

陈哲. 中国探空气球水平漂移总体特征分析[J]. 气象, 2010, 36(2): 22-27.

中国探空气球水平漂移总体特征分析^{*}

陈 哲

国家气象信息中心, 北京 100081

提 要: 利用 2003 年 4 月至 2008 年 8 月全国 119 个探空台站采集的气球漂移信息, 分析了中国探空资料水平漂移距离、漂移距离标准差以及漂移方向的分布特征。研究表明: 各层探空气球的漂移距离冬季明显大于夏季; 一般探空气球的漂移距离随探空高度的增加而增大, 但在夏季南方地区由于风向随高度的反转会出现探空气球水平漂移距离随高度减小的状况。探空气球水平漂移距离的标准差随高度增加而增大, 且其大值区分布基本上与水平漂移距离的大值区分布一致。从气球漂移方向上看, 冬季的情况相对简单, 全国各探空台站各层的漂移方向基本以向东为主; 但夏季探空气球漂移的方向比较复杂, 在对流层低层, 全国各台站漂移方向基本以向东为主, 而在对流层高层和平流层, 北方地区漂移方向基本向东, 而南方地区以向西为主。

关键词: 探空资料, 气球漂移, 漂移偏差

Characteristics of the Overall Sounding Data Drift in China

CHEN Zhe

National Meteorological Information Center, Beijing 100081

Abstract: The sounding balloon drift data of 119 stations in China from April 2003 to August 2008 are analyzed in this paper. The results show that the drift distance is much longer in winter than in summer in each level. Usually, the drift distance increases with the rising of the sounding balloon. But in summer, because of the change of wind direction, the drift distance will decrease with sounding height increasing. The standard deviation of drift distance also increases with sounding balloon ascent. The distribution of standard deviation is consistent with the drift distance. In winter, the balloons over most of the stations flow eastward. However, the drift direction is much more complicated in summer. In the lower troposphere, the drift direction in all stations is basically eastward, but in the upper troposphere and stratosphere, the drift direction is eastward in northern China and westward in southern China.

Key words: sounding data, balloon drift, drift bias

引 言

探空资料不仅是研究上层大气天气变化的一种宝贵资源, 也为数值模式提供初始值、边界值, 并且还可以为检验数值模式模拟能力提供参考依据^[1]。以往的天气气候研究和数值预报中, 仅限于把常规探空资料看作测站正上方某段时间内温、压、湿、风

随高度变化的观测结果^[2-3], 但实际上, 探空气球在大约 90 分钟的上升过程中, 受到高空气流的影响, 其位置会偏离测站的正上空, 偏离的距离一般随高度的增加而变化, 最大偏移距离有时会超过 200 km。随着数值预报的发展, 模式的分辨率大大提高, 可以达到十几千米甚至几千米, 因此探空气球在高层大气中的漂移距离大大超过了数值模式的分辨率, 继续把常规探空资料的应用局限于固定探空

^{*} 国家自然科学基金资助项目 40705025; 中国气象局行业专项(GYHY200706010); 公益性行业(气象)科研专项 GYHY(QX)2007-6-5
2008 年 12 月 25 日收稿; 2009 年 9 月 8 日收修定稿
第一作者: 陈哲, 主要从事探空资料的处理与分析工作, Email: chenzhe@mail.iap.ac.cn

