

基于辐射传输模式的中国典型区域 大气样本库特征分析

漆成莉

董超华 张文建

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

(国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘要 在对中国区域北京、哈尔滨、杭州、昆明、拉萨、三亚、西宁 7 个代表站逐日探空资料进行质量检验的基础上, 对其中 1、4、7、10 四个月(分别代表 4 个季节)的探空资料进行了大气温湿廓线的特征分析, 同时又与目前国际上用于辐射传输计算的 43 条温湿廓线进行了简单的对比。结果表明, 中国区域的大气廓线有明显的时间、空间分布特征, 与海拔高度之间联系不大, 仅用国际通用的温湿廓线进行我国区域的卫星正演、反演计算有其缺陷性, 必须将具有我国天气、气候特征的大气样本补充进去。所收集样本可用于计算大气透射率、反演的初估场及反演结果真实性检验等。

关键词 大气样本库 温湿廓线 透射率计算 时空分布

引言

卫星辐射率测值通过辐射传递方程可以获得大气温度、湿度、臭氧以及云参数等气象要素产品, 而辐射传递模拟中的透射率的计算需要耗费大量时间与计算机资源。随着 NWP 模式、气候预测技术等不断发展, 对卫星探测产品的时效、精度和垂直分辨率要求也越来越高。因此为满足卫星资料业务应用, 必须使用快速辐射传输模式, 其中关键是快速精确的透射率模式。以逐线积分(LBL)算法产生的精确透射率与依赖廓线的预报因子之间建立回归方程形式, 回归系数即为快速透射率系数; 以快速透射率系数和依赖廓线的预报因子作线性计算可得到透射率^[1], 对比于逐线积分计算透射率大大节省了时间。在回归过程所用的大气廓线不同, 计算所得的透射率系数也会不同, 当前开发的快速模式(如 RTTOV、OPTRAN、RTAIRS)都是考虑到全球范围的使用, 大气样本的选取也是按照既有典型性又包含极端情况的原则从全球范围大量的廓线中选取的。如使用最广的 43 条温湿廓线^[2], 虽然对全球区域都有一定的适用性, 但只有一条廓线位于中国区域。为使快速透射率模式更适用于中国区域, 适当

增加几条我国有代表性的廓线计算透射率系数十分必要。

本文选取 7 个地理代表台站和 4 个代表月份的探空资料进行处理, 对中国区域的大气廓线的时间、空间分布进行分析, 为应用于各种目的的廓线选取提供依据和参考。

1 资料

收集了北京、哈尔滨、杭州、昆明、拉萨、三亚、西宁 7 个代表台站(表 1)从 2002 年 5 月到 2003 年 4 月 1 年的探空资料, 再对其中 1、4、7、10 四个代表月份的资料进行处理。处理方法如下:

先对 7 个台站 4 个月逐日(00:00、12:00 UTC, 下同)探空资料中露点温度计算转换成 10^{-6} (下同)作为湿度单位, 绘出逐日(00:00、12:00)的温湿廓线图集(略); 由廓线图可以看出, 各台站逐日的温度廓线变化不明显, 而湿度廓线逐日间变化很大几乎没有明显规律。为便于分析, 我们对逐日资料取 15 个气压面(10、20、30、50、70、100、150、200、250、300、400、500、700、850、1000 hPa)进行月平均计算并绘出月平均温湿廓线图集, 再把月平均廓线按时间(4 个月, 00:00、12:00)、空间(7 个台站)、类(温度、湿

国防科工委工程预研项目“风云三号卫星 02 批高光谱分辨率红外大气探测仪性能指标和模拟试验研究”资助

作者简介: 漆成莉, 女, 1979 年生, 硕士, 从事气象卫星遥感信息研究, Email: lery12@sina.com

收稿日期: 2003 年 7 月 8 日; 定稿日期: 2003 年 12 月 16 日

度)进行分析。

表1 7台站地理位置及海拔高度

	哈尔滨	北京	西宁	杭州	拉萨	昆明	三亚
纬度/ $^{\circ}$ N	45.75	39.8	36.71	30.23	29.67	25.02	18.23
经度/ $^{\circ}$ E	126.77	116.47	101.75	120.17	91.13	102.68	109.52
海拔高度/m	143	33	2296	43	3650	1897	7

