

1958—1986 年中国对流层和平流层 低层的温度变化*

白肇烨 徐健青

(甘肃省气象局) (兰州干旱气象研究所)

北半球地面平均温度变化的总趋势是,1940 年左右增暖达到了峰值,继之变冷直到 60 年代中期,此后从 1970 年左右又转入了一个新的增暖期^[1-3]。50 年代至 70 年代北半球自由大气,特别是对流层下半部,温度变化趋势大体与地面温度变化趋势一致^[4-7]。由于一些作者使用的是格点资料,对精度有一定的影响,因此各个结果之间有相当差异^[8]。J. K. Angell 和 J. Korshover^[9-10]1975 年以来直接使用探空站资料研究全球各纬带自由大气的温度变化,其近期的研究结果指出^[11-12],1958 年开始的地面和对流层的十年降温已为此后的升温所抵消,1981 年的温度已超过了 1958—1959 年;1960—1985 年北半球对流层和地面温度变化的总趋势是增暖的,对流层顶和平流层低层则是变冷的。中国区域内自由大气和地面温度变化如何?本文在这方面作了探讨,发现了一些有意义的结果。

1. 资料和方法

本文使用了 1958—1986 年我国 25 个探空站(图 1 e 标明了站点位置)的 100, 300, 500, 700 hPa 和地面层的月平均温度,极少数缺测和错误记录用插值法予以补充和修正。取 300, 500 和 700 hPa 三层温度的平均值¹⁾估计对流层温度,取 100 hPa 温度估计平流层低层温度,地面温度以探空观测的地面层温度表示,然后计算各层温度对时间的线性回归,以回归系数估计温度的变化。此外还重叠计算了不同时段温度变化,可以通过比较估计温度变化趋势的演变。

2. 年平均温度变化

图 1 是中国区域内两个时段平流层低层、对流层和地面层的年平均温度变化分布。地面温度的增暖区和变冷区呈鞍形分布(图 1 e, f); 两个增暖中心分别位于青藏高原和华北北部至东北区。两个变冷区南北对峙,长江中游至东南沿海的变冷区相当明显并持续存在。此外南方沿海还有一小片弱的增暖区。1973—1986 年与 1961—1986 年的变化相比,我国东部的增暖明显地加强,位于华北的中心达到 $0.8^{\circ}\text{C}/10$ 年,但是其它大部分地区的增暖趋于减弱或变冷趋于加强且范围扩大,南北两个变冷区互相连通。对流层的温度变化(图 1 c, d)全国几乎都是变冷的,最大降温区自西南向东北方伸展,大体上与地面的增暖区对应。1973—1986 年大部分变冷趋势有所减弱,但华北的降温中心却加强到 $-0.6^{\circ}\text{C}/10$ 年,并与地面的增暖中心对应。可见华北北部是 70 年代以来温度变化最剧烈的地区。平流层低层的温度变化(图 1 a, b)在中国西北半部是增暖的,东南半部温度先降后升。

表 1 是我国不同纬带的温度变化。北方和南方以 35°N 为界,前者表示我国中纬度带,后者为副热带。同时引入相近时段北半球平均温度变化^[12],以作比较。由表 1 可见我国北方地面增暖最为明显,同北半球的增暖趋势一致,1965—1986(1985)年增暖幅度最大,但是南方地面温度变化值很小,而且近期(1975—1986)出现了较明显的降温,致使全国同期平均温度转为微降趋势。大气中 CO_2 含量倍增的数值