台站的位置必然会增大模式初始场的误差,影响模式的最终结果。嵇磊等^[2]通过对一次层状云降水个例的模拟研究了探空资料随高度的漂移对高分辨率中尺度数值模式 MM5V37 的影响。可以看出:位置订正所带来的初始场差异在低层较小,高层较大,且在 500 hPa 以上较明显;位置订正对模拟的气象要素场的修正有明显的正面效果;模拟结果对于雨区分布和强降水中心位置有较大改进。刘红亚等^[3]根据探空资料的探测原理,设计定位方案,计算出了各气压层上探空气球所处的实际位置,对位置订正前后的资料分别用 3D2VAR 系统进行同化,将同化结果作为 WRF 模式的初始场进行数值预报并对预报效果进行了对比分析,结果表明:探空气球在施放过程中的漂移距离远远超过目前数值模式可取的水平分辨率;模式预报结果显示,探空资料的定位使降水预报效果得到了改善。杨玉华等^[4]利用中国气象局的 MICAPS 业务系统在 2004 年随探空资料正式下发的漂移信息,基于上海区域数值预报业务模式系统(MM5V3),针对 9 个个例的模拟结果进行了 500 hPa 高度场的对比分析,认为:考虑探空气球漂移信息后,模式的模拟能力得到了提高。郑良杰等^[5]将探空气球看作空气质点,通过经验公式和三角形面积权重法进行探空气球的空间位置订正,结果显示:漂移偏差的影响仅使气象要素场的量值起了一些变化,并不影响变化各场的其他性质。

以上试验所用的探空漂移信息都是由插值生成的,并不是实测探空气球的位置信息。另外,由于资料的限制,目前对中国探空资料漂移偏差还没有一个总体的认识。从 2003 年 4 月开始,中国气象局提出了一套探空、测风的空间、时间扩充编码方案,在传统高空探测的探空、测风报编码中增加各层相对经纬度偏差及气球偏移时间的扩充编码。本文将利用 2003 年 4 月至 2008 年 8 月全国 119 个探空台站每天两次定时观测资料研究中国探空资料的漂移分布状况。

1 资料说明

本文分析研究所用的资料为 2003 年 4 月至 2008 年 8 月全国 119 个探空台站每天两次定时高空探测资料中各规定层相对经、纬度偏差的扩充编码信息,目前该资料还没有进行质量控制。

我国各探空台站目前每天进行两次探空,分别是在世界时(UTC)的 00 时和 12 时,经过分析和比较 12 时(UTC)结果与 00 时(UTC)结果,在这部分研究工作中没有明显差异,所以以下分析中所用数据和图均为 00 时(UTC)探空资料的结果。本文中气球的漂移方向是利用经、纬度偏差数据算出的气球在该高度上相对于测站的偏移方向。水平漂移距离的标准差是基于逐日资料计算得到的。

2 探空气球的漂移状况分析

2.1 全国冬季的漂移状况分析

考察 1 月份 500 hPa 探空气球的水平漂移距离(图 1a 中填色部分)、水平漂移距离的标准差(图 1b)、漂移方向(图 1c)和 500 hPa 风速(图 1a 等值线部分)的关系。在对流层中层,气球水平漂移距离与局地风速有很好的对应关系:大致以 $21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 等风速线为界,我国北部、中西部地区风速较小,水平漂移距离在 10 km 以下;东部和南部地区风速较大,水平漂移距离在 10 km 以上。图 1b 给出了水平漂移距离的标准差。对应于水平漂移距离的大值区,我国东部、南部地区呈现出较大的水平漂移距离逐日变化。同时,在高原东部有一标准差大值区,这可能与此处海拔较高,500 hPa 层距地表较近,受低层天气系统影响较大有关。从图 1c 给出的漂移方向可知,我国东部 30°N 以北的大部分站点,漂移方向都指向东南,和冬季东亚大槽槽后的盛行风向一致; 30°N 以南的站点则多向正东方向漂移,有些站点的漂移方向略偏北。

当气球上升到 200 hPa 时,水平漂移距离明显加大(图 2a)。所有站点的水平漂移距离都超过了 20 km,且除东北北部和西北地区部分站点外,大部分地区的水平漂移距离都大于 30 km。在长江中下游和江南地区探空气球的水平漂移距离超过 60 km,此大值区与辽东半岛的大值区连为一体,与高空急流轴西部强风速区的位置有较好的对应。除少数台站之外,水平漂移距离的标准差基本在 10~25 km 之间,较 500 hPa 水平漂移距离的标准差有所增加,且大值区范围与水平漂移距离的大值区一致(图 2b)。漂移方向与 500 hPa 基本类似,区别在于向东的分量明显加强,反应出冬季对流层中上层平均的风矢量特征(图 2c)。

