

陈正洪, 刘来林, 袁业畅. 湖北大畈核电站周边飊线时空分布与灾害特征[J]. 气象, 2010, 36(1): 79-84.

# 湖北大畈核电站周边飊线时空分布与灾害特征<sup>\* 1</sup>

陈正洪<sup>1,2</sup> 刘来林<sup>2</sup> 袁业畅<sup>2</sup>

1 中国气象局武汉暴雨研究所, 武汉 430074

2 武汉区域气候中心, 武汉 430074

**提 要:** 湖北通山大畈核电站是我国政府批准兴建的第一个内陆地区核电站, 为了保障核电站的绝对安全性, 在选址和设计阶段对飊线出现的一些基本气候特征和设计参数进行科学评估尤其重要。通过气象站记录、灾害大典、气候影响评价等多条途径, 收集了湖北通山核电站周边 80 km×80 km 区域 1956—2000 年间的飊线资料, 并据此对其时空分布和灾害特征进行了分析, 同时与龙卷风对应特征进行了比较。结果表明: (1) 飊线发生频次的年代、季(月)、一日内差异明显, 且主要集中在对流强盛的时期(段), 这些特征与龙卷风基本一致; 飊线平均持续时间为 95 min, 远比龙卷风的 17 min 长。(2) 飊线局地性很强, 其中站址东北部和南部 50 km 以外的地区最多, 而站址中心区的通山及邻近的崇阳没有出现, 这种特征与地理位置、地形以及系统移动路径有关。(3) 飊线的移动方向以自西向东为主, 即主要集中在 NNW—SSW 等 7 个方位, 尤其是 WNW、W、WSW 等 3 个方位最多。(4) 除风灾外, 飊线出现时常伴有强烈的雷电、暴雨和冰雹天气, 使灾害加重。(5) 与龙卷风相比, 飊线风力略小, 所以设计风速取 12 级应当比较恰当。

**关键词:** 核电站, 飊线, 时空分布, 灾害, 龙卷风

## Research on Disasters and Temporal and Spatial Distribution of Squall Lines Around Dafan Nuclear Power Plant in Tongshan, Hubei

CHEN Zhenghong<sup>1,2</sup> LIU Lailin<sup>2</sup> YUAN Yechang<sup>2</sup>

1 Wuhan Heavy Rain Institute, CMA, Wuhan 430074

2 Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074

**Abstract:** Dafan Nuclear Power Plant in Tongshan, Hubei is the first one situated at the mainland permitted by the national government in China. In order to absolutely ensure the safety of that plant, the evaluation of the basic climatic properties (including the properties of disasters) and designed parameters of the squall lines is very important in the preceding period. Based on the primary data collected from the area of 80 km×80 km around the nuclear power plant in Tongshan, Hubei from 1956 to 2000 through many ways such as the record in meteorological stations, the collection of disaster events, and the report of climate impact assessment, the characteristics of temporal and spatial distributions and disasters of the squall line events are analyzed and compared with that of tornado events. It is revealed: (1) There is apparent temporal (daily, monthly, seasonal, decadal) distribution for the squall line events that are mainly concentrated in summer and spring especially in July, August and April, from mid-day to early evening especially at afternoon, in the 1980s, all these are similar to that of tornado events, but the average lasting time for all squall line events is about 95 min that is longer than the average lasting time (17 min) for all tornadoes. (2) There are very apparant local properties for all squall line events, such as Huangshi at northeastern part of the plant and Xiushui at southern part of the plant with the most frequent events, and Tongshan

\* 湖北省发展和改革委员会核电项目办资助

2008 年 7 月 18 日收稿; 2009 年 7 月 13 日收修定稿

第一作者: 陈正洪, 主要从事应用气象、气候变化研究. Email: chenzh64@126.com

and Chongyang at the central part of the plant with no events at all in the recent 31 years, which are determined by the local position, topography and the moving paths of synoptic systems. (3) The moving direction is mainly concentrated from NNW to SSW, especially from WNW to WSW. (4) Apart from storms when squall line events occur, there are strong lightning and heavy rain together that will make the disasters more serious. (5) Compared with tornados, there are a little bit smaller wind speeds for squall line events, thus a wind scale of 12 is closed as the designed speed.