2 结果与分析

我国的探空资料大气层顶一般到 10 hPa,地面气压从 650 hPa(拉萨)、770 hPa(西宁)、800 hPa(昆明)到 1000 hPa(北京、哈尔滨、杭州、三亚)不等。观测记录层次也从十几层到六十几层不等。

2.1 空间分析

大气月平均温度廓线(12:00)的空间分布特征如图1所示。对图1进行分析得到:在 100 hPa(对流层顶)处各台站间温度差别都比较大,最大可达 30 K。在对流层,纬度越高温度越低;在平流层,纬度越高温度则越高。除 7 月份对流层顶都在 100

hPa 高度外,其他 3 个月的对流层顶的高度与纬度成反比,纬度越高,对流层顶越低。对流层的温度随高度的递减率各台站相差不大,廓线几乎平行。

7 月份温度空间变化最小,尤其在对流层,变化幅度低于 5 K,1 月份温度的空间变化最大,如三亚和哈尔滨之间地表和 100 hPa 处的温差均可达 25 ~ 30 K,4 月和 10 月份温度空间变化幅度介于二者之间为 10 K 左右。7 月份的对流层顶高度大约都在 100 hPa 附近,而在 1 月份其高度随空间变化比较大,三亚、昆明、杭州、拉萨的对流层顶高度都在 80 hPa 附近,北京、西宁、哈尔滨则下降到了 300 hPa,4 月和 10 月份三亚、昆明、杭州、拉萨的对流层顶高度都在 100 hPa 附近,北京、西宁、哈尔滨的对流层顶高度也下降到了 300 hPa 处。

平流层的温度随高度的递减率各台站相差很大,高纬地区如哈尔滨、北京、西宁空气温度随高度升高递增不很明显,而在中低纬地区如三亚、昆明、杭州、拉萨温度随高度升高递增很明显。

