

马颖,姚雯,黄炳勋. 用初估场对比中芬探空仪温度和位势高度记录,应用气象学报,2011,22(3):336-345.

用初估场对比中芬探空仪温度和位势高度记录

马颖* 姚雯 黄炳勋

(中国气象科学研究院,北京 100081)

摘 要

对部分高空台站 2007—2009 年近 3 年探空记录的统计分析表明:邻近测站同一型号探空仪的温度和位势高度记录与 6 h 数值预报初估场的平均偏差一致,但不同型号探空仪记录与初估场的平均偏差存在明显差异,因此可以利用初估场进行邻近测站不同型号探空仪之间的间接对比。该文利用初估场与台站探空记录的差值,分析了使用芬兰 Vaisala 公司 RS92 型探空仪的中国香港站与邻近的使用 L 波段探空仪的梧州、汕头、东源、阳江 4 站 2 年的温度和位势高度记录的系统差,结果表明:19:00(北京时,下同),L 波段探空仪的温度和位势高度记录在平流层分别偏低达 1℃和 30 gpm;07:00,L 波段探空仪的温度记录在对流层偏高 0.4℃,导致其位势高度记录也在对流层偏高;两套设备的系统差不仅有显著的日夜差异和季节性差异,也存在一定的年际差异。

关键词: L 波段; RS92; 探空数据; 初估场; 对比

引 言

目前,我国探空业务中主要使用 L 波段雷达-电子探空系统,而代表国际最新探空技术水平和发展方向的是 GPS 探空仪,非常有必要对这两种探空仪之间的系统差异进行对比分析。一般来说,为确定两套探空设备的系统差异,最直接的方法是在同一气球下悬挂两套探空仪同步施放进行对比观测,这也是国际上普遍采用的方法^[1-2]。由于探空仪的观测误差或多或少与观测时间(主要是白天和夜晚)、季节和地区有关,因此最好在不同时间(白天和夜晚)、不同季节和不同地区都进行对比观测。同时为了尽可能减少观测数据随机误差的影响,还应该获取大量的对比数据进行统计分析。但探空仪是一次性使用的消耗品,大量对比观测的代价很高^[3]。为了获取 59 型与 L 波段探空仪的对比观测数据,2002 年在 L 波段开始换型时,中国气象局安排每个高空站在换型前,利用培训用 60 个 L 波段探空仪与台站正常业务施放的 59 型探空仪进行了同时、但不同球的对比观测。这是我国探空设备规模最大的一次直接对比,但数据分析结果表明,由于分析时必须按探

空仪施放的季节、地区及设备生产厂家等条件分类进行对比,这样即使进行了大规模的对比观测,统计量依然不足,很多分析无法深入^[4]。近几年对 L 波段探空系统的性能已进行了多方面分析^[5-8],与芬兰 Vaisala 公司的 RS92 型 GPS 探空仪也进行了多次同球直接对比试验,但对比的地点、季节和数量均有限,还不能充分体现两者之间比较全面的系统差异。再者,由于对比时探空仪施放方法和数据处理软件与实际业务使用的也有所不同,因此对比结果不能完全代表台站业务观测资料之间的真正差异^[9]。

20 世纪 80 年代末以来,欧洲中期数值预报中心、美国国家环境预报中心等单位在世界气象组织的倡导下,利用数值预报同化系统提供的 6 h 初估场(以下简称初估场)为背景场,通过计算观测资料与背景场的差异,对观测资料质量进行分析评估。中国国家气象中心于 2001 年 1 月也正式开展了这项业务^[10-13]。2006 年,国家气象中心利用 2005 年 3—5 月的 6 h 初估场与观测场的差值资料,分别统计比较了我国使用 L 波段探空仪、59 型探空仪的高空站以及使用芬兰 RS80 型探空仪的美国区域高空站记录与初估场之间的平均偏差和标准差,取得了一些有参考价值的分析结果^[14]。中国气象科学研

2010-09-20 收到,2011-03-08 收到再改稿。

* E-mail: maying@cams.cma.gov.cn

究院从2001年开始利用国家气象中心提供的差值资料,特别是2003年以来T213数值预报模式计算的6h初估场与观测场的差值,深入分析了我国台站记录的质量^[15]。以上分析工作的重点都在观测场与初估场的差值本身,而在数据分析过程中发现,在一定条件下,借用这一差值,能够间接统计分析相邻台站不同型号探空仪记录之间的系统差,统计时间越长,分析结果越可靠。使用这一方法,在分析不同型号探空仪的系统差异时,就可以利用大量的台站业务数据,能够在一定程度上弥补直接对比样本偏少的不足。

1 利用初估场间接对比不同型号探空仪观测记录的可行性

如果两个探空站使用不同型号的探空仪,则其观测记录之间的差异主要由两部分组成,一部分是两种仪器自身的设备性能差异,另一部分则是天气形势引起的气象要素场在空间变化产生的差异。图1是同样使用长望气象科技有限公司(以下简称长望公司)L波段探空仪的邵武与福州两个相邻高空站2005—2008年各规定等压面温度和位势高度记录的年平均差值(本文中分析数据源于国家气象中心业务数据,以下文中所指台站探空记录均为规定等压面数据)。可以看到,无论是07:00(北京时,下同)还是19:00的数据,温度最大差异超过 0.7°C ,

