

袁松 程华 王东勇 等. 模式再分析与实际探空资料的对比分析. 气象科学 2012, 32(1): 62-67.

YUAN Song, CHENG Hua, WANG Dongyong, et al. Comparative analysis on meteorological parameters of sounding data and model-generated sounding data. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(1): 62-67.

模式再分析与实际探空资料的对比分析

袁松¹ 程华¹ 王东勇¹ 吴德成² 周军²

(1 安徽省气象台, 合肥 230031; 2 中国科学院安徽光学精密机械研究所, 合肥 230031)

摘要 利用2007年11月—2008年11月美国国家环境预报中心(NCEP)和国家大气中心(NCAR)的全球再分析资料与阜阳和安庆探空站的高空资料,对NCEP资料进行垂直的拉格朗日插值和水平的双线性插值后,对比分析了模式再分析与探空资料的一致性。结果表明:探空资料和NCEP资料中温度、相对湿度、 u 风和 v 风4种气象要素的绝对差值随地点、高度和季节变化较小,0.5~8 km基本稳定在一定的范围内:温度相差0.5~1.0℃,相对湿度相差5%~15%, u 风和 v 风分别相差1~3 m/s和1~4 m/s。但值得注意的是近地面(0.5 km以下)二者差异相对较大。对比结果验证了利用模式探空资料来分析无实际探空资料地区上空气象参量变化特征的可行性。

关键词 再分析资料; 探空资料; 对比分析

分类号: P468.04

doi: 10.3969/2012jms.0039

文献标识码: A

Comparative analysis on meteorological parameters of sounding data and model-generated sounding data

YUAN Song¹ CHENG Hua¹ WANG Dongyong¹ WU Decheng² ZHOU Jun²

(1 Anhui Meteorological Observatory, Hefei 230061, China;

2 Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract By using the NCEP/NCAR global reanalysis data with sounding observation data over Fuyang and Anqing from Nov. of 2007 to Nov. of 2008, we compared and analyzed the data consistency between two sets of data based on the Lagrange interpolation in vertical direction and horizontal bilinear interpolation of NCEP data. The results showed that the absolute errors of temperature, relative humidity, u wind and v wind between these two data changed a little in different locations, heights and seasons. The range of meteorological parameters absolute error (0.5-8 km) was as follows: 0.5-1.0 degree (temperature), 5%-15% (relative humidity), 1-3 m/s (u wind), 1-4 m/s (v wind), which is relatively stable, so that NCEP data can be used to analyze the characteristic of meteorological parameters in areas without observational data. However, the absolute error close to the ground is larger than that from 0.5 km to 8 km.

Key words Meteorological parameter; Absolute error; Contrastive analysis

收稿日期(Received): 2011-03-08; 修改稿日期(Revised): 2011-06-06

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006004); 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2006CB403702)

通讯作者(Corresponding author): 袁松(YUAN Song). rjys1219@yahoo.com.cn

引言

美国国家环境预报中心(NCEP)和国家大气中心(NCAR)发布的全球再分析资料被认为是一种校正的、较好的全球再分析资料,在日常的天气分析、气候诊断等很多方面发挥了及其重要的作用^[1-2]。在一些全球、区域气候的模拟和预测中,还以NCEP再分析资料作为气候模式的初始场和驱动场资料^[3-5]。

中国对于NCEP资料的质量和可信度的验证一直没有停止过,近10a来,很多专家和学者从不同的角度对其进行检验,获得了大量的对比分析结果^[6-10]在多种NCEP资料验证的过程中,不论是对温度、湿度,还是降水量等气象要素的检验,绝大多数都是利用NCEP资料与国内地面气象台站或是自动气象站的观测资料进行对比分析的,很少检验近地面以上高度的NCEP资料质量。本文就从实际的探空资料出发,与插值过的NCEP资料进行对比,给出各个高度上两种资料绝对误差的平均廓线,验证在用NCEP资料的模式探空来分析无实际探空地区上空的气象要素特征的可行性。

