

## 附件 2

# 国网湖南省电力有限公司 拟提名 2020 年度湖南省科学技术奖项目 公示信息

## 一、技术发明奖

### (一) 项目名称：变压器油火灾凝胶乳化带电灭火技术及装备

#### 1、提名意见

近年来,变压器火灾频发,已成为严重威胁电力能源供应和安全的重大灾害。该项目针对“变压器高温油火灭火难、水雾长射程抗风带电灭火难、自动带电灭火控制难”三大火灾难题,首次提出了“凝胶防高温蒸发油乳化阻隔、直射-螺旋超长射程带电灭火、多回路管网复杂解耦自动安全控制”带电灭火新思路,发明了全新的变压器高效带电灭火技术:提出了变压器高温油火“凝胶防高温蒸发、强扩张覆盖、油乳化防复燃”灭火新原理,发明了国内外首款变压器油乳化绝缘灭火剂,攻克了变压器高温油火灾灭火国际难题;创造性提出了水雾高电压绝缘-直射螺旋户外超长射程带电灭火新方法,破解了小雾径与超长射程防风带电灭火难题;发明了安全高效灭火自动控制新技术,实现了安全带电灭火与高效灭火的协同控制;发明了国内外首套移动式 and 固定式变压器油乳化带电灭火装备,为变压器高温油火灾带电灭火提供了有效的技术装备,并率先应用至特高压换流站等国家重点/重大工程,攻克了不同电压等级变压器(含特高压)火灾带电高效灭火难题。

项目成果属国内外首创,技术难度很大,技术经济指标达到了国际领先水平,解决了变压器(含特高压)火灾带电高效灭火难题,已应用至多个变电站和换流站,大幅提升了电力能源安全供应水平,取得了重大社会、经济和生态效益,具有广阔的推广应用前景。

项目已获中国机械工业科学技术奖一等奖,授权发明专利 8 项,培养变压器防火技术人才上百名,填补了国内外变压器高温油火带电灭火技术空白。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料,经认真审阅,确认该项目提名书及附件材料真实有效,提名该项目为 2020 年度湖南省技术发明一等奖。

#### 2、项目简介

变压器火灾是近年威胁电网安全运行的严重危害之一。变压器电压高,内有大量可燃油,易发生火灾,烧毁变压器,造成大面积长时间停电。2014 年,英国英伦海峡变压器起火,欧洲之星国际列车一度停运;2016 年,西安变压器失

火，停电 8.65 万用户；2018-2019 年，天山、宜宾、昌吉、济南等特高压变压器起火，烧毁多台变压器及阀厅，是近三年我国最严重的电网设备损坏事故。

变压器灭火长期依赖传统消防技术，因变压器油燃烧值大，高温油火难以扑灭，同时因水绝缘低，不能带电灭火。消防标准规定：灭火喷头不应直接对准高压套管。国内外尚无变压器高温油火带电灭火技术，存在三大难题：1) 变压器油火温度高达上千度，传统灭火剂遇热蒸发，难以灭火，27 台水和泡沫消防车也未能扑灭天山换流变大火。2) 变压器电压最高达 1100kV，传统水和泡沫灭火技术因灭火剂绝缘低，易造成人员触电伤亡，不能带电灭火；减小水雾雾径，绝缘提高，但小雾径水雾受风与空气阻力影响，射程短，水雾超长射程防风带电灭火难度大。3) 变压器灭火既要保证灭火效率，又要保证雾滴小，带电安全，同时需要防风，水剂雾径与射程受压力、流量、喷头结构等多参数耦合，安全自动精准控制难。项目创造性提出“凝胶防高温蒸发油乳化阻隔-直射螺旋超长射程雾化-多回路解耦安全控制”变压器油火带电灭火的独特思路，发明全新的变压器高温油火带电灭火技术及装备：

(1) 提出凝胶防蒸发油乳化阻隔灭火新原理，提出新颖的纤维素醚组分，遇热形成凝胶，携带灭火剂降至油表面，巧妙解决灭火剂高温蒸发难题；提出活性组分，表面张力 $<18\text{mN/m}$ ，在油表面迅速铺张，阻隔氧气，攻克变压器不规则形状灭火难题；提出油乳化组分，乳化变压器油，防止油挥发复燃；发明国内外首款变压器油乳化绝缘灭火剂，仅 50 秒 200L 灭火剂就可扑灭  $100\text{m}^2$  温度  $1400^\circ\text{C}$ 、火焰高 35m 的变压器油火，攻克变压器高温油灭火世界难题。

(2) 国内外首创直射螺旋超长射程带电灭火新方法，建立螺旋水道-直射破碎流体动力学模型，发明直射螺旋超长射程带电灭火喷枪，射程 $>25\text{m}$ ，同时雾径 $<300\ \mu\text{m}$ ，绝缘能力较干燥空气还高 10%，防风能力 $>5$  级风，破解小雾径与超长射程防风带电难题。

(3) 发明带电安全灭火多回路解耦自动控制新技术，揭示压力、流量、射程、雾径、灭火性能等因素的相互影响规律，建立带电灭火系统多回路复杂因素解耦的控制方程，解决高压安全带电灭火与高效灭火的协同控制难题。

(4) 发明国内外首套移动式 and 固定式变压器带电灭火装备，移动式灭火装备保护半径 $>3000\text{m}$ ，举高 $>20\text{m}$ ，喷射距离 $>40\text{m}$ ，满足特高压换流站大型设备灭火；固定式灭火装备绝缘水雾击穿电压 $>1100\text{kV}$ ，率先实现覆盖特高压变压器高压套管的自动带电灭火，为变压器油火灾提供了有效的灭火关键装备。

项目技术成熟，通过电力、消防权威机构检测并规模生产，在多个变电站应用，率先应用于特高压换流站。近 3 年实现新增销售额 6348 万元，保障了变压器安全运行和社会供电，安全与环境效益重大。国内外变压器数量众多，防火需求巨大，应用前景广阔。授权发明专利 8 项。经院士专家鉴定为“解决了高温油火灾带电高效灭火技术难题，具有重大创新和突破，达到国际领先水平”，获 2019 年中国机械工业科学技术奖一等奖，填补了国内外变压器高温油火带电灭火技术空白。

### 3、客观评价

#### (1) 项目创新性与水平评价

国内外专家对项目评价“技术上有重大创新和突破”、“解决了高温油火灾带电高效灭火技术难题”、“达到国际领先水平”

1) 2018年12月23日,湖南省机械工业协会在长沙组织召开了“变压器带电灭火技术研究与应用”科学技术成果评价会,以范维澄院士为组长、薛禹胜院士和欧阳晓平院士为副组长的专家组给出了如下技术成果评价意见:“鉴定委员会一致认为:该成果解决了高温油火灾带电高效灭火技术难题,技术上有重大创新和突破。大型变压器(含特高压)高温油带电灭火技术达到国际领先水平,具有重大的社会效益。”

2) 2018年7月,国网湖南省电力公司防灾减灾中心组织召开了“电气/油/煤火灾绝缘带电灭火技术及装备”项目评审会,以谢和平院士为组长,曹耀峰院士、陈晓红院士为副组长的专家组给出了如下评审意见:“该产业化项目符合国家能源安全领域急需解决的重大技术需要…为变压器火灾扑救提供了有效的技术解决方案。”

3) 2017年9月,国家电网公司组织专家对项目整体技术进行验收:“…项目技术先进,节能环保…项目成果质量优…同意通过验收”。

#### (2) 项目获奖情况

“变压器油火灾凝胶乳化带电灭火技术及装备”获得2019年中国机械工业科学技术奖一等奖。

#### (3) 权威机构检测

1) 灭火剂通过了应急管理部天津消防研究所国家固定灭火系统和耐火构件质量监督检验中心检测:“灭火性能 $\geq 55B$ ,凝固点、抗冻结与融化性、腐蚀率、毒性等检测均合格。”

2) 国家高电压计量站出具了灭火系统水雾/灭火剂水雾的绝缘性能试验,试验结果表明:“1.2m间隙下自来水(电导率为 $156\mu\text{s}/\text{cm}$ )水雾击穿电压为480.7kV,空气击穿电压为439.0kV,自来水水雾较空气击穿电压提升9.5%;1%XD灭火液(电导率为 $164\mu\text{s}/\text{cm}$ )水雾的击穿电压为481.2kV,灭火液没有降低自来水雾的击穿电压;1%XD灭火液完全润湿支柱绝缘子的沿面闪络电压…满足要求,绝缘性高,可安全应用”。

#### (4) 国内外科技查新

教育部科技查新工作站(L07)针对“变压器油乳化绝缘灭火剂、强效雾化超长射程带电灭火装置、变压器灭火系统精准自动控制技术、移动式 and 固定式变压器油乳化带电灭火装备”四个查新点进行国内外科技查新,查新报告结论:

“国内外文献检索表明,未见变压器油乳化绝缘灭火剂文献报道,未见有灭火液强扩张覆盖、乳化防复燃、凝胶防高温蒸发灭火机理研究报道;尚未有满足特高压及各电压等级安全带电灭火要求的强效雾化直射离心超长射程带电灭火装置;未见有变压器灭火系统射程、雾径、灭火性能、压损等多复杂因素耦合的泵组精

准自动控制方法；未见有可以实现变压器火灾带电防治的移动式和固定式变压器油乳化带电灭火装备的相关文献报道。除查新委托人申请公开的专利与公开发表的论文文献外，未见有与该查新项目综合技术特点相同的研究报道。”

#### (5) 主要用户单位应用验收评价

1) 国家电网有限公司设备管理部：“自 2017 年 9 月以来，该项目技术成果已在国家电网公司 220kV 至±800kV 多个电压等级变电站（换流站）得到了应用，有效保证了变压器火灾安全，保障了社会供电，安全与环境效益重大”。

2) 国网湖南省电力有限公司应用证明：“项目发明的移动式和固定式变压器油乳化带电灭火装备自 2016 年起，陆续在我公司±800kV 湘潭特高压换流站、±500kV 鹅城换流站、220kV 同心变电站等换流站和变电站应用…带电保护了火灾最容易发生的变压器高压套管，用水量少，环保性好，且占地面积小、操作简单、安全系数高…有力保障了电力变压器的安全运行，提高了电网供电可靠性，社会和安全效益显著。”

3) 国网湖南省电力有限公司检修公司证明：“该装备有效保护了火灾最容易发生的变压器高压套管，用水量少，环保性好，且占地面积小、操作简单、安全系数高，获得了一线技术人员的好评…灭火装备先进实用，为换流站变压器火灾防治提供了强有力的装备，显著提升了大电网的安全运行水平，其应用前景十分广阔，值得大规模推广应用。”

4) 国网甘肃省电力公司检修公司证明：“2019 年 4 月起，我单位±800kV 祁连换流站应用了国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心研制的移动式变压器油乳化带电灭火装备。该装备操作简单、机动性能好、喷射距离远、灭火能力强，并且可带电灭火，有效解决了换流站变压器火灾远距离长射程带电高效防治难题。系统成果为特高压换流站变压器火灾防治提供了有效的技术与装备，应用前景广阔。”

5) 湖南省湘电试研技术有限公司应用证明：“国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心的变压器油乳化带电灭火专利技术成果…可带电灭火、灭火效率高、运行可靠、操作方便、运维简单，受到各电力企业的广泛赞誉。产品市场竞争力强，具有广阔的市场应用前景。”

#### 4、推广应用情况

项目技术成熟，已委托国内骨干消防企业湖南省湘电试研技术有限公司等进行成果转化，实现了规模化生产。自投入应用的三年以来，成果已在国家电网公司±800kV 特高压换流站、±500kV 换流站、220kV 变电站等多个电压等级换流站/变电站得到了推广应用。例如，自 2017 年 9 月起，项目首台固定式变压器油乳化带电灭火装备应用于国网湖南省电力有限公司常德 220kV 同心变电站。2018 年 6 月，移动式变压器油乳化带电灭火装备应用至±800kV 特高压韶山换流站，是 2018 年国家电网公司发生换流站火灾后第一套进驻特高压换流站的移动式灭火装备。已应用本项目变压器油乳化带电灭火装备的换流站和变电站未发生变压器火灾事故，为电网安全稳定运行发挥重要作用。

### 主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
国家电网有限公司设备管理部	整体技术	2017年9月至今	彭波/01063413332	有效保证了变压器火灾安全，保障了社会供电
国网湖南省电力有限公司	整体技术	2017年9月至今	周挺/13875885902	提高了电网供电可靠性
国网湖南省电力有限公司常德供电公司	整体技术	2017年9月至今	帅勇/15073608991	带电保护了火灾最容易发生的变压器高压套管
国网湖南省电力有限公司检修公司	整体技术	2019年至今	武剑利/17773180182	用水量少，环保性好，且占地面积小、操作简单
国网甘肃省电力有限公司	整体技术	2019年至今	王安民/13893096919	机动性能强、喷射距离远、灭火能力强
湖南省湘电试研技术有限公司	整体技术	2012年1月至今	李湘林/18973102265	可带电灭火、灭火效率高、运行可靠、操作方便、运维简单

### 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	一种变压器油灭火剂及灭火系统	中国	ZL201810659753.1	2019/08	第3488034号	国网湖南省电力公司;国网湖南省电力公司防灾减灾中心;国家电网公司	陆佳政;陈宝辉;梁平;孙易成;李波;吴传平;周特军	有权
发明专利	一种变压器油火灾安全灭火剂及其制备方法	中国	ZL201710261522.0	2017/04	第33134381号	湖南省湘电试研技术有限公司	陆佳政;陈宝辉;李波;梁平	有权
发明专利	一种中压直射雾化细水雾喷嘴及中压细水雾喷头	中国	ZL201710258570.4	2017/01/12	第2778361号	国网湖南省电力公司;国网湖南省电力公司防灾减灾中心;国家电网公司	陆佳政;陈宝辉;李波;梁平;熊蔚立	有权
发明专利	细水雾抗风性能参数测量系统及方法	中国	ZL201611176332.0	2020/01	第3680837号	国网湖南省电力公司;国网湖南省电力公司防灾减灾中心;国家电网公司	陆佳政;周特军;李波;熊蔚立;方针;吴传平	有权

发明专利	针对电力变压器火灾的水雾带电灭火装置的设计方法	中国	ZL201711001703.6	2019/12	第3637433号	国网湖南省电力公司;国网湖南省电力公司防灾减灾中心 国家电网公司;湖南省湘电试研技术有限公司	陆佳政;陈宝辉;吴传平;周特军;梁平;潘碧宸;李波;方针	有权
发明专利	一种水雾绝缘带电灭火试验方法与装置	中国	ZL201710140763.X	2017/12/15	第2739534号	国网湖南省电力公司;国网湖南省电力公司防灾减灾中心 国家电网公司;湖南省湘电试研技术有限公司	陆佳政;陈宝辉;李波;方针;吴传平	有权
发明专利	一种高压细水雾-风力组合型移动式灭火车	中国	ZL201611168365.0	2017/11/21	第2705642号	国网湖南省电力公司;国网湖南省电力公司防灾减灾中心;国家电网公司	陆佳政;陈宝辉;李波;熊蔚立	有权
发明专利	手提式恒压细水雾-气体两用灭火器	中国	ZL201611167596.X	2017/12/01	第2722826号	国网湖南省电力公司;国网湖南省电力公司防灾减灾中心;国家电网公司	陆佳政;陈宝辉;李波;谭艳军;吴传平	有权

