

肖霞, 郭振海, 张文煜, 等. 2009. NCAR 分析资料在大气边界层内误差的初步分析 [J]. 气候与环境研究, 14 (5): 475-483. Xiao Xia, Guo Zhenhai, Zhang Wenyu, et al. 2009. Preliminary error analysis of the NCAR analysis datasets in the atmospheric boundary layer [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 14 (5): 475-483.

NCAR 分析资料在大气边界层内误差的初步分析

肖霞^{1,2} 郭振海¹ 张文煜² 郑飞³ 李万彪⁴

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029

2 兰州大学大气科学学院, 兰州 730000

3 中国科学院大气物理研究所国家气候与环境科学中心, 北京 100029

4 北京大学大气科学系, 北京 100871

摘要 通过比较 1998 年南海季风试验 (SCSMEX) 期间 (1998 年 5 月 5 日~5 月 25 日, 6 月 4 日~6 月 20 日) 7 个站点的探空加密观测资料与 NCAR 分析资料, 分析了在大气边界层内分析资料存在的误差。结果表明: 在大气边界层内, NCAR 分析资料存在较大的误差。位温和比湿误差随着高度的增加呈现下高上低的特征。比湿的误差要大于位温的误差, 7 个站点的位温均方差最小值基本都小于 1 K, 最大均方差也不大于 2 K, 而比湿均方差最小值基本都大于 $1.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 部分站点的误差最大值超过 $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。初步说明, 下垫面对 NCAR 分析资料误差的产生有较大影响, 内陆地区和海岛地区的分析资料位温的误差比沿海地区大, 而比湿数据则相反; 在垂直方向上, 分析资料的位温误差在 $0.98 \sim 1.33 \text{ K}$ 之间, 比湿误差介于 $1.39 \sim 1.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间。

关键词 NCAR 分析资料 探空资料 大气边界层 误差分析

文章编号 1006-9585 (2009) 05-0475-09 **中图分类号** P404 **文献标识码** A

Preliminary Error Analysis of the NCAR Analysis Datasets in the Atmospheric Boundary Layer

XIAO Xia^{1,2}, GUO Zhenhai¹, ZHANG Wenyu², ZHENG Fei³, and LI Wanbiao⁴

1 *State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

2 *College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000*

3 *International Center for Climate and Environment Sciences, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

4 *Department of Atmospheric Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing 100871*

Abstract Some comparative analysis of the seven stations sounding data during the South China Sea Monsoon Experiment (SCSMEX) in 1998 and NCAR analysis datasets (during 5-25 May 1998 and 5-25 June 1998) within the atmospheric boundary layer. The results show that: In the atmospheric boundary layer, NCAR analysis datasets have a big error. The error of the potential temperature and specific humidity of the analysis dataset decrease with el-

收稿日期 2008-06-11 收到, 2009-05-30 收到修定稿

资助项目 国家重点基础发展资助 2009CB421402

作者简介 肖霞, 女, 1983 年 06 月出生, 博士研究生, 主要从事大气边界层方面的研究. E-mail: xiaox07@lzu.cn

通讯作者 郭振海, E-mail: gzh@mail.iap.ac.cn

evation; the error of the specific humidity is bigger than the error of the potential temperature with the analysis datasets, basically, the square deviation of the potential temperature are less than 1 K at the seven stations, the greatest square deviation is not more than 2 K, while the square deviation of the specific humidity are greater than $1.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, the greatest error are more than $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ at some stations; preliminarily, it can illuminate that the different underlying surfaces lead to a relatively large impact on the error of the NCAR analysis datasets, the potential temperature of the analysis datasets are not precise in inlands and islands than the values of the littorals, on the contrary, the specific humidity is precise in inlands and islands than the values of the littorals; in the vertical direction, the range of the potential temperature square deviation is 0.98 - 1.33 K, and the range of the specific humidity square deviation is 1.39 - 1.60 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Key words NCAR analysis datasets, sounding data, atmospheric boundary layer, error analysis

1 引言

由美国国家大气研究中心 (NCAR, National Center for Atmospheric Research) 科学计算部 (Scientific Computing Division) 的数据支持部门 (Data Support Section) 提供和更新的 NCAR 分析资料是逐日实时更新的资料, 是许多数值天气预报构造初始场和侧边界条件时的主要参考之一, 三维变分或集合 Kalman 滤波是构造数值预报初始场时常用的方法 (高拴柱, 2005), 观测误差的确定是这些同化方法的一个重要内容。但是, 目前该气象分析资料中仍存在较大的误差。杜钧 (2002) 曾对观测资料相对密集的北美地区的分析资料进行估计, 结果表明: 500 hPa 高度场的误差一般为 10 m 左右, 海平面气压场误差一般为 1.2 hPa 左右。这种误差往往海洋上大于陆地上, 观测网质量差的地区大于质量好的地区, 地形复杂地区大于平原地区, 并且随时间和天气系统而变化, 譬如冷季大于暖季。Kalman 滤波还包含了分析时刻之前任何可能的信息, 只要有资料的误差分布特征, 不管这些信息有多大误差, Kalman 滤波均能提取有效信息 (高拴柱, 2005)。董佩明等 (2006) 曾得出区域初始分析误差的确对数值预报误差有着较大的影响, 某些特定区域的初始分析误差可以主导主要的预报误差。因此, 定量分析该资料的误差, 对改进同化结果具有重要意义。根据热力特征, 地球大气在垂直方向上可分为不同层次, 如对流层、平流层等。在这些层次中, 产生的气象系统和控制这些系统物理机制也不尽相同, 因此产生观测误差的根源和大小也应该不同, 分析或确定这些观测资料误差时, 应该充分考虑这些因素。

