

郑淋淋,孙建华,卫捷. 我国雷暴的日变化特征[J].暴雨灾害,2011,30(2):137-144

## 我国雷暴的日变化特征

郑淋淋<sup>1,2</sup>,孙建华<sup>1</sup>,卫捷<sup>1</sup>

(1.中国科学院大气物理研究所,北京 100029;2.中国科学院研究生院,北京 100049)

**摘要:**利用地面1980—2008年(缺2000年)517个常规气象站的观测资料分析了近30年来我国雷暴的日变化特征及其可能的原因。分析表明,雷暴主要发生在午后至傍晚。雷暴的日变化与地形有密切的关系:平原多峰型,山区单峰型,四川盆地夜间高发型,两广沿海地区白天多发。并利用风向的日变化解释了四川盆地地区和两广沿海地区雷暴的日变化特征。雷暴在各个季节的日变化也不同,华北平原和江淮平原地区、四川盆地地区夏季06—12 UTC雷暴发生的比例明显增多;广东、广西沿海和海南地区、东南部山区夏季和秋季雷暴白天发生的比例比春季多。

**关键词:**雷暴;日变化;日变化的季节变化

中图分类号:P446 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2011)02-0137-08

## The Diurnal Variation of Thunder Events in China

ZHENG Linlin<sup>1,2</sup>, SUN Jianhua<sup>1</sup>, WEI Jie<sup>1</sup>

(1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;  
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

**Abstract:** The diurnal variation of thunder events and its possible mechanisms in the recent 30 years in China are investigated using the data from 517 weather stations in China over the period from 1980 to 2008 (a lack of data in 2000). The results show that thunder events peak from the late afternoon to the evening. The diurnal variation of thunder events is influenced by topography and has the following types: two or more peaks in plain areas, a single peak in mountainous areas, a nocturnal peak in Sichuan basin areas, and a daytime peak in the coastal areas of Guangdong and Guangxi provinces. Furthermore, the diurnal variation of thunder events in the last two areas above is affected to some extent by the diurnal variation of wind field. The characteristics of diurnal variation of thunder events vary with seasons. The highest proportion of thunder occurrence occurs from 06UTC to 12UTC in summer in the North China Plain and Sichuan Basin. The proportion of daytime thunder occurrence is higher in summer and autumn than that in spring in the coastal areas of Guangdong and Guangxi and the mountainous areas in Southeast of China.

**Key words:** Thunder events; Diurnal variation; Seasonal variation of diurnal variation

### 1 引言

以前的研究利用各种资料,包括地面气象站观测资料、红外卫星资料和天气雷达资料对降水的日变化和雷暴发生频率进行了研究。如:Yin等<sup>[1]</sup>利用1954—2001年62个雨量计每小时观测资料对中国暖季(5—9月)降水日变化特征的研究结果表明,110°E以东的大部分地区降水主要发生在白天,而青藏高原、长江中下游地区、华北平原、中国的西南和西北部地区以夜间降水为主。Yu等<sup>[2]</sup>对1991—2004年中国588个站的每小时雨量资料的研究揭示中国南部的内陆地区

和东北地区降水主要发生在午后,而青藏高原及其周边地区降水主要发生在夜间。Wallace<sup>[3]</sup>指出夏季美国中部地区雷暴主要在午夜发生,降水主要出现在夜间;冬季美国中西部和太平洋沿岸的大部分地区强降水和雷暴大多发生在夜间。Zheng等<sup>[4]</sup>分析了1980—2008年中国雷暴的空间分布的时间变化特征,雷暴主要发生在青藏高原地区、云南、广西和广东,雷暴5月份向北扩张,9月份南退。Chen<sup>[5]</sup>等利用卫星资料的研究表明中国东南部降水主要发生在上午,特别是内陆的河谷、平原和近海地区,而午后降水主要发生在高原和山区。Wang<sup>[6]</sup>等利用1998—2001年5—8月东亚

收稿日期:2011-4-30;修订日期:2011-05-19

资助项目:国家自然科学基金项目(41075032)、中国气象局公益类行业专项(GYHY200906004)

第一作者:郑淋淋,女,博士研究生,主要从事中小尺度气象分析和研究。E-mail: zhengl.l2@163.com

地区静止卫星每小时的红外亮温资料研究了东亚暖季对流特征:青藏高原的东部边缘对流最活跃并且主要出现在午后或傍晚。Carbone<sup>[7]</sup>等用雷达资料的研究指出,美国暖季降水,除了 98°—99°W 地区外,大陆大部分地区最大值出现在 2000 UTC—0100 UTC,山区和高原地区的降水主要出现在白天。大量的研究表明,全球暖季降水的日变化在海洋和陆地上有不同的特征,海洋早晨出现峰值,陆地除了地势低洼的美国中部平原和中国西南部的四川盆地是夜间出现峰值外,一般是午后出现峰值。