位势高度最大差异达到20 gpm,两站记录之间的差异非常明显。因为使用的是同一种型号的探空仪,所以3年观测记录平均值的差异可以认为主要是气象要素场的地区差异,而且这一差异已经与仪器性能差异量相当,因此,如果要利用不同台站的记录分析探空仪的系统差,首先必须消除气象要素场的地区差。

6h初估场是运用数值预报模式推算出的6h后全球各地各个网格点上温度、位势高度等气象要素的分布场,它能够体现由天气形势引起的各气象要素值在各网格点之间的差异。因此,如果利用初估场作参考标准,理论上采用观测场和初估场的差值能够间接剔除由天气形势引起的各要素值在不同测站之间的地区差异。

与福州站相邻的厦门、邵武、衢州、洪家4个站在2007年前均已使用L波段探空仪。图2是2007—2009年温度和位势高度记录与初估场之间的平均偏差值。可以看到,这5个站尽管跨越了3个省,最大距离已接近500 km,但3年的实测记录特别是温度记录与初估场的平均偏差之间的差异非常小。

除了福州站,对上海站、广东的阳江站、山东的青岛站及甘肃的酒泉站等也进行了同样的数据分析,分别统计了以上每个探空站与各自邻近探空站的记录和初估场的平均偏差值,结果类似,限于篇幅,不再赘述。

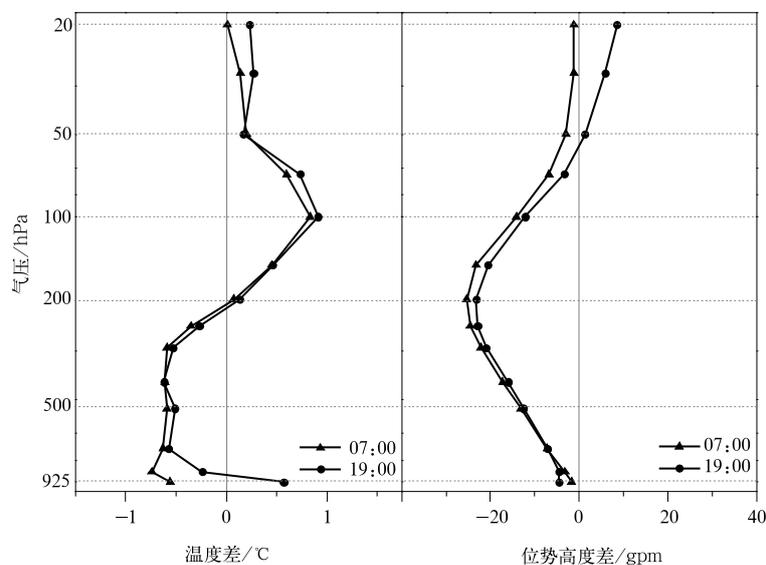


图1 2005—2008年邵武站与福州站温度和位势高度记录平均差
Fig.1 Mean differences of temperature and geopotential height records between Shaowu and Fuzhou from 2005 to 2008

