

文章编号: 2096-1618(2016)01-0110-06

中国机场雷暴特征的统计分析

冯琬¹, 陈建洲², 吴俊杰¹, 徐婷¹

(1. 中国民用航空飞行学院, 四川 广汉 618307; 2. 中国民用航空局空中交通管理局航空气象中心, 北京 100122)

摘要:用2010年1月1日~2014年12月31日的机场例行天气报告数据统计分析中国近5年来雷暴的变化特征,得出雷暴的发生次数随季节变化呈显著的单峰型,即夏季最多,冬季最少。雷暴的地域分布特点显著。春季主要集中在午后到傍晚的南方沿海地区;夏季为全国性雷暴的盛行阶段。持续性雷暴在不同时段的发生概率有较大不同,雷暴在下午最为强烈和频繁。

关键词:气象学;气候变化;雷暴;统计特征;机场

中图分类号:P446

文献标志码:A

0 引言

雷暴号称天气加工厂,常有闪电、大风、降水甚至冰雹龙卷等强对流天气伴随发生,这些均是危害飞行安全的恶劣天气因素。而雷暴天气又是盛夏季节常见的天气现象,其发生发展必然会对正常的航班运行带来干扰甚至危害。在夏季受持续雷暴天气影响而被迫推迟和取消的航班比比皆是。据统计,全球平均每小时发生雷暴1820次,美国民航分析近些年来由于气象原因引发的飞行事故,仅与雷暴有关的就占47.9%^[1]。

关于雷暴特征的统计结果,国内外已有很多研究:李吉顺^[2]早在20世纪70年代利用各月逐时的雷暴出现次数分析得出中国各省45个测站雷暴的日变化特征;郑淋淋等^[3]则扩大了观测台站范围,从517个常规气象站中筛选分析出中国近30年来的雷暴日变化特征及其原因,提出雷暴的日变化与地形有着密切的联系;Chen、Wang等^[4-5]利用卫星等资料观测雷暴和对流运动的特征发现,中国东南部降水主要发生在上午,午后雷暴则发生在高原和山区,其中青藏高原东部的对流活动最为活跃。而在雷暴的季节变化分析上,Zheng^[6]指出中国的主要雷暴于5月由南向北扩展,到了9月再向南撤退。由于雷暴活动的地域性特点显著,近些年来关于不同地区的雷暴统计特征也不断被归纳^[6-10]。张敏锋等^[11]将中国雷暴划分为4个不同区域,并分析了不同地区雷暴变化情况,指出东南沿海地区雷暴减少,而东北地区有增加的趋势。徐桂玉^[12]讨论南方地区的雷暴气候特征,王颖等^[13]分析长江流域

的雷暴时空分布,李照荣^[14]、霍广勇^[15]等重点分析中国西北地区的雷暴特点,张义军做了南北方雷暴的比较并揭示触发闪电的电特性对比分析^[16],这些都有利于总结出中国各地的空间分布类型和变化特征。此外,数值模拟方法也在雷暴研究中应用,以研究中小尺度对流系统的总结和探索^[17-18]。

总之关于雷暴的特征研究已经有系列的结论,但基本都是基于各地气象局观测站点的观测资料。为更好地为民航的运营服务,选取基于描述机场驻地的民航气象报文资料研究其地域分布、日变化与季节变化规律,从而统计近5年来中国各大机场的雷暴活动特征。

1 资料

利用2010年1月1日~2014年12月31日正在运营的民用机场例行天气报告分解逐小时雷暴报文,统计分析中国近5年来雷暴的变化特征。当该时刻有雷暴发生,电报则记为+1,没有发生雷暴则记为0,未收到有效数据则记为-1。为了保证数据的连续性和有效性,这里将5年的逐小时电报数据进行了进一步筛选,当该站点的有效数据(即数值为1或0时)在5年里总数据的比重高于95%及以上时,就认为该站点的雷暴数据记录较为完整有效。通过这一标准,一共保留了59个站点数据做以下分析研究。

2 结论分析

2.1 国内机场年均雷暴日数统计

收稿日期:2015-09-15

基金项目:2014年度民航节能减排专项资金研究类资助项目(DPD-SR0002)

