

2023年中国龙卷活动及灾情特征

张晶晶¹ 黄先香¹ 蔡康龙¹ 植江玲¹ 黄舒婷¹ 徐纵横²

(1 佛山市龙卷风研究中心 中国气象局龙卷风重点开放实验室, 佛山 528000; 2 上海市文来实验学校, 上海 201107)

摘要: 通过风灾调查和网络信息研判, 分析了2023年中国龙卷时空分布特征。2023年中国共出现56个陆龙卷及20个水龙卷, 可确认灾情强度等级的龙卷有28个, 其中EF2级及以上强龙卷有8个。陆龙卷多发于东北地区、江淮平原及华北平原, 发生时段为3—9月, 主要影响系统是东北冷涡、江淮气旋和热带气旋。江苏省龙卷发生频次最多, 共遭受12个龙卷袭击, 其中EF2级及以上强龙卷6个, 造成14人死亡。水龙卷多发于沿海地区, 发生时段为3—10月。2023年, 台风龙卷数量相对较少, 但受东北冷涡及江淮气旋影响, 多次发生龙卷群发事件。

关键词: 中国龙卷, 2023年, 风灾调查, 龙卷群发

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2024.01.003

Tornado Activities and Disaster Characteristics in China in 2023

Zhang Jingjing¹, Huang Xianxiang¹, Cai Kanglong¹, Zhi Jiangling¹, Huang Shuting¹, Xu Zhongheng²

(1 Foshan Tornado Research Center and China Meteorological Administration Tornado Key Laboratory, Foshan 528000; 2 Shanghai Wenlai Experimental School, Shanghai 201107)

Abstract: Through the investigation of wind disasters and the analysis of online information, the spatial and temporal distribution characteristics of tornadoes in China in 2023 are analyzed. The conclusions are as follows. In 2023, a total of 56 land tornadoes and 20 waterspouts occurred in China. There were 28 tornadoes of confirmed intensity levels, 8 of which were of EF2 intensity or higher. Land tornadoes occurred more frequently in the northeast region, the Yangtze-Huaihe plain, and the North China Plain, spanning from March to September. The main influencing systems were the northeast cold vortex, the Jianghuai cyclone, and tropical cyclones. Jiangsu Province experienced the highest frequency of tornadoes. A total of 12 tornadoes hit Jiangsu in 2023, including 6 tornadoes of EF2 intensity or higher, and resulting in 14 deaths. Waterspouts were more frequently seen in coastal areas, occurring from March to October. In 2023, the number of typhoon-triggered tornadoes was relatively low, but due to the northeast cold vortex and the Jianghuai cyclone, multiple clusters of tornadoes occurred.

Keywords: tornado in China, 2023, investigation of wind disaster, cluster of tornado

0 引言

龙卷是大气中最猛烈、最具有破坏性的天气现象。2019年开原龙卷、2021年江苏及武汉龙卷等(EF3级及以上强龙卷)均导致了严重人员伤亡和重大经济损失^[1]。龙卷尺度小, 持续时间短, 监测及灾情确认难度大。近年来, 通过日益成熟的现场灾情调查技术及发展迅猛的网络信息, 中国龙卷的时空分布情况及灾情特征得以更加全面地认识^[2-8]。本文收集并梳理了2023年中国龙卷信息(包括灾情调查数据及网络媒

体信息), 分析2023年中国龙卷活动情况及灾害特征, 为健全中国龙卷数据库提供参考。

1 2023年中国龙卷概述

2023年可确认灾情等级的龙卷共有28个, 其中EF3级(强龙卷)龙卷2个, EF2级(强龙卷)龙卷6个, EF1级(中等强度龙卷)龙卷15个, EF0级(弱龙卷)龙卷5个。佛山市龙卷风研究中心(以下简称龙卷研究中心)与龙卷发生地的气象部门合作, 对其中25次龙卷过程开展了灾情调查。灾情调查工作通过对灾害现场开展无人机航拍、实地测量、走访龙卷目击者等手段获取灾情信息, 并利用气象监测数据分析综合研判龙卷灾害情况^[9]。最终经多方会商确认龙卷具体发生时间、灾害路径以及灾情等级等。强龙卷的目击者、互联网信息及媒体报道众多, 利于及时开展灾情调查^[10]。因此该项工作基本涵盖了对2023年EF2及

收稿日期: 2024年1月15日; 修回日期: 2024年1月19日
第一作者: 张晶晶(1990—), Email: zhangjjg@foxmail.com
通信作者: 黄先香(1974—), Email: fsqxj@163.com
资助信息: 广东省气象局科学技术研究项目(GRMC2021Q18);
广东省佛山市气象局科技项目(201905); 广东省佛山市气象局科技项目(202207)

以上强度龙卷的实地灾情调查。本文灾情调查定级采用国际通用的增强藤田标准（简称EF等级）来判定龙卷级别^[11-12]，并结合中国国家标准《龙卷风强度等级》（GB/T 40243-2021）对龙卷强度进行定级^[13]。此外，通过与气象爱好者合作，龙卷研究中心同时对社交媒体（包括但不限于抖音、快手、微博、微信等媒体平台）上的龙卷信息（包括相关影像信息或官方资

料）开展收集与甄别研判^[8]，收集陆龙卷信息28个（多为弱龙卷），水龙卷信息20个。综合灾情调查及网络信息，确认2023年共出现陆龙卷56个，水龙卷20个。龙卷综合信息见表1。与以往中国龙卷年度综述^[4-8]一致，本文将对陆面造成破坏的陆龙卷进行研究，包括部分时段出现在水面上后移入陆地并对陆面造成破坏的龙卷。

表1 2023年中国可确认龙卷(陆龙卷)信息表
Table 1 Confirmed tornadoes (waterspout excluded) in China, 2023