行星边界层是对流层紧贴地面的一层大气, 受地表局地加热和湍流扩散过程影响, 在资料同化过程中是不确定因素最多的一层。NCAR 分析资料在行星边界层内分辨率较低 (整个大气层内 1000~300 hPa 共 17 层), 很难显示行星边界层垂直层结的主要特征。Lenschow et al. (1980) 根据海面上飞机探测结果确定的海域对流边界层高度在 1000~1500 m 范围之内, 平原地区白天对流发展强盛的混合高度约为 1200 m (LeMone et al., 1999), 青藏高原上的行星边界层高度为 2000 m 左右 (周明煜等, 2002), 因此在行星边界层内 NCAR 分析资料只有四层, 这样低的分辨率是很难显示行星边界层垂直温湿层结的主要特征, 而一些中尺度过程与行星边界层内的热力学过程紧密联系, 如托亚等 (2003) 用雷达观测资料来改进 MM5 的初始场, 发现热力学变量的调整比动力学变量的调整更重要。黄彦彬等 (2003) 则将卫星云迹风资料对中尺度数值模式的初始场进行了改进试验。同时, 研究表明中尺度模式对大气边界层过程很敏感, 其受到边界层和湿过程的强迫, 依赖于边界层和陆面过程的参数化方案 (许丽人等, 2002)。因此, 改进温湿等气象要素在垂直方向上的协调性就显得很重要, 即要从热力学角度来对物理过程进行调整。

南海夏季风试验 (SCSMEX, South China Sea Monsoon Experiment) 是 1998 年中国自然科学基金会资助的重大研究计划, 在中国南海获得了大量的加密探空资料, 该探空资料采样频率为 6~10 s, 行星边界层内的分辨率最高可达 20 m, 可以详细的显示行星边界层的温、湿垂直结构。利用 SCSMEX 资料已经得到很多重要的结论, 修正了南海季风的爆发日期 (Ding et al., 2001),

揭示出季风变化不同阶段海气通量和热量、水汽输送的量值 (Yan et al., 2003), 建立了季风区三维资料同化分析系统, 并据此改进了模式的初始场, 以及季风活动和降水的模拟与预报能力 (Liu et al., 2003) 等等。而本文则以此探空资料为准观测资料, 对比定量分析 NCAR 分析资料的误差, 为三维变分同化和集合 Kalman 滤波提供观测误差根据。

2 资料介绍与处理

本文为了找出分析资料在行星边界层内的误差, 选取 1998 年南海季风试验 (SCSMEX) 期间 (1998 年 5 月 5~25 日, 6 月 4~20 日) “实验 3 号” (20°29'39"N, 116°57'48"E) 观测到的南海北部一天 4 次的高分辨率探空资料, 数据采样频率为 10 s, 包括气压、温度、位势高度、相对湿度、露点温度、风向和风速。选取其中的 7 个站点的资料进行分析, 站点所在位置如图 1 所示。分析资料采用 NCAR 数据集中全球范围内的 NCEP 分析资料, 包括了每 6 小时一次的, 水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$, 自地表到 10 hPa 高度的温度、位势高度、风和相对湿度等 72 个变量。选取分析资料相应时刻点与探空站点最临近的 4 个网格点作为比较分析的对象, 相关的分析资料格点分布如图 1 所示。将探空资料数据作为可信度高的真值, 分析资料

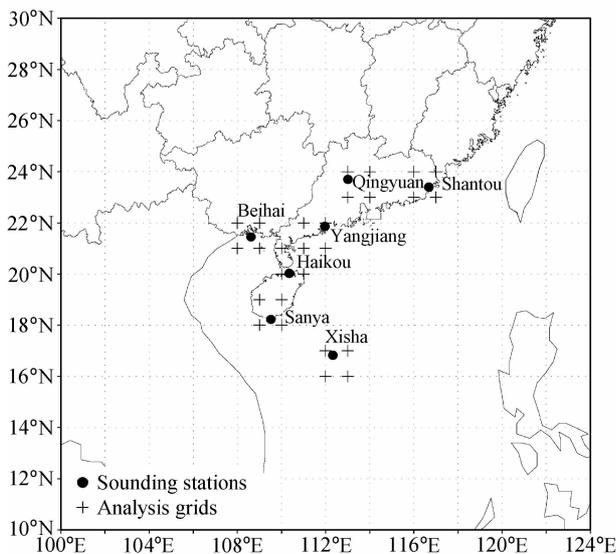


图 1 7 个探空测站及分析资料格点分布

Fig. 1 Locations of the seven sounding stations and the analysis grids

数据作为存在误差的观测值。通过对探空资料和分析资料的比较来找出分析资料存在的误差。每个探空站点的比较分析对象选择最临近探空站点的 1~4 个格点的分析资料平均值, 如与阳江站对应的分析资料可取格点 (22°N、112°E) 的数据, 而北海可取离其最近的 4 个格点数据, 将其平均后再与探空资料进行比较。

