

文章编号: 1673-8411(2019)02-0098-06

超强台风“威马逊”的地闪活动及大气电场特征

周过海¹, 蔡小辉², 劳小青³, 余海³

(1. 海南省海口市气象局, 海口 57100; 2. 海南省昌江县气象局, 海南 昌江 572700;
3. 海南省气象灾害防御技术中心, 海口 570203)

摘要: 利用海南省气象局在海南岛内布设的地闪定位网、海口地区组网大气平均电场仪及雷达对超强台风“威马逊”过程的监测资料, 分析了该过程在海南岛过境(2014年18日12时至19日12时)时陆地及附近海域的地闪活动的时空分布特征。闪电监测结果显示, 18日18时起, 发生的地闪数目开始增多, 至18日22时达到顶峰, 至19日8时以前仍保持较强的频数。地电主要发生在东方市境内及近海, 最大密度值出现于洋面, 达到了4.7次/km²(海面), 陆地最大地闪密度为1.6次/km²。通过对地面电场的演变特征分析来看, 嵌于台风外围雨带里的对流云具有三极性电荷结构特征, 这与大部分常规夏季雷暴云具有一致性。

关键词: 地闪活动; 地面电场; “威马逊”台风; 三极性电荷结构

中分类号: P444

文献标识码: A

The ground flashing activity and atmospheric electric field characteristics of the super typhoon Weimason

Zhou Guohai¹, Cai Xiaohui², Lao Xiaoqing³, Yu Hai³

(1. Haikou Meteorological Service, Haikou 57100;
2. Changjiang County Meteorological Service, Changjiang Hainan 572700;
3. Hainan Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Haikou 570203)

Abstract: The temporal and spatial distribution characteristics of land and adjacent sea areas during the transit of the super typhoon Wimason in Hainan Island (from 12:00 on 18th to 12:00 on 19th, 2014) are analyzed based on the monitoring data of the geostrophic positioning network, the average electric field meter in Haikou and the radar set up by the Hainan Provincial Meteorological Service. Lightning monitoring results show that the number of ground flashes began to increase from 6pm on the 18th, peaked at 10pm, and maintained a strong frequency until 8am on the 19th. Geoelectricity mainly occurred in Dongfang City and offshore waters. The maximum density appeared on the ocean surface, reaching 4.7 times/km² (sea surface), and the maximum land flash density is 1.6 times/km². According to the analysis of the evolution characteristics of the ground electric field, the convective cloud embedded in the rainband around typhoon has the characteristics of tripolar charge structure, which is consistent with most conventional summer thunderstorm clouds.

Keywords: ground flashover activity; ground electric field; Wilmson; tripolar charge structure

1 引言

我国是世界上遭受台风灾害最为严重的国家之一, 平均每年有7~8个台风登陆我国^[1]。7—

10月份是热带气旋盛行季节, 每年约有20个热带气旋抵达我国沿海海域300km范围内, 我国将这段时间称为台风季节。其中, 最大的台风频率出现在南海, 其次为华南沿海和华东沿海。由台风

收稿日期: 2018-11-30

基金项目: 海南省自然科学基金项目(2017CXTD014)和海南省气象局技术提升项目(HNQXJS201612)