**Key words:** nuclear power plant, squall line, temporal and spatial distributions, properties of disasters, tornado

## 引 言

气象上的飊指突然发生的风向突变、风力突增的强风现象,持续时间短,常伴有雷雨。飊线则是风向和风力发生剧烈变动的天气变化带,也即雷暴或积雨云带,持续时间较长,常伴有雷雨、冰雹、龙卷风发生,此外飊线出现时还会出现气压急升、气温急降的特点,具有很强的破坏性。飊线是我国广大地区尤其是南方地区夏半年主要的中尺度灾害性天气之一<sup>[1-3]</sup>。

飊线个例分析论文较多<sup>[4-8]</sup>,却少见区域飊线气候及统计特征分析论文<sup>[9]</sup>。个例分析侧重于天气成因分析或新一代多普勒雷达资料应用,其中有不少关于单个飊线灾害的描述,如 1993 年 4 月 30 日,一条飊线横扫湖北中东部,历 7 个小时,所到之处出现雷雨大风和短时强降水,部分地区出现冰雹和龙卷风,全省 32 个县受灾,成灾面积  $5.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 人民群众生命和财产受重创,直接经济损失 7 千万元<sup>[4]</sup>;1999 年 8 月 30 日安徽亳州市教育电视塔就是在一次飊线袭击下倒塌<sup>[5]</sup>;2005 年 3 月 22 日,福建龙岩、漳州、泉州等地遭受飊线袭击,局部风力 10~11 级,造成受灾 211 万人,死 6 人,受伤 5032 人,直接经济损失 11.6 亿元<sup>[6]</sup>。

按照国家规定,对核电站这样特殊的建筑,为了保证其绝对安全性,以及保证核辐射对公众的健康和安全无过度影响的要求,必须收集和评价对核电站安全可能产生有害影响的外部事件的历史资料,主要包括地震、大气弥散、洪水、龙卷风、热带气旋以及其他重要自然现象和极端条件如火山活动、大风、沙暴、暴雨、泥石流、降雪、冰冻、冰雹及地下潜冰等,如果肯定存在上述可能性,则必须确定这些事件的设计基准<sup>[10]</sup>。

湖北通山大畈核电站是我国政府批准兴建的第一个内陆地区核电站,该站地处湖北东南部,幕阜山区中段,鄂湘赣三省交界处,气候条件较复杂,飊线

灾情较严重<sup>[11-12]</sup>。鉴于其危害性,需要详细收集站址周边地区飊线出现及其灾害资料,并进行气候分析,确定其设计标准,在规划、设计和建设中给予充分考虑。受湖北省核电项目办委托,本研究对湖北通山大畈核电站周边地区飊线的时空分布与灾害特征进行了较详细的分析,研究结果已被设计部门参考使用。

## 1 资料与方法

按委托方的要求,首先确定以站址为中心的  $80 \text{ km} \times 80 \text{ km}$  区域,共 11 个县市,其中湖北 9 个,江西 2 个(图 1)。

资料时代为 1975—2005 年共 31 年。11 个气象站共记录到 586 次飊线,平均每年 18.9 个(见表 1)。虽然飊线同龙卷风一样也属于较小范围、短历时天气现象,但飊线一般范围要大些,气象站记录明显多于龙卷风,但也只有发生时间、地点,没有灾情记录,于是从中国气象灾害大典各省分卷<sup>[12]</sup>、地方志、气候影响评价、气象报表等渠道收集了大量飊线灾情的详细资料,湖北 9 县市共记录 287 次,其中 269 次有最大风速、风向记录。

根据以上资料及各次飊线对应的起讫时间等可分别进行年、月、日分布及持续时间统计、制图、特征分析以及估算设计基准参数。由于时间关系,飊线发生起讫时间、移动方向、伴生天气现象、灾情等只分析了湖北 9 县市资料。同时与该区域的龙卷风特征进行了一些对比分析<sup>[13-17]</sup>。

并规定:夏季(6—8 月)、春季(3—5 月)、秋季(9—11 月)、冬季(12—2 月)。

## 2 飊线时空分布特征及成因分析

### 2.1 年际变化

以 20 世纪 80 年代记录到的飊线最多,其中连

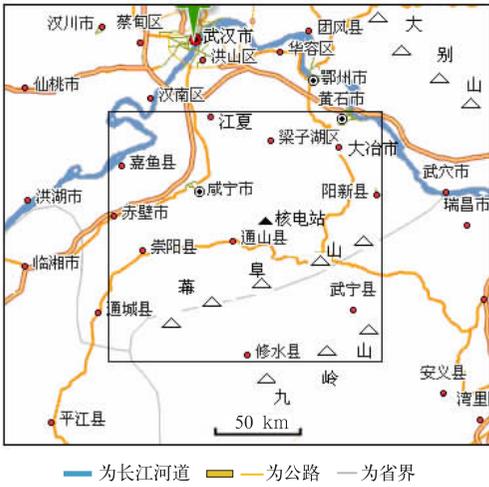


图 1 以站址为中心的 80 km×80 km 区域内的 11 个县市的分布  
 Fig. 1 Distribution of eleven counties or cities in an area of 80 km×80 km around the nuclear power plant in Tongshan, Hubei