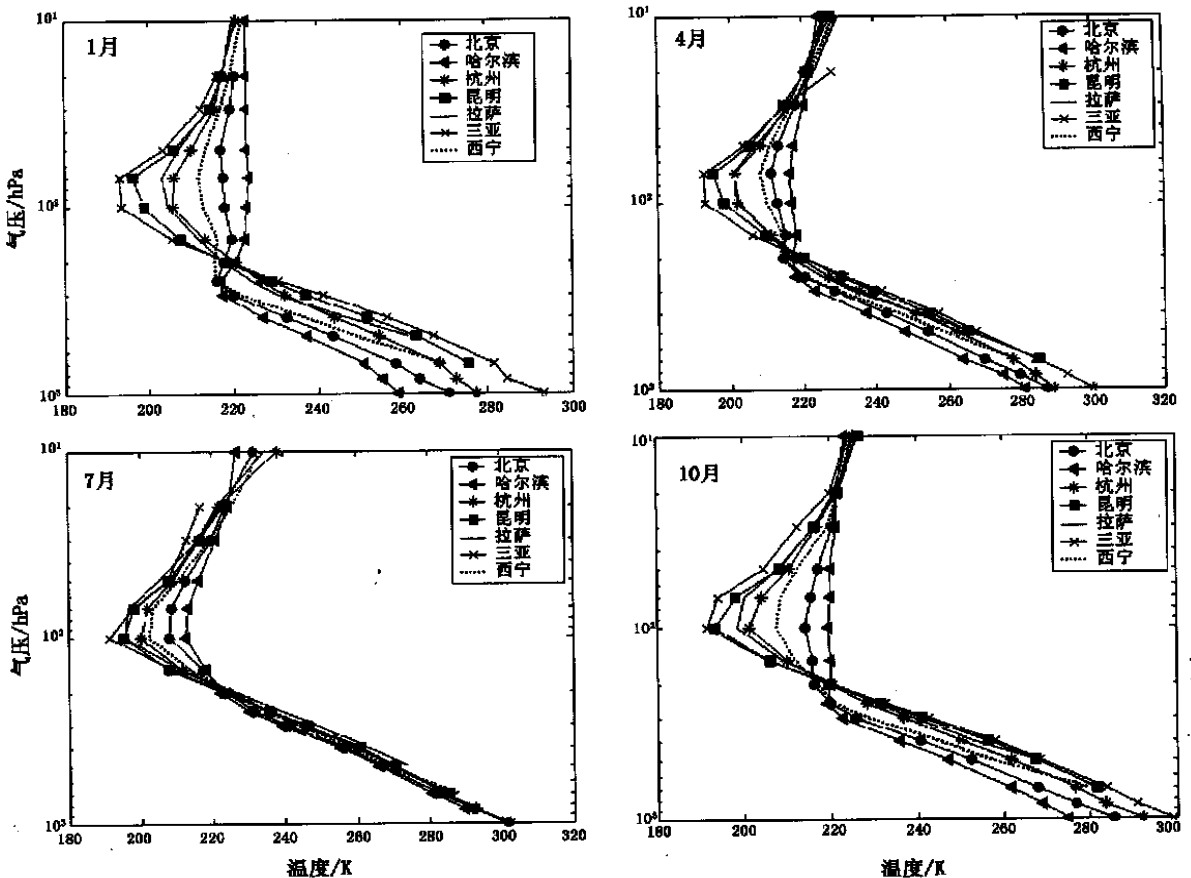


图1 7台站月平均温度廓线空间分布

大气月平均水汽廓线(12:00)的空间分布特征如图 2 所示。进行分析得到:各台站 7 月份水汽最多,但北京、哈尔滨相对较干;对流层各站水汽廓线随高度都递减很快,在 200 hPa 处都已经低于 0.2×10^{-6} 。

低纬地区水汽明显多于高纬地区。7 月份 500 hPa 以上海拔高度较高的拉萨水汽最多,其次为昆明、三亚、杭州、西宁、北京、哈尔滨,其他季节均以三亚水汽最多,其次为昆明、拉萨、杭州、西宁、北京、哈尔滨。