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人:

姓名	陈宝辉	排名	1	行政职务	山火监测预警中心副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献:</p> <p>对发明点一、二、四均做出主要贡献。在第一个发明点中提出了变压器高温油火三重高效灭火机理,发明了变压器油乳化绝缘灭火剂;在第二个发明点中和第三完成人、第四完成人提出了直射螺旋超长射程带电灭火技术,揭示了水雾绝缘灭火机理;在第四个发明点中研制了固定式变压器油乳化带电灭火装备。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 80%。完成与项目相关的发明专利 7 项,论文 4 篇。</p>					

第 2 完成人：

姓名	李波	排名	2	行政职务	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心副主任
技术职称	研究员级高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对发明点一、二、三做出主要贡献。在第一个发明点中参与发明了变压器油乳化绝缘灭火剂；在第二个发明点中参与了直射螺旋超长射程带电灭火技术的开发；在第三个发明点中与第五完成人一起提出了带电安全灭火自动控制技术。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 60%。完成与项目相关的发明专利 8 项，论文 1 篇。</p>					

第 3 完成人：

姓名	吴传平	排名	3	行政职务	副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	湖南省湘电试验技术有限公司	工作单位	湖南省湘电试验技术有限公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对发明点一、二、四个做出主要贡献。在第一个发明点中参与发明了变压器油乳化绝缘灭火剂；在第二个发明点中与第一完成人、第四完成人发明了直射螺旋超长射程带电灭火技术；在第四个发明点中研制了移动式变压器油乳化带电灭火装备。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 60%。完成与项目相关的发明专利 5 项，论文 1 篇。</p>					

第 4 完成人：

姓名	陆佳政	排名	4	行政职务	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心主任
技术职称	研究员级高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>与项目负责人完成了项目整体设计，并组织实施。对发明点一、二、三、四均做出主要贡献。在第一个发明点中参与发明了变压器油乳化绝缘灭火剂；在第二个发明点中与第一完成人、第三完成人提出了直射螺旋超长射程带电灭火技术；在第三个发明点中参与发明了带电安全灭火自动控制技术；在第四个发明点中参与研制了移动式 and 固定式变压器油乳化带电灭火装备。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 60%。完成与项目相关的发明专利 8 项，论文 4 篇。</p>					

第 5 完成人：

姓名	周特军	排名	5	行政职务	灾害措施室副主任
技术职称	工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对发明点三和发明点四做出主要贡献。在发明点三中与第二完成人开展了灭火性能、压力、流量、射程、雾径等因素的相互影响关系研究，设计了变压器灭火系统多复杂因素解耦自动控制方法；在第四个发明点中参与开发了固定式和移动式变压器油乳化带电灭火装置。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 50%。完成与项目相关的发明专利 3 项。</p>					

第 6 完成人：

姓名	方针	排名	6	行政职务	二级职员
技术职称	研究员级高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对发明点二和发明点四做出主要贡献。在发明点二中参与发明了直射螺旋超长射程带电灭火技术；在发明点四中参与发明了固定式变压器油乳化带电灭火装置。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 40%。完成与项目相关的发明专利 3 项，论文 3 篇。</p>					

7、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	排名	1	所在地	湖南长沙
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：</p> <p>项目组织单位和主要研究单位，为项目的完成提供了人力、物力、财力和现场试验等条件。对项目创新点一、二、三、四均作出了重要贡献：</p> <p>(1) 提出了凝胶防蒸发油乳化阻隔灭火新原理，设计了新颖的不导电纤维素醚，提出了非离子表面活性剂，设计了绝缘型油乳化剂，发明了变压器油乳化绝缘灭火剂。</p> <p>(2) 发明了直射螺旋超长射程带电灭火新方法，发明了直射-螺旋超长射程带电灭火喷枪。</p> <p>(3) 发明了带电安全灭火多回路解耦自动控制技术，建立了带电灭火系统多回路复杂因素解耦的控制方程。</p> <p>(4) 发明了移动式 and 固定式变压器带电灭火装备。</p> <p>(5) 获授权发明专利 7 项，发表论文 4 篇。</p>					



单位名称	湖南省湘电试验有限公司	排名	2	所在地	湖南长沙
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：</p> <p>项目主要完成单位。对项目创新点一、创新点三作出了重要贡献：</p> <p>(1) 参与发明了变压器油乳化绝缘灭火剂。</p> <p>(2) 参与发明了水雾化带电灭火技术，参与研制了直射螺旋超长射程带电灭火喷枪。</p> <p>(3) 参与发明了移动式 and 固定式变压器带电灭火装备。</p> <p>(4) 获授权发明专利 3 项。</p>					

## 8、完成人合作关系说明

项目负责人陈宝辉，主持项目研究时间：2016 年 1 月至 2017 年 12 月，对发明点一、二、四做出了贡献。和第 4 完成人共同负责制定技术路线以及项目的具体实施。提出了变压器高温油火三重灭火原理，发明了变压器油乳化绝缘灭火剂；提出了直射螺旋超长射程带电灭火技术；研制了固定式变压器油乳化带电灭火装备。合作成果包括：与第 2 完成人共同获得授权国家发明专利 7 项、合著论文 1 篇，与第 3 完成人共同获得授权国家发明专利 5 项、合著论文 1 篇，与第 4 完成人共同获得授权国家发明专利 7 项、合著论文 4 篇，与第 5 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项，与第 6 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项、合著论文 3 篇，与第 2-6 完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目，与第 2-6 完成人共同获得 2019 年中国机械工业科学技术奖一等奖。

第 2 完成人，李波，参与项目研究时间：2016 年 1 月至 2017 年 12 月，对发明点一、二、三做出了贡献。参与发明了变压器油乳化绝缘灭火剂；与第一完成人发明了直射螺旋超长射程带电灭火技术；与第五完成人一起提出了带电安全灭火自动控制技术。合作成果包括：与第 1 完成人共同获得授权国家发明专利 7 项、合著论文 1 篇，与第 3 完成人共同获得授权国家发明专利 5 项，与第 4 完成人共同获得授权国家发明专利 8 项、合著论文 1 篇，与第 5 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 6 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项、合著论文 1 篇，与第 1、3-6 完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目，与第 1、3-6 完成人共同获得 2019 年中国机械工业科学技术奖一等奖。

第 3 完成人，吴传平，参与项目研究时间：2016 年 1 月至 2017 年 12 月，对发明点一、二、四做出了贡献。参与发明了变压器油乳化绝缘灭火剂；参与发明了直射螺旋超长射程带电灭火技术；研制了移动式变压器油乳化带电灭火装备。合作成果包括：与第 1 完成人共同获得授权国家发明专利 5 项、合著论文 1 篇，与第 2 完成人共同获得授权国家发明专利 5 项，与第 4 完成人共同获得授权国家发明专利 5 项、合著论文 1 篇，与第 5 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 6 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 1、2、4-6 完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目，与第 1、2、4-6 完成人共同获得 2019 年中国机械工业科学技术奖一等奖。

第 4 完成人，陆佳政，参与项目研究时间：2016 年 1 月至 2017 年 12 月，对发明点一、二、三、四做出了贡献。与项目负责人一起完成了项目整体设计，并组织实施。参与发明了变压器油乳化绝缘灭火剂；与第一完成人提出了直射螺旋超长射程带电灭火技术；参与发明

了带电安全灭火自动控制技术；参与研制了移动式 and 固定式变压器油乳化带电灭火装备。合作成果包括：与第 1 完成人共同获得授权国家发明专利 7 项、合著论文 4 篇，与第 2 完成人共同获得授权国家发明专利 8 项、合著论文 1 篇，与第 3 完成人共同获得授权国家发明专利 5 项、合著论文 1 篇，与第 5 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 6 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项、合著论文 3 篇，与第 1-3、5、6 完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目，与第 1-3、5、6 完成人共同获得 2019 年中国机械工业科学技术奖一等奖。

第 5 完成人，周特军，参与项目研究时间：2016 年 1 月至 2017 年 12 月，对发明点三、四做出了贡献。参与了灭火性能、压力、流量、射程、雾径等因素的相互影响关系研究，参与了变压器灭火系统多复杂因素解耦自动控制方法的设计，参与开发了固定式和移动式变压器油乳化带电灭火装置。合作成果包括：与第 1 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项，与第 2 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 3 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 4 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 6 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项，与第 1-4、6 完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目，与第 1-4、6 完成人共同获得 2019 年中国机械工业科学技术奖一等奖。

第 6 完成人，方针，参与项目研究时间：2016 年 1 月至 2017 年 12 月，对发明点二、四做出了贡献。参与发明了直射螺旋超长射程带电灭火方法，参与开发了固定式变压器油乳化带电灭火装置。合作成果包括：与第 1 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项、合著论文 3 篇，与第 2 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项、合著论文 1 篇，与第 3 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项，与第 4 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项、合著论文 3 篇，与第 5 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项，与第 1-5 完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目，与第 1-5 完成人共同获得 2019 年中国机械工业科学技术奖一等奖。

**完成人合作关系情况汇总表**

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	陈宝辉/第 2 李波/第 5 吴传平/第 6 陆佳政/第 1 周特军/第 7	2018/06	一种变压器油灭火剂及 灭火系统	发明专利 ZL 201810659753. 1	
2	共同知识产权	陈宝辉/第 2 李波/第 3 陆佳政/第 1	2017/04	一种变压器油火灾安全 灭火剂及其制备方法	发明专利 ZL20171026152 2.0	
3	共同知识产权	陈宝辉/第 2 李波/第 3 陆佳政/第 1	2017/04	一种中压直射雾化细水 雾喷嘴及中压细水雾喷 头	发明专利 ZL20171025857 0.4	
4	共同知识产权	李波/第 3 吴传平/第 6 陆佳政/第 1 周特军/第 2 方针/第 5	2016/11	细水雾抗风性能参数测 量系统及方法	发明专利 ZL20161117633 2.0	

5	共同知识产权	陈宝辉/第2 李波/第7 吴传平/第3 陆佳政/第1 周特军/第4 方针/第8	2017/10	针对电力变压器火灾的水雾带电灭火装置的设计方法	发明专利 ZL20171100170 3.6	
6	共同知识产权	陈宝辉/第2 李波/第3 吴传平/第5 陆佳政/第1 方针/第4	2017/03	一种水雾绝缘带电灭火试验方法与装置	发明专利 ZL20171014076 3.X	
7	共同知识产权	陈宝辉/第2 李波/第3 陆佳政/第1	2016/12	一种高压细水雾-风力组合型移动式灭火器	发明专利 ZL20161116836 5.0	
8	共同知识产权	陈宝辉/第2 李波/第3 吴传平/第5 陆佳政/第1	2016/12	手提式恒压细水雾-气体两用灭火器	发明专利 ZL 201611167596. X	
9	论文合著	陈宝辉/第2 陆佳政/第1 方针/第5	2018/08	Experimental evaluation of protectiong high-voltage electrical transformer using water mist with and without additives	《 Fire Technology》论文（2019年第55期）	
10	论文合著	陈宝辉/第3 吴传平/第4 陆佳政/第1	2018/11	Investigation of the fire-extinguishing performance of water mist with various additives on typical pool fires	《 Combustion science and technology》论文（2019年第192卷第4期）	
11	论文合著	陈宝辉/第1 陆佳政/第2 方针/第5	2018/04	细水雾对空气球-球短间隙工频击穿特性的影响	《高电压技术》论文（2019年第45卷第5期）	
12	共同立项	陈宝辉/2 李波/1 吴传平/3	2016/01	基于强效灭火液的变压器自动喷雾不停电灭火技术研究	国家电网公司项目验收报告	
13	共同获奖	陈宝辉/第2 李波/第3 吴传平/第4 陆佳政/第1 方针/第8	2019/12	变压器油火灾凝胶乳化带电灭火技术及装备	中国机械工业科学技术奖	

## 二、科技进步奖

(一) 项目名称：城市智慧配电网物联化提升供电能力关键技术及装备

## 1、提名意见

该项目团队历时十余年科技攻关，聚焦城市智慧配电网供电能力提升及装备研制中面临的突出问题，将理论研究与实际应用相结合，研究成果丰硕，经济、社会效益显著。

项目提出了配电网信息传输抗高阶攻击防护技术，研制了国密高等级的配电网专用安全芯片解决了配电网物联化过程中数据传输安全性难题；提出了城市智慧配电网全景信息物联感知技术，研制了具备自主知识产权芯片的配电网物联网感知终端，解决了传统的配电网终端感知能力和边缘计算能力不足等难题；提出了城市配电网设备运行状态精准评估及防治技术，发明了新型配网防雷技术和电缆缺陷修复等设备风险防治技术及产品，解决了配网设备运行状态难以精准评估以及现有故障防治技术现场适用性差的难题；提出了基于四轴故障特征分析的故障诊断方法与不完全行波信息的精准定位技术，发明了一种基于将 Metropolis 接受准则的配电网优化重构方法，解决了当前配电网优化重构方法快速性和实用化不足以及配电网复杂故障定位不精准的难题。

项目授权专利 24 项，软件著作权 10 项，发布标准 3 项，出版专著 3 本，发表论文 62 篇。项目实现了城市智慧配电网物联化提升供电能力关键技术的突破，研发了系列装备，已在 5 个国家和全国 20 个省市应用，近三年实现直接经济效益 20 亿元，保障了配电网优质可靠供电，促进相关行业整体科技进步。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认该项目提名书及附件材料真实有效，提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步一等奖。

## 2、项目简介

配电网安全可靠经济运行是实现“发展智能电网和分布式能源”国家战略的重要基础，也是推动能源可持续发展和保障人民美好生活需要的重要途径，城市智慧配电网成为保障能源供应的核心载体。随着经济社会对配电网可靠供电的要求越来越高，如何实现配电网全息信息灵敏可靠感知、提升电力信息安全、降低配电网运行风险、保障配电设备可靠运行，成为实现城市智慧配电网的关键。项目系统研究了城市智慧配电网高效安全供电关键技术，对推动我国能源消费升级与转型，促进绿色经济可持续发展具有重要意义。

在国家科技支撑计划、国家自然科学基金等项目支持下，经 5 家主要完成单位历经 10 余年产学研用协同攻关，形成了从信息测量、安全传输、状态评估、控制决策的完整智慧供配电技术体系。提出了城市智慧配电网全景信息物联感知技术、基于安全芯片的配电网信息传输抗高阶攻击防护技术、配电网运行状态精准评估及风险防治技术及基于四轴故障特征分析的配电网故障诊断与精准定位技术等核心技术。

