

蔡新玲,李茜,路岑之,等.第十四届全运会期间西安气象条件分析[J].陕西气象,2021(6):21-26.

文章编号:1006-4354(2021)06-0021-06

第十四届全运会期间西安气象条件分析

蔡新玲^{1,2},李茜^{1,2},路岑之³,刘波⁴

(1. 陕西省气候中心,西安 710014;

2. 陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016;

3. 西安市周至县水务局,陕西周至 710400;

4. 陕西省大气探测技术保障中心,西安 710014)

摘要:利用西安1951—2019年8—10月气象要素时、日值资料,对第十四届全国运动会、全国第十一届残运会暨第八届特奥会前后西安的气温、降水、风和相对湿度等气象要素的平均状况、极值及变化特征等进行了统计分析。结果表明:全运会期间西安的温湿条件适宜。9月15—27日,平均2~3 d会出现1次降雨,雨量接近中雨级别;降水日各时次降水发生频率变化不大,但降水量日变化明显,07—12时较大,21—06时相对较小。全运会期间西安日最大风速的变化较大,主要以东北风和西南风居多;平均风速日变化较明显,白天大,夜间小。全运会期间西安高温、暴雨、沙尘、大雨、雷暴等高影响天气事件出现概率较小,但霾和中等以上降雨事件出现概率相对较大。

关键词:全运会;气象条件;高影响事件;西安

中图分类号:P466

文献标识码:A

第十四届全国运动会(简称十四运)、全国第十一届残运会暨第八届特奥会(简称残特奥会)于2021年9—10月在陕西省举办。全运会于9月15—27日举行,残特奥会于10月22—29日举行。全运会和残特奥会开(闭)幕式均在西安奥体中心举办,火炬自8月16日至9月12日在全省14个选定站点传递。研究表明,天气对体育赛事影响较大。风、雨、温度、湿度、能见度可能影响户外赛事进程,严重时会影响运动员的生理和心理变化^[1-2]。强降雨、雷暴、大风等恶劣天气也可能影响开(闭)幕式及火炬传递等重大活动的顺利进行。可见,适宜的气象条件和准确及时、优质高效的气象保障服务是保障全运会等重大社会活动成功举办^[3-5]的关键性因素之一。为了给组委会及相关决策部门拟定赛事活动方案及不利天气应急预案提供科学依据,以西安为例,对十四运和残特

奥会前后8—10月的气温、降水、湿度、风等气象要素及强降水、高温、雷暴、短时大风、雾、霾等高影响天气事件进行统计分析,为十四运会和残特奥会开(闭)幕式、火炬传递及各项赛事安排提供参考。

1 资料来源

所用资料来源于陕西省气象信息中心,为反映最近时段的气候要素值,文中除特别指明外,各要素统计值^[6]包括均值、标准差、频率等的统计时段为1990—2019年,极值和天气现象的统计年代为1951—2019年。

2 气温变化特征

2.1 旬气温变化

图1为西安1990—2019年8—10月逐旬气温变化。可以看出,西安8月上旬至10月下旬各旬平均气温、最高(低)气温和极端最高(低)气温

收稿日期:2021-01-04

作者简介:蔡新玲(1969—),女,陕西周至人,硕士,正研级高工,从事气候与气候变化研究。

基金项目:中国气象局决策气象服务专项(JCZX2020026);陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2020G-8);陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2019JQ-990)

的变化幅度不大,均呈缓慢的下降趋势。旬平均气温在 12.1~26.9℃之间,旬平均最高气温在 17.7~32.1℃之间,旬平均最低气温在 8.1~22.7℃之间。从 8 月下旬开始,平均最高气温低于 30℃,平均最低气温低于 20℃,平均日较差在 10℃左右。旬极端最高气温在 29.0~40.0℃之间,旬极端最低气温在 -1.9~15.7℃;9 月下旬,极端最高气温低于 35℃,极端最低气温低于 5℃。

