

北京奥运赛期温、湿、风、云、雨的气候信息分析

窦以文^{1,2} 张德山² 刘旭林² 赵娜²

1 中国科学技术大学，合肥 230026

2 北京市气象局，北京 100089

摘要 分析北京城近郊区奥运会赛场临近的气象台站（南郊观象台、朝阳站、海淀站、丰台站、石景山站）1995~2004年10月8月的气温、相对湿度、风向风速、低云量、降水量等5个气象要素的气候变化，结果表明：1) 19~22日有2次阴雨天气过程，气温下降幅度较大；2) 5个台站的主导风向是S-SE，逐日平均风速的峰值出现在16时（北京时间），其值为 $2.0\sim3.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ；3) 白天各雨量等级合计 $\geq35\%$ 的频率出现5天；4) 奥运会开幕时间（2008年8月8日20时），晴天到少云的频率占90%，阴天为10%，无雨为80%。这种气候特点为奥运会组委会、参赛运动员和观众提供了赛场环境5个气象要素的日变化规律。同时，对于奥运会的短期气象服务也有一定的参考价值。

关键词 奥运赛场 气温 湿度 风 云 雨 日变化规律

文章编号 1006-9585 (2007) 04-0580-07 中图分类号 X16 文献标识码 A

The Climate Analysis of Temperature, Humidity, Wind, Cloudiness and Precipitation of Beijing Urban and Suburb Area during the Olympic Games

DOU Yi-Wen^{1,2}, ZHANG De-Shan², LIU Xu-Lin², and ZHAO Na²

1 University of Science and Technology of China, Hefei 230026

2 Beijing Meteorological Bureau, Beijing 100089

Abstract The climate changes on temperature, relative humidity, wind direction and speed, low cloudiness and precipitation in August are researched on Beijing urban and suburb observatories that are close to Olympic Stadiums from 1995 to 2004. The stations are Guanxiangtai, Chaoyang, Haidian, Fengtai and Shijingshan. The main results are: 1) there are 2 days to precipitation that the temperature drops sharply from 19 to 22 August; 2) The leading wind direction is from south to eastsouth. And the peak of mean wind speed is from 2.0 to $3.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ at 16 o'clock (Beijing time). 3) It is 5 days that the frequency of total precipitation degree is equal or larger than 35% in daytime. 4) They are 90%, 10% and 80% that are fine or partly cloudy, cloudy and non-precipitation at the opening of the Olympic Games, respectively. The characteristic of Beijing climate can be provided to Olympic Games Organization Committee, the athletes and the audience. Meanwhile, it is the reference to the short term meteorological service of Olympic Games.

Key words Olympic Games, temperature, humidity, wind, Cloudiness, precipitation, daily variation rules

收稿日期 2006-07-25 收到，2007-05-10 收到修定稿

作者简介 窦以文，男，1970年出生，硕士研究生，高级工程师，从事信息处理、软件开发和网络管理。

E-mail: douyw@bjmb.gov.cn

1 引言

2008年8月8~24日在北京召开的奥运会,比赛场馆多集中在朝阳、海淀、石景山等近郊区。北京城近郊区气温、相对湿度、风向风速、低云量、降水量(以下简称温、湿、风、云、雨)的时空气候变化规律是运动员及各界人士非常需要了解的气象要素。由于这5个气象要素对露天体育运动项目具有直接的影响,而近10年北京城市城区面积增长很快^[1],鉴于城区增大对城近郊区气候的影响,选用接近奥运会期间的10年(1995~2004年)8月份气象资料,分析逐日温、湿、风、云、雨的时空分布规律。

2 气象要素资料统计方法

在统计南郊观象台、朝阳站、海淀站、丰台站和石景山站等5台站8月份逐日温、湿、风、云、雨气候数据的过程中,采用气象统计方法中的求平均值的计算公式。

某日(时)某气象要素某台站的平均值计算公式:

$$Y_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i. \quad (1)$$

某日(时)某气象要素5台站的平均值计算公式:

$$Y_j = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N X_{ij}. \quad (2)$$

某时段某气象要素5台站的平均出现频率值(取整)计算公式:

$$Y_{ijk} = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^L X_{ijk}. \quad (3)$$