编号	日期	时间/BT	地点	强度等级		环流型	伤亡	信息来源
				增强藤田标准	国家标准			
1	3月7日	不详	青海海南	/	/	短波槽	/	自媒体
2	4月15日	14: 00前后	山东德州	EF1	中	高空槽	/	官方信息
3	4月15日	15: 40	山东临沂	EF2	强	高空槽	/	灾情调查
4	5月12日	18: 00前后	天津	/	/	高空槽	/	自媒体
5	5月14日	15: 00前后	河北承德	/	/	高空槽	/	自媒体
6	5月14日	15: 00前后	河北承德	/	/	高空槽	/	自媒体
7	5月25日	14: 00前后	内蒙古呼伦贝尔	/	/	高空槽	/	自媒体
8	6月1日	13: 20—13: 50	辽宁阜新	EF1	中	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
9	6月1日	13: 40	辽宁沈阳	EF0	弱	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
10	6月1日	13: 40	辽宁沈阳	EF0	弱	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
11	6月1日	13: 55—14: 25	辽宁铁岭	EF2	强	东北冷涡	13人受伤	灾情调查
12	6月1日	14: 14	辽宁沈阳	EF0	弱	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
13	6月5日	09: 40	黑龙江牡丹江	/	/	东北冷涡	/	自媒体
14	6月7日	12: 00前后	黑龙江黑河	EF1	中	东北冷涡	/	官方信息
15	6月8日	18: 00前后	内蒙古呼伦贝尔	/	/	东北冷涡	/	自媒体
16	6月10日	16: 00前后	黑龙江黑河	/	/	东北冷涡	/	自媒体
17	6月10日	16: 22	江苏南通	EF2	强	东北冷涡	2人死亡	灾情调查
18	6月12日	13: 00	青海海东	/	/	高空槽	/	自媒体
19	6月17日	17: 00	吉林长春	/	/	东北冷涡	/	自媒体
20	6月20日	下午	黑龙江哈尔滨	/	/	东北冷涡	/	自媒体
21	7月1日	10: 45—11: 00	吉林榆树	EF1	中	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
22	7月1日	11: 05	吉林榆树	EF0	弱	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
23	7月1日	11: 31—11: 40	吉林榆树	EF2	强	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
24	7月1日	11: 34	吉林榆树	EF1	中	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
25	7月1日	11: 47—11: 53	吉林榆树	EF1	中	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
26	7月1日	12: 30—12: 40	黑龙江哈尔滨	EF1	中	东北冷涡	无伤亡	灾情调查
27	7月6日	15: 00前后	黑龙江哈尔滨	/	/	东北冷涡	/	自媒体
28	7月7日	白天	青海玉树	/	/	高空槽	/	自媒体
29	7月7日	15: 00前后	辽宁朝阳	/	/	东北冷涡	/	自媒体
30	7月17日	早晨	海南儋州	/	/	台风“泰利”	/	自媒体
31	7月19日	13: 00前后	海南乐东	/	/	西南低涡	/	自媒体
32	7月25日	17: 30	内蒙古鄂尔多斯	/	/	高空槽	/	自媒体
33	7月26日	15: 00前后	天津	/	/	高空槽	/	自媒体
34	7月27日	下午	内蒙古巴彦淖尔	/	/	高空槽	/	自媒体
35	7月29日	11: 40—11: 50	河南濮阳	EF1	中	台风“杜苏芮”	无伤亡	灾情调查
36	7月29日	12: 00前后	河南濮阳	/	/	台风“杜苏芮”	无伤亡	自媒体

(续表1)

编号	日期	时间/BT	地点	强度等级		环流型	伤亡	信息来源
				增强藤田标准	国家标准			
37	7月29日	12: 20	河北邯郸	/	/	台风“杜苏芮”	/	自媒体
38	7月29日	14: 00前后	黑龙江绥化	/	/	东北冷涡	/	自媒体
39	7月30日	15: 00前后	吉林大安	/	/	东北冷涡	/	自媒体
40	8月6日	15: 00前后	四川成都	/	/	西南低涡	/	自媒体
41	8月7日	15: 30前后	内蒙古乌兰察布	/	/	高空槽	/	自媒体
42	8月13日	15: 15—15: 18	江苏盐城	EF1	中	江淮气旋	2人死亡15人受伤	灾情调查
43	8月13日	15: 50	江苏盐城	EF2	强	江淮气旋		灾情调查
44	8月17日	15: 41—15: 43	广东潮州	EF1	中	副高边缘	无伤亡	灾情调查
45	8月24日	中午	辽宁朝阳	/	/	东北冷涡	/	自媒体
46	9月3日	下午	台湾台东	/	/	台风“海葵”	/	自媒体
47	9月15日	下午	内蒙古鄂托克	/	/	高空槽	/	自媒体
48	9月19日	15: 40	江苏连云港	EF1	中	江淮气旋	/	官方信息
49	9月19日	16: 35—16: 41	安徽宿州、江苏徐州	EF1	中	江淮气旋	/	灾情调查
50	9月19日	17: 20	江苏宿迁	EF3	强	江淮气旋	5人死亡, 4人受伤	灾情调查
51	9月19日	17: 34—17: 50	江苏宿迁	EF2	强	江淮气旋	/	灾情调查
52	9月19日	18: 04	江苏盐城	EF0	弱	江淮气旋	/	灾情调查
53	9月19日	18: 50	江苏宿迁	EF1	中	江淮气旋	/	灾情调查
54	9月19日	20: 04	江苏淮安、盐城	EF3	强	江淮气旋	5人死亡, 4人受伤	灾情调查
55	9月19日	20: 35	江苏盐城	EF1	中	江淮气旋	/	灾情调查
56	9月19日	21: 31	江苏盐城	EF1	中	江淮气旋	/	灾情调查

注: 表中伤亡人数以截稿时媒体信息为准。

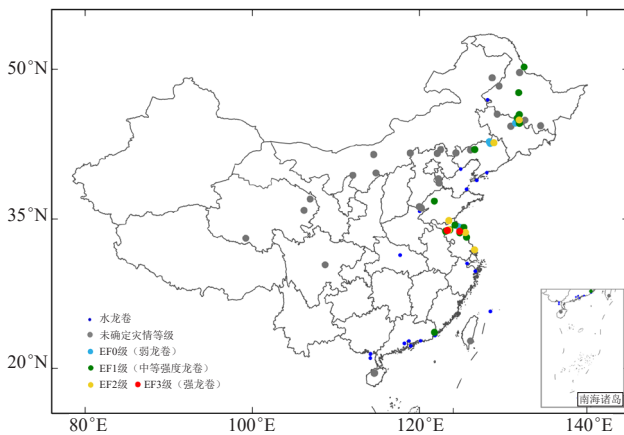


图1 2023年中国龙卷空间分布情况

Fig. 1 Spatial distribution of tornadoes in China, 2023

图1给出了2023年中国龙卷的空间分布特征。2023年全国共有15个省级行政区遭受龙卷灾害, 主要分布在东北地区、江淮平原及华北平原。内蒙古中部、西北及华南地区亦有少量龙卷发生。出现龙卷次数最多的省级行政区为江苏, 6—9月共出现12个龙卷, 其中EF2级及以上强龙卷占50%, 造成14人死亡。2023年, 在东北冷涡的影响下东北地区龙卷频发, 吉林、辽宁、黑龙江各发生7个龙卷。华南地区2023年

