

The Anomalous Characteristics of Annual Thunderstorm Days and Initially Search on Circulation Setting in Hengyang

Jialiang Zhu^{1*}, Jiangping Pan², Jianlong Ding³

¹Changsha Bureau of Meteorology, Changsha Hunan

²Shaoyang Country Bureau of Meteorology, Shaoyang Hunan

³Anhui Agriculture University, Hefei Anhui

Email: jlz101@163.com

Received: Jan. 28th, 2019; accepted: Feb. 5th, 2019; published: Feb. 13th, 2019

Abstract

Based on the daily thunderstorm observational data of 9 stations from 1971 to 2010 in Hengyang and the NCEP/NCAR reanalysis data, the thunderstorm climate characteristics were analyzed by using the trend analysis, M-K test. And on this basis, the anomalous characteristics of atmospheric circulation were studied by using composite analysis. The results are as follows: 1) the rate of exceptional value of thunderstorm days is 42.5%, and the number of thunderstorm showed a downward trend that the possible jump points in 1994 and the speed of which is $-5.3 \text{ d}/10\text{a}$ from 1970 to 2010. 2) The intensity of the subtropical high and cold air is weaker than that in former years in the anomaly frequent year of thunderstorm day, and southern trough is weak which is stronger in the anomaly less year, the intensity of water-vapor transfer of east wind in 850 hPa is obviously stronger than that in former years in the anomaly frequent year of thunderstorm day, and the intensity of water-vapor transfer of south wind in 850 hPa is obviously weaker than that in former years. 3) In abnormally more thunderstorm days years, Hengyang area was influenced by two water vapors from west Pacific intersection to flow together. Meanwhile, rich moisture transported from the Bay of Bengal. But, in abnormally less thunderstorm days years, the water vapors from the South China Sea and the Bay of Bengal were weaker, and the vapor conveyor was eastward in western Pacific pleion.

Keywords

Thunderstorm, Abnormal Characteristics, Circulation, Hengyang

衡阳年雷暴日数异常特征及环流背景初探

朱家亮^{1*}, 潘江萍², 丁建隆³

*第一作者。

文章引用: 朱家亮, 潘江萍, 丁建隆. 衡阳年雷暴日数异常特征及环流背景初探[J]. 气候变化研究快报, 2019, 8(2): 135-143. DOI: 10.12677/ccrl.2019.82015

¹长沙市气象局, 湖南 长沙

²邵阳县气象局, 湖南 邵阳

³安徽农业大学, 安徽 合肥

Email: jlz101@163.com

收稿日期: 2019年1月28日; 录用日期: 2019年2月5日; 发布日期: 2019年2月13日

摘要

根据衡阳市9个气象观测站1971~2010年的逐日雷暴观测资料和美国NCEP/NCAR再分析资料,应用数理统计、Mann-Kendall、合成分析等方法分析了衡阳雷暴活动异常特征及环流背景。结果表明:1) 1971~2010年间,衡阳市年雷暴日数异常比例达42.5%,气候倾向值为-5.3 d/10a,下降趋势明显,年雷暴日数在1994年发生了气候突变。2) 雷暴异常多年副高偏弱,南支槽活跃,冷空气活动偏强,850 hPa偏东风明显强于常年;雷暴异常少年副高偏强,冷空气活动偏弱,西南季风弱于常年。3) 雷暴日数异常多年,西太平洋南北两支正距平水汽输送交汇加强后影响衡阳,孟加拉湾水汽输送强于常年;雷暴日数异常少年,来自南海、孟加拉湾的水汽输送偏弱,西太平正距平水汽输送带位置偏东。

关键词

雷暴, 异常特征, 环流, 衡阳

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

雷暴是一种强烈的对流性天气,它出现时常伴随有闪电、大风、短时强降水、冰雹等灾害性天气现象,其伴随的灾害已被列入大气水圈灾害[1],每年雷暴及其衍生的灾害给工农业生产和人民生活都可带来严重的损失。雷暴作为阵性天气,学者们从其雷达回波特征入手研究了雷暴的形成和传播机制,并且取得了大量成果。雷暴的形成受抬升力、水汽、不稳定层结和风切变等条件影响[2]。而传播机制上,雷暴单体的传播方向与雨带的移动方向基本一致[3]。许多相关研究针对局地雷暴个例[4][5],受气候和地形条件等影响,不同地区发生的雷暴发生发展各不相同。对于雷暴的气候特征,很多学者进行了深入研究并取得了许多重要的结论。张敏锋等[6]指出,近30年来我国大部分地区平均雷暴频数在波动中减少,减少最多的地区为我国东南沿海地区;张家诚等[7]对我国雷暴的雷暴地理分布进行了分析,得出我国华南和滇南是雷暴发生频繁的地区;我国南方雷暴自20世纪70年代初至90年代中期年变化的总趋势是逐渐减少的,且我国南方雷暴的季节变化显著[8];胡艳等[9]研究了影响上海地区的雷暴因子,结果为多雷暴年副高较弱,少雷暴年副高较强;郭艳冬等[10]指出海南雷暴偏多年副高较弱,位置偏东,雷暴偏少年则副高较强,脊线偏西;一些学者针对不同地区的雷暴气候特征进行了研究[11][12][13][14][15]。目前关于衡阳地区雷暴的研究多以典型个例为主,针对雷暴异常的环流背景的研究较少。