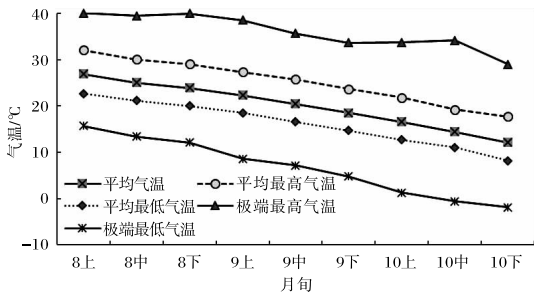


图 1 西安 1990—2019 年 8—10 月逐旬气温变化

研究表明,15~25℃是运动员发挥成绩的最佳环境温度。当气温超过 28℃时,人体就会感觉不适,低于 15℃或高于 35℃时对运动成绩会产生较大影响^[2]。将气温分为 5 个等级,分别统计西安 8—10 月各旬各级日最高气温出现的平均日数(表 1)。可见西安 8—10 月各旬日最高气温分别不低于 26、28、30、32、35℃的日数随时间推后逐渐减少;≥35℃日数 8 月中旬平均不足 1 d,9 月中旬后未出现,10 月无 32℃以上最高气温。

2.2 9 月逐日气温变化

西安 9 月日平均气温在 18.4~24.3℃,变化幅度为 5.9℃;日平均最高气温变化范围为 23.2~29.5℃,变幅为 6.3℃;日平均最低气温的变化范围为 14.5~20.3℃,变幅为 5.8℃。9 月 15—27 日,日平均气温在 18.4~21.0℃,日平均最高气温为 23.2~25.7℃,日平均最低气温为 14.5~

表 1 西安 1990—2019 年 8—10 月各旬各级日最高气温平均日数及降水总日数 单位:d

时段	日最高气温平均日数					降水总日数			
	≥26℃	≥28℃	≥30℃	≥32℃	≥35℃	小雨	中雨	大雨	暴雨
8月上旬	9.5	8.9	7.9	5.6	1.7	62	16	3	2
8月中旬	8.7	7.5	5.7	3.1	0.7	80	29	5	1
8月下旬	8.8	6.9	4.9	2.7	0.6	72	20	10	1
9月上旬	6.4	4.8	2.7	1.6	0.5	86	21	12	2
9月中旬	5.2	3.1	1.4	0.5	0.1	81	18	7	2
9月下旬	3.2	1.8	0.5	0.1	0	91	17	10	0
10月上旬	1.7	0.6	0.3	0	0	73	16	7	0
10月中旬	0.5	0.2	0	0	0	75	24	6	0
10月下旬	0.1	0	0	0	0	72	15	1	0

17.6℃。从 1951—2019 年统计结果来看,西安 9 月各日均出现过 32℃以上气温。1—9 日都出现过 35℃以上高温,1 日和 5 日曾出现 38℃以上高温;10—17 日,69 a 中仅有 4 d 的日最高气温超过 35℃,18 日以后均未出现过 35℃以上高温天气。总体来看,西安 9 月气温适宜,利于运动员发挥更好的成绩。

3 降水变化特征

3.1 旬降水

从西安 8—10 月逐旬降水量和降水日数的变

化(图 2)可见,西安从夏到秋转换时节降水整体呈先增加后减少的波动变化。8 月上旬至 9 月上旬,旬降水量和降水日数呈缓慢增加趋势,降水量变化范围为 23~37 mm,降水日数为 2.8~4.0 d。旬降水量和降水日数的最大值均出现在 9 月上旬,分别为 37 mm 和 4.0 d,降水日数是一年中最多的时段,降水量略次于 7 月上旬。9 月中旬至 10 月下旬,各旬降水量呈现明显下降趋势,降水量从 9 月中旬的 28 mm 下降至 10 月下旬的 14 mm,降水日数从 3.6 d 下降至 2.9 d。从

各旬各等级降水日数(表1)可见,各等级降水日数的变化略有不同。9月下旬小雨最多,年均3 d;8月中旬中雨最多,年均1 d;9月上旬大雨最多,平均2 a 1 d。30 a间暴雨共出现8次,分布在8月上旬至9月中旬,9月中旬以后再无暴雨出现。总体来看,9月上中旬是西安降水相对较多的时期,全运会各项活动安排需做好防雨准备。

