

文章编号:1673-8411 (2017) 02-0081-05

## 影响海南岛雷电灾害的因素探讨

陈哲, 吴海, 张茂华, 周方聪, 余海

(海南省防雷中心, 海南 海口 570203)

**摘要:**基于全国雷电灾害汇编,利用海南省地闪定位网近 6 年(2009–2014)获取的地闪定位资料以及十八个市县每年雷暴日的人工观测记录,对 2005 年至 2014 年海南岛雷电灾害中的人员伤亡、建筑物及设备损坏以及经济损失等信息的分析。找出海南岛雷电灾害分布特性及影响海南岛雷电灾害的因素,为雷电预警及防护提供研究依据。

**关键词:**雷电灾害;雷电预警;影响因素

**中图分类号:**P48

**文献标识码:**A

## Discussion on the factors affecting thunder and lightning disasters in Hainan

Chen Zhe, Wu Hai, Zhang Maohua, Zhou Fangcong, Yu Hai

(Hainan Provincial Lightning Protection Center, Haikou Hainan 570203)

**Abstract:** Based on national lightning disaster compilation, the 5 years (2009–2014) cloud-to-ground lightning locating data in Hainan from local flash-positioning network and thunderstorm days of 18 counties observation records, the information about casualties, damages of the buildings and equipments, as well as economic loss caused by the lightning disaster in Hainan from 2005 to 2014 were analyzed to found out the lightning disaster distribution characteristics and influencing factors of lightning disaster to provide research basis for lightning warning and protection.

**Keywords:** thunder and lightning disasters; lightning early warning; affecting factors

近年来我国社会经济的迅速发展以及各种电气设备的广泛应用,频繁发生的雷电很容易造成雷击灾害,这不仅严重影响了人民生命财产安全,对我国国防安全也构成巨大的威胁。随着社会经济的快速发展,特别是城市、城镇的迅猛增大,各种现代化通讯网络、计算机信息网络、办公自动化系统和各种现代化设备设施的建立和不断升级换代,人类社会进入了电子时代,雷灾危及领域已从电力、建筑等传统领域扩展到几乎所有行业。雷电也已从二维空间入侵变为三维空间入侵到各个角落。闪电直击、闪电感应和闪电电涌等雷电灾害造成的经济损失是越来越大<sup>[1-3]</sup>。海南岛地处热带(N18°30'~N20°12'与 E108°30'~111°18'),中部高山,四边以丘陵、平原围绕,四

周环海,500m 以上山地占本岛面积的 25%,其余为 100m 以下的平原丘陵地带,平均海拔约 120m,属于热带季风气候区,受海洋性气候的影响,海南岛一年四季都有对流天气出现,主要的强对流天气中的雷暴灾害占有很大的比率。雷暴灾害在海南岛造成的人员伤亡和经济损失在自然灾害中仅次于热带气旋<sup>[4]</sup>,海南岛近十年平均每年发生 45.7 起雷电灾害事故,平均每年因雷击伤亡 16.8 人,以 2010 年全国第六次人口普查海南岛总人口 860 万人口计算,海南岛每百万人口中每年有 1.9 人被雷击伤害,以上数据是全国的 2 倍<sup>[5]</sup>,是英国的近 20 倍<sup>[6]</sup>,雷击灾害已经成为海南岛破坏性最严重的气象灾害之一。

收稿日期:2016-12-18

基金项目:海南自然科学基金面上项目(20164181);海南省气象局技术提升项目(HNQXJS201612)。

作者简介:陈哲(1971-),男,工程师,主要从事雷电防御和雷电风险评估工作。

1 资料介绍

本文利用海南省气象局 5 站地闪定位网资料分析了地闪的时空分布及其与雷电灾害之间的关系。图 1 所示为 5 个测站的分布情况,其中,5 个测站分别为海口 (E110.24°,N20.00°)、三亚 (E109.54°,N18.22°)、琼中 (E109.83° ,N19.04°)、琼海 (E110.46°,N19.24°)和东方(E108.63°,N19.09°),其分布如图 1 所示. 上述五个测站的地理位置非常充分的显示了海南岛地形特征,东部琼海能非常清楚的观测到西太平洋、南海生成的热带气旋对雷电参数的影响,北部海口是北方内陆天气南侵的第一手资料,中部的测站正好能提供五指山山脉对各种气候的影响,西部的测站正好是东部过来的气旋穿过本岛后各数据的变化。南部正好是与北部测站形成相对应,各参数对比可得出五指山山脉对观测数据的影响。其中另外一个观测站位于永兴岛,因范围限