衡阳地处湖南中南部,湘江中游,四周山丘围绕,中部平坦开阔,构成典型的盆地地形。衡阳年平均雷暴日数达46 d,属于雷暴多发地区,每年因雷暴造成的损失达千万元以上,受灾严重。分析衡阳雷

暴的时空变化规律,研究影响其产生的环流异常背景,对做好雷暴的预报预警和灾害预防有重要意义。

2. 资料和方法

本文所用资料为衡阳市 9 个气象观测站 1971~2010 年的逐日雷暴观测资料和美国 NCEP/NCAR 再分析资料(1971~2010 年)的 500 hPa 高度场、850 hPa 风场、比湿场,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。1 d 中闻雷(不论其次数多少)即为一个雷暴日,只出现闪电而不作雷暴记录的不作为雷日统计,在统计雷暴发生时次时,只统计每个雷暴日内首次发生雷暴的时次,后面发生的雷暴不作统计。按照地区气候特征,将 3~5 月划分为春季,6~8 月划分为夏季,9~11 月划分为秋季,12~次年 2 月划分为冬季。采用数理统计、线性拟合等方法对衡阳雷暴气候特征进行分析,用合成分析方法、Mann-Kendall 方法分析雷暴活动异常特征及环流背景。

3. 雷暴的气候特征

3.1. 雷暴的空间分布

从近 40 a 衡阳市年平均雷暴日数的空间分布可以看出(图 1),衡阳市年平均雷暴日在 41~53 d,北部、东部山区及南部丘陵地区多,年平均雷暴日数 > 46 d,最多为常宁 53 d,中部、西部平原地区少,最少为衡南 41 d。这与文献[16]中山地丘陵雷暴多于平原的结论相一致。

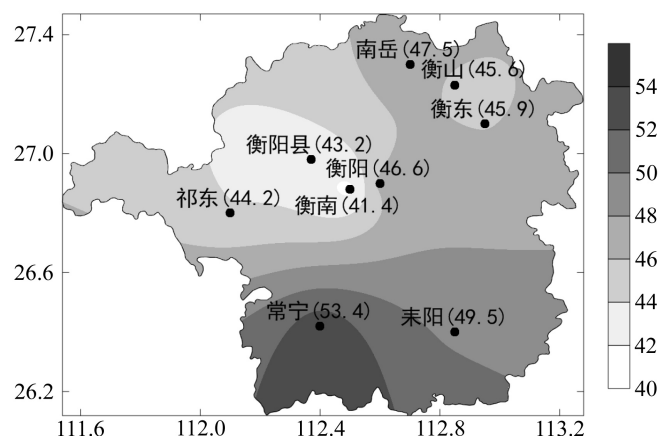


Figure 1. The spatial distribution of annual number of thunderstorm day in Hengyang
图 1. 衡阳市年平均雷暴日数空间分布

3.2. 雷暴的时间分布

从雷暴日的季节分布上看(图 2(a)),雷暴主要发生在夏季和春季,两季产生的雷暴占全年的 87%,其中夏季雷暴最多,平均雷暴日数为 22.7 d,占全年的 49.0%;其次是春季,为 17.7 d,占全年的 38.2%;秋季 3.2 d,占全年的 7.0%;冬季最少,为 2.7 d,仅占全年的 5.8%。从雷暴日的月分布上看(图 2(b)),衡阳全年均有雷暴出现,月平均雷暴日呈“双峰”型,4 月、8 月分别为两个波峰,主峰 8 月份最多为 9.3 d,占全年的 20.1%,12 月雷暴日最少,月平均雷暴日在 3 月出现突增,9 月出现陡降。在统计年份内,南岳、衡阳、常宁三站进行夜间观测,以三个站的雷暴发生时次代表衡阳雷暴时次分布。从雷暴的发生时段上看,雷暴全天均可以发生,具有明显的日变化特征。午后至前半夜是雷暴高发期,12~22 时发生的雷暴,占全天的 59%,上午发生雷暴的频率最小,一天中发生雷暴频率最高的时次是 20~21 时(3.4 次),09~10 时(0.7 次)是发生雷暴频率最小的时次。

