

张姝丽, 张德山, 冯涛, 等. 2009. 北京“数九”时节的气候特征及其变化分析 [J]. 气候与环境研究, 14 (5): 561–566. Zhang Shuli, Zhang Deshan, Feng Tao, et al. 2009. Analysis of the climate features and their change during the period of “shu jiu” in Beijing [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 14 (5): 561–566.

北京“数九”时节的气候特征及其变化分析

张姝丽 张德山 冯涛 李世明

北京市专业气象台, 北京 100089

摘要 根据北京市观象台 1971~2007 年“数九”时节的逐日气象要素资料, 利用统计学方法, 分析了北京“数九”时节的气候特征及其变化情况。结果显示: 北京的寒冷阶段在“三九”至“五九”, 这期间在“三九”末到“四九”初日平均气温连续 4 天维持在最低值 -3.8°C , 各“九”的极端最低气温是 -18.3°C , 出现在“五九”的第 1 天; 各“九”平均气温的最低值是 -3.5°C , 出现在“三九”, 因此, 最冷的时段是“三九”; “数九”时节 81 天的平均气温在 70~90 年代变暖较快, 其增温幅度为 $1.25^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$; 各“九”平均气温随年代顺序变化亦属变暖趋势, “五九”的变暖幅度最大, 达到 $1.38^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ 。

关键词 “数九”时节 气象要素 变暖趋势 气象服务

文章编号 1006-9585 (2009) 05-0561-06 **中图分类号** P467 **文献标识码** A

Analysis of the Climate Features and Their Change during the Period of “Shu Jiu” in Beijing

ZHANG Suli, ZHANG Deshan, FENG Tao, and LI Shiming

Beijing Weather Information Service, Beijing 100089

Abstract Using daily meteorological factors of the meteorological observatory from 1971 to 2007 during the period of “Shu Jiu” (the nine periods following the winter solstice) in Beijing, on the basis of the statistical method, the climate features and the change during the period are analyzed. The results reveal that the cold stage in Beijing happens from the third period to the fifth period. From the end of the third period to the start of the fourth period, the average temperature is 3.8 degrees below zero which is the minimum value and lasts for 4 days. The extreme lowest temperature is 18.3 degrees below zero which appears in the first day of the fifth period. The lowest average temperature is 3.5 degrees below zero and appears in the third period. The coldest period is the third period. Moreover, the average temperature for the 81 days in the period of “Shu Jiu” turns warmer quickly from the 1970s to the 1990s, with an amplitude of 1.25 degrees. The average temperature of each period shows a trend of warming, the fifth period has the biggest variation range which is 1.38 degrees each decade.

Key words the period of “Shu Jiu”, meteorological factor, trend of warming, weather service

1 引言

“数九”是从冬至那天开始数起，每九天算一“九”，叫做“一九”、“二九”……一直到九九八十一天结束，即阳历 12 月 22 日~3 月 12 日前后这段时间。这时期我国除华南等局部地区外，基本上都受冷高压控制，随着北方寒潮天气一次次爆发南下，一场场风雪伴随而来，气温猛降，天寒地冻，就是所谓的“数九寒天”了。因此，“数九”可以反映我国冬季气温变化的大概情况。由于我国地域广阔，各地民间流行的描述各“九”物候现象的“九九歌”内容也不尽相同。

北京人自古就有“冷在三九、热在三伏”的气候观念。但是，北京是否真的冷在“三九”？在全球气候变暖的背景下，这个气候特点有没有变化，变化有多大？近年来关于气温变化趋势的研究很多，如洪霞等（2004）分析了江西省最近 40 多年气温和降水的变化趋势，于群等（2007）分析了山东冬季气温变化的气候特征。以上研究所分析的资料都是固定的月、季或年的观测数据，主要采用统计学方法如计算气候倾向率来分析气温变化趋势，而针对某一地区的“数九”时节这种跨月、跨年、开始和结束时间都不固定的特定时段的气候特征及其变化的分析工作，目前尚未查到。本文采用统计学方法，分析了最近 37 年北京“数九”时节的气候特征及其变化幅度，验证