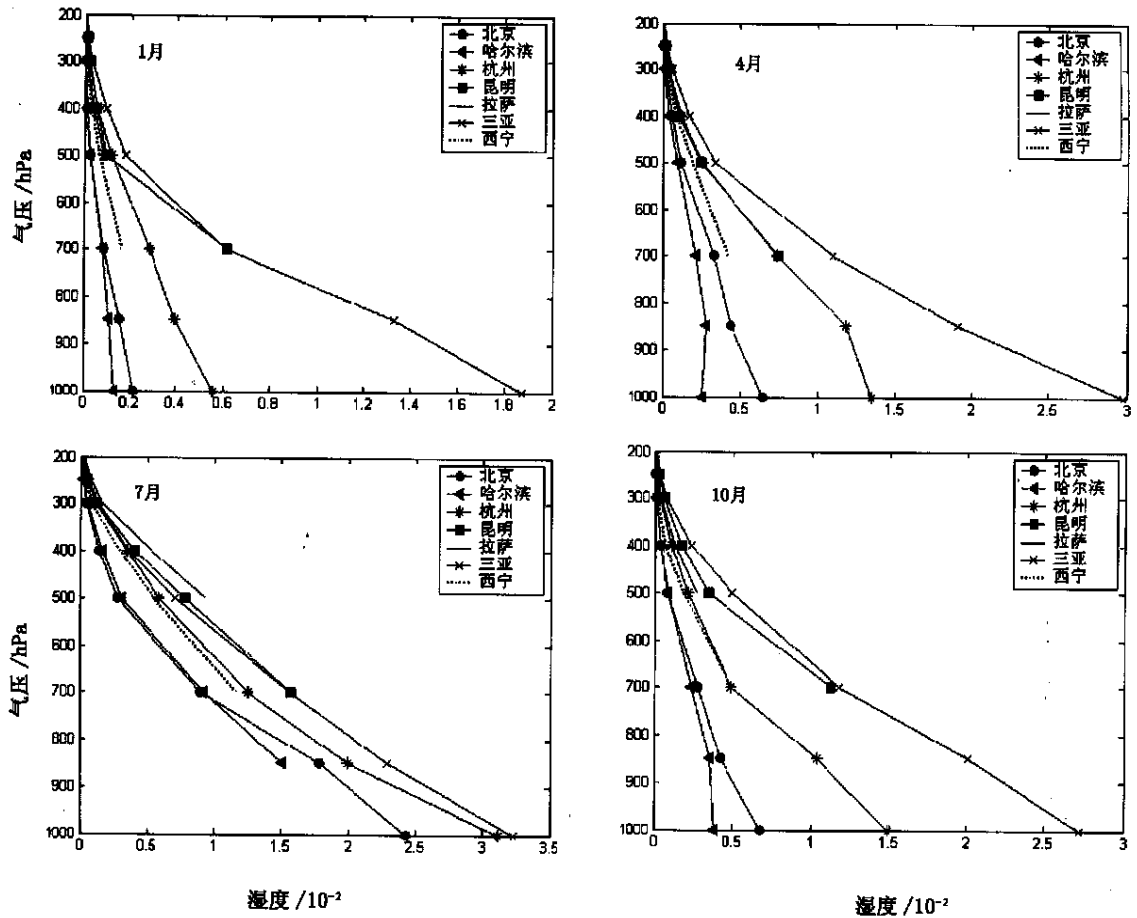


图 2 7 台站月平均水汽廓线空间分布

2.2 时间分析

7 台站大气月平均温度廓线的时间分布特征如图 3 所示。由分析可知:昆明与三亚的温度随时间变化最小,三亚只有 1 月份在 700 ~ 1000 hPa 高度的气温低于平均值 5 K 左右,其他月份的温度廓线在所有高度层次上几乎都是重合的,昆明一年中温度的时间变化幅度也只是在地表附近达到 10 K,其他层次上均只有 5 K 左右的差异;其次为杭州与拉萨,一年中在各高度的温度变化幅度平均达到 10 K 左右,在对流层下部和平流层上部的温度差增大从而呈现廓线的上下发散状态;北京、哈尔滨、西宁一年温度随时间变化最大,一年的温差各高度层次平均达到 15 K,在 800 hPa 以下甚至达到了 30 K,如北京、哈尔滨;三亚、昆明、杭州、拉萨 4 站的对流层顶高度一年中变化不

大,而北京、哈尔滨、西宁 1 年中对流层顶高度变化明显,7 月份的对流层顶都在 100 ~ 80 hPa 高度处,而在北京、哈尔滨 4 月和 10 月的对流层顶都不太明显,1 月份的对流层顶哈尔滨下降到了 200 hPa 附近,北京也下降到了 150 hPa 附近。

大气月平均水汽廓线的时间分布特征如图 4 所示。由分析可知:水汽廓线在各地区一年中的变化都是 7 月份的湿度明显高于其他月份;4 月和 10 月水汽变化不大,1 月份的湿度最小;水汽的时间变化最大的地区为北京、哈尔滨、拉萨,最小月份 1 月的湿度一般只有最大月份 7 月的 1/10 左右;其次杭州、西宁,其最小月份 1 月的湿度一般有最大月份 7 月的 1/6 左右,昆明最小月份 1 月的湿度有最大月份 7 月的 1/3 左右,而三亚则相差 1/2。