从探空数据中挑选出与分析资料层次 (1000~300 hPa 共 17 层: 1000、975、950、925、900、850、800、750、700、650、600、550、500、450、400、350、300 hPa) 最接近的层, 通过它们之间位温和比湿的绝对误差和均方根误差来分析比较它们之间存在的差异。

绝对误差为: $\epsilon = x_i - \bar{x}$;

$$\text{均方差为: } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

其中, x_i 为分析资料值, \bar{x} 为 7 个站点的探空资料值。绝对误差反映测量值偏离真值的大小; 均方差表示量值分散的程度, 值越小资料的精密度越高。

3 大气边界层内位温误差的垂直分布

3.1 行星边界层内位温廓线初步分析

所选取的 7 个站点中, 有 5 个是沿海城市, 分别是汕头、阳江、北海、海口和三亚; 还有两个分别是海岛城市西沙, 内陆城市清远市。将 7 个站点探空加密观测期间 (1998 年 5 月 5~25 日, 6 月 4~20 日) 00 时 (国际协调时间, 下同) 的分析资料 and 探空资料分别对各层位温进行平均, 得到各个站点的平均位温廓线图。由于图量较大, 这里选取汕头和西沙 00 时的平均位温廓线图为例来进行说明。

图 2a、b 分别是汕头和西沙 00 时整层平均位温廓线, 图 2c、d 是汕头和西沙 00 时大气边界层内 (975~750 hPa) 的平均位温廓线。从图 2a、b 中可以看出, 越靠近地面分析资料与探空资料的位温差异越大。在大气边界层顶以上, 即自由大气中, 分析资料和探空资料的平均位温廓线基本重合, 误差几乎为零。从图 2c、d 来看, 在大气边界层内, 分析资料和探空资料存在较大的差异, 且自下而上有比较明显的递减趋势, 汕头站的差

异比西沙站的差异大，而且递减趋势也更弱一些。这势必造成地面温度预报存在很大误差。陈子通等（2006）就从模式探空的直接评估分析中发现，地面和较高层次的预报要素误差较大，而中间层次较小。造成模式预报结果的误差与模式的初始值和侧边界条件有很大关系，分析模式初始值和侧边界条件的误差对于改善和提高模式预报的准

确性有重要意义。

3.2 行星边界层内分析资料平均位温的绝对误差分析

为了进一步说明分析资料与探空资料位温的差异，接下来对汕头站和西沙站的位温绝对误差进行分析。图 3 为汕头站和西沙站的分析资料平均位温的绝对误差廓线图，其中虚线框内为大气

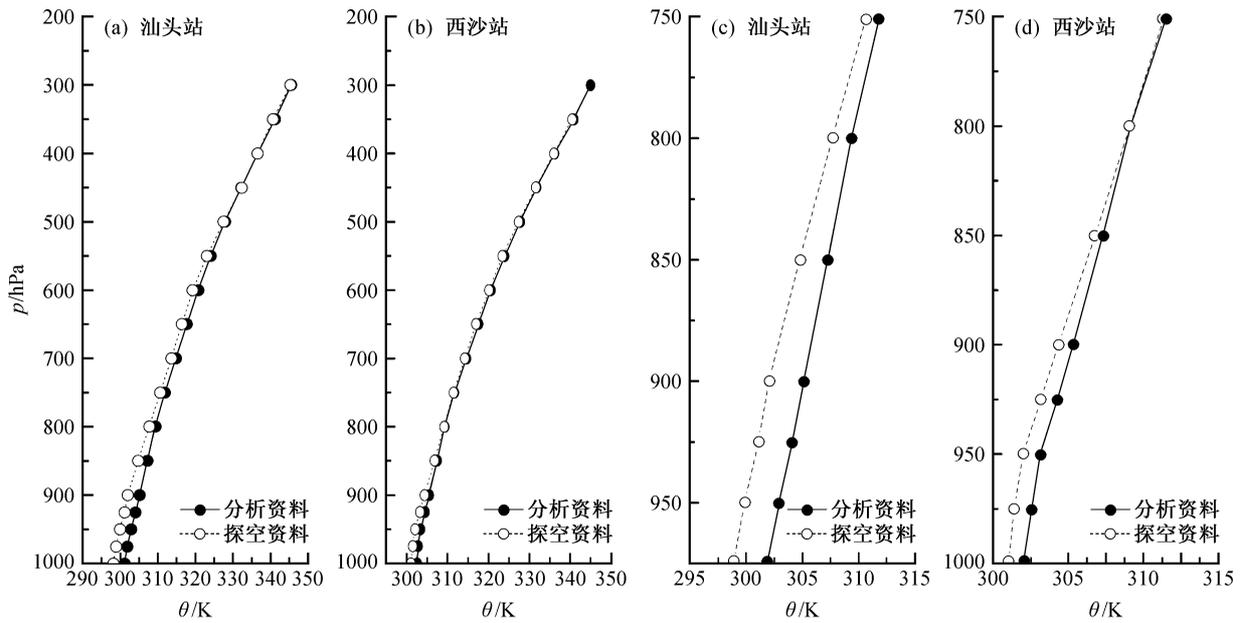


图 2 00 时平均位温廓线图，实线为分析资料廓线，虚线为探空资料廓线：(a)、(c) 分别为汕头站的整层大气和大气边界层内的平均位温廓线图；(b)、(d) 分别为西沙站的整层大气和大气边界层内的平均位温廓线图

