

文章编号: 1000-2022(2002) 05-0633-07

近 50 a 华北地区冬季气温的时空变化特征

张友姝¹, 王谦谦¹, 钱永甫², 孙 燕¹

(1. 南京气象学院 大气科学系, 江苏 南京 210044; 2. 南京大学 大气科学系, 江苏 南京 210008)

摘 要: 利用我国 160 站 1951—2000 年的月平均气温资料, 在分析华北地区气温变化的季节—年际变化特征的基础上, 重点分析了冬季的年际、年代际变化的时空特征。发现: 冬季气温在 50、60 年代较低, 70 年代开始升高, 80 年代变化较为平缓, 90 年代增暖程度加大, 50 a 来有显著的增暖趋势, 达 $0.27\text{ }^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。华北地区冬季气温的升高趋势与中国大部分地区是一致的, 且是升高最明显的地区之一。

关键词: 华北地区; 冬季气温; 季节; 年际; 年代际

中图分类号: P463.1 **文献标识码:** A

20 世纪 80 年代以来, 全球气候变暖, 这不仅引起气象学家的注意, 政府部门及公众对气候变化的关注也与日俱增。对于这一问题, 各国学者从不同角度作了大量研究, 并取得了许多有意义的成果。IPCC 于 1995 年对近 100 a 全球的气温变化事实作出评估^[1], 认为全球增暖趋势为 $0.3\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (每 100 a)。我国学者林学椿等^[2]的研究表明, 中国的年平均温度的变化与北半球年平均温度变化基本一致, 但也存在几点较大的差异, 我国现代气候变暖主要表现在冬季。屠其璞等^[3]对中国近 117 a 年平均气温变化的区域特征进行研究, 认为我国年平均气温可以分为 8 个变化区, 每一个区都有升温趋势, 华北的升温幅度大约为 $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}/(100\text{ a})$ 。

过去有关气温研究方面的文章很多, 但大多要么研究全国范围^[2], 要么是年平均温度^[3]。我国气温变化情况十分复杂, 其区域性和季节性特征十分明显, 华北地区气温变化也有自身特点, 特别是近年来的暖冬和酷夏非常引人注目。华北地区资源丰富, 人口众多, 经济发达, 是我国小麦、棉花等农作物的主产区之一, 也是首都北京所在地, 其重要性不言而喻。所以对该地区近 50 a 来气温变化事实作出诊断分析, 对今后提高该地区气温预测的准确性是很有必要的。本文把全国气温的变化情况作为大背景, 来了解华北地区气温的季节—年际变化特征, 并重点分析冬季气温的年际变化、年代际变化等基本气候特征。

本文采用的资料为国家气象中心整编的 1951 年 1 月—2000 年 10 月中国 160 站的月平均气温, 用 12 月—次年 2 月的平均代表冬季, 如: 1960 年的冬季表示 1960 年 12 月—1961 年 2 月, 故本文中冬季共有 49 a。文中华北地区的代表站是根据“九五”重中之重项目执行组提出的方案选定的, 即: 承德、北京、天津、石家庄、德州、邢台、安阳、烟台、青岛、潍坊、济南、临沂、荷

收稿日期: 2001-10-30; 改回日期: 2002-04-04

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 G199804900-1

第一作者简介: 张友姝(1976-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 硕士。

泽、郑州、长治、太原、临汾等 17 个站,南北跨 7 个纬度,东西跨 12 个经度。文中所指全国气温、华北气温是分别对 160 站和华北 17 站进行算术平均得到的。

1 几点说明

(1) 本文使用的方法主要有线性倾向估计^[4]和合成分析。

(2) 两类距平的定义^[5]

设要素 x 为月平均值的时空序列, $x = x(i, j, k)$, 其中 $i = 1, 2, \dots, n$ 代表年序, n 为资料的总年数; $j = 1, 2, \dots, m$ 代表月序, m 为总月数; $k = 1, 2, \dots, K$ 代表空间站点序, K 代表总站点数。

