

# 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\*

徐 影 丁一汇 赵宗慈

(国家气候中心,北京 100081)

## 提 要

对美国全球再分析资料在中国气候变化研究当中的可信度,进行了初步的分析与检验,结果表明:NCEP 资料在对气候变化长期趋势变化的研究中,不确定性较大,通过对温度和气压的比较分析,可看出,NCEP 资料在我国东部和低纬的可信度比我国西部和高纬的高;温度的可靠性比气压好;1979 年以后的 NCEP 资料的可信度高于前期。

关键词:再分析资料 气候变化 可信度

## 引 言

在气候变化的研究当中,气候长期趋势的研究是相当重要的。在以前的资料中,由于站点较少,资料短缺,研究和预报当中很容易出现异常的气候变化情况。为了克服这个缺陷,近几十年来,有许多的国家和气候研究中心为了建立一个较长时期的全球气候资料序列付出了许多的努力。目前,再分析资料时间序列较长的 3 个主要中心是:NCEP、ECMWF、NASA/DAO,其中分析时间序列最长的是 NCEP。在 1997 年 10 月召开的第一次世界气候研究计划(WCRP)国际会议上,对 NCEP 再分析资料的使用给予了承认和赞同,指出再分析资料已被用在气候研究的许多方面,尤其在年际变率和模式及预测研究中。在 1999 年 8 月召开的第二次世界气候研究计划(WCRP)国际会议上<sup>[1]</sup>,又一次肯定了再分析资料应用在各种科学研究中的价值(包括大气环流、诊断以及同海洋、陆地和冰雪圈的相互作用),同时再一次指出<sup>[1]</sup>，“目前的再分析资料,为研究年际变率提供了一个非常好的基础”,还指出“对于分析长期趋势,目前仍有困难,这主要是由于再分析期间观测系统的改变和观测当中的一些不能排除的不确定的偏差造成的,对这些数据进行全面的识别和检验是很有必要的”。为此,本文将对 NCEP 再分析资料在我国的气候研究中的可信度进行初步的分析,为以后的研究及模式检验提供一些有用的参考。

## 1 再分析资料建立的背景及其方案简介

NCEP 全球再分析资料,是美国国家环境预测中心(NCEP)和国家大气研究中心

\* 本研究工作得到国家重点基础研究发展规划“我国重大气候和天气灾害形成机理和预测理论的研究”(G1998040900)项目资助。

2000-03-29 收到,2000-07-27 收到修改稿。

(NCAR)的合作项目<sup>[2]</sup>,此项目得到了 NOAA 全球计划办公室的支持,同时也得到了世界上一些气象组织和国家的支持,如欧洲中心(ECWMF),日本气象厅(JMA),中国和澳大利亚等国,是原美国国家气象中心(NMC)气候资料同化系统(CDAS)的一个重要部分,于1991年开始实施。其研究动力来自于10年来,NMC业务全球资料中出现了异常的气候变化现象,它可能是全球资料同化系统(GDAS)中诸多差异引起的,这些气候参数的骤变掩盖了真实的短期气候变化和年际气候变化特征。有数家大机构的25名专家参加了再分析系统的设计,NCAR的科学家负责收集资料,包括:全球无线电测风资料、综合海洋资料(COADS)、飞机观测资料、陆面天气观测资料、卫星探测资料、微波特殊探测/图像(SSM/I)资料和卫星观测风(云的移动)资料等,从国际渠道(全球通讯系统GTS)得到了不少尚未用过的特殊资料。这一项目的基本思想是要利用同一套分析/预报系统对1957年(现在已从1949年)以来的资料进行同化,甚至延续到以后(目前已完成的资料为1949~1999年)。

再分析资料的内容非常丰富,它有两个特点:资料时间长和汇总了非常广泛的观测资料,目前包括了1949~1999年尽可能收集到的资料,根据计划,还可能向前推至1946年。分析过程中,在某固定时间利用了所有可能的资料,这样既消除了观测系统更换必然带来的影响,也使分析资料尽可能准确。分析计算从1994年5月在NCEP的巨型机CRAY-YMP/8上开始,以大约24h来完成一个月再分析和一天预报的速度,于1997年已完成1957~1996年的再分析。现在已将1949~1956及1996年以后的再分析完成,因而已有50年的再分析资料可以使用。

再分析中同化系统所用的模式是NCEP的T62L28全球谱模式,边界层有5层,100hPa以上有7层,最高层为3hPa,模式动力学及模式物理过程参见NOAA/NMC发展部的描述<sup>[3]</sup>及Kanamitsu<sup>[4,5]</sup>的工作。模式中包括了云、边界层、水文学及水平、垂直扩散过程的参数化,还采用了一个较好的诊断方案和新的土壤模式。在正式启动再分析以前对不同来源的资料进行预处理和多种资料的质量控制与检查,使其规范化,成为通用的二进制形式(BUFR)。在最近第二次的再分析中,又使用了更新的预报模式和同化系统对1979~1998年期间的资料进行了再分析。一个重要的问题是怎样掌握观测仪器和观测系统的改变造成的必然的变化,文献[2]指出,可采用取一个固定的观测集和尽量使用所有的观测数据。在顾问委员会的指导下,最后选择了后一种方案,即在一定时期内利用所有的观测仪器所得到的数据,如在一年的时间不变。这样就使得至少在一年内的再分析资料的资料来源保持一致,可以较真实的反映年际和短期气候的变化规律,但对于进行长期气候趋势的研究来说,由于各个时期资料的种类和来源不同,这就给研究气候变化的长期趋势造成了一定的困难。