公式中, N 为某气象要素样本总数 ($i=1, 2, 3 \dots, 10$), M 为台站数量 ($j=1, 2, 3 \dots, 5$), L 为不同气象要素等级的数量(6个雨日等级, 4个云量等级, $k=1, 2, 3, 4$ 或 6)。

3 温、湿、风、云、雨的变化

温、湿、风、云、雨的统计结果对北京城近郊区奥运会赛场、赛期及2008年8月8日20时

(北京时间,下同)开幕式活动的准备工作从气候变化角度提供了参考价值。下文分别有针对性的叙述温、湿、风、云、雨气候分布及变化。

3.1 气温的分布及变化

通过统计1995~2004年5个台站日平均气温的逐日变化(图1),可见各台站日平均气温变化曲线呈下降趋势,其特点:1)受城市空间分布与地形的影响,海淀和丰台气象站逐日平均气温曲线居高,朝阳站逐日平均气温曲线居低,观象台和石景山站的日平均气温居中^[2];2)从时间演变序列分析,立秋到处暑节气的日平均气温曲线出现5个谷值,分别出现在11、15、20、22、24日,其中20、22日降温过程比较明显;3)5个台站的平均气温曲线下降幅度为 $-0.087^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$,此结果低于前40年的年平均降温幅度^[3]。

3.2 相对湿度和舒适度的变化

由(1)、(2)式统计出5个台站逐日平均相对湿度和舒适度^[4]的变化。其中逐日平均相对湿度变化曲线为明显的双峰双谷型(图略),双峰值76%出现在16、22、24日,双谷值分别出现在11、21日,朝阳气象站的相对湿度偏大,海淀气象站的相对湿度偏小,两区相差5%~8%。

5台站逐日平均舒适度变化趋势呈下降型特点(见图2):1)平均下降幅度为 $-0.167^{\circ}\text{F} \cdot \text{d}^{-1}$ 。2)逐日平均舒适度变化曲线的峰谷形状及出现日期与相对湿度近似。3)日平均舒适度的峰谷变化幅度随日期序列的变化为一峰低于一峰,一谷低于一谷。4)奥运会比赛期间舒适度与人们的感觉情况,在峰值区,朝阳气象站最大(为69°F),多数感觉比较凉爽和舒适;在谷值区,观象台和海淀气象站最小(为63°F),会有50%以上的人们感觉到非常凉爽和舒适;均值65~67°F,绝大多数的人们普遍会感觉比较凉爽和舒适。综上,整个奥运会比赛期间,就平均舒适度而言,是有利运动员发挥比赛技能和水平的。

3.3 气温与舒适度频率的变化

应用前段舒适度的概念,分别统计了5个台站气温和舒适度不同等级的频率(表1)。在日常生活中 $\leq 26^{\circ}\text{C}$ 的气温比较舒适,城近郊区比较舒适的天数出现频率分布为:朝阳区最高(74%),丰台与海淀区最低($\leq 56\%$),南郊与石景山区居中(65%左右)。从表1中人体舒适度指数看,

城近郊感觉比较凉爽和舒适 ($\leqslant 69^{\circ}\text{F}$) 的日数出现频率为: 南郊与石景山区仍然居中 (70% 左右), 朝阳区最低 (65%), 海淀区最高 (74%)。上述不同气温与舒适度出现频率相反的特点说明相对湿度扮演重要的角色 (见相对湿度一节)。

3.4 风向风速的变化

根据 (1)、(2) 式计算出 5 台站的逐日和逐时平均风速及风向频率, 可以客观地提供自然风对高速运动的物体有阻力的数据。从逐日平均风速的变化看 (图略), 朝阳和石景山气象站的逐日平均风速较小, 在 $1.1\sim 1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内变化; 观象台、丰台和海淀气象站的逐日平均风速较大, 风速值为 $1.8\sim 2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。日平均风速月际变化

的峰值出现日期与日平均气温谷值出现日期相吻合, 或者延迟 1 天。

3.4.1 风速的日变化

在逐时平均风速的日变化 (图 3) 分布中有 4 个特点: 1) 在 0~6 时各台站的平均风速变化近似于直线型, 平均风速值为 $0.6\sim 1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 2) 在 7~23 时呈抛物线型, 平均风速的峰值出现在 16 时 (北京时间), 平均风速的峰值为 $2.0\sim 3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 3) 台站之间逐时平均风速的区别为朝阳和石景山气象站偏小, 观象台、丰台和海淀气象站偏大, 这种区别是与观测站周围的环境有一定关系。图 3 为不同赛区和体育比赛项目提供了风速变化的参考价值。