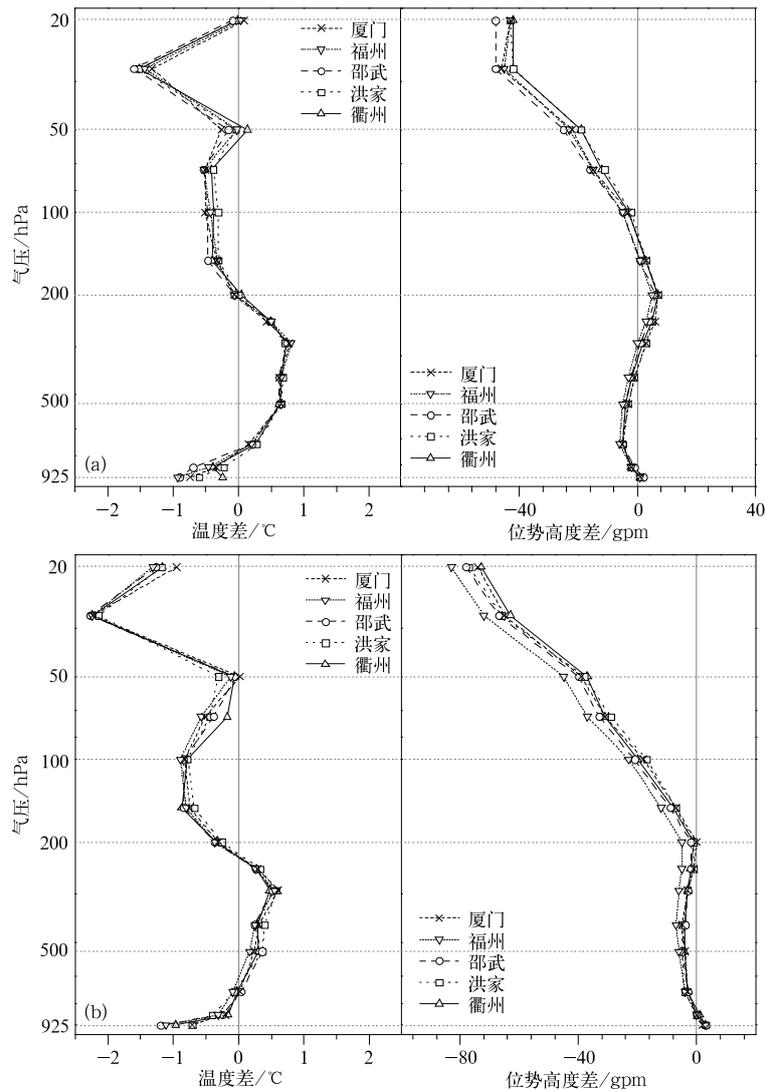


图 2 2007—2009 年不同站点温度和位势高度记录与初估场平均偏差值 (a)07:00, (b)19:00

Fig. 2 Mean differences of temperature and geopotential height between observations and first-guess field at five stations from 2007 to 2009 (a)07:00, (b)19:00

位于我国不同地区、气候特征有较大差异的 5 个地区的探空站资料分析结果表明: 平均而言, 初估场已经基本反映了相邻测站之间温度和位势高度场的地区差异, 只要有大量的统计记录, 利用初估场间接对比, 能够基本消除天气形势引起的各要素值 (尤其是温度记录) 在相邻测站之间的地区差异。以上资料分析结果与理论是一致的。当然考虑到初估场自身也存在时间和空间上的不稳定性 and 不一致性, 为了减少非设备因素对统计结果的影响, 间接对比应尽可能在较小的空间范围和相互对应的时间进行。此外, 由于初估场和每种探空仪的观测数据都包含有随机误差, 要得到比较可靠的两种探空仪的

系统差, 需要获取大量对比数据进行统计分析。

2 利用初估场间接对比中、芬探空仪

中国香港站 2005 年以来一直使用国际上比较先进的芬兰 Vaisala 公司生产的 RS90 及其改进型 RS92 型探空仪 (具体换型时间不详, 但 2007 年已经使用 RS92)。梧州、汕头、东源、阳江 4 个高空站分别位于中国香港的西、东、北和西南, 各站换型时间有先后, 但在 2007 年 9 月—2009 年 8 月间, 均使用长望公司生产的 GTS1 型 L 波段探空仪, 地理位置和设备条件都适于对比分析。可以利用上述 5 站在

该时间段(2007年9月—2009年8月,以下简称2008—2009年)的探空记录分析中、芬探空仪的系统差异。

2.1 相邻 L 波段站和 RS92 型站探测记录与初估场之间的平均偏差

图 3 是 07:00(白天)和 19:00(夜间)上述 5 个站在 2008—2009 年期间温度和位势高度实测记录与

初估场之间的年平均偏差统计结果。

可以看到,无论是 07:00 还是 19:00,4 个 L 波段站的实测记录与初估场 2 年的平均偏差之间虽然存在差异,但相对比较小。而中国香港站与其他 4 个站之间的差异非常明显,特别是 07:00(白天)的差异比较大。该差异可以认为是这两种性能有显著差异的仪器之间的系统差。