项目实现了城市智慧配电网物联化提升供电能力关键技术的突破，整体技术被评价为国际领先水平，研发了系列装备，已在 5 个国家和全国 20 个省市应用；近三年销售收入 20 亿元，利润 4.8 亿元，经济效益重大。获授权专利 24 项、软

件著作权 10 项、行业标准 3 项，发表高水平论文 62 篇。项目成果显著促进了城市配电网的智能化水平，对减少停电、提升人民生产和生活质量方面具有重要意义。

### 3、客观评价

#### (1)项目成果鉴定

5 月 31 日，拟在湖南省科学技术信息研究院进行项目成果鉴定。

#### (2)项目获奖情况

暂无

#### (3)国内外科技查新

教育部科技查新工作站：“该查新项目的特点是：1、提出一种算法级抗能量攻击的多值随机掩码方法，并针对分组密码算法设计了抗侧信道攻击和故障攻击的安全防护策略，并在多级流水运算中引入随机扰乱和掩码，开发了配电专用安全芯片；2、提出了基于超高频 RFID 温度传感芯片的陶瓷基天线结构电子标签制备方法和低功耗 RFID 标签 PIE 解码方法；3、基于面向区域配电网边端一体化智能感知及边缘计算的方法，开发了基于感知特征的拓扑自动识别技术、故障研判及基于动态模拟的广域故障定位技术，在此基础上研制了具备自主知识产权芯片的配电物联网感知终端；4、研制了具有强绝缘恢复特性的 XLPE 绝缘缺陷修复液；5、研制了具备全方位均匀电场放电空间的失效可视型配网柱式防雷限压装置，采用表面喷涂不可逆型变色漆的正圆环形均压环，可全方位均匀电场，并对避雷器运行状态进行指示；6、发明了基于数字锁相原理的广域时间同步技术，提出基于“时间、信号、算法、样本”四轴故障特征量融合分析的多算法微服务化配电网故障研判技术...未见有与该查新项目以上技术特点相符的文献报道”。

#### (4)权威机构检测

##### 1) 安全芯片及 RFID 芯片测评

项目研制的安全芯片通过了国密二级（目前国内最高安全等级）检测，符合《GM-T 0008-2012\_安全芯片密码检测准则》检验标准。

项目研制的安全芯片在中国电子技术标准化研究院赛西实验室进行了检测，依据《高速高等级安全芯片测试大纲 V1.0》检验标准，受检样品的 SM1/2/3/4/7 算法、随机数发生器测试，安全传感器高低电压报警功能、抗 DPA 攻击安全特性、抗 DFA 攻击安全特性、CPU、PCIe、SPI、GPIO、I2C、UART、EMI 等 20 项测试全部通过检测，各项性能指标合格。

##### 2) 物联终端测评

项目研制的“智能终端”在国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心进行了型式检验，检验结果符合《GB/T 7261-2016 继电保护和安全自动装置基本实验方法》、《GB/T 17626.18-2016 电磁兼容试验和测量技术阻尼振荡波抗扰度试验》、《DL/T 721-2013 配电自动化远方终端》、《Q/OKWF003-2019 智能配备终端技术规范》的要求。项目研制的馈线终端在中国电科院研究院有限公司进行了 17 个项目的专项检验，全部符合《国家电网有限公司配电自动化终端入网专业

检测大纲》要求。项目研制的智能终端在中国电科院研究院有限公司进行了 20 个项目的入围专项检验，全部符合《国家电网有限公司智能配变终端入网专业检测大纲》要求。

### 3) 配网设备故障检测及防治设备测评

项目研制的配网设备故障检测及防治设备在国家电器产品质量监督检验中心和西安高压电器研究院有限责任公司分别进行了检验，检测标准依据《GB/T 11032-2010 交流无间隙金属氧化物避雷器》、《DL/T 815-2012 交流输电线路用复合外套金属氧化物避雷器》、《GB/T 17626 电磁兼容试验和测量技术系列标准》。检验内容包括新型配网防雷柱式限压器直流参考电压、0.75U<sub>1mA</sub> 下泄漏电流、工频参考电压、局部放电、残压、电力冲击耐受、密封性能等，以及电力电缆便携式集成检测仪静电放电扰度、浪涌抗扰度、工频磁场抗扰度、脉冲磁场抗扰度、温度耐受特性等。所有检测项目均符合标准要求。

### 4) 配电网运行控制与管理系统的测评

项目所研制的 OPEN-5200 配电网运行控制与管理系统的测评在中国电力科学研究院完成了安全测试、功能测试、故障录波专项功能测试等项目，共计完成 65 项检测，检测结果符合 DL/T 1455-2015《电力系统控制类软件安全性及测评技术要求》、《国家电网公司 2017 年配电自动化系统主站入网专业检测大纲》、《配电自动化系统拓展功能专项检测大纲》等标准要求，检测项目全部合格。

### (5) 主要用户单位应用证明

项目研究成果已在老挝、印度尼西亚、奥地利等国外以及国内北京、湖南、云南等 5 个国家和全国 20 个省市应用。

## 4、推广应用情况

项目所研发的配电安全芯片及安全防护方法已广泛应用于湖南省配网系统，截至目前，配电安全芯片已在近 200 万台终端设备中应用，保障了配电主站、终端设备的安全稳定运行，有效地解决了配网系统中信息的保密处理和传输，各种配电设备的身份认证、访问控制等类信息安全隐患，通过技术手段避免关键信息泄密等各类易造成供电安全的发生，提升配网安全防护水平，保障供电安全稳定，社会效益、经济效益明显。项目开发的智能感知终端通过与威胜信息技术股份有限公司等厂家开展合作，实现了边端一体化智能感知及边缘计算技术相关终端产品的规模化生产及应用，在全国范围内开展了大量配电自动化工程建设、系统调试及设备测试工作。项目开发的新型配网防雷柱式限压器和电力电缆便携式集成检测仪，近三年在湖南省推广应用，共新增销售额 600 余万元，应用效果良好，有效降低了配网架空线路与电缆线路的故障率，大幅提升了应用线路的可靠性水平。

主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况

国网湖南省电力有限公司	城市配电网设备运行状态精准评估及防治技术、网络重构和故障定位技术	2010年4月至今	0731-85333559	配网柱式防雷限压装置在湖南各市（州）供电公司 172 条 10kV 配电网架空线路；对全省 6000 余各台区的配电变压器和 10 多条 10Kv 电缆线路进行了剩余寿命和运行风险等级精准评估；在长沙、株洲、湘潭、衡阳等城市核心区建设了配电自动化主站，推广应用各类终端 2.7 万套。
国网北京市电力公司设备部	配电自动化主站及故障定位技术	2017 年至今	18401226042	应用部署了本项目研发的配电自动化主站，实现对北京地区配电网的全面监视。2017 年 1 月至 2019 年 12 月期间，系统共识别接地故障 749 次，有效缩短了故障处理时间，提高了供电可靠性。
昭通供电公司	配电自动化主站及故障定位技术	2018 年 1 月至今	15208706826	应用本项目研制的配电自动化系统实现生产控制大区中数据采集处理、运行监视等，对于保障昭通市配电网的安全、可靠、经济及优质运行具有积极意义。
Bangladesh BREB（孟加拉国）	智能感知终端	2020 年	01674327186	The products has been successfully applied.
Indonesia（印度尼西亚）	智能感知终端	2013 年	62-61-6531 0303	the company WASION Group Ltd. has supplied to PT.ELECTRA INTI PERKASA.
Siemens（西门子）	智能感知终端	2018 年	43517070	The G3-PLC based Smart Meters are delivered by SMSC and manufactured from Wasion Group.

## 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
------------	--------------	--------	-----------	------------	----------------	-------------	------------	--------------

实用新型专利	一种基于高频脉冲电压的带电电缆绝缘状态检测装置	中国	ZL201920760341.7	2019年12月26日		国网湖南省电力有限公司、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国家电网有限公司	齐飞、万代、赵邈、周恒逸、段绪金、由凯、彭涛、彭思敏	有权
发明专利	一种基于D-S证据理论的配电自动化终端状态诊断方法	中国	ZL201710069321.0	2019年5月14日	第3376071号	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院	陈宏、牟龙华、郭文明、冷华、朱吉然、唐海国、龚汉阳、张志丹、王伊建	有权
发明专利	一种SM4算法抗能量攻击的掩码方法及装置	中国	ZL2017310552684.1	2017年12月5日	第2724512号	国家电网公司、北京智芯微电子科技有限公司	于艳艳、胡晓波、李娜、张茜歌、甘杰	有权
发明专利	一种侧信道攻击和故障攻击的防护方法	中国	ZL2017310690055.5	2017年11月7日	第2684551号	中国电力科学研究院、国网电力科学研究院、北京智芯微电子科技有限公司、国网浙江省电力公司	于艳艳、李娜、胡晓波、甘杰、孙歆、赵保华、王志皓、颜立	有权
发明专利	带雷击放电计数装置的防雷内置柱式限压器	中国	ZL201610241809.2	2018年3月9日	第2840245号	国家电网公司,国网湖南省电力公司,国网湖南省电力公司电力科学研究院	赵邈, 齐飞, 周恒逸, 段绪金, 万代	有权
发明专利	一种低压配电网线路的配电变压器的	中国	ZL201610112900.4	2018年1月5日	第2769290号	国家电网公司,国网湖南省电力公司,国网湖	唐海国, 冷华, 陈宏, 朱吉然, 龚	有权



	三相不平衡保护方法及装置					南省电力公司 电力科学研究 院	汉阳, 张志 丹, 李红 青, 陈幸, 李大公	
发明 专利	一种基于箱壁温度的油浸式变压器热点温度简化计算方法	中国	ZL201710474342.0	2019年6月18日	第3420909号	国网湖南省电力有限公司、 国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国家电网有限公司	周卫华、万代、叶会生、齐飞、周恒逸、赵邈、段绪金	有权
发明 专利	一种配电网网络重构设计方法	中国	ZL2015106113845	2018年10月2日	第3098614号	国网湖南省电力有限公司、 国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国家电网有限公司	朱吉然、冷华、唐海国、龚汉阳、陈宏、李欣然、李龙桂	有权
发明 专利	一种基于S变换输配电故障保护方法和装置	中国	ZL201810320325.6	2019年6月7日	第3406040号	长沙理工大学	李泽文、贺子凝、胡开庚、吕佳佳、任申、肖仁平	有权
发明 专利	一种基于暂态录波数据的配电自动化主站系统单相接地故障定位方法	中国	ZL201710457057.8	2019年8月16日		国家电网公司、国电南瑞科技股份有限公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院、南京南瑞集团公司	张蓓蓓、苏标龙、王波、杜红卫、冷华、闪鑫、孟勇亮、时金媛、陈倩男、张玉林、张可新、王元元、徐希、鲁文、张志丹、朱吉然	有权

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	齐飞	排名	1	行政职务	中心主任
技术职称	高工	完成单位	国网湖南电科院	工作单位	国网湖南电科院
对本项目技术创造性贡献：对创新点 3、4 有贡献，主导研发了配网设备风险防治装置及配网运行状态评价方法。					

### 第 2 完成人

姓名	朱吉然	排名	2	行政职务	中心副主任
技术职称	高工	完成单位	国网湖南电科院	工作单位	国网湖南电科院
对本项目技术创造性贡献：对创新点 3、4 有贡献，主导建立了智能配电网运行状态综合评价体系，提出了网络优化重构新方法及单相接地故障定位方法。					

### 第 3 完成人

姓名	周恒逸	排名	3	行政职务	中心副主任
技术职称	高工	完成单位	国网湖南电科院	工作单位	国网湖南电科院
对本项目技术创造性贡献：对创新点 3 有贡献，主导研发了配网设备风险防治装置及配电网运行状态评价方法。					

### 第 4 完成人

姓名	李泽文	排名	4	行政职务	副院长
技术职称	教授	完成单位	长沙理工	工作单位	长沙理工
对本项目技术创造性贡献：对创新点 4 有贡献，研究了配电网优化重构方法，提出了基于有限同步暂态信息及不完全行波时差信息的配电网故障精确定位技术。					

### 第 5 完成人

姓名	万代	排名	5	行政职务	无
技术职称	高工	完成单位	国网湖南电科院	工作单位	国网湖南电科院
对本项目技术创造性贡献：对创新点 3 有贡献，主导研发了配网设备风险防治装置、便携式电缆综合检测装置及配电网运行状态评价方法。					

### 第 6 完成人

姓名	许健	排名	6	行政职务	主任
技术职称	高工	完成单位	威胜信息技术股份有限公司	工作单位	威胜信息技术股份有限公司
对本项目技术创造性贡献：对创新点 1 有贡献，提出配电网全景信息精确感知方法，提出了基于高实时边缘计算的终端多源数据深度融合和清洗算法。					

### 第 7 完成人

姓名	时金媛	排名	7	行政职务	主任
技术职称	高工	完成单位	国电南瑞科技	工作单位	国电南瑞科技

			股份有限公司		股份有限公司
对本项目技术创造性贡献：对创新点 4 有贡献，提出了基于“时间、信号、算法、样本”四轴故障特征量的配电网接地故障诊断方法。					

#### 第 8 完成人

姓名	于艳艳	排名	8	行政职务	主任
技术职称	高工	完成单位	北京智芯微电子科技有限公司	工作单位	北京智芯微电子科技有限公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点 2 有贡献，开发了国密级的配电信息传输专用安全芯片，发明了算法级抗高阶侧信道攻击的多值随机掩码技术。

