

七、天气因素（3起）

（一）某某电网某某供电局“4·11”因阵风和雷击线路跳闸造成4个110kV变电站失压二级电力安全事件

1. 事件经过

2019年4月11日15时52分，220kV宁西站110kV宁小线保护动作，开关跳闸，重合不成功。富鹏站10kV自投成功，小楼站110kV母联自投成功，小楼站全站由110kV正派小线供电，无变电站失压，无负荷损失。16时00分，东方站110kV正东线保护动作，开关跳闸，宁小线、正东线短时间内先后发生永久故障，造成110kV正果站、派潭站、小楼站、高滩站全站失压（见图3-7-1），损失负荷32.5MW，占广州市负荷0.233%，影响增城区正果镇、派潭镇、小楼镇片区用户83945户，占广州市用户1.5%。

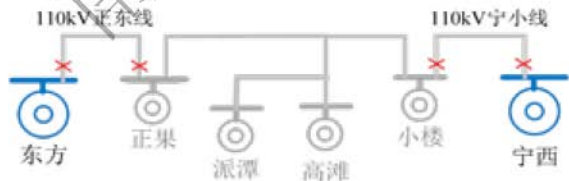


图3-7-1 110kV宁小线、正东线永久故障，四站失压

16时10分，广州中调遥控合上宁西站110kV宁小线开关，线路强送成功；16时12分，广州中调遥控合上东方站110kV正

东线开关，线路强送成功；16时25分，广州中调遥控恢复正果站、派潭站、小楼站、高滩站运行方式，失压负荷全部恢复。

2. 事件定级

依据公司《电力安全事件调查规程》（2014版）中“（19）变电站、配电母线失压或发电厂全停”中“3个以上7个以下110kV以上变电站失压”，定为二级电力安全事件。

3. 原因分析

（1）直接原因

110kV宁小线因超设计标准的12级超强阵风导致跳线风偏放电跳闸；110kV正东线是由于雷电流绕击B相导线超过#38塔耐雷水平发生闪络引起跳闸。短时间内12级超强风及强雷电等多重突发恶劣自然灾害气象因素叠加，造成110kV宁小线、正东线相继故障，导致110kV正果站、派潭站、小楼站、高滩站全站失压。

增城区气象台于4月11日16时00分发布增城区冰雹橙色预警信号，增城区启动强对流Ⅱ级应急响应。增城片区受强雷雨云团自西向东的影响，出现强雷电、短时大风和局地冰雹，并伴有8至10级大风，最大风速达34m/s（12级），雷电定位系统采集到密集雷电信息（见图3-7-2、3-7-3）。