以下列出了在再分析资料的处理过程中,各个时期的资料来源情况,主要有以下几类:

(1) 无线电探空测风数据:是再分析资料的主要来源,从1962年至现在;其中包括中国气象局提供的1954~1962年的30个站的高空观测;美国提供的1961~1978年的57个站的资料;

(2) 综合海洋资料:包括船舶、固定浮标、漂流浮标、冰浮标和从海洋观测站的报告中

得到的近地面资料,时间从 1980~1993 年;

(3) 飞机观测资料:NCEP 可以利用的资料是从 1962 年 3 月开始,其余年的资料是从其它几个渠道收集的,包括从新西兰(1984 年 2 月~1988 年 6 月);还用到了从试验中得到的飞机观测资料;

(4) 陆面天气观测资料:每 3 h 一次的全球 GTS 数据,可以用的从 1967 年至现在(来源于空军或 NCEP);

(5) 卫星资料:可用到的有 SIRSIR(1969 年 4 月~1971 年 4 月);SIRS(无辐射)(1969 年 11 月~1992 年 9 月);VTPRIR(1972 年 11 月~1979 年 2 月);TOVS(HIRS, MSU, SSU)(1978 年 11 月至现在);

(6) 微波特殊探测/图像(SSM/I)资料,从 1987 年 7 月开始。

在文献[2]中,对全球能量及水平衡,特殊微波探测/图像(SSM/I)风速的误差,月平均场的敏感性,全球及美国降水分析,土壤湿度分析,平流层分析及准两年周期振荡等几个方面进行了检验,结果表明,对全球和美国区域的降水分布形势非常接近,但再分析的量值比台站网的大。苏志侠等<sup>[6]</sup>对再分析资料在我国青藏高原的年际变率方面的应用的可信度进行了分析,结果较好。

但是以上这些只是对年际气候变率的检验,对再分析资料在长期气候变化趋势中的使用情况没有进行检验,本文将对再分析资料在长期气候趋势的使用中的情况进行一些初步的检测。

## 2 NCEP 月平均资料与我国 160 站观测资料的比较

### 2.1 资料的处理

本文分析中所用的资料都是月平均资料,为了便于同我国 160 个站的实测资料进行比较,在 NCEP 各测站资料的选取中,如果有接近测站位置的格点,则就取此点的值作为此测站的 NCEP 资料,如没有特别接近的,则用周围 4 个点的值做加权线性插值,从而得到此测站的 NCEP 值,用这种方法我们得出了 160 个测站的 NCEP 资料。为验证 NCEP 资料在我国气候变化趋势研究中的表现,除选取了中国具有代表性的几个测站的 1951~1998 年的月平均资料进行单站比较外,还将我国分为东北、华北、华南、西南、西北、华中 6 个区,并对这 6 个区的 NCEP 资料 and 实际观测资料进行比较;空间分布的数据分别为我国 160 个站的实测资料和通过插值得出的 160 个站的 NCEP 资料。下文在 NCEP 格点资料与测站值的比较中,除气压外,均为与各自 1961~1990 年 30 年平均值的距平值。需指出的是,本文 NCEP 的值仅为最接近的 4 个站的线性插值而得出,从具体数值上讲,应该允许二者存在一定的差别。但它们空间的相对变化和时间变化趋势应该可以进行比较,这将是本文比较分析的重点。本文仅对温度和气压进行分析。

### 2.2 平均温度

从平均温度时间变化图(图 1)中可看出,再分析的值均比实际观测值低。对呼和浩特,1975 年以前,年平均温度的 NCEP 的值与实际观测相差小一些,1975 年以后相差较大。因此如果考虑长期变化趋势,呼和浩特增温的趋势在再分析资料中反映不明显;从逐

月的图中(以1月,7月为例),1月份再分析与实际观测值之间的差值也是1975年以后较大,而7月则是1967年以前相差较大;对广州,则是1月吻合较好,7月相差较大;这种无规律的变化,更增加了NCEP资料用于气候变化长期趋势研究的不确定性,很难进行系统的订正。对其他几个站的分析也存在类似情况(略)。

