「电网安全」

广东电网受台风影响风险辨析

文/广东电网公司电力调度控制中心　郑　刚　钟华赞

通过对2009年至2013年广东电网受台风影响情况分析，总结台风对广东电网影响的规律。总结了广东电网应对台风吹袭，提高安全裕度、调峰能力储备及人力资源配备等预控措施以及在事故处理中采取的强送原则和事故处理机制，提出了提高台风事故情况下电网安全水平的措施与建议。

广东省是台风登陆我国的主要地区，每年的夏秋两季广东电网均受到台风的吹袭，对广东电网造成严重的影响。

对2009年至2013年广东电网受台风影响情况进行统计，辨析了电网应对台风吹袭的风险，总结了预控措施及事故处理原则，提出了提高台风情况下电网安全水平的措施及建议。

影响广东电网台风规律分析

1．每年均受台风影响，次数略有差异

2009年至2013年广东电网每年均受台风影响，次数略有差异，如图1所示。2011年、2012年受台风影响次数较少，为4次，2013年受台风影响次数较多，为8次。

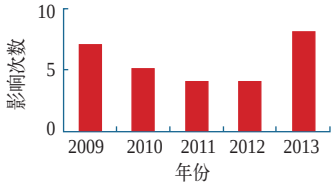

图1　2009年至2013年广东电网受台风影响次数

2．台风登陆时间

每年台风登陆广东时间最早大概为5月，呈逐月上升趋势，如图2所示。其中7月至9月是高峰期，登陆台风约占全年74.07%，10月至11月登陆台风较少，12月至次年4月无对广东电网有影响的台风。

3．台风登陆区域

由图3可见，2009年至2013年登陆地点在广东境内的台风中，粤西地区（包括阳江、茂名和湛江）占50%，是台风登陆广东境内的主要区域，江门、中山和珠海地区及粤东地区（包括汕尾、揭阳、汕头和潮州）次之，各占20%，深圳、惠州地区占10%。

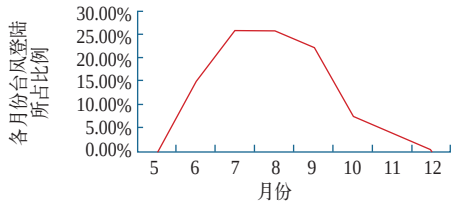

图2　2009年至2013年登陆广东台风月份统计

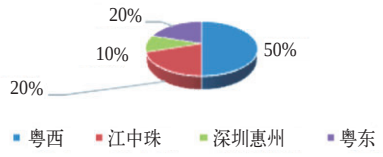

图3　台风登录广东地区分布

4．台风影响范围

台风登陆后，由于从海洋摄取能量减少，遇陆地地形起伏及下垫面摩擦力加大，能量消耗加快，台风风力迅速减低，到达离海岸50 km处的风速仅为海岸处的0.75左右，到达离海岸100 km处的风速仅为海岸处的0.50左右，但伴随的暴雨影响则仍然很强。因此电网受台风影响最大的也是在沿海一定范围的设施。

5．跳闸条数与台风登陆强度的关系

由图4可见，台风强度越大对电网破坏能力越强。其中35 kV及以下线路平均跳闸条数在12级台风以上时达到最高峰。由图5、图6可见，10级及以下台风在近五年平均每次只造成少量220 kV