#### 第 9 完成人

姓名	赵邈	排名	9	行政职务	专业组长
技术职称	高工	完成单位	国网湖南电科院	工作单位	国网湖南电科院

对本项目技术创造性贡献：对创新点 3 有贡献，主导研发了配网设备风险防治装置，研制了配电网柱式防雷限压装置。

#### 第 10 完成人

姓名	唐海国	排名	10	行政职务	专业组长
技术职称	高工	完成单位	国网湖南电科院	工作单位	国网湖南电科院

对本项目技术创造性贡献：对创新点 3、4 有贡献，发明了基于大数据分析的智能配电网运行状态综合评价与风险预警方法。

#### 第 11 完成人

姓名	李文波	排名	11	行政职务	无
技术职称	高工	完成单位	国网湖南电科院	工作单位	国网湖南电科院

对本项目技术创造性贡献：参与了配网防治技术及相关产品的研制开发，具体包括防雷柱式装置的开发、电缆绝缘失效修复工作等，对创新点 3 有贡献。

#### 第 12 完成人

姓名	冷华	排名	12	行政职务	无
技术职称	高工	完成单位	国网湖南省电力有限公司	工作单位	国网湖南省电力有限公司

对本项目技术创造性贡献：对创新点 1、3、4 有贡献，参与研发了配电网运行状态评估和风险预警模型，提出了一种小电流接地系统故障定位方法和多源信息的故障诊断技术。

### 7、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	国网湖南电科院	排名	1	所在地	湖南长沙
------	---------	----	---	-----	------

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：主导研发了配网设备风险防治装置、配电网智能

化故障研判体系等，推广应用了配电自动化主站、各类配电自动化终端 2.7 万套。					
单位名称	国网湖南省电力有限公司	排名	2	所在地	湖南长沙
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：在长沙、株洲、湘潭、衡阳等城市核心区建设了配电自动化主站，推广应用各类终端 2.7 万套。配网柱式防雷限压装置在湖南各市（州）供电公司 172 条 10kV 配网架空线路。					
单位名称	威胜信息技术股份有限公司	排名	3	所在地	湖南长沙
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：率先提出配电网全景信息精确感知方法，发明了配电网全景信息物联化采集技术和海量数据融合模型，提出了基于高实时边缘计算的终端多源数据深度融合和清洗算法；研制出基于国网芯高性能单芯 4 核处理器的智能感知终端，实现终端硬件资源与软件应用的深度解耦。					
单位名称	国电南瑞科技股份有限公司	排名	4	所在地	江苏南京
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：提出了基于“时间、信号、算法、样本”四轴故障特征量的配电网接地故障诊断方法，开发了基于 Metropolis 接受准则的配电网优化重构方法，并开发了配电网自动化信息主站，推广应用到全国各省市。					
单位名称	北京智芯微电子科技有限公司	排名	5	所在地	北京
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：率先提出基于多级流水的安全芯片防护策略，发明了算法级抗高阶侧信道攻击的多值随机掩码技术，研制出国密级的配电信息传输专用安全芯片；设计了一套涵盖终端本体、网络接入、数据传输的一体化配电信息物联网安全防护技术。实现配电网安全芯片 100%国产化率和安全芯片在电力行业百万级规模应用。					
单位名称	长沙理工大学	排名	6	所在地	湖南长沙
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：发明了基于有限同步暂态信息及不完全行波时差信息的配电网故障精确定位技术					

## 8、完成人合作关系说明

本项目主要由齐飞，朱吉然，周恒逸，万代，赵邈，唐海国，李文波所在的国网湖南电科院、李泽文所在的长沙理工大学配电网安全监控研究团队、许健所在的威胜信息技术股份有限公司、时金媛所在的国电南瑞科技股份有限公司、于艳艳所在的北京南瑞智芯微电子科技有限公司和冷华所在的国网湖南省电力有限公司共同完成理论研究、技术研发和产品试验定型以及后续的生产、销售和推广应用。各完成人之间的合作关系说明如下：

项目第一完成人齐飞为国网湖南电科院配网技术中心负责人，负责项目的技术研发和整体管理，发明了配电网运行风险防治等关键技术，研制了具备全方位

均匀电场放电空间的失效可视型配网柱式防雷限压器和基于高频脉冲电压的带电电缆绝缘状态检测装置等产品，实现了产业化，并已在国网湖南省电力有限公司推广应用，效果良好。

项目第二完成人朱吉然为国网湖南电科院配网技术中心科技负责人，发明了配电网运行状态综合评价与风险预警方法、配电网网络优化重构方法、单相接地故障定位等关键技术，并已成功开发了系统，实现了推广应用。

项目第三完成人周恒逸负责配电网风险防治技术相关研究，与第一完成人合作发明了一种基于高频脉冲电压的带电电缆绝缘状态检测装置、带雷击放电计数装置的防雷内置柱式限压器、一种基于箱壁温度的油浸式变压器热点温度简化计算方法。

项目第四完成人李泽文所在的长沙理工大学配电网安全监控研究团队与第二完成人合作完成了国网湖南省电力有限公司科技项目“配电网智能接地技术研究及接地 FACTS 装备研制”。

项目第五完成人万代与项目第一完成人、第二完成人合作发明了一种基于高频脉冲电压的带电电缆绝缘状态检测装置、带雷击放电计数装置的防雷内置柱式限压器、一种基于箱壁温度的油浸式变压器热点温度简化计算方法。

项目第六完成人许健为威胜信息技术股份有限公司技术负责人，与第二完成人、第十完成人合作完成了国网湖南省电力有限公司科技项目“基于物联网和边缘计算的低压配电自动化技术研究及应用”。

项目第七完成人时金媛为国电南瑞科技有限公司技术负责人，与第二完成人发明了一种基于暂态录波数据的配电自动化主站系统单相接地故障定位方法，合作了国网总部科技项目“省级配电网运行状态关键技术研究及应用”。

项目第八完成人于艳艳为北京智芯微电子科技有限公司技术负责人，与第二完成人共同完成了低压智能监测单元产品的研发，并进行了推广应用。

项目第九完成人赵邈与第一完成人、第三完成人、第五完成人合作发明了一种基于高频脉冲电压的带电电缆绝缘状态检测装置、带雷击放电计数装置的防雷内置柱式限压器、一种基于箱壁温度的油浸式变压器热点温度简化计算方法。

项目第十完成人唐海国与第二完成人合作发明了一种基于 D-S 证据理论的配电自动化终端状态诊断方法、一种低压配电线路的配电变压器的三相不平衡保护方法及装置、一种配电网网络重构设计方法。

项目第十一完成人李文波与第二完成人共同合作科技项目“基于物联网和边缘计算的低压配电自动化技术研究及应用”。

项目第十二完成人冷华与第二完成人、第十完成人合作发明了一种基于 D-S 证据理论的配电自动化终端状态诊断方法、一种低压配电线路的配电变压器的三相不平衡保护方法及装置、一种配电网网络重构设计方法。与第二完成人、第七完成人合作发明了一种基于暂态录波数据的配电自动化主站系统单相接地故障定位方法

### 完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	发明专利	齐飞/1 周恒逸/3 万代/5 赵邈/9	2016年-2019年	一种基于高频脉冲电压的带电电缆绝缘状态检测装置、带雷击放电计数装置的防雷内置柱式限压器、一种基于箱壁温度的油浸式变压器热点温度简化计算方法	附件 1-1, 6-2, 6-4	
2	发明专利	朱吉然/2 唐海国/10 冷华/12	2016年-2019年	一种基于 D-S 证据理论的配电自动化终端状态诊断方法、一种低压配电线路的配电变压器的三相不平衡保护方法及装置、一种配电网重构设计方法	附件 1-2, 6-3, 6-5	
3	项目合作	朱吉然/2 李泽文/4 唐海国/10	2018年-2019年	配电网智能接地技术研究及接地 FACTS 装备研制	附件 7-1	
4	项目合作	朱吉然/2 许健/6 唐海国/10 李文波/11	2019年	基于物联网和边缘计算的低压配电自动化技术研究及应用	附件 7-2	
5	发明专利	朱吉然/2 时金媛/7 冷华/12	2017年	一种基于暂态录波数据的配电自动化主站系统单相接地故障定位方法	附件 6-7	
6	项目合作	朱吉然/2 于艳艳/8	2019年	低压智能监测单元	未列入附件	

**(二) 项目名称：大型电力变压器异常工况下绕组状态检测及评估关键技术与成套装备**

## 1、提名意见

该项目团队历时近十年科技攻关，聚焦大型电力变压器绕组状态检测及评估关键技术与成套装备，理论研究与实际应用相结合，从检测方法、成套装备、评估方法三方面开展研究，攻克了变压器绕组状态检测关键技术，提出了基于行波反射技术的绕组匝间短路故障检测方法、绕组扫频阻抗检测方法、绕组机械状态振动检测方法与绕组绝缘状态局放检测方法；发明了变压器绕组匝间短路故障检测装置、变压器绕组扫频阻抗检测装置、变压器设备智能综合试验装置等成套装备；突破了变压器绕组状态综合评估技术。

项目获发明专利授权 18 项、实用新型专利授权 6 项，发表论文 57 篇（其中 SCI/EI 论文 50 篇），软件著作权 1 项，出版专著 3 部，制定企业标准 1 项。项目成果已在湖南、贵州、重庆、江西等多省市推广应用，近三年产生直接经济效益 10345.4 万，间接经济效益 18606 万，项目的实施大幅度降低了变压器故障率，避免成大面积停电事故，经济和社会效益显著。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认材料真实有效。

提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步二等奖。

## 2、项目简介

大型电力变压器是电网系统的核心设备，其运行状态直接影响电网系统的安全稳定，一旦发生故障经济损失不可估量。绕组是变压器的核心部件，及时掌握绕组运行状态对于确保变压器安全运行极其重要。由于设计制造、工艺材料、运行维护和运行环境等方面的原因，变压器绕组故障时有发生，造成了巨大的经济损失和不良的社会影响。然而，当前对于变压器绕组运行状态检测与评估还存在检测方法单一、灵敏度低、评估准确率不高及耗时长作业强度大等诸多问题，而且经常存在漏判或误判，因此，开展变压器绕组状态检测及评估技术与成套装备的研究具有重要意义。

本项目针对上述问题，结合工程应用实践，从检测方法、成套装备、评估方法三方面开展研究，攻克了变压器绕组状态检测关键技术，研制了变压器绕组状态检测成套装备，提出了变压器绕组状态综合评估方法。取得了多项关键技术创新，创新性成果包括：

（1）攻克了变压器绕组状态检测技术。首次提出了基于行波反射技术的绕组匝间短路故障检测方法和诊断判据，解决了传统检测方法灵敏度不高的难题，实现了绕组匝间短路故障准确诊断。率先提出了变压器绕组扫频阻抗检测方法，实现了扫频阻抗曲线与工频短路阻抗的同步测试与分析，提高了检测效率和诊断准确度。首次获得了油浸绕组固有振动特性和不同缺陷绕组振动谐振变化规律，提出了基于工作模态分析和振动频谱分布特点的绕组机械状态诊断方法，实现了变压器绕组振动特征的提取及机械状态的诊断。提出了变压器现场局放检测电磁干扰信号分级方法和内部多局放源分离方法，建立了典型放电图谱特征库、现场典型电磁干扰信号库和不同老化程度的局放图谱库，提高了变压器局部放电检测

的准确性。

(2) 发明了变压器绕组状态检测成套装备。基于行波反射技术研制了变压器绕组匝间短路故障检测装置，其现场测试结果重复性高达 96%，绕组匝间绝缘诊断准确率 98%，填补了国内外空白。基于扫频阻抗法研制了变压器绕组扫频阻抗检测装置，其测试结果重复性高达 99%，绕组变形诊断准确率提升至 95%，解决了现场测试结果重复性低（频响法 80%）、诊断准确率不高（70%）的难题。研制了变压器设备智能综合试验装置，发明了专用多芯同轴测试电缆、末屏分接盒和步进电机式功能切换单元，实现了一次性接线一键式操作即可完成变压器例行试验，绕组状态诊断时间缩短 50%。

(3) 突破了变压器绕组状态综合评估技术。提出了基于短路阻抗、匝间绝缘状况等多状态量的变压器绕组状态综合评估方法，基于深度神经网络算法建立了多源信息融合的变压器绕组状态分层评估模型，有效提升了模型应用的适用性和准确性，开发了绕组状态综合评估系统，应用表明：评估准确率达 99%以上，辅助决策建议可用率达 90%以上。

项目关键技术被鉴定为国际领先水平，获发明专利授权 18 项、实用新型专利授权 6 项，发表论文 57 篇（其中 SCI/EI 论文 50 篇），软件著作权 1 项，出版专著 3 部，制定标准 1 项。项目成果已在湖南、贵州、重庆、江西等多省市推广应用，近三年产生直接经济效益 10345.4 万，间接经济效益 18606 万，项目的实施大幅度降低了变压器故障率，避免了大面积停电事故，经济和社会效益显著。

### 3、客观评价

#### (1) 项目成果鉴定

2020 年 4 月，湖南省科学技术信息研究所组织以罗安院士为组长的鉴定委员会对“大型电力变压器异常工况下绕组状态检测及评估关键技术与成套装备”项目进行成果鉴定，鉴定结论为：“发明了一种变压器绕组扫频阻抗检测方法和基于行波反射技术的绕组匝间短路故障检测方法...研制了智能综合试验成套装置...提出了故障特征挖掘方法及基于工作模态分析和振动频谱分布特点的绕组机械状态诊断方法...提出了变压器现场局放检测电磁干扰信号分级方法和综合抑制算法...提出了基于深度神经网络算法的变压器绕组状态多维综合评估方法...项目整体技术达到了国际先进水平，其中变压器绕组状态综合评估方法和智能综合试验成套装置居国际领先水平”。

#### (2) 项目获奖情况

项目相关成果获得了 2018 年国家电网有限公司第四届青年创新创意大赛银奖和 2018 年国网湖南省电力有限公司第四届青年创新创意大赛金奖。

#### (3) 国内外科技查新

2020 年 3 月，由长沙理工大学图书馆（教育部科技查新工作站 L36）对“大型电力变压器异常工况下绕组状态检测及评估关键技术与成套装备”项目进行了科技查新，结论为：“...检索到的国内外公开发表的文献中，除委托方前期研究成果外，未见与该查新项目以上技术特点相符的文献报道”。



#### (4) 权威机构检测

1) 研制的“基于扫频阻抗法的变压器绕组变形测试系统”通过了陕西省电子信息产品监督检验院检验，检验报告（编号：2016-1523W）显示：测试系统的路径设置、参数设置、曲线显示、静电放电抗扰度、工频磁场抗扰度、脉冲磁场抗扰度等指标均合格。

2) 研制的“变压器综合诊断试验测试仪（电容量测试模块）”通过上海印斯电气检测技术有限公司检测，检测报告（编号：20180420A004）显示：测试模块获取的电容量实测值与电容标准值的误差均在合格范围以内。

3) 研制的“电力变压器自动检测装置”通过了湖南省计量检测研究院校准，校准证书（编号：2018110704288）显示：绝缘电阻测试、有载分接开关测试、直流电阻测试的测量值和标准值误差均在合格范围以内。

4) 研制的“变压器绕组匝间短路故障检测仪”通过黑龙江省计量检定测试研究院校准，校准证书（编号：410003-AJ-0）显示：检测仪频率、幅度的实际值与设定值的误差均在合格范围以内。

5) 研制的“大型电力变压器异常工况下绕组状态评估系统 V2.0”通过湖南省软件评测中心测试，测试报告（编号：2019-12-S5823）显示：评估系统中 3 个模块共计 13 个功能需求点均能够较准确的实现。

