

1990年代中国东部NCEP再分析高空资料的问题探讨

刘舸¹ 赵平¹ 吴仁广² 陈军明¹

(1 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室, 北京 100081; 2 香港中文大学太空与地球信息科学研究所, 香港)

摘要: 资料是气候变化研究的基础。关于NCEP再分析资料与其他资料的对比和可靠性评估等问题一直以来都受到广泛关注。重点介绍了最近的相关研究成果, 指出相对于中国探空观测资料, NCEP再分析资料中的中国东部对流层温度和位势高度在1992—2000年系统性偏低, 即该资料高估了1990年代对流层温度和位势高度的年代际下降程度。与此相联系, NCEP再分析资料中中国东部对流层和地面气候变化出现了不匹配。NCEP正好在1992年改变了观测数据偏差订正表, 这可能是造成上述不一致的主要原因。NCEP资料的这一偏差可能影响到对高空气候变化趋势和年代际突变的正确判断, 因此使用该资料研究中国东部气候变化时, 需特别谨慎。

关键词: 探空观测, NCEP/NCAR, 年代际, 对流层温度, 位势高度

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2013.03.003

Potential Uncertainties of Upper Air Data over Eastern China during the 1990s in the NCEP Reanalyses

Liu Ge¹, Zhao Ping¹, Wu Renguang², Chen Junming¹

(1 State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

2 Institute of Space and Earth Information Science, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong)

Abstract: Data are the basis of research on climate change. The comparison of the NCEP reanalyses with other data and their reliability assessments have long received extensive attention. The present paper reports recent results on the assessment of the NCEP reanalyses. Our analysis shows that the tropospheric temperature and geopotential height over eastern China during the period 1992–2000 were systematically low in the NCEP reanalyses compared to the upper radiosonde observations. This implies that the NCEP reanalyses overestimate the decadal decrease in tropospheric temperature and potential height in the 1990s. Because of the above-mentioned uncertainties in the NCEP reanalyses, the climate changes in the troposphere and at the surface do not match with each other. Further analysis shows that the uncertainties in the NCEP reanalyses are possibly related to an operational change in the bias correction tables since 1992. This potential uncertainties may be unfavorable to identifying the trend and the abrupt change of tropospheric climate. Therefore, cautions are needed in utilizing the upper-tropospheric variables of the NCEP reanalyses.

Keywords: radiosonde observation, NCEP/NCAR, interdecadal, tropospheric temperature, geopotential height

1 引言

中国地区气候变化具有明显的年代际特征。由于资料的可靠性是年代际研究的基础, 因此关于不同资料之间的比较及可靠性评估, 一直以来都受到人们的广泛关注。

美国国家环境预报中心/国家大气研究中心

(NCEP/NCAR)再分析资料^[1,2]的时间较长, 目前在气候研究中经常被使用。然而, 一些研究指出, 该资料在反映1970年代末的年代际变化方面, 存在某些不真实的情况。例如, Wu等^[3]指出, NCEP资料可能高估了1970年代末的东亚地区海平面气压的年代际变化。黄刚^[4]发现, 在20世纪70年代以前, NCEP/NCAR再分析资料对我国北方地区对流层低层的温度和位势高度的描述都不好, 存在明显的虚假年代际变化趋势。赵天保等^[5]也发现NCEP/NCAR夏季对流层中、低层高度场在1970年代以前存在过于明显的“低压”现象, 从而夸大了中国很多地区的年代际气候变化。

收稿日期: 2012年3月1日

第一作者: 刘舸(1976—), Email: liuge@cams.cma.gov.cn

通信作者: 赵平(1963—), Email: zhaop@cma.gov.cn

资助信息: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906014)

在1990年代，NCEP/NCAR再分析资料可能也存在偏差。与中国探空观测资料相比，NCEP/NCAR再分析资料中的中国很多地区对流层中高层温度在1990年以后显著偏低^[5]。