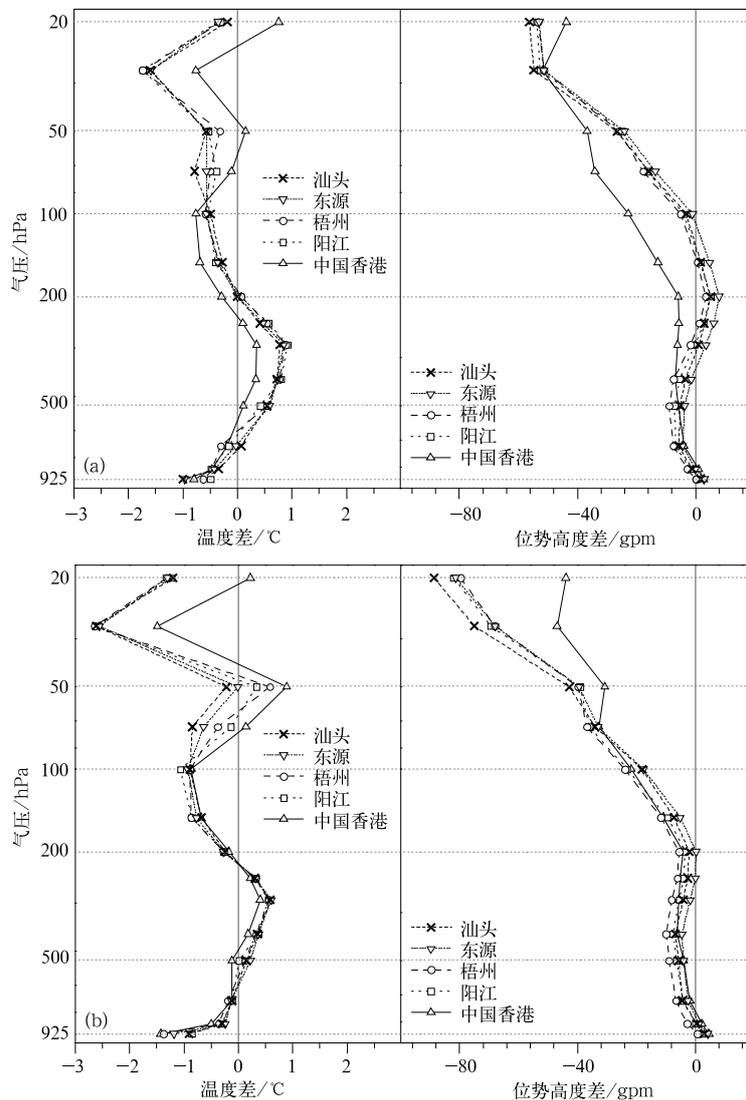


图 3 2008—2009 年不同站点温度和位势高度记录与初估场平均偏差值 (a)07:00, (b)19:00

Fig. 3 Mean differences of temperature and geopotential height between observations and first-guess field at five stations from 2008 to 2009 (a)07:00, (b)19:00

2.2 L 波段和 RS92 型探空仪全年系统差异

图 4 为利用初估场间接对比最终得出的 07:00 和 19:00 4 个 L 波段站与中国香港 RS92 型探空站记录之间的 2008—2009 年 2 年平均差值。由于 4

个 L 波段站位于中国香港站周围,能够尽量减小地区差异带来的影响。

统计结果表明,19:00 在对流层的温度和位势高度的差异很小;在高空(100 hPa 以上)L 波段温度

记录随高度增加逐步偏低,到 20 hPa 偏低下达 1°C 以上,因而与之对应的位势高度记录也随高度增加逐步偏低,到 20 hPa 偏低下达 30 gpm 以上。长望公司生产的 L 波段探空仪与 RS92 探空仪的直接对比施放试验,及各方面获得的试验数据表明:L 波段探空仪的气压测量值在高空低于 RS92 探空仪,而对流层顶以上大气温度随高度增加(图 5),从而导致在高空时,L 波段探空仪的温度读数偏低,并进一步导致由标准等压面间的平均温度累计计算的位势高度逐步偏低。图 4 各条偏差曲线随高度变化的趋势已经表明了这一点,这与直接对比的结果一致。与夜

间相比,L 波段探空仪在 07:00 的温度记录相对偏高,特别是在对流层中上部的温度记录比 RS92 型记录偏高 0.4°C 左右,从而导致累计计算得到的位势高度偏高量在对流层随高度升高加大,最大达 20 gpm 左右;与 19:00 相比,L 波段温度在高空的偏低量有所减少,累计的位势高度偏低量在 20 hPa 处只有 10 gpm 左右。以上数据与前文分析中气象要素场导致的探空记录差异量值(温度差为 0.7°C,位势高度差为 20 gpm)相当。因此,利用不同台站的记录分析探空仪的系统差时,气象要素的地区差异不可忽略,这也正是利用初估场的关键所在。

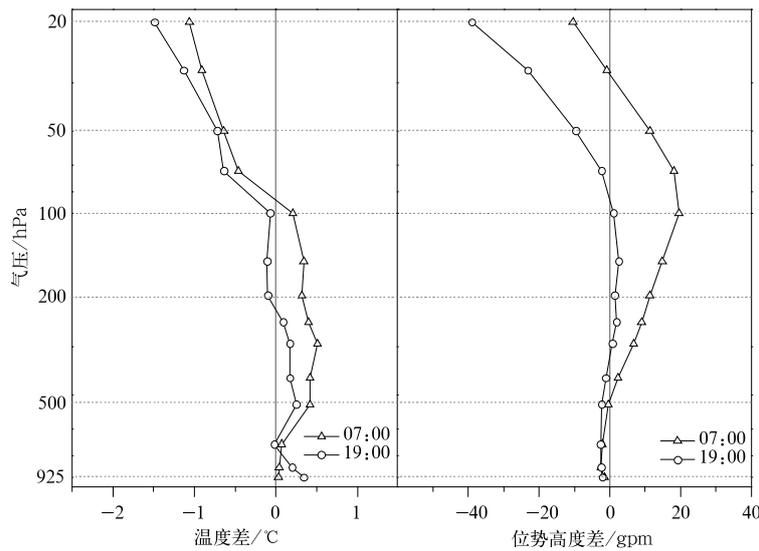


图 4 2008—2009 年 L 波段与 RS92 型探空仪间接对比结果

Fig. 4 Indirect comparison results between L-band and RS92 radiosondes from 2008 to 2009