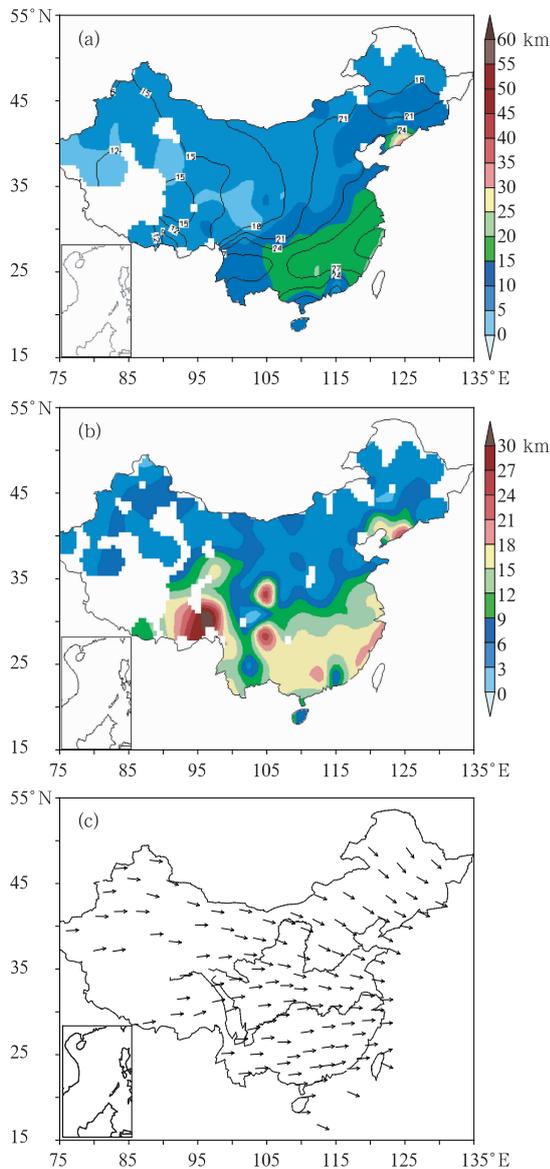


图 1 1月 500 hPa 探空气球水平漂移距离分布 (a, 阴影图)、风速分布图 ($\text{a}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 等值线图)、探空气球水平漂移距离标准差分布图 (b) 以及探空气球漂移方向分布图 (c)

Fig. 1 The distribution of horizontal drift distance (shading in a), wind speed (contours in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ in a), the standard deviation of horizontal drift distance (b) and drift direction (c) at 500 hPa in January

之后,气球上升至平流层 50 hPa。尽管这里的风速相对较小,但由于风向仍以西风为主,气球的水平漂移距离不断累计,我国大部分地区的水平漂移距离均已超过 60 km,在长江中下游局部地区漂移距离超过 110 km(图 3a)。相对于我国东南部地区探空台站的平均间距 126.5 km,这里的漂移距离已