作者简介: 周过海(1976-), 男, 海南儋州人, 从事雷电防护工作。

发生初期远离陆地, 地基类闪电探测仪很难探测到其闪电活动, 只有在靠近或登陆时, 才可获得探测网覆盖区域的闪电活动信息, 但由于这些闪电信息只能反映台风发展过程中一个时期的情况, 而对于台风发展早期, 通常出现于远离陆地的海洋, 因此, 闪电观测结果相对较少。Lyons 和 Keen^[2]分析了四个风暴个例的地闪活动, 其中一个未命名的热带风暴、另外三个分别为 (Diane, 1984)、(Florence, 1988) 和 (Elena, 1985)。研究发现, 其中两个飓风在其快速增强的阶段, 中心区域的地闪也伴随出现活跃期, 闪电数量增加很快。二者差异在于一个最大地闪频数出现于眼壁区域 (Florence), 而另一个飓风 Diane 地闪活动最为活跃的区域在外雨带, 距离中心约 200 km。利用美国国家地闪探测网的监测资料, Molinari 等^[3]对一次飓风 (Andrew, 1992) 登陆前后的地闪活动进行了分析, 发现地闪主要集中发生于 3 个区域, 分别为眼壁、内雨带和外雨带。利用同样的资料, Molinari 等^[4]综合分析了发生于大西洋的 9 个飓风的地闪活动, 发现由于个体的差异, 飓风的地闪频数差别很大, 有的可以每天达到几千个地闪, 有的地闪频数约等于零。Samsury 和 Orville^[5]对 1989 年的两次飓风进行了详细分析, 发现这两个过程 (Hugo 和 Jerry) 的地闪特征, 明显有别于 Molinari 等的研究结果。这两个一个为强飓风, 一个为普通飓风, 但发生的地闪数目远低于 Andrew。

2 观测设备介绍

海南省地闪定位网及组网大气平均电场仪分布如图 1a-b 所示。其中, 地闪定位网由 6 个探测仪和一个中心数据处理总站 (海口) 组成, 其中一个子站位于永兴岛。系统提供的每个闪电信息包括闪电发生的时间、位置、强度、极性等。整个海南省的闪电探测效率约为 90%, 网内平均定位精度约为 500 m。

大气平均电场仪是用来测量大气电场强度的, 可以连续监测大气平均电场强度及其极性的变化, 既可以反映小到 100 V/m 量级的晴天电场, 也可以对数十 kV/m 的雷暴电场进行监测, 在雷暴监测及预警中被广泛应用, 其正常工作时的采样率为 1 Hz。为了避免带电雨滴的影响, 大气平均电场仪一般采用电场感应器倒置的场磨式工作方式, 可以在野外比较恶劣的雷暴天气条件下工作。组网的大气电场仪可以根据天气过程的移动与探测网络之间的距离, 大致评估雷暴云内的电荷结构。由图 1b 可见, 共有 14 部大气电场在海

南岛北部沿海地区组网。

观测雷达位于海口市永庄, 与海口地闪定位网中心站在同一位置。为了便于分析闪电活动的时空分布与台风回波强度的对应关系, 对雷达的体扫资料做了再分析处理。首先, 将雷达资料格点化, 通过插值计算给出了组合反射率, 即格点处对应的最大反射率值; 其次, 当格点上空的反射率大于 35 dBZ 时, 计算了 35 dBZ 的回波反射率对应的最大高度。