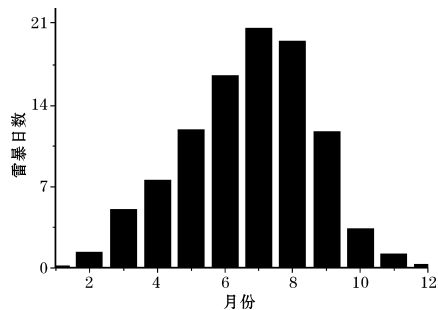


图 1 中国机场逐月雷暴日数

首先来看中国机场逐月的雷暴发生日数(图 1),只要当日任何一地发生了雷暴,就视为有雷暴存在,否则就视为当日均无雷暴发生。从逐月雷暴日数的柱状图来看,全国范围内机场雷暴的发生总数为明显的单峰结构,即冬季较少,夏季最多,春秋两季处于过渡阶段。而雷暴最为集中的 7、8 月,全国范围内的雷暴日数接近 20 天,即当月大约有 2/3 的天数都有雷暴产生,雷暴活动非常活跃。而冬季雷暴的发生次数远远低于夏季,近于休眠状态。

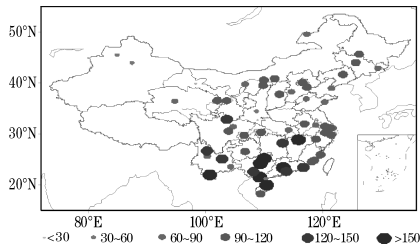
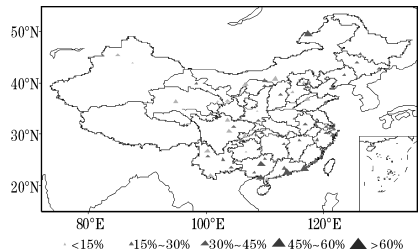


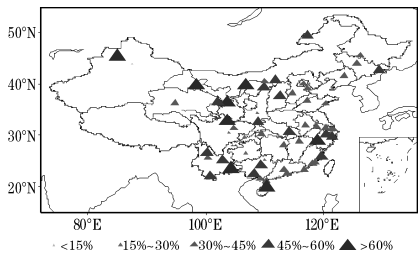
图 2 中国机场年均雷暴日数分布

全国范围内雷暴发生总数从季节上来看具有明显的单峰型,集中发生在夏季;而地域分布上各地的雷暴也有显著的不同特征。图 2 为中国机场年均雷暴日数的分布情况,大体上,雷暴发生较多的地区主要集中在东南沿海地区与长江中下游一带,也就是南方地区发生雷暴的机率较多,这和当地夏季时间较长,温度偏高时段较多有明显关系;长江以北的华北与东北地区的夏季较南方相比时间较短,所以雷暴发生次数也略有减少,从数值上看北方地区的分布较为均匀;西部地区,特别是新疆、青海与甘肃西北部,筛选出的站点数量较少,而且由于其处于内陆地区远离大洋、湖泊等水汽源地,气候干燥,雷暴的发生日数也最少。