龙卷数量相较往年明显偏少, 仅出现3个, 其中广东1个, 海南2个(图2a)。

2023年中国3—9月共7个月受到龙卷影响(图2b)。龙卷高发时段集中在6—9月, 其中龙卷数量最多的月份是7月, 出现了19个龙卷, 其次是6月, 有13个。9月江苏及安徽出现龙卷群发事件, 共产生9个龙卷, 造成9月龙卷数量相对偏多, 有11个。2023年龙卷群发事件明显偏多, 如受东北冷涡后部短波槽影响, 6月1日辽宁出现龙卷群发事件, 共出现5个龙卷过程; 6月5—8日, 内蒙古东部及黑龙江陆续受到4次龙卷袭击; 7月1日吉林及黑龙江再次出现东北冷涡影响的龙卷群发事件, 共发生6个龙卷; 9月19日, 江淮气旋影响江苏及安徽等地, 带来大范围强对流天气及9个龙卷过程(包含2个EF3级和1个EF2级强龙卷)。

从龙卷风灾强度看, 2023年中国EF2级及以上强龙卷有8个, 相较2004—2022年记录到的EF2级及以上级别龙卷数量年平均值(4.2个)偏高, 共造成14人死亡。其中EF3级龙卷2个, 分别出现在江苏宿迁及江苏淮安; EF2级龙卷6个, 出现在山东临沂、辽宁铁岭、吉林榆树、江苏南通、盐城及宿迁。

此外, 2023年共收集到20个可确认的水龙卷信

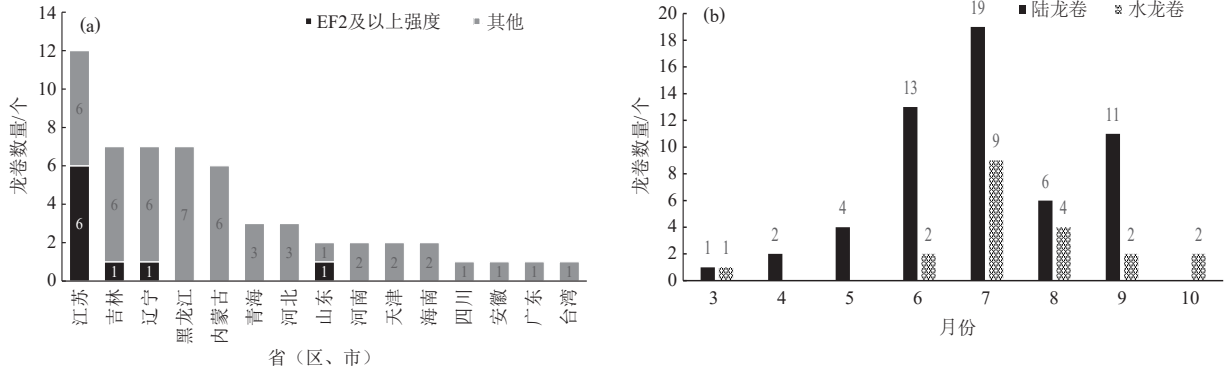


图2 2023年中国各行政区域陆龙卷分布(a)及中国水龙卷及陆龙卷逐月分布(b)

Fig. 2 Tornado distribution in administrative regions (a) and monthly distribution of waterspouts and tornadoes (b) in China, 2023

息, 主要出现在中国东部及南部沿海地区, 其中广东7个, 广西3个, 辽宁3个, 分布呈南多北少。水龙卷出现时间为3—10月, 主要集中在7—8月(13个, 占比65%)。

2 2023年中国龙卷逐月情况

2.1 3月龙卷

3月可确认龙卷过程1个。受短波槽东移影响, 3月7日青海省海南藏族自治州发生龙卷灾害, 属西风带龙卷。2013—2022年, 中国年内首个龙卷90%出现在3月下旬之后, 且仅2017年及2022年3月有龙卷出现^[8]。因此该龙卷为国内近十年间, 年内首个龙卷出现时间最早的龙卷。龙卷信息由自媒体渠道收集, 由于缺乏探测数据及灾情调查, 无法确定强度等级。另外, 3月12日14:00(北京时, 下同)许, 台湾省东海钓鱼岛附近发生水龙卷。

2.2 4月龙卷

4月, 通过灾情调查收集到龙卷灾情信息2个, 同为高空槽过境造成, 均发生在山东。

根据山东省德州市气象台灾情调查报告: 4月15日13:45—14:20山东省德州市齐河县发生龙卷, 龙卷自西向东移动, 持续时间为35 min, 长度为6.1 km, 呈现间歇性接地特征。受灾区域出现水泥电线杆被吹倒, 杨树折断, 房屋及厂房屋顶受损等情况。多个地点指示物受灾情况达到增强藤田标准EF1级的破坏程度, 相当于国家标准中等强度龙卷。

同日, 山东省临沂市郯城县受到龙卷袭击, 龙卷研究中心联合当地气象部门对此次龙卷开展了现场灾情调查, 确认龙卷发生时间为15:31—15:48持续时间为17 min。龙卷自后宅村随雷暴母体自西南向东北移动, 先后影响东风岭村, 东、西王瞳村等村居地, 直至曹庄镇消散, 灾害路径长度为11 km, 最大影响宽度为480 m。龙卷研究中心以受灾区域通信基站铁塔

顶层断落, 水泥钢筋电线杆折断作为标准, 判定该龙卷强度达到EF2级, 即国家标准强龙卷(图3)。根据临沂S波段雷达观测结果, 龙卷发生期间有钩状回波特征, 15:28起0.5°仰角速度图上出现中气旋及TVS特征, 速度差为20 m/s, 15:32达到最强, 速度差为70 m/s, 15:52中气旋及TVS特征消散。

2.3 5月龙卷

5月, 通过媒体信息收集及气象部门认定, 确认龙卷4个, 主要出现在华北及东北地区(河北2个, 天津1个, 内蒙古1个)。

通过社交媒体信息收集确认: 5月12日18:00天津滨海新区窦庄子村发生弱龙卷, 5月25日14:00内蒙古呼伦贝尔汉古尔河镇额尔根浅村发生龙卷。

据当地气象部门信息: 5月14日15:00前后河北承德围场新合村、郭家屯发生弱龙卷, 为两个独立的龙卷过程。新合村房屋及电力网路设施受损, 树木折断, 牛舍受灾; 郭家屯龙卷导致加油站广告牌及加油机损坏, 房屋及电线杆受损; 承德雷达UAM产品出现报警。