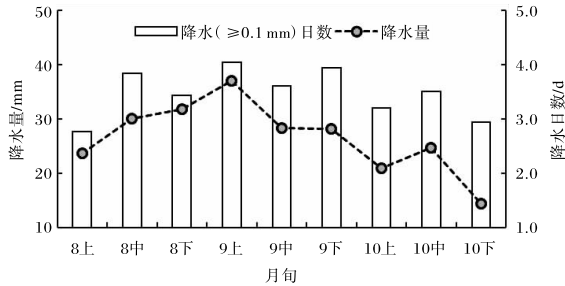


图2 西安1990—2019年8—10月逐旬降水变化

3.2 9月逐日降水变化

西安9月逐日平均降水量在0.7~7.0 mm,降水概率在23%~53%,平均38%。9月15—27日全运会期间,西安多年平均降水量为39.9 mm,降水日数为5.1 d,这一时期平均2~3 d出现1次降水,降水量为7.8 mm,接近中雨级别。降水对室外赛事的正常进行及运动员发挥水平、创造成绩可能会带来一定影响。1951—2019年西安9月逐日最大日降水量随时间呈减小趋势(图3),在15.2~92.5 mm,最大值出现在1986年9月8日。9月15—27日全运会期间,最大日降水量在31.2~66.3 mm,最大值出现在2003年9月19日。20日以后最大日降水量波动较小。

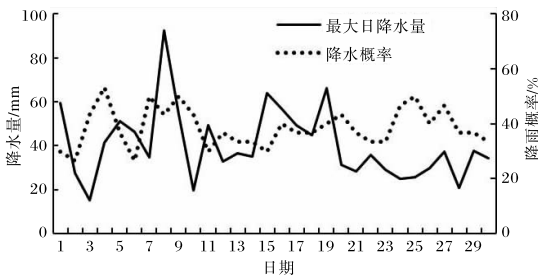


图3 西安1951—2019年9月逐日最大降水量的变化

3.3 全运会期间降水日变化

利用2005—2019年逐小时降水量资料,统计得到全运会期间降水日变化曲线(图4)。从降水

量来看,降水量的日变化比较明显,07—15时降水量较大,10时最大,平均为0.51 mm。21—04时降水量相对较小,02时最小,不足0.2 mm。逐小时降水发生频率的日变化不明显,上午和傍晚相对稍大,接近40%,最大在19时,为39.7%;凌晨和午后相对较小,最小在21时,为25.6%;其余时次发生频率均在32%~35%之间,各时次差别不大。可见,下午降水发生频率和降水量相对于上午较小,户外项目可安排在下午时段。

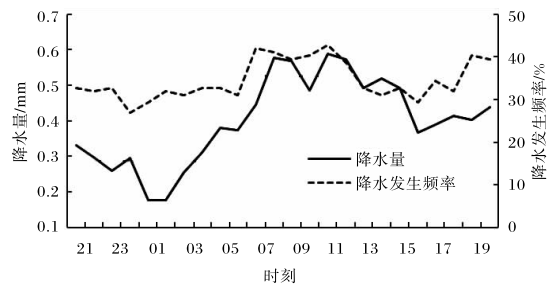


图4 西安2005—2019年9月15—27日降水日变化

3.4 全运会期间降水持续性

若连续2个时次无降水,则认为一次降水过程结束。统计了2005—2019年全运会期间降水过程共有99次,平均持续时间为6.6 h,最长持续时间为53 h。持续1~3 h的过程50次,4~6 h的过程19次,7~12 h的过程15次,13~24 h的过程10次,超过24 h的过程5次。可见持续1~3 h降水出现概率最高,持续时间超过12 h的降水出现概率虽然不高,但持续时间长,影响大。

4 风向风速变化特征

4.1 8—10月各风向频率及平均风速

西安8—10月各旬平均风速(图略)变化不大,在1.2~1.8 m/s之间。图5为8—10月各风向频率及各风向的平均风速。可以看出,8—10月各风向的平均风速变化不大,在1.3~3.5 m/s之间。8—10月以偏东北风为主,其次为偏西南风,东北风出现的频率均为最大,分别为25%、22%、17%。8月次主导风为东东北风,频率为17%;9月次主导风为北东北风,频率为15%;10月次主导风为西南风,频率为13%。