线路跳闸，且10级及以下台风在近五年未造成500 kV线路跳闸。12级及以上台风会造成220 kV及以上线路大量跳闸，并对电网安全稳定运行产生影响。

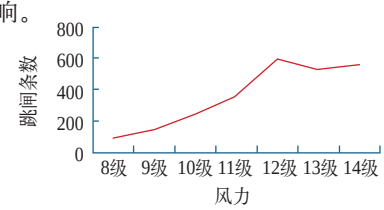

图4 35 kV以下平均跳闸线路条数

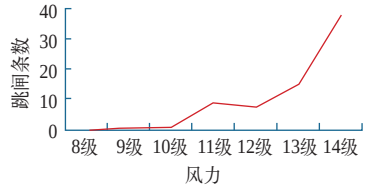

图5 220 kV平均跳闸线路条数

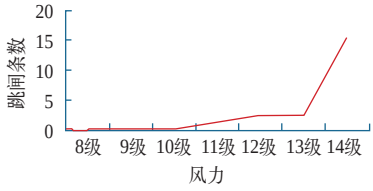

图6 500 kV平均跳闸线路条数

台风对电网影响风险辨析

1. 台风对输变电设备的影响

1）线路被强风吹袭导致倒塔或线路断线。

2）线路风偏超过原设计抗风能力导致线路跳线对横担放电。

3）强风作用下线路对走廊下方摇摆的树木放电。

4）强风将输电线路附近的飘挂物吹到线路上。

5）设备（如线路避雷器、线夹等）原有缺陷，因强风吹袭致使线路跳闸。

表1为2009年至2013年广东电网因台风引起的220 kV以上线路跳闸统计。其中，45次是由于导线或跳线对塔身风偏距离不足引起造成的，77次是由于外飘物引起的，而由于倒塔或断线和原有缺陷造成的线路跳闸次数分别为23次和16次。可见，2009年至2013年，由导线、地线对塔身风偏不足和外飘移物是台风期间造成线路跳闸的两大主要原因，占各类跳闸原因的比例约为27%和46%。

表1 2009年至2013年台风引起的线路跳闸方式统计

电压等级	倒塔/断线	风偏	树木放电	飘挂物	原有缺陷
220 kV	21	35	4	56	14
500 kV	2	10	0	21	2
合计	23	45	4	77	16

2. 台风对火电厂运行的影响

对于煤场为露天式的火电厂，强台风期间电厂无法正常上煤，火电厂只能依靠自身煤仓存煤运行，存在同一区域多台火电机组同时缺煤停机的可能，电网面临结构性缺电的风险。

3. 台风对核电厂运行的影响

核电机组正常运行时，由500 kV主变压器向6.6 kV厂用电系统供电。除了500 kV主外电源以外，核电站还由电网220 kV线路向核辅助站提供第二路外部电源，在核电失主外电源时对必须运行的安全辅助设施提供外部电源。此外，每台核电机组还配备两台柴油发电机，电网外电源同时失去投入运行，确保核反应堆紧急安全停堆。

虽然核电厂有多路外部电源保证机组安全运行，但如果台风登陆点在核电厂附近，核电厂仍存在所有外部电源同时跳闸的风险，此时核电机组只能依靠柴油机组及时开出以保证核反应堆处于安全状态。

4. 台风对电网调峰的影响

台风登陆前，大陆地区通常处在副热带高压控制下，气温很高，电网处于高峰负荷时期，电源整体开机容量较大。当台风来临时，由于气温下降导致空调负荷降低以及暴雨导致小水电发电增多，电网统调负荷跌落较快，在数小时之内要迅速配合负荷跌落进行机组出力调整，使得电网面临调峰困难的问题。

应对台风吹袭的处置措施

1. 预控措施

台风吹袭期间，电网大量线路在短时间内密集跳闸，因此预先应做好预控措施，减少台风引起的线路跳闸，降低跳闸线路对系统的冲击，缩短事故所需处理时间是成功处置台风事故的关键。

（1）保持电网全接线运行

为加强电网抗击台风影响的能力，除已开工的检修安排以外，应尽量取消原计划在台风期间开展的电网设备检修工作，将正常运行方式下部分解环点线路投入运行，尽量保持电网全接线，