1) 第一类距平

此类距平的平均量定义为

$$\bar{x}(j, k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(i, j, k)。$$

由定义可知 $\bar{x}(j, k)$ 表示 k 站的第 j 月的 na 平均值。定义第一类距平为

$$x_1(i, j, k) = x(i, j, k) - \bar{x}(j, k)。$$

因此第一类距平表示第 i 年第 j 月的月平均值 $x(i, j, k)$ 与当月多年(na)平均值($\bar{x}(j, k)$)之差,这也是我们通常用来度量要素 x 异常的距平定义。如果固定某月 j , 分析它的时空序列特征,可以得到要素 x 在第 j 月的年际变化特征。

2) 第二类距平(即文献[5]中的第三类距平)

此类距平的平均量定义为

$$\tilde{x}(k) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{x}(j, k) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(i, j, k) \right]。$$

可见 $\tilde{x}(k)$ 表示 k 站的以月为单位的时间序列的平均值,即某要素的多年的年平均值。

定义第二类距平

$$x_2(i, j, k) = x(i, j, k) - \tilde{x}(k)。$$

因此第二类距平表示要素 x 在第 i 年第 j 月的月平均值 $x(i, j, k)$ 与要素的多年的年平均值 $\tilde{x}(k)$ 之差,它即包含年际变化,又包含季节变化。分析它的时空序列可以得到要素的季节及年际变化的时空特征。

2 华北地区气温的季节—年际变化特征

由图 1 知,气温异常在每个月都有发生,但从强度和频率上看,以冬季最大,春秋次之,夏季最小,冷暖异常集中发生在冬季,特别是 2 月。四个季节基本上都以 1975 年左右为界,之前多为冷异常,之后多为暖异常,说明在这前后,华北地区的气温特别是冬季气温的变化趋势发生了较明显的转变。

再看第二类距平的季节—年际变化特征(图 2)。如果仅从气温的角度来定义四季(距平值 12 为夏季;距平值 -11 ~ -11 为春季或秋季;距平值 -12 为冬季)的话,则图中的距平值明显地表现出了四个季节。从中我们可以看出华北地区逐年某季开始或结束的大致时间,以及高(低)温持续时段的长短。例如夏季,一般都开始于 6 月,结束于 8 月,高温出现在 7 月,整个夏季历时三个月,但也有特殊年份,比如 1954、1976、1993 年,不仅夏季持续时间短,而且气温偏低。特别是 1976 年,根据文献[6]的记载,这一年的 3—8 月的月平均气温,全国大

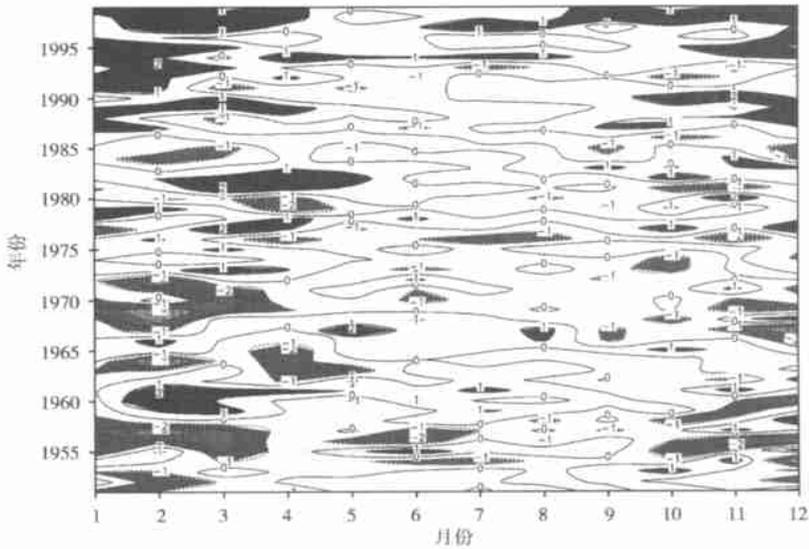


图 1 华北地区 1951—1999 年逐月气温异常第一类距平的季节—年际变化
(阴影区绝对值大于 1; 单位:)

Fig. 1 The seasonal and interannual variation of the first type air temperature anomalies in North China during 1951—1999
(absolute values greater than 1 are shaded; units:)