1 资料及处理

1.1 实际探空资料及处理

安徽省阜阳(32.917°N,115.817°E)、安庆(30.533°N,115.05°E)两个探空站每日12时(世界时,下同)施放探空气球两次,观测其站点上空的大气气压、海拔、温度、相对湿度、露点、温度露点差、风向、风速等气象要素。获取的探空资料按照中国气象局的要求要经过台站和省级两级数据质量控制,每个时次两个文件(经转换后的txt文本格式),分别为G文件和F文件,G文件中主要存放按照等压面分层的多种气象要素的观测值,而F文件中主要存放按照高度分层的风速风向观测值。在进行与NCEP资料的对比前先要进行预处理:

(1) 探空数据的格式化:有很多文件有时会出现数据记录不完整的情况,消除无数据、缺测等情况。

(2) 数据的转换:NCEP资料中没有风速风向,为了方便对比把探空资料中的“风向、风速”转换为 $u、v$ 分量。

1.2 模式探空资料及处理

美国国家环境预报中心和国家大气中心联合发布的全球分析资料他们采用了当今最先进的全球资

料同化系统和完善的数据库,对各种资料来源(地面、船舶、无线电探空、测风气球、飞机、卫星等)的观测资料进行质量控制和同化处理,获得了一套完整的再分析资料集,它不仅包含的气象要素多,范围广,而且延伸的时段长,是一个综合的观测资料集,数据均为经纬度格点数据。对比过程中所用NCEP资料为2007年11月—2008年10月间12时(世界时,下同),分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ (经纬网格),经度范围 $0^\circ \sim 360^\circ$,纬度范围 $90^\circ S \sim 90^\circ N$ 。

1.2.1 NCEP资料的垂直方向插值

通常气象要素在垂直方向上不是线性变化的,而且线性插值的误差较大,因此多采用二次拉格朗日(Lagrange)多项式插值方法进行插值。已知函数 $y=f(x)$ 在点 x_0, x_1, x_2 上的值为 y_0, y_1, y_2 ,要求多项式 $y=L_2(x)$,使得 $L_2(x_0)=y_0, L_2(x_1)=y_1, L_2(x_2)=y_2$ 。 $L_2(x)$ 是 x 的二次函数,称为二次插值多项式,其表达式由公式(1)给出

$$L_2(x) = y_0l_0(x) + y_1l_1(x) + y_2l_2(x) \quad (1)$$

其中 $l_0(x) = (x-x_1)(x-x_2)/(x_0-x_1)(x_0-x_2)$,

$$l_1(x) = (x-x_0)(x-x_2)/(x_1-x_0)(x_1-x_2),$$

$$l_2(x) = (x-x_0)(x-x_1)/(x_2-x_0)(x_2-x_1)。$$

图1为NCEP资料空间P点气象要素插值示意图,从图中看出点1位置气象要素的值要通过格点数据A、B、C三点通过拉格朗日垂直插值才能得到。

1.2.2 NCEP资料的水平方向插值

通过上述垂直方向的拉格朗日插值方法,可以获得与点P处在同一平面上的点1、点2、点3、点4的气象要素值,这样可利用这四个点的值通过二维双线性插值方法来求点P的气象要素值。

设点1的坐标为 (i, j) ,通过距离反向变换得到P点的浮点坐标为 $(i+u, j+v)$,其中 i, j 均为非负整数, u, v 为 $[0, 1]$ 区间的浮点数,则P点要素的值 $f(i+u, j+v)$ 可利用公式(2)由图像中坐标为点1 (i, j) 、点2 $(i+1, j)$ 、点3 $(i, j+1)$ 、点4 $(i+1, j+1)$