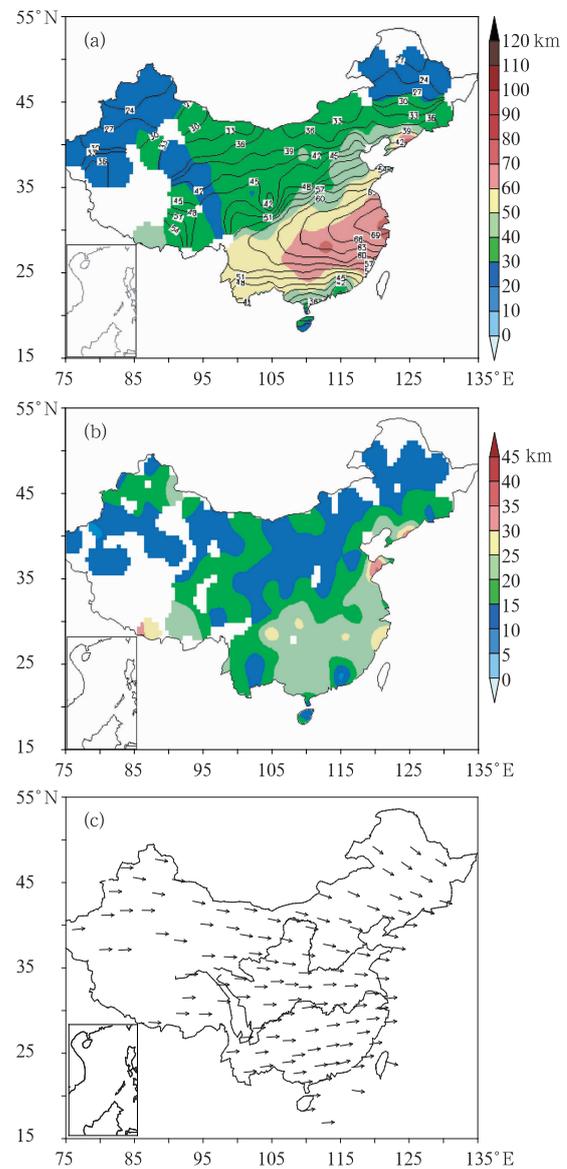


图 2 1月 200 hPa 探空气球水平漂移距离分布 (a, 阴影图)、风速分布图 ($\text{a}, \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 等值线图)、探空气球水平漂移距离标准差分布图 (b) 以及探空气球漂移方向分布图 (c)

Fig. 2 The distribution of horizontal drift distance (shading in a), wind speed (contours in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ in a), the standard deviation of horizontal drift distance (b) and drift direction (c) at 200 hPa in January

经大大超过平均间距的 2/3。该层漂移距离的标准差分布较为均匀,全国大部分地区都在 20~30 km 之间(图 3b)。另外,在 50 hPa,水平漂移距离和漂移方向主要受下层累计距离的影响,与该层次的风速大小和风向已没有明显对应关系。

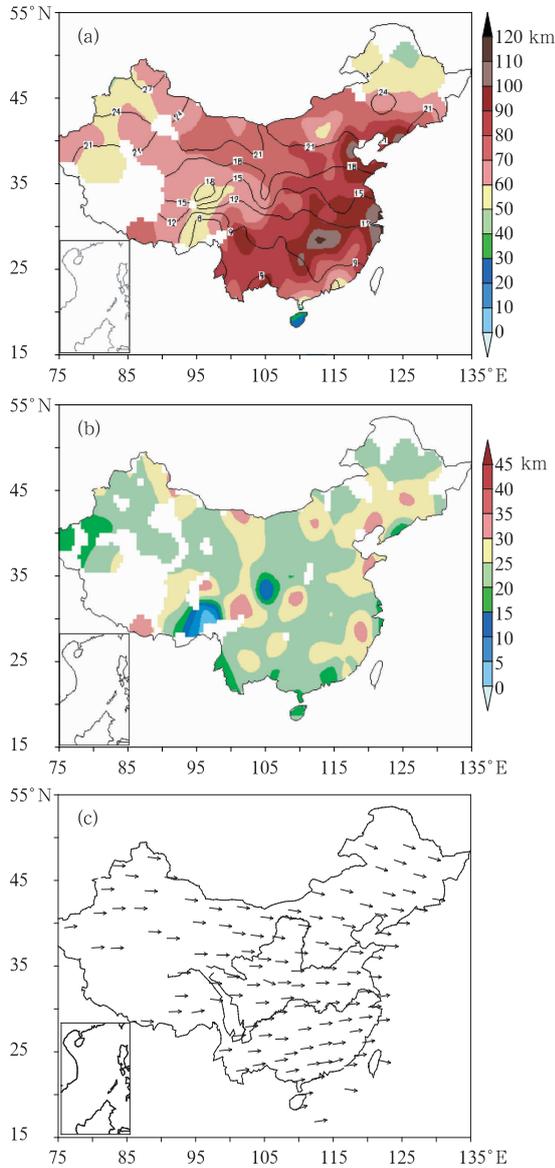


图 3 1 月 50 hPa 探空气球水平漂移距离分布 (a, 阴影图)、风速分布图(a, $m \cdot s^{-1}$, 等值线)、探空气球水平漂移距离标准差分布图(b)以及探空气球漂移方向分布图(c)