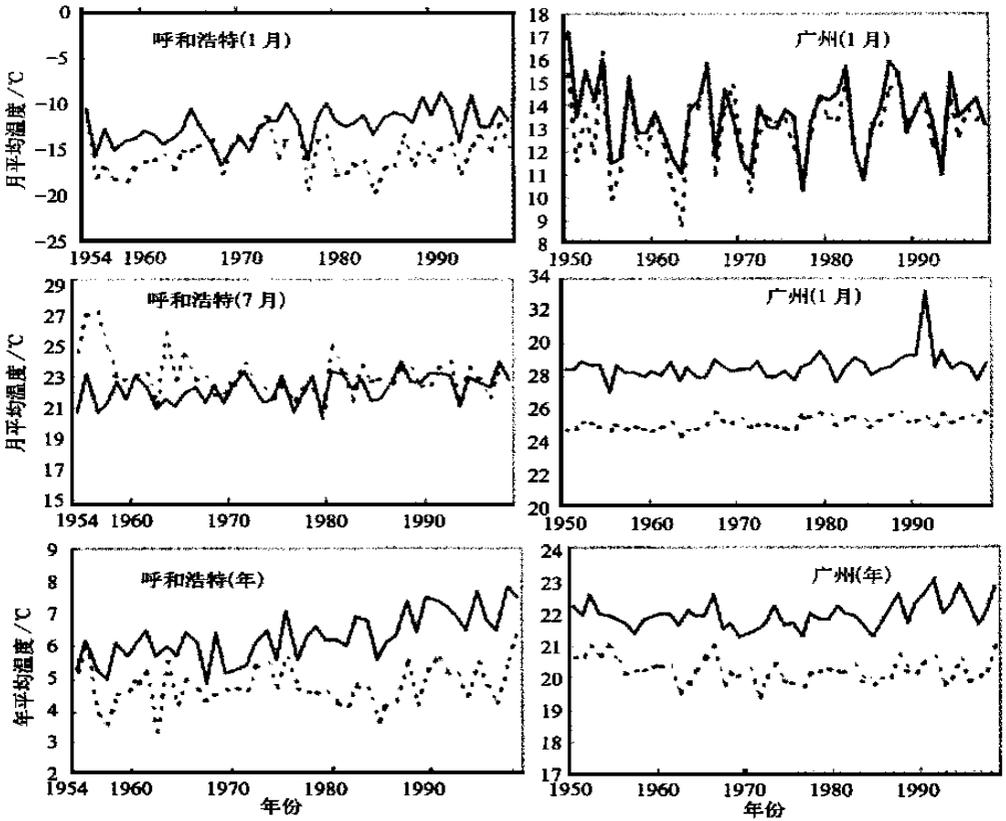


图1 呼和浩特、广州站年和1、7月平均温度时间序列变化图(单位:℃)  
(实线代表实测值,虚线代表NCEP的值)

### 2.3 温度距平

从单站温度距平时间序列图来看(图2),对于反映气候变化的长期趋势,呼和浩特1月份,从1967~1974年再分析值高于实际观测值,而在1980年以后再分析值低于实际的观测值;7月份,1954~1968年再分析的值则高于实际观测值,1968年以后则一致性较

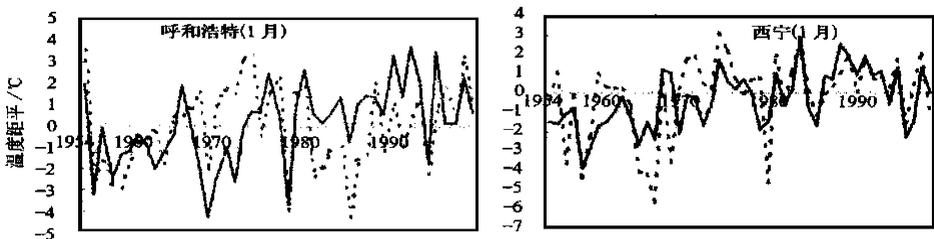
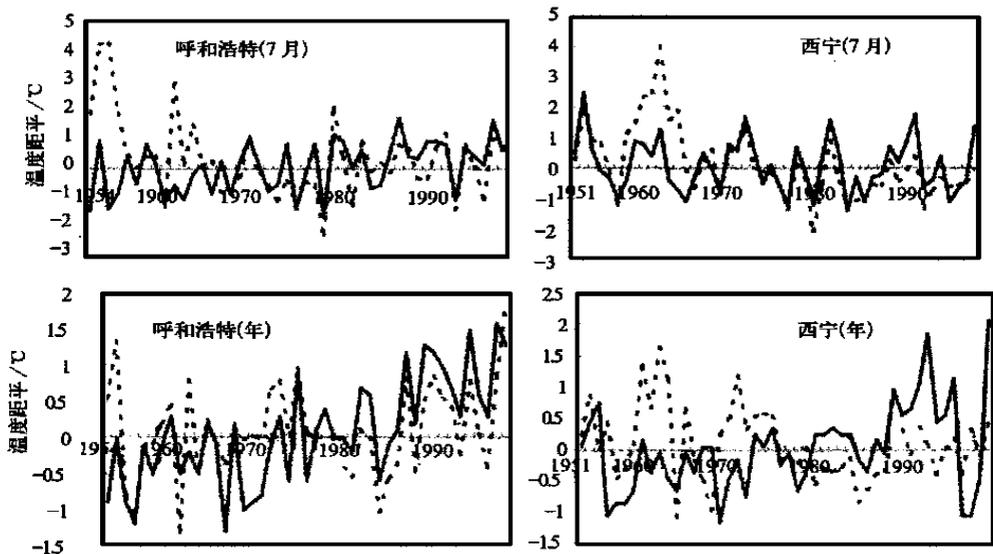