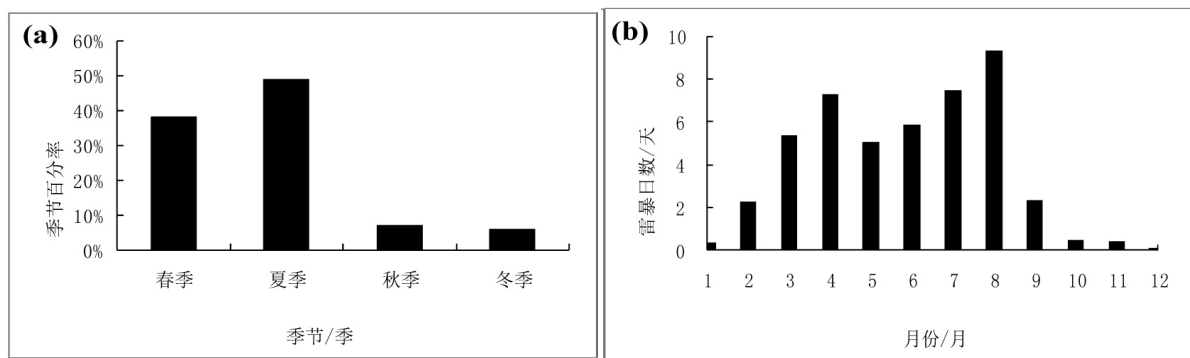


Figure 2. The seasonal and monthly distribution of thunderstorm day
图 2. 雷暴季节与月份分布

3.3. 初雷日、终雷日

对衡阳市 9 个站点雷暴的初日、终日统计结果表明(表 1), 衡阳市平均初雷日发生在 2 月中旬, 北部地区略早于其它地区, 最早初雷日发生在 1 月上旬, 大部分地区最晚初雷日发生在 3 月中下旬, 只有衡阳、衡南发生在 4 月中旬。衡阳市平均终雷日发生在 10 月上中旬, 最早终雷日发生在 8 月中下旬, 最晚终雷日发生在 12 月中下旬。

Table 1. The distribution of the beginning day and ending day of thunderstorms in Hengyang (month-day)
表 1. 衡阳市雷暴初日和雷暴终日分布表(月-日)

站点	南岳	衡山	衡东	衡阳县	衡阳	祁东	衡南	常宁	耒阳	平均
平均初初日	02-10	02-15	02-13	02-16	02-15	02-16	02-16	02-15	02-17	02-15
平均终终日	10-20	10-17	10-06	10-11	10-05	10-06	10-04	10-11	10-07	10-10

4. 年雷暴日数异常特征

4.1. 雷暴的年际变化

从衡阳市年平均雷暴日数的年际变化上可以看出(图 3), 衡阳市年平均雷暴日呈明显下降趋势, 气候倾向值为-5.3 d/10a (通过 0.01 显著性水平检验)。衡阳市年平均雷暴日数为 46.4 d, 最多为 65.0 d (1975 年), 最少为 29.3 d (1989 年)。1971~1986 年年平均雷暴日多高于平均值, 只有 1974、1976、1977 年低于平均值, 1978~1985 年年平均雷暴日数 > 50 d, 雷暴活动频繁; 1987~2010 年年平均雷暴日多低于平均值, 只有 1988、1992、1994、1997、1998、2006 年高于平均值, 2007~2010 年年平均雷暴日 < 40 d, 雷暴活动偏少。

采用气候趋势系数分析年雷暴日数的变化趋势, 从表 2 可以看出, 各地年雷暴日数气候趋势系数均为负值。假定“年雷暴日数”服从正态分布的情况下, 用 t 检验法对其做显著性检验, 全市除衡阳站外(0.05 信度的相关系数为 0.31), 其余站点均通过显著性检验, 可见衡阳年雷暴日数下降趋势明显。从年雷暴日数的气候倾向率上看, 常宁气候倾向率为-7.5 d/10a, 下降最快, 其次是耒阳, 衡阳下降最缓慢, 空间上表现为南部地区下降快于中北部地区。

4.2. 突变分析

为了解各阶段年雷暴日数的变化特征, 利用 Mann-Kendall 法对衡阳市年雷暴日序列进行突变检验, 用原气象序列构造统计量 UF, 用原气象序列反序列构造统计量 UB, 给定显著性水平 $\alpha = 0.05$, 即 $U_{0.05} =$

