

## 甘肃中部雷暴天气变化的气候特征分析

景怀玺<sup>1</sup>, 石圆圆<sup>1</sup>, 白虎志<sup>2</sup>

(1. 甘肃省白银市气象局, 甘肃 白银 730900; 2. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**利用1958~2005年白银地区4测站观测资料,采用线性趋势估计、子波分析等数理统计方法,对白银地区雷暴初、终日及雷暴出现日数气候变化特征进行分析。结果表明:雷暴初日北部平原呈推迟的趋势(2.7 d/10 a),南部山区在其平均期(4月20日)附近上下摆动。雷暴终日北部平原呈提前趋势(-2.6 d/10 a),南部山区呈抛物线变化趋势,先升后降;雷暴初日变化北部平原较南部山区稳定,雷暴终日变化南部山区较北部平原区稳定,雷暴初日较终日稳定;雷暴初、终日北部平原对应的候平均气温阈值分别为9℃、11℃,南部山区对应的候平均气温阈值皆为6℃;雷暴日数“南多北少”,20世纪80年代中期以前8~10 a的周期显著,其总趋势是减少的。

**关键词:**雷暴天气;气候特征;候平均气温阈值

**中图分类号:**P467

**文献标识码:**A

## 引言

雷暴是中小尺度对流性天气,是积雨云内云与云间或云与地间产生放电并伴有雷声的天气现象,是一种严重的灾害性天气,常造成国民经济和人民生命财产的重大损失,因此研究雷暴天气有着十分重要的意义。以往对雷暴天气的研究已有不少,如盛承禹<sup>[1]</sup>等对我国雷暴的地理分布、季节变化及年际变化等作了概括;张敏锋<sup>[2]</sup>等认为近30 a来我国大部分地区平均雷暴的频数在波动中减少,而东北地区平均雷暴日有增加的趋势;在甘肃也有这方面的相关研究<sup>[3-5]</sup>,但就其雷暴气候变化的诊断分析工作不多。

雷暴的发生与地理、地形、季节、气候等因素有关<sup>[6-7]</sup>。位于甘肃省中部地带的白银地区地处欧亚大陆腹地,属腾格里沙漠边缘和祁连山余脉到黄土高原的过渡地带,地势走向呈西北—东南分布,海拔高度在1 275~3 317 m之间,总面积2.12万 km<sup>2</sup>,北部地方地势平坦,南部地方山大沟深,气候南北差异大。因此通过分析该地雷暴天气变化的基本气候特征,一方面为防雷减灾提供气候背景依据,另一方面可进一步研究雷暴天气与冰雹、暴雨之间的联系,以及雷暴的成因,特别是与大尺度大气环流的联系。

## 1 资料来源和方法

## 1.1 资料来源

白银地区所辖的景泰、白银、靖远、会宁4县区依次自北向南分布,且4个测站间的距离都在50 km以上。为使研究更具针对性,根据测站所处的地理位置和地形地貌特征,可划分景泰、白银、靖远北部地方代表平原,南部会宁代表山区,并选取4个测站1958~2005年地面观测资料中有关雷暴的观测记录,按年分别建立了雷暴日数以及雷暴初、终日时间序列。其中,当观测记录中本站见到闪电听不到雷声的不作该站雷暴日;当一日之内发生数次雷暴只统计为一个雷暴日。另外,利用日平均气温资料求取了雷暴初、终日对应逐年同期的候平均气温资料。

## 1.2 分析方法

为分析雷暴初、终日及日数的变化趋势,采用线性趋势估计<sup>[8]</sup>求取其年际变化的倾向率;分析雷暴初、终日在不同地域的稳定性变化,分别计算了其平均绝对变率和平均相对变率,并统计了雷暴初、终日出现频次与同期候平均气温的对应关系;为分析雷暴日数的多时间尺度周期特征,采用了小波分析技术,小波基(母波)采用Morlet子波<sup>[9]</sup>。