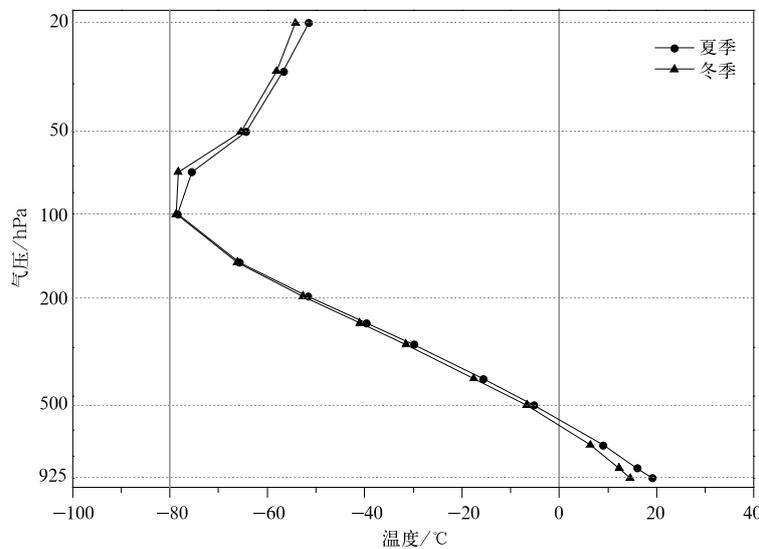


图 5 中国香港站冬、夏季节温度廓线

Fig. 5 The vertical temperature profiles of Hongkong in winter and summer

2.3 L 波段和 RS92 型探空仪间接对比结果的季节差异

4 个 L 波段站多年的统计平均结果表明,夜间对比结果无明显季节性差异,但白天明显呈现季节性差异。不过 1—3 月,6—8 月,9—11 月对比结果比较接近,因此本文用其平均差表达。图 6 是分季节的对比结果,4 月、5 月可以从内插获得平均差。

由图 6 可以看到,白天各季节的差异还是比较明显的。在对流层,除低空外温度系统差的差异低于 0.5℃,高空一般均达 0.5℃ 以上。位势高度系统差的差异随高度升高增加,在对流层不超过 10 gpm,到 20 hPa 高度超过 20 gpm。与 07:00 相

比,19:00 各季节的差异不明显。

为了进一步检验这种季节差异的真实性,图 7 给出了阳江站和梧州站(两站从 2004 年 7 月开始使用长望公司 L 波段探空仪)2006—2008 年各季节 07:00 与中国香港站间接对比结果。可以看到,与图 6 相比,由于对比的测站和年份有差别,对比结果的绝对值有些不同,特别是在高层,这一点比较明显,但是各季节之间的相对差异情况比较一致。从 07:00 和 19:00 的不同结果分析,日照条件的变化可能是造成季节差异的主要原因:由于温度元件残余(未充分订正的)太阳辐射误差和长波辐射误差有差异,从而导致温度数据的残余误差有差异。