部分地区持续较常年同期偏低, 尤以 7 月中旬和 8 月下旬偏低显著; 但是 1997 年夏季却来的早走的晚, 气温偏高。冬季气温从 80 年代开始也有一个低温持续时间逐年缩短、负距平绝对值越来越小的变化趋势。以下本文将重点分析华北地区的冬季气温年代际、年际变化的时空特征。

3 年代际变化的时空特征

3.1 空间分布

20 世纪 50 年代(图 3a), 全国除西南地区外, 普遍偏冷, 华北是全国冬季气温异常偏低最明显地区之一, 其中西部比东部更明显。60 年代(图 3b), 气温正距平区域开始向东扩展, 这包括西南、甘肃、陕西等部分西北地区, 华北除了承德附近出现正距平外, 其余仍处于负距平区, 但数值上反映出比 50 年代略有升温。从 70 年代到 90 年代这 30 a 中(图 3c-e), 全国基本上都为正距平, 说明自 70 年代开始, 我国冬季气温全面进入了一个增温期。其中华北是增温幅度最大的区域之一, 其西部比东部更明显。增温幅度随年代增加而增大。

综上所述, 在这 50 a 里, 华北冬季气温距平大致经历了由负到正的变化过程, 为近半个世纪来中国的主要升温区之一, 这与文献[3]的结论一致。华北地区的冬季气温与中国东部冬季气温变化的步调比较一致, 即 50、60 年代为偏冷期, 从 70 年代至今处于偏暖期。增暖幅度上, 华北地区内部有东西之分, 沿海地区总是要小于内陆地区。

3.2 时间演变

为了更好地分析这 50 a 里华北地区冬季气温的长期变化趋势, 本文用二项式系数加权平均法^[7-8]对其标准化时间序列作滑动平均, 这种滑动平均比较好地去掉高频变化部分, 不会有明显的年际变化特征, 并能较好地反映较长周期的气候变化情况。文中作的是 11 a 滑动。

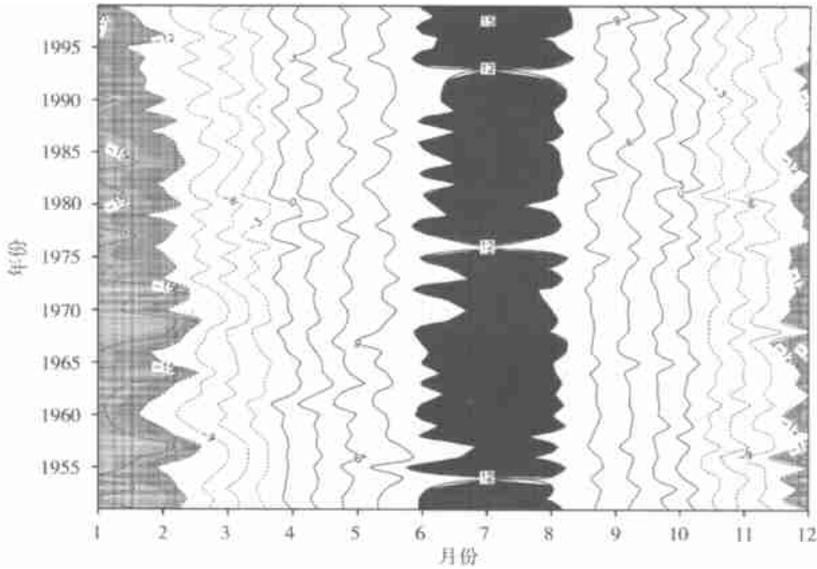


图 2 华北地区 1951—1999 年逐月气温异常第二类距平的季节—年际变化
(阴影区绝对值大于 12; 单位:)

Fig. 2 The seasonal and interannual variation of the second type air temperature departures in North China during 1951—1999
(absolute values greater than 12 are shaded; units:)

由图 4 虚线可见, 华北地区冬季气温总体上呈明显上升态。在这 49 a 里, 共有三个降温期和三个升温期, 降温期是 50 年代前期、60 年代初至 60 年代中后期和 80 年代前期, 前两个时期的降温幅度较大, 后一个比较平缓; 升温期是: 50 年代后期、70 年代中后期和 80 年代中期至今, 前二个时段升温不甚明显, 后一个时期增暖最为显著, 而且达到这 50 a 的最高峰。