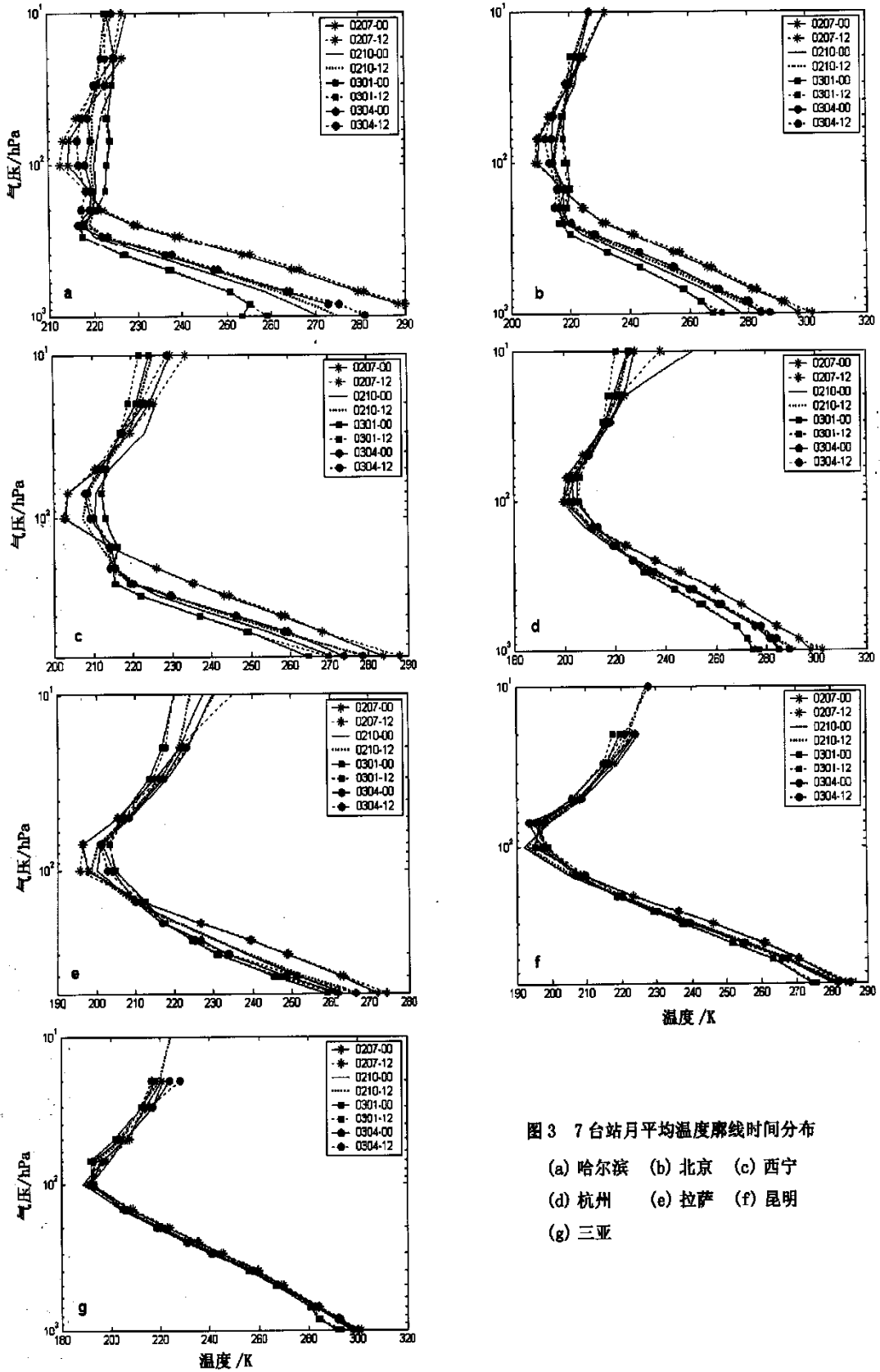


图3 7台站月平均温度廓线时间分布
 (a) 哈尔滨 (b) 北京 (c) 西宁
 (d) 杭州 (e) 拉萨 (f) 昆明
 (g) 三亚

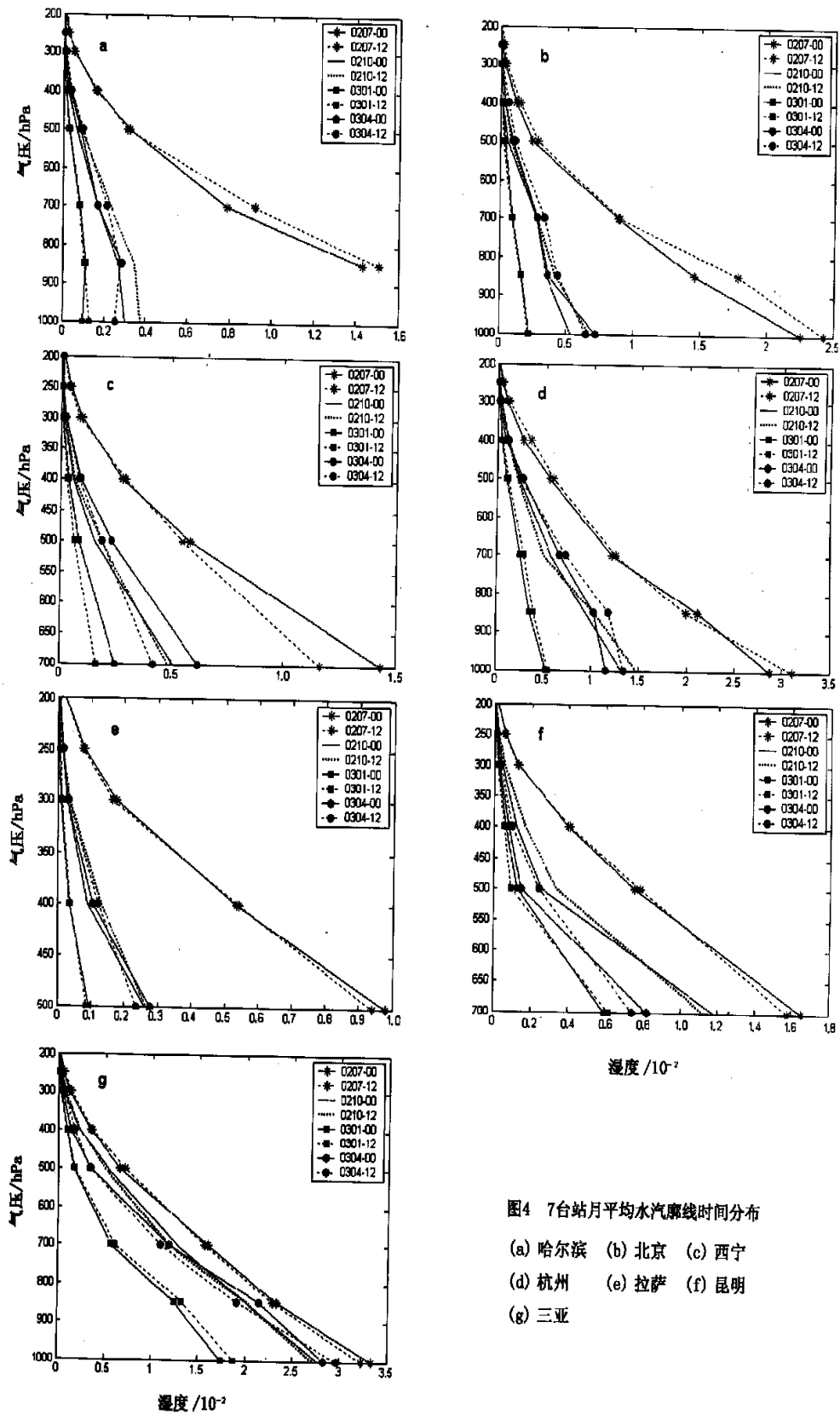


图4 7台站月平均水汽廓线时间分布

- (a) 哈尔滨 (b) 北京 (c) 西宁
- (d) 杭州 (e) 拉萨 (f) 昆明
- (g) 三亚

2.3 与国际通用的43条大气温湿廓线比较

中国地域广,温湿廓线的垂直分布有明显的季节变化和区域变化。国际上目前常用的43条大气温湿廓线(图略),是按半典型半极端原则选取的,对全球具有通用性^[3]。全球的样本库中,前6条代表东南亚低纬地区,且每条之间在对流层顶区别不很明显,第4条位于我国浙江;而我国的温度廓线对流层顶高度有明显的时间、空间变化,对流层随时间、空间也有很大的温差,这点在全球样本库中并未体现。其次,拉萨海拔高度3650 m,探空记录只到500 hPa左右,其温度分布具有同其它台站相同的时空变化特征,但在相同气压高度作湿度比较,春季仅比三亚小,秋季比三亚和昆明小,冬季比三亚、昆明、杭州小,而夏季湿度最大。夏季西藏有较多水分的原因,一是夏季在对流层拉萨比相同高度的其他台站温度要高,地面受热蒸发较多;另一方面是受季风影响有较多水汽输送。因此考虑到青藏高原海拔及湿度的特殊性,在作正演模拟中有必要另建样本库,将中国的大气样本放入库内。

3 结论

综上所述,在我国范围内大气温湿廓线大致具有以下特征:

- (1)大气温湿廓线形状与海拔高度间联系不大。
 - (2)温湿廓线空间分布特征明显,在100 hPa对流层顶处各台站间温度差别都比较大,7月份温度空间变化最小,1月份温度的空间变化最大,平流层的温度随高度的递减率各台站相差也很大;低纬地区水汽明显多于高纬地区,各台站7月份水汽最多。