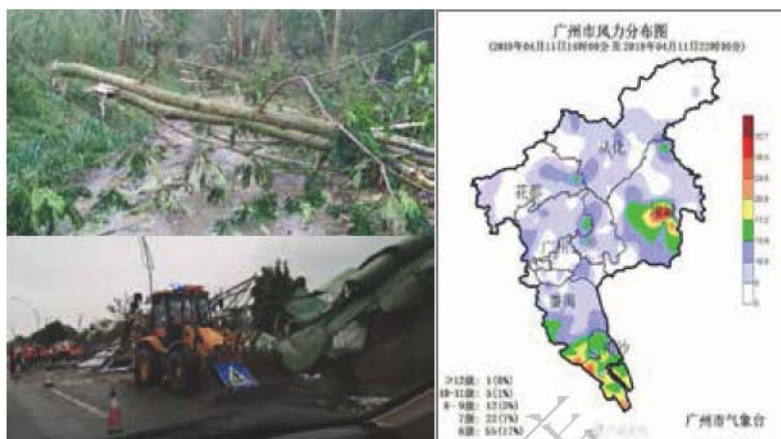


图3-7-2 增城区受灾现场情况

雷电监测信息查询结果报表

对象为线路一级所属=广州局,二级所属=输电所,三级所属=增城,电压等级=110,线路名称=宁小线,半径=5,未支持线路ID

时间范围20190411154649-20190411155649

序号	时间	经纬	社强	相流(A)	回击	站数	参与定位的探测站	线路尚剩距离(km)
69	2019-04-11 15:50:53.857	113.7464	23.2420	-9.8	单次雷击	2	秋长,珠海	前侧50.6,后侧0
70	2019-04-11 15:51:04.871	113.7181	23.2923	-7.3	单次雷击	2	吕田,温家	前侧0.3,后侧50.3
71	2019-04-11 15:51:07.310	113.7925	23.3086	11.6	单次雷击	6	秋长,珠海,梅州	前侧0.3,后侧50.3
72	2019-04-11 15:51:32.924	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	3	秋长,珠海,梅州	前侧0.6,后侧50
73	2019-04-11 15:51:37.783	113.7794	23.2731	-9.8	单次雷击	2	秋长,珠海	前侧50.4,后侧0.2
74	2019-04-11 15:51:44.273	113.7493	23.3349	-3.7	单次雷击	2	温家,钟村	前侧39.5,后侧11.1
75	2019-04-11 15:51:50.058	113.7903	23.3327	-11.0	单次雷击	2	秋长,珠海	前侧0.5,后侧50.1
76	2019-04-11 15:51:57.251	113.7555	23.2589	-5.9	单次雷击	2	吕田,狮岭	前侧50.6,后侧0
77	2019-04-11 15:51:57.705	113.7905	23.3032	-15.8	单次雷击	7	秋长,珠海,梅州,温家,钟村,狮岭,吕田	前侧0.3,后侧50.3
78	2019-04-11 15:52:00.435	113.7195	23.3573	9.4	单次雷击	2	狮岭,钟村	前侧39.8,后侧10.8
79	2019-04-11 15:52:04.316	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	4	秋长,珠海,梅州,温家	前侧0.6,后侧50
80	2019-04-11 15:52:04.535	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	6	秋长,珠海,梅州,温家,钟村,狮岭	前侧50.4,后侧0.2
81	2019-04-11 15:52:06.248	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	3	万顷沙,温家,钟村	前侧0.3,后侧50.3
82	2019-04-11 15:52:10.248	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	2	万顷沙,温家	前侧30.8,后侧19.8
83	2019-04-11 15:52:10.609	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	2	温家,钟村	前侧0.6,后侧50
84	2019-04-11 15:52:20.943	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	6	秋长,珠海,梅州,温家,钟村,狮岭	前侧37.7,后侧12.9
85	2019-04-11 15:52:23.528	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	4	秋长,珠海,梅州,温家	前侧30.8,后侧19.8
86	2019-04-11 15:52:26.540	113.8205	23.3476	-14.6	单次雷击	4	万顷沙,秋长,吕田,钟村	前侧0.6,后侧50

图3-7-3 110kV宁小线雷电定位信息

1) 110kV宁小线跳闸原因分析

经检查, 110kV宁小线#56塔A、B相跳线有闪络烧蚀痕

迹，两相跳线横担上均有放电白斑，且A相跳线铝股断7股（共48股，占比14.6%），B相跳线无受损，跳闸时间（15时51分49秒）#56塔附近未监测到雷电流，A、B相短路电流启动时间相差约10ms，排除雷击A、B两相同跳可能性。

组织某电力设计院有限公司对故障的#56塔跳线风偏情况进行了全面校核，故障杆塔2012年投产，设计风速28.1m/s（按10m折算），线路设计满足《110kV-750kV架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）等标准规范要求。结合增城气象台信息，故障时刻监测到风速为30.4m/s，风力超出该线路的防风设计水平，线路跳线摆动与铁塔横担处安全距离不足，与塔上放电点相吻合。判断110kV宁小线跳闸为超设计标准的风速导致跳线风偏所致（见图3-7-4）。

规程要求	设计风速校核	大风工况校核
110kV带电部分与杆塔构件最小间隙为0.25m	跳线对塔材安全距离为0.261m，满足规范要求	跳线对塔材安全距离为0.2m，不满足规范要求

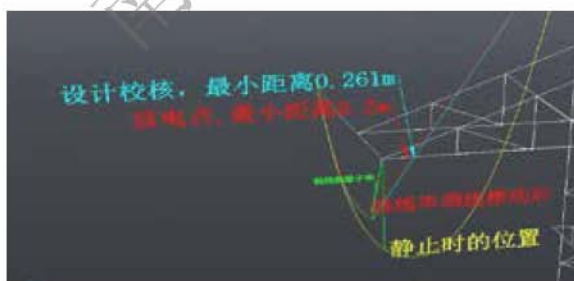


图3-7-4 110kV宁小线跳线风偏简要示意图

2) 110kV正东线跳闸原因分析

经检查，110kV正东线#38塔B相合成绝缘子串有放电烧花痕迹，跳闸时刻（16时00分35秒）沿线有密集落雷活动记录，在#38—#39塔附近有一幅值为-9.4kA落雷，与保护动作时间、故障点位置吻合。