李吉顺<sup>[8]</sup>利用 1961—1970 年有代表性的 45 个测站各月逐时雷暴出现次数分析了雷暴的日变化,认为全国大部分地区雷暴午后(14:00—20:00 LST)出现最多,一般可占全天雷暴次数的 30%~60%,上午(08:00—14:00 LST)雷暴出现的次数最少,一般只占全天雷暴次数的 20%以下。郝秀书等<sup>[9]</sup>利用闪电资料(1995—2002 年)分析了青藏高原闪电的时空分布,得出大部分地区闪电活动日变化的峰值出现在 14:00—16:00 LST。纪小玲等<sup>[10]</sup>利用 1961—2005 年宁夏逐日雷暴资料,揭示出宁夏雷暴天气的日变化有双峰型和单峰型之分,集中出现在 11:00—22:00 LST,而 15:00 LST 前后为雷暴发生高频时段。王颖等<sup>[11]</sup>分析了夏季我国长江流域及其周边地区地闪分布与日变化特征,认为不同区域的地闪活动具有不同的日变化特征,江淮流域和川渝地区地闪日变化表现出多峰型特征,浙赣闽区域地闪活动的单峰型特征显著;其中江淮流域、浙赣闽区域的地闪活跃时段在午后,而川渝地区地闪活动夜发性显著。王学良等<sup>[12]</sup>和刘园园等<sup>[13]</sup>对湖北省闪电频次的日变化研究得出,该地区雷电活动的最大值出现午后。李润强等<sup>[14]</sup>利用 2000—2007 年陕西省的雷电灾害资料,揭示出雷电灾害日变化是午后至傍晚最多,早上相对较少。宫翠凤等<sup>[15]</sup>利用 1971—2007 年威海市气象观测月报表和 1998—2007 年山东省闪电资料,揭示出威海雷暴发生在午后至傍晚的最多,早上相对较少。

这些研究涉及少数年份中国全国的雷暴日变化特征或近几年的中国区域性的雷暴日变化特征,但是对近 30 年全国的雷暴日变化特征还没有进行研究。本文的主要目的是讨论近 30 年(1980—2008 年)我国雷暴的日变化特征及其可能的原因。

## 2 资料

本文所用的资料是由中国气象局国家气象信息中心提供的全球地面 9 728 个站点 1980—2008 年(缺 2000 年)天气资料定时数据集。该数据集是全球地面气象观测网所有地面站观测资料的集合。由于人

为及历史原因,期间有站点的搬迁及新站的重建,并非所有站点均有完整观测记录,为保证资料的连续性,分析中选取每年观测记录大于等于 340 天的站点,提取出中国 517 个站点(图 1)的要素资料。该数据集的时间分辨率是 2000 年以前每天 4 个时次(00, 06, 12, 18 UTC),从 2001 年开始,各站的时次不等,少数站是每天 4 个时次(00, 06, 12, 18 UTC),大部分站(在 517 站中有 350 站以上)是每天 8 个时次(00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC)。提取要素有时间(年,月,日,世界时),站号,纬度,经度,风向,风速,6 h 降水量,现在天气现象和过去天气现象。根据《地面气象电码手册》,雷暴由现在天气现象和过去天气现象进行判别。