收稿日期:2006-09-30;改回日期:2006-11-15

基金项目:白银市科学技术局“白银市地质灾害灾害预报预警系统”(GK20062-3-011A)资助

作者简介:景怀玺(1964-),男,甘肃会宁人,工程师,主要从事天气气候预测研究. E-mail:jinghx@sina.com

## 2 结果分析

### 2.1 雷暴初、终日变化的统计特征

#### 2.1.1 雷暴初、终日的年代际变化

表 1 给出了白银地区 4 个测站不同年代雷暴初、终日期统计结果。由表 1 可见,20 世纪 60 年代

以来,在同一年代,雷暴初日均呈现景泰出现最晚,会宁出现最早,最晚与最早两者差值随年代增加依次分别为 10 d、8 d、10 d、22 d、28 d;雷暴终日亦呈现景泰结束最早,会宁结束最晚,最晚与最早两者差值同样随年代增加依次分别为 14 d、9 d、14 d、22 d、10 d。由此表明,雷暴初日北部平原较南部山区出

表 1 白银地区 4 测站不同年代雷暴初、终日的统计结果(日/月)

Tab. 1 Statistics of the first and the last date for thunderstorm in 4 stations of Baiyin in different decades

站名		20 世纪 60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	21 世纪 10 年代	平均
景泰	初雷日	2/5	4/5	24/4	10/5	20/5	7/5
	终雷日	21/9	20/9	22/9	8/9	5/9	16/9
白银	初雷日	25/4	4/5	28/4	29/4	19/5	30/4
	终雷日	23/9	25/9	1/10	26/9	10/9	24/9
靖远	初雷日	26/4	29/4	26/4	7/5	10/5	28/4
	终雷日	1/10	24/9	26/9	22/9	9/9	24/9
会宁	初雷日	22/4	26/4	14/4	18/4	22/4	20/4
	终雷日	5/10	29/9	6/10	30/9	15/9	29/9

现偏晚,雷暴终日北部平原较南部山区结束偏早,这与不同的地形所造成的热力及动力条件随季节的不同变化有关<sup>[10]</sup>。在不同的年代里,20 世纪 60~90 年代,与多年平均期相比,雷暴初日各地 80 年代出现最早,70 年代南部山区出现最晚,90 年代北部平原区出现最晚;雷暴终日各地 90 年代结束最早,80 年代结束最晚。但近 5 a(2001~2005 年)较逐年代相比,雷暴初日明显偏晚,雷暴终日明显偏早。

#### 2.1.2 雷暴初、终日的年际变化

为分析白银地区雷暴初、终日的变化趋势,故将景泰、白银、靖远 3 站的雷暴初、终日求其平均,以建立时间序列并代表北部平原,会宁站代表南部山区,分别绘制了白银地区不同地形区雷暴初、终日的变化趋势图(图 1)。

由图 1(a)可以看出,雷暴初日北部平原线性变化呈较显著( $\alpha = 0.10$ )的上升趋势,年际变化的倾向率为 2.7 d/10 a,表明雷暴出现日期推迟;南部山区线性变化不显著,基本在平均日期(4 月 20 日)附近上下摆动。

由图 1(b)可以看出,雷暴终日北部平原线性变化呈较显著( $\alpha = 0.10$ )的下降趋势,年际变化的倾向率为 -2.6 d/10 a,表明雷暴结束日期提前;南部山区线性变化不显著,但有较显著( $\alpha = 0.10$ )的二阶抛物线趋势,先升后降,即 20 世纪 80 年代初中期