了“冷在三九”这个民间传统概念，对开展城乡“节能减排”以及供暖、供电等气象服务工作具有实用意义。

2 “数九”时节的气候分析

2.1 资料与处理

整理了北京观象台最近 37 年（1970 年 12 月~2007 年 3 月）每年“数九”期间（81 天）的逐日平均气温、平均气压、极端最低气温、最大风速等气象资料，分别对“数九”时节逐日的 4 个气象要素进行气候统计，以分析“数九”时节的气候特征及变化。

2.2 “数九”时节的寒冷时段分析

借助“数九”时节逐日平均气象要素曲线图描述北京寒冷程度（图 1），其中某日某气象要素的平均值 Y 由公式（1）求得：

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i, \quad (1)$$

Y 为某日某气象要素 37 年的平均值， X 为某气象要素的日平均值， N 为某气象要素样本总数（ $i=1, 2, 3, \dots, 37$ ）。

对日平均气温曲线（图 1）进行分析发现：平均气温与平均气压的凹凸抛物线交叉点的气温是 -1.7°C ，时间出现在“六九”第 2 天，此后平均气温继续回升，平均气压继续下降。从“一九”至“六九”第 2 天共持续了 47 天。“数九”期间

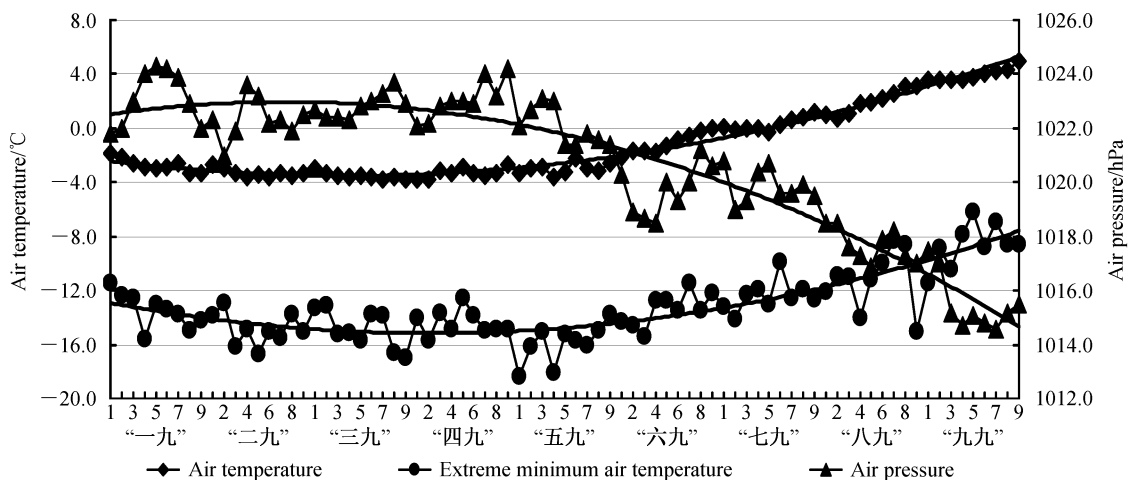


图 1 北京“数九”时节逐日气象要素分布曲线图

Fig. 1 Curve diagram of the daily meteorological factors during the period of “Shu Jiu” in Beijing

逐日平均气温连续低于 $-1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的终日出现在“六九”第4天；比平均气温与平均气压的凹凸抛物线交叉点滞后2天；在此期间的平均气温最低值为 $-3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，出现在“三九”末到“四九”初。另外对极端最低气温曲线（图1）进行分析发现：极端最低气温与平均气压的凹凸抛物线交叉点的极端最低气温小于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，时间出现在“八九”第8天，持续了71天；而“数九”期间逐日极端最低气温连续低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日期出现在“一九”至“七九”第5天，持续了59天，比最低气温与平均气压的凹凸抛物线交叉点提前12天；在此期间的极端最低气温为 $-18.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，出现在“五九”第1天。因此，北京冬季寒冷的时段出现在“三九”至“五九”。