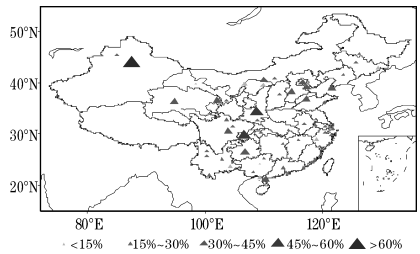
2.2 中国机场分时段雷暴统计



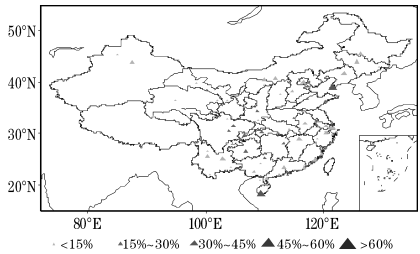
(a) 08 ~ 14 时



(b) 14 ~ 20 时



(c) 20 ~ 02 时



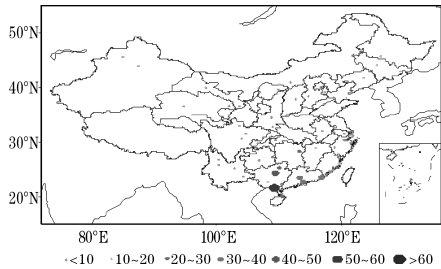
(d) 02 ~ 08 时

图 3 中国机场分时段雷暴发生频率

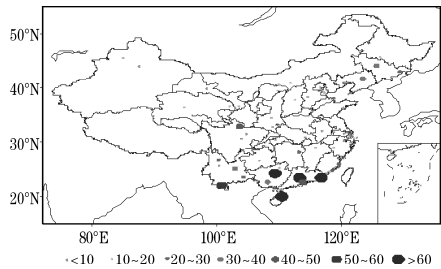
由于雷暴的日变化较大,这里将一天中的 24 小时平均分为 4 个时段,即图 3(a)代表北京时 08 ~ 14 时,表示上午至中午;图 3(b)代表 14 ~ 20 时,即从下午持续到傍晚;图 3(c)为 20 ~ 02 时,为晚上和深夜时段;图 3(d)则是 02 ~ 08 时,从凌晨持续到早晨。这 4 张图分别代表着一天里 4 种不同的时段,基本代表了雷暴日变化的演变特点。通过对不同时段比较发现,上午到中午时分,全国范围内雷暴的比例均不大,大多数站点仅在 10 % 以下,仅有东北地区和东南沿海个别站点的雷暴发生比例较多,但发生概率也仅在 30 % 以下。下午及傍晚则是全国性的雷暴高发时段,除中西部的个别站点,如贵州成都西安等,其他地区在该时段的雷暴发生占比达到 20 % 以上,甚至超过 40 %,也就是说全国大部分的站点有将近或超过一半的雷暴发生在下午段。晚上雷暴的发生比例明显减小,特别是长江中下游、东南一带和云贵地区的雷暴数量较下午呈现较大幅度的下降;然而华北平原、西北地区 and 川渝等省份,雷暴的发生比例仍然较高。傍晚时分的雷暴反而在北方较为集中。凌晨时分,全国范围内的雷暴的活动均基本停止,除了沿海的极个别站点能有雷暴活

