

L 波段探空仪温度资料误差分析

陶士伟¹ 陈晓红² 龚建东¹

(1. 国家气象中心, 北京 100081; 2. 安徽省气象台)

提 要: 我国探空观测业务已逐步用 L 波段探空仪取代 59 型探空仪。为了解 L 波段探空仪观测质量, 利用观测资料减模式背景场的差 (简称 OMB) 的统计分析技术和贝塞尔函数拟合法分离观测误差技术, 分析了 2005 年 3—5 月我国 36 个 L 波段探空仪探测的温度误差特性。结果表明, L 波段和 59 型的 OMB 平均偏差差别不大, 一般都在 0.2°C 之内。而温度随机误差在 $500\sim 300\text{hPa}$ 减小约 0.2°C , 在 00 时 300hPa 以上, 有更明显的减小, 达 0.4°C , 约占 59 型观测误差的四分之一。

关键词: 误差分析 贝塞尔函数拟合 系统性偏差 随机误差

Error Analyses for Temperature of L Band Radiosonde

Tao Shiwei¹ Chen Xiaohong² Gong Jiandong¹

(1. National Meteorological Center, Beijing 100081;
2. Anhui Meteorological Bureau)

Abstract: Up to June 2005, L band digital radiosondes are used in 36 upper-air observation stations in China. In order to understand the observation error characters, the error analysis is made about the observed temperature data of L band digital radiosonde from March to May of 2005. The mean and root mean square biases of observation minus background field of T213 model, which is called OMB, are calculated. Bessel fitting technique is used to separating out observation error from OMB. The results show that comparing with Model-59 radiosonde observation data, there is no obvious difference (usually in 0.2°C) in the mean of OMB. But a great reduction is made in random errors of temperature of L band digital radiosonde: at 12Z and at 00Z $500\sim 300\text{hPa}$ about 0.2°C ; at 00Z above 300hPa , about 0.4°C , ac-

counting for the 25% of the random errors of temperature for Model-59 radiosonde.

Key Words: error analysis Bessel fitting systematic bias random error

引言

59 型探空仪在我国使用已几十年。因温度滞后和太阳辐射等原因,其测得的高层温度和高度资料存在较大的正偏差和随机误差。尽管 2000 年中国气象科学研究院大气探测研究所曾组织有关人员对中国 59 型探空仪观测资料实施系统性偏差订正(注:本文使用 59 型探空仪温度资料都是经过系统性偏差订正的,在 300hPa 附近,订正值超过 1°C),基本消除较大正偏差,但无法根本解决资料质量问题。为提高我国探空资料质量,我国自行研制的 L 波段探空仪已逐步投入使用。到 2005 年 6 月,已有 36 个探空站使用 L 波段探空仪。但是任何观测资料均有观测误差,除与探空仪性能有关外,还与观测员本身及相关软件等因素有关。及时了解其观测误差量级和分布特征对合理使用观测资料和进一步改进观测仪器至关重要。

最直接的观测误差估计方法是用多种无线电探空仪同时同地多次施放的直接对比方法^[1]。因大气状态的真值无法测定,难以判定那种探测资料最精确。通常将多种探测资料平均值作为参照值,偏离参照值最小的探测资料被确认为最精确。该方法虽能直观显现出各种探测资料之间的差异。但若大多数探测资料具有相似特性,它们则控制了参照值,真正精度较高的探测资料会因偏离参照值而被认为是较差的,而且把不同国家或地区的各种探空仪同时同地多次施放也有困难。定性评估观测资料质量的另一种途径是借助数值预报系统的背景场,用观测资料减模式背景场的差(简称 OMB)的平均偏差和标准差估算观测误差^[2]。OMB 的平均偏

差和标准差均包含观测误差和背景场误差两部分,并受仪器类型、地形、纬度及气候等因子的影响,难以用 OMB 平均偏差和标准差的大小定量地估算观测资料的系统性误差和随机误差。

贝塞尔函数拟合法能从 OMB 协方差中分解出观测误差均方差,即随机误差^[3]。虽然此法得出的观测误差仍含有模式代表性误差,但比 OMB 标准差要精确得多。

1 观测误差分析方法

我们没有多种无线电探空仪同时同地多次施放的观测资料。为了解 L 波段探空仪观测质量,应用国家气象中心观测资料质量监测评估系统^[4],运用 CQC 质量控制方案^[5]对观测资料进行质量控制排除异常值;以 T213 的 6 小时预报场为背景场,分别统计 L 波段、59 型和美国区域探空仪温度 OMB 平均偏差和标准差;再利用贝塞尔函数拟合理论从 OMB 中分离观测误差;对比三种探空仪的计算结果,分析 L 波段探空仪温度资料随机误差特性。