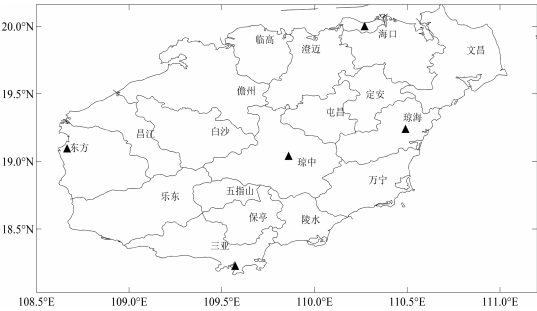


图 1 海南岛地闪观测站点分布图(▲:测站位置)

制未列在图中。为了保证资料的准确性,这里剔除了单站的定位结果,即地闪回击都为 2 站及以上的定位数据。

另外,本文还统计分析了海南岛 2005 年至 2014 年十年海南岛雷电灾害的数据统计,如表 1 所示。雷灾统计数据由中国气象局雷电防护管理办公室 1997 年起联合全国各省市局单位每年组织编写并委托中国气象学会雷电委员会承办的雷灾汇总。

2 地闪活动与雷击灾害

2.1 地闪活动的时空分布

余海等<sup>[7]</sup>2010–2013 年海南岛地闪活动的特征分析中利用海南岛的 5 处海南闪电定位网的子站,初步分析海南岛的东南西北中部的五个子站近三年地闪定位资料,归纳海南岛地闪活动的时空分布规律,汇总及分析出海南岛地闪活动的规律和特征,得到每年 5 月和 8 月是雷暴活动最频繁的月份,每天地闪变化呈双峰形式,主要是在早晨 5 时和下午 16 时左右。

海南岛的地闪活动与年雷暴日有着类似的分布特征,从图 2(见彩页)给出了海南岛年平均地闪密度分布图,可以看出,海南岛的地闪密度分布大致可以划分为三类。第一类即为地闪密度最大值区域,出现于澄迈、儋州、临高、白沙等市县呈椭圆状,平均地闪密度达到了 3.5–5 次/a·km<sup>2</sup>;以此为中心,向外围呈快速减小的趋势。第二类地区地闪密度相对第一类次之,这些地区包括海口、文昌、琼海、万宁的市县

表 1 海南岛 2005 年–2014 年雷电灾害汇总

年份	雷灾总数 (起)	伤亡人数 (人)	建筑物受损 (起)	设备受损 (件)	经济损失 (万元)
2005	48	31	52	126	694.52
2006	44	22	34	163	410.54
2007	90	53	12	646	903.94
2008	107	19	12	954	1283.92
2009	88	18	21	454	1048.8
2010	47	5	4	535	2739.43.
2011	9	1	3	58	145.65
2012	6	5	0	75	65
2013	13	10	4	70	268.32
2014	5	4	1	26	28.52
合计	457	168	143	3107	4849.21

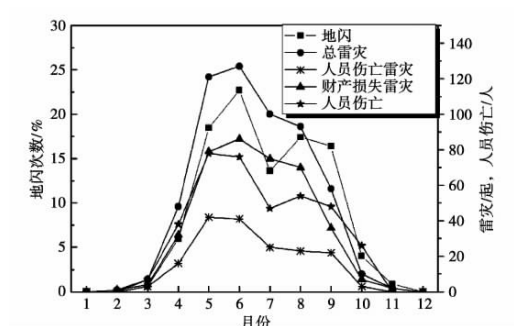


图4 海南岛雷电灾害和地闪月份分布图

等,平均地闪密度为  $1.5\sim 3$  次/ $a\cdot km^2$ ;第三类为地闪密度最小区域,主要包括以五指山山脉的西南的东方、乐东、三亚等地区,平均地闪密度小于  $1$  次/ $a\cdot km^2$ 。从该图的分布特征与海南岛的年雷暴日分布(图3,见彩页)有惊人的相似之处,可以清晰的看出第一类即为地闪密度最大值区域的各市县年雷暴日均超过100天,且第三类的乐东、三亚的年雷暴日均为全省最低。对上述二者的联系还尚缺进一步的可靠依据,其具体原因仍需进一步分析研讨。

海南岛地处热带区域,四周环海,因此“热岛效应”显著,湿润的大气以及充足的日照使得大气极不稳定,不稳定因子在午后很容易引发对流活动。利用雷达观测资料,对5-9月份的雷暴活动进行了初步统计分析,发现海南岛在此时段内,平均每天有4-6个对流过程出现且主要在海南岛中北部区域,这进一步表明地闪活动与岛上的局地对流活动关系最为密切。