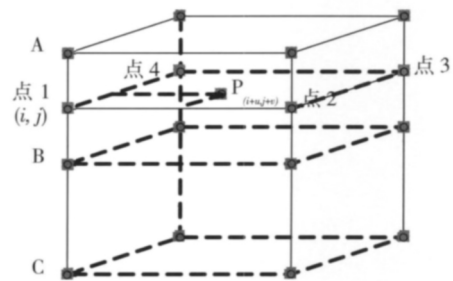


图1 垂直和水平内插示意图

Fig. 1 An illustration of vertical and horizontal interpolations

1) 所对应的四个格点的值决定,即

$$f(i+u, j+v) = (1-u)(1-v)f(i, j) + v(1-u)f(i, j+1) + u(1-v)f(i+1, j) + uvf(i+1, j+1). \quad (2)$$

2 对比结果

通过上述的资料处理和插值过程后,就可以得到与每一个探空数据对应空间位置的 NCEP 再分析资料气象要素的值,计算了两者在温度、湿度、 u 风、 v 风 4 种气象要素的绝对差值。阜阳探空资料的时间范围:2007 年 11 月 1 日—2008 年 10 月 31 日(为了方便区分四季),安庆探空资料的时间范围:2008 年 1 月 1 日—2008 年 11 月 15 日(原因为探空资料和 NCEP 资料的不完整),两个探空站均针对 12 时的文件进行处理。下面给出具体的阜阳和安庆两个探空站观测数据与 NCEP 资料绝对误差的年、季、月平均值垂直廓线。

2.1 绝对误差的年平均

图 2 给出了阜阳和安庆探空资料与 NCEP 资料绝对误差的年平均垂直廓线,从总体来看,阜阳和安庆两个站点的 4 个要素绝对误差的年平均相当,在各个高度上相差不大,但值得注意的是:在近地面处(一般低于 500 m)的年平均绝对误差突然增大,造成这种现象的原因有两方面:一是由数据在进行拉格朗日垂直插值的时候,需要插值的高度处于已知要素数据高度范围之外影响最终的插值结果;二是近地面的各种气象要素值受地面影响比较大,气象要素值变化迅速而且范围很大。

从图 2a 中可以看出近地面往上至 18 km 的范围内,两种资料绝对误差的年平均气温均在 0.5 ~ 0.75 °C 的范围内,19 km 的地方接近 1 °C。图 2b

中所示的相对湿度的误差垂直廓线,在 7 km 以下,基本上均小于 15%,高于 7 km 的地方,绝对误差的年平均随着高度而增大,在 11 km 高度处达最大值(25% ~ 30%),然后随着高度减小。从图 2c 和图 2d 中可以看出, u 、 v 分量绝对误差垂直廓线在近地面以上的部分均在 1 ~ 3 m/s 的范围内,随着高度的增加基本上没有什么变化。

2.2 绝对误差的季节平均

按照每年的 3、4、5 月份为春季的季节划分,对探空资料和 NCEP 资料对比的绝对误差进行累加平均可得到其季节的变化廓线。图 3 给出了阜阳探空资料与 NCEP 资料绝对误差的季节平均垂直廓线,图 4 给出了安庆探空资料与 NCEP 资料绝对误差的季节平均垂直廓线。

从图 3 和图 4 中可以看出,阜阳和安庆两个站的温度、 u 风和 v 风每种气象要素与 NCEP 资料绝对误差的四个季节的垂直廓线都比较接近,季节性差别很小。图 3b 中所示阜阳探空站相对湿度 4 个季节的廓线在 8 km 以下季节差异很小,而在 8 km 以上随着高度先增大后减小,出现的拐点则显现出季节性的差异,按照拐点位置由高到低的顺序排列为:夏季、秋季、春季、冬季。同时图 4b 中安庆探空站相对湿度的季节廓线也出现了相同的现象。这种排列顺序与对流层高度的季节变化相似,但是这两者有无必然的联系还需要进一步的论证。

2.3 绝对误差的月平均

对每个月两种资料的绝对误差进行累加平均可得到其月份的变化廓线。图 5 给出了阜阳探空资料与 NCEP 资料绝对误差的 2007 年 11 月—2008 年 10 月间月 4 要素平均垂直廓线,图 6 给出了安庆探