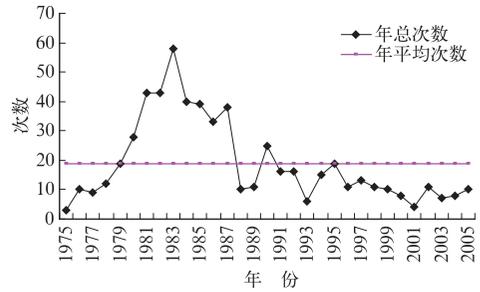


图 2 站址区域气象站记录的飊线总数逐年变化(1975—2005 年)  
 Fig. 2 The yearly variation of total number of the squall line events recorded at 11 meteorological stations around the nuclear power plant from 1975 to 2000

续 6 年每年超过 30 次,最多的是 1983 年,高达 58 次,这个峰值年代与该地区龙卷风的峰值年代是一致的(龙卷风也是 1983 年最多),说明 20 世纪 80 年代的对流系统最强烈,二者正好可以相互辅证<sup>[13]</sup>,而最近 10 年飊线最少发生(见图 2)。

2.2 季、月变化

表 1 给出各气象站记录的飊线月分布次数,由

表 1 可见,一年中,该区域内飊线发生季节从多到少的顺序是夏季、春季、秋季、冬季。其中夏季达到 374 次,占全年的 63.8%,春季 164 次,秋季 54 次,春季发生次数是秋季的 3 倍,冬季仅 4 次,只是偶有发生。从月份看,全年呈单峰型,4 月开始明显增多,9 月以后明显减少。4—9 月的 6 个月中,达到 554 次,占总数的 94.5%。峰值在 7、8 月,这两个月占全年的一半以上,1 月则没有记录。可见飊线和龙卷风一样,主要发生在热力作用明显和对流强烈的季节。

对次数最多的两个站对比发现,黄石站 4、5、6

表 1 站址区域各气象站记录的飊线次数月分布(1975—2005 年)

Table 1 Distribution of monthly number of the squall line events recorded at 11 meteorological stations around the the nuclear power plant from 1975 to 2000

台站	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
大冶	0	0	0	9	12	12	22	16	4	0	0	0	75
蒲圻	0	0	0	2	4	1	4	6	2	0	0	0	19
崇阳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
咸宁	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
通山	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黄石	0	0	3	22	19	23	63	57	12	0	1	1	201
阳新	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
江夏	0	0	0	1	1	1	4	2	0	0	0	0	9
嘉鱼	0	0	1	1	4	1	10	5	1	0	0	0	23
修水	0	3	11	32	20	24	44	38	11	6	2	0	191
武宁	0	0	2	9	9	7	17	16	3	11	1	0	65
合计	0	3	17	78	69	70	164	140	33	17	4	1	586

月各月次数只及 7 月或 8 月的 1/3 左右,盛夏多发特点明显;而修水站 4、5、6 月各月次数达到 7 月或 8 月的 1/2~4/5 左右,春、夏季相差小。这与盛夏期间,修水站处于副热带高压系统内从而对流过程相对较少,而黄石处于副热带高压外围则对流过程

相对较多等有关。另外修水、武宁地理纬度相对较低,全年温度较高,对流发生条件较强烈,且春季开始早,秋季结束晚,强对流发生时间长,如 3 月和 10 月仍有较多发生,2 月的 3 次和 10 月的 17 次均出现在这里,而黄石只集中在 4—9 月。

### 2.3 日变化

一日内, 飊线大部分出现在下午至傍晚时刻, 即12时以后的12个小时, 共243次, 占全天的86.2%, 尤其是14:00—19:59之间的6个小时内, 就有182次, 占全天的64.5%, 平均每小时内有20次以上, 最多的是15:00—17:00, 均在30次以上, 这个集中时间与龙卷风基本相吻合。0时至11时的12个小时内, 仅39次, 最多每小时只有6次, 最少仅1次, 最少时间段在3—6时, 每小时均不超过3次(图3)。说明一天内, 地面接受太阳辐射后, 下午2—3时温度达到最高, 午后近地层感热输送达到最大, 热气流上升, 有利于强对流系统的生成或加强。