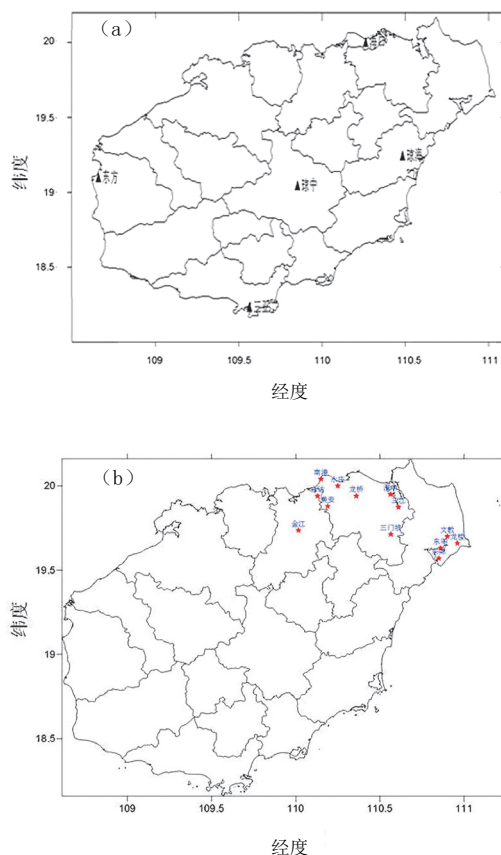


图 1 探测网络分布图: (a) 地闪定位网, (b) 组网大气平均电场仪

3 分析结果

3.1 台风概况

威马逊台风生成于 2014 年 7 月 12 日至 15 日, 16 日进入我国南海东部, 7 月 18 日凌晨 5 时左右加强为超级台风, 距离海南省文昌市约 230 km, 台风最外围部分弱回波云系已进入海南岛南部地区上空; 中午 12 时, 台风外围云系以大范围覆盖海南岛; 15 时左右, 台风眼边缘抵达海南省文昌市翁田镇, 中心最大风速约为 $60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。之后, 台风向西北方向移动, 整个风眼并未完成完全登陆;

20时, 台风眼位于海口市正北的琼州海峡, 并从海南岛陆地脱离。此后台风继续向西北方向移动, 海南岛被台风云系覆盖, 直到19日10时, 随着台风过程的远离, 海南岛上空云系消散。威马逊台风在海南过境历时达22h, 大风和强降水给全省18个市县造成不同程度的灾害受灾人口达325万, 共有25人死亡, 失踪6人, 房屋倒塌2万多间, 农作物受损严重, 受灾损失约119亿元之多。

3.2 地闪活动的时间演变

地闪定位网基本完整记录了威马逊超强台风登陆过境(7月18日11时至7月19日11时)的地闪活动, 在整个过境过程中, 在包括海南岛在内的区域内(东经 $108.4^{\circ}\text{E} \sim 111.3^{\circ}\text{E}$ 、北纬 $17.8^{\circ}\text{N} \sim 20.5^{\circ}\text{N}$), 共探测到5157次地闪, 其中, 正地闪数为941次, 负地闪为4216次, 正地闪占总地闪数18.2%。通过对地闪电流分布的分析, 发现此次台风过程产生的地闪对应的电流值相对较大, 其中, $30 \sim 40\text{kA}$ 的地闪所占比例最高, 而海南岛夏季雷暴产生的大部分地闪对应的电流值在 $20 \sim 30\text{kA}$ 之间。

从地闪的统计来看, 台风引起的闪电活动从18日凌晨4时开始, 直到19日下午16时结束。18日5时左右, 威马逊台风加强为超级台风, 闪电活动理应比较频繁, 但18日4时至11时闪电相对很少, 主要由两个方面的原因造成, 首先, 在此时段内, 台风还未登陆, 台风云系主要位于海洋上空, 发生的部分闪电超过了地闪定位网覆盖范围, 其次, 统计的闪电主要为海南岛及附近周边地区, 没有考虑部分发生于海上且被探测到的闪电。这里只统计了台风登陆后的闪电活动情况, 图2给出自18日12时台风登陆后海南岛及周边地区的地闪频数的时间演变。由图可见, 地