总体说来, 华北地区冬季气温是在升高的, 但这只是一种定性的认识, 增暖幅度到底为多少呢? 为此, 本文又在气温变量与时间之间建立一元线性回归, 作了线性倾向估计。为便于相互比较, 还对年平均气温及冬、夏季气温作了分析, 得到表 1。

表 1 华北地区年平均气温、冬季气温、夏季气温的线性倾向估计

Table 1 Linear trend estimates of the annual, winter and summer mean temperatures in North China

	年平均气温	冬季气温	夏季气温
回归系数/($\cdot (10 \text{ a})^{-1}$)	0.160 5	0.273 1	0.067 9
相关系数 r	0.544 9	0.584 1	0.160 4

r 为气温变量与时间之间的相关系数。确定显著性水平 0.05, $n=50$ 时, $r_{0.05}=0.273 2$ 。由表 1 可得到如下结论: 1) 华北地区的冬季气温、年平均气温、夏季气温都有增暖变化趋势, 增暖速率: 冬季最大(显然我们的计算值要比文献[3]的大一些), 年平均次之, 夏季最小; 2) 在 0.05 的显著性水平下, 华北地区冬季和年平均气温均能通过检验, 两者与时间呈正相关关系, 说明冬季气温和年平均气温随时间变化而增暖的趋势是显著的, 但夏季不能通过显著性水平 0.05 的检验, 表明华北的夏季气温随时间变化而增暖的趋势是不明显的。

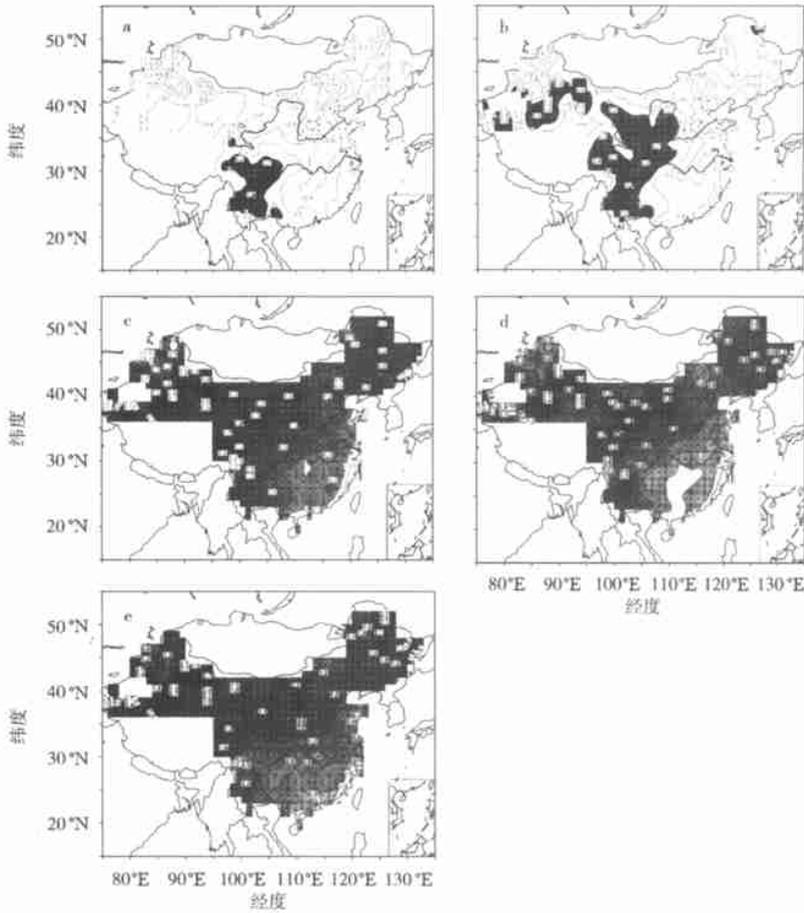


图 3 各年代的冬季气温距平分布(阴影区为正;单位:)

a. 50 年代; b. 60 年代; c. 70 年代; d. 80 年代; e. 90 年代

Fig. 3 Distributions of the winter air temperature departures in the last five decades(the shaded areas are positive; units:)

a. 1950s; b. 1960s; c. 1970s; d. 1980s; e. 1990s

4 年际变化的时空特征

4.1 空间分布特征

图 5 中均方差数值的大小可以表示年际变化的程度。可见, 位于太行山以东的华北平原地区年际变率最大, 最大值可达 $1.4 / a$; 黄淮平原北部和山东丘陵地区较小; 山东半岛最小。这种分布形式显然是与地形及海洋影响^[9]有关的。