提高电网供电可靠性。

（2）提高电网安全运行裕度

调减同塔双回线送出电厂出力，减少双回线送出电厂出线全部跳闸对电网的影响。

（3）电网调峰调频能力储备

台风登陆前，提前评估台风期间全省电力平衡情况，制定负荷急剧变化电网应对应急措施，保证电网具备足够上下调峰、调频能力。

（4）电网事故处理预案

在台风预警发布之后，按照台风可能前进路径及登陆强度，充分预测台风影响范围，制定事故预案及相应控制原则，组织相关人员进行学习。

（5）人力资源配置

在台风期间，继保、自动化、通信等专业人员应在变电站值班待命，并分专业与调度中心建立额外的电网运行专业联系通道，为事故期间快速了解现场各专业信息提供技术支持，提高事故处理效率。

2．实时事故处理

（1）事故处理的一般原则

事故处理过程中，值班调度员应根据系统频率及电压的变化、继电保护及自动装置的动作情况和EMS显示等分析判断系统事故的性质和原因，按照以下要求进行事故处理。

1）迅速限制事故的发展，消除事故根源并解除对人身和设备安全的威胁，防止系统破坏或瓦解。

2）用一切可能的方法保持设备继续运行，首先保证发电厂及枢纽变电站的自用电源。

3）尽快对已停电的用户特别是重要用户保证电源恢复供电。

4）调整系统运行方式，使系统满足安全稳定运行的要求。

（2）事故处理机制

台风期间众多设备密集跳闸，信息量呈爆炸式增长，原有的简单事故处理机制已无法满足要求。台风事故处理期间，因此采用“统一决策、分层控制、分区协同”的机制，即事故处理领导者负责决策和人员分工，事故处理执行者负责具体故障恢复，并将500 kV主网故障与220 kV片区电网故障分开，由不同人负责处理，不同区域网的故障处理相互沟通，有序推进。

（3）线路强送原则

台风吹袭电网期间，相关区域将有大量的线路在短时间内大量跳闸，值班调度员应及时对跳闸线路进行强送，增强电网网架结构、防范大面积停电事故发生。相关强送原则如下。

1）线路跳闸后，运行人员可不等待就地检查变电设备，但应充分利用已有监控系统获取信息并加以分析，在12 min内向值班调度员汇报是否发现影响线路强送的设备异常。调度员应跟据获得的信息综合判断，未发现影响线路强送的设备异常，原则上应在线路跳闸20 min内进行第一次强送。

2）对于系统重要的联络线，急需恢复该线路运行，而现场不能及时汇报开关间隔的检查结果和保护的动作信息时，经请示领导批准，可不待保护和开关间隔检查结果，对线路强送一次。

3）跳闸线路强送不成功后，值班调度员可根据故障情况及系统需要进行第二次强送。跳闸线路两次强送不成功后，调度员应请示领导同意后可再次或多次强送。强送开关操作间隔时间应大于6 min。

（4）孤网运行时的注意事项

对于台风造成的孤网运行，调度必须迅速采取有效措施，尽量维持孤网稳定运行，并尽快使孤网重新与主网并列。孤网运行时需要注意以下问题。

1）孤网运行内的线路跳闸，如无必要，不进行强送，以免对孤网造成冲击。

2）调度应迅速指定孤网内的调频厂，同时要求孤网内其他机组带稳定出力运行，并要求孤网内的大用户稳定用电负荷。

3）增大一次孤网内机组一次调频的限制幅度，保证孤网的频率稳定。

4）提高孤网系统的电压支撑能力。

提高台风事故情况下电网安全水平的措施与建议

1．继续加强电网建设

1）建议全面分析广东电网在抵御强台风时暴露的电网薄弱地区，并从电网规划上适当提高标准。汕尾电网、阳江电网均为单个500 kV变电站供电该地级市的大部分负荷，如该500 kV变电站在强台风中遭受严重损失，将使该地区损失大部分负荷，造成电力安全事故。此外，广东电网中存在部分同塔双回单供的220 kV变电站，在台风中有双回线路同跳造成220 kV全站失压的风险。