#### (5) 主要用户单位应用证明

项目成果已在湖南、贵州、江西、广东等多省市推广应用，有代表性的用户应用证明 10 份，对本成果应用成效高度认可。

### 4、推广应用情况

本项目开发的变压器设备智能综合试验装置、变压器绕组扫频阻抗检测装置、变压器绕组匝间绝缘检测装置等系统成果已在湖南、贵州、江西、广东等多省市推广应用，近三年累计产生直接经济效益九千余万元，用户反映：“变压器设备智能综合试验装置应一次接线一键式操作即可完成变压器各停电常规试验项目，缩短试验时间约 50%，极大程度提高了现场试验的工作效率，降低了工作强度”、“变压器绕组匝间绝缘检测装置现场使用方便，操作简便，检测结果准确率高”、“变压器绕组状态综合评估系统操作简单，且诊断结果准确度高，很好地结合了现场实际情况”、“变压器绕组扫频阻抗检测装置诊断结果可靠性高”、“变压器绕组绝缘状态局放检测技术能准确反映变压器内部不同位置的绝缘状态，可靠性高”、“基于振动法的变压器绕组机械状态检测方法具有很高的灵敏度，能有效检测变压器内部绝缘件松动等机械故障”。

#### 主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
国网湖南省电力有限公司	整体技术	从 2016 年 1 月至今	毛文奇 /13975135712	项目成果在公司取得了非常好的应用价值，有效保证了全省电力变压器的安全稳定

				运行,具有良好的经济效益和社会效益。
杭州西湖电子研究所	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组匝间绝缘检测装置”、“变压器绕组绝缘状态局放检测技术”及“变压器绕组状态综合评估系统”	从2014年9月至今	刘晶 /13958033516	相关技术在杭州西湖电子研究所已实现产品化销售并取得了良好的经济效益。
上海思创电器设备有限公司	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组扫频阻抗检测装置”及“变压器绕组状态综合评估系统”	从2015年2月至今	申志云 /13818521626	相关技术在杭上海思创电器设备有限公司已实现产品化销售并取得了良好的经济效益。
福建省普华电子科技有限公司	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组匝间绝缘检测装置”、“变压器绕组扫频阻抗检测装置”	从2015年6月至今	林建武 /13950289291	相关技术在福建省普华电子科技有限公司已实现产品化销售并取得了良好的经济效益。
长沙金艺电子科技有限公司	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组绝缘状态局放检测技术”及“变压器绕组扫频阻抗检测装置”	从2016年2月至今	刘宏刚 /18570626275	相关技术在长沙金艺电子科技有限公司已实现产品化销售并取得了良好的经济效益。
江西省电力有限公司电力科学研究所	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组状态综合评估系统”	从2016年9月至今	李唐兵 /13367919878	变压器设备智能综合试验装置应一次接线一键式操作即可完成变压器各停电常规试验项目,缩短试验时间约50%,极大程度提高了现场试验的工作效率,降低了工作强度。变压器绕组状态综合评估系统操作简单,且诊断结果准确度高,很好地结合了现场实际情况。上述项目技术成果很好地指导了我公司电力变压器运行检修工作,具有较好地现场应用价值和良好的经济效益,值得推广。
贵州电网有限责任公司凯里	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组状态综合评估”	从2017年2月至今	谭震 /13908552297	变压器设备智能综合试验装置可以实现一次接线一键式操作完成变压器各停电常规

供电局	系统”			试验项目，极大程度缩短了试验时间并提高了现场试验的工作效率。变压器绕组状态综合评估系统操作简单，且诊断结果准确可靠，能够真实反映变压器绕组的实际状态。
湖南省湘电试验研究院有限公司	变压器绕组匝间绝缘检测装置、变压器绕组扫频阻抗检测装置、基于振动法的变压器绕组机械状态检测方法、基于带电局放的变压器绝缘状态检测方法和变压器设备智能综合试验装置	从 2016 年 3 月至今	晏桂林 /18973102135	变压器绕组匝间绝缘检测装置操作简单，准确率高；变压器绕组扫频阻抗检测装置诊断结果可靠性高；基于振动法的变压器绕组机械状态检测方法具有很高的灵敏度，能有效检测变压器内部绝缘件松动等机械故障；基于带电局放的变压器绝缘状态检测方法抗干扰能力强，能有效反映变压器内部各位置绝缘状态；变压器设备智能综合试验装置能一键式操控完成电力变压器的各项常规试验，缩短约 50%的试验时间。应用实践表明上述技术成果具有良好的应用价值和社会效益。
深圳蓄能发电有限公司	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组状态综合评估系统”	从 2017 年 9 月至今	李硕 /13926163857	变压器设备智能综合试验装置可以实现一次接线一键式操作完成变压器各项常规试验项目，缩短试验时间 50%，降低了工作强度。变压器绕组状态综合评估系统操作简单，且诊断结果准确高。
特变电工衡阳变压器有限公司	“变压器设备智能综合试验装置”、“变压器绕组绝缘状态局放检测技术”	从 2017 年 1 月至今	苏钟焕 /18573410418	变压器绕组绝缘状态局放检测技术能准确反映变压器内部不同位置的绝缘状态，可靠性高；研制的变压器设备智能综合试验装置操作简单，准确率高，极大释放了厂内作业人员的承载力。长期应用实践表明上述技术成果能够有效保证变压器的安全稳定性能，并且极大提高工作效率，具有良好的应用价值和社会效益。

## 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种基于低压脉冲信号的变压器匝间短路故障定位方法	中国	ZL201610954206.7	2019年04月05日	3320589	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院；湖南大学	万勋、黄福勇、叶会生、彭敏放、罗伟、孙利朋、彭平	有效专利
发明专利	一种检测变压器绕组变形的方法	中国	ZL201310485482.X	2016年04月27日	2047588	西安交通大学	汲胜昌、梁笑尘、刘勇	有效专利
发明专利	一种三相一体式电力变压器自动化检测的接线方法	中国	ZL201510861917.5	2018年09月07日	3063269	杭州西湖电子研究所	胡维兴、陈伟中、楼狄、余发辉、肖云勇、刘凤琳、叶新林、蔡凌霄、王光祥、曹根深、曹超、张武波、杜合、胡志鹏、郭立灿、厉洋	有效专利
发明专利	一种变压器突发短路时绕组机械状态的诊断方法	中国	ZL201510579697.7	2018年12月07日	3173136	西安交通大学	汲胜昌、张凡、杨帆、占草、崔瀚焘、师愉航	有效专利
发明专利	一种变压器局部放电缺陷模拟装置及方法	中国	ZL201610865900.1	2018年10月26日	3123246	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院	刘赞、赵世华、叶会生、孙利朋、万勋、秦家远、谢耀恒、彭平、何智强	有效专利
发明专利	一种用于变压器内部多局部放电源的分离方法及系统	中国	ZL201710293417.5	2019年11月08日	3587199	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院	谢耀恒、叶会生、刘赞、李欣、周卫华、段新宇、段肖力	有效专利

发明专利	一种变电站局部放电带电检测电磁干扰信号的分级方法	中国	ZL201610194517.8	2017年10月31日	2676167	国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院、华北电力大学、湖南湘能智能电器股份有限公司	谢耀恒、周卫华、叶会生、段肖力、彭平、吴水锋、孙利朋、唐志国、万望龙、邓各高	有效专利
发明专利	变电站局放带电检测电磁干扰的采集方法及装置	中国	ZL201510568715.1	2018年05月15日	2926104	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司电力科学研究院	谢耀恒、周卫华、李欣、叶会生、潘成、刘赞	有效专利
论文	Comprehensive Vibration Generation Model of Transformer Winding Under Load Current	英国	10.1049/iet-gtd.2018.5688	2019年06月06日	IET Generation, Transmission & Distribution	西安交通大学	张凡、汲胜昌、师愉航、任富强、占草、祝令瑜	其他有效的知识产权
计算机软件著作权	变压器异常工况信息在线监测与预警系统	中国	2018SR368445	2018年05月22日	2697540	国网湖南省电力公司电力科学研究院	刘赞、叶会生、赵世华、孙利朋、谢耀恒、彭平、万勋	其他有效的知识产权

## 6、主要完成人情况

### 第1完成人：

姓名	刘赞	排名	1	行政职务	设备状态评价中心主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：

该项目第1完成人，对创新点1、2、3均做出了重要贡献，提出了变压器绕组匝间短路故障检测技术、变压器绕组绝缘状态局放检测技术、变压器绕组状态综合评估技术，研制了变压器绕组匝间短路故障检测装置、变压器设备智能综合试验装置，开发了变压器绕组状态综合评估系统。该项目技术研究中工作量占本人工作量的60%。

### 第2完成人：

姓名	汲胜昌	排名	2	行政职务	无
技术职称	教授	完成单位	西安交通大学	工作单位	西安交通大学

对本项目技术创造性贡献：  
对创新点 1、2 均做出了重要贡献，提出了变压器绕组扫频阻抗检测技术、变压器绕组机械状态振动检测技术，研制了变压器绕组扫频阻抗检测装置。该项目技术研究中工作量占本人工作量的 50%。

第 3 完成人：

姓名	叶会生	排名	3	行政职务	设备状态评价中心主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：  
对创新点 1、2、3 均做出了贡献，提出了变压器绕组匝间短路故障检测技术、变压器绕组绝缘状态局放检测技术、变压器绕组状态综合评估技术，研制了变压器绕组匝间短路故障检测装置、变压器设备智能综合试验装置，开发了变压器绕组状态综合评估系统。该项目技术研究中工作量占本人工作量的 50%。

第 4 完成人：

姓名	赵世华	排名	4	行政职务	/
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：  
对创新点 1、2、3 均做出了贡献，参与研究了变压器绕组绝缘状态局放检测技术、变压器绕组状态综合评估技术，参与研制了变压器设备智能综合试验装置，参与开发了变压器绕组状态综合评估系统。该项目技术研究中工作量占本人工作量的 40%。

第 5 完成人：

姓名	孙利朋	排名	5	行政职务	设备状态评价中心副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：  
对创新点 1、2、3 均做出了贡献，参与研究了变压器绕组绝缘状态局放检测技术、变压器绕组状态综合评估技术，参与研制了变压器设备智能综合试验装置，参与开发了变压器绕组状态综合评估系统。该项目技术研究中工作量占本人工作量的 40%。

第 6 完成人：

姓名	谢耀恒	排名	6	行政职务	/
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：  
对创新点 1、3 均做出了贡献，参与研究了变压器绕组绝缘状态局放检测技术、变压器绕组状态综合评估技术，参与开发了变压器绕组状态综合评估系统。该项目技术研究中工作

量占本人工作量的 30%。

**第 7 完成人：**

姓名	彭平	排名	7	行政职务	/
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：

对创新点 1、3 均做出了贡献，参与研究了变压器绕组绝缘状态局放检测技术、变压器绕组状态综合评估技术，参与开发了变压器绕组状态综合评估系统。该项目技术研究中工作量占本人工作量的 30%。

**第 8 完成人：**

姓名	万勋	排名	8	行政职务	设备状态评价中心副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：

对创新点 1、2 均做出了贡献，研究了变压器绕组匝间短路故障检测技术，研制了变压器绕组匝间短路故障检测装置。该项目技术研究中工作量占本人工作量的 30%。

**第 9 完成人：**

姓名	胡维兴	排名	9	行政职务	/
技术职称	高级工程师	完成单位	杭州西湖电子研究所	工作单位	杭州西湖电子研究所

对本项目技术创造性贡献：

对创新点 2 均做出了贡献，参与研究了变压器绕组绝缘状态局放检测技术、变压器绕组状态综合评估技术，参与研制了变压器设备智能综合试验装置，参与开发了变压器绕组状态综合评估系统。该项目技术研究中工作量占本人工作量的 30%。

**7、主要完成单位及创新推广贡献**

**第 1 完成单位：**

单位名称	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	排名	1	所在地	湖南
------	--------------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

项目组织和主要完成单位，提出了该项目总体技术路线，制定项目重大技术原则，全面主导项目研究及推广应用实施全过程，对创新点 1、2、3 均做出了重要贡献。

- (1) 负责项目的总体设计、组织协调、进度安排等各项工作。
- (2) 提出了基于行波反射技术的绕组匝间短路故障检测方法和诊断判据，并研制了变压器绕组匝间短路故障检测装置。
- (3) 提出了变压器现场局放检测电磁干扰信号分级方法和内部多局放源分离方法，建立了典型放电图谱特征库、现场典型电磁干扰信号库和不同老化程度的局放图谱库。
- (4) 研制了变压器设备智能综合试验装置。

(5) 提出了基于短路阻抗、匝间绝缘状况等多状态量的变压器绕组状态综合评估方法, 基于深度神经网络算法建立了多源信息融合的变压器绕组状态分层评估模型, 开发了绕组状态综合评估系统。

**第 2 完成单位:**

单位名称	西安交通大学	排名	2	所在地	陕西
------	--------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献:

- (1) 提出了变压器绕组扫频阻抗检测方法, 并研制了变压器绕组扫频阻抗检测装置。
- (2) 提出了基于工作模态分析和振动频谱分布特点的绕组机械状态诊断方法。

**第 3 完成单位:**

单位名称	杭州西湖电子研究所	排名	3	所在地	浙江
------	-----------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献:

- (1) 参与研制了变压器设备智能综合试验装置、变压器绕组匝间绝缘检测装置, 发明了专用多芯同轴测试电缆、末屏分接盒和步进电机式功能切换单元。
- (2) 参与研究了变压器绕组绝缘状态局放检测技术。
- (3) 参与开发了变压器绕组状态综合评估系统。

**8、完成人合作关系说明**

项目负责人刘赞。合作成果包括: 与第 3、4、5、6、7、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 3、6 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项, 与第 3、4、5、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 3、4、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 3、4、5、6、7、8 完成人共同获得共同获得软著 1 项, 与第 2、3、4、5、6、7、8、9 完成人科技项目 1 项。

第 2 完成人汲胜昌。合作成果包括: 与第 1、3、4、5、6、7、8、9 完成人科技项目 1 项。

第 3 完成人叶会生。合作成果包括: 与第 5、7、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、4、5、6、7、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、6 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项, 与第 5、6、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、4、5、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、4、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、4、5、6、7、8 完成人共同获得共同获得软著 1 项, 与第 1、2、4、5、6、7、8、9 完成人科技项目 1 项。

第 4 完成人赵世华。合作成果包括: 与第 1、3、5、6、7、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、3、5、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、3、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、3、5、6、7、8 完成人共同获得共同获得软著 1 项, 与第 1、2、3、5、6、7、8、9 完成人科技项目 1 项。

第 5 完成人孙利朋。合作成果包括: 与第 3、7、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、3、4、6、7、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 3、6、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、3、4、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、3、4、6、7、8 完成人共同获得共同获得软著 1 项, 与第 1、2、3、4、6、7、8、9 完成人科技项目 1 项。

第 6 完成人谢耀恒。合作成果包括: 与第 1、3、4、5、7、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项, 与第 1、3 完成人共同获得授权国家发明专利 2 项, 与第



3、5、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 1、3、4、5、7、8 完成人共同获得共同获得软著 1 项, 与第 1、2、3、4、5、7、8、9 完成人科技项目 1 项。