± 19.6, 计算结果绘出图 4。从 UF 线变化可以看出, 70 年代至 80 年代后期衡阳年雷暴日呈波动上升趋势; 80 年代后期至 2010 年 UF < 0, 衡阳年雷暴日呈下降趋势, 其中 90 年代后期至 2010 年 UF < -1.96, 表明年雷暴日下降趋势显著。从 UF 线和 UB 线的交点可以看出, 衡阳年雷暴日在 1994 年发生了气候突变。

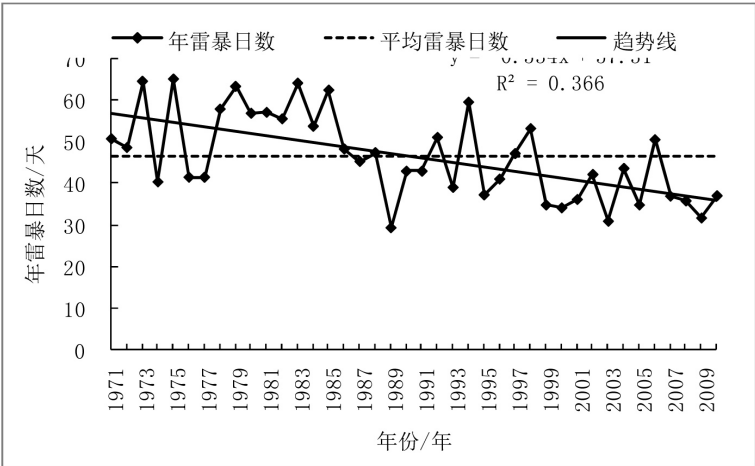


Figure 3. The interannual variation of annual number of thunderstorm day in Hengyang
图 3. 衡阳市年平均雷暴日年际变化

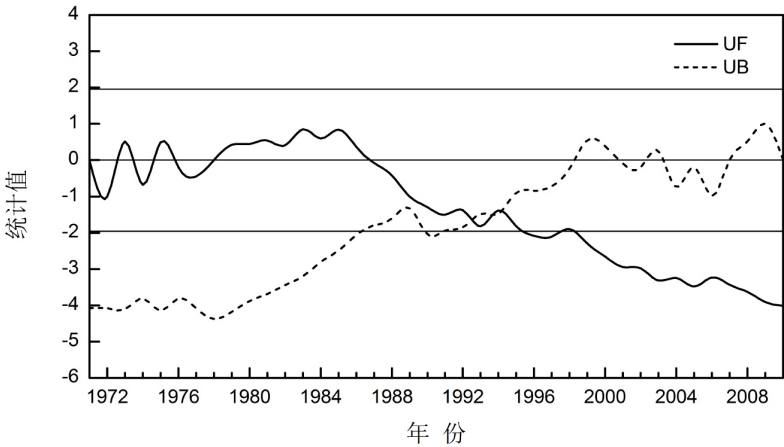


Figure 4. The M-K inspection of thunderstorm days from 1971 to 2010 in Hengyang
图 4. 1971~2010 年衡阳市年雷暴日数 M-K 检验

Table 2. The climate trend coefficient and climate tendency rate of annual thunderstorm days in Hengyang
表 2. 衡阳市年雷暴日数气候趋势系数与气候倾向率

站点	南岳	衡山	衡东	衡阳县	衡阳	祁东	衡南	常宁	耒阳	平均
气候趋势系数	-0.37	-0.48	-0.56	-0.58	-0.27	-0.63	-0.51	-0.60	-0.65	-0.60
气候倾向率	-0.32	-0.39	-0.54	-0.54	-0.20	-0.67	-0.48	-0.75	-0.71	-0.53

5. 雷暴日数异常年环流特征

根据世界气象组织和一些国家的规定, 把雷暴日数距平 $|\Delta S|$ 达到 2 倍标准差(2σ)的事件称为异常, 距平达到(1.3σ)的称为严重事件[17]。1971~2010 年间, 1973、1975、1978、1979、1980、1981、1983、1985、

1994 年 $\Delta S > 2\sigma$, 为雷暴活动异常多年; 1989、1999、2000、2001、2003、2005、2008、2009 年 $\Delta S < -2\sigma$, 为雷暴活动异常少年。大尺度环境能够提供强对流天气发生发展的能源、触发条件和组织机制, 也能够提供制约强对流天气系统移动的基本流场及强天气发展的不稳定机制[18]。为探究雷暴活动异常年的环流形势, 对异常年份雷暴活动多发期(6~8 月)的高度场、风场、水汽通量进行合成求平均得出图 5~8, 图中 (a) (b) 表示异常多(少)年的 500 hPa 平均高度场、500 hPa 平均高度距平场、850 hPa 平均风距平场、整层水汽通量距平场。由于再分析资料系统性偏低, 所以下文中以 5870 gpm 代替 5880 gpm 线进行分析。