Fig. 2 Profile of mean potential temperature at 0000 UTC (the solid lines is profile of analysis, the dotted line is profile of sounding). (a), (c) mean potential temperature in the whole layer and the atmospheric boundary layer at Shantou station, respectively; (b), (d) mean potential temperature in the whole layer and the atmospheric boundary layer at Xisha station, respectively

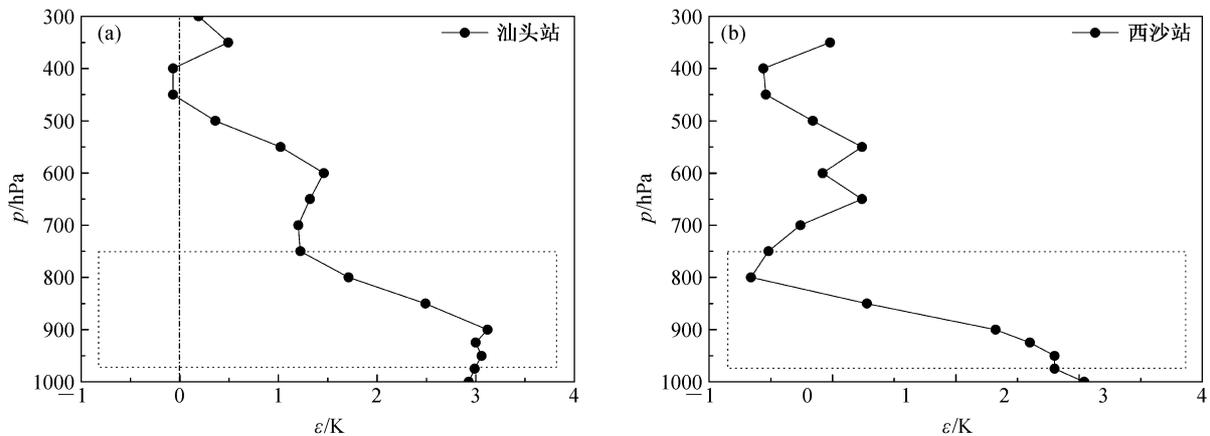


图 3 00 时分析资料平均位温的绝对误差（虚线矩形框内是边界层内的绝对误差）：(a) 汕头站，(b) 西沙站

Fig. 3 Absolute error of mean potential temperature of the analysis data at 0000 UTC (the rectangular box shows the absolute error in the atmospheric boundary layer). (a) Shantou station; (b) Xisha station

边界层内的分析资料绝对误差的变化。可以很明显的看出,随着高度的增加,分析资料位温的绝对误差呈现减小趋势。在大气边界层内,分析资料误差的递减速度比较快。在汕头站,975 hPa 处的绝对误差为 2.99 K,最大绝对误差为 900 hPa 处的 3.12 K,最小为 750 hPa 处的 1.22 K,975~900 hPa 之间的微小震动不影响整体的递减趋势;西沙站位温绝对误差最大值为 975 hPa 的 1.4 K,最小值为 800 hPa 的 0.17 K,递减趋势很明显。因此可知,在大气边界层范围内,分析资料的位温误差呈现下高上低的特征,由于近地层众多因素的影响,使得近地层分析资料误差较大。同时,由于绝对误差都为正值,可以知道这两地的分析资料都较探空观测资料偏大。

3.3 行星边界层内分析资料平均位温的均方根误差分析

图 4a 为汕头站和西沙站在边界层内的位温均方根误差在垂直方向上的变化,其中实线为汕头站的位温均方差廓线,虚线为西沙站的位温均方差廓线。汕头站均方根误差最大值在最低层的 975 hPa 处,为 1.41 K,均方根误差最小值在 900 hPa 处,仅为 0.82 K,而其他层次上的均方根误差则在 1.15 K 上做正负 0.05 K 的微小振动,变化不是很大。因此,在大气边界层内,汕头站的位温均方根误差的变化范围在 0.82~1.41 K 之间。分

析资料位温值出现误差概率最大的层次为 975 hPa,而 900 hPa 处的位温值比较接近观测值,精度比较高。西沙站位温均方根误差最大值在 950 hPa 处,为 1.78 K,出现误差概率最大,800 hPa 处为均方根误差最小值 0.83 K,出现误差的概率最小,分析资料值比较可靠,汕头站的位温均方差的变化范围为 0.83~1.78 K。在整个垂直边界层内,越靠近地面分析资料出现误差的概率越大。表 1 列出了所有站点的位温均方差的范围,除了位于海岛地区的西沙站的位温均方差跨度比较大以外,其余的站点误差范围跨度都在 0.6 K 左右,误差最小值基本都小于 1 K,最大误差小于 2 K。

表 1 各站点的位温和比湿均方根误差的范围

Table 1 Ranges of mean square deviation of potential temperature and specific humidity

站点	位温/K	比湿/g·kg ⁻¹
清远站	1.01~1.60	1.04~1.60
汕头站	0.82~1.41	1.34~2.12
北海站	0.72~1.10	0.96~1.31
阳江站	0.99~1.61	1.72~2.08
海口站	0.79~1.21	1.15~1.93
三亚站	0.79~1.30	1.02~1.47
西沙站	0.83~1.78	1.22~1.59