第 7 完成人彭平。合作成果包括: 与第 3、5、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 1、3、4、5、6、8 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 3、5、6 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 1、3、4 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 1、3、4、5、6、8 完成人共同获得共同获得软著 1 项,与第 1、2、3、4、5、6、8、9 完成人科技项目 1 项。

第 8 完成人万勋。合作成果包括: 与第 3、5、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 1、3、4、5、6、7 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 1、3、4、5 完成人共同获得授权国家发明专利 1 项,与第 1、3、4、5、6、7 完成人共同获得共同获得软著 1 项, 与第 1、2、3、4、5、6、7、9 完成人科技项目 1 项。

第 9 完成人胡维兴。合作成果包括: 与第 1、2、3、4、5、6、7、8 完成人科技项目 1 项。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	专利合作	万勋/第 1 叶会生/第 3 孙利朋/第 6 彭平/第 7	2016 年 —2018 年	一种基于低压脉冲信号的变压器匝间短路故障定位方法	专利授权证书	
2	专利合作	刘赞/第 1 赵世华/第 2 叶会生/第 3 孙利朋/第 4 万勋/第 5 谢耀恒/第 7 彭平/第 8	2016 年 —2018 年	一种变压器局部放电去缺陷模拟装置及方法	专利授权证书	
3	专利合作	谢耀恒/第 1 叶会生/第 2 刘赞/第 3	2017 年 —2018 年	一种用于变压器内部多局部放电源的分离方法及系统	专利授权证书	
4	专利合作	谢耀恒/第 1 叶会生/第 3 彭平/第 5 孙利朋/第 7	2016 年 —2017 年	一种变电站局部放电带电检测电磁干扰信号的分级方法	专利授权证书	
5	专利合作	谢耀恒/第 1 叶会生/第 4 刘赞/第 6	2015 年 —2018 年	变电站局放带电检测电磁干扰的采集方法及装置	专利授权证书	
6	软著合作	刘赞/第 1 叶会生/第 2 赵世华/第 3 孙利朋/第 4	2017 年 —2018 年	变压器异常工况信息在线监测与预警系统 V1.0	软著登记证书	

		谢耀恒/第 5 彭平/第 6 万勋/第 7				
7	专利合作	赵世华/第 1 刘赞/第 2 叶会生/第 3 孙利朋/第 6 万勋/第 7	2016 年 —2018 年	一种获取变压器绕组状态与饼间电容参数关系的方法	专利授权证书	
8	专利合作	彭平/第 1 刘赞/第 2 赵世华/第 3 叶会生/第 4	2016 年 —2018 年	油纸绝缘沿面滑闪放电试验装置	专利授权证书	
9	项目合作	刘赞/第 1 汲胜昌/第 2 叶会生/第 3 赵世华/第 4 孙利朋/第 5 谢耀恒/第 6 彭平/第 7 万勋/第 8 胡维兴/第 9	2018 年 —2019 年	大型电力变压器异常工况下绕组状态检测及评估关键技术与成套装备研究报告	成果鉴定证书	

**(三) 项目名称：水电站暴雨卫星水汽同化定位预测及自适应分区产流调度关键技术**

**1、提名意见**

随着全球变暖，近年来暴雨等极端气候频发，导致水电站大量弃水，甚至严重威胁上下游防洪安全。项目针对“暴雨落区精准预测难、微地形暴雨强度预测难、分区产流调度难”三大难题，率先提出“水汽同化定位-自适应产流调度”新思路，国内外首次提出同步卫星水汽同化暴雨定位新方法，准确定位暴雨位置；首创水电站暴雨微地形预报新模型，精确预测暴雨强度；发明暴雨自适应分区产流及调度新技术，产流预测准确从而实现精准调度。

项目研制的水电站暴雨数值预测与产流调度系统，在三峡、柘溪、凤滩、东江等大中型骨干水电站成功应用，准确预报了 2015-2019 年 5 年来 26 次流域暴雨洪水过程，为相关水库发电和防洪优化调度提供了准确的信息指导和技术支撑，有效保障了水库下游防洪安全，同时水库弃水减少 60%，创造了显著的社会安全和经济效益。项目成果属国内外首创，技术经济指标达到了国际领先水平。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认该项目提名书及附件材料真实有效，提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步二等奖。

## 2、项目简介

暴雨是威胁水电站防洪安全和造成电站弃水的最重要灾害。发生暴雨时电站开闸泄洪，产生大量弃水，影响水电站发电效益及电网新能源消纳，极端暴雨洪水条件下甚至会淹没电站上下游，严重威胁人民生命财产安全。据国家能源局统计，2017 年全年弃水电量高达 515 亿千瓦时，占三弃比例超过 50%；2014 年湖南资水流域发生暴雨洪水，柘溪水库下游桃江县城被淹，20 多万人受灾，直接经济损失达 3.5 亿元。目前暴雨预报准确率最高的美国也仅为 25%，预报模式尺度最小为 3km，而水电站流域范围小，难以准确预测暴雨位置是否处于流域范围内，不能进行精准产流计算与水电站调度。存在三大难题：1) 水电站流域范围仅为几公里至一百多公里，对暴雨位置预测精度要求极高，暴雨落区位置精准预测难度大；2) 水电站流域存在大量的高山、峡谷等微地形，对局地暴雨的形成影响显著，机理十分复杂，微地形暴雨强度准确预测难度大；3) 水电站流域植被和地形特征复杂，暴雨洪水产汇流受植被和地形影响，产流过程变化大，产流准确计算及精细调度十分困难。

在国网湖南省电力公司重大科技攻关项目等支持下，由两家单位，100 多名研究人员，历经 3 年攻关，在水库暴雨预测、产流预测、调度系统研制方向取得系列成果，实现重大突破和实质性创新。

(1) 首创水库流域同步卫星水汽同化暴雨定位预测新方法，提出了同步卫星水汽辐射反演方法，实现水平 4km 分辨率、垂直 3 层的大气水汽精准计算，建立了水汽同化计算模型，提升预报初始场水汽准确性，50mm 以上暴雨落区位置平均偏差小于 5km，破解了降水落区预报技术难题。

(2) 提出水库流域 4 种 30 米级暴雨微地形预测新模型，创建了华中区域分辨率为 3\*3km、水库流域分辨率为 1\*1km 的暴雨多重嵌套数值预报模式，提出 30m 级微小尺度暴雨计算方法，有效提升了微地形暴雨强度预测准确性，50mm 以上的暴雨强度预报准确率提高到 87%。

(3) 发明水电站暴雨自适应分区产流调度新方法，提出了水库流域暴雨不均匀指数自动分区方法，建立了多模型串并联耦合产汇流计算模型，水库入库洪水预报准确率提升至 92%，研制了自适应分区产流的水库调度系统，在保障水电站防洪安全的同时大幅减少弃水。

项目技术成熟，开发了水电站暴雨预测及产流调度系统，通过了第三方权威机构检测，已在长江三峡等骨干大型水库以及湖南省柘溪、凤滩、东江水电站成功应用，成功应对了 2015 年以来 26 次暴雨洪水过程，减少水电站弃水电量损失 4.3 亿千瓦时，经济效益 2.6 亿元，受到国家防汛抗旱总指挥部高度评价“若无柘溪水库拦蓄洪水，益阳市区、桃江县城将遭受灭顶之灾”，社会安全与经济效益重大。国内水电站高达数万座，应用前景广阔。项目授权国家发明专利 7 项，发表 SCI 论文 3 篇，获软件著作权 2 项。项目技术独特，创新性突出，被鉴定为国际领先水平，填补了水电站暴雨水汽同化预测及自适应分区产流调度技术国内外空白。

### 3、客观评价

#### (1)项目成果鉴定

1) 2017年12月22日,国网湖南省电力有限公司组织专家对项目整体技术进行验收:“...同意通过验收...在多重嵌套微尺度暴雨数值预报模型、同步卫星水汽资料同化技术、分区多模型耦合产流预报方法等方面达到国际领先水平”。

(附件 6-13)

2) 2020年3月9日,湖南省电机工程学会在长沙组织召开了“水电站暴雨卫星水汽同化定位预测及自适应分区产流调度关键技术”科技成果鉴定会,专家组给出了如下鉴定意见:“鉴定委员会一致认为:项目创新性强,应用效果突出,在水电站暴雨水汽同化定位预测方法及自适应分区产流方面达到国际领先水平。”

(附件 6-15)

#### (2)项目获奖情况

无。

#### (3)国内外科技查新

教育部科技查新工作站(L07)针对“同步卫星水汽同化暴雨定位预测方法、水电站暴雨微地形预报模型、暴雨自适应分区产流及调度技术”3个查新点,查新报告结论:除查新委托人国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心及其项目合作单位申请公开的专利和论文文献外,未见有与该查新项目技术特点相同的研究报道。(附件 6-14)

#### (4)权威机构检测

开发的水库流域暴雨水情预测预警系统通过了湖南省长沙软件园发展中心的检测:软件能够准确完成水库流域暴雨水情预测、各项功能运行稳定。(附件 6-16)

#### (5)主要用户单位应用证明

1) 中国长江电力股份有限公司三峡水利枢纽梯级调度通信中心应用证明:“开展三峡水电站、葛洲坝水电站的暴雨洪水预报及调度,多次准确预测到长江中上游暴雨洪水过程,为水电站防洪和发电调度提供了重要决策指导”。(附件 3-1)

2) 国网湖南省电力有限公司水电分公司应用证明:“为水库调度运行提供重要决策支撑。准确预测了自2015年以来26次重要暴雨洪水过程, ..., 累计减少弃水量超过34.5亿m<sup>3</sup>,增加发电量4.3亿kWh,经济效益十分显著”。(附件 3-2)

### 4、推广应用情况

### 主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
国网湖南省电力有限公司水电分公司	整体技术	2015.6 至今	邓振华 15074972128	应用水电站暴雨水情预测成果和系统,有效减少弃水量、增加发电量,经济效益显著。
中国长江电力股份有限公司三峡水利枢纽梯调调度通信中心	整体技术	2016.1 至今	张建军 0717-6766913	应用“水电站暴雨卫星水汽同化定位预测及自适应分区产流调度关键技术”成果,开展三峡水电站、葛洲坝水电站的暴雨洪水预报及调度,为水电站防洪和发电调度提供了重要决策指导。
柘溪水电厂	整体技术	2015.6 至今	张洪嵘 15274761718	在柘溪流域应用暴雨水情预测成果,有效提升降水和入库流量预测准确度,指导应对暴雨洪峰。
凤滩水电厂	整体技术	2015.6 至今	彭开新 13574580529	在凤滩流域应用暴雨水情预测成果,有效提升降水和入库流量预测准确度,科学指导发电调度,有效提升水资源利用率。
东江水电厂	整体技术	2015.6 至今	肖友平 18975517467	项目组暴雨水情预测成果科学指导东江水库防洪发电调度,明显提高经济效益。

### 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家(地区)	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	证书编号(标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利(标准)有效状态
发明专利	一种考虑降雨空间分布特征的水库流域子流域划分方法	中国	ZL 201510556 510.1	2016-08 -24	第 2209708 号	国家电网公司; 国网湖南省电力公司; 国网湖南省电力公司防灾减灾中心	郭俊; 陆佳政; 张红先; 李波; 方针; 徐勋建	有效

发明专利	一种随机来水条件下水库蓄水期径流分级控制发电调度方法	中国	ZL 201710493 290.1	2018-10 -16	第 3108306 号	华中科技 大学	周建中;谢蒙 飞;欧阳文 宇;何中政	有效
论文	Impact of assimilating Himawari-8 derived layered precipitable water with varying cumulus and microphysics parameterization schemes on the simulation of Typhoon Hato	美国					陆佳政; 冯 涛; 李俊; 蔡泽林;徐勋 建; 李丽, 李金龙	发表
发明专利	一种基于空间聚类的水库流域暴雨特征因子辨识方法	中国	ZL 201610554 939.1	2018-06 -29	第 2980683 号	国网湖南 省电力公 司; 国网 湖南省电 力公司防 灾减灾中 心; 国家 电网公司	陆佳政; 郭 俊; 杨莉; 徐勋建; 冯 涛; 张杰; 李丽; 邸悦伦; 刘行	有效
发明专利	一种水库流域雨情观测网优化布点方法	中国	ZL 201510556 507.X	2016-05 -25	第 2082367 号	国家电 网公司; 国 网湖南 省电力 公司; 国 网湖南 省电力 公司防 灾减灾 中心	张红先; 郭 俊; 熊蔚立; 陆 佳政; 李波; 方针; 徐勋建	有效
发明专利	一种流域径流预报的校正方法及其系统	中国	ZL 201610549 841.7	2018-07 -24	第 3009677 号	国网湖南 省电力公 司; 国网 湖南省电 力公司防 灾减灾中 心; 国家 电网公司	陆佳政; 郭 俊; 杨莉; 徐勋建; 张 杰; 冯涛; 邸悦伦; 李 丽; 刘行	有效
发明专利	基于副高中期变动的水库动态汛限水位划定方法及系统	中国	ZL 201710702 363.3	2019-06 -07	第 3407938 号	国网湖南 省电力有 限公司; 国网湖南 省电力有 限公司防 灾减灾中 心; 国家 电网公司	陆佳政; 李 丽; 方针; 李波; 徐勋建; 郭 俊; 杨莉; 邸悦伦; 冯涛	有效

发明专利	一种水文预报方法	中国	ZL 201710494 468.4	2018-11 -02	第 3131735 号	华中科技 大学	周建中;李 薇;冯快乐; 邓昕玮;孙怀 卫;严冬;蔡 佳明;何成 威;陈璐	有效
计算机软 件著作权	水库流域径流预 报系统 V1.0	中国	2016SR111 619	2016-02 -02	软著登字 第 1290236 号	国网湖南 省电力公 司防灾减 灾中心		有效
计算机软 件著作权	水库流域暴雨数 值预报预警系统 V1.0	中国	2016SR111 627	2016-02 -02	软著登字 第 1290244 号	国网湖南 省电力公 司防灾减 灾中心		有效

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	郭俊	排名	1	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电 力有限公司防 灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电 力有限公司防 灾减灾中心
对本项目技术创造性贡献： 主要负责项目总体需求、项目方案设计、组织协调，负责水电厂区域微地形判识和分类，参与水库流域产流计算模型研究、预测及调度系统需求分析与设计。对创新点 2、3 做出了贡献。					

### 第 2 完成人：

姓名	周建中	排名	2	行政职务	学院院长
技术职称	教授	完成单位	华中科技大学	工作单位	华中科技大学
对本项目技术创造性贡献： 主要负责水库防洪和发电调度模型研究及水库调度系统研发及推广应用工作。对创新点 3 做出了贡献。					

### 第 3 完成人：

姓名	冯涛	排名	3	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电 力有限公司防 灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电 力有限公司防 灾减灾中心
对本项目技术创造性贡献： 主要负责项目卫星水汽同化实现、暴雨数值预报业务运行，参与暴雨微地形模型研究。对创新点 1、2 做出了贡献。					

