



国家电网公司
电力科技著作出版项目

Distribution and Laws of Main Disasters of Power Grids

电网主要灾害 规律及分布

程永锋 等◎编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

Distribution and Laws of Main Disasters of Power Grids

电网主要灾害 规律及分布

程永锋 朱宽军 卢智成 编著
刘 彬 杨加伦 陈秀娟



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为提高电网防灾减灾能力,保证电网安全稳定运行,改变电网灾害重“治”轻“防”的局面,特组织编写了本书。

本书系统地介绍了电网主要灾害的规律及分布图绘制方法,为电网防灾规划设计和减灾技术研究提供理论与技术。全书共分为6章,包括风灾、覆冰灾害、舞动灾害、地震灾害、地质灾害、雷害六种电网主要灾害的规律及分布。

本书可供从事电网防灾减灾等相关专业的研究人员和电网规划、建设和运维工程技术人员使用,也可供相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电网主要灾害规律及分布 / 程永锋等编著. —北京:中国电力出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-5123-7929-9

I. ①电… II. ①程… III. ①电网-自然灾害-研究
IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 076282 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 10 月第一版 2016 年 10 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 20.75 印张 362 千字

定价 158.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

我国不同区域地理和气象条件差别巨大，电网分布广泛，电网设施所处自然条件往往非常恶劣，极易遭受狂风、冰灾、地震、暴雨、泥石流等自然灾害的破坏。近年来，极端恶劣气象条件呈现频发的趋势，雨凇、雾凇、暴雨、大风天气多发，导致线路覆冰过载极端严重，舞动事故及地震与地质灾害频发，给电网的安全稳定运行带来了巨大威胁。2008年发生在我国南方地区的覆冰灾害和“5·12”汶川地震，以及2009年底至2010年初发生的大范围覆冰舞动事故，严重影响了电网的安全稳定运行，造成了巨大的经济损失和严重的社会影响。

电网系统应对风、覆冰、舞动、地震等灾害时，需要从工程规划、建设和运维等方面考虑相关灾害的影响与破坏。由于影响因素多、地区差异大、灾害机理复杂等困难，以往相关研究尚未完全掌握电网主要灾害的发生机制、破坏形式和分布规律，不能满足电网防灾减灾工作的需求。如特高压输电线路走廊设计风速、设计冰厚的确定，线路走廊所经区域舞动强弱程度的分级，换流站、变电站避开严重震区及地质灾害区等工作无法有效开展，电网运维工作中针对主要灾害的防治也缺乏有力的技术支撑，不能完全满足实际工程需求。基于以上需求，国家电网公司于2011年设立了《电网主要灾害规律研究及分布图绘制》课题，由中国电力科学研究院牵头，针对电网风灾、覆冰灾害、舞动灾害、雷害、地震灾害和地质灾害等主要灾害形式，开展了灾害规律研究及分布图绘制工作，攻克了一系列难题，制定了Q/GDW 11005—2013《风区分级标准和风区分布图绘制规则》、Q/GDW 11004—2013《冰区分级标准和冰区分布图绘制规则》等技术标准，研究成果已成功应用于电网规划、建设及运维工作中，改善了电网灾害重“治”轻“防”的局面，促进了电网防灾减灾技术的进步，提高了电网的安全稳定运行水平。

本书立足于项目科研成果，重点介绍风灾、覆冰灾害、舞动灾害、地震灾害、地质灾害和雷害六种电网主要灾害形式的形成和分布规律、主要影响参数计算模型、灾害等级划分方法和标准、灾害分布图绘制体系等内容。希望通过本书，可以进一步提升电网抵御自然灾害的能力，为电网规划、建设和运维部门的技术人员提供参考，服务于新形势下的电网防灾减灾工作。

本书由程永锋负责统稿。第1章由杨风利、张宏杰编写，第2章由杨加伦、刘彬、李兴宇、王遵娅编写，第3章由朱宽军、张立春、李军辉、刘彬、汪涛、黄俊杰编写，第4章由程永锋、丁士君、朱照清、赵斌滨编写，第5章由程永锋、钟珉、卢智成、房正刚、韩嵘编写，第6章由陈秀娟、殷禹、谷山强编写。

本书编写过程中得到了庄文兵（国网新疆电力公司）、黄海鲲（国网福建省电力有限公司）、何瑞东（国网河北省电力公司）、龚坚刚（国网浙江省电力公司）等专家的鼎力相助，参与编写的所有作者均付出了辛勤的劳动，其所在单位也给予了大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