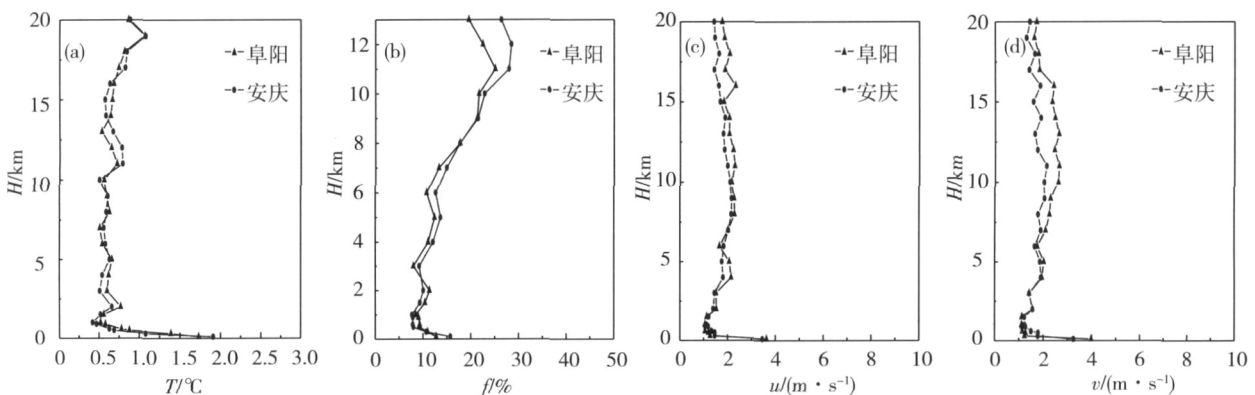


图 2 阜阳和安庆探空资料与 NCEP 资料年平均绝对误差的垂直廓线

(a) 温度; (b) 相对湿度; (c) u 分量; (d) v 分量

Fig. 2 The annual average vertical profiles of the absolute error between NCEP data and sounding data over Fuyang and Anqing