图2 呼和浩特、西宁站年和1、7月温度距平时间序列变化图(单位:℃)(实线代表实测值,虚线代表NCEP的值)



(续图 2)

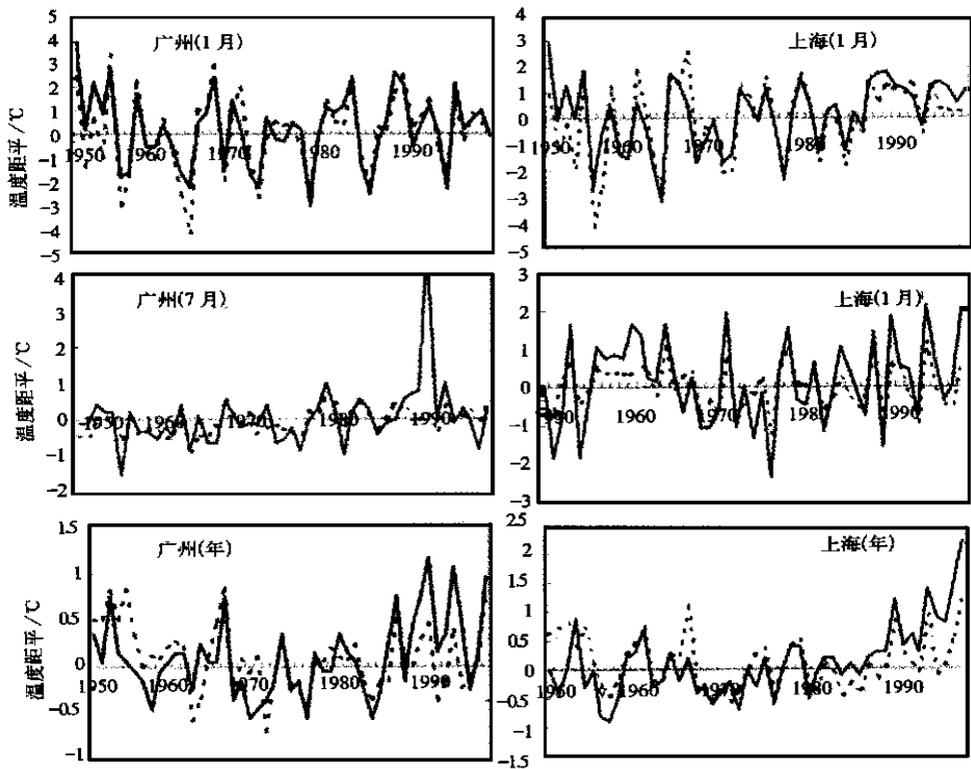


图 3 广州、上海年和 1、7 月温度距平时间序列变化图(单位:°C)  
(实线代表实测值,虚线代表 NCEP 的值)

好,年平均值则从1979年以后变化趋势与实际观测值较一致;西宁站也是从1979年以后变化趋势更接近于实况,1979年以前1月,7月和年平均距平值大多是NCEP的值高于实际观测的距平值,这与1979年以后采用了更新的预报和同化系统有关。比较广州和上海站得出(图3),广州,1月份与实况非常接近,7月份除在1990年有较大的差异外,其余各年都较一致,年平均的结果比1月差一些,但在1972年以后,大的趋势接近于实况。上海的情况也较好。可见,对单站来说,各个站的情况都不太一样,再分析资料在我国东部和南部的台站情况好于北部和西部,如用于研究较小区域的气候长期变化趋势可能会好一些。

为了进一步分析NCEP资料 and 我国实际观测资料的一致性,将全国分成6个区,每个区都选取了几个代表站,表1给出了各区的代表站的站号和站名。

表1 全国各分区的代表站

区	代表站	区	代表站
东北	海拉尔 嫩江 齐齐哈尔 佳木斯 哈尔滨	华中	安阳 青岛 济南 连云港 郑州 信阳
	牡丹江 延吉 长春 沈阳 锡林浩特		蚌埠
华北	呼和浩特 北京 天津 石家庄 邢台 太原	西北	兰州 银川 玉树 张掖 酒泉 哈密 乌鲁木齐
华南	南京 合肥 杭州 武汉 宜昌 福州 长沙 厦门 广州 海口	西南	南宁 贵阳 重庆 西昌 昆明 甘孜