由于作者的经验 and 水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2016年6月

目 录

前言

1 风灾

1.1 概述	1
1.2 电网风灾形式和破坏情况统计分析	1
1.3 电网风灾规律研究	14
1.4 电网风灾区域分布图绘制	41
1.5 电网风区分布图使用原则	65

2 覆冰灾害

2.1 概述	69
2.2 电网覆冰规律	73
2.3 导线覆冰数值计算模型	92
2.4 电网冰区分布图绘制方法	108
2.5 电网冰区分布图绘制	116

3 舞动灾害

3.1 概述	123
3.2 舞动灾害规律研究	127
3.3 舞动区域划分方法	136
3.4 舞动分布图绘制	142
3.5 各省舞动分布图绘制	171

4 地震灾害

4.1 概述	177
--------------	-----

4.2	电网地震灾害特点研究	180
4.3	电网抗震设防水准的确定	191
4.4	电网设施抗震可靠度分析	207
4.5	电网抗震设防分级原则	215
4.6	电网抗震标准设计谱的确定	223
4.7	电网设施地震灾害分布图的绘制	236

5 地质灾害

5.1	概述	241
5.2	我国地质灾害分布规律及主要影响因素	242
5.3	电网工程受地质灾害的影响研究	251
5.4	电网工程地质灾害危险性评价方法	261
5.5	全网地质灾害危险性分布图绘制	272

6 雷害

6.1	概述	299
6.2	雷害对电网造成故障的特点	299
6.3	我国典型地区电网输电线路雷害情况	303
6.4	雷区分级标准与雷害风险分级原则	311
6.5	雷区分布图的绘制方法	313
6.6	雷区分布图图例	317

参考文献	322
------------	-----

索引	327
----------	-----

风 灾

1.1 概述

恶劣的气候环境容易导致线路运行故障，甚至造成大面积停电事故，严重威胁电网系统的安全稳定运行。近年来，由强风引发的电网事故频发，对输配电线路的设计、建设、运行和维护提出了更高的要求，深入研究和分析输配电线路各类灾害故障的特点和机理，并采取有针对性的防治方法和措施，对于增强电网抗强风能力，提高电网的安全稳定运行水平具有重要意义。

我国是世界上电网风灾最严重的国家之一，近 10 年来，华东、华中、东北等地的输电线路强风灾害频发，引起的重大电网事故超过 30 次，倒塔逾百基。典型的如 2005 年 6 月 500kV 任上线铁塔串倒 10 基；2007 年 7 月 500kV 郑祥线倒塔 6 基；2008 年 9 月 500kV 科沙 I、II 线倒塔 5 基；2009 年 7 月 500kV 辛彭线倒塔 9 基等。随着我国输配电线路建设规模的不断增加，地理分布范围也不断扩大，特别是 1000kV 特高压交流、±800kV 特高压直流和 750kV 交流输电线路的投产运行，对线路运行、维护及灾害防治提出了一系列新的研究课题，研究不同电压等级线路在强风作用下的故障特点、发生规律、故障监测及判别方法、防治方法及措施等，并结合现场实际，制订相应的技术规程和标准，从而全面实现线路的专业化、制度化、标准化管理，减少和防范线路故障，提高线路安全稳定运行水平。

1.2 电网风灾形式和破坏情况统计分析

1.2.1 电网风环境气象特征分析

随着人类活动的增加，工农业迅速发展，森林被大面积砍伐，CO₂ 气体排

放得不到有效控制,全球气候环境遭到严重破坏,导致世界各地灾害性气象增多,尤其是大风天气,对人类生活和工农业生产造成巨大损失。电力是国民经济的动脉,架空输电线路点多面广,又长期暴露在旷野中,风灾的频繁发生对输电线路造成的后果十分严重。

大风是一种灾害性天气,气象学定义是指瞬时风速不小于 17m/s 或风力不小于 8 级的风。对我国输变电工程造成影响的大风主要包括台风、龙卷风、微地形和微气象造成的大风(包括飚线风、局地大风等)。我国幅员辽阔,有沿海、内陆、荒漠、高原等各类地貌,电网途经各省(自治区、直辖市)的大风气候特征也存在明显差异。从发生时间看,除沿海地区外,我国绝大部分省(自治区、直辖市)的大风季节为冬季和春季,7~9 月是浙江、福建等沿海地区的台风多发季节。