2.3 “数九”时节的最冷时段分析

表1是北京“数九”时节各“九”的平均气温、气压与极端最低气温的平均值，这些平均值是由公式（2）求得。

$$Z = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M Y_i, \quad (2)$$

Z 为某“九”某气象要素的平均值， Y 为某气象要素37年的日平均值， M 为某“九”的天数（ $i=1, 2, 3, \dots, 9$ ）。

从表1可见，“一九”至“六九”的平均气温均低于 $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，其中较冷的时段在“二九”至“四九”，平均气温低于 $-3.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最冷的时段出现

表1 北京“数九”时节的平均气温、气压与极端最低气温统计表

Table 1 Statistical table of average air temperature, air pressure, and the extreme lowest air temperature during the period of “Shu Jiu” in Beijing

“数九”时节	平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	极端最低气温/ $^{\circ}\text{C}$	平均气压/hPa
“一九”	-2.7	-15.6	1022.4
“二九”	-3.3	-16.7	1023.6
“三九”	-3.5	-17.0	1022.2
“四九”	-3.3	-15.7	1024.5
“五九”	-3.0	-18.3	1020.7
“六九”	-1.1	-15.4	1021.0
“七九”	0.3	-14.1	1018.9
“八九”	1.9	-15.0	1016.3
“九九”	4.0	-11.4	1016.1
“数九”平均	-1.2	-15.5	1020.6

在“三九”（ $-3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），而从“七九”开始，气温回升到零上，其后各“九”升温较快。从“一九”至“九九”的极端最低气温均低于 $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，极端最低出现在“五九”（ $-18.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。另外，从“一九”至“六九”的平均气压均大于1020 hPa，其中最高值出现在“四九”（1024.5 hPa），从“七九”至“九九”平均气压逐渐下降，并与平均气温升高到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的时间相吻合，图1可以直观的反映出这种升温降压现象。

3 “数九”时节的气候变化分析

受全球气候变暖的环境影响（陈洪滨等，2004，2007；丑洁明等，2004；宋燕等，2005；林万涛，2005；康丽华等，2006），北京出现了连年暖冬的气候（陈洪滨等，2005）。为揭示北京“数九”时节的气候变化现象，将1971~2007年“数九”时节的气象要素划分成4个年代，即：七十年代（1970年12月~1980年3月），八十年代（1980年12月~1990年3月），九十年代（1990年12月~2000年年3月），近七年（2000年12月~2007年3月）。按年代统计4个气象要素的气候数值，分析气候的变化情况。

3.1 “数九”时节的气象要素变化分析

在“数九”时节逐日气象要素的气候数值基础上，分别计算各“九”内随时间（日）顺序的变化量，由（1）式的统计基础上，建立各气象要素随时间的线性关系式。

$$b_i = (Y_i - a_i) / D_i, \quad (3)$$

其中 Y 与公式（1）、（2）相同， a 为常数， b 为某“九”某气象要素的变化幅度（即斜率）， D 为各“九”内天数， $i=1, 2, 3, \dots, 9$ 。

由表2可以直观的分析3种气象要素的在各“九”的变化量。日平均气温在“一九”至“三九”时段属于降温趋势，最大降温幅度为 $-0.15\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ ，出现在“一九”，“四九”至“九九”时段转为升温趋势，最大升温幅度为 $0.32\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ ，出现在“八九”。日极端最低气温在“一九”至“四九”时段属于降温趋势，最大降温幅度为 $-0.35\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ ，出现在“三九”，“五九”至“九九”时段转为升温趋势，最大升温幅度为 $0.37\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ ，出现在“五九”。日平均气压在“一九”