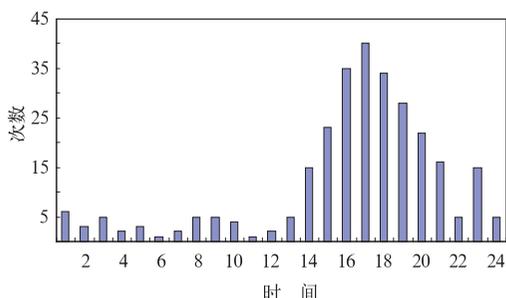


图3 站址区域气象站记录的飊线总数日内分布(时间段15表示15:00—15:59, 如此类推)

Fig. 3 The hourly number distribution of the squall line events in 1975—2005 recorded at 11 meteorological stations around the nuclear power plant (time period 15 means 15:00—15:59 and the others will be by analogy)

### 2.4 持续时间

飊线生命史一般比龙卷风长, 范围也比龙卷风大, 持续时间长。根据收集的235次有起讫时间的飊线个例统计, 持续时间分布范围在2~284 min之间, 平均为95 min, 大约1.5 h。出现最多的时段为81~90 min、61~70 min, 分别达22、20次(图4)。超

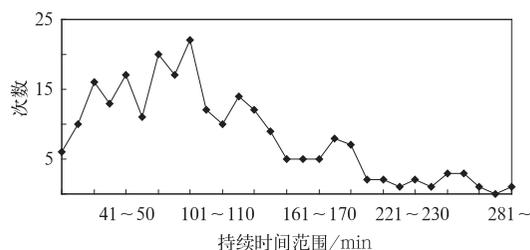


图4 站址区域11个气象站记录的飊线持续时间分布(单位: min)

Fig. 4 The distribution of the lasting time (unit: min) of the squall line events recorded at 11 meteorological stations around the nuclear power plant

过10次集中在10~130 min各时段, 所以飊线持续时间一般在130 min以内( $180/235=76.6\%$ )。

### 2.5 空间分布

在586次记录中, 最多的黄石201个, 超过总数的1/3, 其次是修水191次, 再就是大冶、武宁等, 分别为75次和65次。可见离站址50 km范围外的东北部 and 南部为飊线多发区, 而站址30~50 km范围内以及西部和北部飊线少发, 所在地的通山县及临近的崇阳县则一个也没有, 是十分有利的(见图5)。

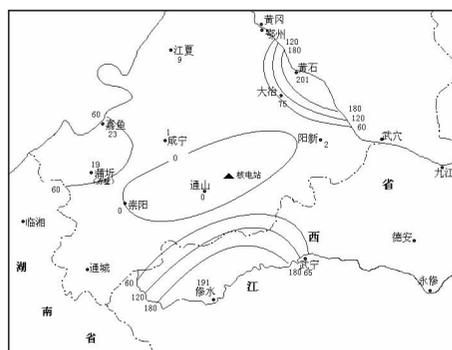


图5 站址区域各气象站记录的飊线次数空间分布(1975—2005年合计)

Fig. 5 The spatial distribution of the occurrence frequency of the squall line events recorded at 11 meteorological stations around the nuclear power plant in Tongshan, Hubei from 1975 to 2005

分析表明, 这种分布格局主要与地理位置、地形、天气系统移动路径等有关。通山、崇阳位于幕阜山区, 地形屏蔽作用明显; 而东北部的黄石、大冶, 南有西南—东北向的幕阜山脉, 北有西北—东南向的大别山脉, 构成了一个自西向东的喇叭口, 西来气流在此受阻产生反时针的绕流(气旋), 对流加强, 特别容易产生飊线等强对流系统; 而修水和武宁, 北有幕阜山、南有九岭山, 处于修水水库的峡谷之中, 春季和初夏的西南气流在此抬升和对流加强, 也容易产生强对流系统, 另外在2.2节已分析由于地理纬度较低, 强对流发生时间长。

### 2.6 移动方向

对269次最大风速对应的风向记录进行统计, 结果表明, 系统移动为自西向东为主, WNW最多, 达到37次, 占全部的13.8%, 而自NNW—SSW等7个方位占全部的61.0%, 尤其是WNW、W、WSW等3个方位最多(图略)。分季统计表明, 春季以自西北向东南为主, 夏季则有自西北向东南、西南向东北、东向西等3个方向。这与影响湖北的天气系统多为高空西