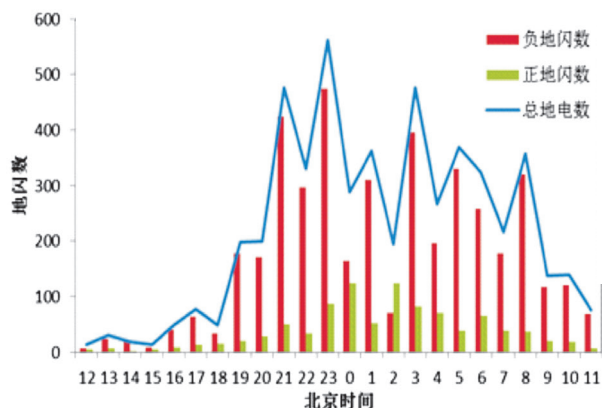


图2 地闪活动的时间演变

闪活动最为频繁的时段出现在18日19时至19日8时, 最大闪电频数为90次/10分钟, 平均值在50次/10分钟左右。由于台风云系的过境, 大部分发生

的闪电进入了地闪定位网探测范围, 造成闪电频数的快速增加。

为了对比地闪与云系回波之间的对应关系, 利用整点雷达体扫的组合反射率与 35dbz 云顶高用线性插值, 底部网格 $3\text{km} \times 3\text{km}$ 。通过对逐时闪电活动与雷达回波的叠加来看, 地闪活动大致可以分为四个阶段。第一个阶段从18日4时至16时, 其主要特征是陆地上空覆盖的台风外围破碎云系受局地热对流得到发展, 从而形成具有放电能力的雷暴(如图3a所示), 整体地闪频数偏低。第二个阶段从18日19时至22时, 这一阶段的特征表现为地闪频数增加很快, 也有大量的正地闪产生, 同时产生地闪的云系属于台风外围的雨带。随着台风的远离, 地闪也开始在近海海面上发生(如图3b所示)。第三个阶段从18日23时开始到19日7时, 该阶段内地闪活动由峰值开始逐渐减少, 正、负地闪发生的位置也呈现出分离的趋势, 负地闪发生位置相对较为集中, 主要出现在雨带的末端区域内, 而正地闪虽然同处于一条雨带, 但位于雨带中部且比较分散(如图3c所示)。第四个阶段为19日8时至结束。该阶段地闪数明显的减小, 大部分地闪发生于洋面上且正、负地闪不在有明显的区域特征, 另外在海、陆交接的地带, 地闪活动较为的活跃, 如图3d所示。

3.3 地闪密度分布

这次强台风过程引起的地闪活动, 从空间分布来看比较集中, 主要发生于东方市境内及近海, 这与郑艳等^[6]给出了的结果基本一致。最大密度为 $4.7\text{次}/\text{km}^2$ (海面), 陆地最大密度为 $1.6\text{次}/\text{km}^2$, 如图4所示。虽然在台风登陆初期, 海南岛中部、北部地区也有闪电被探测到, 但每平方公里的闪电数目都小于 $0.5\text{次}/\text{km}^2$ 。通过雷达回波特征可以发现, 在第二阶段, 东方市区域内的对流活动相对其他区域要活跃, 造成闪电频繁发生于该区域。相对而言, 从整个过程看, 台风过程其他区域引起的闪电活动要比局地(东方)对流天气过程产生的地闪要少。地闪密度的这种空间分布除了与台风自身的闪电活动特征有关外, 应该与东方地区下垫面也有很大的关系, 这种关系究竟是近地面的热力驱动还是海陆风的影响, 目前还不是很清楚, 需要进一步的研究和分析。