表 1 奥运期间 5 个台站不同气温与舒适度出现的频率

Mean frequency of different grades of temperature and comfort index of 5 stations during Olympic games

气温与舒适度		观象台	丰台	海淀	石景山	朝阳
气温	$\leqslant 24^{\circ}\text{C}$	31	27	26	29	36
	$\leqslant 25^{\circ}\text{C}$	43	39	42	46	56
	$\leqslant 26^{\circ}\text{C}$	66	56	54	64	74
舒适度	$\leqslant 64^{\circ}\text{F}$	30	35	37	35	24
	$\leqslant 67^{\circ}\text{F}$	49	57	64	58	50
	$\leqslant 69^{\circ}\text{F}$	68	74	77	72	65

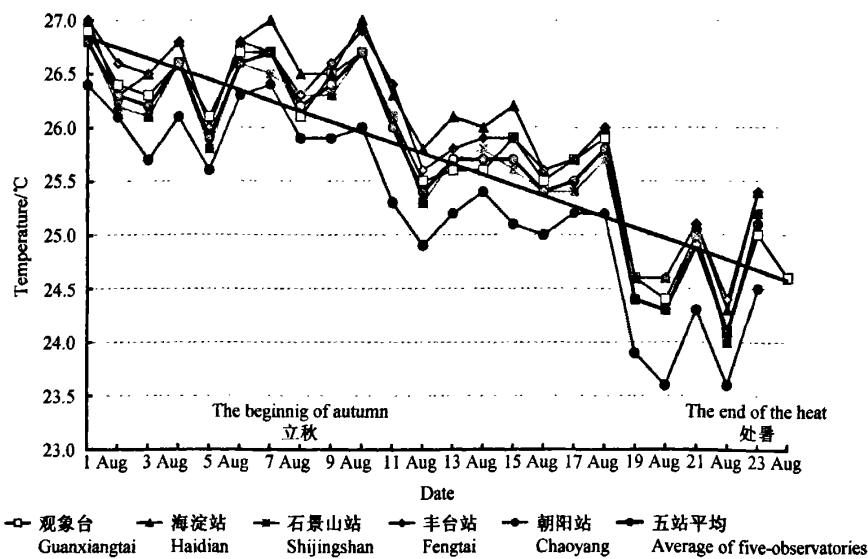


图 1 8 月 5 台站逐日平均气温变化

Fig. 1 Daily time series of average temperature of five-observatories in Aug

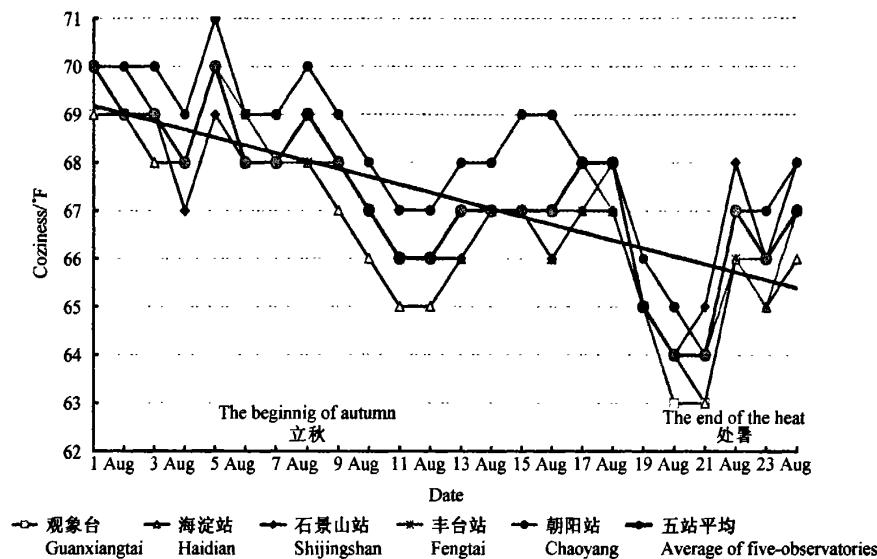
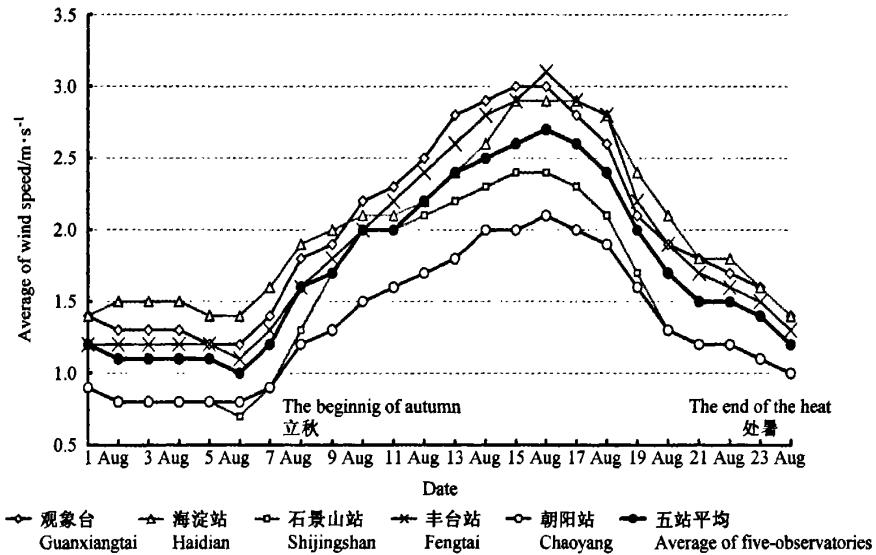


图2 8月5台站逐日平均舒适度变化

Fig. 2 Daily time series of average degree of coziness of five-observatories in Aug

图3 8月5台站逐时平均风速的日变化
Fig. 3 Daily time series of average wind speed of five-observatories in August

3.4.2 白天风向频率的变化

针对平均风速日变化的峰值出现在白天的特点，统计出白天风向频率的分布（图4）。图中表明：5个台站风向频率的主导风向是S-SE，其中观象台、丰台、海淀的南风频率均 $\geq 30\%$ ，也正是平均风速峰值偏大的3个台站。这一风向风速

的气候分布将给短跑、射箭等体育项目提供客观的参考依据。

3.5 低云量的变化

低云量是用来描述阴、晴天气的主要标准之一，阴、晴天气对体育运动员的成绩的影响与人工增雨作业相反^[5,6]，即晴到少云天气有利运动员发挥成绩。由于日监测低云量次数有限，每日以

8、14、20时3个时段分4个等级统计8月份5个台站平均出现低云量频率(表2)。由表可见,奥运会期间低云量各等级出现频率特点有:1)奥运会开幕时间(20时),晴天到少云的频率占90%,阴天为10%;2)奥运会期间晴天到少云的频率 \geqslant