动。

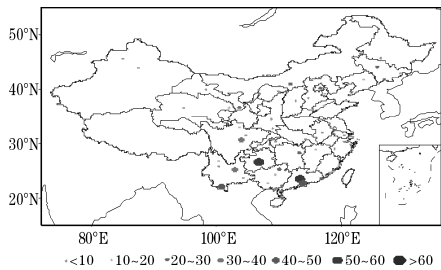
2.3 中国内机场春夏两季雷暴发生次数



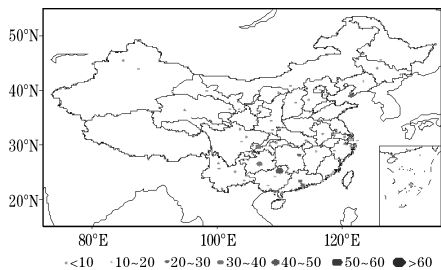
(a) 08 ~ 14 时



(b) 14 ~ 20 时

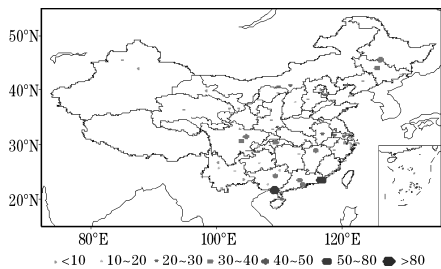


(c) 20 ~ 02 时

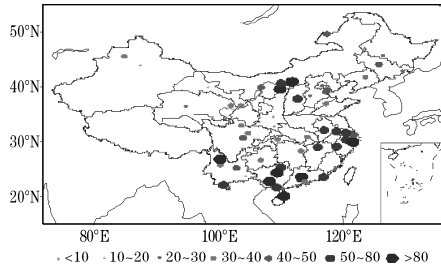


(d) 02 ~ 08 时

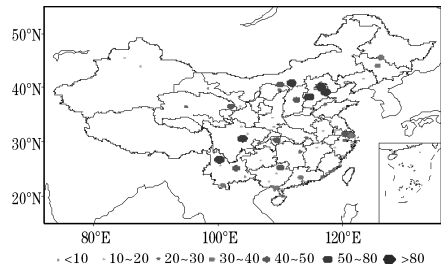
图4 中国机场5月份雷暴发生次数



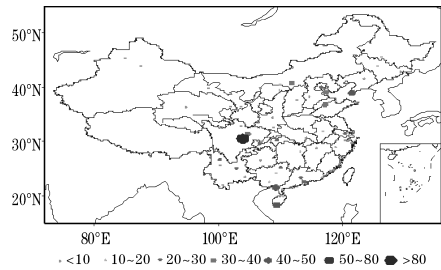
(a) 08 ~ 14 时



(b) 14 ~ 20 时



(c) 20 ~ 02 时



(d) 02 ~ 08 时

图5 中国机场7月雷暴发生次数

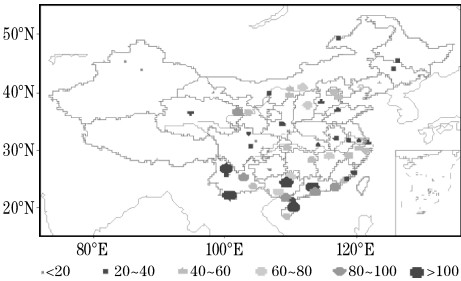
除显著的日变化,雷暴的季节变化亦有不同的特点。为可以明显地观察到雷暴发生地点和次数随时间的转化,图4给出中国机场逐月的分时段雷暴发生次数的总和,并且挑选出5月和7月分别代表春、夏季的雷暴活动(图4与图5)。5月的雷暴处于发展阶段,集中在南方沿海地区。午后到傍晚的雷暴发生次数最多,覆盖范围也最大,长江以南的多个站点雷暴较多,雷暴大值区集中在两广沿海,北方地区的雷暴仍旧沉寂。总得来讲,春季雷暴开始逐步发展,基本都集中长江以南地区发展,而且以下午与傍晚的雷暴活动最为活跃,尤其是广西与广东的沿海一带和云南南部,为春季雷暴活动的大值中心。长江以北的大部分地区,包括东北与西北一带,雷暴的发生均较为少见。而凌晨与清晨时分,雷暴在全国范围都较为少见,可见春季沿海一带的雷暴以热雷暴居多。

7月是全国性雷暴集中发生的阶段。早8时左右,雷暴的高发区为广西南部临海地区,而中国的其他地方只是有零星存在。下午两点也就是午后为全国性的雷暴集中爆发发生阶段,两广地区的沿海机场雷暴的发生最为强烈,其次则是长江三角洲地区,西北的

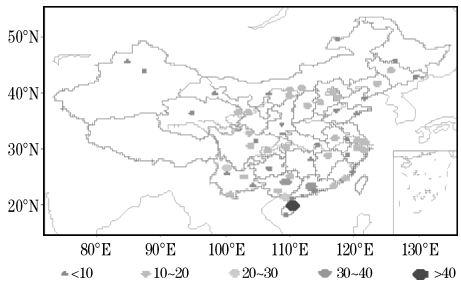
河套地区雷暴发展也很旺盛。晚上 8 时基本维持了午后雷暴均高发的状态,而且雷暴次数分布较为均匀,雷暴最旺盛的区域由午后的南方沿海转战到了河套地区东北方。到了凌晨 2 点,各地的雷暴较午后及傍晚时大幅减弱,只有四川与华北地区的雷暴较为明显。

2.4 机场连续性雷暴分布

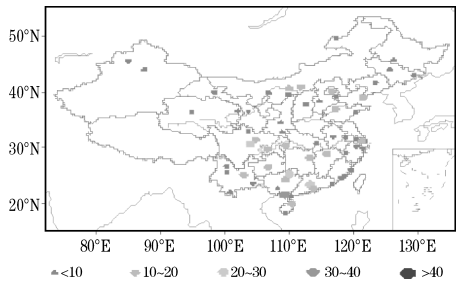
雷暴往往能给飞行带来较大影响,这里分别统计持续时间为 2 h、4 h 与 6 h 及以上的雷暴活动特点。将每日分为 08 ~ 14 时段、14 ~ 20 时段、20 ~ 02 时段和 02 ~ 08 时段,分别代表一天中的不同时段,从而研究连续性雷暴的日变化规律。