至“四九”时段,与极端最低气温的变化量相反,在“五九”至“九九”时段只有“六九”出现了升压的现象,其余各“九”日平均气压随时间的变化量均与气温的变化量相反,即符合气温随气压的函数变化规律。

表2 北京“数九”时节气象要素随时间(日)的变化量
Table 2 Variation of meteorological factors with time during the period of “Shu Jiu” in Beijing

数九时节	极端最低气温/℃	平均气温/℃	平均气压/hPa
“一九”	-0.32	-0.15	0.09
“二九”	-0.10	-0.07	0.05
“三九”	-0.35	-0.08	0.12
“四九”	-0.04	0.09	0.23
“五九”	0.37	0.06	-0.17
“六九”	0.32	0.27	0.19
“七九”	0.18	0.14	-0.05
“八九”	0.08	0.32	-0.13
“九九”	0.30	0.16	-0.24

3.2 “数九”时节的气候变化分析

按年代统计的“数九”时节81天平均气温、极端最低气温、最大风速的气候值,见表3。很显然,平均气温和极端最低气温随年代的顺序呈增

温趋势,最大风速为减少趋势。在70、80、90年代每10年的增(减)幅度较大,分别为 $1.25\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ 、 $1.50\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ 、 $-2.65\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(10\text{ a})^{-1}$;在90年代至近7年,3种气象要素的气候基本没有变化;4个年代的平均变化幅度为 $0.80\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ 、 $1.05\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ 、 $-1.81\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot(10\text{ a})^{-1}$ 。北京的气候增暖趋势有利于冬季节省能源和减少排放污染物(蔡旭晖等,2004;周慧等,2005;王喜全等,2006);但是,空气中的病菌不易冻死,对人们的身体健康会有不同程度的影响。

表3 “数九”时节各年代的平均气象要素情况
Table 3 Variational of average meteorological factors during the period of “Shu Jiu” in Beijing for different decedes

年代	极端最低气温/℃	平均气温/℃	最大风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
70年代	-15.3	-2.6	16.7
80年代	-13.8	-1.7	13.0
90年代	-12.3	-0.1	1.4
近7年	-12.3	-0.4	1.2