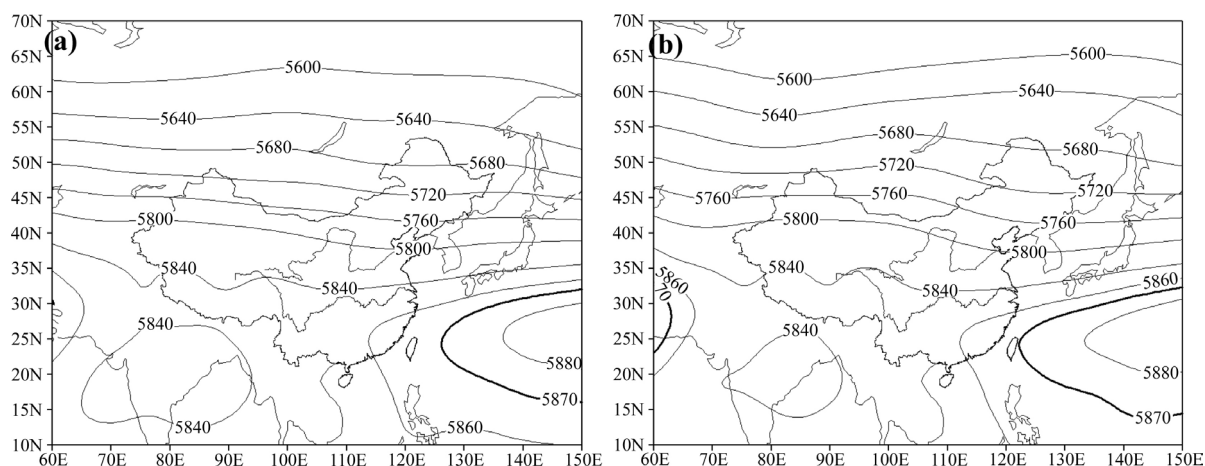
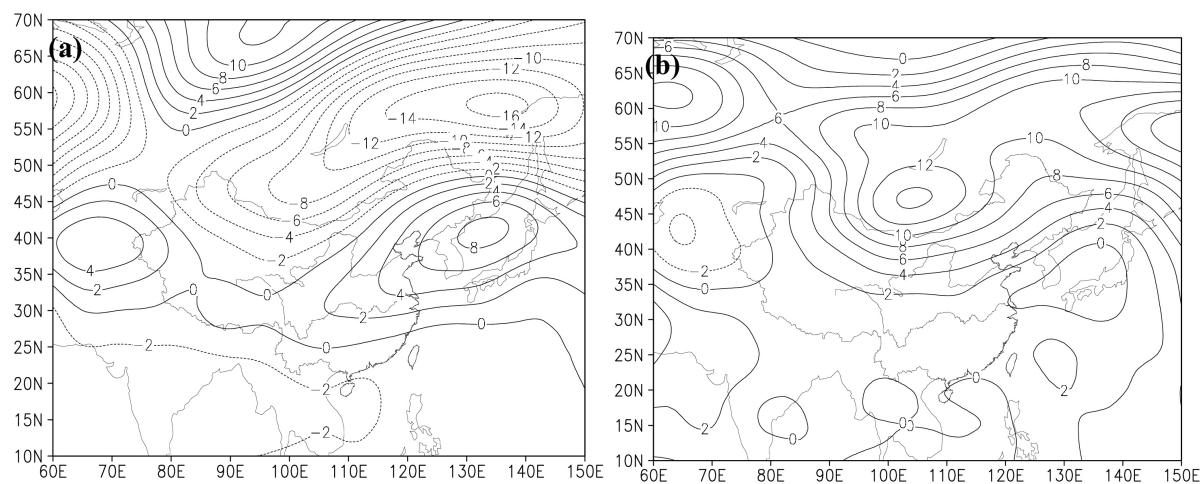


Figure 5. The 500hPa mean height field of the anomaly frequent year of thunderstorm day and the anomaly less year of thunderstorm day ((a) is the 500 hPa mean height field of the anomaly frequent year of thunderstorm day; (b) is the 500hPa mean height field of the anomaly less year of thunderstorm day)