 - (3)温湿廓线时间分布特征明显,昆明与三亚的温度随时间变化最小,其次为杭州与拉萨,北京、哈尔滨、西宁一年温度随时间变化最大;各地区水汽在7月份都明显高于其他月份。
 - (4)7月份拉萨地区的水汽明显多于其他台站相应气压层上的水汽。
- 因此,应将中国的大气样本补充到全球的43条样本库中,用于辐射传输及正演计算。

参考文献

- 1 Rayer P J. Fast transmittance model for satellite sounding. *Applied Optics*, 1995, 34 (31): 7387 - 7394
- 2 Saunders R, Matricardi M, Brunel P. A fast radiative transfer model for assimilation of satellite radiance observations—RTTOV-5. Technical Memorandum No. 282, Reading: ECMWF library, 1999
- 3 Chevallier F. TIGR-like sampled databases of atmospheric profiles from the ECMWF 50 level forecast model. NWP-SAF Report 1, NWP SAF Report. Reading: ECMWF Library, 2001

Characteristics Analysis of Atmospheric Profile Database in Representative Regions in China Based on Radiative Transfer Model

Qi Chengli¹ Dong Chaohua² Zhang Wenjian²

(1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081;

2 National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract: A quality verification of the day-to-day radiosonde data of seven stations from May 2002 to April 2003 was conducted and a characteristics analysis was made of temperature and water vapor profiles from radiosonde data in January, April, July and October. These profiles were compared with 43 profiles used frequently worldwide in radiative transfer calculation. The results show that atmospheric profiles in China have obvious temporal and spatial distribution characteristics and have little relation with altitude. It is not enough to use the universal 43 profiles in the forward and retrieval calculations in China, so samples from China should be added.

Key words: atmospheric profile database, temperature and water vapor profiles, transmittance calculation, temporal and spatial distribution