70%的日数分布为8时11天、14时9天、20时11天;3)奥运会期间阴天的频率 \geqslant 40%的日数分布为8、14、20时均是3~4天;4)奥运会期间晴天的频率 \geqslant 70%的日数分布为8时7天、14时2天、20时6天。

表2 北京城近郊8月份5站逐日各级低云量平均出现频率统计表

Table 2 Average frequency of graded daily low cloud amount of 5 stations in Beijing outskirts in August

日期	低云量频率/%											
	8时				14时				20时			
	阴天 (7~10)	半阴 (5~6)	少云 (3~4)	晴天 (0~2)	阴天 (7~10)	半阴 (5~6)	少云 (3~4)	晴天 (0~2)	阴天 (7~10)	半阴 (5~6)	少云 (3~4)	晴天 (0~2)
8	30	10	0	60	30	20	20	30	10*	0*	10*	80*
9	30	0	10	60	40**	10	10	40	30	0	10	60
10	30	0	0	70***	20	20	20	40	20	10	30	50
11	20	10	20	50	30	10	10	60	40**	10	0	50
12	20	10	0	70***	20	10	20	50	40**	0	10	40
13	30	0	10	60	20	10	10	60	20	10	10	70***
14	40**	10	0	60	20	10	10	60	10	10	10	60
15	10	10	10	70***	20	10	30	50	30	0	0	70***
16	30	10	0	60	30	10	20	50	30	0	10	60
17	20	0	0	70***	40**	10	10	40	40**	10	10	40
18	40**	0	10	50	30	10	20	40	30	10	10	50
19	40**	0	10	50	50**	10	10	40	30	0	10	60
20	20	0	10	70***	10	0	10	70***	20	0	10	70***
21	10	0	0	80	30	10	10	50	20	0	10	70***
22	40**	0	20	40	30	20	10	40	30	10	10	50
23	30	0	0	70***	10	10	10	70***	30	0	0	60
24	20	10	0	70***	20	10	10	60	10	0	10	80***
月平均	26	3	5	64	25	8	14	52	27	4	8	60