风引导、或自西向东移动等密切相关,另外还因为处于喇叭口中的黄石夏季盛行东风,以及站址周围湖北 9 县市盛夏时节处于副高外围时间长,系统局地性强,飊线等强对流具有多方向性等有关。

### 3 飊线灾情与设计基准

与寒潮、热带气旋、梅雨等大的天气系统相比,

飊线危害的范围和持续时间均无法相比,但比龙卷风的影响范围大、持续时间长,常常多种灾害并发,造成的损失非常大。从表 2 的几次典型飊线灾害记录就可见,飊线出现时,除了大风外,还常伴有雷雨、冰雹天气,从而加重了灾害。根据湖北省 9 县市 287 次飊线灾害记录的统计表明,飊线发生时,其中 79.8%(229/287)伴随出现小到中雷雨,19%(55/287)伴随出现大到暴雨。

表 2 站址周边地区 3 次飊线灾情记录

Table 2 The records of 3 squall line events around the nuclear power plant in Tongshan, Hubei

台站	年份	季节	时间	灾害记录
黄冈 新洲 鄂城	1981	夏季	7 月 23 日 18—19 时	受飊线影响,黄冈、鄂城局地最大风力有 10~11 级。1~1.5 m 粗的大树被风吹断或拔根倒地,黄冈、新洲、鄂城 3 个县 22 个公社受灾,倒塌房屋 1162 间,死亡 8 人,重伤 135 人,损失船 21 只,倒树 2.2 万株,电杆 577 根,农作物受灾面积 $0.92 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。
咸宁 嘉鱼 蒲圻 崇阳	1982	春季	5 月 12 日 13—14 时	受飊线影响平均风力 6~8 级,阵风 9 级,同时伴有雷雨,有的伴有冰雹,造成较严重的损失。气象站实测平均最大风速为:咸宁 11.7、嘉鱼 13.0、蒲圻 11.0、崇阳 18.3 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;极大风速为:咸宁 22、崇阳 27 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。12 日 8 时至 13 日 8 时的日降雨量:咸宁 42、嘉鱼 43、崇阳 38、蒲圻 61 mm。据统计,咸宁、嘉鱼、崇阳、蒲圻 4 县中有 57 个公社、295 个大队受灾;倒塌房屋 6923 间,刮倒电杆 1100 多根,刮倒、刮断树木 3 万多棵;因灾死亡 6 人,受伤 14 人;伤亡耕牛 5 头;1.6 万多公顷夏收作物遭受不同程度损失,尤其是苎麻损失更为严重,有 0.27 万多公顷被风刮断倒杆;烧坏变压器 5 台;损坏砖瓦 530 多万块;吹走晒场上的油菜籽 0.7 万多 kg;总共损失 500 多万元。
阳新 通山 通城 崇阳 咸宁	1992	春季	4 月 20 日 晚上到 21 日	白天受来自四川上空的低压槽影响,江汉平原及鄂东普降大雷雨,部分地区下了暴雨。雷雨时伴有 10 级左右大风,这次遭受风、雹或暴雨灾害的有黄梅、武穴、蕲春、浠水、罗田、黄冈、阳新、通山、通城、崇阳、咸宁、洪湖、监利、江陵、枣阳、建始和神农架林区等 17 个县市。据湖北省民政厅 4 月 23 日的不完全统计,农作物受灾面积 $12.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,成灾 $8.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ;倒塌房屋 1.23 万间,损坏 5.2 万间;折断电杆 5693 根,树木 259 万株;因灾死亡 13 人,伤 1064 人。

至于设计基准,从站址周边区域 11 个气象站 1980—2005 年间飊线出现时记录到的累年最大和极大风速来看(表略),10 min 平均最大风速的累年最大值为  $17.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,1976 年 7 月 21 日出现在修水,其次为  $14.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,1981 年 5 月 10 日出现在武宁,极大风速的累年最大值为  $20.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,1992 年 8 月 1 日出现在黄石,次大值为  $18.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,2005 年 7 月 16 日出现在大冶。不过从表 3 还可发现,1982 年 5 月 12 日,崇阳最大风速  $18.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,极大风速  $27 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。可见单纯飊线出现时的风速极值,远比龙卷风时小(龙卷风风速一般在 10~12 级以上)<sup>[11-12]</sup>。飊线最大风速的设计基准以 12 级风考虑应该是可以的。