图4为全国各分区年平均温度距平时间序列图。从图中可以看出,对东北地区,

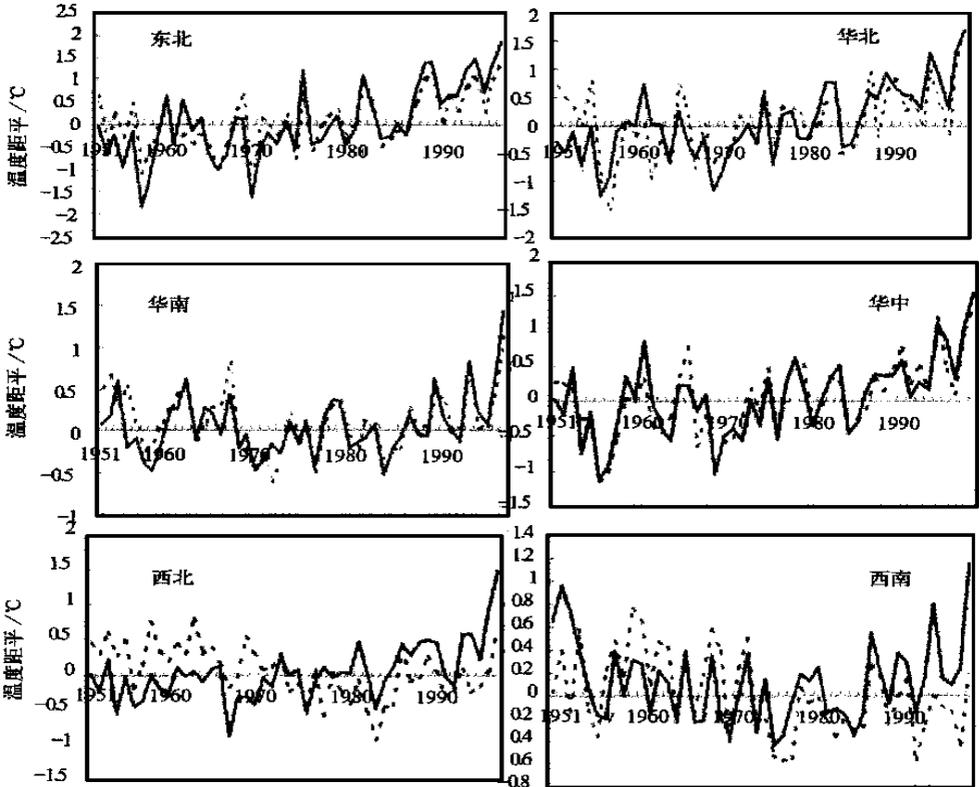


图4 全国各分区年平均温度距平时间序列变化图(单位:℃)(实线代表实测值,虚线代表NCEP的值)

NCEP 与实测值反映的气候变化趋势基本一致,但在 50 年代 NCEP 的距平值大于实际观测值,60 年代中期 NCEP 值也有所偏高,1987 年以后则偏低;华南地区也是在 50 年代和 60 年代 NCEP 与实测值一致性较差,70 年代以后与实测值非常一致;华北地区的情况不如东北和华南,仅在 1971 年到 1985 年这一段时期两条曲线一致,其它年份都不好;比较而言,华中地区的情况好一些,除个别年份外,距平值均保持一致;一致性最差的是西南地区地区和西北地区,西北地区 1973 年以前 NCEP 的距平值均大于实测值,1973 年以后 NCEP 则低于实测值,这对于研究气候的长期变化趋势有很大的影响;西南地区,在 50 年代初期,实测值的距平值高于 NCEP 资料,从 1957 年至 1975 年,NCEP 的距平值大于实测值,1975 年以后又反过来。因此,可得出再分析资料在对我国的气候变化研究应用中,在东北、华南和华中的效果较好,在华北、西北和西南的效果较差,这与上文对单站的分析结果是一致的。

#### 2.4 地面气压距平时间序列变化

由于资料的限制,对气压的分析从 1970~1990 年,距平值为相对于 1970~1990 年 20 年的偏差。图 5 为青岛和昆明气压距平时间序列变化图,青岛在 1974 年以前,NCEP 的距平值大于实际观测值的距平值,1975~1979 年一致,1979 年则低于实测值;月平均气压距平值与年距平值相同,也是在 1974 年以前 NCEP 值高于实测值;而昆明则在 1976 年