3.4 组网大气电场仪探测结果

从大气电场仪分布以及台风眼的移动来看, 北部沿海的龙楼、三江、永庄是台风中心过顶的测站。从龙楼地面电场仪记录的电场资料来看

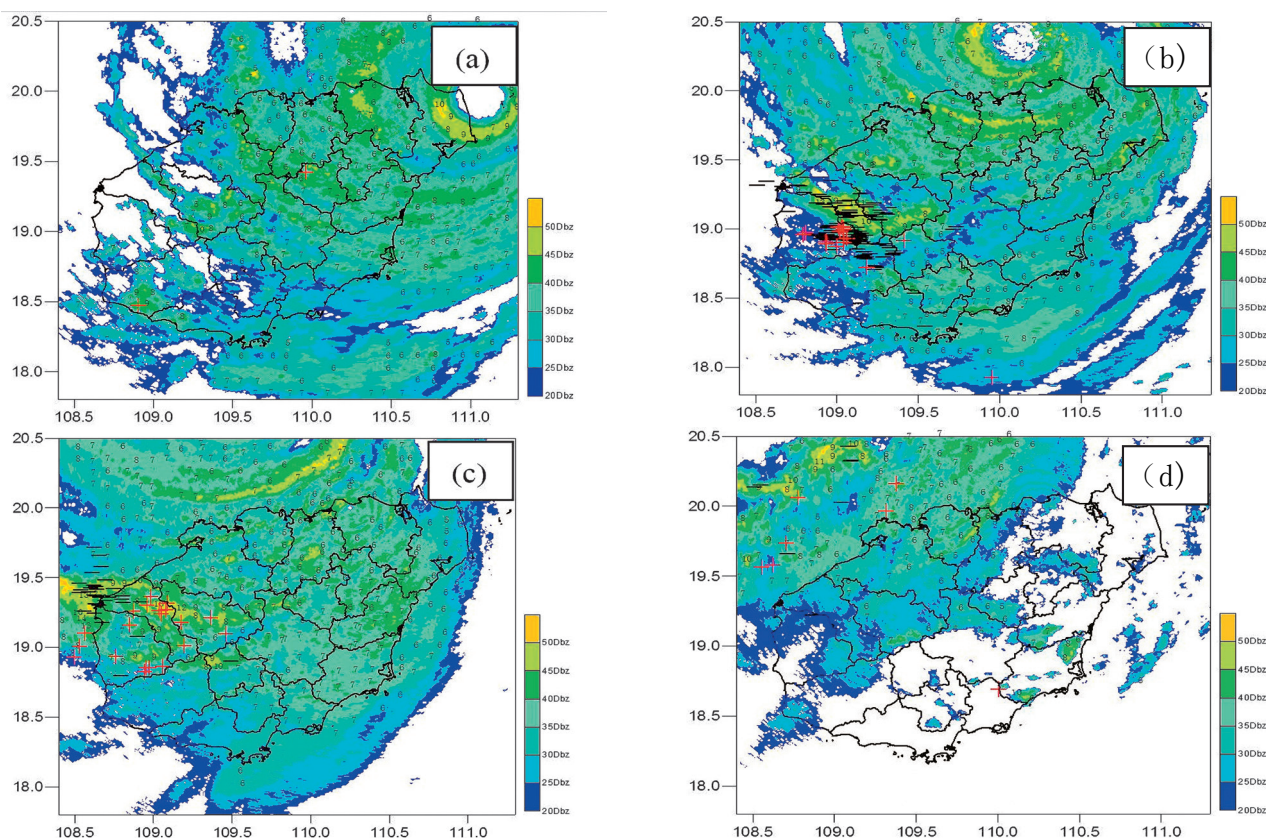


图3 威马逊台风过境时, 四个不同阶段对应的地闪活动的空间分布与雷达组合反射率的叠加: (a) 18日 15时;

(b) 18日 21时; (c) 19日 01时; (d) 19日 09时

其中“+”、“-”分别代表正、负地闪, 图中数字表征 35dBZ 出现的最大高度

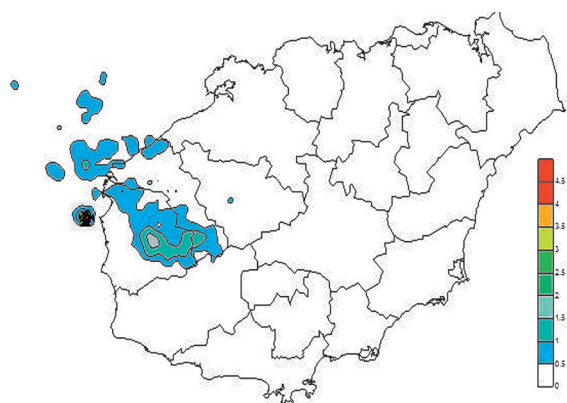


图4 台风登陆后的地闪密度分布 (单位: 次/ km^2)

(图5a), 台风逐渐靠近海南岛的过程中, 在18日9时地面电场出现了异于晴天大气电场的波动, 但电场变化幅值不是很大。在下午12时过后, 台风中心开始登陆, 但地面电场所在区域为台风眼覆盖区域, 眼区为静风晴朗天气, 因此地面仍然没有太大波动趋势, 直到15时之后, 眼区移离地面电场组网覆盖区域, 开始由眼壁控制时, 地面电场幅度表现出较大变化, 但脉冲式的电场变化主要由闪电活动引起, 从地闪定位结果来看, 这

