

2020 年度安徽省科学技术奖励项目公示材料

项目名称：±1100 千伏直流落点安徽后电网频率电压稳定及运行风险优化控制

提名者及提名意见：

提名者：国网安徽省电力有限公司

提名意见：该项目针对±1100 千伏吉泉直流投产对安徽受端电网稳定分析、运行控制和可靠供电提出的更高要求，产、学、研协同攻关，在电压和频率稳定全过程协调控制技术、基于北斗卫星技术的输电线路动态增容和考虑备自投策略的供电风险辨识技术上取得了创新突破。

项目研发成果已在国网安徽电力有限公司全面应用，取得了良好的经济与社会效益，具备在全国范围内推广应用价值，同意提名科技进步奖。

项目简介：

±1100 千伏吉泉直流起于新疆昌吉，落点安徽皖南，是世界上电压等级最高、输送容量最大的远距离直流输电工程。吉泉直流投产后，安徽电网步入交直流混联新阶段，从原来华东内部送端电网向受端电网转变，电网频率及电压稳定特性发生变化；另一方面，以当前平均最大负荷不足 3000 万千瓦的安徽电网承接吉泉直流 1200 万千瓦电力馈入，受端一次电网的网架疏纳能力、二次电网的安全自动装置适应性面临考验，电网安全运行风险增大。本项目针对±1100 千伏吉泉直流投产对安徽受端电网稳定分析、运行控制和可靠供电提出的更高要求，开展吉泉直流受端安徽电网频率电压稳定及运行风险优化控制技术研究，主要内容包括：仿真分析直流受端安徽交直流混联电网频率电压稳定特性，提出从离线决策到在线预决策，至数据驱动决策的全过程协调优化控制；校核直流受端安徽电网网架疏纳能力及安自装置适应性，对“三道防线”薄弱环节进行优化提升；研究电网运行风险智能辨识及精准评估技术，开发安徽受端电网一体化分析及风险管控平台。项目共取得发明专利授权 10 项、发表科技论文 18 篇（EI 检索 7 篇），重点在以下三个方面取得了一些技术进步：一是提出静态、暂态、动态（中长期）三阶段递进离线决策方法，应用连续线性规划算法在线校核和协调控制策略优化，利用模型预测控制（MPC）对电压和频率进行在线校正；二是提出线路载流能力静态多点校核策略，利用北斗卫星技术传输线路微气象及工况实测信息，从而实现了输电线路在线动态增容和输电能力提升；三是提出了利用图论算法识别高危用户供电风险并考虑备自投策略的电网负荷损失风险评估方法。项目研发的安徽电网频率电压全过程分析安全管控系统、输电线路在线监测系统成果自 2017 年已在安徽电网全面应用至今，安控装置在线监测校核系统已推广至西南、华中电网项目经济效益及社会效益显著。

客观评价：

一、2020 年 3 月 3 日，中国电力企业联合会通过视频会议的方式组织召开了国网安徽省电力有限公司、河海大学、中国电力科学研究院有限公司等单位共同完成“±1100 千伏直流受端电网频率电压稳定辅助决策及运行风险优化控制”项目科技成果鉴定会。鉴定委员会听取了项目的研究报告、技术报告、技术经济分析报告、国内外同类技术对比分析报告、测试报告和查新报告等汇报，审

查了鉴定资料，经质询与讨论，形成鉴定意见如下：

1、提交的鉴定资料完整，符合科技成果鉴定要求。

2、本项目研究±1100千伏直流落点的电网分析和控制关键技术，包括交直流混联电网频率、电压稳定全过程仿真技术，保障电网安全的“三道防线”在线优化，风险辨识与评估新技术。主要创新点如下：

（1）提出静态、暂态、动态（中长期）三阶段递进离线决策方法，应用连续线性规划算法在线校核和协调控制策略优化，利用模型预测控制（MPC）对电压和频率进行在线校正。

（2）提出线路载流能力静态多点校核策略，利用北斗卫星技术传输线路微气象及工况实测信息，从而实现了输电线路在线动态增容和输电能力提升。

（3）应用矢量化图形技术将电网仿真模型图形化，提出了利用图论算法识别高危用户供电风险并考虑备自投策略的电网负荷损失风险评估方法。

3、项目开发的多数据源整合全过程电压稳定决策平台经第三方检测机构检测，符合相关标准要求。

4、本项目研究成果已在安徽电网全面应用至今，部分成果已用于西南、华中电网。其中，应用项目研究成果有效辨识并发布了安徽电网运行风险预警，提升了500千伏及220千伏部分断面输电能力。