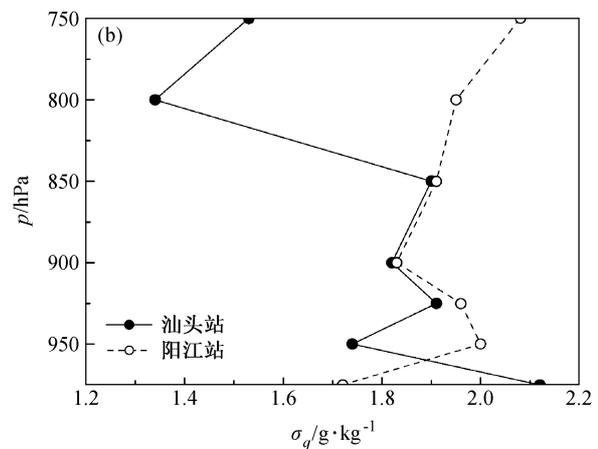
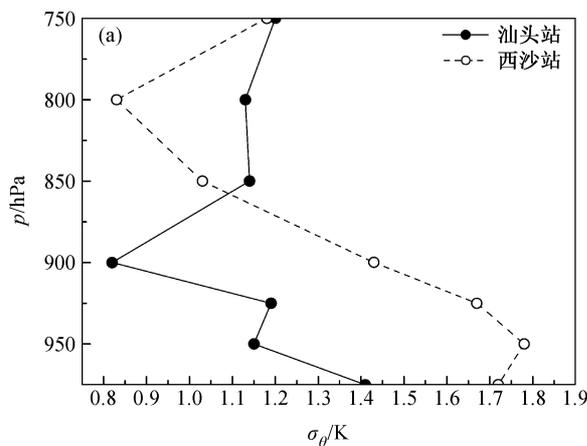


图 4 单站点的分析资料均方差垂直廓线: (a) 位温均方差 σ_θ (实线为汕头站位温均方差,虚线为西沙站位温均方差); (b) 比湿均方差 σ_q (实线为汕头站比湿均方差,虚线为阳江站比湿均方差)

Fig. 4 The vertical profile of mean square deviation of analysis data. (a) Potential temperature σ_θ (the solid line is profile at Shantou station, and the dotted line is profile at Xisha station); (b) specific humidity σ_q (the solid line is profile at Shantou station, and the dotted line is profile at Yangjiang station)

4 大气边界层内比湿误差的垂直分布

4.1 行星边界层内比湿廓线初步分析

将分析资料和探空观测资料 1998 年 5 月 5 日~5 月 25 日, 6 月 4 日~6 月 20 日每日 00 时的比湿资料在各层进行平均, 选取汕头站和阳江站平均比湿廓线图为例来分析说明行星边界层内分析资料的比湿误差范围。

图 5a、b 是汕头和阳江站 00 时整层的平均比湿廓线比较, 图 5c、d 则是汕头和阳江站 00 时取大气边界层内 (975~750 hPa) 的平均比湿的廓线。和位温廓线分布特征相似, 分析资料和探空资料的平均比湿随高度的增加而减小, 即在大气边界层内分析资料与探空资料的比湿差异比较大。在大气边界层顶以上, 各层次比湿廓线基本重合。

4.2 行星边界层内分析资料平均比湿的绝对误差分析

图 6 为汕头站和阳江站的分析资料的平均比湿的绝对误差廓线图, 其中虚线框内为大气边界层内的分析资料比湿绝对误差的变化。和位温绝

对误差分布一样, 随着高度的增加分析资料比湿绝对误差呈现减小的趋势。平均比湿绝对误差值在大气边界层内变化比较剧烈。在汕头站, 975 hPa 处的平均比湿绝对误差为 $1.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 为大气边界层内最大绝对误差值, 最小为 800 hPa 处的 $0.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分析资料值较观测值要大; 阳江站比湿绝对误差为负值, 即分析资料值比观测资料值要小, 其最大值在 925 hPa 处, 偏离了真值 $1.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 最小值为 975 hPa 处的 $0.48 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 虽然在 975 hPa~925 hPa 呈现误差剧增的趋势, 但是在 925~750 hPa 之间误差递减趋势还是很明显的, 不影响大气边界层内的误差递减趋势。

4.3 行星边界层内分析资料平均比湿的均方根误差分析

将汕头站和阳江站分析资料的平均比湿做均方根误差的分析。图 4b 显示了汕头站和阳江站在边界层内的比湿均方差在垂直方向上的变化, 其中实线为汕头站的位温均方差廓线, 虚线为阳江站的位温均方差廓线。汕头站均方根误差最大值在最低层的 975 hPa 处, 为 $2.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 是分