1.2.2 电网风灾破坏形式统计分析

1.2.2.1 主要风害类型统计分析

1. 强风对输电线路的影响

强风对输电线路造成的事故主要有以下 5 类:杆塔损坏、倒塌等机械过载事故;线路风偏跳闸;导线舞动引起相间短路故障;导地线及金具磨损严重;沙尘暴引起绝缘子的严重污染,形成污闪。其中前 3 类是最为常见的事故类型,而舞动是冰风共同作用的结果,在此不做详细分析。以下主要分析线路机械过载事故和风偏闪络引发跳闸事故。

(1) 线路机械过载事故。机械过载事故造成的输电线路设施损坏主要表现为以下 4 类:杆塔折弯扭曲、倾倒;塔头(横担)损坏;导线断线、绝缘子和金具损坏等;杆塔基础的倾斜、拔出。

(2) 风偏闪络引发跳闸事故。产生风偏闪络的原因是输电线路的空气间隙距离减小,不满足设计要求。线路中有大跨越、大档距、大弧垂或处于微地形、微气象区的导线,在强风作用下易产生较大风偏,风偏后导线对杆塔的最小空气间隙距离减小,不满足工频电压、操作过电压及雷电过电压的要求,发生导线对塔身放电,这种情况占绝大多数;其次是导线对距离较近的建筑物、树木、其他交叉跨越的线路等障碍物,因电气距离不足而造成放电。绝大多数风偏闪络是在工作电压下发生的,一般不能成功重合闸,从而导致线路停运。典型风偏闪络的情况如图 1-1 所示。