Fig. 3 The distribution of horizontal drift distance (shading in a), wind speed (contours in $m \cdot s^{-1}$ in a), the standard deviation of horizontal drift distance (b) and drift direction (c) at 50 hPa in January

2.2 全国夏季的漂移状况

在夏季,探空气球水平漂移的距离和方向呈现出与冬季明显不同的特征。图 4a 中给出了 7 月份 500 hPa 探空气球水平漂移距离(图 4a 中阴影部分)和风速(图 4a 中等值线部分)的分布状况,可知在对流层中层全国绝大多数地区的气球水平漂移距离都小于 9 km,且我国北部地区的风速普遍大于南部地区。漂移距离标准差与漂移距离的分布有很好

的对应关系,其两者量级基本相当(图 4b)。从漂移方向来看(图 4c),不同地区间的差异比冬季情况要复杂。我国北部地区多以向东南方向漂移为主,只是在东北地区的少数台站指向东北,勾勒出北部低槽的形状;南方地区的漂移则多偏向东北方向,在华南地区可以明显分辨出副高的西部边缘。

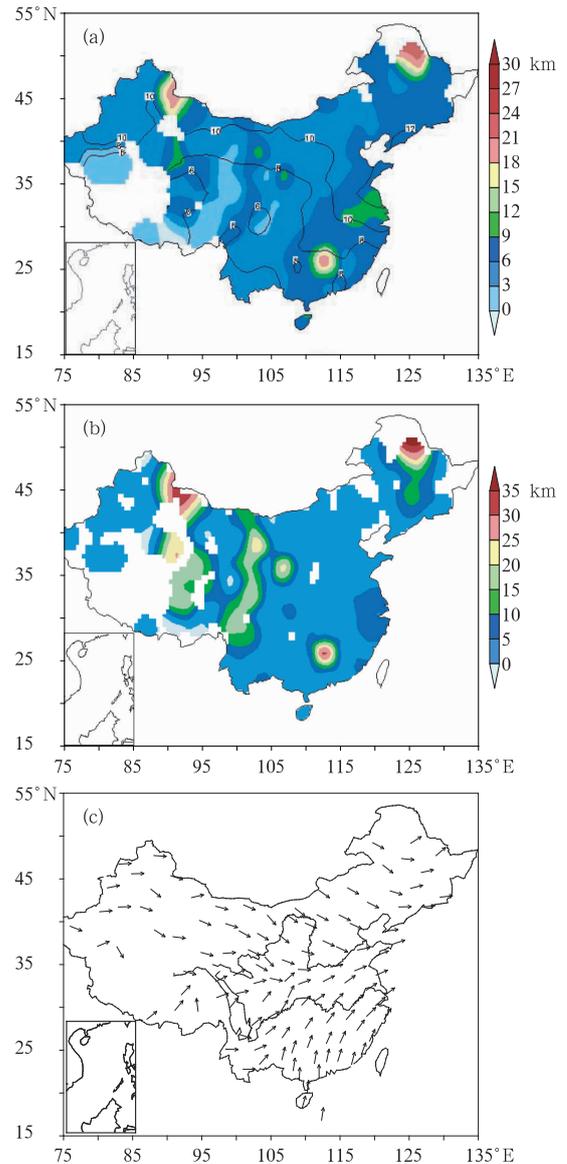


图 4 7 月 500 hPa 探空气球水平漂移距离分布 (a, 阴影图)、风速分布图(a, $m \cdot s^{-1}$, 等值线)、探空气球水平漂移距离标准差分布图(b)以及探空气球漂移方向分布图(c)

Fig. 4 The distribution of horizontal drift distance shading in a), wind speed (contours in $m \cdot s^{-1}$ in a), the standard deviation of horizontal drift distance (b) and drift direction (c) at 500 hPa in July