* 本文于 1989 年 6 月 30 日收到, 1990 年 7 月 14 日收到最后修改稿。

1) 格尔木、拉萨两站接近或超过 700 hPa 高度,故只取 300 和 500 hPa 温度平均值。

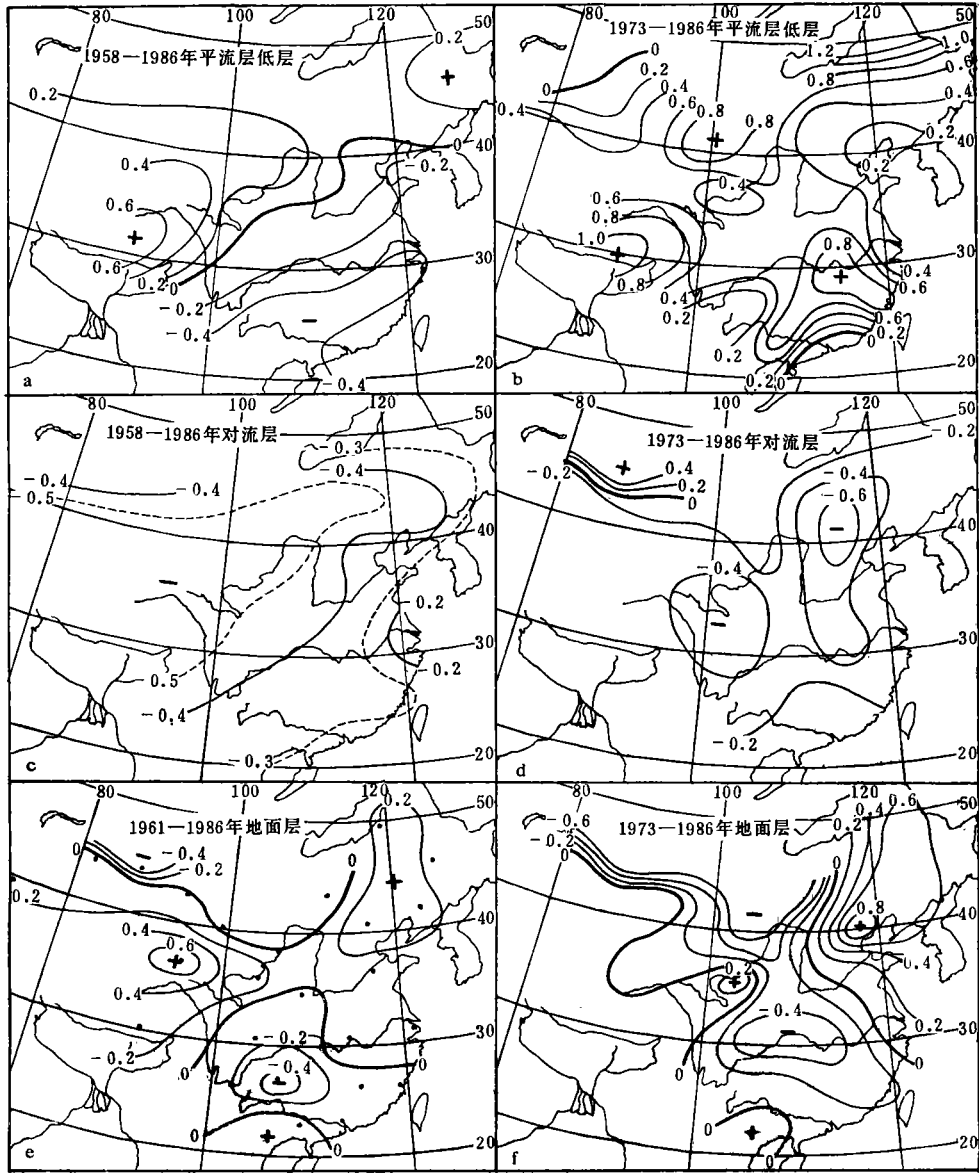


图 1 年平均温度变化(°C/10年)分布

模拟结果指出高纬度的增暖大于低纬度^[13],上述我国北方和南方温度变化趋势与数值模拟结果一致。全国各层温度变化趋势与北方相同,不过变化值较小;南方少数时段与全国趋势相反。我国对流层的变冷和平流层低层的增暖同北半球的变化趋势相反,这是我国地区性的特殊现象。

图2给出了我国各层温度变化的时间演变曲线。可以看到60年代对流层和地面都是降温趋势,这同北半球一致^[5-7]。但是70年代以来对流层继续降温而地面却转为升温,这二者表现了相反的趋势,北方特别明显。这种现象在一些纬带10年时间尺度(1966—1976)的变化中也出现过,但较少见^[9]。

一些研究指出,不同地理区域上的温度变化对北半球的温度变化有不同的贡献。北半球变冷时主要降温区在低纬度^[4],反之北半球增暖时主要升温区在高纬度^[14]。J. Namias^[14]分析的9个北半球暖

表 1 中国北方、南方、全国及北半球温度变化(°C/10年)

	南方	北方	全国		北半球
100hPa				100—50 hPa	
1960—1986	-0.13	0.22	0.06	1960—1985	-0.09
1965—1986	0.14	0.24	0.19	1965—1985	-0.02
1970—1986	0.58	0.70**	0.64*	1970—1985	-0.06
1975—1986	0.08	0.37	0.23	1975—1985	-0.28
700—300 hPa				850—300 hPa	
1960—1986	-0.35**	-0.46**	-0.41**	1960—1985	0.01
1965—1986	-0.17	-0.34**	-0.26**	1965—1985	0.13
1970—1986	-0.09	-0.29*	-0.20	1970—1985	0.17
1975—1986	0.02	-0.28	-0.14	1975—1985	0.11
地面				地面	
1961—1986	-0.03	0.18*	0.08	1960—1985	0.12*
1965—1986	0.04	0.27*	0.16	1965—1985	0.21*
1970—1986	0.06	0.25	0.16	1970—1985	0.19
1975—1986	-0.13	0.05	-0.03	1975—1985	0.09