4.2 时间变化特征

图 4(实折线) 给出华北地区冬季气温的年际变化特征。我们定义气温标准化距平小于 -1.0 为冷冬年, 大于 1.0 为暖冬年。以这个标准得到了 8 个冷冬年和 9 个暖冬年: 华北地区冷冬年有 1952, 1954, 1956, 1963, 1966, 1967, 1968, 1971 年; 华北地区暖冬年有 1978, 1988, 1990, 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 1998 年。

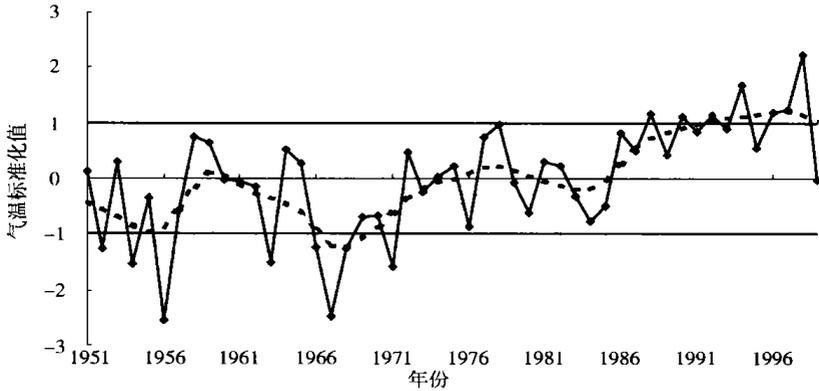


图 4 1951—1999 年华北地区冬季气温标准化序列及 11 a 滑动平均曲线(虚线)

Fig. 4 Sequences of winter air temperature standard departure (solid line) and the 11-year running average (dotted line) in North China during 1951—1999

由图 4 可以看到,在标准化曲线上有一个较明显的分界点(1986 年),这之前华北地区冬季气温的年际变化振幅较大,之后虽然振幅较小,但平均值较高,这与前述的 11 a 滑动平均的结论相符。最冷年为 1956 年,最暖年为 1998 年。华北地区的冷冬年集中在 1976 年以前(50 年代有 3 个,60 年代有 4 个,70 年代 1 个);暖冬年全出现在 70 年代末以后,特别是 90 年代有 7 个暖冬年,占 7/9 强,说明进入 90 年代以来华北地区冬季气温的升温是十分显著的。下文作华北地区的冷、暖冬年同期全国气温距平的合成分析。

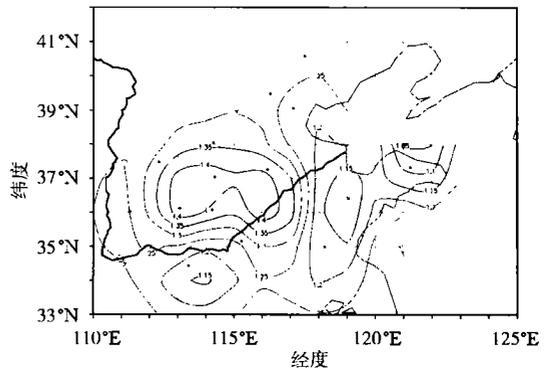


图 5 华北地区冬季气温均方差空间分布(单位:)

Fig. 5 The spatial distribution of the winter temperature standard error in North China (units:)

5 冷、暖冬年同期全国气温距平的合成分析

华北处在冷冬年(图 6a)时,除了西南的小部分地区气温正常外,全国绝大部分地区偏冷,偏冷强度自南向北逐渐加强,最强区在内蒙中部及东部、东北部分地区和北疆西北部。华北处在暖冬年(图 6b)时,全国一致偏暖,偏暖强度也是北强而南弱,强度比较大的地区有内蒙中东部、东北部分地区和北疆少部分地区,西南的偏暖程度最弱。综合上述分析可见,华北地区冬季气温与东北、内蒙的中东部、西北地区不仅在变化趋势上较一致,而且在幅度上也相差不多。