以前雷暴结束日期逐渐推迟,80 年代中后期以来雷暴结束日期逐渐提前。

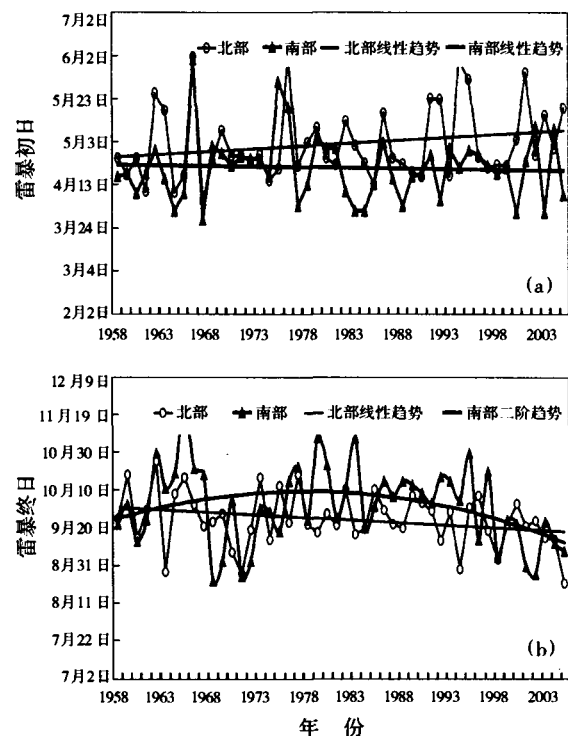


图 1 白银北部平原与南部山区雷暴初日(a)和终日(b)的变化趋势

Fig. 1 Trends of the first (a) and the last (b) date for thunderstorm in northern plain and southern mountains of Baiyin region

2.1.3 雷暴初、终日的稳定性变化

在统计各测站雷暴初、终日期时,分别以3月31日和8月31日为起点,如4月17日记为17 d,9月20日记为20 d,建立雷暴初、终日期的不同表达形式的资料序列,并通过计算平均绝对变率可得平均相对变率。即在不同的地形区该要素相对变率越小,表示其波动的程度越小,则稳定性就好,反之亦然。表2给出了白银地区4测站1958~2005年雷暴初、终日的平均绝对和相对变率。由表2可知:对于雷暴初日

而言,其平均绝对变率景泰最大,会宁最小;其平均相对变率景泰最小,会宁最大,表明雷暴初日变化北部平原较南部山区稳定。对于雷暴终日而言,其平均绝对变率景泰最小,会宁最大;其平均相对变率景泰最大,会宁最小,表明南部山区较北部平原区稳定。另外,计算出了雷暴初、终日平均绝对变率分别为15.1 d、15.8 d,平均相对变率分别为51.6%、65.0%,进一步表明白银地区雷暴初日较终日变化稳定。

表2 白银地区4测站雷暴初、终日平均绝对和相对变率

Tab.2 The mean relative and absolute variabilities of the first and the last date for thunderstorm in 4 stations of Baiyin region

站名	初 日			终 日		
	平均	平均绝对变率	平均相对变率	平均	平均绝对变率	平均相对变率
景泰	37.1	18.5	49.9	19.5	15.1	77.4
白银	32.1	16.5	52.9	25.7	14.9	58.7
靖远	28.6	14.0	49.0	24.7	16.9	68.4
会宁	20.9	11.4	54.5	29.5	16.3	55.3

注:表中所列项目单位,平均:d;平均绝对变率:d;平均相对变率:%

2.1.4 雷暴初、终日的气温特征

雷暴是在有利的大气环境场中产生的,雷暴的产生除了受地形特征影响外,气温也是主要的影响因素之一。资料表明,在雷暴初、终日与候平均气温的对应关系上,可以看出白银地区雷暴初、终日的气温阈值比较宽,但由于存在地域分布上的差异,即景

泰、白银、靖远3测站基本一致,故选取景泰站代表北部平原,会宁站代表南部山区,进一步分析雷暴初终日的气温特征。我们规定当超过某点气温的候平均气温段上雷暴初、终日频次的概率值>10%时,将该点气温值定为雷暴开始或终止的气温指标<sup>[11]</sup>。图2给出了白银地区雷暴初、终日频次与候平均气温