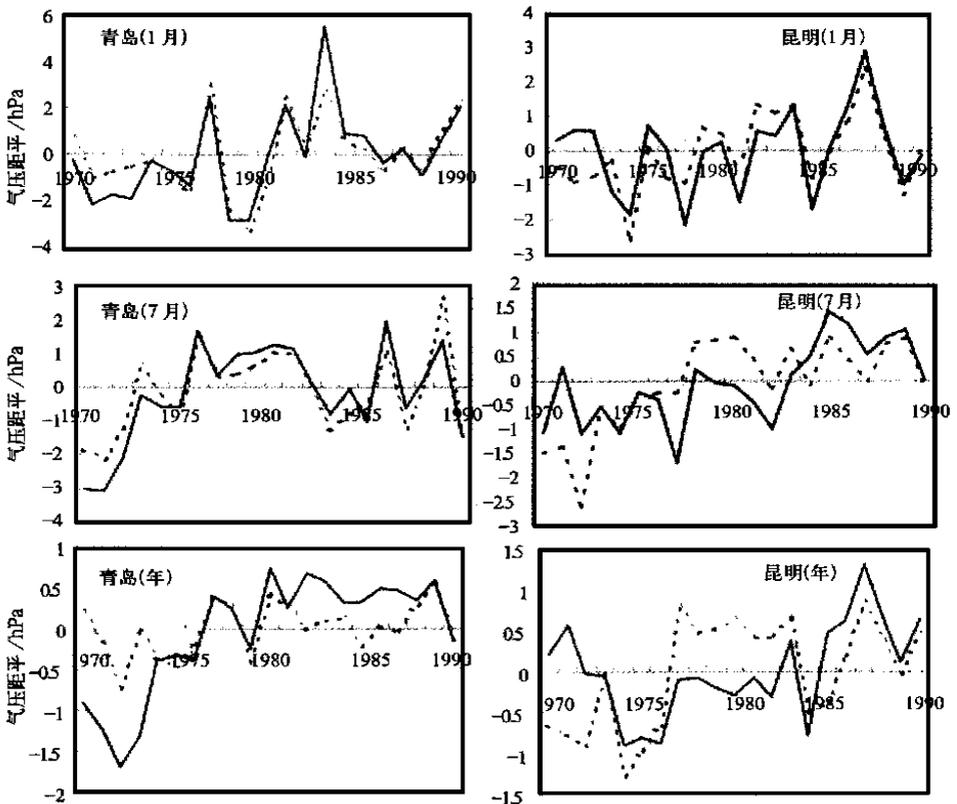


图 5 青岛、昆明年和 1、7 月气压距平时间序列变化图(单位:hPa)  
(实线代表实测值,虚线代表 NCEP 的值)

以前,NCEP的距平值低于实际观测的距平值,1976~1984年又高于观测值,1984~1990年则又比观测值偏低。对于气候变化的长期趋势的分析,有一定的不确定性,但在短期气候变化和年际变化的研究中,尽管数值之间有误差,但升高降低的趋势还是有一定的相似性。气压距平的情况也同样是各个站不一样,但总体来说,低纬的情况好于高纬,东部好于西部;与温度相比,气压的不确定性更大一些。

### 2.5 温度距平的空间分布

图6是NCEP的1951~1960年10年相对于1961~1990年30年平均的距平的年变化空间分布图和实际观测资料同期的年距平值的空间分布图(在下面的空间分布图中,所有的距平值都扩大了10倍),比较左右两图,可看出,在50年代NCEP在整个华北和西北为增温,而实际观测场在新疆西北部为明显的降温;从东北至华北东部及长江以北地区NCEP场为降温,与实测场较一致;NCEP在我国青藏高原的东部及四川盆地为降温,而实测场则为增温;在80年代,东北至华北东部直到长江以北NCEP与实际观测场都为增温,一致性较好,但在我国的河套以西的大部地区NCEP均为降温区与实测场有所不符。

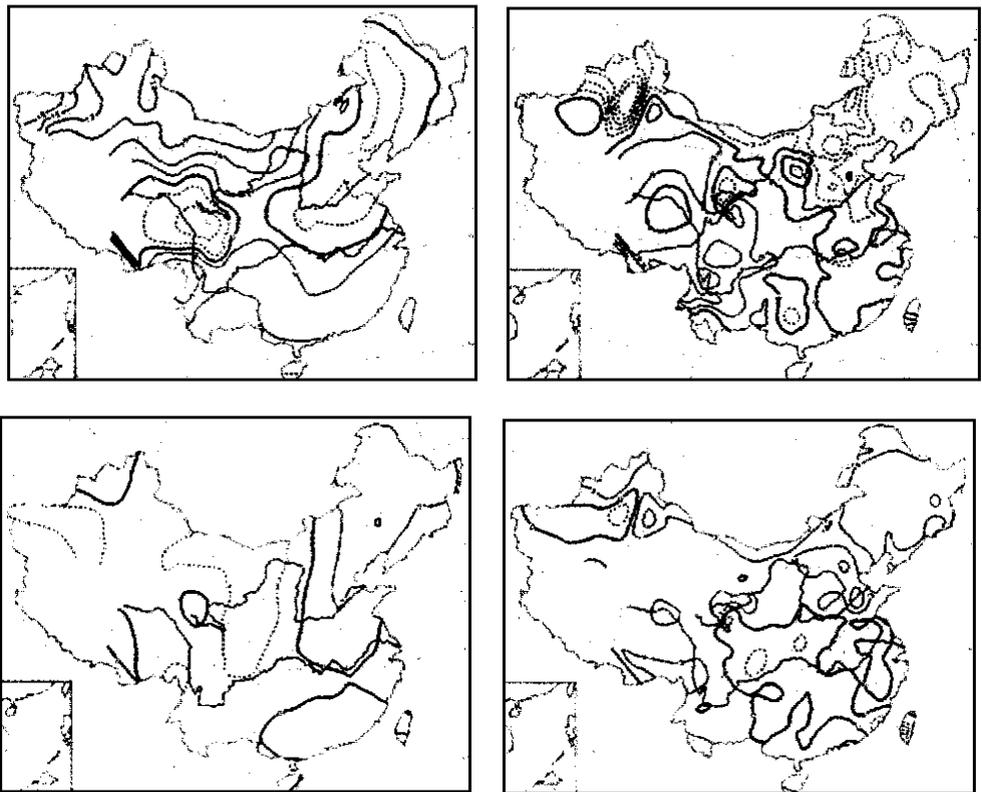


图6 年平均温度距平空间分布图(相对于1961~1990年)

(单位:℃,左边为NCEP资料,右边为实际观测资料,实线为增温,虚线为降温,上图为50年代,下图为80年代,等值线间隔为 $0.3\text{℃}\times 10$ )