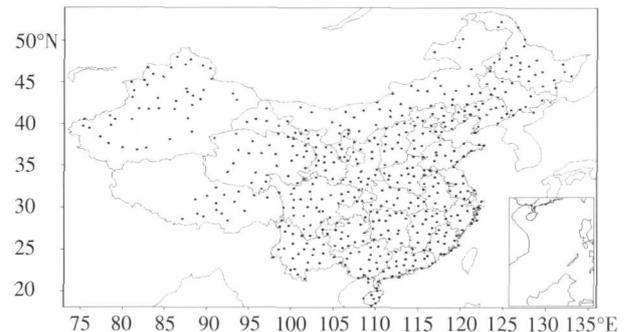


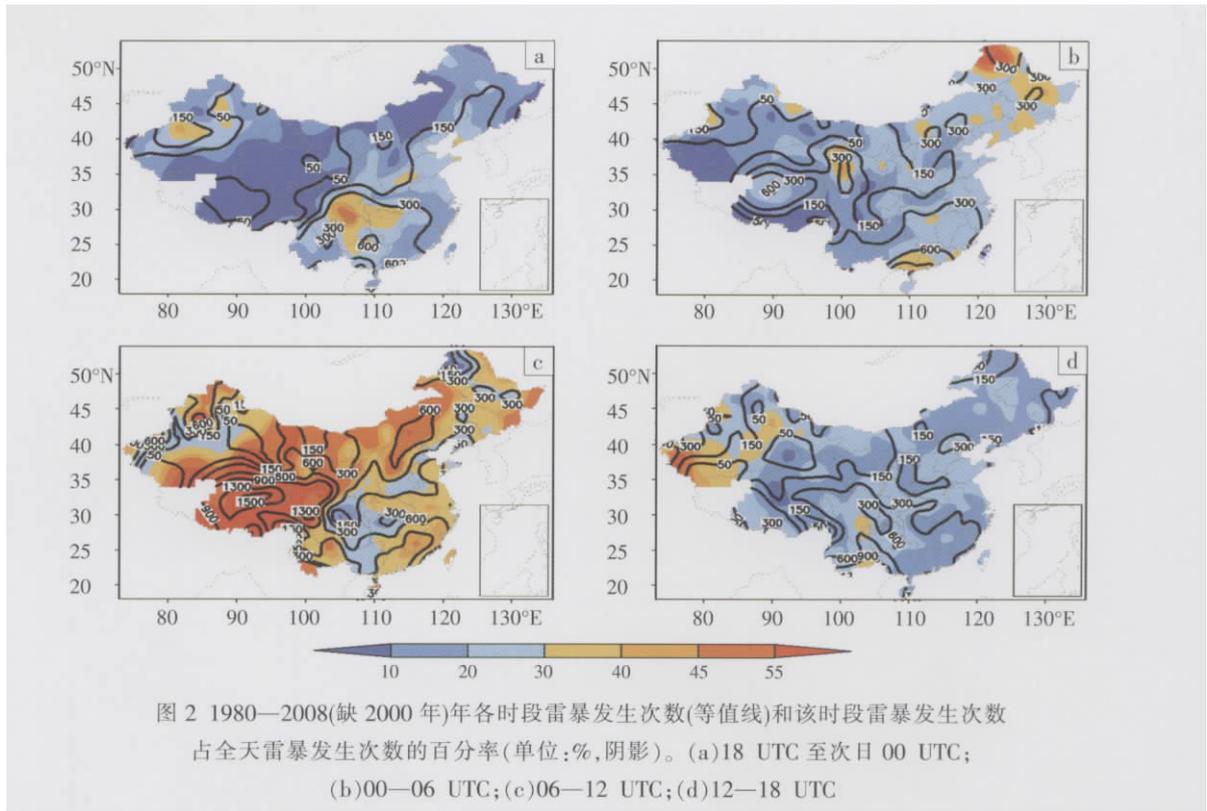
图 1 全国 517 个站点的分布

## 3 结果分析

### 3.1 雷暴的日变化

由于该数据集的时间分辨率在 2000 年以前每天只有 4 个时次(00, 06, 12, 18 UTC),每一时次雷暴发生次数代表这一时次前六小时内雷暴发生总次数。我们计算出各站点雷暴在某一时段发生的个数占此站点雷暴发生总个数的百分比(图 2 中的阴影),研究各个时段雷暴发生的相对多少。从整体上看,雷暴在 06—12 UTC,即北京时间的午后至夜间发生最多,西部和北方地区这个特点比东部地区更显著,但是不同的地区也有各自的特点。为了更明显地揭示雷暴的日变化,分析 2001—2008 年每天 8 个时次观测资料。从 8 个时段雷暴次数的分布图(图 3)上看,09—12 UTC 雷暴发生的频率最高,00—03 UTC 发生最少。每日 8 次的资料,能更清楚地反应日变化的特征。

从地理分布上看,全国大部分地区雷暴主要发生在 06—12 UTC,这些地区主要是新疆的天山、阿尔泰山,青藏高原及其周围的山脉:昆仑山、祁连山、横断山脉,云贵高原,黄土高原,内蒙古高原,东北的大兴安岭、长白山以及我国闽南地区的山地。这些地区都是高原或高山的地形。除了这些地区以外,四川盆地、新疆的塔里木盆地和准噶尔盆地、东北平原、华北平



原、江淮平原、广东广西沿海地区的雷暴日变化也有各自的特点。

四川盆地及其东部的长江河谷地区具有明显的夜发性特点:该地区雷暴主要发生在 15 UTC 至次日 00 UTC(22:00 LST 至次日 07:00 LST),其中 15—18 UTC (22:00 LST 至次日 01:00 LST)雷暴发生的频率最高。从每 6 h 的分布上看(图 2),这些地区的雷暴在 18 UTC 至次日 00 UTC 最多,06—12 UTC 发生最少。另外,新疆的准噶尔盆地和塔里木盆地的雷暴也具有明显的夜发性特征,主要发生在 15 UTC 至次日 00 UTC(21:00 LST 至次日 06:00 LST)。

东北平原、华北平原和江淮平原地区:东北平原地区的雷暴 03—06 UTC 就开始发展,一直持续到 12 UTC,15—18 UTC 也发生较多。华北平原和江淮平原分别在 09—12 UTC 和 15—18 UTC 多发。可见平原地区雷暴的日变化有两次峰值。广东广西沿海地区:雷暴集中发生在 03—12 UTC,也就是当地时间的上午 10:00 LST 至晚间的 19:00 LST。

从各个区域的日变化来看,东北地区雷暴主要发生在午后至傍晚;华北大部分地区的雷暴也发生在午后至傍晚,但山西东南部和河北省的雷暴主要发生在夜间;江淮流域和山东半岛的雷暴在各个时段发生的频率差别不大,但仍是 09—12 UTC 时最多;长江以南的我国东南部地区雷暴主要发生在午后至傍晚;四川盆地一直到湖南北部、贵州中部、广西北部的雷暴主要发生在后半夜至凌晨;河南中部的雷暴主要发生

在上午时段;西北部的广大地区除了新疆的塔里木和准噶尔盆地,雷暴主要发生在午后至傍晚。

### 3.2 各地区雷暴的日变化

上述雷暴的日变化与地形有密切的关系,为了更深入研究我国东部地区雷暴的日变化特征,结合雷暴的日变化分布(图 3)和我国地形的分布(图 4),把我国东部地区划分为:东北平原地区、华北平原和江淮平原地区、四川盆地地区、东南部山区以及广东、广西沿海和海南地区。

图 5 给出了 2001—2008 年各地区雷暴的日变化情况,可见,各地区雷暴日变化存在明显的差异。东北平原地区(图 5a):03—06 UTC 开始发展,一直持续到 12 UTC,在 09—12 UTC 达到最多,12—15 UTC 迅速减少,15—18 UTC 又出现另一个高峰。这一地区的雷暴在午后开始发展,傍晚到日落后出现高峰(17:00—20:00 LST),午夜(23:00—次日 02:00 LST)又再度发展,即出现双峰的特点。华北平原和江淮平原地区(图 5b):09—12 UTC 达到最多,12—15 UTC 迅速减少,15—18 UTC 又出现第二个高峰。与东北平原相比,华北平原和江淮平原的雷暴是呈现多峰型的特点,除了 00—03 UTC 以外,其他时段的雷暴发生次数都达到 40 次以上。

东南部山区(图 5c):09—12 UTC 雷暴发生达到高峰,且明显高于其他时段。即这一地区的雷暴主要发生在傍晚到日落后(17:00—20:00 LST),呈现明显的单峰型,这是山区与高原地区雷暴的特点。