图 5 中给出了 7 月份 200 hPa 探空气球水平漂移距离和方向的分布情况。从图中可知,即便是在对流层上层,由于夏季风速普遍偏小,气球的水平漂

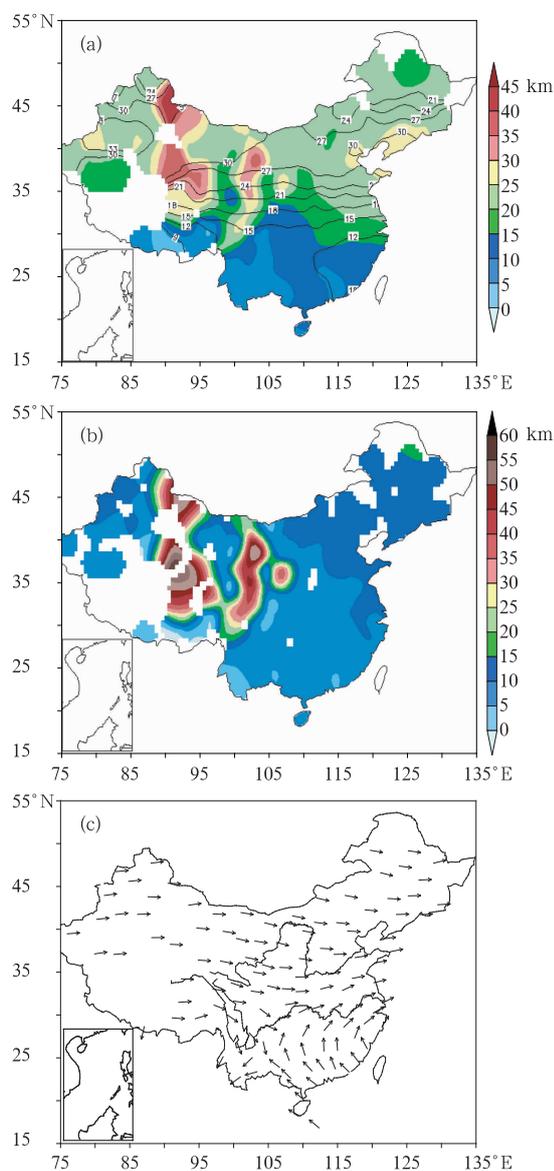


图 5 7 月 200 hPa 探空气球水平漂移距离分布 (a, 阴影图)、风速分布图(a, $m \cdot s^{-1}$, 等值线)、探空气球水平漂移距离标准差分布图(b)以及探空气球漂移方向分布图(c)

Fig. 5 The distribution of horizontal drift distance (shading in a), wind speed (contours in $m \cdot s^{-1}$ in a), the standard deviation of horizontal drift distance (b) and drift direction (c) at 200 hPa in July

移距离也不大。南方地区的平均风速小于 $15 m \cdot s^{-1}$, 漂移距离普遍小于 20 km; 只有西北局部地区的位移超过了 30 km(图 5a)。全国大部分地区探空气球水平漂移距离的标准差比 500 hPa 有所增加。探空气球水平漂移距离的标准差在我国东部地区为 5~15 km, 西北部的大值区分布与水平漂移距离大值区一致(图 5b)。由图 5c 给出的漂移方向可知, 北方地区的漂移方向呈现出较一致的向东指向, 而南方地区则呈现出明显的区域变化, 甚至在西南

地区相邻站点呈现出反向的现象。这是因为在对流层中层环流场受副高西缘的东南风控制, 而在对流层上层却受南亚高压东北部的西北气流支配, 两层间不同的盛行风向使气球的漂移路径发生转折。由于上下两层气流对气球漂移贡献的权重不同, 不同站点的漂移方向会有明显差异。