图7是冬季的距平分布图,从左右两图可看出,50年代NCEP除新疆及我国云南外,都为明显的降温,而实测场图中新疆西北为降温区;从东北至华北东部及长江以北地区

NCEP 场为降温,与实测场较一致;实测场中华北北部、青藏高原东部到四川及长江上游的增温区,在 NCEP 中没有反映出来,尤其是四川盆地在实测场中为增温,而在 NCEP 场中为降温;比较 80 年代的左右两图, NCEP 图中我国东北大部 and 东部及青藏高原东部都为增温区,与实测场基本一致,而 NCEP 中青藏高原南部及我国西南的降温区在实测资料中没有反映出来,但基本上还可以反映出我国北方大部增暖的趋势。

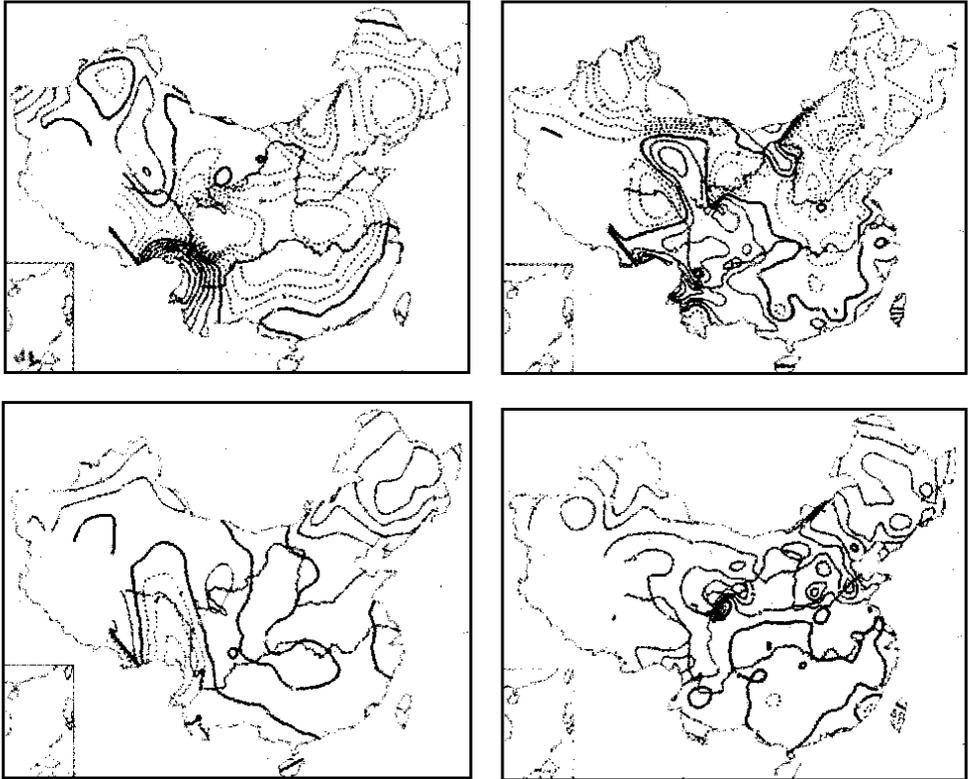


图 7 冬季温度距平空间分布图(相对于 1961~1990 年)(说明同图 6)

从夏季的空间分布情况(图 8)可以看出,50 年代 NCEP 在整个中国范围内基本上都为增温,而且增温幅度较大,而实测场中在新疆的西部及东北的西部为降温与 NCEP 资料相反;80 年代, NCEP 场中,我国东部南部为增温,北部降温,实测场黄河以南大部为降温,与 NCEP 不同;但在东北地区及华南地区两个场都为增温,一致性较好。

从以上对 NCEP 资料和实测资料的对比分析中可以看出,80 年代的情况好于 50 年代,这与 1979 年以后同化方案的改进和卫星资料的加入有很大的关系,东北和华南地区比其它地区好,这也与前面分析的各分区的情况一致。

为了更好的比较 NCEP 资料和实测值之间的一致性,分别计算了两个资料场之间 50 年代和 80 年代各季和年的相关系数和距平符号一致率,如表 2 所示。从表中可以看出,50 年代两个场之间的相关很低,各季和年的相关系数均不超过 0.40,最好的是春季,符号一致率最大也不超过 67%;而 80 年代比 50 年代要好一些,最好的相关系数在春季为