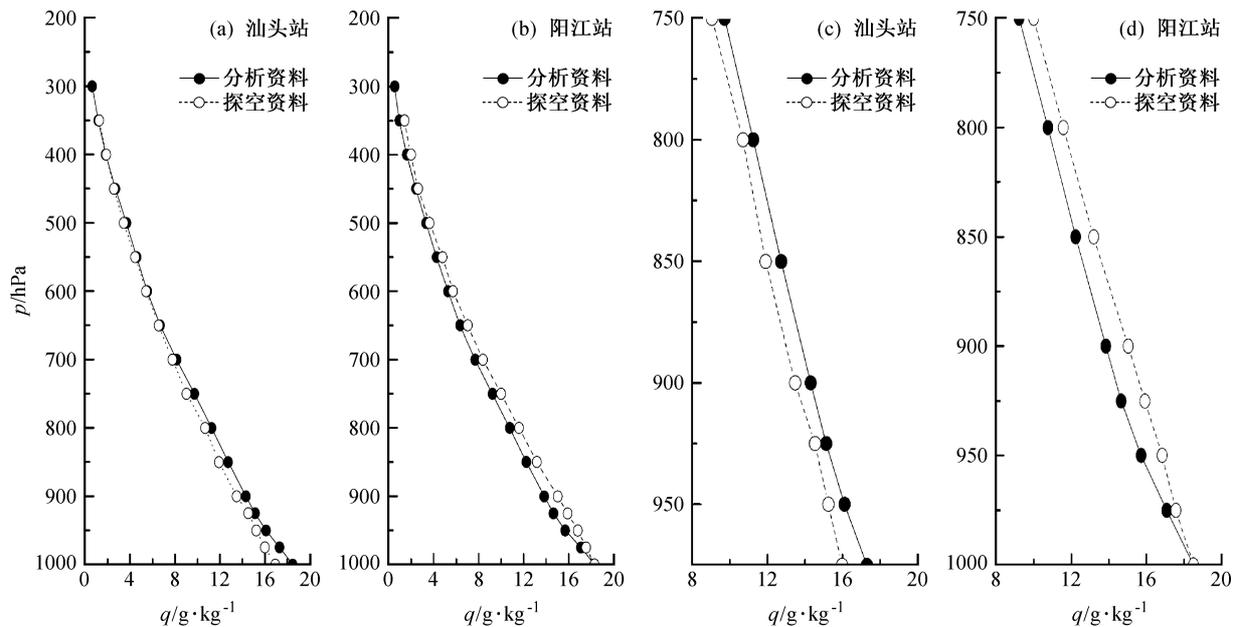


图 5 00 时平均比湿廓线图, 实线为分析资料廓线, 虚线为探空资料廓线: (a)、(c) 分别为汕头站的整层大气和大气边界层内的平均比湿廓线图; (b)、(d) 分别为阳江站的整层大气和大气边界层内的平均比湿廓线图

Fig. 5 Profile of mean specific humidity at 0000 UTC. The solid line is the profile of analysis data, the dotted line is the profile of sounding data. (a) and (c) mean specific humidity in the whole layer and the atmospheric boundary layer at Shantou station; (b) and (d) mean specific humidity in the whole layer and the atmospheric boundary layer at Yangjiang station

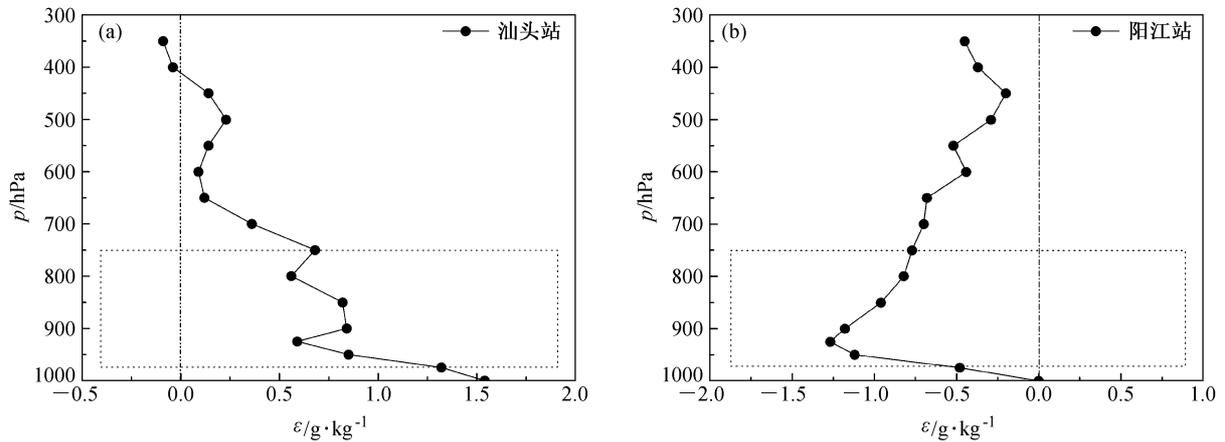


图 6 00 时分析资料平均比湿的绝对误差 (虚线矩形框内是边界层内的绝对误差): (a) 汕头站, (b) 阳江站

Fig. 6 Absolute error of mean specific humidity of the analysis data at 0000 UTC (the rectangular box shows the absolute error in the atmospheric boundary layer). (a) Shantou station; (b) Yangjiang station

析资料出现比湿误差概率最大的层次; 均方根误差最小值在 800 hPa 处, 为 $1.34 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 该层分析资料最接近真值。可知, 在垂直边界层内, 汕头站的比湿均方根误差的变化范围在 $1.34 \sim 2.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间。阳江站比湿均方根误差最大值在 750 hPa 处, 为 $2.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 出现误差概率最大, 975 hPa 处为均方根误差最小值 $1.72 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 出现误差的概率最小, 知阳江站的比湿均方根误差的变化范围为 $1.72 \sim 2.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间。表 1 显示了所有站点比湿均方根误差的范围, 比湿均方根误差要明显的大于位温均方根误差, 它的误差最小值基本都大于 $1.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 部分站点的