4.2 9月风向风速逐日变化

西安9月各日主导风多为北东北风,个别日

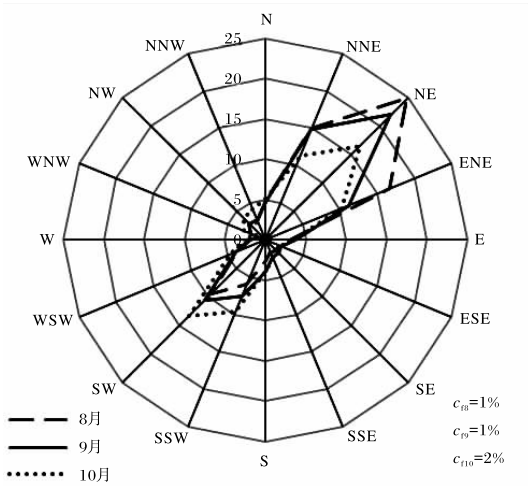


图5 西安1990—2019年8—10月各风向频率(%; c_f 为静风频率,8、9、10代表月份)

为西南风。日平均风速变化不大,在2.1~2.7 m/s,较大的几日出现在10日前。15—27日,

日平均风速大多为2.2~2.5 m/s,各日相差不大;各日最大风速的差异较大,在5.1~9.0 m/s,较大的几日出现在15日以后。15—27日,最大风速大多为6.0~8.0 m/s。最大风速的风向各日差异较大,以东北风和西南风居多(表2)。

4.3 9月各旬风速日变化

图6为西安9月各旬逐时平均风速的日变化。可以看出,各旬逐时平均风速的日变化大致相同,相对而言9月上旬的逐时平均风速较中、下旬略大,白天更为明显。逐时平均风速在1.9~3.0 m/s,08时前后和19时前后风速起伏较大,其余大部时段变化平稳。平均而言,09—18时风速较大,多年平均在2.6 m/s以上;23—07时风速较小,平均在2.2 m/s以下;其余各时段平均风速在2.1~2.4 m/s。可见9月西安风速日变化较为明显,在全运会赛程安排上,应加以考虑。

表2 2005—2019年9月15—27日日平均风速、最大风速和主导风向

日期	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
平均风速/(m/s)	2.5	2.5	2.2	2.2	2.2	2.4	2.3	2.5	2.2	2.5	2.2	2.4	2.3
主导风向	NNE	NNE	SW	SW	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	SW
最大风速/(m/s)(风向)	5.8 (NE)	5.5 (ENE)	7.6 (SW)	8.7 (ENE)	6.1 (ENE)	8.0 (SSW)	6.5 (NE)	6.4 (NE)	7.6 (SW)	9.0 (NE)	5.6 (NNE)	7.8 (SW)	7.9 (SE)

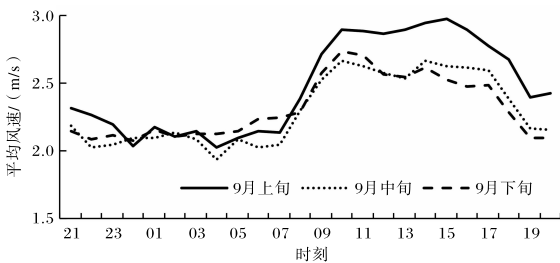


图6 西安1990—2019年9月各旬平均风速日变化

5 相对湿度变化特征

从西安8—10月逐旬平均相对湿度及标准差的变化(图略)可见,8月上旬平均相对湿度快速增加;8月下旬至10月上旬相对湿度变化不大,维持在75%左右,但9月上旬和10月上旬相对湿度的年际波动较大。西安9月日平均相对湿度在68%~82%之间(图7),前半月相对较小,后半月相对较大。15—27日这一时段相对湿度大多