6 结论

(1) 华北地区冬季气温 80 年代中期之前处于相对低温时段,1967 年左右达到低谷,80 年代中期以后华北冬季气温开始持续增温,并达到 50 a 的最高峰。(2) 华北地区冬季气温随时间变化而增暖的趋势显著,达 $0.27 \text{ } ^\circ\text{C}/(10 \text{ a})$ 。(3) 华北地区冬季气温的升高与中国大部分地区一致,且是升温最明显的地区之一,从增温的幅度上看华北的西部比东部大。

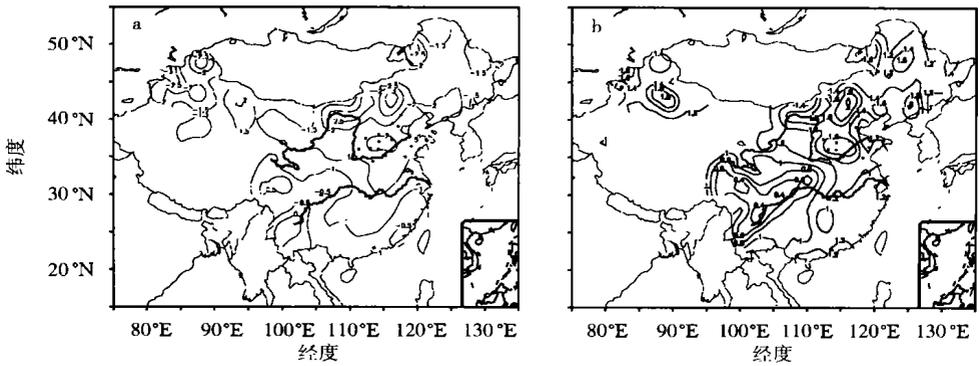


图6 华北地区冷冬年(a)、暖冬年(b)同期全国气温距平的合成(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 6 The composite anomalies of winter temperature in the whole china(units: $^{\circ}\text{C}$)

a. colder years in North China; b. warmer years in North China

参考文献:

- [1] Houghton J.T. The science of climate change[R]. Climate change 1995, IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [2] 林学椿, 于淑秋, 唐国利. 中国近百年温度序列[J]. 大气科学, 1995, 19(5): 530-531.
- [3] 屠其璞, 邓自旺, 周晓兰. 中国近 117 年年平均气温变化的区域特征研究[J]. 应用气象学报, 1999, 10(增刊): 34-41.
- [4] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 43-45.
- [5] 王叶红. 长江中下游气候异常特征与我国近海海温异常关系的初探[D]. 南京: 南京气象学院大气科学系, 1999: 5-6.
- [6] 冯佩芝, 李翠金, 李小泉, 等. 中国主要气象灾害分析(1951—1980)[M]. 北京: 气象出版社, 1985: 173-174.
- [7] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [8] 丁裕国, 江志红. 气象数据时间序列信号处理[M]. 北京: 气象出版社, 1998: 194-201.
- [9] 顾庭敏. 华北平原气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 30-31.

Spatial/Temporal Variations of Winter Air Temperature in North China in recent 50 Years

ZHANG You-shu¹, WANG Qian-qian¹,
QIAN Yong-fu², SUN Yan¹

(1. Department of Atmospheric Sciences, NIM, Nanjing 210044, China;

2. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210008, China)

Abstract: By use of the monthly mean air temperature data at 160 stations in China during 1951—2000 and based on the analysis of seasonal and interannual variations, the interannual and interdecadal variations of the air temperatures in North China are emphatically studied in this paper. It is found that the air temperatures in winter in North China were lower in 1950—1960's, began to rise in 1970's, changed smoothly in 1980's and got much warmer in 1990's. The warming trend was obvious in the recent 50 years and reached to a rate of $0.27^{\circ}\text{C}/10\text{-year}$. The trend in North China was similar with those in the most areas of China, however, its warming rate was the highest among them.

Key words: North China; winter temperature; season; interannual; interdecadal