最近，Liu等^[6]对NCEP/NCAR再分析高空资料在反映1990年代中国东部气候变化方面存在的问题及其原因进行了系统研究，本文重点介绍这一工作，并在此基础上对资料问题造成的可能影响作了初步探讨。

2 资料

本文所用资料主要包括1976—2005年的月平均NCEP/NCAR再分析I^[1]（NCEP-I）和NCEP-DOE再分析II^[2]（NCEP-II）资料；国家气象信息中心的中国高空探测（UAR，Upper Air Radiosonde）资料，它包括中国113个站点的1976—2005年的月平均温度和位势高度，这里选取其中无缺测记录的80个站点进行研究；国家气候中心的1976—2005年中国160站地面气温资料；1976—2002年欧洲中期数值预报中心

（ECMWF）的ERA-40再分析资料^[7]和1979—2005年日本气象厅（JMA）的JRA-25再分析资料^[8]。

3 NCEP再分析与UAR资料的比较

3.1 资料比较

图1给出了不同资料中夏季对流层各层（200，500和700hPa）温度在1992年前后两个阶段的差值（1992—2000年减去1981—1991年）。图1显示，温度差值在NCEP-I和NCEP-II资料中均表现为东亚和西北太平洋地区对流层高层（200hPa）的显著负异常，异常中心值低于-1.6℃（图1a和d）。随着高度的降低，该显著负异常区逐渐收缩。在500 hPa高度上，显著负异常区主要位于中国东部和西北太平洋10°—35°N地区（图1b和e），而在700hPa高度上，显著负异常区主要位于青藏高原中东部、华南及中国东南海域（图1c和f）。上述结果表明，在NCEP-I和NCEP-II资料中，中国东部地区对流层温度在1992年具有显著的年代际下降特征。