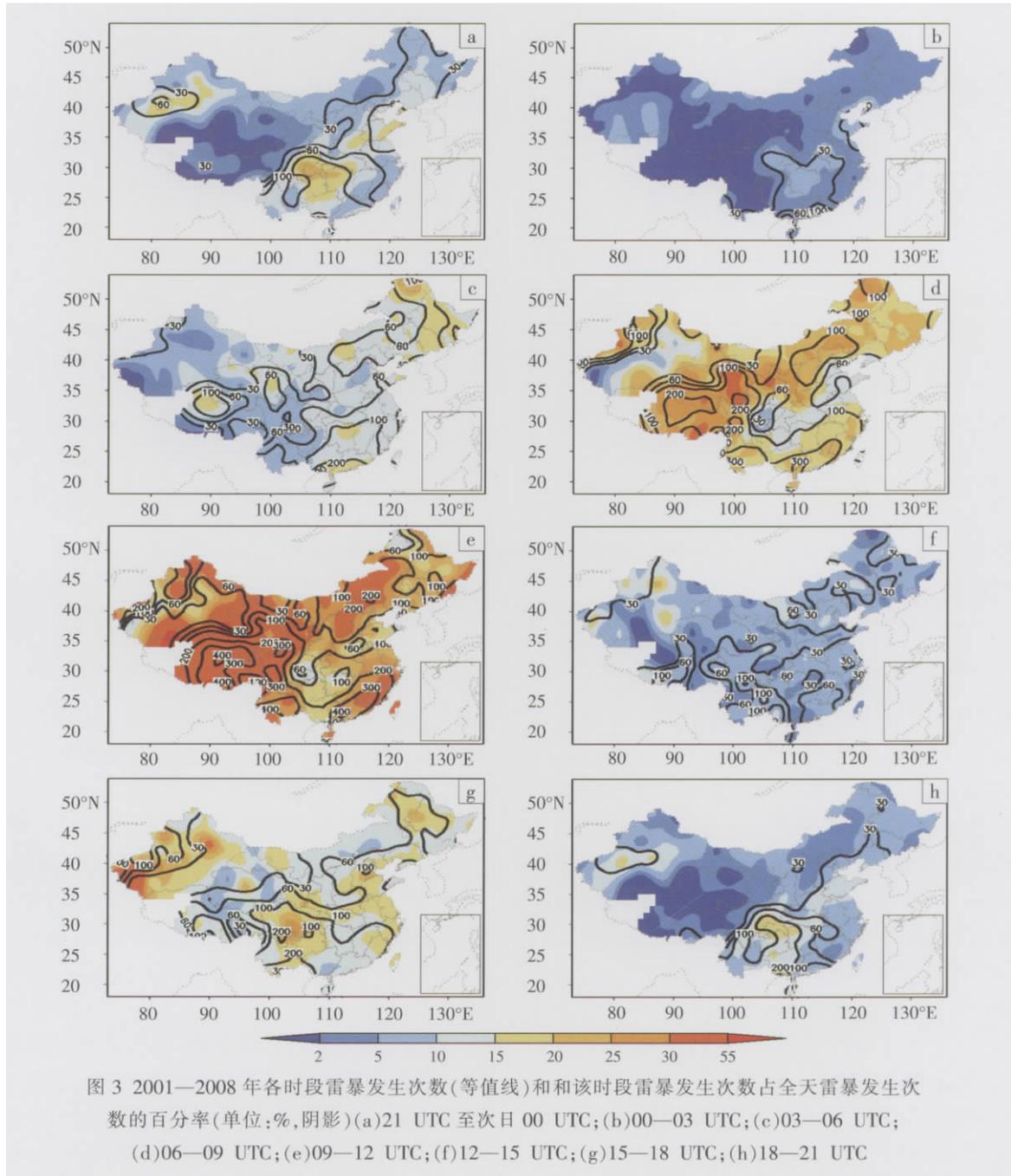


图 3 2001—2008 年各时段雷暴发生次数(等值线)和和该时段雷暴发生次数占全天雷暴发生次数的百分率(单位:%,阴影)(a)21 UTC 至次日 00 UTC;(b)00—03 UTC;(c)03—06 UTC;(d)06—09 UTC;(e)09—12 UTC;(f)12—15 UTC;(g)15—18 UTC;(h)18—21 UTC

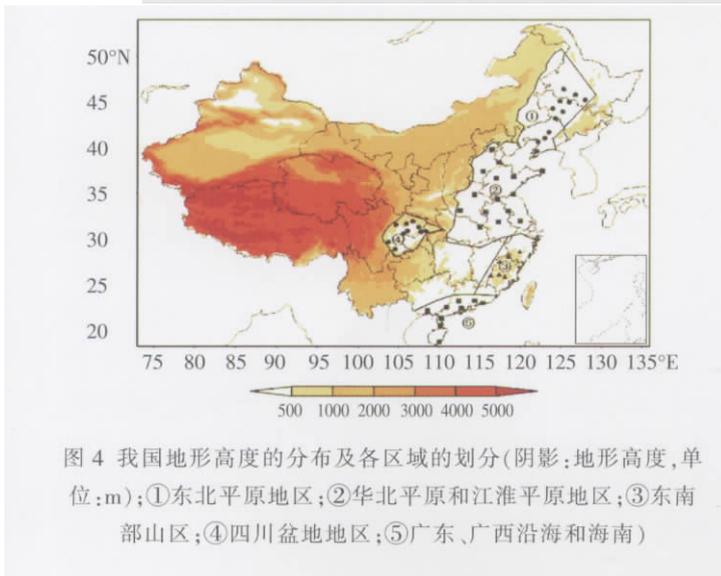


图 4 我国地形高度的分布及各区域的划分(阴影:地形高度,单位:m);①东北平原地区;②华北平原和江淮平原地区;③东南部山区;④四川盆地地区;⑤广东、广西沿海和海南)