*和**分别表示 t 检验信度达到0.05和0.01显著性水平。

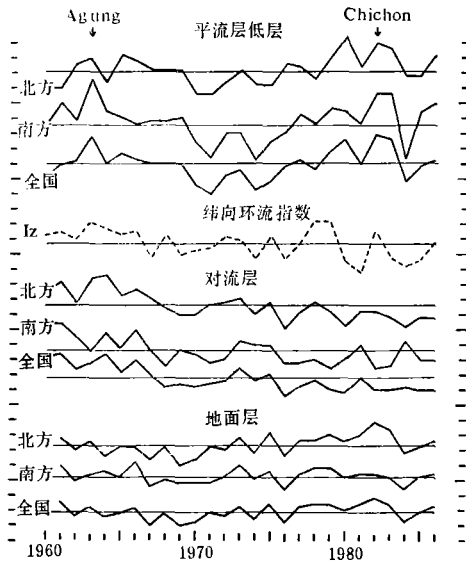


图 2 中国各层温度和东亚中纬度纬向环流指数的时间变化曲线 (纵坐标每格分别代表 0.5°C(气温), 0.1 dagpm/纬度(纬向环流指数); 横线为同期温度及环流指数平均值)

年代初期是两个峰值, 其中 1963 年春季印度尼西亚 Agung 和 1982 年春季墨西哥 El Chichon 火山爆发的当年都有较大升温。

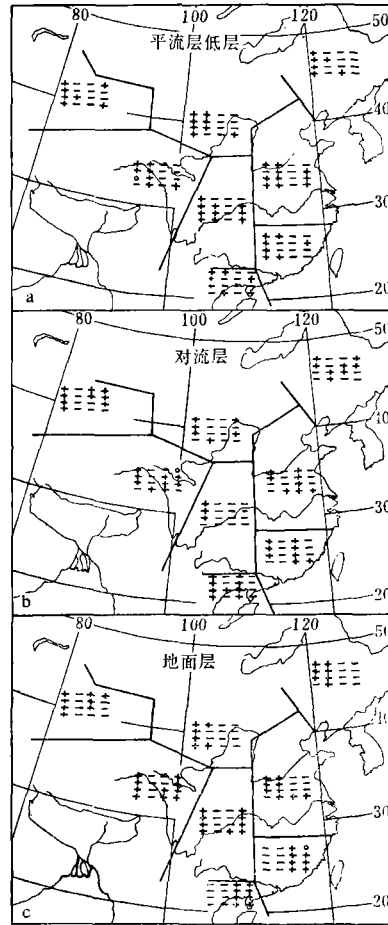


图 3 季温度相对变化分布 (每组符号, 各列自左至右依次表示冬、春、夏、秋各季, 各行表示时段, 自上至下为 1958—1986 [地面为 1961—1986], 1963—1986, 1968—1986, 1973—1986)

冬亚洲对流层主要暖区位于乌拉尔-里海, 主要冷区在东亚-南亚。它们之间的西风带应减弱和南移。我们将亚洲(60°—150°E) 500 hPa 上 45°—65°N 间逐年的纬向环流指数点绘在图 2 上, 同对流层温度变化比较, 二者的变化有很好的 consistency, 1960—1986 年总趋势都是减小的, 同北方的对应关系尤为密切。因此北半球增暖导致的东亚纬向环流指数减弱可能是我国对流层温度变冷的原因。而大气中 CO₂ 含量增加引起的增暖只表现在近地面层。平流层低层温度在 60 年代前期和 80

3. 季平均温度变化

季平均温度变化仍然反映了年温度变化的总趋势，但存在一定的差异和地域性分布特征。我们计算了各季温度变化与年温度变化的差值，这里仅将其符号分区标注在图3上。正号表示季增温大于年增温或季减温小于年减温，负号表示季增温小于年增温或季减温大于年减温。故可称为季温度的相对变化。由图3c可见除东南沿海外大部分地区都有地面温度冬季相对增暖的现象，与大气CO₂倍增时数值模拟的冬季增暖最强^[13]是一致的。东亚北支西风气流控制下的青藏高原以北、东北、东部沿海各区为冬春季相对增暖而夏秋季相对变凉；东亚南支西风气流控制下的南方和东南沿海为冬春季相对变冷而夏秋季相对增暖；新疆、青藏高原和西南区则为相对的冬增暖春变冷，其中后两个区还有明显的秋季增暖现象。这三个季温相对变化相似的大区与东亚大型环流相对应的事实表明季温变化与环流变化有密切关系。对流层的变冷(图3b)在我国东南沿海的三个区以春秋季节较强；内陆的四个区除春季较强外，青藏高原以北夏季、西南区夏秋季也较强。总之，全国大部地区都具有春季变冷较强的现象。平流层低层(图3a)各地区的增暖以冬季或春季较强。