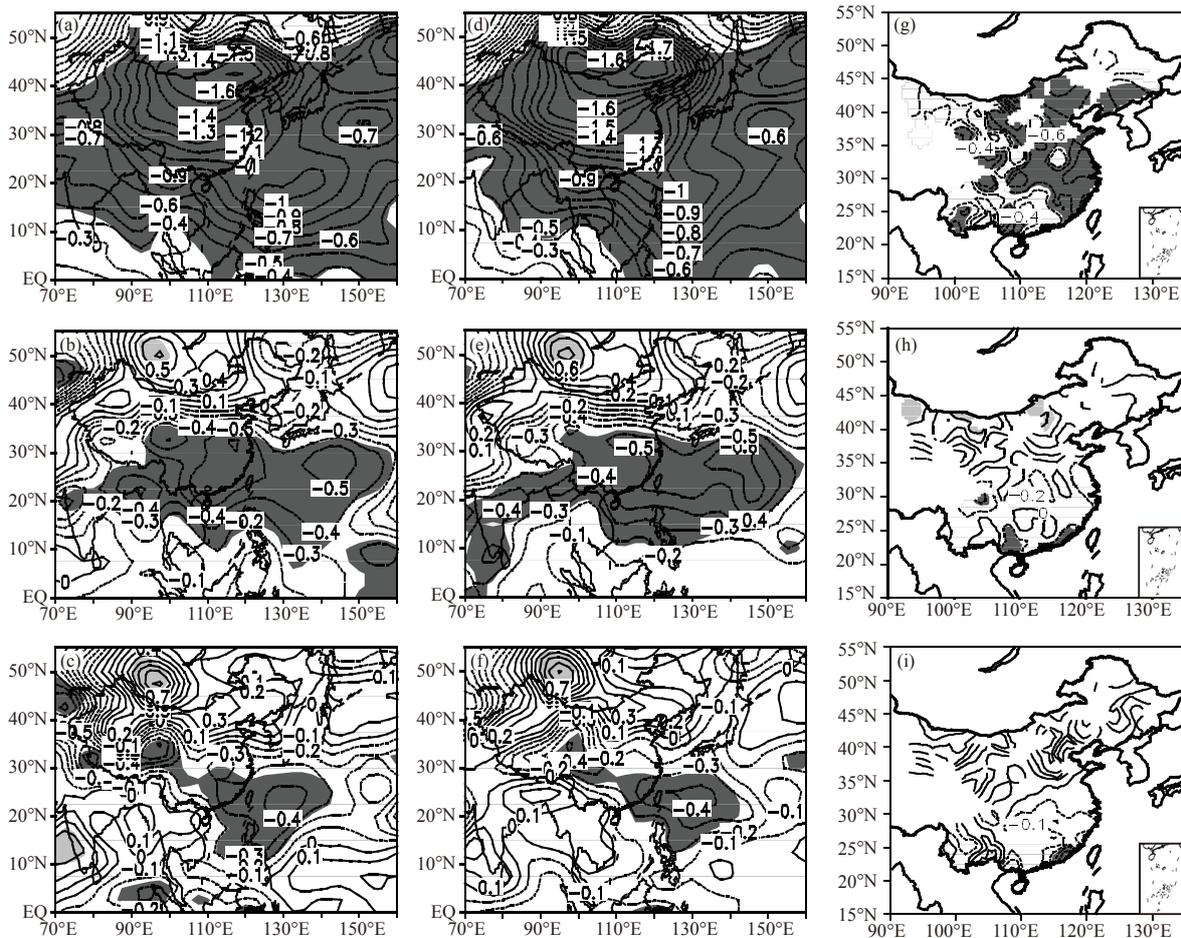


图1 NCEP-I资料中1992年前后对流层各层夏季温度差值（单位：℃）

(a) 200 hPa; (b) 500 hPa; (c) 700 hPa; (d) — (f) 和 (g) — (i) 同 (a) — (c)，但分别为NCEP-II和UAR资料的结果，阴影区表示超过95%统计置信度^[6]

而对于UAR资料, 尽管在对流层高层(200 hPa)中国东部大部分地区仍表现为显著负异常, 但负异常区较小, 且异常中心值仅为 -0.6°C (图1g)。而在对流层中、低层, 除中国东南沿海地区很小范围的显著负异常外, 中国东部大部分地区未表现出显著的负异常(图1h和i)。这说明在UAR资料中, 中国东部对流层温度在1992年前后的年代际变化相对较弱, 仅在对流层高层表现出显著下降。

为了更清楚地显示不同资料中对流层温度的变化特征, 给出了它们的时间序列(图2)。参考图1中显著异常区域, 将200hPa夏季温度在 $20^{\circ}\text{--}45^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}\text{--}123^{\circ}\text{E}$ 范围内的平均值定义为对流层高层温度(Upper Tropospheric Temperature, UTT)指数, 将500hPa温度在 $20^{\circ}\text{--}35^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}\text{--}123^{\circ}\text{E}$ 范围内的平均值定义为对流层中层温度(Middle Tropospheric Temperature, MTT)指数。图2显示, 在1981—1991年, NCEP-I和NCEP-II资料的UTT指数在 -48.5°C 附近波动, 而在1992年突然下降了 1.5°C , 此后在1992—2005年阶段一直维持在 -50°C 左右(图2a)。NCEP-I和NCEP-II资料的MTT指数同样在1992年显示出类似的突然下降(图2b)。由于UTT和MTT指数在NCEP-I和NCEP-II资料中差别不大, 因此如无特别说明, 此后本文中所说NCEP再分析资料均指NCEP-I资料。

UAR资料所反映的UTT和MTT指数在1981—1991年与NCEP-I和NCEP-II再分析资料较为一致, 但自1992年起, 它们的差别则变得十分明显。与NCEP再分析资料相比, UAR的对流层中、高层温度在1992—2000年系统性偏高。因而, NCEP再分析资料