2.4 6月龙卷

6月, 东北冷涡活动频繁, 辽宁及黑龙江出现龙卷群发。通过媒体信息收集及灾情调查认定陆龙卷13个, 大部分龙卷出现在东北地区, 其中辽宁5个, 黑龙江4个, 内蒙古、吉林、青海及江苏各1个。

6月1日, 受东北冷涡后部短波槽活动影响, 辽宁多地出现龙卷, 龙卷研究中心会同中国气象局气象探测中心雷达应用室和阜新市气象局共同开展现场调查, 确认5个龙卷过程, 其中EF0级3个, EF1级1个, EF2级1个。13:20—13:50, 辽宁省阜新市市区遭受龙卷袭击, 龙卷由西南向东北移动, 后转西北方向, 沿途导致水泥电线杆及铁制路灯杆折断, 并引起树木倒伏, 高层建筑墙面损坏等灾情(图4a), 达到EF1级龙

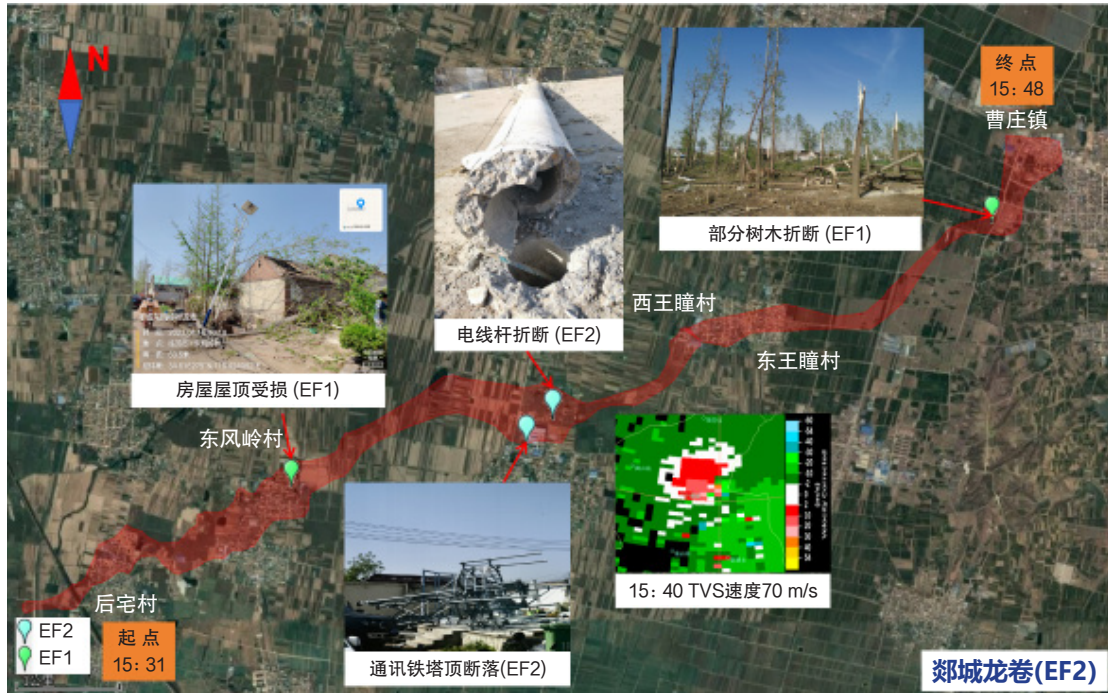


图3 2023年4月15日山东省郯城县龙卷灾害路径及灾害情况 (红色填色为受灾区域)

Fig. 3 The disaster path and damage of the tornado occurred in Tancheng, Shandong Province on April 15, 2023 (the red filling: the affected area)



图4 2023年6月1日辽宁多地龙卷灾害路径及灾害情况 (红色虚线为龙卷灾害路径)

Fig. 4 The disaster path and damage of tornadoes in Liaoning Province on June 1, 2023 (the dash lines in red: the disaster paths)

卷强度，属国家标准中等强度龙卷，持续时间10 min，长度3.0 km。13:40，辽宁省沈阳市法库县遭受龙卷袭击，目击者拍摄视频画面显示，龙卷发生时同时存

在2个漏斗状涡旋，这一特征对龙卷数量的判断造成了干扰。经龙卷中心实地勘察判定龙卷灾害路径，并与北京大学孟智勇教授等专家讨论研判，确定法库县

发生2个龙卷，北侧的龙卷自南向北发展后路径发生偏折，转向东南行，长度为0.8 km，南侧的龙卷自西向东移动，灾害路径长度为0.6 km（图4b）。两个龙卷导致树枝折断，围墙和房顶轻度受损等灾情，均判定为EF0级强度，属国家标准弱龙卷。13:55—14:25，辽宁省开原市（县级市）发生EF2级龙卷（属于国家标准强龙卷），龙卷自北山村向东北方向移动，影响田家窝棚村及池家窝棚村，导致大量树木折断，房屋围墙倒塌，灾害路径长度为11 km（图4c），李家水库监

控拍摄到龙卷经过水面后再次袭击陆地的画面，通过灾情前卫星拍摄的田家窝棚村画面及灾后照片对比（图5），可以看到龙卷导致该区域房屋大量受损，大量房屋屋顶被掀起，部分建筑物倒塌（经实地调研确认为泥砖砌墙房子和简易结构养殖场倒塌）。14:14，沈阳市康平县发生EF0级龙卷（属于国家标准弱龙卷），龙卷主要经过农田，在植被上留下白色亮带，灾害路径长度为1 km（图4d），因灾情指示物较少，周围无明显其他风灾破坏痕迹，初定为EF0级别。



图5 田家窝棚村受灾前卫星影像 (a) 及受灾后航拍影像 (b)

Fig. 5 Satellite images before the tornado damage (a) and aerial image after the tornado damage (b) of Tianjiawopeng Village