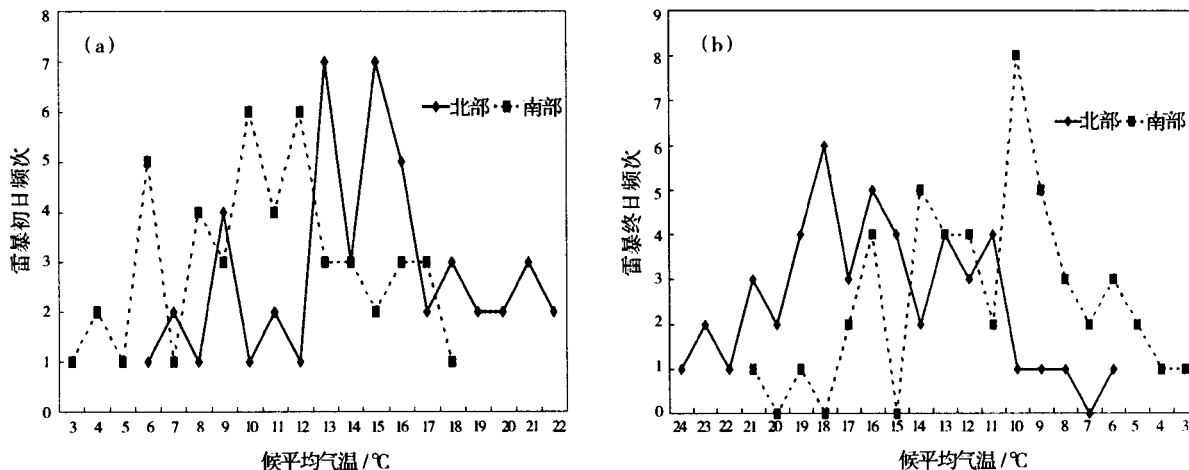


图2 白银地区雷暴初日频次(a)和雷暴终日频次(b)与候平均气温的关系  
Fig.2 The relations between the five - day mean temperature and the frequencies for the first (a) and the last (b) date for thunderstorm in Baiyin region

温的对应关系。分析图 2(a)可知,北部平原与南部山区雷暴初日对应的候平均气温阈值分别为 6~22 °C、3~18 °C,突升点分别在 9 °C、6 °C,通过其突升点的概率值分别为 16.7%、18.8%,表明当北部平原与南部山区候平均气温上升稳定分别通过 9 °C、6 °C 时,则为雷暴开始时间;分析图 2(b)可知,北部平原与南部山区雷暴终日对应的候平均气温阈值分别为 24~6 °C、21~3 °C,突升点分别在 11 °C、6 °C,通过其突升点的概率值分别为 16.7%、14.6%,表明当北部平原与南部山区候平均气温降低稳定分别通过 11 °C、6 °C 时,则为雷暴终止时间。

## 2.2 雷暴日的时空分布特征

### 2.2.1 雷暴日数的年代际变化

表 3 给出了白银地区 4 测站雷暴日数的年代际变化统计结果。由表 3 可知,自 20 世纪 60 年代以来,在同一年代,景泰、白银、靖远等北部平原较南部山区会宁相比,雷暴日数明显偏少。在不同的年代,60 年代、80 年代雷暴日数多于多年平均值,80 年代更显著。70 年代、90 年代雷暴日数少于多年平均值,90 年代更显著,尤其是近 5 a(2001~2005 年)与 90 年代相比,雷暴日数仍呈偏少的状态。另外,利用线性趋势进行分析,结果显示景泰、白银、靖远、会宁雷暴日数线性倾向率均为负数,分别为 -2.6 d/10 a、-1.3 d/10 a、-1.4 d/10 a、-2.1 d/10 a,说明白银地区雷暴出现频次是趋于减少的。

表 3 白银地区 4 测站雷暴日数的年代际变化

Tab. 3 The decadal variation of thunderstorm days in 4 stations in Baiyin

站名	20 世纪 60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	21 世纪 10 年代	平均	倾向率
景泰	19	17	21	11	10	18	-2.6
白银	21	20	23	18	15	21	-1.3
靖远	22	20	24	19	14	22	-1.4
会宁	31	28	33	24	18	28	-2.1