四川盆地地区(图 5d):这一地区雷暴的日变化明显不同于其他地区。雷暴集中发生在 15 UTC 至次日 00 UTC(22:00 LST 至次日 07:00 LST),具有明显的夜发性特点。雷暴的夜发性特点可能与这一地区多云盖有关,夜间云顶的辐射冷却作用,云内的上下温差加大,引发对流<sup>[6]</sup>。也可能与盆地地区的山谷风有关。为了说明四川盆地地区有山谷风的存在,计算了该地区及周边地区各季节盛行风向日变化(图略)。结果表明整体盛行风向白天和夜间有明显的转变,但是局地盛行风向的日变化在各季节差异不大,这与 Yu<sup>[17]</sup>的结论一致,从全年的盛行风向分布图(图 6)来看,夜间四川盆地地区有明显的辐合(图 6f、g、h、a)。白天从 03 UTC 开始四川盆地西北部的风向由西北风转成偏东风,06

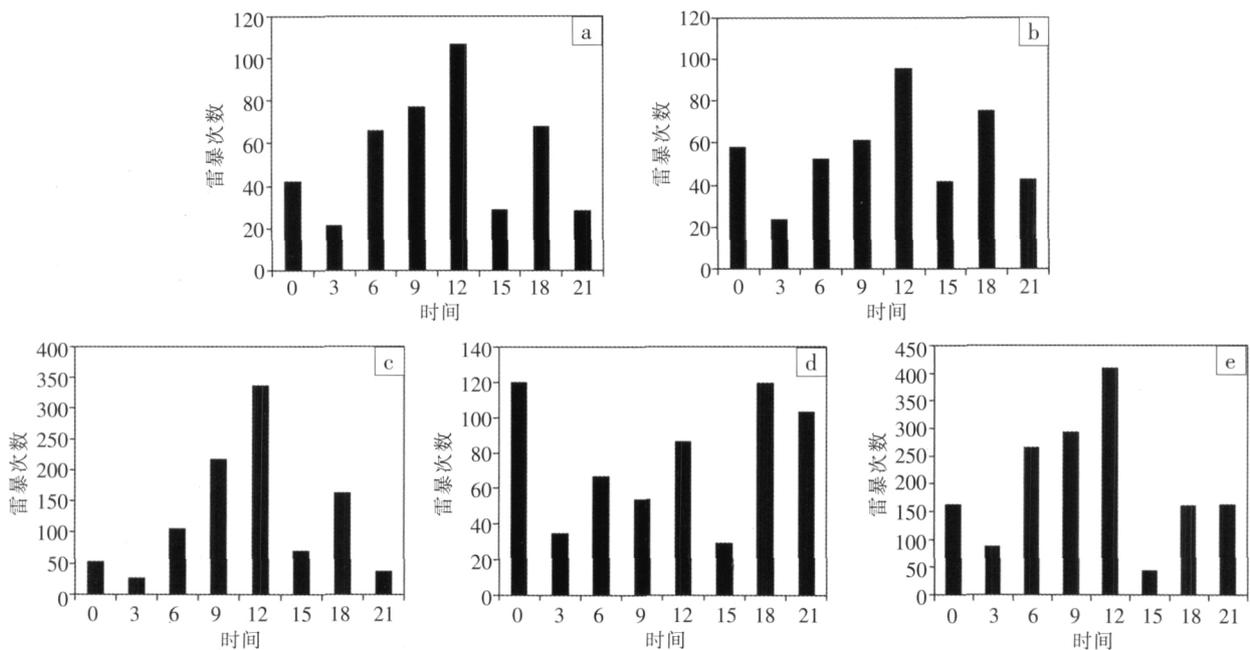


图 5 2001—2008 年我国各地区雷暴次数的日变化

(a)东北平原地区;(b)华北平原和江淮平原地区;(c)东南部山区;(d)四川盆地地区;(e)广东、广西沿海及海南地区

UTC 和 09 UTC 转成了东南风。四川盆地西北部的风向在夜间为西北风,白天为东南风,造成四川盆地地区风向夜间辐合、白天辐散。

广东、广西沿海及海南(图 5e):雷暴主要发生在 03—12 UTC(10:00—19:00 LST),上午雷暴就开始发展,一直到日落后,也就是主要发生在白天。这可能与当地的海陆风有关,Yu<sup>[7]</sup>也指出了我国东南沿海地区海陆风的存在,白天陆地相对海洋是热源,并且吹海风,带来海洋上的水汽,有利于引发雷暴。图 7 只给出了广东、广西沿海及海南地区夏季和冬季的风向的日变化。可以看到该地区不同季节盛行风向存在明显的差异。春季(图略)夜间盛行陆风,白天盛行海风。夏季(图 7a)由于两广地区受夏季风的影响,总体上盛行偏南风,但是部分站也存在白天偏海风向夜间偏陆风的转变。秋季(图略)由于夏季风的撤退和冬季风的推进,两广地区盛行风由东南风转成东北风,造成秋季偏陆风,部分站依然存在海陆风的转变。冬季(图 7b)随着冬季风的加强,该地区盛行偏北风,但是白天部分地区也有偏海风的存在。

总的来说,四川盆地地区存在明显的山谷风;两广沿海和海南地区各个季节在盛行风的影响下依然存在海陆风。

### 3.3 雷暴日变化的季节变化

不同季节大气中的热力和动力条件差别很大,雷暴在不同的季节存在日变化的差异。按照上节雷暴日变化区域的划分,研究各地区雷暴日变化的季节变

化,由于冬季发生的雷暴较少,这里就不作研究。

东北平原地区(图 8)雷暴主要发生在春季和夏季,日变化呈现双峰型的特征(见图 5a),春季和夏季雷暴的日变化没有大的差异,秋季呈现多峰型,最大值出现在 18 UTC。华北平原和江淮平原地区的雷暴也是主要发生在春季和夏季(图略)。春季和秋季雷暴的日变化差别不大,夏季 03—12 UTC 雷暴占整天发生的 47.54%,而春季和秋季分别为 42.08%、44.17%,夏季白天发生的比例增大。