在平流层 50 hPa(图 6), 尽管风速梯度方向发生变化, 南方风速大于北方, 但由于此高度的盛行风

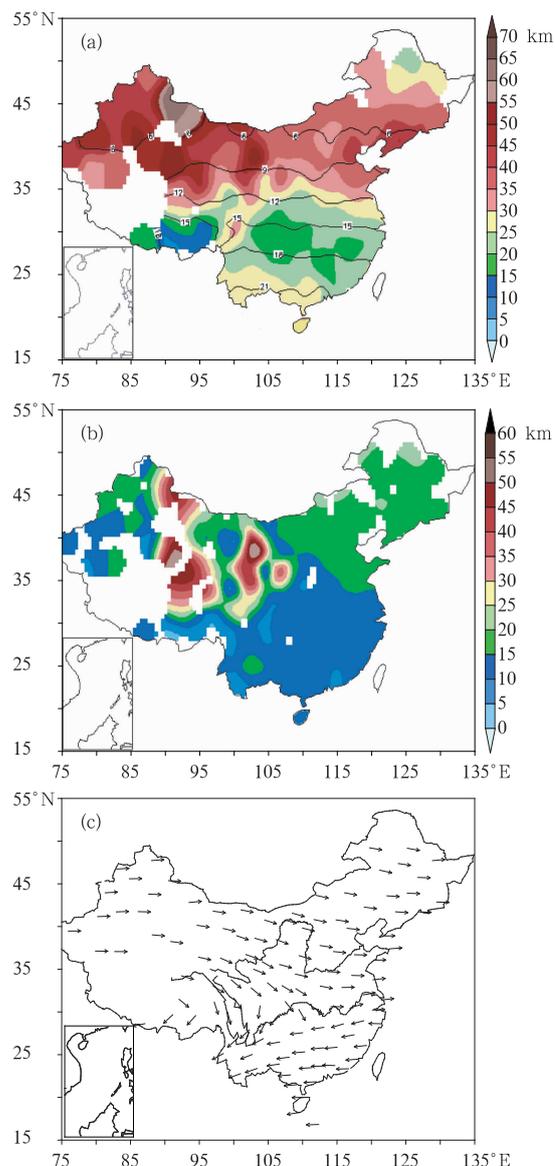


图 6 7 月 50 hPa 探空气球水平漂移距离分布 (a, 阴影图)、风速分布图(a, $m \cdot s^{-1}$, 等值线)、探空气球水平漂移距离标准差分布图(b)以及探空气球漂移方向分布图(c)

Fig. 6 The distribution of horizontal drift distance (shading in a), wind speed (contours in $m \cdot s^{-1}$ in a), the standard deviation of horizontal drift distance (b) and drift direction (c) at 50 hPa in July

向为东风,故北方地区探空气球的水平漂移距离仍大于南方。北方大部分地区的水平漂移距离均大于30 km,西北局部地区的水平漂移距离可以超过60 km;南方地区由于探空气球漂移路径的转向而仍维持较小的水平漂移距离(图6a)。水平漂移距离的标准差在南方地区为10~15 km,西北存在若干大值中心,最大标准差可超过50 km(图6b)。从漂移方向来看,北方地区仍以向东为主,说明对流层内部的漂移起到了决定性作用;华南地区以西向漂移为主,说明这些地区的探空气球的位移相对于对流层已经发生了绝对的折返;而西南地区的南向分量则是由对流层上层南亚高压的环流场所致(图6c)。

从以上分析可知,由于背景环流场的差异,气球的水平漂移距离、漂移距离的变率以及漂移的方向在1、7两个月存在明显差异。图7中给出了探空台站分布相对较密集的我中东部地区(28.20°~40.05°N,110.30°~124.33°E)区域平均气球漂移距离的季节变化。对流层上层和平流层的漂移距离均呈现出夏季小、冬季大的特征,且最大值与最小值之间的差异非常大,50 hPa上2月的水平漂移距离是8月水平漂移距离的3倍多。

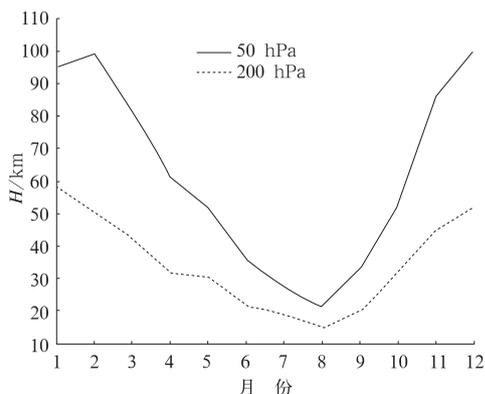


图7 我国中东部地区(28.20°~40.05°N, 110.30°~124.33°E)探空台站区域平均气球漂移距离的季节变化

Fig. 7 The seasonal variation of the regional sounding balloon drift distance in the mid-eastern China (28.20°~40.05°N, 110.30°~124.33°E).