## 2.2 雷击灾害的季节分布

在相同的地方不同的季节、时间也存在着差异,根据利用全国雷电灾害汇编数据,结合人工观测雷暴资料和海南省统计年鉴数据,统计近十年海南岛的雷电灾害特征及海南闪电定位系统的资料给出了各月份、各时间的地闪比例进行对比分析得到一些观点。

海南岛一年四季皆有地闪发生,如图4、图5所示,地闪活动呈现出明显的季节变化和日变化,春夏两季是一年中地闪活动发生最频繁的时段,总体4-10月是雷暴活动高发期,呈双峰特征。最大值分别出现于5月和6月,分别约占全年总地闪数的23%和18%,地闪活动在6-7月明显地间歇性减少<sup>[7]</sup>。回落形成一个谷底,每年的8-9月地闪活动又有所增加,如图4所示形成了一年内的第二次高峰,形成一个双峰现象。同时参考图4,发现每年除1月、12月

没有雷灾事故发生外,2-11月均有雷灾事故发生,96.5%的雷灾事故主要发生在4-9月期间,5-8月是全年雷灾发生的高峰期占全年雷灾事故的77.8%,其中6月发生的雷灾事故最多,超过总雷灾事故数的五分之一<sup>[8]</sup>。

从图5给出海南岛地闪活动的日变化特征值及总雷灾值,可以看出海南岛地闪活动日变化整体呈现一个类似单峰特征,其日变化高峰期分别出现在13-17时之间,16时达到最高峰,15、16时也是雷灾事故发生最多的时期,可见雷击灾害与地闪的日变化有着相同的一面。对图4、图5分布图中总雷灾与日、月的地闪分布是相关联的,依据高焱等1999-2011年海南岛雷电灾害特征分析<sup>[8]</sup>,总结出地闪的季节变化、日变化都是与各个雷灾事故的分布规律基本是一致的。

## 3 影响雷电活动因素及雷电灾害分析

### 3.1 地形

对海南岛特殊的地理环境和气候是影响雷电活动因素之一。海南岛地形以五指山山脉(主峰1867m,1500m以上山峰有6座)位于岛中部呈东西走向,形成中部、南部高、四周低的环形层状地貌。根据物理学原理的理解,地势越高与雷云越接近,正负电荷吸引更容易产生对地放电,但是与图2对比明显不符,从海南岛年平均地闪密度分布图中可看出北部和西部内陆地区是雷击密度最大的地区;郭冬艳等<sup>[9]</sup>分析海南岛雷电灾害特征及易损性得出雷击灾害频数最高的是北部的海口和中部的屯昌。另外从图3海南岛雷暴日分布图所示分析,可归纳出全岛雷暴灾害的地区分布趋势是由北部、中部向南部逐步减少,中部五指山山脉的北部与西部是全省的雷暴高发区,其中9个市县年平均雷暴日数均超过

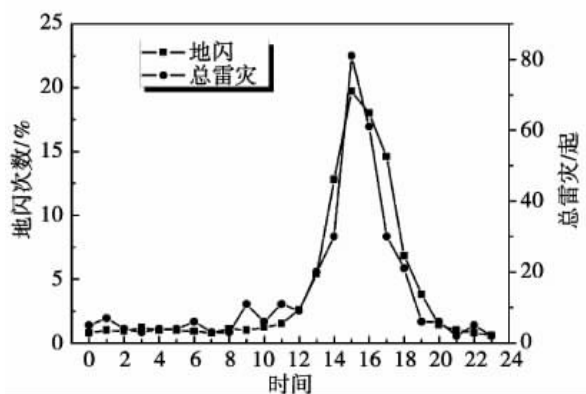


图5 海南岛雷电灾害和地闪日分布图

100d,其中澄迈县 1975 年曾经高达 149d。既受热带系统影响又常受到冷空气的侵袭,特别是西部和西北部受冷空气偏西下静止锋天气过程影响,也就是锋面到达海南岛中部受到五指山脉地形阻挡,锋面在海南岛中部静止时,出现雷暴几率最大,占冷空气影响总样本的 62%,此类雷暴发生的机制主要是冷暖空气交汇,系统性的动力辐合上升是对流强烈发展的主要因素<sup>[10]</sup>。在对流强烈天气中空气对流运动强烈,雷暴活动频繁,从而分析出海南岛的地形也是影响雷电活动因素之一。