东南部山区(图略)夏季最多,春季次之。春季呈现双峰型的特点,09—12 UTC 出现最多,15—18 UTC 次之。夏季在 06—12 UTC 明显增多,呈现明显的单峰型特点,秋季略有减少。四川盆地地区(图略)雷暴主要发生在春季和夏季。春季和秋季的日变化基本一致,夏季 06—12 UTC 雷暴发生的比例明显增多。

广东、广西沿海和海南地区(图 9)的雷暴夏季最多,春季次之,秋季相对其他地区来说也较多。各个季节雷暴都集中在白天发生,夏季在 06—12 UTC 发生的比例增加,秋季继续增加。也就是说午后到前半夜时段内发生的雷暴在夏季和秋季增加。

综上所述,华北平原和江淮平原地区、四川盆地地区夏季 06—12 UTC 雷暴发生的比例明显增多;广东、广西沿海和海南地区、东南部山区夏季和秋季雷暴白天发生的比例比春季多。东北平原地区在夏季却没有这样的特征。

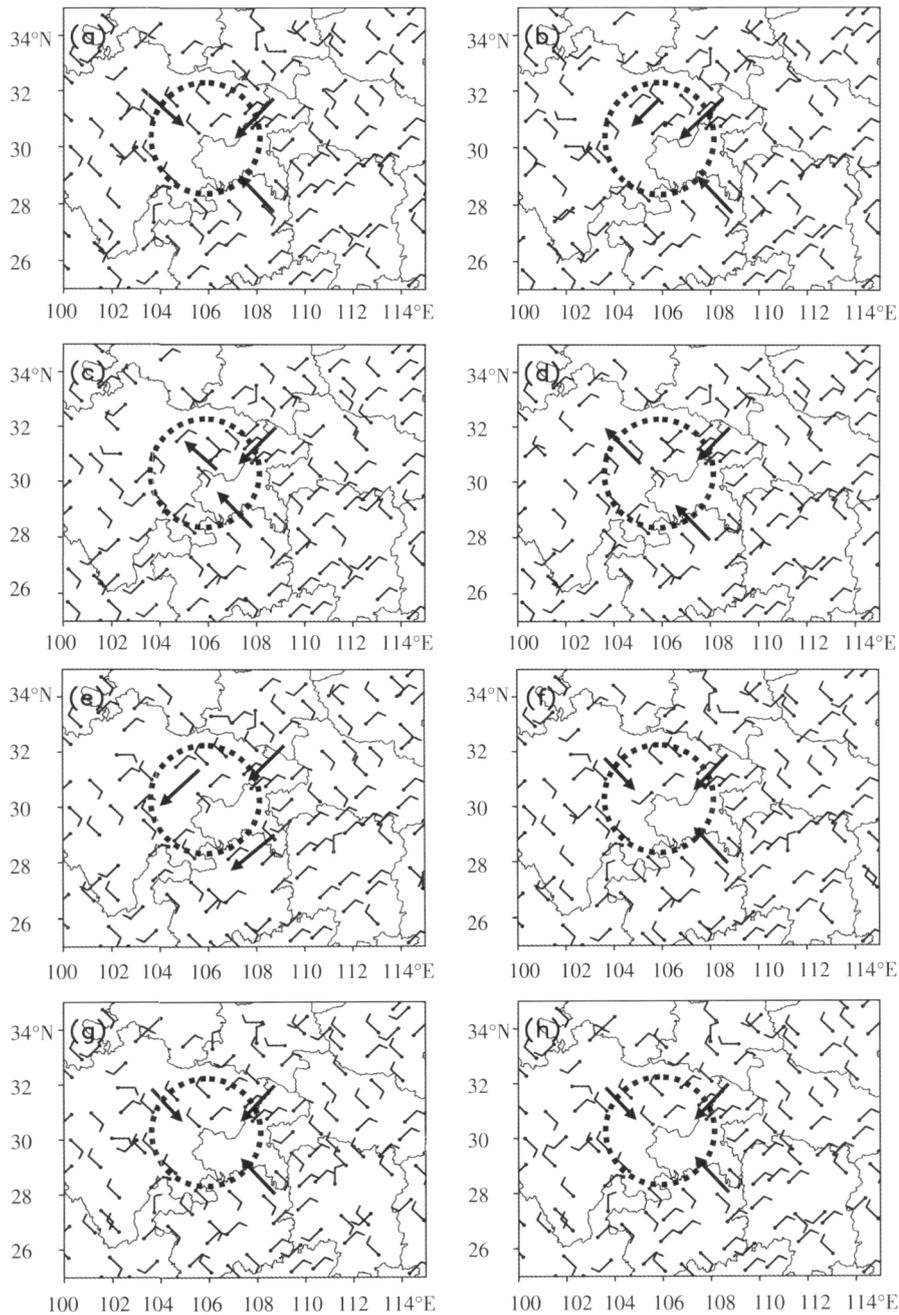


图 6 2001—2008 年四川盆地地区及周边地区各时次盛行风向的分布(箭头表示风向,虚线圈为四川盆地)  
(a)00 UTC;(b)03 UTC;(c)06 UTC;(d)09 UTC;(e)12 UTC;(f)15 UTC;(g)18 UTC; (h)21 UTC

### 4 结论

利用我国地面 517 个站点的 1980—2008 年 (缺 2000 年)天气资料定时数据集分析了我国雷暴的日变化特征。得到如下结论:

(1) 从全国来看,雷暴 09—12 UTC 发生的频率最高,00—03 UTC 发生最少。东北地区、华北大部分地区、西北部的广大地区和长江以南的我国东南部地区雷暴主要发生在午后至傍晚。江淮流域和山东半岛地区雷暴在各个时段发生的频率差别不大,其中 09—12 UTC 最多;四川盆地、塔里木盆地和准噶尔盆地雷暴