误差最大值超过了 $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。因此分析资料比湿值存在的误差要大于位温存在的误差。

5 大气边界层内的分析资料站点误差分析

5.1 大气边界层内均方根误差站点分布

图 7a 中的柱状图, 为 7 个站点各层的位温、比湿平均均方差, 7 个站点分别为清远站、汕头站、阳江站、北海站、海口站、三亚站和西沙站, 从中可以看出分析资料在不同的下垫面误差存在着比较大的差异。

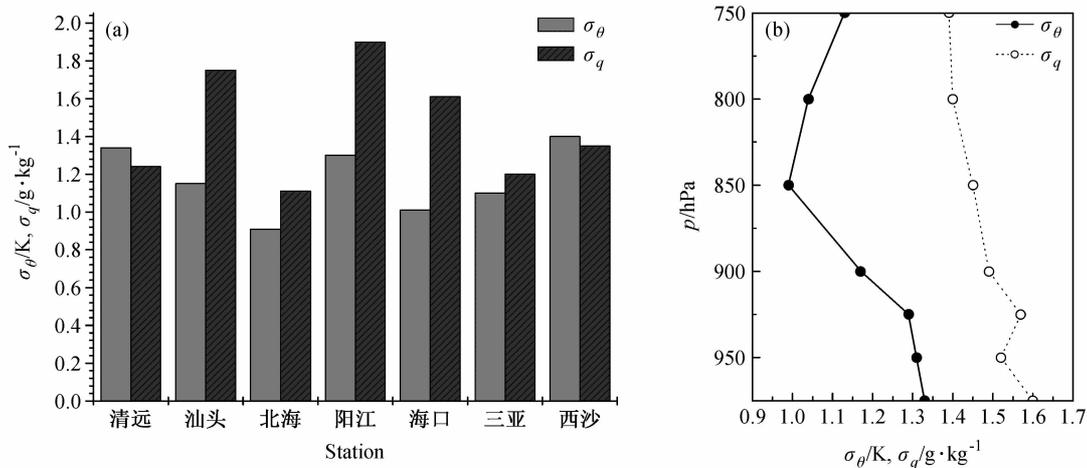


图 7 平均位温及平均比湿均方差: (a) 各个站点各层平均、(b) 垂直方向各层次上的位温均方差 (σ_θ)、比湿均方差 (σ_q)

Fig. 7 (a) The profiles of mean square deviation of potential temperature (σ_θ) and specific humidity (σ_q) at the seven stations, (b) vertical profiles of mean square deviation of potential temperature (σ_θ) and specific humidity (σ_q)

从位温均方差的站点分布情况看,处于内陆的清远站及处于海岛地区的西沙站的位温均方差要比位于沿海地区的其它 5 个站点的位温均方差都要大,西沙站的位温均方差达到了 1.4 K,清远的为 1.34 K,其余 5 个站点中最大的为阳江站的 1.30 K,最小为北海站的 0.93 K,说明沿海地区的分析资料位温误差要比在内陆和在海岛地区产生的误差要小。

对于比湿均方根误差,内陆清远站和海岛西沙站的比湿均方差比沿海 5 站的比湿均方差要小或者是近似。比湿均方差最大的是阳江站,为 $1.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,最小的为北海站,为 $1.14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,清远站为 $1.24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,西沙站为 $1.36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。从图中还可以很明显的看出,除了清远站和西沙站是位温均方差大于比湿均方差外,其余的沿海 5 个站点体现的都是位温均方差小于比湿均方差。这初步说明下垫面对 NCAR 分析资料误差的产生有比较大的影响,沿海地区由于海陆交替的地形地貌,使得比湿数据误差明显要大于内陆和海岛地区。因此,内陆地区和海岛地区的分析资料位温值的不精确性要比沿海地区大,而内陆和海岛地区的比湿值的不精确性要比沿海地区的小些。在进行资料同化的过程中,减小沿海地区的比湿误差和内陆与海岛地区的位温误差对于同化结果的准确性有比较大的影响。

5.2 大气边界层内垂直方向上各层次的均方根误差

为了更清楚的看出分析资料误差分布的特征,在分析了误差与地形状况的关系之后,再来分析一下误差在不同垂直高度上的分布情况。

图 7b 描述的是不同层面上位温和比湿的均方差,其中实线是位温均方差廓线,虚线是比湿均方差廓线。可以看出,在各个层次上位温均方差要比比湿均方差要小,且自低层到高层有很明显的递减趋势。位温均方差最小值为 0.98 K,产生在 850 hPa 处,最大值为 1.33 K,产生在 975 hPa 处。可知,分析资料位温在垂直方向上的整体误差范围在 0.98~1.33 K 之间。比湿均方差最小值在 750 hPa 处,为 $1.39 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,最大值在 975 hPa 处,为 $1.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。可知分析资料比湿在垂直方向上的整体误差范围在 $1.39 \sim 1.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间。所以,NCAR 分析资料在大气边界层

内还是存在较大误差的。分析分析资料的误差对于改进模式预报的准确性具有重要的作用。

6 结论

本文利用 1998 年南海季风试验的加密探空资料和美国 NCAR 分析资料进行对比分析,得出 NCAR 分析资料在大气边界层内存在比较大的误差。通过分析行星边界层内同一站点各层平均位温和平均比湿的廓线,初步得出下垫面的不同对分析资料误差的产生有比较大的影响:

(1) 在大气边界层内,分析资料的位温和比湿误差呈现下高上低的特征,由于近地层众多因素的影响,使得近地层分析资料误差较大。

(2) 位于海岛地区的西沙站位温均方差跨度比较大,其余的站点误差范围跨度都在 0.6 K 左右。7 个站点的均方根误差最小值基本都小于 1 K,最大均方差小于 2 K;比湿均方根误差最小值基本都大于 $1.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,部分站点的误差最大值超过了 $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。说明分析资料比湿值存在的误差要大于位温存在的误差。

(3) 初步说明下垫面对 NCAR 分析资料误差的产生有比较大的影响。内陆地区和海岛地区的分析资料位温值的不精确性要比沿海地区大,而比湿数据则相反,内陆和海岛地区的比湿值的不精确性要比沿海地区的小些。

(4) 分析资料位温值在垂直方向上的整体误差范围在 0.98~1.33 K 之间;比湿值在垂直方向上的整体误差范围在 $1.39 \sim 1.60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间。

上述研究是对 NCAR 分析资料做了较为初步的误差分析,关于误差分析结果对模式预报的改进方式及其改进效果还需要做进一步的研究和验证。

参考文献 (References)

- 陈子通, 闫敬华, 苏耀辉. 2006. 模式探空的评估分析及其在强对流天气预报中的应用研究 [J]. 大气科学, 30 (2): 235 - 247. Chen Zitong, Yan Jinghua, et al. 2006. Research on assessment of model-generated sounding and application in forecasting strong convective weather [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 30 (2): 235 - 247.
- Ding Yihui, Liu Yanju, et al. 2001. Onset and the evolution of the

- summer monsoon over the South China Sea during SCSMEX field experiment in 1998 [J]. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 79 (1): 255-276.
- 杜钧. 2002. 集合预报的现状和前景 [J]. *应用气象学报*, 13 (1): 16-28. Du Jun. 2002. Present situation and prospects of ensemble numerical prediction [J]. *Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese)*, 13 (1): 16-28.
- 董佩明, 钟科, 赵思雄. 2006. 区域初始分析误差对梅雨锋中尺度低压数值预报的影响 [J]. *气候与环境研究*, 11 (5): 565-581. Dong Peiming, Zhong Ke, Zhao Sixiong [J]. 2006. Impact of regional uncertainties of the initial state upon numerical forecast of mesoscale low on Meiyu front [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 11 (5): 565-581.
- 高拴柱. 2005. 集合 Kalman 滤波资料同化技术及研究现状 [J]. *气象*, 31 (6): 3-8. Gao Shuanzhu. 2005. Review on ensemble Kalman filter data assimilation [J]. *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 31 (6): 3-8.
- 黄彦彬, 雷恒池, 王振会. 2003. 卫星云迹风资料对中尺度数值模式的初始风场改进试验 [J]. *南京气象学院学报*, 26 (5): 668-676. Huang Yanbin, Lei Hengchi, et al. 2003. Modification of initial wind field of a mesoscale numerical model based on the data of satellite cloud drift wind [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese)*, 26 (5): 668-676.
- Lenschow D H, Wyngaard J C, Penell W T. 1980. Mean-field and second-moment budgets in a baroclinic convective boundary layer [J]. *J. Atmos. Sci.*, 37 (6): 1313-1326.
- LeMone M A, Zhou Mingyu, Moeng Chin-hoh, et al. 1999. An observational study of wind profile in the baroclinic convective mixed layer [J]. *Bound.-Layer Meteor.*, 90 (1): 47-82.
- Liu Yiming, Ding Yihui. 2003. Simulation of activity of the Asian summer monsoon and heavy rainfalls in China in 1998 with regional climate model [J]. *Acta Meteor. Sinica*, 17 (Suppl): 273-288.
- 托亚, 梁海河, 马淑芬. 2003. 用雷达观测资料改进 MM5 初始场的初步试验研究 [J]. *南京气象学院学报*, 26 (5): 661-667. Tuo Ya, Liang Haihe, Ma Shufen. 2003. A preliminary research on improving MM5 initial fields using Radar data [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese)*, 26 (5): 661-667.
- 许丽人, 赵鸣, 汤剑平. 2002. 中尺度模式中的边界层特征量分析 [J]. *高原气象*, 21 (2): 145-153. Xu Liren, Zhao Ming, et al. 2002. Characteristic quantity analyese of boundary layer from mesoscale model [J]. *Plateau Meteorology (in Chinese)*, 21 (2): 145-153.
- Yan Junyue, Yao Huadong, Li Jianglong, et al. 2003. A study of the turbulence structure and flux transfer at the SCS surface during the onset of southwest monsoon [J]. *Acta Meteor. Sinica*, 17 (Suppl): 186-200.
- 周明煜, 钱粉兰等. 2002. 西藏高原斜压对流边界层风、温、湿廓线特征 [J]. *地球物理学报*, 45 (6): 773-783. Zhou Mingyu, Qian Fenlan, et al. 2002. The characteristics of the profiles for wind, temperature and humidity in the baroclinic convective boundary layer on Xizang plateau [J]. *Chinese Journal of Geophysics (in Chinese)*, 45 (6): 773-783.