(a) temperature; (b) relative humidity; (c) u wind; (d) v wind

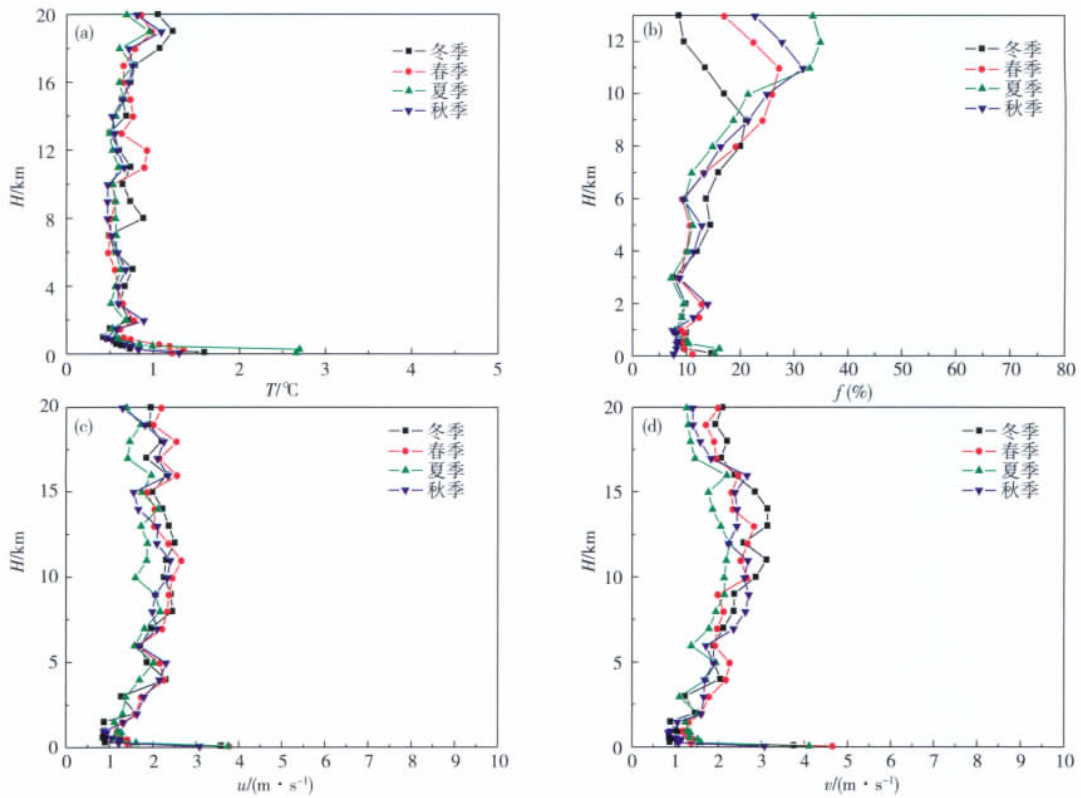


图3 阜阳探空资料与 NCEP 资料绝对误差的季节平均垂直廓线, 余同图 2

Fig. 3 The seasonal average vertical profiles of the absolute error between NCEP data and sounding data over Fuyang

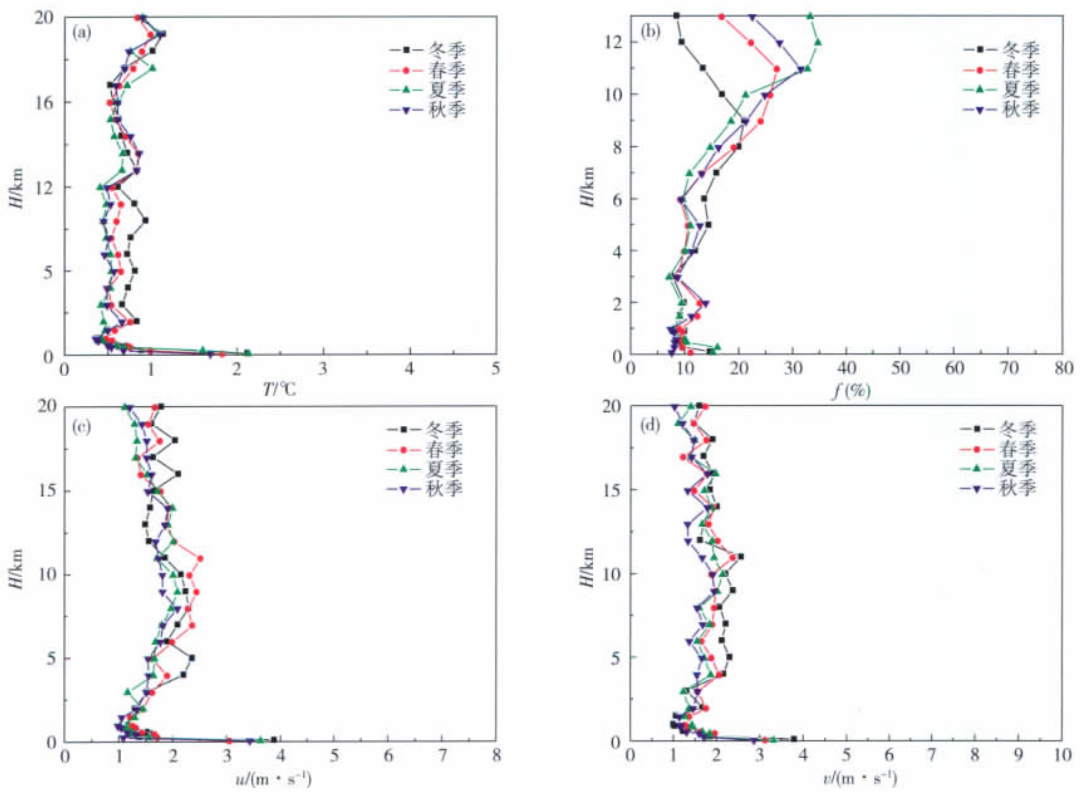


图4 安庆探空资料与 NCEP 资料绝对误差的季节平均垂直廓线, 余同图 2

Fig. 4 The seasonal average vertical profiles of the absolute error between NCEP data and sounding data over Anqing