图 5. 雷暴日异常多年与异常少年 500 hPa 平均高度场((a) 为异常多年 500 hPa 平均高度场; (b) 为异常少年 500 hPa 平均高度场)



环流平直,多短波槽东移;高原以南 5840 gpm 所包围的面积较大,低值系统活跃;副高偏弱条件下也有利于西风带系统东移影响衡阳。雷暴活动异常少年(图 7(b)), 5870 gpm 所包围的面积较大,脊点西伸至台湾岛,位置偏西,副高偏强;中高纬地区呈“两槽一脊”型环流,河套以北至贝加尔湖地区为明显的脊控制,槽脊系统强而稳定;高原以南 5840 gpm 所包围的面积较小,低值系统较弱,南支槽活动偏少;此外,副高偏强条件下对西风带系统东移南下有一定的阻挡作用。

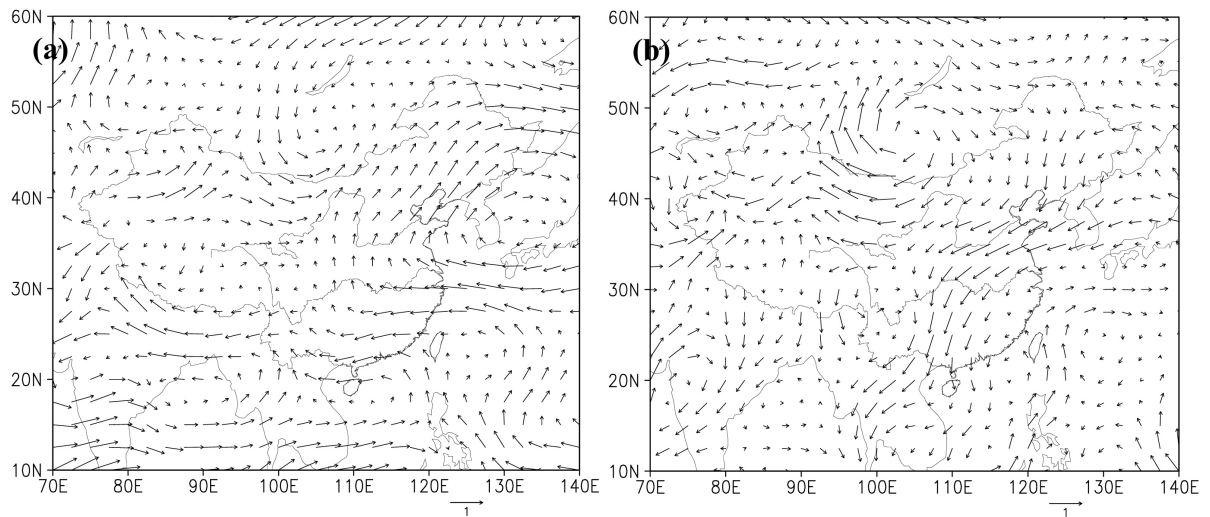


Figure 7. The 850 hPa mean winds of the anomaly frequent year of thunderstorm day and the anomaly less year of thunderstorm day ((a) is the 850 hPa mean winds of the anomaly frequent year of thunderstorm day; (b) is the 850 hPa mean winds of the anomaly less year of thunderstorm day)

图 7. 雷暴日异常多年与异常少年 850 hPa 平均风距平场((a) 为异常多年 850 hPa 平均风距平场; (b) 为异常少年 850 hPa 平均风距平场)