6月5—8日，受东北冷涡活动影响，黑龙江接连出现3个龙卷。5日09:40，牡丹江市东宁市出现龙卷，据当地气象部门报告，该龙卷由水龙卷上岸演变为陆龙卷。7日11:49—12:01，黑河市爱辉区出现龙卷，经当地气象部门现场调研确认该龙卷强度达EF1级，属中等强度龙卷，龙卷未造成人员伤亡，但房屋受损严重。8日16:00前后，爱辉区再次出现龙卷过程，导致篮球架倒塌，部分车辆受损。

6月10日16:22，江苏省南通市启东市王鲍镇出现1个龙卷，经现场灾情调查研判，该龙卷灾害路径长为6.4 km，最大影响宽度300 m，造成少量房顶完全倾覆，部分房屋外墙倒塌及树林辐合状倒伏（图6），其强度达EF2级，造成2人死亡，这是2023年首个造成居民死亡的龙卷。

2.5 7月龙卷

7月，通过媒体信息收集及灾情调查认定陆龙卷19个，其中吉林6个，河南3个，黑龙江2个，内蒙古2个，海南2个，辽宁、青海、河北及天津各1个。7月，中国东北部地区依然是龙卷高发区域。

7月1日，东北冷涡活跃，低层切变线过境时吉林及黑龙江境内出现小规模龙卷爆发，吉林省榆树

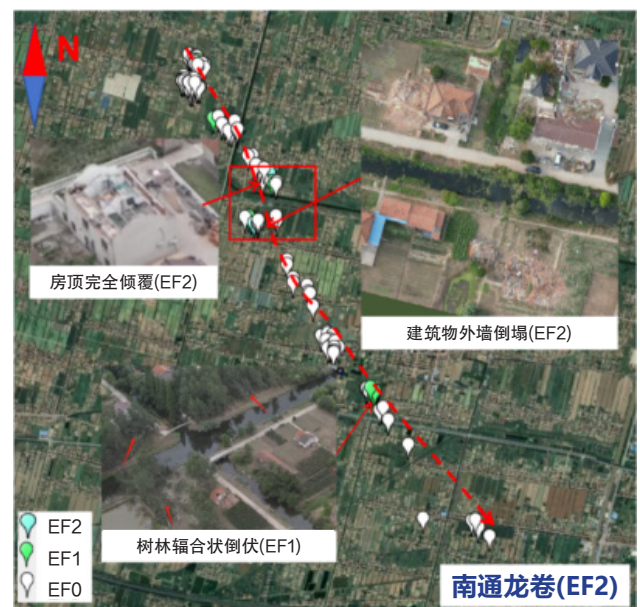


图6 2023年6月10日江苏省启东市龙卷灾害路径及受灾情况（红色虚线为龙卷灾害路径）

Fig. 6 The disaster path and damage of the tornado occurred in Qidong, Jiangsu Province on June 10, 2023 (the dash line in red: the disaster path)

市和黑龙江省哈尔滨市两地共发生6个龙卷，龙卷研究中心通过现场调查，确认EF0级龙卷1个，EF1级4

个, EF2级1个。10:45—11:00榆树市大岭镇民主村发生EF1级中等强度龙卷, 灾害路径长为7 km, 龙卷造成部分一层民居屋顶被掀翻, 并在农田上留下不连续亮带。11:31—11:40榆树市于家镇中合村发生EF2级强龙卷, 灾害路径长为6.1 km, 大量民居屋顶被掀翻, 部分农田受损(图7a)。11:34榆树市于家镇前齐乡出现民居玻璃窗破碎, 部分屋顶瓦片掀起, 树木折断, 农田出现不连续的破坏痕迹等龙卷灾情(图7b), 经现场调查确认为EF1级中等强度龙卷, 灾害路径长

度为5.1 km。11:05榆树市大坡镇发生EF0级弱龙卷, 龙卷对农田造成破坏并留下明显条迹, 长度为4 km。11:47—11:53榆树市土桥镇平安屯发生EF1级中等强度龙卷, 灾害路径长为3.6 km, 金属厂房屋顶板材出现变形, 移动板房遭到损毁, 民居屋顶破坏, 农田上龙卷破坏留下的亮带条迹清晰可见, 植被呈人字形倒伏(图7c), 均属明显的龙卷风灾破坏特征。12:30黑龙江省哈尔滨市阿城区遭受龙卷袭击, 出现铁皮屋顶及茅草屋顶被掀起, 门窗破损等灾情(图7d), 经判定

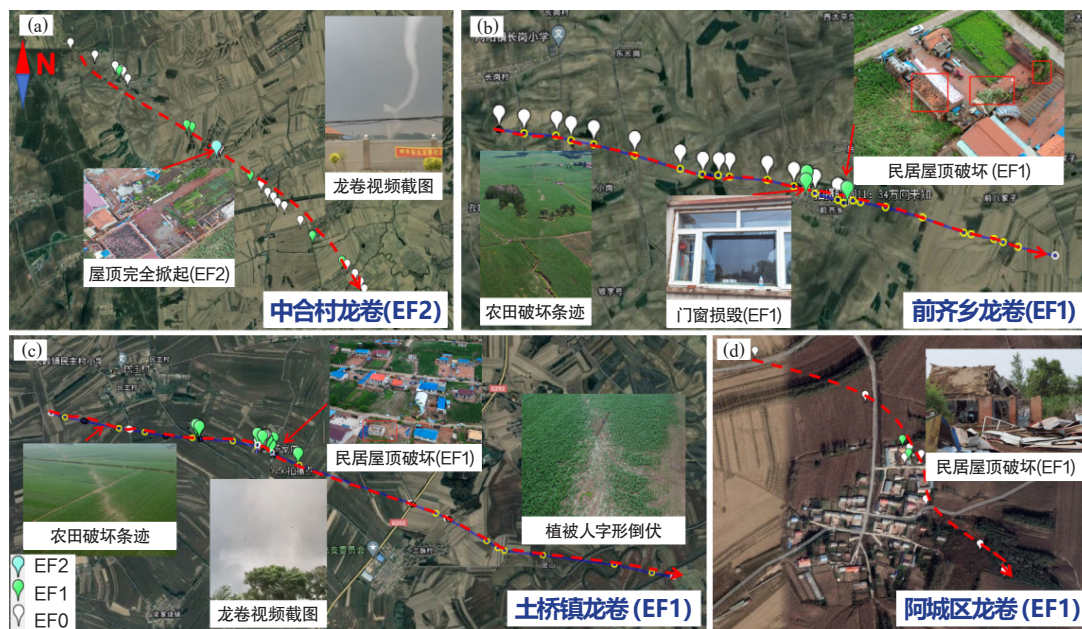


图7 2023年7月1日吉林和黑龙江多地龙卷灾害路径及灾害情况(红色虚线为龙卷灾害路径)