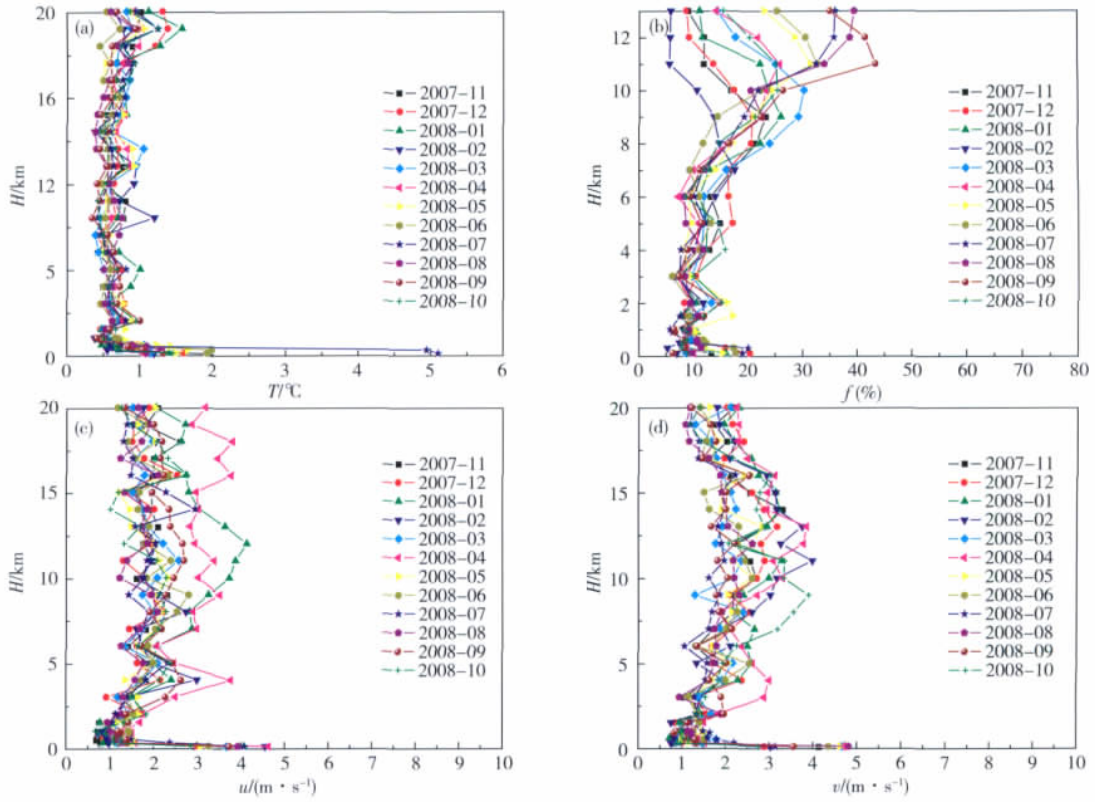


图5 阜阳探空资料与 NCEP 资料月平均绝对误差的垂直廓线, 余同图 2

Fig. 5 The monthly average vertical profiles of the absolute error between NCEP data and sounding data over Fuyang