### 第 4 完成人：

姓名	徐勋建	排名	4	行政职务	无
----	-----	----	---	------	---

技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献： 主要负责项目卫星水汽同化方案设计，同时对水电厂区域微地形判识和分类、暴雨数值预报做出一定贡献。对创新点 1、2 做出了贡献。</p>					

#### 第 5 完成人：

姓名	张勇传	排名	5	行政职务	无
技术职称	教授	完成单位	华中科技大学	工作单位	华中科技大学
<p>对本项目技术创造性贡献： 主要负责负责项目总体方案设计与指导，参与水库流域产流计算模型研究。对创新点 3 做出了贡献。</p>					

#### 第 6 完成人：

姓名	李丽	排名	6	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献： 参与水电厂区域微地形判识和分类，参与水库流域暴雨数值预报。对创新点 1、2 做出了贡献。</p>					

#### 第 7 完成人：

姓名	杨莉	排名	7	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献： 参与水电厂区域微地形判识和分类，参与水库流域产流计算模型研究。对创新点 2、3 做出了贡献。</p>					

#### 第 8 完成人：

姓名	蔡泽林	排名	8	行政职务	无
技术职称	工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献： 主要参与项目暴雨数值预报业务话运行调试。</p>					

#### 第 9 完成人：



姓名	章国勇	排名	9	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
对本项目技术创造性贡献： 主要参与水库流域产流计算模型研究。对创新点 3 做出了贡献。					

## 7、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	排名	1	所在地	湖南长沙
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：  项目组织单位和主要研究单位，为项目的完成提供了人力、物力、财力和现场试验等条件。对项目创新点 1、2、3 均作出了重要贡献：  (1) 提出水库流域同步卫星水汽同化暴雨定位预测新方法，提出水库流域 4 种 30 米级暴雨微地形预测新模型，提出水电站暴雨自适应分区产流调度新方法，研制了水电站暴雨预测及产流调度系统。  (2) 主持完成了水电站暴雨预测及产流调度系统的推广工作，成功应对了湖南省 2015 年以来 26 次水电站暴雨洪水过程，并将水电站暴雨自适应分区产流调度方法推广到长江三峡等骨干大型水库。项目授权国家发明专利 5 项，发表 SCI 论文 4 篇，获软件著作权 2 项。					

单位名称	华中科技大学	排名	2	所在地	湖北武汉
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：  (1) 提出了多模型串并联耦合产汇流计算模型，有效提升水库入库洪水预报准确率 (2) 提出了自适应分区产流的水库调度系统，在保障水电站防洪安全的同时大幅减少弃水。 (3) 参与了水电站暴雨预测及产流调度系统的优化设计，并将水电站暴雨自适应分区产流调度方法推广到长江三峡梯级调度中心等单位。					

## 8、完成人合作关系说明

第 1 完成人，郭俊，主持项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要负责项目总体需求、项目方案设计、组织协调，负责水电厂区域微地形判识和分类，参与水库流域产流计算模型研究、预测及调度系统需求分析与设计。对创新点 2、3 做出了贡献。合作成果包括：与第 4 完成人合著论文 1 篇、共同获得授权国家发明专利 5 项、共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 2 完成人承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目；与第 3 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项、共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 5 完成人承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项、合著表论文 1 篇，与第 6 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项；与第 7 完成人合著论文 2 篇、共同获得

授权国家发明专利 3 项、共同获得软件著作权 1 项、共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 8 完成人共同完成科技成果鉴定；与第 9 完成人合著表论文 1 篇。

第 2 完成人，周建中，参与项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要负责水库防洪和发电调度模型研究及水库调度系统研发及推广应用工作，对创新点 3 做出了贡献。合作成果包括：与第 1、3、4、5、7 完成人共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项。

第 3 完成人，冯涛，参与项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要负责项目卫星水汽同化实现、暴雨数值预报业务运行，参与暴雨微地形模型研究，对创新点 1、2 做出了贡献。合作成果包括：与第 1、4、7 完成人共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 4、6、8 完成人合著论文 1 篇；与第 4、6 完成人共同获得软件著作权 1 项；与第 1 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项；与第 4 完成人共同获得授权国家发明专利 4 项；与第 6、7 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项。

第 4 完成人，徐勋建，参与项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要负责项目卫星水汽同化方案设计，同时对水电厂区域微地形判识和分类、暴雨数值预报做出一定贡献。对创新点 1、2 做出了贡献。合作成果包括：与第 1 完成人合著论文 1 篇、共同获得授权国家发明专利 5 项、共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 2、5 完成人承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目；与第 3、6 完成人合著论文 1 篇、共同获得授权国家发明专利 4 项、共同获得软件著作权 1 项、共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 7 完成人合著论文 1 篇、共同获得授权国家发明专利 3 项、共同获得软件著作权 1 项、共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 8 完成人共同完成科技成果鉴定。

第 5 完成人，张勇传，参与项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要负责负责项目总体方案设计与指导，参与水库流域产流计算模型研究。合作成果包括：与第 1、2、3、4、5、7 完成人共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项，与第 1、7 完成人合著论文 1 篇。

第 6 完成人，李丽，参与项目研究时间：2015 年 9 月至 2017 年 12 月，主要参与水电厂区域微地形判识和分类，参与水库流域暴雨数值预报。对创新点 1、2 做出了贡献。合作成果包括：与第 3、4、8 完成人合著论文 1 篇；与第 3、4 完成人共同获得软件著作权 1 项；与第 1、3、7 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项；与第 4 完成人共同获得授权国家发明专利 4 项。

第 7 完成人，杨莉，参与项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要参与水电厂区域微地形判识和分类，参与水库流域产流计算模型研究。对创新点 2、3 做出了贡献。合作成果包括：与第 1，3，4 完成人共同承担完成国网湖南省电力有限公司科技项目 1 项；与第 1、9 完成人共同获得软件著作权 1 项；与第 1 完成人合著论文 2 篇、共同获得授权国家发明专利 3 项；与第 4 完成人合著论文 1 篇、共同获得软件著作权 3 项；与第 3、6 完成人共同获得授权国家发明专利 3 项；与第 5 完成人合著论文 1 篇。

第 8 完成人，蔡泽林，参与项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要负责负责项目总体方案设计与指导，参与水库流域产流计算模型研究。合作成果包括：与第 3、4、6 完成人合著论文 1 篇。

第 9 完成人，章国勇，参与项目研究时间：2015 年 1 月至 2017 年 12 月，主要负责负责项目总体方案设计与指导，参与水库流域产流计算模型研究。合作成果包括：与第 1 完成人合著论文 1 篇。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	郭俊/1 徐勋建/5	2015.5	一种考虑降雨空间分布特征的水库流域子流域划分方法	附件 1-1	
2	共同知识产权	周建中/1	2017.3	一种随机来水条件下水库蓄水期径流分级控制发电调度方法	附件 1-1	
3	共同知识产权	郭俊/2 杨莉/3 徐勋建/4 冯涛/5 李丽/7	2016.6	一种基于空间聚类的水库流域暴雨特征因子辨识方法	附件 6-1	
4	共同知识产权	郭俊/2 徐勋建/7	2015.5	一种水库流域雨情观测网优化布点方法	附件 6-2	
5	共同知识产权	郭俊/2 杨莉/3 徐勋建/4 冯涛/7 李丽/8	2016.6	一种流域径流预报的校正方法及其系统	附件 6-3	
6	共同知识产权	李丽/2 徐勋建/5 郭俊/6 杨莉/7 冯涛/9	2017.3	基于副高中期变动的水库动态汛限水位划定方法及系统	附件 6-4	
7	共同知识产权	周建中/1		一种水文预报方法	附件 6-5	
8	共同软件著作权	郭俊/1 杨莉/2 章国勇/3	2015	水库流域径流预报系统 V1.0	附件 6-7	
9	共同软件著作权	徐勋建/1 冯涛/2 李丽/3	2015	水库流域暴雨数值预报预警系统 V1.0	附件 6-6	
10	共同论文	冯涛/2 蔡泽林/4 徐勋建/5 李丽/6	2017.6	Impact of assimilating Himawari-8 derived layered precipitable water with varying cumulus and microphysics	附件 1-3	

				parameterization schemes on the simulation of Typhoon Hato		
11	共同论文	郭俊/2 杨莉/3 徐勋建/4	2016.12	Research of reservoir watershed fine zoning and flood forecasting method	附件 6-8	
12	共同论文	郭俊/1 杨莉/4 张勇传/5	2016.6	基于数值预报模式的柘溪水库流域径流预报系统	附件 6-9	
13	共同论文	章国勇/2 郭俊/5	2017.9	An enriched prediction intervals construction method with hybrid intelligent optimization	附件 6-10	
14	共同立项	杨莉/5 郭俊/6 徐勋建/11 冯涛/12	2015-2017	《基于数值模式的流域暴雨水情预报系统研究》任务书	附件 6-11	
15	共同参与项目	郭俊/1 周建中/2 张勇传/3	2016	柘溪水库流域多模型径流实时滚动组合预报校正服务	附件 6-12	
	共同成果鉴定	张勇传/2 郭俊/4 周建中/5 冯涛/9 蔡泽林/10 徐勋建/12 杨莉/14 李丽/15	2017.10	《电站暴雨卫星水汽同化定位预测及自适应分区产流调度关键技术》科技成果鉴定证书	附件 6-15	

**(四) 项目名称：农配网带电作业质效提升技术与装备及应用**

## 1、提名意见

该项目围绕农配网带电作业质效提升技术与装备开展了系统研究。一是创新设计了模块化旁路作业系统，研制承力柔性电缆和快捷式、小型化布缆车、开关车、升降车等装备，实现了我省丘陵、山区农配网带电作业的机械化，作业效率提高 50%以上；二是开发了系列绝缘杆作业新工法，发明电动式射枪操作杆和绝缘导线剥皮器等便携式工器具，实现人员不直接接触带电体即可完成带电操作，确保了作业人员安全，填补线路带电智能剥除导线绝缘层的国际空白；三是创新研制作业人员体征预警与保障新装备，作业现场监控及安全预警系统和高效控温绝缘空调服改善了作业人员工作环境，有效避免了作业人员误触电、中暑、脱水风险。依托项目成果，编制了 25 项操作规程，并制作标准化作业示范片，培养技术人才 1500 名，推动项目成果在全国范围内应用。

项目已获专利授权 39 项(发明专利 10 项),发表论文 9 篇(SCI/EI 收录 3 篇),起草行业、企业技术标准报批稿 2 项,出版专著 1 部,整体技术被鉴定为国际领先水平。项目成果拓展了我省农配网带电作业地域和作业项目范围,有力支撑了我省复杂类农配网带电作业项目占比由 2.9%提升至 10.6%。近三年,项目成果销售额 1.47 亿元,新增利润 2940 万元,开展农配网带电作业近 5 万次,多供电量达 6699 万千瓦时,助推浏阳市金峰机械科技有限公司从花炮机械企业向高科技电力设备创新企业转型创造了显著的经济效益和社会效益。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料,经认真审阅,确认该项目提名书及附件材料真实有效,提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步二等奖。

## 2、项目简介

电力的不间断供应已成为保障乡村居民生活和生产的必备条件,保障农配网安全稳定运行必须进行电力设备检修,停电检修给居民造成用电困扰,制约了乡村经济的快速发展,不利于富饶美丽幸福新湖南的建设。农配网带电作业是解决此难题最直接、最有效的技术手段,带电作业指在在高压电气设备上不停电进行检修、测试的一种作业方法。然而,我省农村多处于丘陵和山区,农配网带电作业受到严重限制:(1) 现有装备体积大、设备繁杂,不适用于水田、山区等农配网线路环境;(2) 适合农配网带电作业工具缺乏,可开展的作业有限;(3) 复杂

作业环境、恶劣气象条件时刻威胁作业安全。因此，研究农配网带电作业质效提升技术及装备对保障农村可靠供电意义重大。

在国家电网有限公司、国网湖南电力科技项目的支持下，针对上述难题，历时 6 年，经 5 家单位产学研用协同攻关，取得了以下创新成果：

(1) 首次设计了模块化旁路作业系统并研制了快捷式的小型化成套装备。提出旁路系统快速搭建新技术，实现多档距旁路同时搭建，作业效率提高 50% 以上；建立了架空电缆承力计算模型，研制了承力柔性电缆，承受张力由 1kN 提升到 12.5kN，实现了旁路系统空中架设；研制了遥控式、小型化布缆车、开关车、升降车等装备，占地面积仅为 2m<sup>2</sup>（升降车 14.6m<sup>2</sup>），实现丘陵、水田等地形复杂区域机械化带电作业。

(2) 开发了系列绝缘杆作业新工法并发明配套便携式电动工器具。提出间接转移导线荷载技术和利用操作杆配合绝缘吊钩扩展作业空间技术，开发了绝缘杆更换耐张绝缘子、直线针式绝缘子、熔断器和断/接引线新工法。突破了导线绝缘层自主识别技术，攻克触头式供电和四点式切割技术，研制了电动可视化射枪式操作杆和多线径绝缘导线通用剥皮器，填补线路带电智能剥除导线绝缘层的国际空白。促使复杂类农配网带电作业项目占比由 2.9% 提升至 10.6%。

(3) 创新研制带电智能管控装置。首次提出单一特征参量与多特征参量融合的人体健康安全指标智能算法和动作实时监控方法，研制了作业现场监控及安全预警系统，最大检测距离达 30m，预警准确率 $\geq 99\%$ ，实现技术管理人员对作业现场全过程智能管控；基于涡流管制冷技术，研制了高效控温绝缘空调服，从 50℃ 降至 28℃ 仅需 5min，改善了作业人员工作环境，有效避免了作业人员误触电、中暑、脱水风险。

该项目已获专利授权 34 项（发明 12 项），起草技术标准 2 项，出版专著 1 部，编制操作规程 25 套，经院士专家鉴定达到国际领先水平。张力柔性电缆、电动伸缩可视化绝缘杆和多线径绝缘导线剥皮器等工具打破了国外技术垄断，售价仅同类产品的 40%，市场竞争力强。近三年，培养技术人才 1500 名，项目成果在全国推广应用，成果销售额 1.47 亿元，新增利润 2940 万元，开展农配网带电作业近 5 万次，多供电量达 6699 万千瓦时。项目的成功实施，拓宽了农配网

带电作业项目和地域范围，促进了带电作业技术的进步，经济和社会效益显著提升。

### 3、客观评价

#### (1) 项目成果鉴定

2017年1月国网湖南省电力有限公司组织对《配网不停电作业技术研究及装备研制》项目成果进行鉴定，以顾国彪院士为主任委员，罗安、潘垣、黄伯云院士等专家组成的鉴定委员会鉴定意见摘录如下：1.提出了基于棘轮原理的剥皮方法，攻克了间接转移导线荷载技术，提出了利用操作杆配合绝缘吊钩扩展作业空间的技术；2.设计了新型抗拉柔性电缆及配套接头，设计了机械手臂，攻克了自动布缆技术，基于履带式底盘机构，构建了模块化、小型化、移动式旁路作业系统；3.基于涡流管制冷原理，攻克了绝缘服冷却技术。研究成果处于国际领先水平。