时段台风眼附近几乎没有地闪, 那么频繁的电场变化应该是云内闪电造成的。

整体来看, 台风眼附近的电场演变趋势不同于常规雷暴, 即并没有表现出明显的正极性或负极性, 这与云内电荷区的分布有关, 有些类似于部分中尺度对流系统过境时地面电场特征。由于雷暴处于测站上空, 闪电引起的电场变化极性可以大致判断云内电荷部分情况, 云内闪电引起的电场变化有正极性的, 也有负极性的。表明云内至少存在三个电荷区, 中部应该是一个主电荷区, 只有中部的电荷区与其上、下不同极性电荷的放电才能引起电场的这种变化。从三江的部分记录来看 (图 5b), 在台风眼当顶时, 地面电场为正极性, 在台风于 23 时逐渐移出测站上空的过程, 地面电场由正转为负 (由于设备故障, 虽未记录到负电场波形, 但电场由正转负趋势明显), 由此可以推断台风眼附近云中部的电荷区应为负极性, 在其上、下都应为正电荷区。

对于雷暴而言, 在消散阶段, 电场会出现震荡现象, 称之为EOSO(end of storm-oscillation)^[7]。地面电场主要表现为电场的连续波动, 一般以雷暴下的强正电场为开始, 接着在几分钟的时间内

迅速转换为强负值,持续十几分钟后,电场极性又转换到正极性,但强度稍弱于EOSO开始时的电场值,这个阶段一般维持30分钟左右。这两次电场极性的反转构成了EOSO的显著特征,在EOSO的末期,电场经历最后一次反转,最后恢复到晴天电场值。类似于图5c中1:00–4:00时波动变化。对

比雷达回波,可以发现,这时段内台风风眼位于北部湾向西北移动,当测站上空的强回波区远离时,云内不同高度处的电荷区对地面垂直电场的贡献不同,因此,这种地面电场极性的波动与雷暴云是相同的。