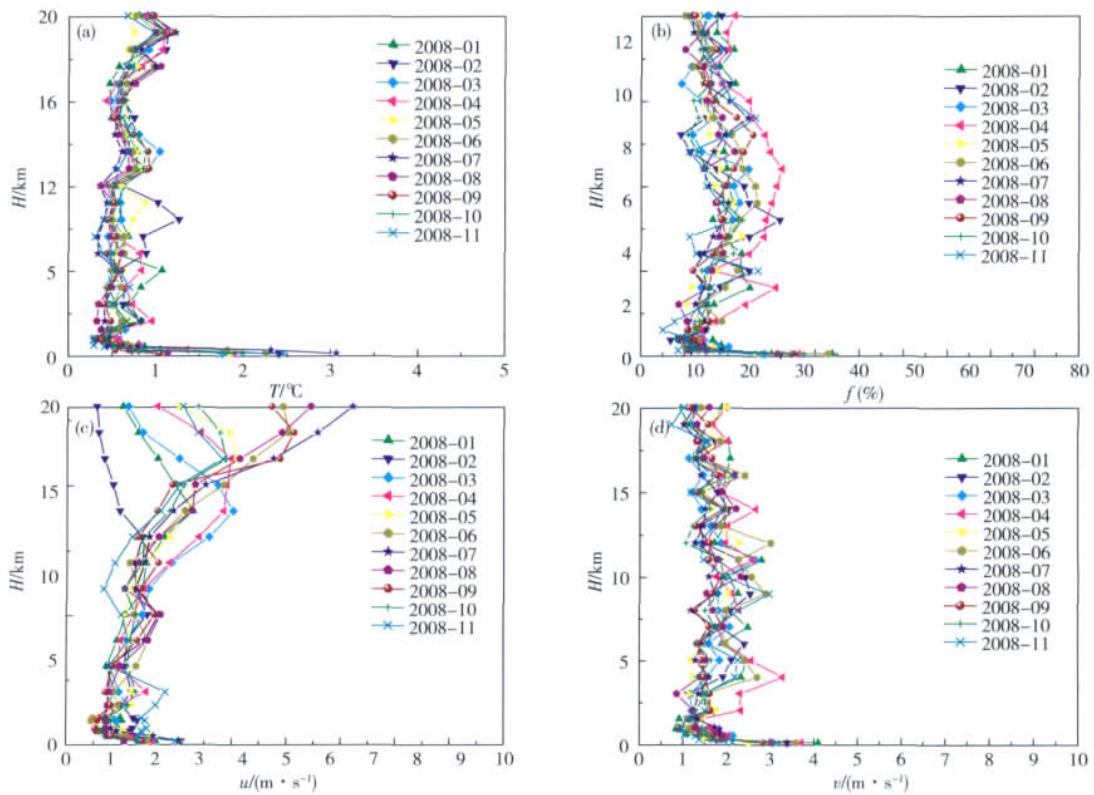


图6 安庆探空资料与 NCEP 资料月平均绝对误差的垂直廓线, 余同图 2

Fig. 6 The monthly average vertical profiles of the absolute error between NCEP data and sounding data over Anqing

空资料与 NCEP 资料绝对误差的 2008 年 1—11 月 4 要素月平均垂直廓线。

从图 5 和图 6 中可以看到,两个站的每个要素绝对误差的月平均垂直廓线彼此都很接近,月份差异较小,说明探空资料和 NCEP 资料在各个高度上的差异常年均稳定一个范围之内:温度差异在 0.5 ~ 1.0 °C,相对湿度在 5% ~ 15% (8 km 以下范围), u 、 v 分量阜阳探空站在 1 ~ 4 m/s、安庆探空站在 1 ~ 3 m/s。

3 结 论

通过垂直和水平插值 NCEP 资料,获得与阜阳和安庆两个探空站资料中每个高度数据位置一一对应的温度、相对湿度、 u 、 v 分量的值,对比分析两者之间的年、季、月平均绝对误差的垂直分布,得到以下结论:

(1) 探空站资料和 NCEP 资料中的四种气象要素的绝对误差在近地面的较大,往上随着高度的增加而急剧减小,在 0.5 km 以上的高度范围趋于稳定(相对湿度在 0.5 ~ 8 km 范围内较稳定)。

(2) 探空资料与 NCEP 资料四种气象要素的绝对误差在各个高度上常年稳定在一定的范围内:温度差异在 0.5 ~ 1.0 °C,相对湿度在 5% ~ 15% (8 km 以下范围) u 、 v 分量在 1 ~ 4 m/s。