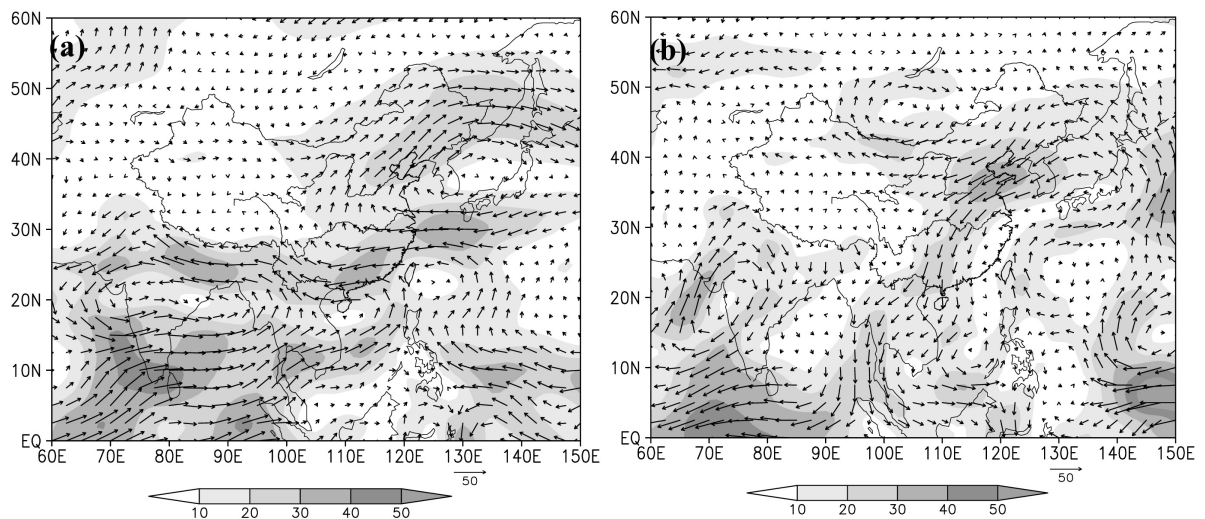


Figure 8. The composite maps of the moisture flux synthetic anomaly of the abnormal year of thunderstorm day ((a) is the abnormal frequent year; (b) is the abnormal less year)

图 8. 雷暴日异常年整层水汽通量合成距平分布((a) 为异常多年, (b) 为异常少年)

5.2. 500 hPa 平均高度距平

图 6(a) (b)为雷暴活动异常多(少)年 500 hPa 高度距平合成分布。从图中可以看出,雷暴活动异常多年

(图 6(a)), 在中低纬地区为负距平, 副高偏弱; 雷暴活动异常少年(图 6(a)), 东海有正距平中心, 副高偏强, 这与上文结论一致。在中高纬地区, 雷暴活动异常多年沿着贝加尔湖走向为一东北西南向的负距平区, 日本海是一个异常正距平中心区控制, 形成“西低东高”的形势, 表明日本海地区多高压脊, 贝加尔湖以南多高空槽活动, 槽后西北气流带动冷空气频繁南下影响我国大部地区, 利于触发雷暴; 孟加拉湾地区为宽广的负距平区, 短波活动频繁[19]。雷暴活动异常少年贝加尔湖以南为一异常正距平中心, 表明该地区多高压或高压脊控制, 对冷空气南下有一定的制约作用; 孟加拉湾地区以正距平为主, 低值系统活动少于常年。

5.3. 850 hPa 平均风距平

中低层风场的分布对于水汽输送与触发对流抬升有重要影响, 偏南、偏东风控制下对上升运动有利, 偏北风控制下不利于上升运动, 图 7(a) (b)给出了雷暴活动异常多(少) 850 hPa 风场距平合成分布。雷暴活动异常多年, 日本海地区有一显著的异常反气旋距平环流, 衡阳处于反气旋环流底部的偏东风控制, 表明偏南风强度接近常年, 偏东风显著强于常年, 来自东海的水汽输送偏强; 孟加拉湾北部为气旋式距平环流, 低纬地区多为偏南风距平, 西南季风强于常年; 此外, 在贝加尔湖南部有一显著的异常气旋, 异常气旋位于贝加尔湖等地的宽阔槽中, 雷暴活动异常多年冷空气也偏强。雷暴活动异常少年, 从东北至长江中游至华南一线有一显著的异常东北风距平, 这一东北风距平控制地区偏南风明显弱于常年, 偏南风水汽输送弱; 低纬地区多为偏北风负距平, 西南季风弱于常年; 另外, 贝加尔湖南部有一显著的异常反气旋, 不利于冷空气南下。

5.4. 整层水汽通量距平

水汽供应是产生雷暴的必要条件, 雷暴异常与水汽输送有重要关系。为此, 合成雷暴日数异常年整层水汽通量距平分布。从图 8(a)中可以看出, 雷暴日数异常多年, 西太平洋南北两支正距平水汽输送在 25°N, 135°E 海域汇合加强后向西影响我国长江中下游至东北大部地区, 水汽输送带逆时针旋转, 在 37°N, 130°E 形成一个强大的反气旋距平水汽输送中心; 同时, 孟加拉湾北部地区有一个气旋距平水汽输送中心, 气旋东南的水汽输送向东进入南海后在我国东南沿海并入前述正距平水汽输送带。雷暴日数异常少年, 朝鲜半岛经长江中游至南海一线和孟加拉湾的水汽输送为负距平, 水汽输送异常偏弱; 西太平洋向西输送的水汽虽略强于常年, 但正距平水汽输送带只延伸至华东沿海, 对衡阳没有影响。可见, 雷暴日数异常多年, 西太平洋南北两支正距平水汽输送交汇加强后影响衡阳, 孟加拉湾水汽输送强于常年; 雷暴日数异常少年, 来自南海、孟加拉湾的水汽输送偏弱, 西太平正距平水汽输送带位置偏东。