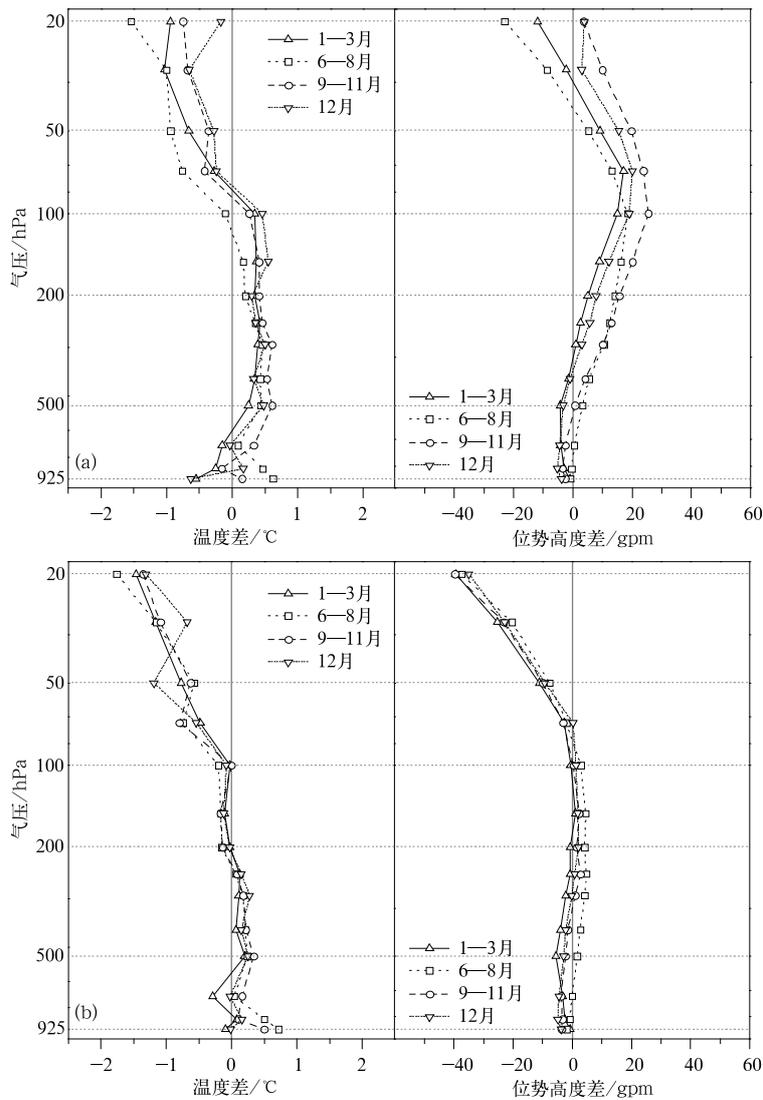


图 6 各季节 L 波段与 RS92 型探空仪间接对比结果 (a)07:00, (b)19:00

Fig. 6 Indirect comparison results in different seasons between L-band and RS92 radiosondes (a)07:00, (b)19:00

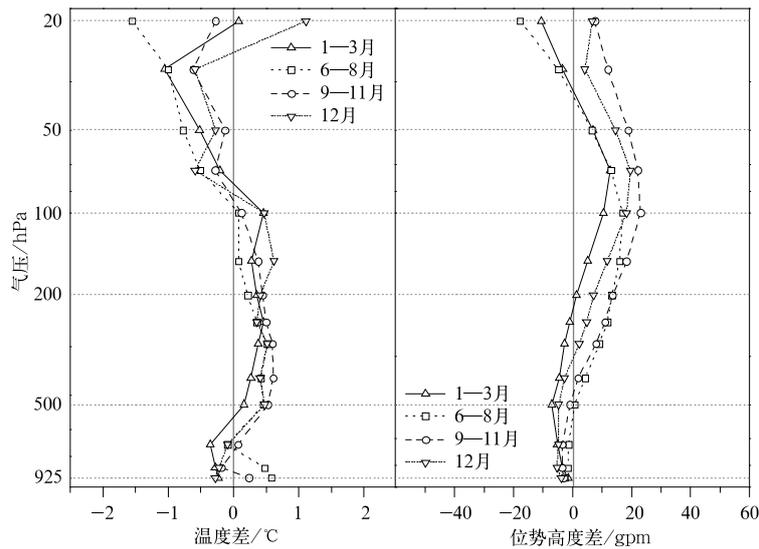


图7 2006—2008年07:00阳江站和梧州站L波段与RS92间接对比结果的季节变化

Fig.7 Indirect comparison results in different seasons between L-band (Yangjiang and Wuzhou stations) and RS92 radiosondes at 07:00 from 2006 to 2008

以上分析结果表明:各季节之间的差异明显,差异的大致趋势也比较清楚。但要取得满意的对比结果,除了测站多、相对位置合理外,还需要长期的对比数据。

2.4 L波段和RS90/92型探空仪间接对比结果的年际差异

更多的统计表明,不同年份的平均结果也有些差异。图8是换型时间比较早的梧州站2006—

2009年07:00和19:00的年平均差间接对比结果,可以看到,07:00高空的温度差和位势高度差差异比较大。其中2006年与其他3年差异大的原因有可能是由于中国香港站在2007年将RS90换型为RS92。

如果再进一步比较各年各季节的平均差,则会发现差异更大。图9为各年6—8月07:00平均差的年际变化。

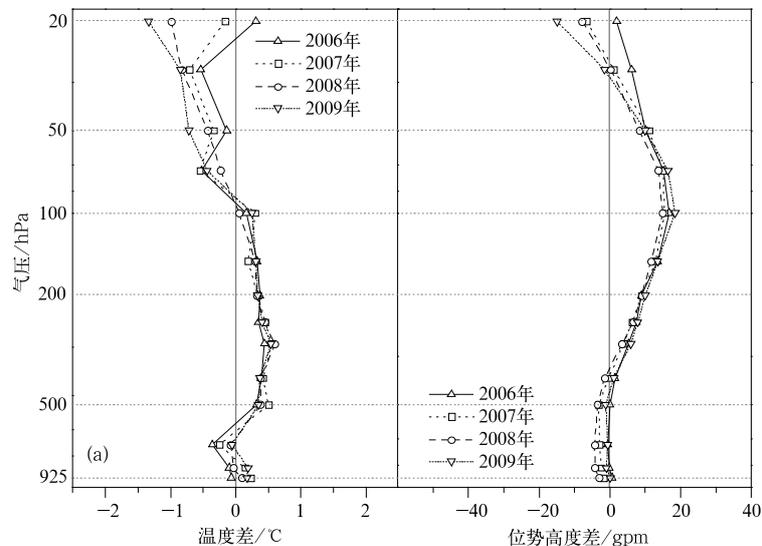
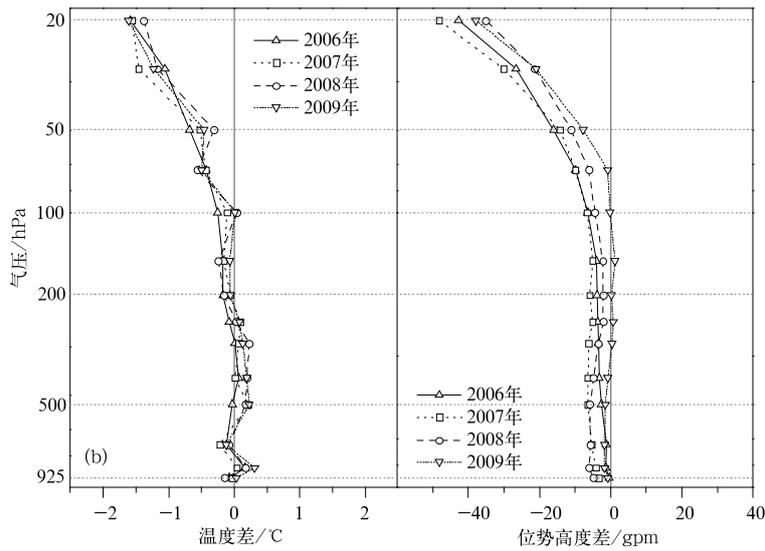