(3) 探空资料与 NCEP 资料之间的差异在不同时间段和不同地点的上空随着高度的增加变化不大。(阜阳安庆相距 290 km,两个站点两种资料之间的差异常年各个高度稳定在一定的范围内)

(4) 可以用 NCEP 的模式探空资料来分析无实际探空资料地区上空的温度、湿度、 u 、 v 等气象要素的变化特征。

参 考 文 献

- [1] 张琼,钱永甫. 用 NCEP/NCAR 再分析辐射资料估算月平均地表反射率,地理学报,1999,59(4):309-317.
ZHANG Qiong, QIAN Yongfu. Monthly mean surface albedo estimated from NCEP/NCAR reanalysis radiation data. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 1999, 59(4): 309-317.
- [2] WU Renguang, XIE Shangping. One equatorial Pacific surface wind changes around 1997: NCEP/NCAR reanalysis versus COADS observation. J. Climate 2003, 16(1):167-173.
- [3] 刘家峻,余丹丹,刘松涛. 海南岛一次特大暴雨的数值研究. 气象科学,2010,30(4):495-502.
- LIU Jiajun, YU Dandan, LIU Songtao. A numerical study on the cause of a heavy rain case over Hainan Province. Scientia Meteorologica Sinica (in Chinese), 2010, 30(4): 495-502.
- [4] 郑永光,张春喜,陈炯,等. 用 NCEP 资料分析华北暖季对流性天气的气候背景. 北京大学学报(自然科学版),2007,43(5):600-608.
ZHENG Yongguang, ZHANG Chunxi, CHEN Jiong, et al. Climatic background of warm season convective weather in north China based on the NCEP analysis. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis(in Chinese), 2007, 43(5): 600-608.
- [5] 葛晶晶,钟玮,杜楠,等. 地形影响下四川暴雨的数值模拟分析. 气象科学,2008,28(2):176-183.
GE Jingjing, ZHONG Wei, DU Nan, et al. Numerical simulation and analysis of Sichuan rainstorm under terrain influence. Scientia Meteorologica Sinica (in Chinese), 2008, 28(2): 176-183.
- [6] 谢爱红,秦大河,任贾文,等. NCEP/NCAR 再分析资料在珠穆朗玛峰念青唐古拉山脉气象研究中的可信性. 地理学报,2007,62(3):268-278.
XIE Aihong, QIN Dahe, REN Jiawen, et al. Reliability of NCEP/NCAR reanalysis data on mount Qomolangma and western Nyainqentanglha Range. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 2007, 62(3): 268-278.
- [7] 赵天保,艾丽坤,冯锦明. NCEP 再分析资料和中国站点观测资料的分析与比较. 气候与环境研究,2004,9(2):278-294.
ZHAO Tianbao, AI Likun, FENG Jinming. An intercomparison between NCEP reanalysis and observed data over China. Climate and Environmental Research (in Chinese), 2004, 9(2): 278-294.
- [8] 苏志侠,吕世华,罗四维. 美国 NCEP/NCAR 全球再分析资料及其初步分析. 高原气象,1999,18(2):209-218.
SU Zhixia, LU Shihua, LUO Siwei. Simple introduction of the NCEP/NECAR 40 years global reanalysis data and their decoder/display softwares. Plateau Meteorology (in Chinese), 1999, 18(2): 209-218.
- [9] 徐影,丁一汇,赵宗慈. 美国 NCEP/NCAR 近 50 年全球再分析资料在我国气候变化研究中可信度的初步分析. 应用气象学报,2001,12(3):337-347.
XU Ying, DING Yihui, ZHAO Zongci. Confidence analysis of NCEP/NCAR 50-year global reanalyzed data in climate change research in China. Quarterly Journal of Applied Meteorology (in Chinese), 2001, 12(3): 337-347.
- [10] 陈子通,闫敬华,苏耀辉. 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. 大气科学,2006,30(2):235-247
CHEN Zitong, YAN Jinghua, SU Yaohui. Research on assessment of model-generated sounding and application in forecasting strong convective weather. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 2006, 30(2): 235-247.