0.704,其次是冬季0.572,符号除春季有70%的一致外,其它各季和年都没有超过50%。

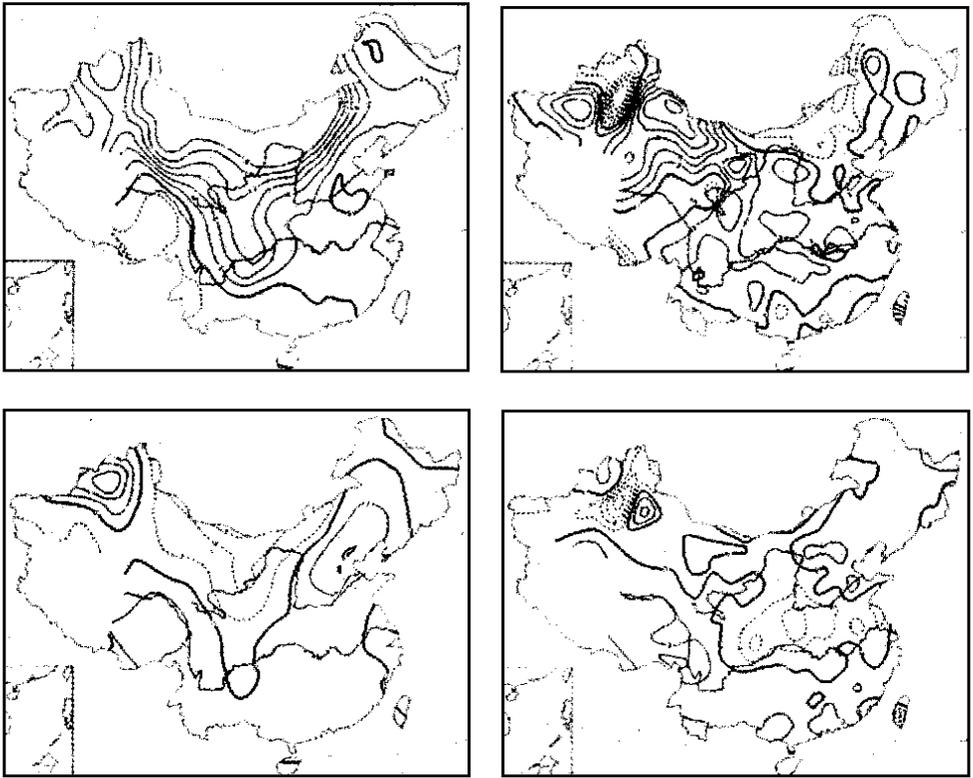


图8 夏季温度距平空间分布图(相对于1961~1990年)(说明同图6)

表2 NCEP资料与实测场的相关和符号一致率

		春季	夏季	秋季	冬季	年
50年代	相关系数	0.352	0.182	-0.042	0.172	0.083
	符号一致率(%)	56.9	51.3	41.9	66.3	52.5
80年代	相关系数	0.704	0.213	0.130	0.572	0.486
	符号一致率(%)	70.0	44.4	33.1	46.3	38.1

### 3 结论

从以上对NCEP资料和实测资料的时间序列变化的对比分析,以及空间分布的对比分析,对于研究气候的长期变化趋势,可得出以下几点结论:

(1) 由于受各个时期资料来源的限制,NCEP资料各个时期同化所选用的资料不同,这就使不同时期的NCEP资料相对于实测值的误差不一致。

(2) 单站资料的对比表明,平均温度NCEP的值大部分低于观测值,温度和气压距平值则各个测站不太一致,但温度比气压要好一些;对各个分区的比较,东北、华南、华北、华

中的一致性优于西北和西南,总体而言,低纬的情况好于高纬,东部好于西部。

(3) 从 50 年的整个时期的不同时间段来看,50 年代实测值与 NCEP 资料之间相差大一些,普遍是 NCEP 的值大于实测值,1979 年以后 NCEP 资料的可信度高于前期的,可用于短期气候变化的研究。

(4) 对 NCEP 资料在我国空间分布情况及两个场之间相关的分析,也可看出 80 年代的情况好于 50 年代。

总而言之,NCEP 资料对于长期气候变化趋势的研究存在一定的问题与不确定性,在应用时要引起注意,但对于短期气候变化和年际变率的研究还是打下了一个良好的基础。

### 参 考 文 献

- 1 International GE WEX Project Office(IGPO). GE WEX/ WCRP News, 1999, 9(9):12.
- 2 Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/ NCAR 40 years reanalysis project. *Bull Amer. Meteor. Soc.*, 1996, 77(3):437 ~ 471.
- 3 NOAA/ NMC Development Division. Documentation of the NMC global model. 1988, 244.
- 4 Kanamitsu M. Description of the NMC global data assimilation and forecast system. *Wea. Forecasting*, 1989, 4:334 ~ 342.
- 5 Kanamitsu M, et al. Recent changes implemented into the global forecast system at NMC. *Wea. Forecasting*, 1991, 6:425 ~ 435.
- 6 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.

## CONFIDENCE ANALYSIS OF NCEP/ NCAR 50-YEAR GLOBAL REANALYZED DATA IN CLIMATE CHANGE RESEARCH IN CHINA

Xu Ying    Ding Yihui    Zhao Zongci  
(National Climate Center, Beijing 100081)

### Abstract

The confidence of the NCEP/ NCAR 50-year Reanalyzed data in climatic change research in China has been examined and the results show that in the reanalyzed data there exist some uncertainties in studying the trends of climatic change. The confidence of the reanalyzed data is better in the eastern and southern parts of China than in the western and northern for surface temperature and surface pressure. The surface temperature is more useful than surface pressure. The reanalyzed data is better after 1979 than before 1979.

**Key words:** Reanalyzed data    Climatic change    Confidence