### 3.2 热带气旋

按照 WMO 的标准,热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台风统一称为热带气旋(Tropical Cyclone,简称 TC),它是一种天气尺度有组织的涡旋系统,其垂直高度可以伸展到 15km 以上,含有丰富的过冷水滴,因而热带气旋发生时其附近雷电活动比较频繁<sup>[2]</sup>。王艳<sup>[11]</sup>在“卫星观测的中国近海及登陆中国台风中的闪电特征研究”中利用 TRMM 卫星资料,分析了 2000–2007 年间登陆我国的台风中闪电活动与降水特征,指出外雨带中对流云降水面积相对最大,闪电活动最频繁。TC 不止带来强风同时还有强降水,强降水和闪电活动是对流天气过程中重要的天气现象,降水和闪电关系的研究一直是闪电气象学的一个热点,许多研究都表明两者之间存在紧密的相关性<sup>[12]</sup>。

海南岛位于西太平洋,无论是在南海还是西太平洋生成的热带气旋,每年光登陆海南岛的 TC 占登陆全国 TC 的 20%,它是海南岛最主要的自然灾害,海南岛是全国受热带气旋影响最频繁的地区,素有“台风走廊”之称<sup>[4]</sup>。通过分析海南岛强台风灾害性气候事件中发现最常发生于秋季,其中在 1966 年到 2014 共有 15 次强台风登陆海南<sup>[13]</sup>。

根据台风中雷电活动特征,将台风分为 3 个区域,即眼区、眼壁区及外区,外区分为内雨带和外雨带,潘伦湘等<sup>[14]</sup>利用 WWLLN 资料获取的闪电定位资料和中央气象台提供的台风定位资料进一步研究了西北太平洋地区 2005–2008 年登陆我国的强台风和超强台风的雷电活动特征,发现台风过程虽然整体雷电活动较弱,但外区强降雨伴随有强烈的雷电活动,也就是镶嵌在云系里的对流活动,强台风带来不止是强降雨同时强对流天气是直接影响雷电活动的因素,降雨量多的地方空气的水分子含量充沛,其导电性比其它时候更容易被击穿对地产生放电。

比如“威马逊”超强台风登陆海南后,在距离登陆点一百多公里外的昌江及东方等地出现长时间的雷电活动<sup>[15]</sup>。

以下分析 TC 对雷电活动和雷电灾害的影响;其一,TC 登陆时其外围约 100 公里以外的区域会出现强烈的雷电活动;其二,TC 到来时对各区域带来大风、强风对各建(构)筑物的防雷装置具有破坏性的影响;其三,TC 的强降水过程加大了土壤的湿度,使原本就处在高湿、高盐环境下的防雷接地体及附属装置的腐蚀指数迅速加快。所以当风灾过后应加紧对建筑物防雷装置进行检测并及时整改完善。

### 3.3 土壤电阻率

减少雷电灾害中主要从外部和内部进行防护,外部防雷原理就是将雷电流按照我们设计的渠道迅速泄入大地,当土壤的土壤电阻率越小其制作的接地体的导电性就越好,当强大的雷电流经过导电性良好的导体时会瞬间通过而泄入大地,而避免和减少对建筑物和建筑物内设备所带来的雷击灾害。

首先,土壤的种类不同其的土壤电阻率也不同,海南岛各个区域的土壤性质存在较大的差异,海边、河边的沙石,五指山脉岩石山体绵绵不断,西部的亚洲最大的富铁矿矿山岩石,北部有世界上保存最好的死火山群,几十万年前火山喷发的火山岩浆覆盖了大片土地,上述地区的土壤电阻率均为普通粘土的几倍到上千倍。

其次,土壤的湿度,海南岛四周环海,江河纵横,受地形气候,特别是热带气旋的影响,年降雨量居全国前茅,海南成为全国著名的暴雨中心,土壤受到地下水位高的影响,土壤的含水量就相对高,故该地区的土壤电阻率相对低。

## 4 结论

通过对海南岛十八个市县雷击经济损失、雷灾次数、雷暴日分析,发现雷击经济损失与雷电密度分布并非一致,发现海口、三亚、儋州、琼中、昌江都呈现与雷电因素成一致关系,但部分不一致如澄迈、临高、保亭等,从中分析可能原因:其一,与城市的人口密度、城市发展规模有关,如海口、儋州、琼海等;其二,与局部的地形地貌有关,如琼中、保亭等;其三,与日、月地闪高峰期在外露地工作的农、林、渔为主的各市县,如陵水、万宁;其它三亚、乐东、东方很明显与我们上述所分析的雷电因素相一致的;最后,分析的差异还可能与气象部门统计资料不完整有关。