(3) 风灾事故统计分析。2000 年以来,部分内陆省(自治区、直辖市)电力公司 110kV 及以上电压等级输电线路风偏跳闸事故和强风倒塔事故

分别见表 1-1 和表 1-2。可以看出，近年来发生风偏跳闸和杆塔损坏的输电线路电压等级主要为 110kV 和 220kV。

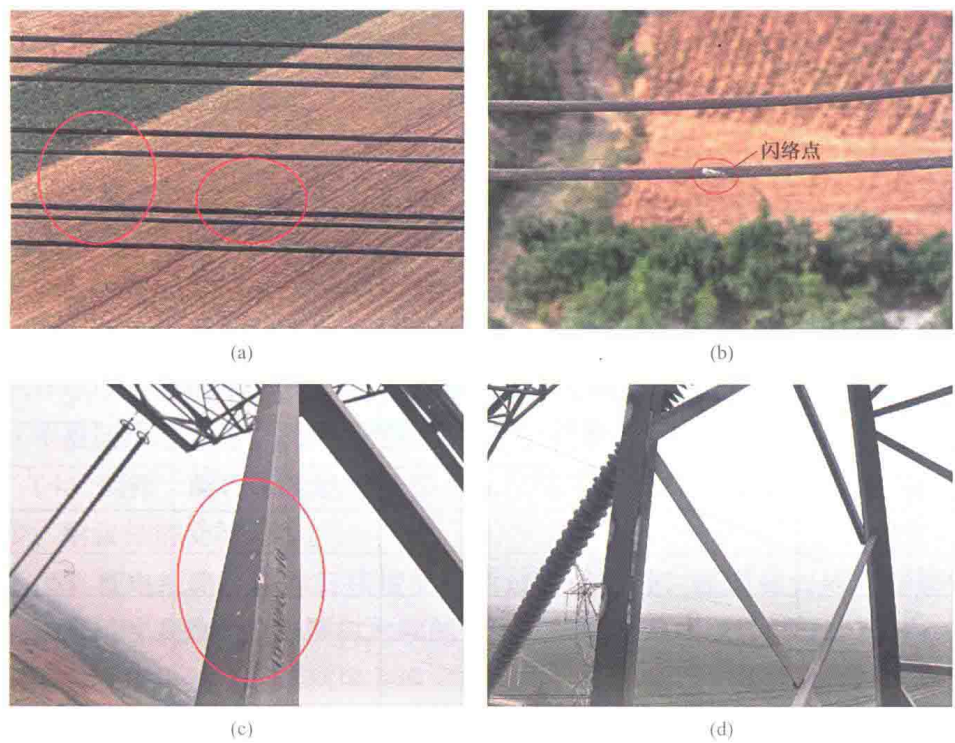


图 1-1 典型风偏闪络现场照片

(a) 导线上闪络痕迹；(b) 引流线闪络痕迹；(c) 对塔身放电痕迹；(d) 对曲臂 K 节点上方放电痕迹

表 1-1 风偏跳闸事故数目统计表 (次)					
省份 (自治区)	110kV	220kV	330kV	500kV	1000kV
安徽	3	9	—	3	3
甘肃	1	—	1	—	—
河北	—	3	—	7	7
河南	10	7	—	8	1
湖北	—	22	—	12	—
湖南	0	1	0	0	—
吉林	—	1	—	2	—
辽宁	—	5	0	0	—
宁夏	1	1	1	—	—
山东	7	9	—	11	—

续表

省份（自治区）	110kV	220kV	330kV	500kV	1000kV
山西	0	0	—	0	0
天津	2	5	—	0	—
新疆	0	17	—	—	—

表 1-2 强风倒塔事故数目统计表（杆塔损坏基数） (次)

省份（自治区）	110kV	220kV	330kV	500kV
安徽	—	3	—	0
甘肃	2	—	5	—
河北	35	19	—	9
河南	9	1	—	6
湖北	—	19	0	0
湖南	1	0	0	0
吉林	0	0	0	0
辽宁	—	4	—	0
宁夏	0	0	0	—
山东	—	9	—	0
山西	—	21	—	6
天津	1	1	—	0
新疆	0	0	—	—

沿海地区的风灾多集中在台风出现的时段。表 1-3 列出部分强台风造成浙江省电网跳闸情况的统计数据。

表 1-3 强台风倒塔事故统计表（杆塔损坏基数）

台风名称	发生日期	最大风速（m/s）	跳闸（条·次）		
			500kV	220kV	110kV
云娜	2004-08-12	58.7	10	43	106
海棠	2005-07-19	33.0	7	31	78
麦莎	2005-08-06	45.0	3	30	57
泰利	2005-09-01	35.0	5	6	14
卡努	2005-09-11	50.0	10	94	69
桑美	2006-08-10	68.0	15	12	40
莫拉克	2009-08-09	33.0	2	17	13

2. 强风对配电线路的影响

对配电网造成损失最为严重的强风类型是台风，台风造成配电设施受损的基本特点如下：

（1）配电设施受灾范围和严重程度，主要与台风登陆地点与发展路径有关，沿海地区由于遭遇台风正面登陆及地形空旷、容易受风，一般受灾比较严重。

（2）配电线路杆塔受损主要集中在水泥杆倒杆、断杆，10kV 及以下低压线路规模大、受损最严重。35kV 及以下配电线路杆塔主要采用水泥杆，角钢塔及钢管杆使用量较少，杆塔受损也主要集中在水泥杆。

（3）老旧线路倒杆、断杆最为严重，受损线路中以 2000 年以前及投运 10~20 年以上的线路居多，特别是没有改造的老旧线路倒杆、断杆比较集中。近 5 年投运线路也有出现杆塔受损现象，但数量相对较少。

（4）倒杆、断杆最普遍的杆型为无拉线的直线杆，带拉线的直线杆受损较少，耐张杆塔受损最小。

（5）配电线路杆塔除直接遭受风荷过载受损外，还遭受台风间接影响受损。如台风吹袭致线路周围树木倾倒，压在线路上造成电杆倒杆、断杆；伴随台风的强降水导致杆塔基础塌方或水土流失倒杆、断杆；伴随台风的雷电过程导致配电设施雷击损坏等。

3. 强风对变电站的影响

台风、飊线风和龙卷风等强风发生时，会引起变电站内的构、支架等建（构）筑物产生较大变形，但不影响生产运行，灾害过后变形基本恢复，未出现建（构）筑物损坏现象；风灾对变电站内电气设备影响也较小，一般不会造成事故。偶有变电站内个别设备在遭遇大风时出现跌落现象，其跌落原因也不仅仅是大风因素，属于个例。因此，变电站在遭遇台风、飊线风和龙卷风等强风时，很少有严重破坏的情况出现。