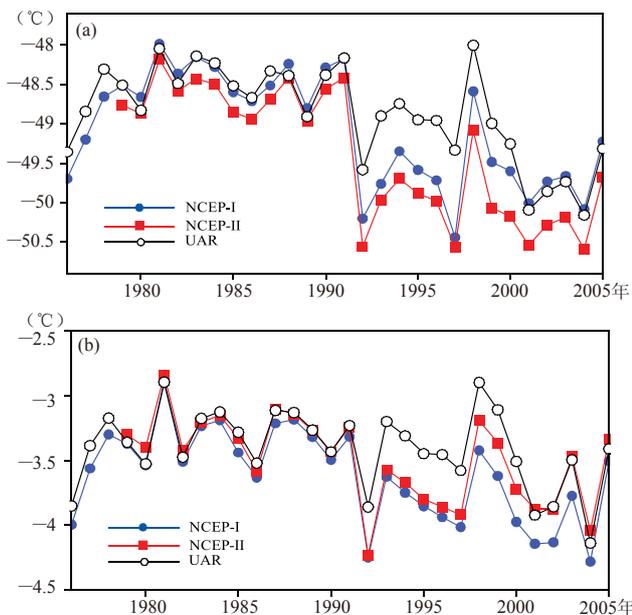


图2 夏季不同资料反映的UTT (a) 和MTT (b) 指数序列^[6]

中体现的对流层温度在1992年发生的年代际突然下降在UAR资料中并不明显。

由于对流层中上层温度在NCEP再分析和UAR资料中存在明显差异, 所以对流层上层位势高度也相应地表现出明显差别。具体来说, 在NCEP再分析资料中, 对流层上层位势高度同样表现出在1992年的年代际突然下降, 而这种变化在UAR资料中并不明显(图略)。

另外, 还检验了ERA-40和JRA-25再分析资料中的中国东部对流层温度和位势高度的变化特征, 发现尽管与UAR资料相比, 这两套再分析资料也出现了系统性的偏低, 但它们在1990年代的年代际变化幅度与UAR资料更为一致, 而远小于NCEP再分析资料(图略)。NCEP再分析资料中表现的中国东部对流层温度和位势高度在1990年代的变化特征与其他各套资料都不一致, 它夸大了1990年代的年代际下降, 这是否意味着NCEP再分析资料可能存在问题, 值得深入探讨。

3.2 对流层与地面气温的匹配性

很多观测和数值模拟研究^[9-11]表明, 东亚地区对流层温度和位势高度与青藏高原地面气温具有非常紧密的联系。因此考察不同资料中的高空与地面气温的联系, 可能可以作为资料评估的一种方法。研究^[6]发现, 在观测资料(UAR和地面160测站温度)中, 华南地区($21^{\circ}\text{--}27^{\circ}\text{N}$, $100^{\circ}\text{--}120^{\circ}\text{E}$)地面气温与其上空对流层各层温度都表现出显著的正相关关系(图3a、b和c)。然而, 在NCEP-I和NCEP-II再分析资料中, 地面气温和其上空对流层温度之间的关系较差。由图3d和g可见, 显著正相关仅出现在700hPa的中国南方地区, 而在500(图3e和h)及200hPa(图3f和i)上, 中国大部分地区没有表现出显著正相关。从上下层匹配性来看, NCEP-I和NCEP-II再分析资料可能存在一定问题。进一步分析发现, 在NCEP-I和NCEP-II再分析资料中, 对流层高层温度(UTT指数)的年度变化成分与华南地区地面气温具有显著正相关关系, 相关系数分别为0.55和0.44, 超过95%统计置信度。然而, 一旦包含年代际信号, 其相关系数则降低为0.25和0.07。上述结果表明, NCEP-I和NCEP-II再分析资料反映的对流层年代际气候变化与观测不一致, 这可能是导致该资料中中国南方地区上下层气候变化不匹配的重要原因。

3.3 NCEP 资料误差的可能原因

通过前面的分析发现, 与其他资料(UAR资料、ERA-40和JRA-25再分析资料)相比, NCEP再分析资料在1992年以后存在系统性偏差, 它在反映1990年代初的对流层气候年代际变化方面可能存在一定误差。