Fig. 7 The disaster paths and damages of tornadoes in Jilin and Heilongjiang Provinces (the dash lines in red: the disaster paths)

为EF1级中等强度龙卷, 灾害路径长度为0.8 km。

7月29日14:22—14:24, 黑龙江省绥化市遭受龙卷袭击, 龙卷研究中心通过现场调查, 确认为EF1级中等强度龙卷。龙卷自西南向东北移动, 灾害路径长为1.8 km, 造成铁皮屋顶掀起, 厂房屋顶倾覆变形, 农作物倒伏等灾情。

2.6 8月龙卷

8月, 通过媒体信息收集及灾情调查认定龙卷6个, 其中江苏盐城2个, 四川、内蒙古、辽宁、广东各1个。

8月13日, 江苏省盐城市大丰区出现2个龙卷过程(图8)。15:18大丰区吉兴村出现非框架性屋顶严重受损, 门窗玻璃受损, 树木折断等灾情, 经判定龙卷强度为EF1级, 即国家标准中等强度龙卷, 灾害路径长度为2.1 km。15:55大丰区龙港村出现水泥电线杆被折断, 砖混结构单层住宅屋顶倾覆, 外墙坍塌等灾

情, 属EF2级强度, 即国家标准强龙卷, 灾害路径为7.8 km, 造成2人死亡15人受伤。

8月17日, 粤东地区午后对流发展旺盛, 潮州市湘桥区铁浦镇16:45出现龙卷, 造成树木折断, 铁皮厂房屋顶及骨架受损等灾情, 未造成人员伤亡。经龙卷研究中心现场灾情调查发现灾害点金属结构工业建筑屋顶板材变形, 部分桁架弯曲(图9), 确认强度为EF1级, 属中等强度龙卷。这是2023年广东省内唯一出现的陆龙卷。龙卷长度900 m, 持续时间1~2 min。当日潜势预报产品显示, 午后粤东沿海龙卷指数逐渐增大, 但龙卷发生地附近龙卷指数小, 预报位置存在偏差。汕头S波段雷达于15:36—15:48探测到弱中气旋, 仅有15:42一个体扫探测到TVS(20 m/s); 梅州S波段雷达和潮州相控阵雷达由于距离较远, 探测到的TVS旋转速度弱(仅6 m/s左右)。以上雷达均没有发出中气旋或TVS报警产品, 且龙卷风暴特征提前量太



图8 2023年8月13日江苏省盐城市2个龙卷灾害路径及灾害情况 (红色虚线为龙卷灾害路径)
Fig. 8 The disaster paths and damages of two tornadoes in Yancheng, Jiangsu Province on August 13, 2023 (the dash lines in red: the disaster paths)

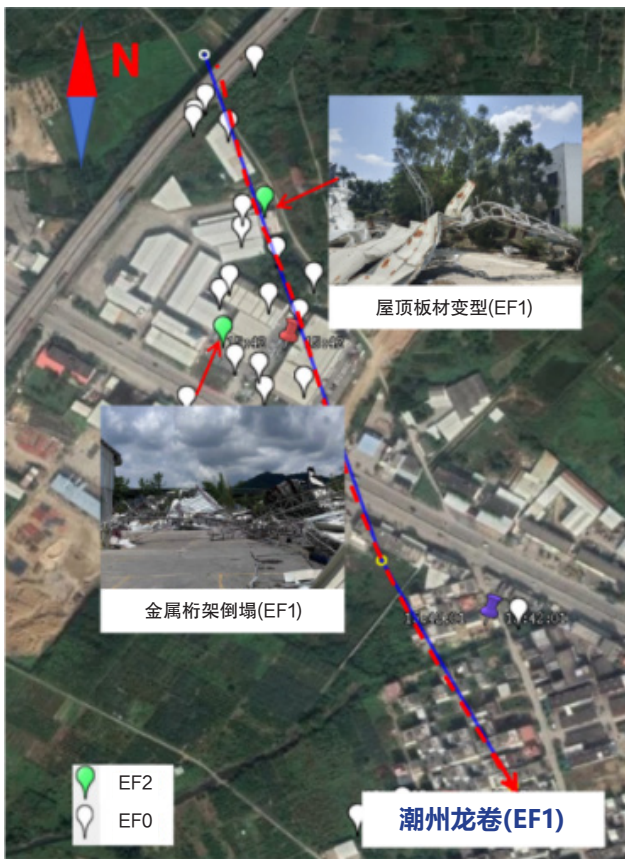


图9 2023年8月17日广东潮州龙卷灾害路径及灾害情况 (红色虚线为龙卷灾害路径)
Fig. 9 The disaster path and damage of the tornado occurred in Chaozhou, Guangdong Province on August 17, 2023 (the dash line in red: the disaster path)

短, 预警难度大。期间, 位于铁铺镇的自动气象观测站在16:00测得最大阵风14.4 m/s (7级)。

2.7 9月龙卷

9月共发生龙卷11个, 其中9月19日江苏龙卷群发占9个, 另外2个分别发生在内蒙古及台湾。

9月19日, 受江淮气旋影响, 江苏、安徽出现大范围强对流天气, 多地遭受龙卷袭击, 共发生9个龙卷, 造成10人死亡, 至少8人受伤。此次龙卷群发事件中, 强龙卷占3个, 分别发生在江苏宿迁宿城区南蔡乡 (EF3级)、江苏淮安涟水县和江苏盐城阜宁县 (EF3级), 以及江苏宿迁宿豫区大兴镇 (EF2级)。此外, 江苏宿迁泗阳县穿城镇 (EF1级)、江苏徐州睢宁县及安徽宿州泗县 (EF1级)、江苏连云港灌云县小伊镇 (EF1级)、江苏盐城建湖县宝塔镇 (EF1级)、江苏盐城滨海县 (EF1级)、江苏盐城响水县建华村 (EF0级) 也遭到了龙卷袭击。

结合雷达、实地灾情调查研判以及政府新闻通告, 首个龙卷出现在15:40, 造成江苏连云港灌云县小伊镇出现房屋顶严重受损, 玻璃窗破损等灾情, 龙卷灾害路径长度为1.4 km, 属EF1级中等强度龙卷。16:35—16:41安徽宿州泗县出现龙卷, 龙卷自西南向东北移动, 进入江苏徐州睢宁县, 灾害路径达8.3 km, 主要经过农田及植被, 留下白色亮带, 并造成树木倒伏等灾情 (图10a), 强度为EF1级, 属中等强度龙卷。17:20龙卷袭击江苏宿迁宿城区南蔡