6. 结论

1) 衡阳市年平均雷暴日数为 46.4 d, 北部、东部山区及南部丘陵多, 中部、西部平原少; 雷暴主要发生在夏季和春季, 夏季最多, 冬季最少; 月雷暴日数呈“双峰”型, 8 月最多, 3 月出现突增, 9 月出现陡降; 午后至前半夜是雷暴高发期。

2) 1971~2010 年间, 衡阳市年雷暴日数异常比例达 42.5%, 并表现出显著下降趋势, 气候倾向值为 -5.3 d/10a, 其中常宁下降最快, 衡阳下降最慢; 70 年代至 80 年代后期年雷暴日呈波动上升趋势; 80 年代后期至 2010 年, 呈显著下降趋势, 年雷暴日数在 1994 年发生了气候突变。

3) 雷暴异常多年副高偏弱, 中高纬环流平直多波动, 西南季风强, 冷空气活动活跃, 850 hPa 偏东风明显强于常年; 雷暴异常少年副高偏强, 中高纬环流经向度大, 系统稳定, 贝加尔湖以南多高压脊控制, 冷空气活动偏少, 西南季风弱于常年。

4) 雷暴日数异常多年, 西太平洋南北两支正距平水汽输送交汇加强后影响衡阳, 孟加拉湾水汽输送强于常年; 雷暴日数异常少年, 来自南海、孟加拉湾的水汽输送偏弱, 西太平正距平水汽输送带位置偏东。

参考文献

- [1] 王昂生. 大气灾害学[J]. 地球科学进展, 1991, 6(5): 74-75.
- [2] 王婷婷, 王迎春, 陈明轩, 张文龙. 北京地区干湿雷暴形成机制的对比分析[J]. 气象, 2011, 37(2): 142-155.
- [3] 孙继松, 何娜, 郭锐, 陈明轩. 多单体雷暴的形成与列车效应传播机制[J]. 大气科学, 2013, 37(1): 137-148.
- [4] 陈德桥, 刘应军, 唐明晖, 丁小剑. 湖南一次飑线过程的多普勒雷达回波特征[J]. 干旱气象, 2011, 29(2): 218-230.
- [5] 王伏村, 付双喜, 张德玉, 张浩文, 代德彬, 刘玉洁. 一次雷暴大风引发的强沙尘暴天气的中尺度系统分析[J]. 干旱气象, 2014, 32(6): 954-961.
- [6] 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.
- [7] 张家诚, 林之光. 中国气候[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2001: 411-433.
- [8] 徐桂玉, 杨修群. 我国南方雷暴的气候特征研究[J]. 气象科学, 2001, 21(3): 299-307.
- [9] 胡 艳, 端义宏. 上海地区雷暴天气的气候变化及可能影响因素[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(4): 588-594.
- [10] 郭冬艳, 辛吉武, 吴胜安, 姜 涛, 杨昌贤, 陈 红. 海南雷暴气候特征及大气环流北京分析[J]. 气象科技, 2008, 36(4): 404-409.
- [11] 周贺玲, 张绍恢, 杨艳. 河北廊坊雷暴大风的气候特征[J]. 干旱气象, 2014, 32(4): 588-592.
- [12] 李照荣, 康凤琴, 马胜萍. 西北地区雷暴气候特征分析[J]. 灾害学, 2005, 20(2): 83-88.
- [13] 张春松, 杨晓玲, 刘蓉, 周华, 胡津革. 甘肃武威市雷暴天气时空分布特征[J]. 干旱气象, 2015, 33(4): 659-665.
- [14] 尤伟, 臧增亮, 潘晓滨, 李毅, 安成, 李安泰. 夏季青藏高原雷暴天气及其天气学特征的统计分析[J]. 高原气象, 2012, 31(6): 1523-1529.
- [15] 靳利梅, 史军. 上海地区雷暴气候特征及变化研究[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 54-58.
- [16] 盛承禹. 中国气候总论[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 306-310.
- [17] 吴志伟, 王镇江, 朱筱英, 徐焱, 岳一洲. 镇江地区雷暴日的时空分布及雷暴日异常多年的特征分析[J]. 气象科学, 2003, 23(2): 245-252.
- [18] 何宏让, 魏绍远, 曾文华. 江淮地区副高后部强对流的分析和数值模拟研究[J]. 气象科学, 1999, 19(2): 142-149.
- [19] 盛杰. 2012 年 4 月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2012, 38(7): 890-896.

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ccrl@hanspub.org