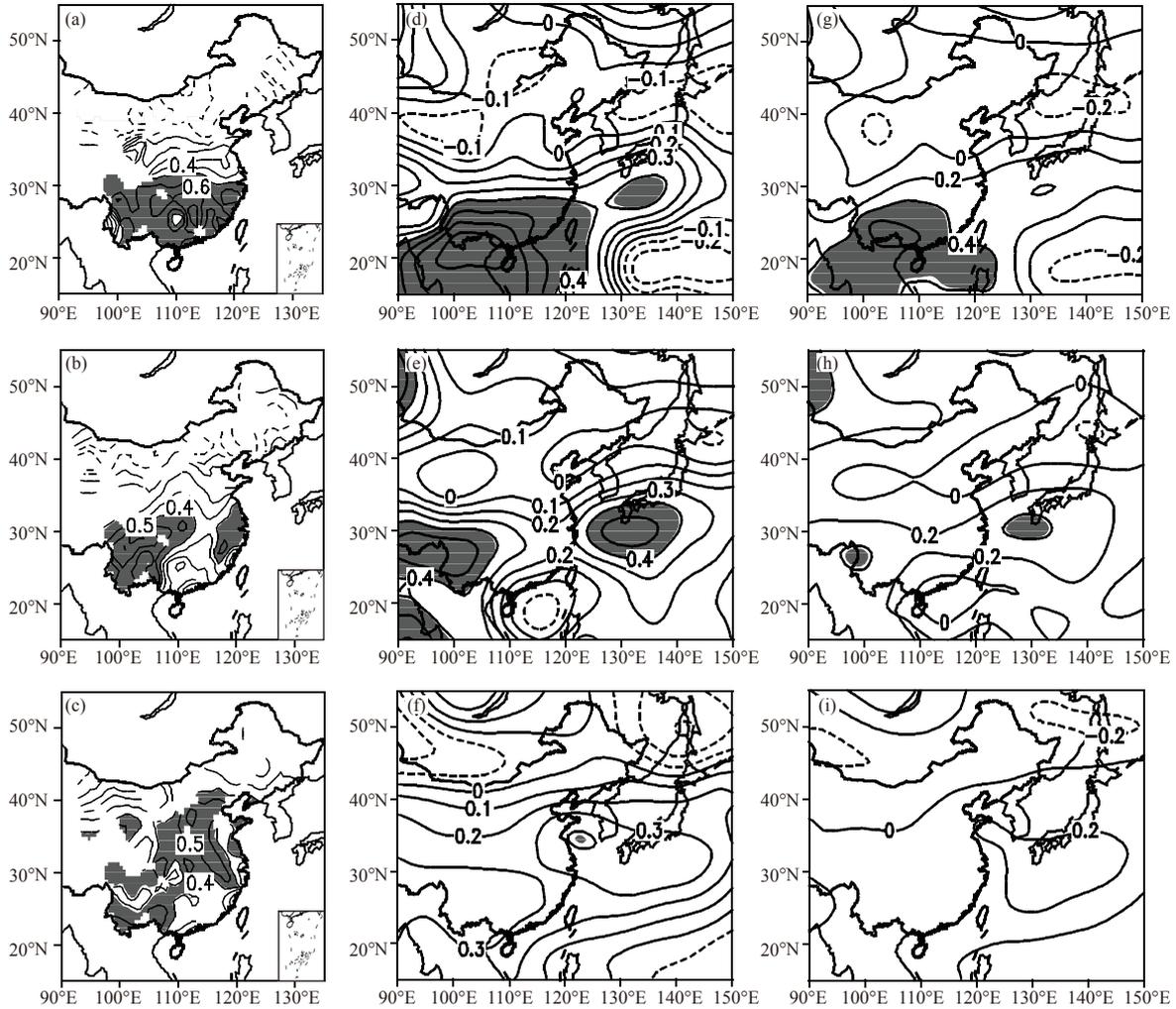


图3 观测资料中华南地区(21°—27°N, 100°—120°E)平均地面气温与对流层各层温度场的相关 (a) 700hPa; (b) 500hPa; (c) 200hPa; (d) — (f) 和 (g) — (i) 同 (a) — (c), 但分别为NCEP-I和NCEP-II资料的结果, 阴影区表示超过95%统计置信度^[6]