某科研院对故障杆塔进行了仿真计算，110kV正东线#38塔单回反击耐雷水平为56kA，绕击耐雷水平为7.2kA，此次9.4kA落雷低于#38塔的反击耐雷水平而高于绕击耐雷水平，由于雷电流较小绕过地线的概率高，判断线路跳闸是由雷电流绕击B相导线超过#38塔耐雷水平发生闪络引起。

(2) 间接原因

荔城片网网架结构薄弱，存在110kV荔东甲线-正东线-正派小线多级串供风险。

4. 暴露问题

本次事件虽是强雷电与短时大风等极端天气叠加诱发电网设备故障所致，但也客观反映出广州电网依然存在薄弱环节，电网抵御极端自然灾害风险的能力不强。

(二) 某国际公司“5·22”因220kV鹿马双回线路雷击跳闸导致220kV听湖变失压二级电力安全事件

1. 事件经过

2019年5月22日4时47分44秒，220kV鹿马Ⅰ、Ⅱ回线故障同时跳闸，其中，220kV鹿马Ⅰ回线保护显示故障相别ABC

相，测距结果：距马关站53.6km，距马鹿塘电站4.6km；220kV鹿马Ⅱ回线保护显示故障相别AB相，测距结果：距马关站41.65km，距马鹿塘电站3.7km，两条线路重合闸正确未动作（投单重）。跳闸造成220kV听湖变、220kV马关站220kVⅠ、Ⅱ母、110kVⅡ母、35kV母线及110kV三星站、田头站、35kV城东站失压。

5月22日10时55分，查线发现：220kV鹿马Ⅰ回线#009塔A相（上线）内串绝缘子从导线起第1、4、8、10片绝缘子，B相（中线）外串绝缘子从导线起第4、7、9片绝缘子及招弧环，C相（下线）内串绝缘子从导线起第1、4、9、10、11片绝缘子和招弧环上有雷击放电痕迹；220kV鹿马Ⅱ回线#009塔A相（上线）内串整串绝缘子，B相（中线）外串整串绝缘子有雷击放电痕迹（见图3-7-5、图3-7-6）。对#009塔和相邻的#007、#008、#010、#011塔接地电阻进行检测，检测结果均符合设计要求。分析判定220kV鹿马Ⅰ、Ⅱ回线跳闸原因为：#009塔遭受强雷击后，因反击导致双回多相故障跳闸。



图3-7-5 220kV鹿马Ⅰ回#009号塔A、B、C相放电点



图3-7-6 220kV鹿马Ⅱ回#009号塔A、B相放电点

2. 事件定性

依据公司《电力安全事故调查规程》（2014版）中“（19）变电站、配电母线失压或发电厂全停”中“1-2个220kV变电站失压”，定为二级电力安全事件。

3. 原因分析

（1）直接原因

220kV鹿马Ⅰ、Ⅱ回线线路遭受强雷击反击，造成220kV鹿马Ⅰ回线ABC三相、220kV鹿马Ⅱ回线AB相间同时故障跳闸。

4. 暴露问题

（1）某电网网架薄弱。500kV砚山站为文山地区重要枢纽变电站，当500kV砚山站220kV母线检修时，存在运行母线故障引发文山州大面积停电风险。文山南部电网采用220kV电气环网运行方式供电，环网内220kV老开Ⅰ回线、马老线均为单线，检修方式下开环运行，期间开化、老山、马关、听湖供电片区网架薄弱，存在单一故障引发多个县城大面积停电风险。