注:表中所列项目单位,雷暴日数:d;倾向率:d/10 a

### 2.2.2 雷暴日数变化的周期特征

利用小波分析白银地区雷暴日数的多时间尺度周期特征时,结果发现 4 测站的周期变化具有较好

的一致性。限于篇幅,故将各地的雷暴日数按站平均并建立资料序列进行 Morlet 小波变换。从图 3 可以看出,20 世纪 50 年代末到 80 年代中期,白银地区雷暴日数具有 8~10 a 的周期变化;20 世纪 80 年代至今,尽管周期性振荡仍然存在,但周期明显增大,目前正处在偏少的位相。

进一步提取时间尺度为 10 a 的小波系数,并绘制小波系数分解图 4。由图 4 可以更清晰地看出白

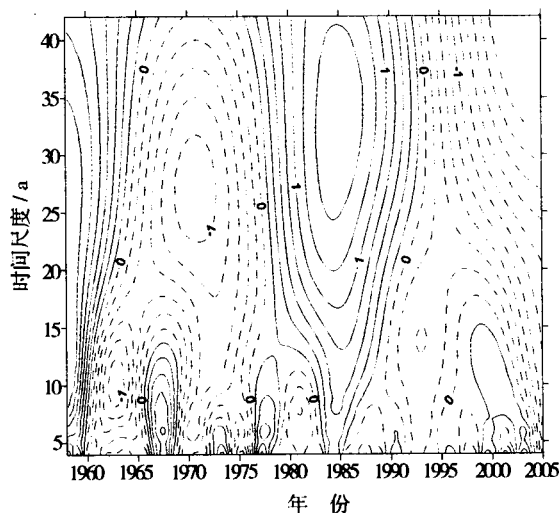


图 3 区雷暴日数的 Morlet 小波系数

Fig. 3 Morlet wavelet coefficients of thunderstorm days in Baiyin region

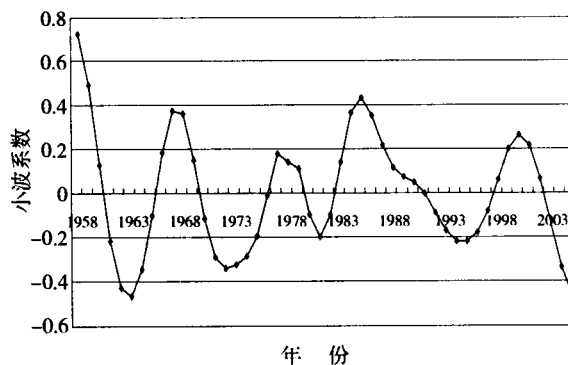


图 4 白银地区雷暴日数的 Morlet 小波系数分解结果  
Fig. 4 Result of the Morlet wavelet coefficient analysis

银地区雷暴日数的周期随时间变化的特征。

### 3 小 结

白银地区雷暴天气的变化不仅存在地域分布上的差异,而且也存在比较显著的年际及年代际变化特征,主要表现在:

(1)在同一年代,雷暴初日北部平原较南部山区出现偏晚,雷暴终日北部平原较南部山区结束偏早。在不同的年代,20世纪60~90年代,雷暴初日各地80年代出现最早,70年代南部山区出现最晚,90年代北部平原区出现最晚;雷暴终日各地90年代结束最早,80年代结束最晚。

(2)雷暴初、终日的基本变化趋势是:雷暴初日北部平原呈推迟的趋势,倾向率为 $2.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ ;南部山区在其平均期(4月20日)附近上下摆动。雷暴终日北部平原呈提前趋势,倾向率为 $-2.6 \text{ d}/10 \text{ a}$ ;南部山区呈抛物线变化趋势,先升后降。

(3)雷暴初、终日稳定性变化呈南部山区较北部平原稳定,雷暴初日较终日稳定。

(4)雷暴初、终日与候平均气温的对应关系是:北部平原雷暴初、终日对应的候平均气温分别为 $9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $11 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;南部山区雷暴初、终日对应的候平均气温皆为 $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(5)雷暴日数南部山区多于北部平原,并且20世纪80年代偏多明显,90年代偏少明显。