(a) 持续时间 2 h



(b) 持续时间 4 h



(c) 持续时间 6 h 及以上

图 6 近 5 年连续性雷暴的发生次数

图 6 统计近 5 年来中国机场连续时间为 2 h 的雷暴的区域划分和发生次数,整体而言,与雷暴发生总次数的规律类似,2 h 雷暴的主要发生地南方,特别靠近最南端,如云南和两广一带,长江中下游与华北地区雷暴数量次之,其他地区更少。

持续时间为 4 h 的雷暴数量明显少于 2 h,但分布区域大体一致,高值区集中在最南端的海南与两广一带,除新疆的数量最少以外,其他地区的雷暴数量分布较为均匀。持续时间为 6 h 及以上的雷暴次数则更少,仍旧是南方地区数量较多。

不同持续时间的雷暴在不同时段的发生概率有较大不同。2 h 雷暴在上午鲜有发生,因为两小时雷暴多为热力性质雷暴,一般上午气温偏低,不足以支持雷暴发展。持续时间为 4 h 与 6 h 的雷暴在上午发生概率与范围都明显大于 2 h,发生 4 h 雷暴概率较大地区为两广与长江三角洲,其他地区则概率较小而且分布零散。6 h 以上的持续性雷暴发生概率较大的地区则集中在长三角。

午后各种雷暴均集中发生,不管持续时间为 2 h、4 h 或 6 h 的雷暴,大部分站点的发生概率都较大,整体来讲下午的雷暴活动最为强烈和频繁,四川、湖南与江西等省份的雷暴活动均不是特别强烈。

夜晚的雷暴发生状态有所变化,持续时间为 2 h 的雷暴集中发展在川渝、陕西和华北部分;持续时间为 4 h 的雷暴发生范围明显较大,特别集中在华北山东与东北沿线;持续时间为 6 h 的雷暴在夜晚发生概率仍然很高,范围广阔。

到凌晨大部分地区的雷暴发生概率明显降低,持续时间为 2 h 的雷暴在川渝地区的概率较高;4 h 雷暴的分布较为分散,发展个别城市,6 h 的雷暴主要还是集中在四川、长江下游和两广等南方地区。

2.5 中国机场雷暴活动时间

表 1 各个地区雷暴活动时间

	初雷	终雷	持续时间/h
东北	4 月上旬	10 月中旬	6.4
华北	3 月下旬	11 月上旬	7.2
长江中下游	2 月上旬	12 月中旬	10.4
华南	2 月上旬	11 月上旬	9.8
西北	4 月中旬	10 月中旬	6
川渝	3 月下旬	10 月下旬	7

由以上分析可知雷暴的发生发展存在着显著的季节性变化,而且中国范围内的雷暴变化还存在地域差异性。为更好地分辨不同地区雷暴的持续时间,把全国划分了 6 块区域,分别是东北、华北、长江中下游、华南、西北和川渝地区。从统计结果来看,华南与长江中下游一带率先进入初雷期,均是 2 月上旬雷暴便开始发展。华北与川渝一带在 3 月下旬才进入初雷期,较南方地区偏晚一个多月。接着,东北地区的初雷发生在 4 月上旬,而西北地区初雷时间最晚,直到 4 月中旬

才开始。而终雷日也是各有不同。西北和东北地区在10月中旬最早出现终雷日,紧接着就是川渝一带,华北与华南的终雷日为11月中旬,而长久中下游一带雷暴结束最晚,终雷日为12月中旬。从各个地区平均的雷暴持续时间来看,西北和东北地区最短,平均为6个月;川渝地区与华北平原的雷暴持续时间相当,华南与长江中下游的雷暴持续时间最长,能达到10个月左右,也就是一年的绝大部分时间都可能有雷暴的出现。

3 结论

利用2010年1月1日~2014年12月31日的逐小时雷暴报文,统计分析中国近5年来雷暴的变化特征,得出以下结论:

(1)范围来讲,雷暴的发生次数随季节变化呈显著的单峰型,即夏季最多,春秋两季次之,而冬季最少。地域分布上,雷暴发生较多的地区主要集中在东南沿海与长江中下游地区。

(2)雷暴的地域分布特点显著。5月,雷暴主要集中在午后到傍晚的南方沿海地区,而北方地区的雷暴偏少;7月为全国雷暴的盛行阶段,午后的雷暴发展旺盛,高值区集中在两广沿海,傍晚时分雷暴依旧处于高发状态,但分布更为均匀,南方与北方的雷暴数量相当。而各地区雷暴持续时间也各有特点。长江中下游全年雷暴活动时间最长,华南地区紧随其后,而西北与东北的雷暴时段最少。9月雷暴南撤,之后逐渐消失。

(3)不同持续时间的雷暴在不同时段的发生概率有较大不同,午后各种雷暴均集中发生,不管持续时间为2 h、4 h或6 h的雷暴,大部分站点的发生概率都较大,整体来讲下午的雷暴活动最为强烈和频繁,其次便是夜晚。

(4)华南与长江中下游一带率先进入初雷期,雷暴时间持续最长。西北和东北地区进入雷雨季较晚,持续时间也是最短。

致谢:感谢中国民航飞行学院科研基金重点资助项目(ZJ2014-02);中国民航飞行学院青年基金资助项目(Q2014-067)对本文的资助

参考文献:

- [1] 阎凤霞,许建明,王峰云.上海虹桥机场雷暴观测的统计分析[J].安徽农业科学,2013,41(35):13614-13616.
- [2] 李吉顺.我国雷暴日变化的若干特征[J].气象,1984,6(4):19-21.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Wang C C, Chen G T J, Carbone R E. A climatology of warm-season cloud patterns over Asia based on GMS infrared brightness temperature observations [J]. Mon Wea Rev, 2004, 132: 1606-1629.
- [6] Zheng L L, Sun J H, Wei J. Thunder events in China: 1980-2008 [J]. Atmos Oceanic Sci Lett, 2010, 3: 181-188.
- [7] 徐桂玉,杨修群.我国南方雷暴的气候特征[J].气象科学,2001,21(3):299-307.
- [8] 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.
- [9] 张美平,敖淑珍,刘翔,等.广州白云国际机场近46年来雷暴气候的统计特征[J].应用气象学报,2004,15(1):66-73.
- [10] 段炼,陈章.近42年成都地区雷暴的气候统计特征[J].自然灾害学报,2006,15(4):59-64.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 霍广勇,江远安,史红政,等.1961-2010年新疆雷暴时空分布及其变化特征[J].冰川冻土,2013,35(5):1156-1164.
- [16] 张义军,刘欣生,肖庆复.中国南北方雷暴及人工触发闪电电特性对比分析[J].高原气象,1997,2(2):113-121.
- [17] 付伟基,陆汉城,王亮,等.WRF模式弱强迫系统中雷暴预报个例研究[J].气象科学,2009,29(3):323-329.
- [18] 徐蓉,苗峻峰,谈哲敏.南京地区城市下垫面特征对雷暴过程影响的数值模拟[J].大气科学,2013,(6):1235-1246.

Statistical Analysis of the Characteristics of Thunderstorm in China

FENG Wan¹, CHEN Jian-zhou², WU Jun-jie¹, XU Ting¹

(1. Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, China; 2. Aviation Meteorological Center, Air Traffic Management Bureau of CAAC, Beijing 100122, China)

Abstract: In this paper, the hourly airport routine weather reports from January 1, 2010 to December 31, 2014 have been used for the analysis of the variation of the past five years thunderstorm, the following are conclusions: Thunderstorm occurrences are significant changed with seasons, up to the summer, and least in winter. Most thunderstorms occur in the southeast coastal areas and the Yangtze River region. In spring, thunderstorms often occur in the afternoon or in the evening at southern coastal areas; summer stays a nationwide prevalence of thunderstorms. the probabilities of thunderstorms occurrence in different periods are quite different, the afternoon shows the most intense and frequent.

Key words: meteorology; climate change; thunderstorm; statistical analysis; airport