贝塞尔函数拟合法假设预报和观测误差无偏、观测误差与背景场误差无关、不同站点之间观测误差无关和背景场误差在水平方向均匀且各向同性,则背景场误差协方差为:

$$C(r_{ij}) = \langle d_i d_j \rangle = \langle e_i^2 e_j^2 \rangle + \langle e_i e_j \rangle \quad (1)$$

(1) 式中 r 为 i, j 两观测点间的距离; e^f 为背景场误差; e^o 为观测误差; $d = e^o - e^f$, 当 $r_{ij} = 0$ 时,为 $\langle d_i d_j \rangle$ 背景场误差方差和观测误差方差之和, $r_{ij} \neq 0$ 时, $\langle d_i d_j \rangle = \langle e_i e_j \rangle$ 为背景场误差协方差,且为 r_{ij} 的函数。由 $r_{ij} \neq 0$ 的点可以拟合出背景误差协方

差曲线。

在半无限空间 $0 \leq r < \infty$, $C_{zz}(r)$ 的贝塞尔函数拟合形式为:

$$C_{zz}(r) = \int S_{zz}(k) J_0(kr) k dk \quad (2)$$

其中 $J_0(\cdot)$ 是 0 阶贝塞尔函数, 功率谱

$$S_{zz}(k) = \int C_{zz}(r) J_0(kr) r dr \quad (3)$$

式 (2) 和式 (3) 的离散形式分别为式 (4) 和式 (5):

$$C_{zz}(r) = \sum S_{zz}(k_i) J_0(k_i r) \quad (4)$$

$$S_{zz}(k) = \sum C_{zz}(r_i) J_0(r_i k) \quad (5)$$

拟合曲线在 $r=0$ 时的值作为背景场误差方差 $C_{zz}(0)$, 由 OMB 方差减去背景场误差方差得到观测误差方差。

为满足观测误差和背景场误差无偏性假设, 在求 OMB 协方差之前, 需分别从 OMB 中扣除各测站 OMB 平均偏差。

2 结果分析

探空观测温度的误差主要是由温度探测仪敏感性(滞后)和太阳辐射造成的, 在 500hPa 以上较明显。底层温度背景场误差较大。较大背景场误差影响观测误差分析效果。我国探空仪一般上升高度在 20hPa 左右。因此只分析 500~20hPa 标准层。

2.1 温度 OMB 的平均偏差

图 1 显示: 两个时次的共同特点是, 相同时次 L 波段、59 型和美国区域探空仪温度观测 OMB 平均偏差变化趋势相似。在 500hPa~250hPa 之间都存在着较大 OMB 正平均偏差。峰值在 300hPa 附近, 在 00 时, 59 型的约为 0.6°C , L 波段的为 0.8°C ; 在 12 时, 59 型和 L 波段的基本一致, 都大约为 0.5°C 。这一垂直范围属于对流层, 温度递减率较大, 较大的正偏差主要原因可能是仪器探测温度滞后造成的, 背景场温度偏低也是原因之一。在 200hPa~30hPa 之间, OMB 平均偏差较小, 一般为 $0.4\sim 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间。两个时次的主要差别是, 在 00 时, L 波段的 OMB 平均偏差稍大于 59 型的, 在 500~300hPa 最明显, 约大 0.2°C , 59 型的更接近北美区域的。在 12 时则相反, 在 500~200hPa, L 波段和 59 型两者的 OMB 平均偏差基本一致, 其它层 L 波段的 OMB 平均偏差稍小于 59 型的。从数值上看, 无论哪种探空仪, 12 时的 OMB 平均偏差明显小于 00 时的 OMB 平均偏差, 到高层更明显, 尤其是 30hPa 以上, 这种差别可达到 1°C 以上。这种差别主要可能是观测资料存在的日变化, 观测资料的辐射订正方案不够精确造成的。

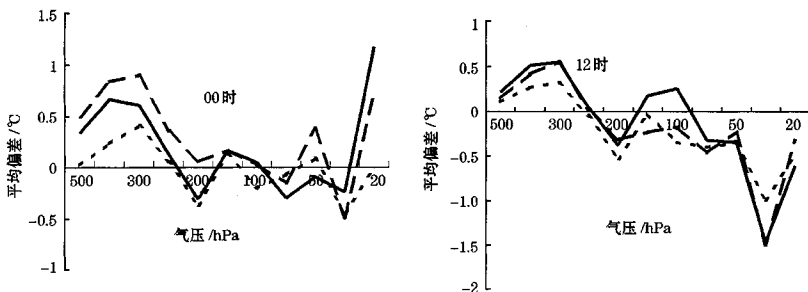


图 1 温度观测 OMB 平均偏差

左: 00 时; 右: 12 时; 实线: 59 型; 虚线: L 波段; 点线: 北美

美国区域使用的探空仪主要是 RS80 型，精度较好，并常作为国际无线电探空仪比对的参照。如果忽视地区间背景场系统性误差的差异，美国区域探空温度观测 OMB 平均偏差可作为一种比较的参照。从图 1 中还可可见，在 00 时，59 型探空仪的 OMB 平均偏差更接近于美国区域 OMB 平均偏差；而在 12 时则相反。