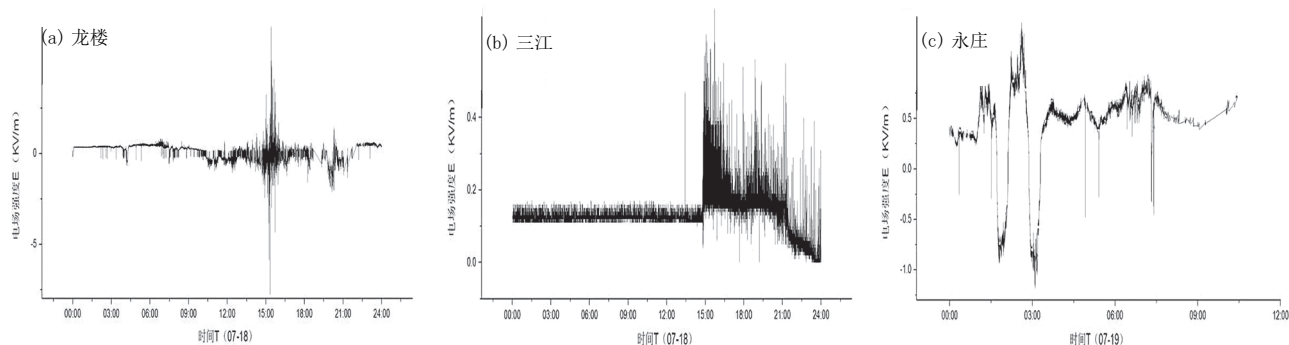


图 5 三个测站地面电场的演变特征:(a)龙楼,(b)三江,(c)永庄

可见,不同测站处,地面电场的演变趋势存在较大的差异。根据静电场物理学定义可知,电场仪作为大气静电场测量设备,受云内所有电荷区的共同影响,但距离越近的电荷区贡献越大,随着距离的增大,这种贡献快速减小。这使得单个电场仪的探测范围非常有限,通常在10–15km之间。因此,距离较近的两个测站观测到的地面电场演变趋势存在相似性,而距离较远的测站可能存在较大的差异。这里所选的三个测站之间距离都在30km以上,电场演变趋势存在差异是合理的。另外,覆盖整个地面电场探测网的云系虽为一个整体,但各个测站主要受靠近测站、起电活动较强的对流活动影响,这些对流云嵌于台风云系内,参考夏季对流活动的地面电场演变特征来看,这三个测站的演变特征代表了雷暴的不同发展阶段。由此可初步断定,嵌于台风云系内的对流活动对应着不同的发展阶段。

4 小结

通过对“威马逊”台风的地闪活动及大气电场的初步分析,主要得到如下主要结果:

(1) 闪电多发生于本岛的西南部(台风的西南外围),极个别发生在台风眼周围。

(2) 闪电于18日18时起开始增多,至18日22时达到顶峰,至19日8时以前仍保持较强的频次。

(3) 台风大气电场不同于常规雷暴的,在当顶时没有表现出明显的正、负极性,从电场变化脉冲判断,云内的放电仍然较为频繁。

(4) 整个台风过程本岛及附近海面共发生闪电5157次,其中正闪941次,负闪4216次。正闪占比18.2%,比正常偏高11个百分点。

绝大多数雷暴云内闪电主要以云闪为主,地闪约占30%左右,而正地闪占总地闪数的比例通常小于10%。只有在一些强天气过程,如冰雹云、超级单体内出现正地闪比例较高的现象。对于台风而言,由于缺少海上的闪电观测资料,无法做出较为准确的判断,对于云内正地闪的发生原因主要是针对雷暴而言的,对于台风是否适用也无法得知。因此开展台风全闪电观测和进行云内电场、水成物粒子的探空观测对我们理解和认识台风的闪电活动将会有很大的帮助。

致谢: 衷心感谢海南省气象灾害防御技术中心张廷龙高工的技术指导。

参考文献:

- [1] 陈联寿,孟智勇.我国热带气旋研究十年进展[J].大气科学,2001,25(3):420–432.
- [2] Lyons WA,Keen CS.Observations of lightning in convective supercells within tropical storms and hurricanes[J].Mon Weather Rev,1994,122(8):1897–1916.
- [3] Molinari J,Moore P K,Idone V P,et al.Cloud-to-ground lightning in Hurricane Andrew[J].J Geophys Res,1994,99(S8):16665–16676.
- [4] Molinari J,Moore P,Idone V.Convective structure of hurricanes as revealed by lightning locations[J].Mon Weather Rev,1999,127(4):520–534.
- [5] Samsury CE,Orville RE.Cloud-to-ground lightning in tropical cyclones:A study of Hurricanes Hugo (1989)and Jerry(1989)[J].Mon Weather Rev,1994,122(8):1887–1896.
- [6] 郑艳,蔡亲波,程守长,等.超强台风“威马逊”(1409)强度和降水特征及其近海急剧加强原因[J].暴雨灾害,2014,33(4):333–341.

(下转第111页)

带登陆,造成了极大的破坏,然后又急匆匆地奔向广西玉林,防御形势十分严峻。玉林市气象部门在认真做好台风过程监测、预报工作基础上,充分利用融媒体平台及时发送台风预报信息,为各部门以及当地群众科学、及时应对台风灾害第一时间提供信息,有效降低了灾害的不利影响。

3.1 融媒体权威发布

台风“天鸽”影响期间,玉林气象局向政府及有关部门和社会大众滚动更新台风“天鸽”动态,并召开了新闻发布会,由“玉林气象”微信发布为信源,玉林各政府媒体广泛转发。广播电视节目、短信提醒、传真发送、会议传达、电话查询、气象显示屏、农村气象大喇叭滚动播放,并开展了实地走访。根据台风“天鸽”移动路径,气象部门及时更新实时动态,各网络媒体平台跟踪报道,实时播报,以便于公众随时了解最新气象信息,提前做好防御措施。