鉴定委员会一致认为，项目研究成果在电压和频率稳定全过程协调决策技术、基于北斗卫星技术的输电线路动态增容和考虑备自投策略的供电风险辨识技术上达到国际领先水平。建议加大项目研究成果推广应用力度。

二、获奖情况

（1）2017年，“安徽特高压交直流混联电网运行控制方案研究”项目获国网安徽省电力有限公司科技进步奖一等奖。

（2）2019年，“±1100千伏直流落地后安徽电网运行控制与发展关键技术研究”项目获国网安徽省电力有限公司科技进步奖一等奖。

应用情况：

项目研发的安徽电网运行风险智能辨识一体化管控系统、输电线路在线监测及动态增容系统等成果自2017年在安徽电网全面应用至今，近3年直接经济效益达3212.29万元，部分项目成果已推广至华中电网、西南电网，间接经济效益与社会效益显著。具体应用推广情况如下：

项目研发了安徽电网省地县运行风险智能辨识、一体化管控技术平台，自2017年已在安徽主网及16家地区电网供电公司全面应用，近3年直接经济效益5137万、新增利润1291.75万，截止2020年2月累计有效辨识并发布安徽电网5级以上运行风险预警286次。

项目研发了输电线路导线温度在线监测及动态增容系统，自2017年在安徽电网应用至今，近3年直接经济效益6177万、新增利润926.55万，有效提升直流近区500千伏楚城-当涂断面输电限额600MW，220千伏谷南2C19、沱姬2C11/12断面输电能力增幅达320MW，解决了芜湖华电发电厂、国电宿州第二热电厂机组窝出力问题。

项目研发了电网安控装置在线监测分析系统，近3年直接经济效益3367万、新增利润691.75万元，实现了安徽电网实时数据、安控装置实时数据和装置策略进行深度融合和智能挖掘，保障了吉泉直流受端安徽电网稳控装置信息采集、装置定值在线校核、状态在线校核、策略在线校核、限额监控分析闭环。相

关成果还推广至国网西北分部、西南分部以及江西、湖北、西藏、辽宁、重庆等省级电网应用。

项目研发了安徽电网频率电压全过程分析管控系统,大幅提升了安徽电网停电检修工作的安全管控水平,自 2017 年在安徽电力调度控制中心应用至今效果良好,近 3 年直接经济效益 1074.34 万、新增利润 302.24 万。

主要知识产权和标准规范目录:

1. 专利

(1) 输电线路导线温度在线检测系统和方法. 国家电网公司;国网安徽省电力公司;安徽继远电网技术有限责任公司. 汤伟;刘路登;杨可军;杨帆;王欢;朱能富. ZL 201510190497.4

(2) 一种用于辨识高危及重要用户供电风险的智能判断方法. 国家电网公司;国网安徽省电力公司. 汤伟;刘辉;杨钺;刘路登. ZL 201410405399.1

(3) 基于发电机无功储备灵敏度的电压稳定预防控制方法. 河海大学. 赵晋泉;饶燕. ZL 201510190497.2

(4) 计及分区动态无功储备的无功电压控制方法. 河海大学. 赵晋泉;居俐洁. ZL 201510144969.0

(5) 基于 PSASP 模型和备自投策略的电网负荷损失风险评估方法. 国家电网公司;国网安徽省电力公司;国网安徽省电力公司淮南供电公司. 汤伟;刘辉;刘路登;杨钺;王莹康. ZL 201410806347.5