在71%~82%。从日平均相对湿度的年际变化(标准差)看,9月上旬后期至中旬中期波动较大,中旬后期至下旬中期波动较小。

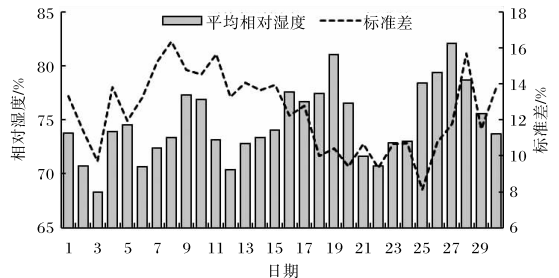


图7 西安1990—2019年9月逐日平均相对湿度变化

6 人体舒适度变化特征

人体对环境冷热感觉的舒服程度,受多种气象要素综合影响。气温、相对湿度和风速对人体的冷暖感觉影响较大,因此采用了3个要素构建

的人体舒适度指数^[7]来反映人体的舒适程度。

$$K = 1.8T_a - 0.55(1.8T_a - 26)(1 - H) - 3.2\sqrt{u} + 32, \quad (1)$$

式中, K 为舒适度指数, T_a 为环境温度($^{\circ}\text{C}$), H 为相对湿度(%), u 为风速(m/s)。人体舒适度指数的等级划分标准见表3。

表3 人体舒适度指数的等级划分标准

舒适度指数	≤ 25	26~38	39~50	51~58	59~70	71~75	76~79	80~85	≥ 86
舒适度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9
感觉程度	寒冷	冷	偏凉	凉爽	舒适	偏热	热	炎热	酷热

西安8月各旬人体舒适度指数为69~73(图略),感觉偏热或舒适;9月为62~66,感觉舒适;10月为51~58,感觉凉爽。统计西安9月舒适度各等级日数、频率和极值(表4)可知,舒适(5级)日数最多,平均为23.5 d,出现频率为78.4%。1951—2019年,舒适日数最多的年份(1956年)多

达30 d,最少的年份(1997年)也有12 d。其次是凉爽(4级)日数,平均为5.2 d,出现频率为17.5%。凉爽日数最多的年份(1997年)为16 d。9月偏热(6级)和偏凉(3级)的频率不大,分别为2.3%和1.3%。感觉热(7级)的日数极少,69 a仅出现7 d。另外,寒冷、冷、炎热、酷热均未出现。

表4 西安1990—2019年9月舒适度各等级日数、频率和极值

等级	3(偏凉)	4(凉爽)	5(舒适)	6(偏热)	7(热)
平均日数/d	0.4	5.2	23.5	0.7	0.1
频率/%	1.3	17.5	78.4	2.3	0.3
最多日数/d	6	16	30	6	2
最少日数/d	0	0	12	0	0

7 高影响天气事件变化特征

高影响天气事件是指可能影响体育赛事重大活动或室外比赛项目正常举行的高温、暴雨、大风、雷暴、雾、霾等恶劣天气^[8]。统计1951—2019年9月15—27日每10 a高影响天气事件出现日数(表5)可见,西安69 a中没有出现冰雹,浮尘、

扬沙和大风的日数均未超过9 d,其中大风仅在20世纪50和60年代共出现7 d,之后近50 a再未出现。扬沙和浮尘在20世纪70年代前分别出现过9 d和7 d,之后也再未出现过。雷暴在20世纪平均每10 a出现4.0 d,而近20 a未曾出现。69 a来中雨、大雨和暴雨分别出现了65、20、

表5 西安1951—2019年9月15—27日每10 a高影响天气出现日数 单位:d

年代	中雨	大雨	暴雨	雾	雷暴	扬沙	浮尘	霾	大风	冰雹	连阴雨/次
1951—1960	9	0	1	13	5	5	3	47	2	0	6
1961—1970	15	3	0	16	2	3	2	20	5	0	8
1971—1980	10	0	0	25	1	1	1	80	0	0	3
1981—1990	8	6	0	17	7	0	0	13	0	0	6
1991—2000	6	2	1	9	5	0	0	4	0	0	2
2001—2010	8	4	1	3	0	0	0	0	0	0	8
2011—2019	9	5	0	2	0	0	0	12	0	0	7
1951—2019	65	20	3	85	20	9	6	176	7	0	40

3 d, 总计 88 d, 平均每年出现强降水 1.3 d。比较而言, 雾和霾出现的概率相对较高, 平均每 10 a 分别出现 12.1 d 和 25.1 d, 雾霾天的年代际变化较明显, 存在减少趋势, 这与文献[9]的结果一致。总体而言, 西安 9 月 15—27 日扬沙、浮尘、大风、暴雨极少发生, 大雨、雷暴出现概率较小, 雾霾和中等以上降雨天气出现的可能性较大。