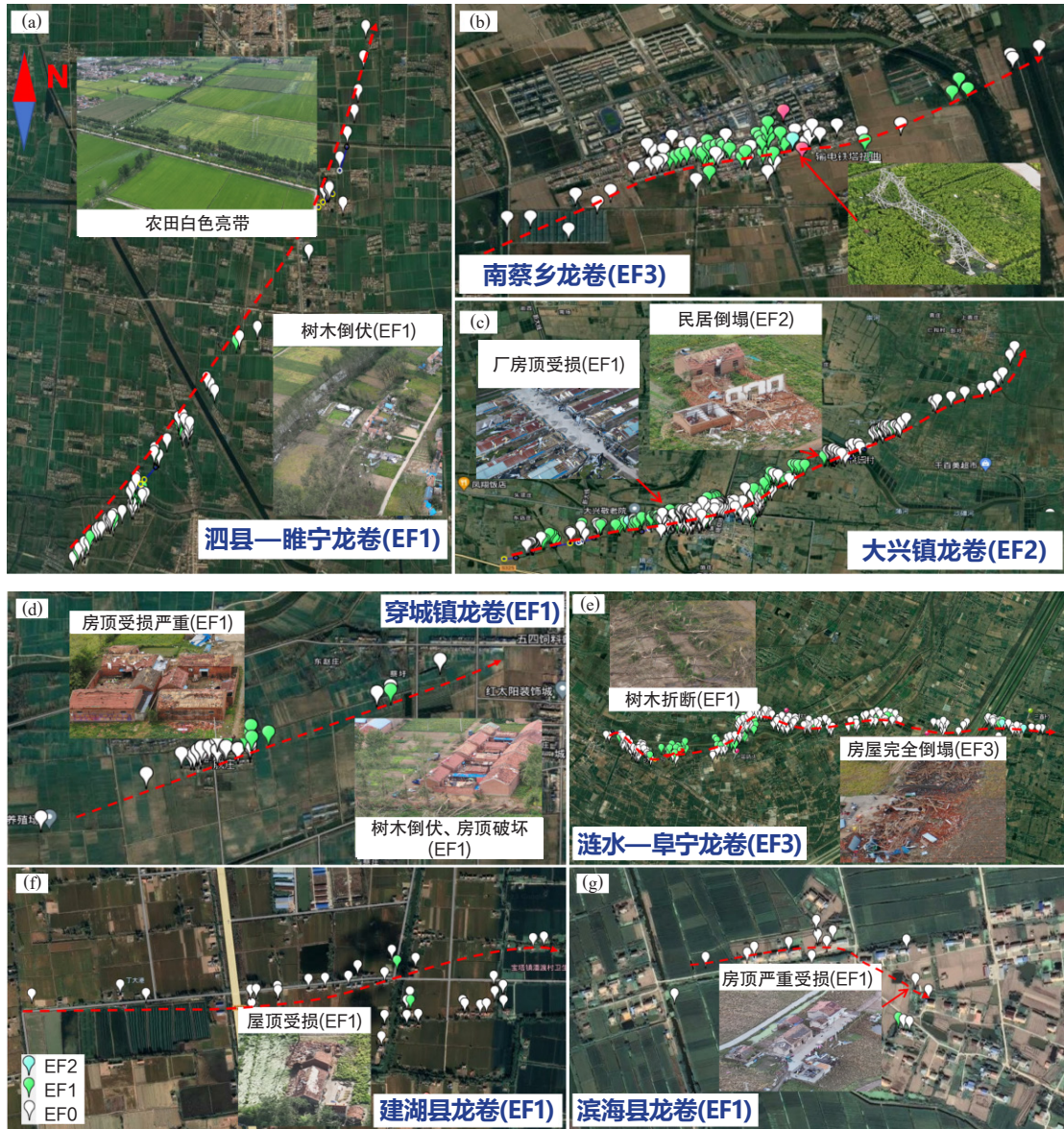


图10 2023年9月19日江苏和安徽多地龙卷群发灾害路径及灾害情况(红色虚线为龙卷灾害路径)

Fig. 10 The disaster paths and damages of the tornadoes in Jiangsu and Anhui Provinces on September 19, 2023 (the dash lines in red: the disaster paths)

乡,造成大量房屋倒塌损毁、车辆掀翻、电线杆倒塌等破坏(图10b),灾害路径为3 km,强度达EF3级。17:34—17:50宿迁市宿豫区大兴镇遭受龙卷袭击,龙卷自西南向东北方向移动,影响灾害路径为14 km,强度达EF2级,属强龙卷,龙卷沿途导致厂房铁皮屋顶大面积受损,非框架民居(砖房)倒塌(图10c)。据新闻通报,大兴镇及南蔡乡龙卷灾情主要发生在乡镇区域,人员稠密、建筑结构复杂,龙卷共造成5人死亡,4人重伤,受灾人口5512人,1646户房屋一般受损,倒塌房屋137户,农作物受损41.8 hm²,临时转移安置405人,约2000 m²猪舍部分墙体倒塌、顶部塌陷。18:04江苏盐城响水县建华村遭受龙卷灾害,该龙卷

影响范围较小,造成玉米地倒伏、多处房顶受损等灾情,结合雷达分析判断为EF0级弱龙卷,灾害路径为1.1 km。18:50,江苏宿迁泗阳县穿城镇出现EF1级龙卷,龙卷长度为2.1 km,造成多处民居屋顶严重受损,树木倒伏(图10d)。另据新闻报道,因树木折断还导致了20多根通信杆路,10余根通信光缆受损等次生灾害。20:04有强龙卷自西向东袭击江苏淮安涟水县及盐城市阜宁县,灾害路径达19 km,造成非框架建筑完全倒塌,大片树木折断等灾情(图10e)。龙卷研究中心会同江苏省气象局专家综合研判,确定龙卷强度达EF3级。据阜宁当地政府通报,该龙卷造成5人死亡,4人轻伤,1364人受灾,房屋受损614间,树木

