计算区间)

为了进一步明确各等压面间的差异情况,同时由于 ΔT 方差齐性,选取 Tukey 检验来进行多重比较(表 1)。结果显示, ΔT 在 925 hPa 上与 850~500 hPa 上差异显著。

表1 三亚平行观测期间各等压面上 ΔT 的 Tukey 检验(95%置信度)

等压面	样本数	均值/°C	分组
925 hPa	19	-0.178 9	C
850 hPa	19	0.031 6	B
700 hPa	19	0.115 8	A,B
600 hPa	19	0.215 8	A
500 hPa	19	0.231 6	A

注:非共享组的均值之间差异显著。

以上统计分析结果显示,两种型号探空仪测温工作性能稳定,但是 ΔT 均值和对应的 95% 置信区间从 925~500 hPa 均存在稳步上升偏移的现象。在 700~500 hPa 等压面上, $\Delta T=0$ 已不在对应的 95% 置信区间中(图 1),两种型号探空仪在此区间获取的高空温度已经出现了显著的统计

学差异。前人研究^[11-12]显示,温度传感器上的真空镀铝涂层对大气长波辐射和短波辐射的反射率都比白漆要好,能很大程度减小辐射对温度传感器的影响。此次对比中 ΔT 的这种偏移可能主要是两种型号探空仪的温度传感器涂层不同,导致随着探空仪的升高,GTS1-2型探空仪受大气辐射影响越来越严重,测温数据越来越偏大,从而使 ΔT 随着等压面的升高越来越大。

2.4 各规定等压面上相对湿度差异

以 ΔH_R 为响应,5个规定等压面为因子水平,进行等方差单因素方差分析(图2)。原假设为所有均值相等;备择假设并非所有均值相等,显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。结果显示, $F = 6.29$, $P = 0.000$,表明各等压面上 ΔH_R 间具有显著的统计学差异。

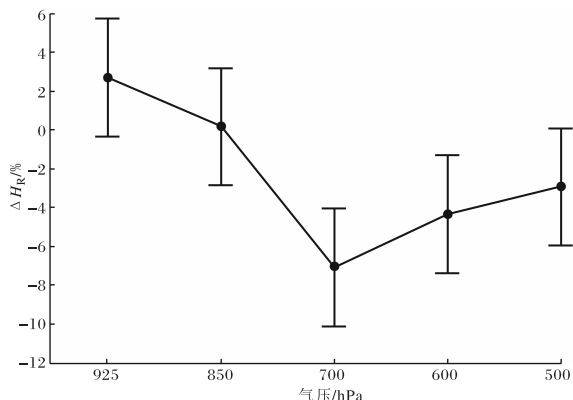


图2 三亚平行观测期间各等压面上 ΔH_R 均值及其95%置信区间(用组合标准差计算区间)

用Tukey检验(表2)进行多重比较后发现:700 hPa上 ΔH_R 是一个突变点,与925和850 hPa上差异显著。

表2 三亚平行观测期间各等压面上 ΔH_R 的Tukey检验(95%置信度)

等压面	样本数	均值/%	分组
925 hPa	19	2.74	A
850 hPa	19	0.21	A,B
700 hPa	19	-7.05	C
600 hPa	19	-4.32	B,C
500 hPa	19	-2.89	A,B,C

注:非共享组的均值之间差异显著。

以上分析显示, ΔH_R 在各等压面上具有较一致的95%置信区间幅度,表明两种型号探空仪工作性能都比较稳定;但在700 hPa上 ΔH_R 均值和95%置信区间突然下降,明显偏离零值,之后缓慢回升。对两种型号探空仪在平行观测期间的探空曲线和秒数据(图3)分析发现:GTS1-2型探空仪较GTS11型探空仪,在相对湿度测定方面总体偏低,且当GTS1-2型探空仪表现为处于检测下限(2%)时,GTS11型探空仪还可检测到丰富的湿度数据,这与前人研究结果^[11-13]相似。同时,冒晓莉等^[14-16]研究发现:太阳辐射造成的湿度传感器基底等温度上升会使感湿膜周围空气温度上升,导致相对湿度出现显著偏干现象,而且在对流层环境中,偏干程度与温度具有负相关关系。GTS11型探空仪采用温度系数更低的湿敏电容和空气交换更好的防雨罩,弱化了温度的影响,降低了湿度偏干现象的程度,同时由于采用的湿敏电容灵敏度更高,量程更宽,总体使得GTS11型探空仪获得更多的湿度数据细节。

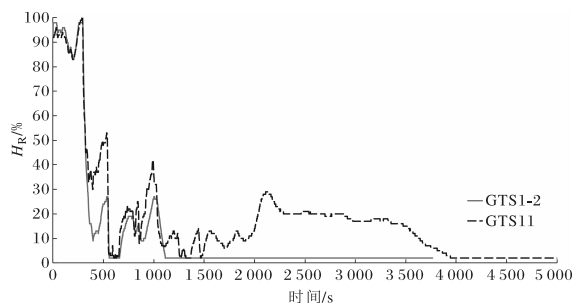


图3 三亚平行观测期间两种型号探空仪相对湿度秒数据对比(以2020年1月1日为例)