3.3 “数九”时节气候的年代变化分析

北京“数九”时节平均气温和平均最低气温的年际变化趋势(图2)分析表明,该期间的气温

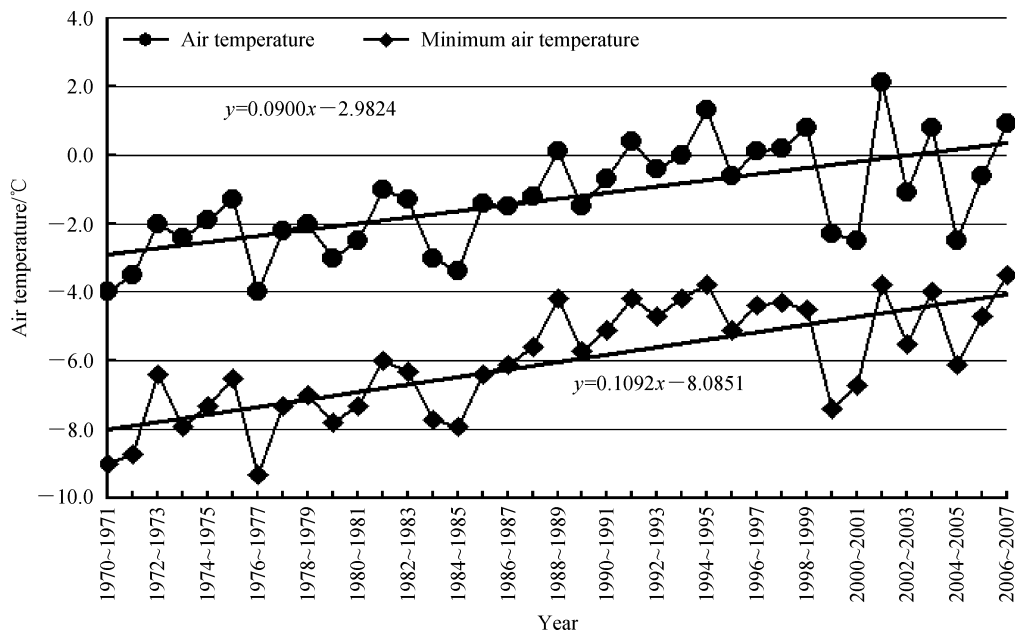


图2 数九时节平均气温和平均最低气温的年际变化趋势

Fig. 2 Annual change trends of average air temperature and the lowest average air temperature during the period

变化是逐渐增暖的，且增暖的趋势通过了显著性检验。（平均气温 $F=24.3$ ，平均最低气温 $F=41.9$ ，均大于 $F_{\alpha=0.001}=13.3$ ）

根据北京“数九”时节各气象要素随年代顺序的变化特点，计算各气象要素随年代顺序的变化量，在公式（2）的统计基础上，建立各气象要素随年代变化的线性关系式：

$$b_i = (Z_i - a_i) / Q_i, \tag{4}$$

Z 为某“九”某气象要素的平均值， a 为常数， b 为某“九”某气象要素随年代的变化幅度（即斜率）， Q 为各年代数， $i=1, 2, 3, 4$ 。

表 4 是各“九”平均气温等要素随年代变化的统计量。从中可见，各“九”平均气温随年代顺序的变化是都是变暖趋势，平均变暖 $0.83\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ ，“五九”的变暖幅度最大为 $1.38\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ ，“二九”的变暖幅度最小为 $0.50\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ 。各“九”极端最低气温随年代顺序的变化总体亦是增暖趋势，平均升高 $1.04\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ ，最大升高幅度为 $2.38\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ ，出现在“八九”，但唯有“三九”的极端最低气温随年代是下降的，变化幅度为 $-0.49\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ ，即北京“三九”的极端最低气温是变冷的趋势，由于极端最低气温属于短时的或瞬间的现象，人们感觉不明显而已。各“九”最大风速随年代顺序的变化是减小的趋势，平均变化幅度为 -1.74

表 4 北京“数九”时节各气象要素随年代顺序的变化幅度一览表

Table 4 Variational ranges of meteorological factors with the order of the decade during the period of “Shu Jiu” in Beijing

“数九”时节	平均气温/ $^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$	极端最低气温/ $^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{ a})^{-1}$	最大风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (10\text{ a})^{-1}$
“一九”	0.85	1.53	-2.14
“二九”	0.50	0.80	-1.03
“三九”	0.62	-0.49	-1.65
“四九”	0.56	0.53	-3.09
“五九”	1.38	1.00	-1.63
“六九”	0.87	1.15	-1.45
“七九”	1.12	1.03	-2.17
“八九”	1.00	2.38	-1.56
“九九”	0.59	1.44	-1.54
“数九”平均	0.83	1.04	-1.74

$\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ ，最大减小幅度为 $-3.09\text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot (10\text{ a})^{-1}$ ，出现在“四九”，最大风速随年代变小的事实也让人们感觉到北京的冬季的确是变暖了。

4 结语

通过分析对北京“数九”时节的气候及其变化，对“数九”时节的气候有了气象科学的量化了解，同时也印证了北京“冷在三九”的传统观念。在开展气象科技服务方面，为预防低温冻害和供暖、供气、供水、供电节能提供了科学指标。虽然观象台的气候对北京有一定的代表性，还有待于进一步研究全市区域性的“数九”时节的气候及其变化情况。

参考文献 (References)