主要发生在后半夜至凌晨。

(2) 雷暴的日变化与地形有密切的关系,具有明显的区域性特点。平原地区呈现双峰型;山区具有明显的单峰型;四川盆地地区受山谷风的影响,夜发性特征显著;广东、广西沿海和海南地区受海陆风影响,雷暴主要发生在白天。

(3) 雷暴在各个季节的日变化也不同。东北平原地区春季和夏季的日变化相差不大,秋季呈现明显的多峰型;华北平原和江淮平原地区、四川盆地地区夏季 06—12 UTC 雷暴发生的比例明显增多;广东、广西沿海和海南地区、东南部山区夏季和秋季雷暴白天发

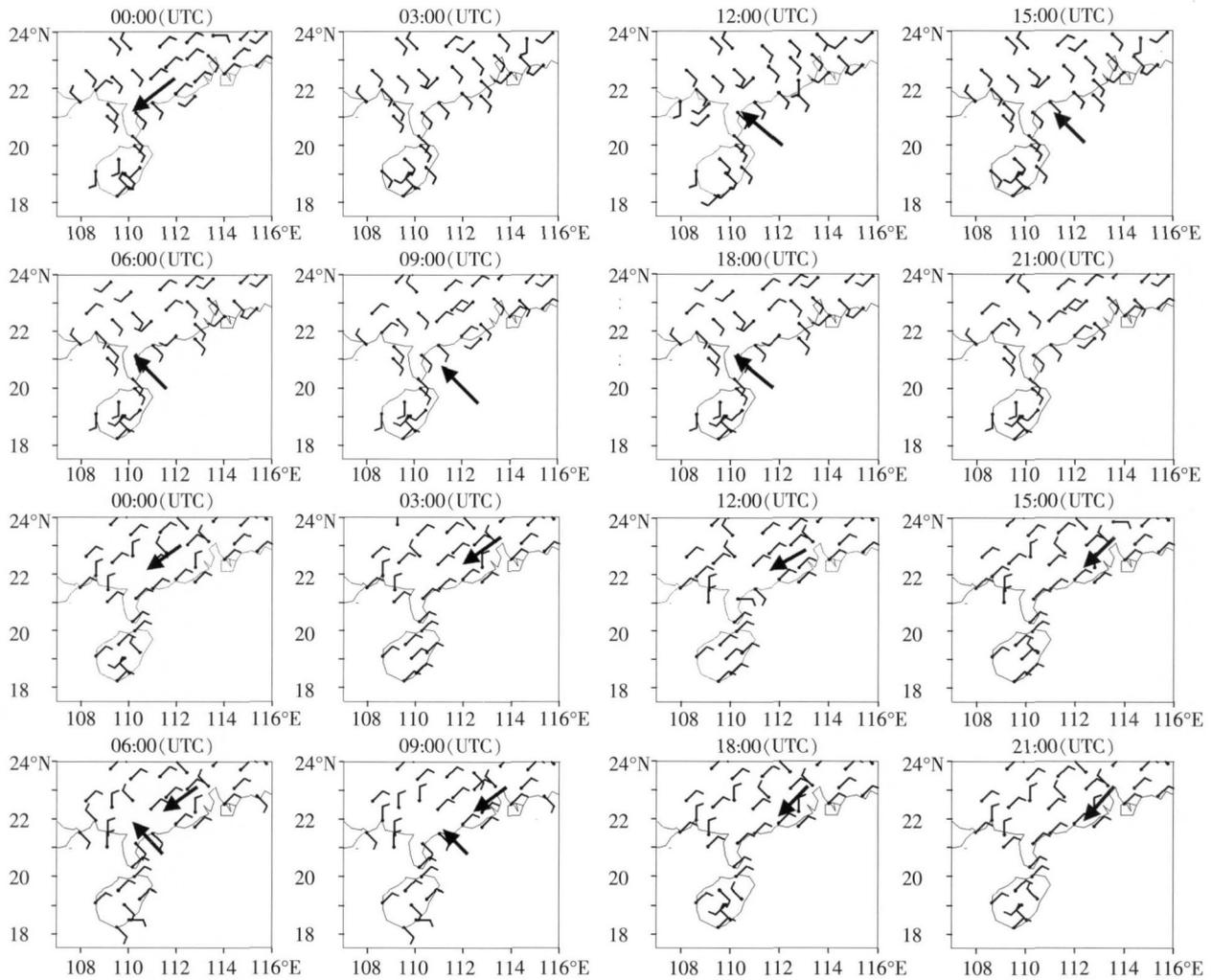


图 7 2001—2008 年广东、广西沿海和海南地区各季节各时次盛行风向分布图(箭头表示风向; 每幅图上方为该图代表的时间,第 1、2 排为夏季(6—8 月),3、4 排为冬季(12—2 月))

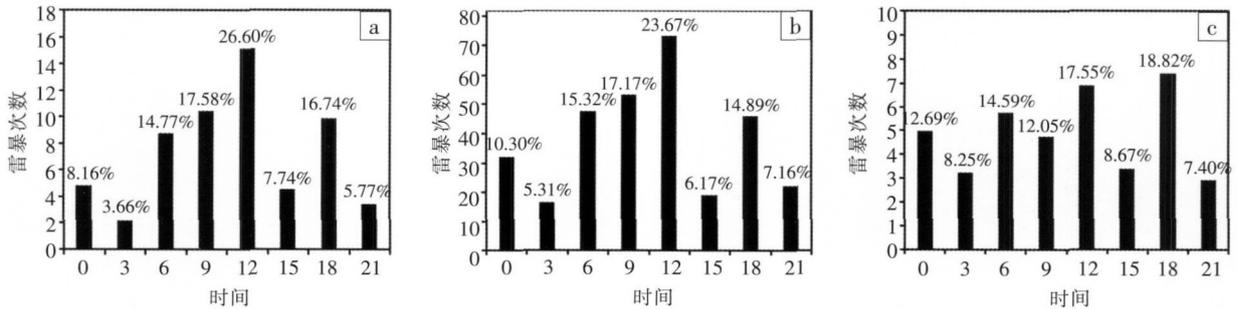


图 8 2001—2008 年东北平原地区不同季节雷暴的日变化(图上的数字代表该时段雷暴发生次数占全天雷暴发生次数的百分率) (a)春季(3—5 月);(b)夏季(6—8 月);(c)秋季(9—11 月)