通过对雷电灾害事故资料的统计分析,发现各个区域的雷电灾害的起因、过程和伤害结果具有一定的相似性,所以应加强开展对雷电灾害的研究和探讨,在这个过程中发现,证明了上述影响因素的数值与雷电灾害有明显的关系,海南岛防雷减灾的任务比全国任何地方都艰巨而复杂,结合历年的气象数据和雷电灾害调查资料,分析地质与气象环境对雷电灾害的主要影响和作用外,为进一步降低雷电灾害对社会的影响,建议政府主管部门针对上述因素进行研究,加强对防雷设计、防雷施工、防雷检测的监督管理,将海南岛的雷电灾害损失降低到最低。

#### 参考文献

- [1] 郅秀书.全球闪电活动与气候变化 [J].干旱气象, 2003, 21 (3): 69-73.
- [2] 邓德文, 周筠璐.全球雷电活动研究进展 [J].高原山地气象研究, 2011, 31 (4): 89-96.
- [3] 郅秀书, 张其林, 张廷龙, 等.雷电物理学 [M].北京: 科学出版社, 2013, P91-112.
- [4] 温克刚, 吴岩峻.中国气象灾害大典 (海南卷) [M].北京: 气象出版社, 2008: 284.
- [5] 马明, 吕伟涛, 张义军, 等.1998-2006 年我国雷电灾情特征 [J].应用气象学报, 2008, 19 (4): 393-400.
- [6] Rakow V A, Uman M A. Lightning: Physics and Effects [M]. Cambridge, Cambridge University Press, 2003.
- [7] 余海, 张廷龙, 高燚, 等.2010-2013 年海南岛地闪活动的特征分析 [J].中国科学院大学学报 2016, 33 (2): 195-203.
- [8] 高燚, 周方聪, 劳小青.1999-2011 年海南岛雷电灾害特征分析 [J].自然灾害学报, 2014, 23 (5): 253-262.
- [9] 郭冬艳, 姜涛, 陈红, 等.海南岛雷电灾害特征及易损性分析区划 [J].气象研究与应用, 2010, 31 (2): 78-81.
- [10] 辛吉武, 许向春, 蔡杏尧, 等.海南儋州雷暴天气气候特征分析 [J].气象, 2008, 34 (1): 100-106.
- [11] 王艳.卫星观测的中国近海及登陆中国台风中的闪电特征研究 [D].中国气象科学研究院硕士论文, 2009.
- [12] 郑栋, 但建茹, 张义军, 等.我国地闪活动和降水关系的区域差异 [J].热带气象学报, 2012, 28 (4): 569-576.
- [13] 吴胜安, 邢彩盈, 朱晶晶, 等.海南岛灾害性气候事件的气候特征 [C].第二届中国沿海地区灾害风险分析与管理学术研讨会论文集, 2014, 86-90.
- [14] 潘伦湘, 郅秀书, 刘冬霞, 等.西北太平洋地区强台风的闪电活动特征 [J].中国科学: 地球科学, 2010, 40 (2): 252-260.
- [15] 余海, 张廷龙, 高燚, 等.“威马逊”台风影响下海南岛地闪活动和降水特征 [C].第 32 届中国气象学会年会 S20 雷电物理和防雷新技术—第十三届防雷减灾论坛.
- [16] Martin A. Uman 著, 银燕, 杨仲江等译校.防雷技术与科学 [M].北京: 气象出版社, 2011: 163.
- [17] 郅秀书, 张义军, 张其林.闪电放电特征和雷暴电荷结构研究 [J].气象学报, 2005, 63 (5): 646-658.
- [18] 《建筑物防雷设计规范》GB50057-2010 [M] 中国计划出版社.
- [19] 黄欣怡, 叶丽娜, 朱海洋.影响土壤电阻率的因素及测量时的注意事项 [J].中国电子商情防雷技术, 2012, 8: 61-64;
- [20] 刘佼, 肖稳安, 陈红兵, 等.全国雷电灾害分析及雷灾经济损失预测 [J].中国雷电与防护, 2011, 4: 40-45.
- [21] 杨仁勇, 闵锦忠, 冯文, 等.海南岛地形对南海西行台风降水影响的数值试验 [J].热带气象学报, 2013, 29 (3): 474-480.
- [22] 陈哲, 杨俊宝, 浅谈影响海南岛雷电灾害的几大因素 [C].第 33 届中国气象学会年会 S19 雷电物理和防雷新技术—第十四届防雷减灾论坛: 427-429.