- 蔡旭晖，张睿，宋宇. 2004. 北京地区大气 PM10 和 SO₂ 的背景浓度分析 [J]. 气候与环境研究, 9 (3): 445. Cai Xuhui, Zhang Rui, Song Yun. 2004. An analysis on background concentration of PM10 and SO₂ over Beijing area [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 9 (3): 445
- 陈洪滨，刁丽军. 2004. 2003 年的极端天气和气候事件及其他相关事件 [J]. 气候与环境研究, 9 (1): 218-219. Chen Hongbin, Diao Lijun. 2004. Some extreme events of weather, climate and related phenomena in 2003 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 9 (1): 218-219.
- 陈洪滨，刁丽军. 2005. 2004 年的极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾 [J]. 气候与环境研究, 10 (1): 140-141. Chen Hongbin, Diao Liun. 2005. Some extreme events of weather climate and related phenomena in 2004 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (1): 140-141.
- 陈洪滨，范学花. 2007. 2006 年极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾 [J]. 气候与环境研究, 12 (1): 100-101. Chen Hongbin, Fan Xuehua. 2007. Some extreme events of weather, climate and related phenomena in 2006 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 12 (1): 100-101.
- 丑洁明，封国林，董文洁等. 2004. 气候变化影响下我国农业经济评价问题探讨 [J]. 气候与环境研究, 9 (2): 361. Chou Jieming, Feng Guolin, Dong Wenjie, et al. 2004. A new approach on the economy evaluation of influence on china agriculture [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 9 (2): 361.
- 洪霞，陈建萍. 2004. 江西省 1960 年以来气温和降水变化趋势分析 [J]. 江西气象科技, 27 (2): 20-22. Hong Xia, Chen

- Jianping. 2004. Change Tendency Analysis On Temperature and Precipitation after 1960 in Jiangxi [J]. Jiangxi Meteorological Science and Technology (in Chinese), 27 (2): 20-22.
- 康丽华, 陈文, 魏科. 2006. 我国冬季气温年代际变化及其与大气环境异常变化的关系 [J]. 气候与环境研究, 11 (3): 332-338. Kang Lihua, Chen Wen, Wei Ke. 2006. On interdecadal variation of winter temperature in China and its relation to the anomalies in atmospheric general circulation [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 11 (3): 332-338.
- 林万涛. 2005. 生态系统在全球变化中的调节作用 [J]. 气候与环境研究, 10 (2): 275 Lin Wantao. 2005. Adjustment action of ecosystem in global change [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (2): 275
- 宋燕, 季劲钧. 2005. 气候变暖的显著性检验以及温度场和降水场的时空分布特征 [J]. 气候与环境研究, 10 (2): 158-159. Song Yan, Ji Jinjun. 2005. The remarkable test of abrupt climatic warming and spatiotemporal distribution features of temperature and precipitation fields [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (2): 158-159.
- 王喜全, 虞统, 孙峰等. 2006. 北京 PM10 重污染预警预报关键因子研究 [J]. 气候与环境研究, 11 (4): 471. Wang Xiquan, Yu tong, Sun Feng, et al. 2006. Key meteorological factors resulting in PM10 heavy air pollution in Beijing [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 11 (4): 471.
- 于群, 王新, 牟勤等. 2007. 山东冬季气温变化的气候特征和分型 [J]. 山东农业大学学报, 38 (1): 21-27. Yuqun, Wang xin, Mou Qin, et al. Climatic Characteristic and Patherns of Winter Temperature Change in Shandong [J]. Journal Of Shandong Agricultural University (Natural Science) (in Chinese), 38 (1): 21-27.
- 周慧, 王自发, 安俊岭等. 2005. 城市空气污染维持机制研究 I. 2002 年西安市空气污染持续维持过程分析及其气象成因 [J]. 气候与环境研究, 10 (1): 125. Zhou Hui, Wang Zifa, An Junling, et al. 2005. The mechanism of urban Air pollution persistence part I: The analysis of air pollution persistence and its relate meteorology in Xi'an in 2002 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 10 (1): 125.