1.2.2.2 破坏原因及主导因素分析

1. 破坏原因分析

（1）输电线路机械过载事故原因分析。线路机械过载的原因是实际风荷载大于杆塔设计风荷载，造成断线、杆塔杆件结构变形甚至整体倒塌等事故。此种事故修复时间长，将造成一定时间的线路非计划停运，对生产影响较大。线路机械过载事故多发生在以下几类地点：第一，在台风登陆点附近的沿海地区，面向海口、高山上风口处的线路杆塔；第二，在台风登陆后台风前进方向

和旋转的上风处的线路杆塔；第三，在龙卷风、飊线风和局地大风前进路径上的线路杆塔。通过以下 3 个典型案例对风灾导致机械过载事故的原因做进一步分析。

1) 台风致倒塔。2006 年第 8 号热带风暴“桑美”于 8 月 10 日 17 时 25 分在浙江省苍南县马站镇（霞关）登陆，苍南霞关的极大风速达 68m/s ，是近 50 年来登陆浙江的最强台风。登陆后在陆地维持超强台风强度 1h，维持强台风 2h，维持台风强度的时间为 2.5h。“桑美”造成南垂 220kV 线路 21 号杆（直线 Z3-24）倒塔、1 号腿基础立柱拉断；22 号杆（耐张 GJ4-17.5）倒塔、基础倾斜；23 号杆（直线 Z1-26.7）倒塔、1 号腿基础立柱拉断。温州电网 110kV 线路倒塔 98 基。

强台风不仅会在输电线路导地线上产生很大的水平荷载，而且其“虹吸效应”会在杆塔上产生明显的上拔荷载，这也是造成杆塔损坏甚至倒塌的重要原因。

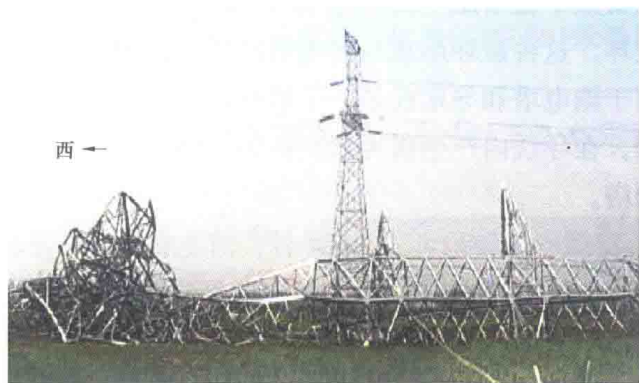
2) 龙卷风致倒塔。根据华东电网提供的资料，2005 年 4 月 20 日 16 时许，江苏省淮安市盱眙县等地发生龙卷风，位于该县维桥乡的车篷村和大圣村等地被狂风扫过。其中在车篷村附近的淮安—双北 500kV 输电线有龙卷风经过，触地直径在 60m 左右。后发现该线路有 187~194 号共 8 基输电塔损毁。

该线路设计时采用离地面 20m 高 10min 平均风速 30m/s 。如图 1-2 (a) 所示，191 号塔位于龙卷风作用的中心位置，在龙卷风的作用下首先倒塌。从事故现场的破坏特征可以发现，该塔是由于塔身下部受扭转作用而发生破坏的。1、3、5 号线掉落在地面，塔身被扭成麻花状。3 号线的横担砸入地表深度达到 1m，5 号线的横担砸入深度较浅，其中部分导线被拉断。由于龙卷风的旋转特性，以 191 号塔为中心，倒塔呈现非常明显的反对称性。191 号塔在龙卷风所产生的扭转效应下倒塌，临近的 5 基塔发生反对称的倒塌。位于倒塔线路段两端的 192 号和 187 号铁塔的损坏情况如图 1-2 (b)、(c) 所示。

3) 微地形、微气象造成大风致倒塔。

a. 飊线风致倒塔。2005 年 6 月 14 日，江苏泗阳 500kV 任上 5237 线发生飊线风致倒塔事故，一次性串倒 10 基输电塔，402 号铁塔倒塔情况如图 1-3 所示。大风同时造成邻近 500kV 任上 5238 线跳闸，2 条线路同时停止输电，对华东电网造成了严重影响。

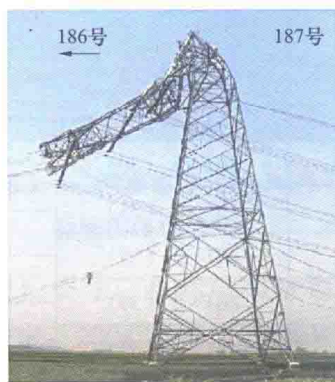
飊线风主要受高压低涡槽线南下强对流天气影响，它经过的地段风带窄、速度快。泗阳县气象台实测资料显示，县城最大瞬时风速为 21m/s ，设置在倒