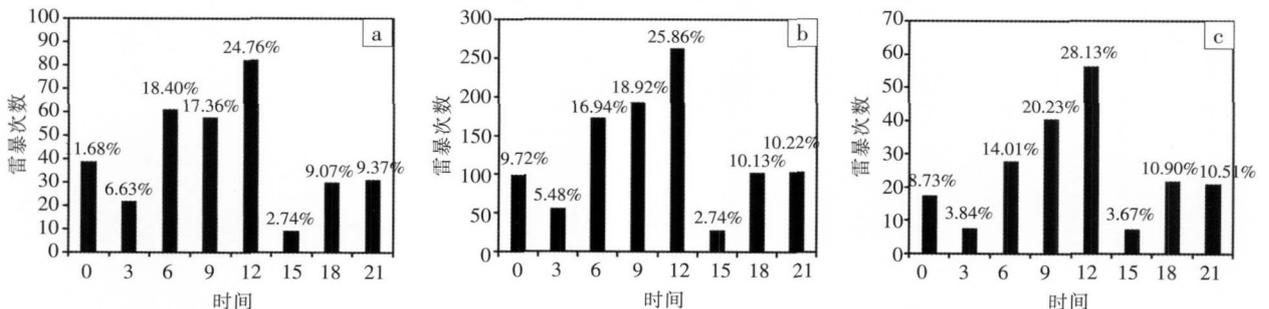


图 9 2001—2008 年广东、广西沿海和海南地区不同季节雷暴的日变化(图上的数字代表该时段雷暴发生次数占全天雷暴发生次数的百分率)。(a)春季(3—5 月);(b)夏季(6—8 月);(c)秋季(9—11 月)

生的比例比春季多。

#### 参考文献:

- [1] Yin S, Chen D, Xie Y. Diurnal variations of precipitation during the warm season over China [J]. *Int J Climatol*, 2009, 29:1154–1170.
- [2] Yu R C, Zhou T J, Xiong A Y, et al. Diurnal variations of summer precipitation over contiguous China[J]. *Geophys Res Lett*, 2007, 34: L01704, doi:10.1029/2006GL028129.
- [3] Wallace J M. Diurnal Variations in Precipitation and Thunderstorm Frequency over the Conterminous United States [J]. *Mon Wea Rev*, 1975, 103:406–419.
- [4] Zheng L L, Sun J H, Wei J. Thunder events in China: 1980–2008 [J]. *Atmos Oceanic Sci Lett*, 2010, 3: 181–188.
- [5] Chen G X, Sha W M, Iwasaki T. Diurnal variation of precipitation over southeastern China: Spatial distribution and its seasonality[J]. *J Geophys Res*, 2009, 114: D13103, doi:10.1029/2008JD011103.
- [6] Wang C C, Chen G T J, Carbone R E. A climatology of warm-season cloud patterns over east Asia based on GMS infrared brightness temperature observations [J]. *Mon Wea Rev*, 2004, 132: 1606–1629.
- [7] Carbone R E, Tuttle J D, Ahijevych D, et al. Inferences of predictability associated with warm season precipitation episodes[J]. *J Atmos Sci*, 2002, 59: 2033–2056.
- [8] 李吉顺. 我国雷暴日变化的若干特征[J]. *气象*, 1984, 6(4):19–21.
- [9] 鄒秀书, 袁铁, 谢毅然, 等. 青藏高原闪电活动的时空分布特征[J]. *地球物理学报*, 2004, 47(6):997–1002.
- [10] 纪小玲, 穆建华, 周虎, 等. 45a 来宁夏雷暴气候统计特征及趋势分析 [J]. *中国沙漠*, 2009, 29(4):744–749.
- [11] 王颖, 郑永光, 寿绍文. 2007 年夏季长江流域及周边地区地闪时空分布及其天气学意义[J]. *气象*, 2009, 35(10):58–70.
- [12] 王学良, 黄小彦, 刘学春, 等. 2006—2007 年湖北地区云地闪电时空分布特征分析[J]. *暴雨灾害*, 2008, 27(4):359–362.
- [13] 刘园园, 庞文静, 陈瑶. 武汉市雷电分布特征及雷暴日资料的对比分析[J]. *气象水文海洋仪器*, 2010, 3(1):43–46.
- [14] 李润强, 王洁, 赵东, 等. 2000—2007 年陕西省雷电灾害时空分布特征及成因分析[J]. *暴雨灾害*, 2009, 28(1):88–91.
- [15] 宫翠凤, 姜中民, 周丹, 等. 威海市雷暴特征分析[J]. *气象与环境科学*, 2010, 33(3):48–51.
- [16] 段旭, 张秀年, 许美玲. 云南及周边地区中尺度对流系统时空分布特征[J]. *气象学报*, 2004, 62(2):243–250.
- [17] Yu R C, Li J P, Chen H M. Diurnal variation of surface wind over central eastern China[J]. *Clim Dyn*, 2009, 33:1089–1097.