(6)景泰、白银、靖远、会宁雷暴日数线性倾向率均为负数,分别为 $-2.6 \text{ d}/10 \text{ a}$ 、 $-1.3 \text{ d}/10 \text{ a}$ 、 $-1.4 \text{ d}/10 \text{ a}$ 、 $-2.1 \text{ d}/10 \text{ a}$ ,说明白银地区雷暴出现

频次是趋于减少的。

(7)雷暴日数的周期是随时间变化的,即在20世纪80年代中期以前具有 $8 \sim 10 \text{ a}$ 的周期变化,20世纪80年代初中后期至今,虽然周期振荡仍然存在,但周期明显增大,目前正处在偏少的位相。

(8)本文选取白银地区作为研究区域,可反映出甘肃中部雷暴天气变化的基本气候特征。

#### 参考文献:

- [1] 盛承禹. 中国气候总论[M]. 北京: 科学出版社, 1986. 306 - 310.
- [2] 张敏锋, 冯霞. 我国雷暴天气的气候特征[J]. 热带气象学报, 1998, 14(2): 156 - 162.
- [3] 端木礼寅, 李照荣, 张强, 等. 甘肃中部强对流天气多普勒雷达和闪电特征个例分析研究[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 764 - 772.
- [4] 渠永兴, 张强, 康风琴. 甘肃永登强对流云的雷达气候学特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 773 - 780.
- [5] 杨先荣, 王劲松. 临夏州冰雹的地形因素[J]. 甘肃气象, 2000, 18(2): 13 - 15.
- [6] 陈绍东, 林奔峰, 区永平. 广州市雷暴日异常的基本气候特征及其与近海海温关系初探[J]. 热带气象学报, 2004, 20(1): 106 - 112.
- [7] 张鸿发, 郭三刚, 张义军, 等. 青藏高原强对流雷暴云分布特征[J]. 高原气象, 2003, 22(6): 558 - 563.
- [8] 徐宗学, 隋彩虹. 黄河流域平均气温变化趋势分析[J]. 气象, 2005, 31(11): 7 - 10.
- [9] 沈锦花, 胡波. 浙江省近534年旱涝发生规律及突变分析[J]. 气象, 2005, 31(10): 76 - 78.
- [10] 刘德祥, 白虎志, 董安祥. 中国西北地区冰雹的气候特征及异常研究[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 795 - 802.
- [11] 山义昌, 王善芳. 近40年潍坊地区雷暴日的气候特征[J]. 气象科技, 2004, 32(3): 191 - 194.

## Climatic Characteristic of Thunderstorm Weather Variations in the Middle Part of Gansu Province

JING Huaixi<sup>1</sup>, SHI Yuanyuan<sup>1</sup>, BAI Huzhi<sup>2</sup>

(1. Baiyin Meteorological Bureau of Gansu Province, Baiyin 730900, China;

2. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** The climatic variation feature of the first and the last dates for thunderstorm occurring and thunderstorm days in the middle part of Gansu province was analyzed by using observations of 4 stations in Baiyin from 1958 to 2005 based on statistics methods of linear tendency estimate and wavelet analysis. Results show that the first dates of thunderstorm presented a delay trend ( $2.7 \text{ d}/10 \text{ a}$ ) in the north plain; the last dates were ahead ( $-2.6 \text{ d}/10 \text{ a}$ ) in the north plain and presented parabola change in the south mountain area. The first date variation of thunderstorm in the north plain was steadier than that in the south mountain area, whereas the last date variation of thunderstorm in the south mountain area was steadier than that in the north plain, and the first date change was steadier than that of the last date of thunderstorm. The corresponding threshold of 5-day average temperature was  $9 \text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $11 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in the north plain for the first and last dates, respectively, and  $6 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in the south mountain area. Thunderstorm days were more in the south and less in the north, the period of  $8 \sim 10$  years was remarkable before the middle of the 1980s and the general trend of thunderstorm days was decreasing.

**Key words:** thunderstorm weather; climatic characteristic; threshold of five-day average temperature