(6) 节点无功电压约束统一的互补潮流计算方法. 河海大学. 赵晋泉;郑浩. ZL 201510161711.1

(7) 一种用于电网安全稳定控制装置的监测分析方法及系统. 国家电网公司;国网安徽省电力公司. 忽浩然;汤伟. ZL 201310716039.9

(8) 基于 SVG 技术实现 PSASP 数据文件图形化的方法. 国家电网公司;国网安徽省电力公司. 汤伟;刘辉. ZL 201310527258.2

(9) 基于连续潮流的电网潮流可解性辨识及初值生成方法. 河海大学. 赵晋泉;关朝杰. ZL 201410410654.1

(10) 基于区间联络线能量预测的暂态稳定紧急切机控制方法. 河海大学. 赵晋泉;邓晖;章玉杰;张盼. ZL 201610326724.4

2. 论文

发表 18 篇论文,其中 EI 收录 7 篇。

主要完成人员情况:

1. 汤伟

行政职务: 时任安徽电力调控中心系统处处长、现任检修分公司副总经理

技术职称: 教授级高工

工作单位: 国网安徽省电力有限公司

完成单位: 国网安徽省电力有限公司

对本项目贡献: 在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 60%。对本项目 3 个创新点均有贡献,尤其是提出了基于 SVG 技术实现电网仿真数据图形化的方法,提出基于阻塞分析和北斗通信技术的输电线路动态增容方法,提出一种电网运行风险的多维评估体系构建方法。

2. 赵晋泉

行政职务：河海大学能源与电气学院教授

技术职称：教授

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 60%。对本项目创新点 1 贡献突出，提出了综合考虑频率和电压的大批量静态稳定严重故障筛选方法。基于连续线性规划方法，提出了综合考虑调相机紧急控制、直流功率紧急提升和切负荷的暂态电压和暂态频率紧急协调控制策略。

3. 杨铖

行政职务：安徽电力调度控制中心系统处主管

技术职称：高级工程师

工作单位：国网安徽省电力有限公司

完成单位：国网安徽省电力有限公司

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 60%。对本项目第 1、第 3 创新点均有贡献，尤其是提出了适用于 ± 1100 千伏直流受端电网的基于分叉轨迹灵敏度的两阶段电压控制决策方法，提出了基于图论算法考虑备自投策略的供电风险辨识方法。

4. 许鹏飞

行政职务：中国电力科学研究院有限公司仿真室高级工程师

技术职称：高级工程师

工作单位：中国电力科学研究院有限公司

完成单位：中国电力科学研究院有限公司

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 55%。对创新点 1 做出重要贡献，提出了频率和电压动态稳定三阶段严重故障筛选和离线协调辅助决策方法。提出基于模型预测控制的频率和电压协调闭环校正控制方法，提出结合事件驱动预决策和数据驱动控制的两阶段协调校正方法。

5. 刘辉

行政职务：安徽电力调度控制中心系统处副处长

技术职称：高级工程师

工作单位：国网安徽省电力有限公司

完成单位：国网安徽省电力有限公司

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 55%。对本项目第 3 个创新点有重要贡献，尤其是提出了一种电网运行风险的多维评估体系构建及辨识预警方法。

6. 宋墩文

行政职务：中国电力科学研究院有限公司仿真室主任

技术职称：教授级高工

工作单位：中国电力科学研究院有限公司

完成单位：中国电力科学研究院有限公司

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 55%。对创新点 1 做出重要贡献，提出了频率和电压动态稳定三阶段严重故障筛选和离线协调辅助决策方法。提出基于模型预测控制的频率和电压协调闭环校正控制方法，提出结合事件驱动预决策和数据驱动控制的两阶段协调校正方法。

7. 杨可军

行政职务：总工程师

技术职称：工程师

工作单位：安徽继远电网技术有限责任公司

完成单位：安徽继远电网技术有限责任公司

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 50%。对本项目创新点 2 做出贡献，参与开发基于北斗卫星技术实现输电线路在线监测系统。

8. 王京景

行政职务：安徽电力调度控制中心系统处主管

技术职称：高级工程师

工作单位：国网安徽省电力有限公司

完成单位：国网安徽省电力有限公司

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 50%。对项目创新点 1 做出贡献，尤其是在直流受端电网多重故障集的构建方法以及直流换相失败对交流断面的影响研究方面做了细致工作。