倒伏1800余株，农作物受损199 hm²，转移安置129人。21:31江苏盐城建湖县宝塔镇遭受EF1级中等强度龙卷袭击，龙卷灾害路径为2.3 km，主要经过农田并导致民居屋顶受损(图10f)。20:35江苏盐城市滨海县遭龙卷袭击，龙卷导致房屋屋顶严重损坏，灾害路径长为0.5 km，强度为EF1级，属中等强度龙卷(图10g)。

3 小结

龙卷尺度小，生命史短，但往往引起严重的风灾破坏。龙卷鲜少经过气象测站，且易摧毁观测设备，故难以通过气象测站确定龙卷的风速。通过开展现场风灾调查，收集风灾破坏特征，并由指示物的受损程度判断风速是目前定量龙卷灾情及研判龙卷强度等级的有效手段。此外，通过社交媒体辅助收集龙卷信息，能将未开展灾情调查的龙卷信息共同记录存档，有助于完善龙卷数据库。

通过现场灾情调查及信息收集研判相结合，本文梳理了2023年中国龙卷活动情况及大部分强龙卷灾情特征。结果显示，2023年可确认的陆龙卷为56个，较2018—2022年数量显著偏多(图11)。2023年，影响中国龙卷的大尺度天气系统主要为东北冷涡、江淮气旋及热带气旋，大部分龙卷属西风带龙卷，台风背景下的龙卷过程较少(仅5个)。6—7月，东北冷涡在我国东北部地区多次造成龙卷群发；9月江淮气旋活动导致江苏和安徽多地遭受龙卷灾害。2023年中国龙卷活动特征与历史情况基本相符^[2]。从空间上看，2023年龙卷主要发生在东北地区、江淮平原及华北平原，华南仅记录到3个陆龙卷过程，较往年偏少，西部地区青海记录到3个龙卷，为历年少有。从时间上看，龙卷主要发生时间集中在5—9月，7月为龙卷发生频数最多的月份；首个龙卷出现时间(3月7日)早于往年；最晚的龙卷出现在9月19日，在江苏省盐城市。

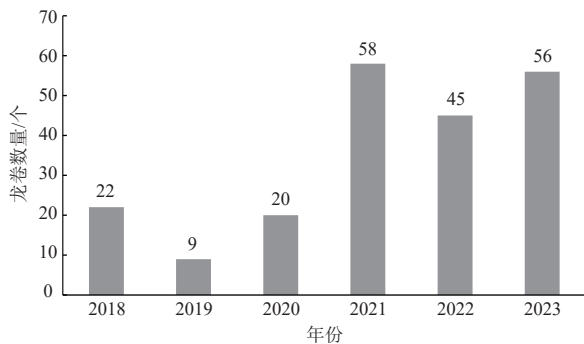


图11 2018—2023年中国龙卷数量统计

Fig. 11 The number of tornado in China from 2018 to 2023

2023年共计由4个龙卷导致了14人死亡，导致人

员伤亡的龙卷均为EF2级及EF3级强龙卷，其中6月10日江苏南通龙卷导致2人死亡，8月13江苏盐城龙卷致2人死亡，9月19江苏盐城龙卷、宿迁龙卷各导致5人死亡。EF2级及以上级别强龙卷有8个，相较2016—2022年平均值(6.1个)偏多。9月19日有9个龙卷袭击江淮平原，2023年度两个最强的龙卷(EF3级)均在此过程中产生。

随着龙卷灾害现场调查的发展，气象工作者对龙卷风灾的认识也不断加深，但国内从事龙卷风灾现场灾调工作的团队仍较少，开展全面的灾情调查仍存在很大难度。未来还需要依托信息化技术的快速发展，建立灾情调查远程通讯系统，开展灾情调查数据实时传输与同步分析，结合三维建模等技术^[9]，提高龙卷灾后调查的效率，才能实现龙卷风灾更及时、更专业、更全面的调查与评估。

致谢：感谢国家气象中心、中国气象局气象探测中心雷达应用室、山东省气象局、辽宁省气象局、黑龙江省气象局、江苏省气象局、安徽省气象局、河南省气象局、广东省气象台、潮州市气象局、汕头市气象局、揭阳市气象局、清远市气象局、气象爱好者及佛山市龙卷风研究中心其他同事对龙卷数据收集提供的支持和帮助。

参考文献

- [1] 郑永光. 中国龙卷气候特征和环境条件研究进展综述[J]. 气象科技进展, 2020, 10(6): 69-75.
- [2] 俞小鼎, 赵焯, 范雯杰. 中国龙卷的时空分布与关键环境参数特征[J]. 热带气象学报, 2021, 37(Z1): 681-692.
- [3] 范雯杰, 俞小鼎. 中国龙卷的时空分布特征[J]. 气象, 2015, 41(7): 793-805.
- [4] 黄先香, 炎利军, 蔡康龙, 等. 2018年中国龙卷活动特征[J]. 气象科技进展, 2019, 9(1): 50-55.
- [5] 李彩玲, 黄先香, 蔡康龙, 等. 2019年中国龙卷等对流大风过程及灾情特征[J]. 气象科技进展, 2020, 10(1): 7-14.
- [6] 蔡康龙, 黄先香, 李彩玲, 等. 2020年中国龙卷过程及灾情特征[J]. 气象科技进展, 2021, 11(1): 40-45.
- [7] 植江玲, 黄先香, 白兰强, 等. 2021年中国龙卷活动及灾情特征[J]. 气象科技进展, 2022, 12(1): 26-36.
- [8] 黄舒婷, 李兆明, 白兰强, 等. 2022年中国龙卷活动及灾情特征[J]. 气象科技进展, 2023, 13(1): 23-32.
- [9] 蔡康龙, 俞小鼎, 李彩玲, 等. 2019年广西临桂微下击暴流和广东湛江龙卷现场灾情调查对比分析[J]. 气象, 2021, 47(2): 230-241.
- [10] 李彩玲, 谭浩波, 蔡康龙, 等. 2016—2020年中国龙卷过程和灾情特征[J]. 热带气象学报, 2021, 37(5): 733-747.
- [11] Fujita T T. Five scales of airflow associated with a series of downbursts on 16 July 1980[J]. Monthly Weather Review, 2009, 109(7): 81A49642.
- [12] McDonald J R, Mehta K C. A recommendation for an enhanced Fujita scale (EFscale) [R]. Lubbock: Wind Science and Engineering Center, Texas Tech University, 2006.
- [13] 姚聃, 梁旭东, 孙继松, 等. 龙卷风强度等级(GB/T 40243-2021) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.

(编辑: 郑秋红)