4. 结语和讨论

中国地区性温度变化与北半球尺度的平均温度变化，在地面层有相当的一致性，但也有一定的差别，而自由大气中则有明显的差异。近十几年华北地面温度增暖相当剧烈，不过我国中部西部的增暖已趋于减弱，历史气候变化也没有这么大，因此这种强烈增暖应是较短时期的，未必能长期持续下去。但是这种变化的原因是什么，能延续多久？都是值得进一步研究的问题。

参 考 文 献

- [1] Jones, P. D., T. M. L. Wigley and P. M. Kelly, Variations in surface air temperature: part 1, Northern Hemisphere, 1881-1980, *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 59-70, 1982.
- [2] Yamamoto, R., and M. Hoshiai, Fluctuations of the Northern Hemisphere mean surface air [temperature during recent 100 years, *J. Meteor. Soc. Japan*, **58**, 187-193, 1980.
- [3] Hansen, J. E., D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff, P. Lee, D. Rind and G. Russel, Climatic impact of increasing atmospheric carbon dioxide, *Science*, **213**, 957-966, 1981.
- [4] Starr, V. P., and A. H. Oort, Five-year climatic trend for the Northern Hemisphere, *Nature*, **242**, 310-313, 1973.
- [5] Kukla, G., J. Angell, J. Korshover, H. Drania, M. Hoshiai, J. Namias, M. Redwald, R. Yamamoto and T. Iwashima, New data on climatic trends, *Nature*, **270**, 573-580, 1977.
- [6] Harley, W. S., Trends and variations of mean temperature in the lower troposphere, *Mon. Wea. Rev.*, **106**, 413-416, 1978.
- [7] 王绍武、赵宗慈，北半球对流层下部温度变化的研究，*气象学报*，**42**，2，238-245，1984。
- [8] Parker, D. E., Climate change or analysis' artifice—a study of gridpoint upper air data, *Meteor. Mag.*, **109**, 129-152, 1980.
- [9] Angell, J. K., and J. Korshover, Estimate of the global change in tropospheric temperature between 1958 and 1973, *Mon. Wea. Rev.*, **103**, 1007-1012, 1975.
- [10] Angell, J. K., and J. Korshover, Global temperature variations, surface-100mb: an update into 1977, *Mon. Wea. Rev.*, **106**, 755-770, 1978.
- [11] Angell, J. K., and J. Korshover, Global temperature variations in the troposphere and stratosphere, 1958-1982, *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 5, 901-921, 1983.
- [12] Angell, J. K., Annual and seasonal global temperature changes in the troposphere and low stratosphere, 1960-85, *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 10, 1922-1930, 1986.
- [13] Manabe, S., and R. T. Wetherald, On the distribution of climate change resulting from an increase in CO₂-content of the atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, **37**, 99-118, 1980.
- [14] Namias, J., Some concomitant regional anomalies associated with hemispherically averaged temperature variations, *J. Geophys. Res.*, **85**, 1585-1590, 1980.

TEMPERATURE CHANGES IN THE TROPOSPHERE AND LOW STRATOSPHERE OVER CHINA, 1958—1986

Bai Zhaoye

(Meteorological Bureau of Gansu Province)

Xu Jianqing

(Lanzhou Institute of Arid-meteorology)

Abstract

The data of 25 radiosonde stations in China has been used to estimate mean-annual and mean-seasonal temperature changes of the earth surface, troposphere and low stratosphere. It has been found that mean-annual temperature has mainly increased in low stratosphere, and has decreased in troposphere over most areas of China with maximum cooling area beginning in Qingzang Plateau, passing through North China and ending in Northeast China.

The surface warming and cooling areas have showed a col pattern with warming regions in west and east and cooling regions in south and north over China. If boundary is ordered at 35°N , the Northern China has warmed on surface and the Southern China temperature change has been small. Therefore, surface warming has been found in the whole China as in the Northern Hemisphere. During the period of 1975—1986, the maximum warming was in North China, and cooling become strong in other regions.

Troposphere cooling over China, different from troposphere warming in the Northern Hemisphere, maybe has some relationship with weakening and southward displacing of middle latitude upper westerlies over East Asia.

Obvious surface warming in winter and tropospheric cooling in spring have also been found in most areas of China.