连续性降水对室外比赛项目影响较大。统计连续 3 d 及以上持续性降水过程次数(表 5)发现, 1951—2019 年 9 月 15—27 日出现连续 3 d 及以上的连阴雨共 40 次, 出现概率 58%, 仅 20 世纪 70 年代和 90 年代较少, 其他年代较多, 1961—1970 和 2001—2010 几乎每年都出现连阴雨天气。

8 结论

西安 8—10 月的气象条件总体对全运会的举办较为有利, 不利影响的天气较少发生, 通过提前做好高影响天气应急预案, 保障比赛的顺利进行。具体结论如下。

(1) 8—10 月, 西安各旬气温的变化幅度不大, 均呈缓慢的下降趋势。9 月日平均最高气温为 23.2~29.5 °C, 最低气温为 14.5~20.3 °C。全运会期间日平均气温在 18.4~21.0 °C 之间, 适宜运动员水平的发挥, 对赛事有重大影响的高温天气极少出现。

(2) 8—10 月, 各旬降水量和降水日数整体呈先增加后减少的波动变化, 旬降水量和降水日数的最大值均出现在 9 月上旬; 9 月中下旬日最大雨量在 20.8~66.3 mm 之间, 随时间呈波动减小趋势; 9 月 15—27 日期间, 平均 2~3 d 出现 1 次降水, 降水量接近中雨级别; 9 月降水日变化比较明显, 07—16 时雨量较大, 夜间相对较小。小时降水发生频率的日变化不明显, 上午和傍晚相对稍大, 下午降水发生频率和降水量相对于上午较小, 全运会户外项目可尽量安排在下午时段。

(3) 8—10 月各月、旬、日平均风速变化不大, 在 1.2~3.5 m/s 之间, 以偏东北风为主, 其次为偏西南风; 15—27 日这一时段, 日平均风速大多在 2.2~2.5 m/s 之间, 各日相差不大。但日最大风速的变化较大, 在 5.1~9.0 m/s 之间, 最大风

速的风向差异也较大, 主要以东北风和西南风居多。9 月各旬逐时平均风速日变化较明显, 08 时前后和 19 时前后风速起伏较大, 其余大部时段变化平稳。平均而言, 白天风速较大, 夜间相对较小, 可考虑将羽毛球、标枪等受风影响较大的比赛项目安排在风速相对较小的上午或晚上。

(4) 8 至 10 月各旬人体舒适度指数在 51~73 之间, 感觉偏热或舒适。9 月人体感觉舒适的日数最多, 平均为 23.5 d, 出现频率为 78.4%, 对于运动员和观众均有利。

(5) 9 月 15—27 日, 扬沙、浮尘、大风、暴雨极少发生, 大雨、雷暴出现概率较小, 雾霾和中等以上降雨天气出现的可能性较大。

致谢: 陕西省气象信息中心提供数据支持, 在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 朱燕君, 陈峪, 李庆祥, 等. 北京奥运会期间的气象条件分析[J]. 应用气象学报, 2006, 17(增刊): 35-41.
- [2] 叶殿秀, 陈峪, 张强, 等. 北京奥运期间极端天气气候事件背景分析[J]. 气象, 2006, 30(8): 31-35.
- [3] 吴林荣, 刘环, 杜莉丽, 等. 陕西 2019 年省级决策气象服务评估[J]. 陕西气象, 2019(5): 40-43.
- [4] 李筱竹, 张晓美, 吕明辉. 大型体育赛事气象服务社会效益评估方法设计[J]. 气象科技进展, 2020, 10(4): 42-46.
- [5] 李德萍, 张凯静, 耿敏, 等. 上合青岛峰会期间延伸期气候趋势预测与检验[J]. 陕西气象, 2019(3): 43-48.
- [6] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [7] 吴兑, 邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 170-172.
- [8] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市奥运期间气象灾害风险承受与控制能力分析[J]. 气象, 2008, 34(2): 77-82.
- [9] 权文婷. 霾日数的统计方法讨论: 以西安地区为例[J]. 陕西气象, 2012(4): 32-34.