就总体而言，L 波段和 59 型的 OMB

平均偏差差别不大，一般都在 0.2℃ 之内。这说明就与背景场的系统性偏差而言，与 59 型探空仪温度资料相比，L 波段探空仪温度资料没有明显的改进。

2.2 温度 OMB 的标准差

我国 L 波段、59 型和美国区域探空仪温度观测 OMB 标准差垂直廓线如图 2。

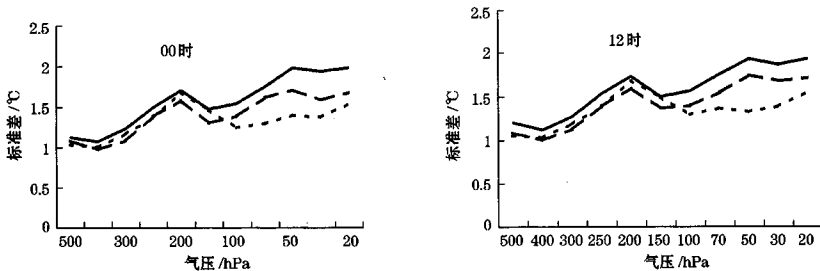


图 2 温度观测 OMB 标准差

左：00 时；右：12 时；实线：59 型；虚线：L 波段；点线：北美

无论 00 时还是 12 时，L 波段、59 型和美国区域的 OMB 标准差变化趋势也很相似：在 500hPa~150hPa 之间，59 型探空仪的温度观测 OMB 标准差从 1℃ 上升到 1.70℃，L 波段和美国区域的非常接近，比 59 型的约小 0.1~0.2℃。到 100hPa 以上，它们的差距明显增大，L 波段温度观测

OMB 标准差值介于 59 型和美国区域的之间，比 59 型小 0.2~0.4℃。

2.3 站点之间的对比

分别选取 4 个距离在 200km 以内使用 L 波段探空仪和 59 型探空仪站点。4 对测站的位置如表 1。

表 1 使用 L 波段探空仪和 59 型探空仪距离较近的 4 对测站的位置

序号	L 波段				59 型			
	站名	站号	纬度	经度	站名	站号	纬度	经度
1	北京	54511	39°56'	116°17'	张家口	54401	40°47'	114°53'
2	汉中	57127	33°04'	107°02'	安康	57245	32°43'	109°02'
3	郴州	57972	25°48'	113°02'	赣州	57993	25°52'	115°00'
4	梧州	59265	23°29'	111°18'	清远	59280	23°40'	113°03'

图 3 为 2005 年 3—5 月 00 时 4 个测站对的 OMB 平均偏差和垂直标准差。图中几乎所有 59 型的温度 OMB 平均偏差都稍微

小于 L 波段的或基本相当，而 OMB 标准差又都大于 L 波段的。这和图 2 是一致的，表明这两种探空仪所有站点综合比分析和

站点比对分析的结果是相符的。

2.4 贝塞尔函数拟合观测误差

L 波段和 59 型探空仪温度资料 OMB 协方差曲线基本一致, 只存在一些因样本不

同造成的微小差别, 不影响分析观测误差; 拟合的背景场误差协方差和统计的 OMB 协方差基本重合 (图略), 说明贝塞尔函数拟合的精度比较高。图 4 为 L 波段、59 型、美国区域拟合的温度观测误差。