(a)



(b)



(c)

图 1-2 淮安—双北 500kV 输电铁塔损坏情况

(a) 191 号塔受损情况；(b) 192 号塔受损情况；(c) 187 号塔受损情况

塔地段的新袁镇的气象观测站观测到的最大瞬时风速为 32.9m/s 。该线路设计时采用的最大设计风速为 15m 高 10min 平均风速 30m/s 。通过现场调查发现，此次输电塔的倒塌具有基本相同的特征：塔腿部分没有损坏或者损坏不严重；引起倒塌的关键杆件并非设计计算的应力最大位置（主材底部、主材变截面处等），而是位于塔身的斜材位置；由于塔身段横隔面设置很少或没有，导致在塔腿上部的 $1\sim 2$ 节间的斜材发生失稳，从而使整个结构发生倒塌。



图 1-3 402 号塔受损情况

机械过载主要集中在塔腿上部的塔身 1~2 节间位置,塔身主材失稳导致结构整体发生破坏。这种破坏形式与输电塔抗风设计规范中横隔面的布置数量有关。此外,由于输电塔和导地线是一个耦合的系统,输电线受风的作用产生严重的风致振动,在导线内产生很大的动张力。动张力对输电塔产生强大的拖曳作用,导致倒塔。

b. 局地大风致倒塔。2009 年 7 月 24 日, 河北省辛安—彭村 500kV 线路发生倒塔事故, 处于同一耐张段内的 8 基直线塔倒塌, 具体倒塔情况见表 1-4, N131 号塔受损情况如图 1-4 所示。

表 1-4

500kV 线路事故情况

塔号	塔型及呼高 (m)	水平档距 (m)	现场状况描述
N128	ZB1-Ⅰ (33)	297	未倒塔
N129	ZB1-Ⅰ (36)	376.5	倒塔
N130	ZB1-Ⅰ (30)	425	倒塔
N131	ZB1-Ⅰ (33)	400	倒塔
N132	ZB1-Ⅱ (39)	413.5	倒塔 (C 腿基础插入角钢扭曲)
N133	ZB1-Ⅱ (39)	450	倒塔 (BCD 腿基础插入角钢扭曲)
N134	ZB1-Ⅱ (33)	446.5	塔头与塔身分离
N135	ZB1-Ⅰ (33)	420	倒塔
N136	ZB1-Ⅱ (36)	421.5	倒塔 (CD 腿基础插入角钢扭曲)
N137	JT2 (24)		未倒塔 (右偏 38°16')

该线路的设计风速为 20m 高 10min 平均风速 30m/s。根据气象部门提供的数据,事故发生时的 10m 高处瞬时最大风速为 30.1m/s,折算到 20m 高度的

风速达到 33.6m/s, 较原设计最大风速增大 12.1%, 风荷载比原设计荷载增大 25.7%。事故发生地地形较开阔, 现场勘查可见, 线路附近大量树木连根拔起或折断、围墙倒塌、砖场烟囱折断、庄稼大片倒伏、低压电杆及通信电杆倾倒。此次倒塔事故原因为最大风速超出铁塔设计风速, 导致铁塔构件实际应



图 1-4 N131 号塔受损情况

力超出材料设计应力。多基铁塔连续倒塌的原因因为某基铁塔首先破坏倾倒，在垂直线路方向对临近铁塔产生很大的拉力，这些铁塔同时承受超出设计条件的风荷载，相继发生倒塌。

(2) 输电线路风偏跳闸发生原因分析。通过以下 2 个典型案例对风灾闪络事故原因做进一步分析。

1) 2004 年河南 500kV 三线事故。2004 年河南 500kV 嵩获二回线、获仓线、郑祥线发生风偏跳闸事故，郑祥线导线闪络痕迹如图 1-5 所示。此次事故均发生于海拔 500m 以下线路，通过对发生风偏闪络的杆塔构架上余留的电弧烧痕进行分析，可以反推出发生风偏闪络时的间隙距离分别为 0.98 ~ 1.15m，均不满足 DL/T 5092—