图8 L波段与RS90/92间接对比结果的年际变化 (a)07:00, (b)19:00

Fig.8 Annual indirect comparison results between L-band and RS90/92 radiosondes (a)07:00, (b)19:00



续图 8

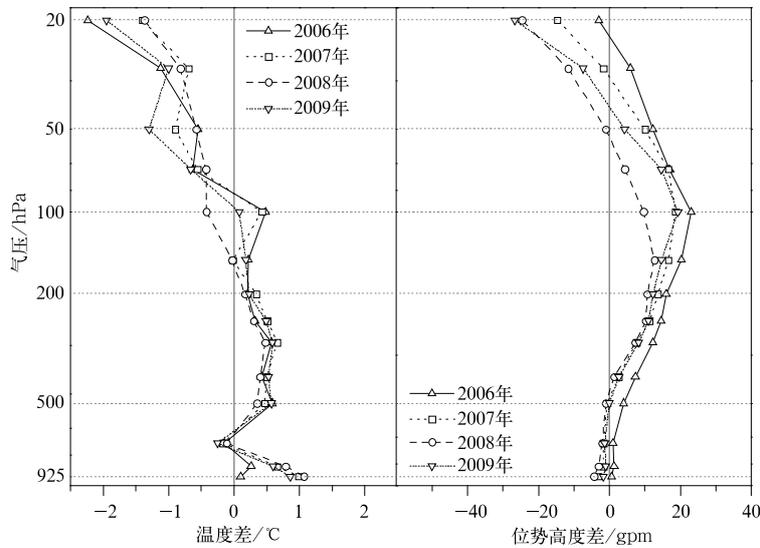


图 9 07:00 L 波段与 RS90/92 夏季间接对比结果的年际变化

Fig. 9 Annual indirect comparison results between L-band and RS90/92 radiosondes at 07:00 in summer

对比结果的年际差异除了可能与影响地气系统的太阳辐射反射率以及长波辐射率等气候特征的年际差异有关外,还可能与探空仪厂家的生产工艺和质量不完全一致等因素有关。因此这进一步说明,要取得有代表性的对比结果,参与间接对比的台站要尽可能多,对比的年份要尽可能长。

3 结 论

1) 可以利用 6 h 初估场做相对参考标准,进行

邻近高空站不同型号探空仪之间的间接对比,但需要长时间、多测站,对比结果才更可靠。

2) 两年对比记录初步分析表明:长望公司生产的 L 波段探空仪与 RS92 型探空仪的观测数据之间存在着显著的系统差:19:00 在对流层温度和位势高度差异很小,至平流层 L 波段温度逐步偏低,对应的位势高度也逐步偏低,至 20 hPa 分别偏低达 1°C 和 30 gpm; 07:00 在对流层 L 波段的温度偏高 0.4°C,导致位势高度随高度升高偏高,最高达 20 gpm,因此,累计至平流层时,位势高度偏低量有

所减少, 20 hPa 时偏低 10 gpm。

3) 两套探空设备的系统差不仅存在显著的季节性差异, 也有一定的年际差异。

直接对比, 特别是国际对比, 由于受经费、时间和精力等因素限制, 不可能在不同地区和不同季节进行大量对比。此外, 挂在同一气球对比支架下的探空仪的误差情况往往与台站独立施放时的误差有一定差异, 对比结果不能完全代表对比探空仪的实际业务性能并反映业务数据差异。而利用相邻台站的不同型号探空仪的业务观测数据, 借助初估场进行的间接对比既经济又能反映台站记录的真实差异, 只要积累的观测资料多, 间接对比结果还可以细分为冬、夏各季节, 其可靠程度和实用价值可能要高于只有较少对比记录的直接对比结果。