实际上, 再分析资料的可靠性取决于很多因素, 如同化资料的数量和质量、同化系统和同化模式等。那么又是什么原因造成NCEP资料的上述误差呢? 图4显示, 1992年之前, 原始观测的中国东部高空温度与经过偏差订正后的结果十分吻合, 因此与最终的NCEP再分析资料也十分一致。而在1992年以后, 偏差订正后的高空温度与原始观测温度相比明显偏低, 造成NCEP再分析资料在这一时段也出现系统性的偏低, 从而导致了虚假的年代际下降。NCEP中的观测数据偏差订正表在1992年有所改变, 是NCEP高空资料在1992年以后出现系统性偏差的重要原因。

4 NCEP资料误差造成的影响

NCEP再分析资料在反映中国东部对流层温度和位势高度年代际变化方面存在误差, 这可能会影

响我们对中国气候年代际变化特征的认识。计算NCEP再分析资料中夏季UTT指数的线性趋势发现, 1981—2000年NCEP-I和NCEP-II再分析资料中的夏季UTT指数的下降趋势分别为 -0.09 和 -0.11 °C/a。而在UAR资料以及其他再分析资料(ERA-40和JRA-25)中, 这种下降趋势要弱很多。其中UAR资料中UTT指数的下降趋势为 -0.04 °C/a, 在ERA-40和JRA-25再分析资料中的下降趋势分别仅为 -0.01 和 -0.02 °C/a。可见, NCEP再分析资料夸大了1981—2000年的对流层温度下降趋势。

图2直观地展示了NCEP再分析资料中中国东部对流层中上层温度在1992年的突然下降。为了进一步阐明NCEP再分析资料误差对认识气候突变造成的影响, 我们对各种资料的夏季UTT指数进行了滑动t检

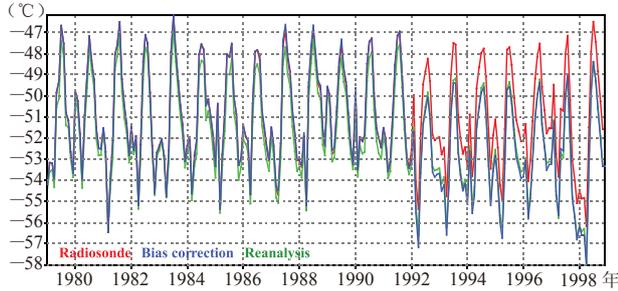


图4 中国东部区域(25°—35°N, 100—120°E)平均200 hPa温度序列(红色为未经过偏差订正的原始序列, 蓝线为偏差订正后的观测温度, 绿线为NCEP再分析序列)^[6]

验(图5)。图5显示, NCEP再分析资料中UTT指数的显著年代际突变的确发生在1992年, 而在其他资料(UAR、ERA-40和JRA-25再分析资料)中, 均未出现显著的年代际突变。

综上所述, NCEP再分析资料的误差将会导致对1990年代的高空气候年代际变化趋势和突变特征的不正确认识, 对气候变化研究造成严重影响。因此, 利用NCEP再分析高空资料研究中国东部气候变化特征及其变化机制时, 应特别谨慎。

5 总结与讨论

通过比较NCEP-I和NCEP-II再分析和探空观测资料中的中国东部地区对流层温度和位势高度发现, NCEP-I和NCEP-II再分析资料的温度和位势高度在1992—2000年与探空观测(UAR)资料相比系统性偏低。NCEP再分析资料中, 中国东部对流层温度和位势高度在1992年表现出显著的年代际突然下降, 而在中国探空观测资料中, 这种下降并不明显。分析中国探空和地面观测资料发现, 华南地区地面气温与其上空的对流层温度具有一致的变化。然而, 由于NCEP再分析资料高估了1992年发生的年代际突变的程度, 导致了该资料中对流层和地面气候变化的不匹配, 说明NCEP再分析资料在反映1990年代的高空气候年代际变化方面可能存在一定偏差。另外, 还分析了其他季节(春、秋、冬)的情况, 发现在其他季节, NCEP再分析资料在1990年代的系统性偏低也很明显(图略)。进一步研究发现, NCEP正好在1992年改变了观测数据偏差订正表, 这可能是造成该资料在1990年代系统性偏低的主要原因。当然, 影响再分析资料可靠性的原因很多, 也很复杂, 可能还有其他原因导致上述问题, 对此仍需进一步探讨。