注:括号中为云量(单位:成)。*晴天到少云的频率为90%, **阴天的频率为 \geqslant 40%, ***晴天的频率为 \geqslant 70%

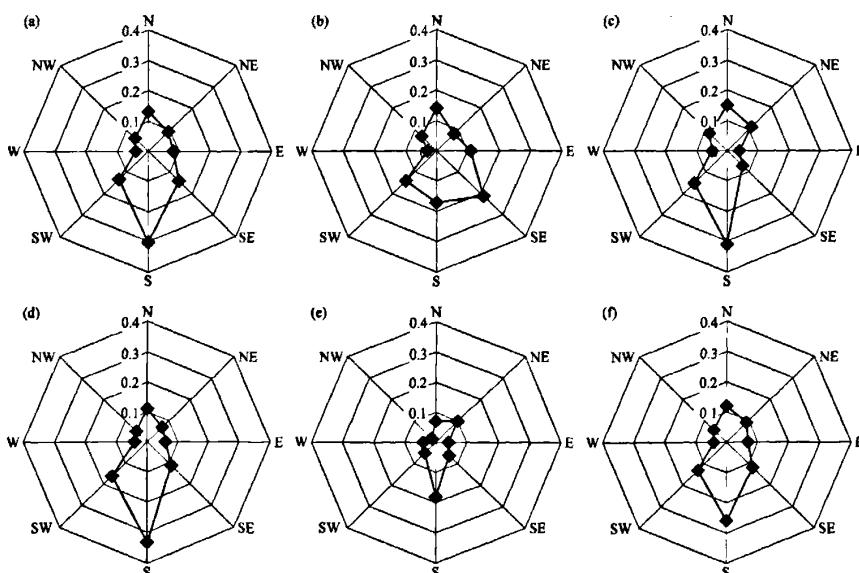


图4 8月5台站白天风向频率分布: (a) 观象台; (b) 朝阳站; (c) 海淀站; (d) 丰台站; (e) 石景山站; (f) 5台站平均

Fig. 4 Distribution of daytime on wind direction five-observatories in Aug (a) Guanxiangtai; (b) Changyang; (c) Haidian; (d) Fengtai; (e) Shijingshan; (f) five-observatories

表3 北京城近郊8月5站平均逐日各等级雨量出现频率统计

Table 3 Average frequency of graded daily rainfall of 5 stations in Beijing outskirts in Aug

日期	8~20时 雨量/mm						20~08时 雨量/mm 日期							
	无雨		0.0	0.1~5.0	5.1~12.5	12.6~24.9	≥25.0	无雨		0.0	0.1~5.0	5.1~12.5	12.6~24.9	≥25.0
	无雨	≥75%	无雨	≥75%	无雨	≥75%	无雨	≥75%	无雨	≥75%	无雨	≥75%	无雨	≥75%
8	76*	0	4	12	2	6	80*	2	10	0	4	4	4	*
9	64	8**	10**	12**	2**	4**	60	12**	20**	2**	6**	0**	0**	
10	68	18	10	2	2	0	74*	8	8	0	0	0	10	
11	50	4**	30**	4**	4**	6**	70*	2	24	0	2	2	2	
12	68	4	14	8	4	2	62	2**	26**	4**	4**	2**	2**	
13	72*	10	18	0	0	0	56	6**	24**	2**	8**	4**	4**	
14	52	12**	26**	10**	0**	0**	66	10	2	8	8	6	6	
15	66	10	16	8	0	0	88*	6	6	0	0	0	0	
16	78*	0	12	0	0	10	68	10	16	4	2	0	0	
17	68	18	12	2	0	0	74*	2	12	10	2	0	0	
18	70*	12	18	0	0	0	78*	14	8	0	0	0	0	
19	64	10**	16**	0**	2**	8**	62	8**	10**	8**	6**	6**	6**	
20	86*	2	12	0	0	0	88*	4	6	2	0	0	0	
21	78*	4	16	2	0	0	86*	0	10	6	0	0	0	
22	52	12**	32**	4**	0**	0**	66	6	12	16	0	0	0	
23	90*	10	0	0	0	0	72	12	16	0	0	0	0	
24	78*	2	10	8	2	0	66	14	20	0	0	0	0	
月平均	70	10	14	4	1	2	71	6	15	3	2	3		