2）提升沿海地区电网防风能力。沿海地区的

部分输电线路及通信光缆等设备设计抗强台风标准为（35 m/s），在遭遇超强台风时因抗风能力不足而发生多起断线、倒塔事故，导致地区电网遭受严重影响。建议考虑台风对广东沿海地区电网的影响，针对性地加强沿海地区电网一二次设备抗台风能力。

3）提高核电厂外部电源的供电可靠性。为防止强台风导致核电厂外部电源线路全部跳闸事故，建议根据相应的设计风速将耐张塔跳线串更换为刚性跳线，能有效避免由风偏引起的线路跳闸事故，并增加绝缘子串重垂片数，以提高线路抗风能力。新建核电厂外部电源建设，建议在靠近电厂一定范围内的进线部分采用电缆供电，提高供电可靠性。

2．提高台风预案编制效率

因台风具有形成时间短、移动速度快的特点，所以电网应对台风事故预案编制时间也较紧。建议梳理抗台风预案的编制要求，修编抗台风预案通用模板，并综合省级及地区电网情况，对沿海单一变电站事故预案进行细化、修编，以提高抗台预案编制效率。

3．解决台风等重大事件时的信息报送问题。

建议梳理各类重大事件信息报送要求，从自动化技术入手，建立统一的信息数据库，通过EMS等自动化系统实现对事故信息的自动统计、汇总、筛选、查询和报送，实现事故信息在各层级、各专业的迅速及准确传递。

结束语

广东电网已经在过去的几年里对抗击台风积累了丰富的经验，随着电网的不断发展，仍然应该高度重视电网应对台风吹袭的应急处理，准备好相关应对措施，保障电网安全运行。**EA**

（收稿日期：2015.01.19）

［编辑：刘群垚］

斯凯孚（SKF）获得沈阳鼓风机集团S2M磁浮轴承合同

中国上海，2014年12月22日：斯凯孚（SKF）获得了一份为沈阳鼓风机集团（SBW）提供斯凯孚 S2M磁浮轴承系统的大合同。磁浮轴承所提供的无接触悬浮能够提高涡轮机的运转率，并大幅降低维护成本。斯凯孚S2M磁浮轴承可实现更高的旋转速度并且提高压缩机的整体效率。

为SBW提供的磁浮轴承系统将采用一种经实地验证的设计，该设计在全球范围内广泛用于天然气管道压缩机。斯凯孚 S2M 磁浮轴承可确保转子控制完全符合磁浮轴承的国际标准 (ISO 14839, API617)。斯凯孚将提供一种带有诸多高级选项的全新E300V2控制柜。其功能包括远程监测和诊断能力、实时高分辨率数据采集系统以及实现增强机器运行参数分析和数据可视化的专用MBScope软件。此外，控制柜还配备中文版的用户友好型触摸屏界面。该控制系统为用户和工厂操作人员带来了高度的自主操作性。

SWB高级工程师王女士表示：“SBW之所以选择斯凯孚产品是因为斯凯孚是磁浮轴承开发领域的领导者。斯凯孚S2M已在法国为我们的专家提供了第一次培训课程。目前，我们对该项目的进程感到满意。我们期盼着计划在2015年下半年进行的磁浮轴承测试。”

斯凯孚磁悬浮机电一体化公司（S2M）是有源磁浮轴承技术和磁浮高速电机领域的全球领导者，2007年S2M被斯凯孚集团收购。目前，S2M公司有超过1 000个装置在石油和天然气行业运行，S2M在磁浮轴承方面积累了极其丰富的经验，所涉及的应用领域非常广泛，包括透平膨胀机、离心压缩机、高速电机、汽轮机和燃气轮机。

沈阳鼓风机集团是一家成立于1934年的大型国有企业。沈阳鼓风机集团专业从事国产设备的设计和制造，包括用于天然气输送的离心压缩机。