NCEP反映1990年代初的对流层高层气候年代际

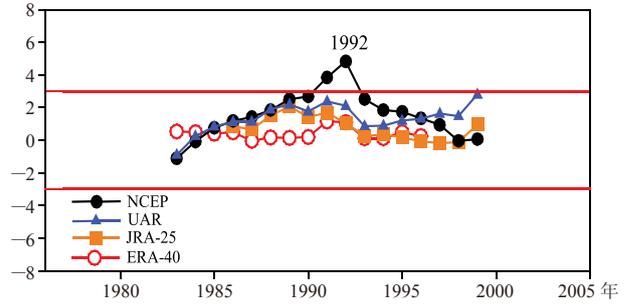


图5 各种资料中1976—2005年夏季UTT指数的滑动t检验值, 红色直线代表99%统计置信度

变化方面存在问题, 它不仅夸大了1981—2000年对流层温度的下降趋势, 也影响对其年代际突变点的正确判断。因此在研究中国东部气候变化特征及其变化机制时, 应谨慎使用NCEP再分析高空资料。另外, 对于中国气候变化及其机理, NCEP资料的问题还可能造成其他不确定性, 这也有待今后深入分析。

致谢: 感谢美国国家环境预报中心(NCEP)、欧洲中期数值预报中心(ECMWF)和日本气象厅(JMA)提供再分析资料, 以及NCEP的J. S. Woollen提供图4。

参考文献

- [1] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull Amer Meteor Soc*, 1996, 77: 437-470.
- [2] Kistler R, Kalnay E, Collins W, et al. The NCEP/NCAR 50-year reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation. *Bull Amer Meteor Soc*, 2001, 82: 247-267.
- [3] Wu R, Kinter III J L, Kirtman B P. Discrepancy of interdecadal changes in the Asian region among the NCEP-NCAR reanalysis, objective analyses, and observations. *J Clim*, 2005, 18: 3048-3067.
- [4] 黄刚. NCEP/NCAR和ERA-40再分析资料以及探空观测资料分析中国北方地区年代际气候变化. *气候与环境研究*, 2006, 11(3): 310-320.
- [5] 赵天保, 符凉斌. 应用探空观测资料评估几类再分析资料在中国区域的适用性. *大气科学*, 2009, 33(3): 634-648.
- [6] Liu G, Zhao P, Wu R G, et al. Potential flaws of interdecadal changes over eastern China around the early 1990s in the NCEP-NCAR reanalyses. *J Geophys Res*, 2012, 117, doi: 10.1029/2011JD016327.
- [7] Uppala S, KÅllberg M P W, Simmonds A J, et al. The ERA-40 reanalysis. *Quart J Roy Meteor Soc*, 2005, 131: 2961-3012.
- [8] Onogi K, Tsutsui J, Koide H. The JRA-25 reanalysis. *J Meteor Soc Japan*, 2007, 85: 369-432.
- [9] Zhao P, Yang S, Yu R C. Long-term changes in rainfall over eastern China and large-scale atmospheric circulation associated with recent global warming. *J Clim*, 2010, 23: 1544-1562.
- [10] Wang Y X, Zhao P, Yu R C. Inter-decadal variability of Tibetan spring vegetation and its associations with eastern China spring rainfall. *Inter J Clim*, 2010, 30: 856-865.
- [11] Wang B, Bao Q, Hoskins B, et al. Tibetan Plateau warming and precipitation changes in East Asia. *Geophys Res Lett*, 2008, 35: L14702, doi:10.1029/2008GL034330.