



多管齐下 确保特高压交直流电网安全稳定

文 / 国家电网公司国家电力调度控制中心副主任 李明节

为保障特高压交直流混联电网安全运行，充分发挥特高压远距离、大容量输电能力，保障资源大范围优化配置，应加强主网架结构、提升交直流仿真技术、修订稳定计算标准、完善运行控制策略等方面积极采取对策。

加强主网架结构。特高压运行实践证明：交流电网规模必须与直流容量相匹配，才能承受大容量直流闭锁带来的频率冲击；交流网架强度必须达到一定水平，才能承受直流故障扰动带来的巨大功率冲击。相对于直流的大容量输送，交流电网发展滞后，现有交流电网规模和强度不足以支撑直流大规模运行，大电网运行风险始终存在。

解决“强直弱交”问题的关键在于强化交流电网建设，使之与直流容量、规模相匹配。当前，国家电网正积极构建坚强的东、西部同步电网，

实现电网全面优化升级，服务国家清洁能源发展战略。

提升仿真技术。正在建设的新一代仿真平台包括数模混合仿真和数字混合仿真两大部分。在现有机电-电磁混合仿真基础上，扩大电磁暂态仿真规模，采用实际控保装置模拟直流控制保护行为，采用超级计算技术提升仿真效率，并实现 FACTS、柔性直流等电力电子装置建模验证，为特高压电网的安全运行提供了有力支撑。

修订稳定计算标准。针对特高压交直流互联出现的威胁电网安全稳定运行的新故障形态，公司修订了《国家电网安全稳定计算技术规范》，指导电网规划与运行。在现有安全稳定计算标准考虑直流系统单、双极闭锁故障的基础上，将直流连续换相失败、再启动、直流功率突降等故障形态纳入第一、二级计算标准，对于同送、

受端多回直流同时多次换相失败等情况，作为严重故障形态进行校核。

优化系统运行控制策略。根据修订后的《国家电网安全稳定计算技术规范》，深化交直流电网特性分析，合理制定运行控制策略。部署单回、多回特高压直流连续换相失败情况下主动闭锁直流并联切送端机组的控制措施，阻断由于直流换相失败引发的连锁反应。优化直流再启动、功率速降、速切交流滤波器等控制保护策略。通过调整受端电网交流线路重合闸时间延长2次同时换相失败时间间隔，减小直流扰动对交流系统的冲击。

强化频率、电压控制手段。加强一次调频分析与管理，完善机组一次调频性能在线监测手段，核查机组一次调频投入、响应情况，强化一次调频评价考核，对于不满足要求的机组尽快整改。加强抽蓄电站布局和应用

研究，解决特高压直流馈入事故备用问题，满足清洁能源大规模开发和受电地区调峰要求，提高清洁能源消纳水平。

深入研究掌握多直流落点地区的电压稳定特性，统筹规划受端电网动态无功布局，结合十三五规划，在华东多直流馈入受端系统，及华中、西北、华北等大容量直流送端开展加装调相机研究工作。

提升新能源涉网性能。专题研究新能源机组涉网特性，制定相关标准，

开展系统性治理工作，挖掘新能源场站自身动态有功、无功调节能力，参与系统调频调压，防范由于新能源大规模脱网引发连锁反应的风险。

针对新能源大规模并网后与系统耦合产生次同步振荡的问题，加强新能源次同步谐波管理，加强风火相邻等重点地区次同步谐波监测，实现源头治理。开展新能源次同步振荡机理研究，推动制定相关标准。部署次同步振荡安控措施，在系统中发生次同步振荡时切除相关风电机组，该系统

自2015年下半年投产至今，动作30余次（均正确动作），有效控制了次同步谐波的影响。

随着后续特高压直流工程的相继投产，跨区送电规模还将进一步扩大，控制措施日趋复杂，交直流网复杂程度和脆弱性都在不断增加，系统安全风险在较长一段时期内仍将持续存在，对大电网运行与控制中出现的各类新问题、新现象，还需不断开展深入研究，在特高压运行控制领域不断实现技术创新。🌱

解决“强直弱交”问题的关键在于强化交流电网建设，使之与直流容量、规模相匹配。摄影 / 杨文彪 王平