3 结论

利用2003年4月至2008年8月全国119个探空台站每天两次定时观测资料中各规定层相对经、纬度偏差的扩充编码信息,本文研究了中国探空资料水平漂移偏差的分布状况。

(1) 冬季各层探空气球的水平漂移距离明显大于夏季。在冬季,50 hPa探空气球水平漂移距离可以超过110 km。在探空台站分布相对较密集的我

国中东部地区(28.20°~40.05°N, 110.30°~124.33°E)区域平均的2月份50 hPa上探空气球水平漂移距离是8月水平漂移距离的3倍多。

(2) 探空气球的水平漂移距离一般随探空高度的增加而增大,但在南方地区夏季平流层(50 hPa)由于风向的改变会出现水平漂移距离随探空高度的增加而减小的现象。

(3) 全国大部分地区探空气球水平漂移距离的标准差随高度增加而增大。水平漂移距离标准差的大值区基本上与水平漂移距离的大值区分布一致。

(4) 从漂移方向上看,冬夏季有明显区别。冬季的情况相对简单:全国各探空台站各层探空气球的漂移方向基本以向东为主,区别主要在于低层我国东部30°N以北的大部分站点,漂移方向都指向东南,和冬季东亚大槽槽后盛行风向一致;30°N以南的站点探空气球则多向正东方向漂移,有些站点探空气球的漂移方向略偏北。但随着高度的增加,这种漂移方向上的偏差呈逐渐减弱的趋势。夏季探空气球的漂移方向比较复杂:在对流层低层,我国北部地区多以向东南方向漂移为主,只是在东北地区的少数台站指向东北;在南方尤其是华南地区,漂移则多偏向东北方向。在对流层高层,北方地区的漂移方向呈现出较一致的向东指向,而南方地区则呈现出明显的区域变化,甚至在西南地区相邻站点呈现出反向的现象。而在平流层,北方地区仍以向东为主,华南地区以西向漂移为主,这些地区探空气球位移相对于对流层已经发生了绝对的折返。

综合我国探空台站各季节各层次探空资料水平漂移距离、水平漂移距离的标准差以及漂移方向的特点可知,在我国南方部分台站冬季高层探空资料的实际位置已经距离该台站较远,甚至该站资料已经是下游某个探空台站上空的气象状况资料,这在科研和业务探空资料应用中应该给予重视。

参考文献

- [1] 李佳英,俞小鼎,王迎春. 用探空资料检验中尺度数值模式对强对流天气的诊断分析能力[J]. 气象, 2006, 32(7): 13-17.
- [2] 廖晓农,俞小鼎,谭一洲. 14时探空在改进北京地区对流天气潜势预报中的作用[J]. 气象, 2007, 33(3): 28-32.
- [3] 杨红梅,葛润生,徐宝祥. 用单站探空资料分析对流层气柱水汽总量[J]. 气象, 1998, 24(9): 8-11.
- [4] 嵇磊,李伟,雷恒池,等. 探空气球漂移位置订正在MM5模式中的应用研究[J]. 高原气象, 2008, 27(3): 68-76.
- [5] 刘红亚,薛纪善,沈桐立,等. 探空气球的漂移及其对数值预报影响的研究[J]. 应用气象学报, 2005, 16(4): 518-526.
- [6] 杨玉华,雷小途,夏立. 探空气球的漂移及对中小尺度数值预报的影响研究[J]. 上海区域业务数值天气预报通讯, 2005, 4: 24-30.
- [7] 郑良杰. 中尺度天气系统的诊断分析和数值模拟[M]. 北京: 气象出版社, 1989: 5-12.