图 1-5 河南省郑祥线 36 号

导线闪络痕迹照片

1999《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》要求。虽然电弧烧痕点在强风的作用下存在一定的分散性，但仍然可以断定：2004 年河南 500kV 输电线路大面积风偏跳闸事故的发生主要是由大风引起导线—杆塔空气间隙距离减小造成的。设计时采用的风压不均匀系数为 0.61。发生事故时的风速虽然没有超过 30m/s 的设计值，但每次风偏跳闸后经反推验算，在风压不均匀系数取 0.75 的情况下，大部分线路的电气间隙已不满足 DL/T 5092—1999《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》要求，因此发生了风偏跳闸故障。

2) 2005 年 500kV 孝邵线事故。2005 年 7 月 29 日受降雨大风等恶劣天气的影响，500kV 孝邵线（湖北孝感变电站至河南邵陵变电站）19 时 12 分发生 C 相跳闸，重合闸不成功，20 时强送成功。该线路按照 DL/T 5092—1999《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》设计，取 20m 高 10min 平均风速为 30m/s。经巡视发现，在 459 号铁塔 C 相（左相）上曲臂距横担 3.13~3.7m 区域外侧角钢及外角四分裂外下侧导线上发生了明显的闪络痕迹。线路发生跳闸时，459 号铁塔所处的汝南县和孝镇正逢强对流天气。风向为西北风，狂风大作，暴雨如注。经分析，事故发生的主要原因为导线在强风和暴雨的作用下，向塔身侧风偏过大，对塔身放电，造成线路跳闸。由于大风的持续性，自动重合闸不能成功。459 号铁塔外侧导线与角钢之间发生闪络，对线路绝缘子

没有造成影响，不影响线路正常运行。汝南县气象局观测点测得最大风速 26m/s ，此极大瞬时风速在数值上未超过设计最大风速：一方面气象台站都位于城市边缘，周围建筑众多，仪器测出的只是城市边缘的风速，而发生闪络的线路位于空旷的野外，野外风速超过气象台站实测值的概率很大；另一方面闪络故障实际条件（ 30°C 、大风、雷雨）与设计气象条件有很大区别。所以风速超过或接近设计标准是孝邵线跳闸故障的主要原因。

国内外输电线路风偏设计均是以纯空气间隙的电气强度数据作为技术依据，而没有考虑导线—杆塔空气间隙之间存在的异物（雨滴、冰雹、沙尘等）对间隙电气强度降低的影响。尤其值得注意的是，自然气候条件下，多是强风伴随着大雨。试验表明，在保持导线和杆塔的空气间隙距离不变的情况下，大雨使放电电压降低约 10% 。当风向是沿着导线—杆塔方向时，一方面间隙距离减小了；另一方面雨水在强风的作用下，可能沿着放电路径方向成线分布，使得导线—杆塔空气间隙的工频耐受电压进一步降低。

（3）配电设施破坏原因分析。近年福建、浙江、广东等省沿海地区配电线路遭受台风灾害，造成配电设施受损原因有以下几个方面：

1) 台风风力超过线路风荷载设计标准。以台风“黑格比”为例，广东省阳江、茂名、湛江等地配电网建设线路设计风速普遍采用 $25\sim 35\text{m/s}$ ，低于“黑格比”登陆时中心最大风力 48m/s （15级），更低于局部地区阵风风速 $50\sim 60\text{m/s}$ 。上述台风气象条件远远超出中、低压配电线路设计条件，是造成大量倒杆、断杆、断线主要原因。在地势开阔、正面受风地段，倒杆较为集中。

2) 线路走廊树木及高秆植物压线倒杆。 10kV 配电线路通过林区时应砍伐出通道，通道净宽为导线边线向外侧水平延伸 5m 。但是沿海线路经过防风林带时，维护砍伐线路走廊树木难度较大，山区及丘陵地带线路更是如此，无法做到完全清理线路两侧 5m 内树木。此外，对于线行高秆经济植物如速生桉树（高度 10m 以上）， 5m 的通道距离也不够。超高树木即使处在 5m 线行保护区外，大风作用下仍然会碰触导线，台风作用下发生倒树后，更是会压在导线上造成倒杆、断线。

3) 防风拉线缺失导致倒杆、断杆。配电线路防风拉线缺失，或因青赔和现场条件限制，无法按设计要求装设拉线，也是导致线路风灾倒杆、断杆的重要因素。线路倒杆、断杆主要发生在耐张段较长，没按要求安装拉线的直线杆。