参考文献

- [1] WMO. Guide To Meteorological Instruments and Methods of Observation(7th Edition). Geneva: WMO/TD-No. 8, 2006.
- [2] Ivanov A, Kats A, Kurnosenko S, et al. WMO International Radiosondes Comparison. Phase 3, Final Report, Geneva: WMO/TD-No. 451, 1991.
- [3] Bower C. Global Climate Observing System Overlapping Radiosonde Test Flight Series-Climate Continuity Data Requirements. CIMO/OPAG-UPPER-AIR/ET-UASI-3/IOC-3/Doc4(1), 2008.
- [4] 马颖, 姚雯, 黄炳勋. 59 型探空仪与 L 波段电子探空仪温度和位势高度记录直接对比分析. 应用气象学报, 2010, 21(2): 214-220.
- [5] 姚雯, 马颖, 黄炳勋, 等. 利用 GPS 定位资料分析 L 波段雷达测风性能. 应用气象学报, 2009, 20(2): 195-202.
- [6] 张立功, 陈志斌, 王勇, 等. L 波段雷达-电子探空仪系统对比观测分析. 气象科技, 2007, 35(1): 123-125.
- [7] 姚雯, 马颖, 徐文静. L 波段电子探空仪相对湿度误差研究及其应用. 应用气象学报, 2008, 19(3): 356-361.
- [8] 李伟, 李书严, 陶士伟, 等. L 波段高空气象探测系统性能评估. 仪器仪表学报, 2008, 29(4): 732-735.
- [9] Nash J, Smout R, Oakley T, et al. WMO Intercomparison of High Quality Radiosonde Systems. Geneva: WMO-TD No. 1303, 2005.
- [10] Bottger H. ECMWF Monitoring System. Radiosonde Data Quality and Monitoring ECMWF/WMO Workshop, 1987: 227-238.
- [11] Rutherford A M. ECMWF Radiosonde Monitoring Results. Radiosonde Data Quality and Monitoring ECMWF/WMO Workshop, 1987: 95-114.
- [12] Hollingsworth A. Identification of Forecast and Observation Bias. Radiosonde Data Quality and Monitoring ECMWF/WMO Workshop, 1987: 79-80.
- [13] 陶士伟, 张跃堂, 陈卫红, 等. 全球观测资料质量监视评估. 气象, 2006, 32(6): 53-58.
- [14] 陶士伟, 陈晓红, 龚建东. L 波段探空仪温度资料误差分析. 气象, 2006, 32(10): 46-51.
- [15] 黄炳勋, 郭亚田, 陶士伟, 等. L 波段雷达-电子探空仪系统探空资料质量初析//中国气象学会 2003 年年会论文集, 2003: 158-162.

Comparison of Temperature and Geopotential Height Records Between L-band and RS90/92 Radiosonde Systems Using First-guess Field

Ma Ying Yao Wen Huang Bingxun

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

Abstract

The first-guess field (FG) has been used to assess the quality of sounding observation data in operation work for many years. A long term data analysis shows that the mean differences of temperature and geopotential height records between observations and FG at those neighboring stations using the same type of radiosondes are very small, while the differences for those neighboring stations using different types of radiosondes are significant. It can be inferred that FG can reflect the regional differences of meteorological elements caused by the synoptic situation. So it is feasible to compare neighboring stations records by using FG as a relative reference, which can eliminate the regional synoptic situation differences. Undoubtedly, such comparison should be applied in small region (i. e., between neighboring stations) by using synchronous observation records, and only sufficient (long term) sampling data has statistical representation.

Hongkong sounding station has used the RS90/RS92 radiosonde manufactured by Vaisala since 2005. And during 2007—2009, the L-band radiosondes are used at several stations nearby Hongkong, such as Wuzhou, Shantou, Dongyuan and Yangjiang. So 5 stations above are appropriate for indirect comparison of L-band and RS92 radiosondes by using FG. It shows that there exist significant systematic differences between L-band and RS92 radiosonde systems, for both the temperature records and geopotential height records at each standard pressure level, through the two-year statistical comparison.

At 19:00, the mean differences of temperature and geopotential height records are very small in the troposphere. In the stratosphere, the temperature measured by L-band radiosonde is lower than that measured by RS92, and the difference increases with height, reaching over 1°C at 20 hPa height. The increasing temperature difference with height brings on an increasing geopotential height difference, which is over 30 gpm at 20 hPa height.

At 07:00, the temperature measured by L-band is higher than that measured by RS92, which leads to a higher geopotential value. The temperature difference reaches 0.4°C in the middle and upper troposphere, and the geopotential height difference is over 20 gpm at 100 hPa height. In the stratosphere, although the temperature measured by L-band is lower than that measured by RS92, and the difference also increases with the increase of height, the cumulative difference of temperature at 07:00 is less than that at 19:00. So the geopotential height difference between L-band and RS92 records is only about 10 gpm at 20 hPa height at 07:00.

The long term direct comparison between different types of radiosondes is difficult to be carried out because of the high cost. Indirect comparison by using FG is not only economical but can reflect the real difference of operational records, so it is well worth to be widely applied.

Key words: L-band; RS92; radiosonde records; first-guess field; comparison