在“天鸽”来临的时候,记者第一时间奔赴灾害天气现场进行报道,当时的报道视频在玉林新闻微信公众号、中国天气网、今日头条APP等媒体上发布,其中今日头条APP点击量高达6.1万。另外,灾害现场的图片和采访视频等被大量市民转发到朋友圈、微博、微信等信息发布平台,充分实现了一键多发、裂变式传播,传播效果显著。

3.2 正向引导舆情

气象部门既对公众警示台风可能带来的灾害,也提示台风有利的一面,正向引导舆情。

台风“天鸽”影响前期,气象部门通过短信、电话、微信、网站、电子显示屏等媒体发布预警信息,提示公众提前做好防灾准备和采取相应农事措施。在台风影响期间,根据临近预报、公众

反馈及实地走访等综合情报,及时更新实况和预报信息,指导公众进行短时的防灾避险应急操作。当分析台风能够带来有效降雨,有利山塘水库蓄水时,提示相关部门和农民在确保安全的前提下,利用有利时机适当蓄水,提高农事效益。

4 结论

在融媒体时代不断地发展变革下,气象工作者也在不断地面临着挑战,气象信息传播要顺应媒体时代发展的趋势,借助广大网民积极参与、自觉传播的力量,让各种灾害天气从生成到成长到消亡完全曝光在大众的眼前,无论是足不出户,还是远在天涯海角,都能让人感受到融媒体传播的快捷便利。

参考文献:

- [1] 董青. 融媒体时代气象信息传播思考[J]. 科技传播, 2018, 10(8): 173-174.
- [2] 龚美萍. 新媒体时代的气象信息服务浅析[J]. 今日湖北(下旬刊), 2015, (9): 76.
- [3] 黎琮炜. 新媒体如何实现气象信息的靶向传播[J]. 气象研究与应用, 2013, 34(S2): 201-202.
- [4] 卢雪香, 罗延林, 梁妙芝, 等. 气象微博在气象防灾减灾中的作用[C]. 广西气象学会2013年学术年会论文集. 梧州气象局, 2013: 239-240.
- [5] 刘天绪. “最”速度创造“最”新闻[J]. 今传媒(学术版), 2013, 34(9): 124-125.
- [6] 王雪. 自媒体环境中的传播暴力研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2012.
- [7] 郑天伊. 电视新闻传播与网络媒体的融合发展浅析[J]. 神州, 2018, 48(19): 285.
- [8] 詹奕嘉. “互联网+”: 减灾信息传播的机遇与挑战[J]. 中国减灾, 2016, 38(5): 20-23.
- [9] 张乐飞. 场景时代背景下的图书馆精准服务研究[J]. 图书馆研究, 2018, 48(1): 70-73.
- [10] 吕欣, 郑蔚琦. 基于增强现实技术的纸质出版物阅读体验重构研究[J]. 出版广角, 2017, 39(24): 14-16.

(上接第102页)

- [7] Marshall TC, Stolzenburg M, Krehbiel PR, et al. Electrical evolution during the decay stage of New Mexico thunderstorms [J]. JGeophysRes. 2009, 114(D2).
- [8] MacGorman DR, Rust WD, Krehbiel P, et al. The electrical structure of two supercell storms during STEPS[J]. Mon Wea Rev, 2005, 133: 2583-2607.
- [9] Carey LD, Rutledge SA. Electrical and multiparameter radar observations of a severe hailstorm [J]. J Geophys Res, 1998, 103 (D12): 13979-14000.
- [10] Curran EB, Rust WD. Positive ground flashes produced by low-precipitation thunderstorms in Oklahoma on 26 April 1984[J]. Mon Wea Rev, 1992, 120(4): 544-553.
- [11] Williams E R. The electrification of severe storms [J]. Meteor Monogr, 2001, 28(50): 527-561.