9. 宋云亭

行政职务：中国电力科学研究院有限公司新技术室主任

技术职称：教授级高工

工作单位：中国电力科学研究院有限公司

完成单位：中国电力科学研究院有限公司

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 40%。对本项目创新点 1 做出贡献，提出了直流受端电网多重故障集的构建标准。

10. 冯沛儒

行政职务：国网安徽省电力有限公司经济技术研究院五级职员

技术职称：高级工程师

工作单位：国网安徽省电力有限公司经济技术研究院

完成单位：国网安徽省电力有限公司经济技术研究院

对本项目贡献：在该项技术研发工作中投入的工作量占本人同期工作总量的百分比为 40%。对创新点 1、创新点 3 均有贡献，针对课题研究涉及的安徽电网现状及未来发展等重大边界条件、安徽 500 千伏及以上电网发展关键问题，开展了细致研究工作。

主要完成单位及推广贡献：

1. 国网安徽省电力有限公司

主要贡献：国网安徽省电力有限公司作为本项目的牵头单位，对项目的技术路线、创新要点、实施方案、效果目标等方面进行总体策划和把关，对本项目 3 个创新点均有贡献，具体提出了基于 SVG 技术实现电网仿真数据图形化的方法，提出基于阻塞分析和北斗通信技术的输电线路动态增容方法，提出一种电网运行风险的多维评估体系构建方法。提出了适用于±1100 千伏直流受端电网的基于分叉轨迹灵敏度的两阶段电压控制决策方法，提出了基于图论算法考虑备自投策略的供电风险辨识方法。

2. 河海大学

主要贡献：河海大学是项目子课题负责单位，对本项目创新点 1 贡献突出，提出

了综合考虑频率和电压的大批量静态稳定严重故障筛选方法。基于连续线性规划方法，提出了综合考虑调相机紧急控制、直流功率紧急提升和切负荷的暂态电压和暂态频率紧急协调控制策略。

3. 中国电力科学研究院有限公司

主要贡献：中国电力科学研究院有限公司承担项目关键技术攻关任务，对创新点 1 做出重要贡献，提出了频率和电压动态稳定三阶段严重故障筛选和离线协调辅助决策方法。提出基于模型预测控制的频率和电压协调闭环校正控制方法，提出结合事件驱动预决策和数据驱动控制的两阶段协调校正方法。

4. 安徽继远电网技术有限责任公司

主要贡献：安徽继远电网技术有限责任公司对本项目创新点 2 做出贡献，参与开发基于北斗卫星技术实现输电线路在线监测系统，在项目成果实用化及工程应用方面贡献突出。

5. 国网安徽省电力有限公司检修分公司

主要贡献：国网安徽省电力有限公司检修分公司对本项目创新点 1、创新点 2 做出贡献，参与±1100 千伏吉泉直流仿真分析工作，具体负责实施直流高端近区 500 千伏网架输电能力校核提升，为解决吉泉直流电力疏纳做出重要贡献。

6. 国网安徽省电力有限公司经济技术研究院

主要贡献：国网安徽省电力有限公司经济技术研究院对创新点 1、创新点 3 均有贡献，针对课题研究涉及的安徽电网现状及未来发展等重大边界条件、安徽 500 千伏及以上电网发展关键问题，开展了大量细致研究工作。

完成人、完成单位合作关系说明：

第一完成单位主要完成人汤伟、杨铖、刘辉、王京景与第二完成单位主要完成人赵晋泉以及第三单位完成人许鹏飞、宋墩文、宋云亭开展合作研究，重点研究吉泉直流投产后安徽受端电网电压频率稳定特性及辅助控制策略，提出了综合考虑频率和电压的大批量静态稳定严重故障筛选方法，提出基于模型预测控制的频率和电压协调闭环校正控制方法，提出结合事件驱动预决策和数据驱动控制的两阶段协调校正方法。

第一完成单位主要完成人汤伟、杨铖、刘辉、王京景与第四完成单位主要完成人杨可军、第六完成单位主要完成人冯沛儒，合作开展吉泉直流投产后网架疏纳能力及风险控制分析，合作研发了输电线路在线监测系统，提出了安徽电网考虑自备投策略的电网风险评估方法，第五完成单位配合实施了吉泉直流近区薄弱断面输电能力校核提升。