### 4 小结

(1) 站址区域飊线发生频次的时间差异明显。时间上,飊线主要集中在对流旺盛的时段,1975—2005 年 31 年间,以 20 世纪 80 年代飊线出现最频

繁,其中 1983 年最多,一年中主要集中对流强烈的夏、春季,又以 7 月、8 月、4 月最多,一日内午后至傍晚最多,其年、季(月)、日内分布特征与龙卷风基本一致,而飊线平均持续时间为 95 min,则远比龙卷风的 17 min 长。另外,分析表明,位置较南的江西两站飊线出现时间最长,且春季(4—5 月)、初夏(6 月)次数与盛夏(7—8 月)基本相当,而黄石盛夏飊线的次数远比春季、初夏的多。

(2) 空间上,以站址东北部的黄石和大冶、南部的修水和武宁最多,其中黄石和修水两市飊线次数占总数的 2/3,而核电站中心区的气象站一次也没有记录到。分析表明,这种分布与地理位置、地形、天气系统移动路径等有关。但这些结论是来自于气象站记录,如飊线未经过气象站,就会漏记,这就是为什么在灾害记录里,通山和崇阳县境内均有灾害记录而气象站一次都没有。所以仍要重视飊线可能对核电站的危害。

(3) 湖北省内 9 县市飊线的移动方向以自西向东为主,除风灾外,飊线发生时常伴有强烈的雷电和

暴雨天气,由于持续时间长,危害范围大,往往使灾害加剧。飏线风力一般在 10 级以下,最大 12 级,明显比龙卷风小,因此推荐设计基准风级为 12 级。

**致谢:**陈璇、任光政参加部分资料收集和统计,特此致谢。

### 参考文献

- [1] 温丽华. 谈谈飏的观测[J]. 广东气象, 2005, (3): 46-47.
- [2] 谢梦莉, 黄京平, 俞炳. 一次罕见的飏线天气过程分析[J]. 气象, 2001, 27(7): 51-54.
- [3] 姚叶青, 俞小鼎, 张义军, 等. 一次典型飏线过程多普勒天气雷达资料分析[J]. 高原气象, 2008, 27(2): 373-381.
- [4] 黄小吉, 王登炎. 一次飏线过程的中尺度特征分析[J]. 湖北气象, 1994, (1): 29-31.
- [5] 吕升亮, 王兴荣, 陈晓平, 等. 亳州市电视铁塔倒塌事故的气象原因[J]. 气象, 2001, 27(2): 52-54.
- [6] 冯晋勤, 童以长, 林河富. 一次强飏线过程的中小尺度特征分析[J]. 气象, 2006, 32(12): 72-75.
- [7] 杨晓霞, 李春虎, 杨成芳, 等. 山东省 2006 年 4 月 28 日飏线天气过程分析[J]. 气象, 2007, 33(1): 74-80.
- [8] 刘淑媛, 孙健, 杨引明. 上海 2004 年 7 月 12 日飏线系统中尺度分析研究[J]. 气象学报, 2007, 65(1): 84-93.
- [9] 应冬梅, 郭艳. 江西省飏线的雷达回波特征分析[J]. 气象, 2001, 27(3): 42-45.
- [10] 国家核安全局. HAF 0100(91) 核电厂厂址选择安全规定[S]. 1991 年 07 月 27 日颁布.
- [11] 乔盛西. 湖北省气候志[M]. 武汉: 湖北人民教育出版社, 1989.
- [12] 姜海如主编. 中国气象灾害大典·湖北省卷[M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [13] 陈正洪, 刘来林. 核电站周边地区龙卷风时间分布与灾害特征[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(1): 78-72.
- [14] 陈正洪, 刘来林, 袁业畅. 湖北大畈核电站周边地区龙卷风参数的计算分析[J]. 南京气象学院学报, 2009, 32(2): 101-105.
- [15] 刘峰. 一次强对流天气过程的诊断分析和数值模拟[J]. 气象, 2008, 34(2): 18-24.
- [16] 陈业国, 农孟松, 黄海洪, 等. 一次华南强飏线过程的数值模拟分析[J]. 2009, 35(9): 29-37.
- [17] 盛日锋, 王俊, 龚佃利, 等. 山东一次飏线过程的中尺度分析[J]. 气象, 2009, 35(9): 91-97.