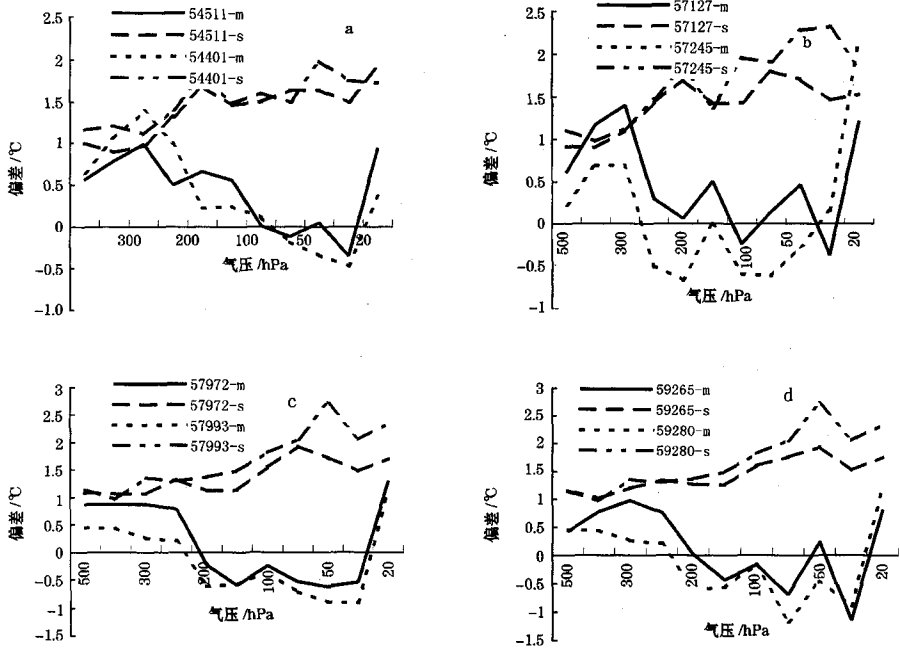


图 3 4 个站点对温度观测 OMB 平均偏差和标准差

右边方框中的数字为站点区站号; ‘m’ 表示 OMB 平均偏差; ‘s’ 表示 OMB 标准差

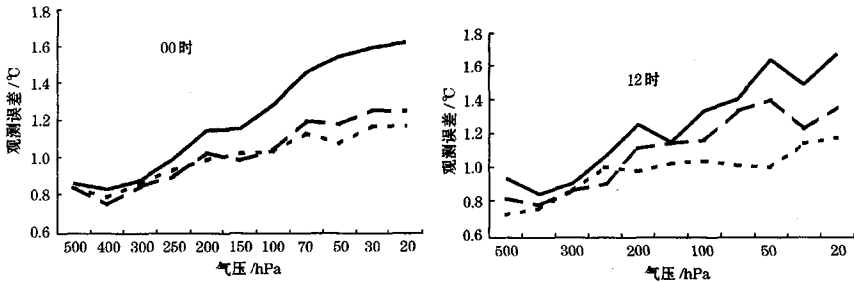


图 4 各标准层拟合的温度观测误差 (°C)

实线: 59 型、虚线: L 波段、点线: 北美

如图 4, 在 300 hPa 以下, 两个时次 L 波段温度观测误差比 59 型的有所减小, 但不是很显著。但随着高度的增加, 差别越来

越大。在 00 时, 59 型、L 波段温度观测误差差别尤其明显, 在 50hPa 以上 L 波段的比 59 型的减小达 0.4°C 以上。约为 59 型温

度观测误差的四分之一,而L波段的和美国区域的基本接近,最大差别不到 0.1°C 。在12时,在高层59型、L波段温度观测误差差别虽然不像00时这样明显,但L波段温度观测误差也比59型的明显减小,在50hPa以上减小达 $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

3 结 语

分析结果表明,相同时次L波段、59型和美国区域探空仪温度观测OMB平均偏差变化趋势相似。在500hPa~250hPa之间都存在着较大OMB正平均偏差。峰值在300hPa附近,在00时,59型的约为 0.6°C ,L波段的为 0.8°C ;在12时,59型和L波段的基本一致,都大约为 0.5°C 。在200hPa~30hPa之间,OMB平均偏差较小,一般为 $-0.4^{\circ}\text{C}\sim 0.2^{\circ}\text{C}$ 之间。两个时次的主要差别是,在00时,L波段的OMB平均偏差稍大于59型的,在500~300hPa最明显,约大 0.2°C ,59型的更接近北美区域的。在12时则相反,在500~200hPa,L波段和59型两者的OMB平均偏差基本一致,其它层L波段的OMB平均偏差稍小于59型的。这说明,就与背景场的系统性偏差而言,与59型探空仪温度资料相比,L

波段探空仪温度资料没有明显的差别。

对于温度的OMB标准差和拟合观测误差,L波段有较大的改进。在300hPa层以下,L波段温度观测误差比59型的有所减小,但不是很显著。但到高层,差别越来越大,在00时,50hPa以上,L波段的比59型的可减少 0.4°C 以上。约占59型观测误差的四分之一。在12时,在50hPa以上减小达 $0.2\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

参考文献

- 1 Huovila, S. Summary of WMO radiosonde inter-comparisons. Radiosonde data quality and monitoring [R]. ECMWF/WMO workshop, 1987; 23-32.
- 2 Bottger, H. ECMWF monitoring system. Radiosonde data quality and monitoring [R]. ECMWF/WMO workshop, 1987; 181-190.
- 3 Xu Qin, Li Wei, A. Van Tuyl and E. H. Barker. Estimation of three-dimensional error covariance [J]. Part I: Analysis of Height Innovation Vectors, Monthly Weather Review, 2001, 129 (8): 2126-2135.
- 4 陶士伟,张跃堂,陈卫红等.全球观测资料质量监视评估[J].气象,2006,32(6):53-58.
- 5 Gandin, L. S. Complex quality control of meteorological observation [J]. MWR, 1988, 116 (5): 1137-1156.