（2）线路防雷综合能力不足。220kV鹿马Ⅰ、Ⅱ回线处于

雷电活动频繁区域，全线已实施杆塔接地系统改造，部分杆塔已装设避雷器和招弧角，但整条线路抵御反击雷击的能力尚有待加强。

(3) 工程项目进度管理不足。线路运维单位未充分辨识外部因素对本单位工程进度影响，导致220kV砚马 I、II 回线改接入220kV听湖站不能按计划推进。

(4) 信息报送不规范。线路运维单位未严格按照预案要求书面报送相关信息，仅采用电话、短信等形式向某国际公司报送信息。

(三) 某某局“8·13”500kV贺罗 I 线光缆雷击断线非计划停运三级电力安全事件

1. 事件经过

2019年8月13日20时25分，500kV贺罗 I 线C相跳闸，自动重合成功。20时27分，500kV贺罗 I 线C相第二次跳闸，自动重合成功。20时27分，500kV贺罗 I 线C相第三次跳闸，重合不成功。贺州站测距：主一保护测距214km；对应区段#451-#452；主二保护测距212km；对应区段#445-#446；主三保护端测距为214km，对应区段为#451-#452；录波单端测距为188.757km，对应区段为#391-#392。

查询雷电定位系统，故障时刻近4min内#449-#450沿线5km范围连续落雷21次，在24分18秒102毫秒主放电后，连续发生6次回击。

现场核查发现500kV贺罗 I 线#449-#450光缆断落（断点位于#449大号侧约50m 处），并跌至地面；#449侧光缆断头垂至靠近塔身，跌落地面约12m；#450侧断头距离塔身水平距离约1.75m，断落光缆与下方C 相导线交叉点位于C 相导线往小号侧约8m 处。

8月15日4时12分，500kV贺罗I线恢复正常运行。

2. 事件定级

依据公司《电力安全事故调查规程》（2014版）中“（25）输电线路非计划停运”中“500kV 24小时以上7日以下”，定为三级电力安全事件。

3. 原因分析

（1）光缆断落原因分析

光缆第二层（最外层）断口，光缆外层13 根均有明显烧熔痕迹，且#449往大号侧光缆断头外层散股在35-40cm，#450往小号侧光缆断头外层散股在50-60cm。光缆第一层（内层）共6根，其中3 根断口处熔断痕迹明显，2根未拉断呈颈缩状（见图3-7-7）。



图3-7-7 内层6根，3根断口处熔断痕迹明显，2根未拉断呈紧缩装

对现场OPGW1 断口情况仔细检查发现，OPGW1 光缆断口处外层13根（7根铝包钢线、6根铝合金线）及内层3根铝合金绞线均有明显熔断痕迹，内层2根铝合金线断面呈颈缩状为拉断迹象，断面痕迹均崭新（见图3-7-8、图3-7-9）。



图3-7-8 500kV贺罗 I 线#449-#450光缆受损情况



图3-7-9 #450C相小号侧约8m处右上、下子导线有多处明显放电白斑

综合分析,本次光缆断落故障原因为500kV 贺罗 I 线#449-#450档光缆（OPGW）受雷击熔断发生跌落，其中#449侧断落

光缆受故障拉断力影响在极短时间内崩断，断落过程中断头击中C相带电导线（右上子导线）引起单相金属接地，引发20时25分线路跳闸；#450侧断落光缆（长度约374m自重较大，不易弹起，近似自由落体）跌落至地面后，受现场雷雨大风天气影响发生摆动，在摆动过程中与C相带电导线距离不足引起单相金属接地，引发20时27分连续两次跳闸，两次跳闸时间间隔2.57s。因保护充能时间不足最后一次跳闸重合不成功，并导致三相全跳。

4. 暴露问题

（1）该处线路位于雷电活动频繁区域，夏季受极端天气影响较大，给线路安全运行带来了威胁，线路防雷形势依然严峻，需进一步做好线路防雷综合治理工作。

（2）贺罗I线光缆采用层绞式 $1+(4+1)+13$ 结构，由铝合金股线（10根）+铝包钢股线（8根）+光单元（1根）组成。铝合金股线受雷击易熔断，且光缆运行至今已有17年，存在不同程度老化情况，受雷击后更易出现断股。

5. 整改情况

（1）开展光缆试验，根据《DL/T 832-2016 光纤复合架空地线》及南网《35kV~500kV交流输电线路装备技术导则》标准，对故障光缆开展试验，分析光缆断线根本原因，为后续光缆材料选型、日常运维提供借鉴。

（2）调整运维策略，统计输电线路落雷密度，研究制定老旧光缆防雷特巡启动阈值，并结合实际检查情况进行动态调整。

(3) 依靠技防手段，强化设备风险管控，在故障段加装图像在线监测装置，研究在各变电站点加装光缆（故障定位）在线监测装置。

南方电力书店