2.5 各规定等压面上位势高度差异

以 Δh 为响应,5个规定等压面为因子水平,采用Welch方法单因素方差分析(图4)。原假设为所有均值相等;备择假设并非所有均值相等,显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。结果显示, $F = 0.60$, $P = 0.665$,表明各等压面上 Δh 间无显著的统计学差异。

进一步分析发现,从925~500 hPa, Δh 的95%置信区间逐渐增加,与颜国跑等人^[17]的研究结果相似。通过对比原始数据,发现位势高度差存在累加效应,这与位势高度的计算方式有关,比如某规定等压面位势高度由该规定等压面以下的

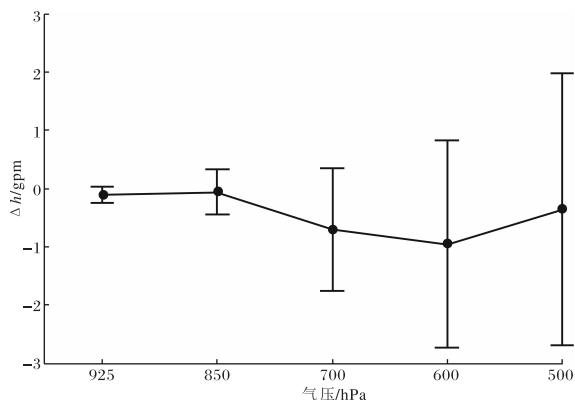


图4 三亚平行观测期间各等压面 Δh 均值及其 95% 置信区间(用单个标准差计算区间)

各规定等压面间厚度累加,而各等压面间厚度又是由气压、等压面间平均温度和平均相对湿度决定,因而导致从 925~500 hPa 随着厚度层的累加,两种型号探空仪 Δh 的 95% 置信区间逐渐加大。但整体来说,两型探空仪在位势高度上还是具有较好的一致性。

3 结论与讨论

(1)两种型号探空仪测温性能稳定,所测温度差异随气压降低逐渐偏移。整体上 GTS11 型探空仪所测温度值低于 GTS1-2 型探空仪。

(2)两种型号探空仪测湿性能稳定,但 GTS11 型探空仪能获取更丰富的湿度数据,且整体上所测湿度值高于 GTS1-2 型探空仪。

(3)两种型号探空仪所测位势高度差在整体上具有较好的一致性。

(4)受试验手段限制,仅对两种型号探空仪在 925~500 hPa 规定等压面上的探空数据进行了对比分析,并结合两种型号探空仪器件的材料和前人研究结果对造成探空数据差异的原因进行了初步讨论,具体的差异原因还有待更精细的试验设计和深入的实验室研究。

参考文献:

- [1] 潘志祥,李艾卿. 高空气象观测[M]. 北京:气象出版社,2013:1-314.
- [2] 袁媛,唐慧强. 微型气象探空仪的系统设计[J]. 仪表技术与传感器,2009(1):35-37.
- [3] 张颖梅,王雯燕,曹梅,等. L 波段雷达单独测风应

急观测与记录处理[J]. 陕西气象,2018(4):43-45.

- [4] 王英,熊安元. L 波段探空仪器换型对高空湿度资料的影响[J]. 应用气象学报,2015,26(1):76-86.
- [5] 中国气象局监测网络司. L 波段高空气象探测系统业务操作手册[M]. 北京:气象出版社,2005:14-17.
- [6] 李伟,赵培涛,郭启云,等. 中国 GTS1-2 型电子探空仪阳江国际比对结果分析[J]. 气象,2011,37(11):1466-1472.
- [7] RYAN T A, JOINER B L. Normal probability plots and tests for normality[R]. The State College, Pennsylvania State University, 1976.
- [8] BROWN M B, FORSYTHE A B. Robust tests for the equality of variances[J]. Journal of the American Statistical Association,1974,69(346):364-367.
- [9] WELCH B L. On the comparison of several mean values: an alternative approach[J]. Biometrika, 1951,38(3-4):330-336.
- [10] HSU J C. Multiple Comparisons[M]. London: Chapman and Hall,1996:1-277.
- [11] 郭启云,李伟,张玉存. 基于第 8 届国际探空比对试验对 GTS1-2 型探空仪技术改进与对比分析[J]. 气象科技,2013,41(3):453-458+505.
- [12] 郭启云,李峰,郭凯,等. 新型 GPS 探空仪与业务 GTS1-2 探空仪对比分析[J]. 气象科技,2015,43(1):59-64+75.
- [13] 郭启云,李伟,张玉存,等. GTS1 型、GTS1-1 型、GTS1-2 型探空仪性能试验与对比分析[J]. 气象水文海洋仪器,2012,29(1):5-10.
- [14] 冒晓莉,肖韶荣,刘清倦,等. 探空湿度测量太阳辐射误差修正流体动力学研究[J]. 物理学报,2014,63(14):144701.
- [15] 冒晓莉,肖韶荣,张加宏,等. 探空湿度测量太阳辐射误差时空分布特征研究[J]. 科学技术与工程,2015,15(10):1-9.
- [16] 冒晓莉,张加宏,肖韶荣,等. 基于流体动力学的探空仪 GTS1 湿度测量误差修正研究[J]. 地球物理学报,2016,59(12):4791-4805.
- [17] 颜国跑,廖可文,刘义兵. GTS1-2A 型探空仪业务化试验结果分析评估[J]. 科技创业月刊,2013,26(7):186-188.