* 无雨≥75%的频率, ** 各雨量等级合计≥35%的频率

3.6 雨日的变化

奥运会比赛期间, 每日有无降水和雨量大小是影响体育运动成绩的重要因素之一。在此, 按12 h 预测降水量等级的评分标准, 把有无降水的天气划分成6个等级(无雨、微量, 小雨、中雨、大雨、暴雨), 即昼夜不同雨量等级出现频率的变化(见表3)。从表中查得: 1) 奥运会开幕式(2008年8月8日20~22时)时段无雨的出现频率为80%; 2) 赛期白天8~20时无雨≥75%的频率出现8天; 3) 赛期白天各雨量等级合计≥35%的频率出现5天, 其中19日雨后降温较明显; 4) 夜间20~8时无雨出现的频率与白天相同, 各雨量等级合计≥35%的频率出现4天。

4 结语

通过对奥运会比赛场馆环境温、湿、风、云、雨的日变化分析, 归纳如下:

- (1) 奥运会赛期5站逐日平均气温和舒适度随日期序列呈下降趋势, 前9日人们感觉比较舒适, 后7日人们感觉很舒适。
- (2) 白天的主导风向是南风, 平均风速日变

化的峰值区出现在14~17时。

- (3) 白天出现晴天的频率大, 阴天的频率小。
- (4) 白天无雨日数的频率大, 有雨日的频率小。
- (5) 8月8日20~22时阴雨的频率很小, 有利于奥运会开幕式活动。
- (6) 温、湿、风、云、雨为奥运会组委会、运动员、观众和短期气象服务提供了方便的参考。此文应用5台站5气象要素综合分析北京城近郊的气候条件对体育运动的影响是有价值的。

参考文献 (References)

- [1] 张一平, 何云玲, 马友鑫, 等. 中国不同地区城市化对室内外气温影响的比较研究. 地理科学, 2003, 23 (1): 42~43
Zhang Yiping, He Yunling, Ma Youxin, et al. A comparative study about effect of urbanization on the indoor and outdoor air temperature on different cities of China. *Scientia Geographica Sinica* (in Chinese), 2003, 23 (1): 42~43
- [2] 谢庄, 崔继良, 陈大刚, 等. 北京城市热岛效应的昼夜变化特征分析. 气候与环境研究, 2006, 11 (1): 70~71
Xie Zhuang, Cui Jiliang, Chen Dagang, et al. The annu-

- al., seasonal and monthly characteristics of diurnal variation of urban heat island intensity in Beijing. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2006, 11 (1): 70~71
- [3] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近 54 年中国地面气温变化. 气候与环境研究, 2005, 10 (4): 717~727
Ren Guoyu, Xu Mingzhi, Chu Ziying, et al. Changes of surface air temperature in China during 1951~2004. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2005, 10 (4): 717~727
- [4] 吴兑, 邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报. 北京: 气象出版社, 2001. 170~171
Wu Dui, Deng Xuejiao. *Environment Meteorology and Special Meteorological Forecast* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 2001. 170~171
- [5] 秦长学. 火箭增雨作业相关技术研究. 气象科技, 2005, 33 (增刊): 70~71
Qin Changxue. Study of rocket cloud-seeding techniques. *Meteorological Science and Technology* (in Chinese), 2005, 33 (Suppl.): 70~71
- [6] 刘海月. 河北省火箭人工增雨效益分析. 气象科技, 2005, 33 (增刊): 78~79
Liu Haiyue. Cost-effect analysis of rocket precipitation enhancement in Hebei Province. *Meteorological Science and Technology* (in Chinese), 2005, 33 (Suppl.): 78~79