#### (2) 项目获奖情况

项目2017年获国网湖南省电力有限公司科技进步一等奖。

#### (3) 国内外科技查新

经教育部科技查新工作站对项目的3个创新点进行查新，“农配网带电作业质效提升技术与装备及应用”项目查新结论摘录如下：国外内公开发表的文献中，除项目委托组前期研究成果外，未见与该查新项目技术特点相符的文献报道。

#### (4) 权威机构检测

项目成果新型抗拉柔性电缆及配套接头、负荷开关、更换耐张绝缘子卡具等间接作业工具、10kV配电线路斗臂车绝缘空调服、空调斗分别在中国电科院电力工业电气设备质量检验检测中心、长沙理工大学高电压与绝缘实验室、湖南省产商品质量监督检验研究院、山东省机械设计研究院机械产品质检中心等权威单位进行电气及机械试验，试验合格。

#### (5) 主要用户单位应用证明

国网江西省电力有限公司评价：“配网移动式旁路作业整套装备占地空间大幅减少，可适用农村配网工作环境，柔性电缆可实现带张力自动收放；绝缘空调服及空调斗可改善作业人员工作环境；不停电作业实时监控和安全预警系统运行可靠，可有效确保作业安全开展”。

国网辽宁省电力有限公司评价：“移动升降平台车可远程遥控，有效解决道路狭窄地区斗臂车无法进入的难题；移动布缆车进行张力柔性电缆的作业，可大幅减轻人员劳动强度；移动开关车体积大幅度减小，应用范围广。其自带的开关翻转机构，有效提高了作业效率”。

国网湖北省电力有限公司评价：“更换耐张绝缘子卡具等间接作业法工具的应用实现了带电更换耐张绝缘子、带电更换直线绝缘子及带电断接引流线等各项作业，专用工具绝缘性能良好，满足现场使用需求。”。

国网湖南省电力有限公司长沙供电公司评价：“空调服及空调斗使用及安装方便，操作简单，能够有效改善作业人员的工作环境，降低体表温度，增加了作业安全，每次作业可提高效率 30%，为配电网可靠运行提供了技术保障。”

国网湖南省电力有限公司益阳供电公司评价：“间接作业系列工具操作简单、安全可靠，对保障作业人员的安全，降低作业风险与劳动强度发挥了积极作用，建议推广使用。”

国网湖南省电力有限公司娄底供电公司评价：“小型化、模块化旁路作业系统将电缆布置点由地面转移至水泥杆上，解决了电缆铺设受地形限制的问题；通过电缆中间、终端接头实现多档距之间同时布缆，大幅度提高作业效率。”

#### 4、推广应用情况

主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用情况	应用起止时间	应用单位联系人/电话
国网湖北省电力有限公司	整体技术	良好	2017年1月至2019年12月	李昇/13628669021
国网江西省电力有限公司	整体技术	良好	2018年4月至2019年12月	邓杰/15079150791
国网辽宁省电力有限公司	整体技术	良好	2018年1月至2019年12月	王刚/13898120399
国网湖南省电力有限公司长沙供电公司	整体技术	良好	2017年7月至2019年12月	刘定国/13875900482
国网湖南省电力有限公司益阳供电公司	整体技术	良好	2017年6月至2019年12月	刘畅/13873799399



国网湖南省电力有限公司娄底供电公司	整体技术	良好	2017年8月至2019年12月	肖荣贵/13689789546
国网湖南省电力有限公司技术技能培训中心	整体技术	良好	2017年1月至2019年12月	汤文/17775990068

## 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种农配网线路的旁路搭建系统	中国	ZL201610679837.2	2017.10.20	2661955	国网湖南省电力公司带电作业中心、国网湖南省电力公司衡阳供电分公司、湖南太平昌盛电器有限公司等	邹德华、徐溧等	有效
发明专利	用于农配网线路旁路搭建的移动布缆车	中国	ZL201610679956.8	2017.9.15	2610922	国网湖南省电力公司带电作业中心、湖南太平昌盛电器有限公司等	牛捷、刘兰兰、李稳等	有效
发明专利	绝缘导线剥皮工具	中国	ZL201510550347.8	2017.5.10	2480884	国网湖南省电力公司带电作业中心等	牛捷、邹德华、郭昊等	有效

发明专利	用于农配网线路旁路搭建的负荷开关车及其应用方法	中国	ZL201610679891.7	2017.8.1 1	2581322	国网湖南省电力公司带电作业中心、湖南太平昌盛电器有限公司等	牛捷、李稳、徐溧等	有效
发明专利	配电线路移动式绝缘登高作业装置及方法	中国	ZL201610679786.3	2018.6.1 2	2958810	国网湖南省电力公司带电作业中心、湖南太平昌盛电器有限公司等	邹德华、牛捷、徐溧等	有效
发明专利	配电线路更换耐张绝缘子的托瓶紧线工具及其应用方法	中国	ZL201610391698.3	2017.6.9	2510215	国网湖南省电力公司带电作业中心、湖南太平昌盛电器有限公司等	牛捷等	有效
发明专利	一种线缆电动剥线钳	中国	ZL201710047068.9	2018.6.2 9	2982114	国网湖南省电力公司带电作业中心等	邹德华、李稳、牛捷等	有效
发明专利	欧式环网柜或分支箱电缆终端头带电插拔专用组合工具	中国	ZL201510751497.5	2017.7.4	2541516	国网湖南省电力公司带电作业中心、湖南太平昌盛电器有限公司	牛捷、邹德华等	有效

						等		
发明专利	多功能电缆 支架及其使 用方法	中国	ZL2015107 46965.X	2016.8.2 4	2192507	国网湖南 省电力公 司带电作 业中心、 湖南太平 昌盛电器 有限公司 等	牛捷、刘 定国等	有效
发明专利	用于绝缘导 线检修的绞 线装置	中国	ZL2015105 50393.8	2016.8.2 4	2209718	国网湖南 省电力公 司带电作 业中心等	牛捷、邹 德华、郭 昊等	有效

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	牛捷	排名	1	行政职务	三级职员
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力 有限公司输电 检修分公司	工作单位	国网湖南电力 有限公司输电 检修分公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>创造性贡献：对创新点 1、2、3 作出了贡献，开展了农配网小型化、模块化带电作业旁路作业系统的研制，提出了操作杆法带电断/接引线、带电更换针式绝缘子等新方法，并研制配套工具，参与了安全预警系统的研发。旁证材料：专利 201610679956.8、201610679891.7、201610679891.7 等，论文《10kV 配网小型旁路系统作业方法研究》等。</p>					

### 第 2 完成人：

姓名	刘兰兰	排名	2	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力 有限公司输电 检修分公司	工作单位	国网湖南电力 有限公司输电 检修分公司

对本项目技术创造性贡献：

对创新点 1、2 和 3 做出了贡献，参与了农配网小型化、模块化带电作业旁路作业系统的研制，进行了操作杆带电更换耐张绝缘子方法和共计的研制，研制了绝缘空调服。负责作业指导书编制、教学示范片拍摄等工作。项目验收技术资料。旁证材料：专利 201610679956.8、201620894082.3、201521075914.0 等。

### 第 3 完成人：

姓名	刘定国	排名	3	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力有限	工作单位	国网湖南电力有限

对本项目技术创造性贡献：

对创新点 1、2、3 做出重要贡献。提出移动式负荷开关车的研制，参与小型化、模块化移动式旁路系统的设计；设计更换耐张绝缘子的托瓶紧线工具机构并提出使用方法；指导示范片的拍摄，审核操作规程和作业指导书以及项目验收技术资料。发明专利：201610679786.3、201610391698.3 等

### 第 4 完成人：

姓名	邹德华	排名	4	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司	工作单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司

对本项目技术创造性贡献：

对创新点 1、2、3 作出了贡献，负责农配网小型化、模块化带电作业旁路作业系统的研制，提出了操作杆法带电断/接引线、带电更换针式绝缘子新方法，并研制配套工具，研制了安全预警系统。旁证材料：专利 201610679837.2、201510746965.X、201610679891.7 等，论文《配网不停电作业用射枪式电动操作杆的研制》等。

### 第 5 完成人：

姓名	刘凯	排名	5	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	中国电力科学	工作单位	中国电力科学

			研究院有限公司		研究院有限公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>创造性贡献：对创新点 1、2 作出了突出贡献，研究确定配网电缆不停电作业的项目及要求，起草国网公司企业标准 1 项：《10kV 农配网不停电作业技术规范》（报批稿），审定项目技术方案，指导项目开展。</p>					

第 6 完成人：

姓名	郭昊	排名	6	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司	工作单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2 做出了贡献。参与研制了一套用于 10kV 农配网不停电作业的绝缘操作法工器具，利用绝缘杆作业法。旁证材料：专利 ZL201510550347.8、ZL20150550393.8，论文《Design and application of air-conditioning suit based on eddy current cooling principle for distribution network working with power uninterrupted》。</p>					

第 7 完成人：

姓名	李稳	排名	7	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司	工作单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2 做出了贡献。即，对配电网现有相关旁路作业系统进行整合、改进，并设计了一套移动式小型旁路作业系统。旁证材料：专利 ZL201610679956.8、ZL201610679891.7、ZL201710047068.9 等。</p>					

第 8 完成人：

姓名	徐漂	排名	8	行政职务	无
----	----	----	---	------	---

技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司	工作单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2 做出贡献，负责小型化、模块化、移动式旁路作业系统的设计和相关装备的研制，负责绝缘空调服以及现场实时监控和安全预警系统的研制。旁证材料：专利 ZL201610679837、ZL201610679891.7、ZL201610679786.3 等，论文《模块化、小型化农配网不停电旁路作业系统研究》、《Development of Insulation Support Frame Used in Live Breaking and Joinding Leads of 10kV Cable》等。</p>					

### 第 9 完成人：

姓名	刘庭	排名	9	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司	工作单位	国网湖南电力有限公司输电检修分公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>创造性贡献：对创新点 1 做出了突出贡献，负责了旁路作业系统的研究及安全性论证，参与了标准《10kV 农配网不停电作业技术规范》的编写，审查项目验收资料、操作规程。</p>					

### 7、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	国网湖南省电力有限公司输电检修分公司	排名	1	所在地	湖南衡阳
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：</p> <p>对创新点 1、2 和 3 做出重要贡献，负责小型化、模块化、移动式旁路作业系统的设计和相关装备的研制，负责操作杆法带电段/接引线、带电更换针式绝缘子和耐张绝缘子新方法的设计和配套装备的研制，负责绝缘空调服以及现场实时监控和安全预警系统的研制。</p>					

单位名称	中国电力科学研究院有限公司	排名	2	所在地	北京
------	---------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

对创新点 1 做出贡献，具体如下：

负责旁路作业系统的研究及安全性论证，负责标准《10kV 农配网不停电作业技术规范》的编写，参与项目操作规程和作业指导书以及项目验收资料的撰写和审核。

单位名称	浏阳市金锋机械科技有限公司	排名	3	所在地	湖南浏阳
------	---------------	----	---	-----	------

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

对创新点 2 做出贡献，参与研发了《智能剥线器》。此外，主要负责本项目成果的产品化和推广应用，生产产品已在湖南、广东、陕西、江苏等多个地区进行了应用推广，并深受电网用户一致好评。

单位名称	湖南太平昌盛电器有限公司	排名	4	所在地	湖南长沙
------	--------------	----	---	-----	------

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

对创新点 1 做出贡献，参与小型化、模块化、移动式旁路作业系统的设计和相关装备的研制。此外，主要负责本项目成果的产品化和推广应用，生产产品已在湖南、辽宁、江苏等多个地区进行了应用推广。

## 8、完成人合作关系说明

### 主要完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	牛捷/第 2 邹德华/第 3	2017.5.10	绝缘导线剥皮工具	专利： ZL201510550347.8	

		郭昊/第 5				
2	共同知识产权	邹德华/第 1 徐溧/第 4	2017.10.20	一种农配网线路的 旁路搭建系统	专利： ZL201610679837.2	
3	共同知识产权	牛捷/第 2 刘定国/第 4 徐溧/第 9	2017.8.11	用于农配网线路旁 路搭建的负荷开关 车及其应用方法	专利： ZL201610679891.7	
4	共同知识产权	牛捷/第 2 李稳/第 7 徐溧/第 9	2017.8.11	用于农配网线路旁 路搭建的负荷开关 车及其应用方法	专利： ZL201610679891.7	
5	共同知识产权	邹德华/第 1 牛捷/第 3 刘定国/第 4 徐溧/10	2018.6.12	配电线路移动式绝 缘登高作业装置及 方法	专利： ZL201610679786.3	
6	共同知识产权	牛捷/第 2 刘定国/第 4	2016.10.26	配电线路用导线卡 线器	专利： ZL201620537652.3	
7	共同知识产权	邹德华/第 2 李稳/第 3 牛捷/第 4	2018.6.29	一种线缆电动剥线 钳	专利： ZL201710047068.9	
8	共同知识产权	牛捷/第 1 邹德华/第 2	2017.7.4	欧式环网柜或分支 箱电缆终端头带电 插拔专用组合工具	ZL201510751497.5	
9	共同知识产权	牛捷/第 2 邹德华/第 3 郭昊/第 5	2016.8.24	用于绝缘导线检修 的绞线装置	专利： ZL201510550393.8	



10	共同知识产权	牛捷/第1 刘兰兰/第7 李稳/第9	2017.9.15	用于农配网线路旁路搭建的移动布缆车	专利： ZL201610679956.8	
11	共同知识产权	刘兰兰/第1 邹德华/第2	2017.2.22	可伸缩绝缘梯	专利： ZL201620894082.3	
12	共同知识产权	邹德华/第1 牛捷/第3 徐溧/第4	2016.4.6	配电电缆终端头屏蔽罩	专利： ZL201520883895.8	
13	共同知识产权	邹德华/第2 牛捷/第3 徐溧/第4	2016.4.6	配电电缆终端头固定操作杆	专利： ZL201520878537.8	
14	共同知识产权	邹德华/第1 刘兰兰/第2 徐溧/第5	2017.5.10	配网不停电作业用更换耐张绝缘子的卡具	专利： ZL201621263673.7	
15	共同知识产权	刘兰兰/第1 徐溧/第2 李稳/第3	2017.4.19	电动绝缘操作杆	专利： ZL201621082998.5	
16	共同知识产权	邹德华/第1 牛捷/第3	2019.1.8	一种全自动剥线器	专利： ZL201820871626.3	
17	共同知识产权	邹德华/第1 牛捷/第3 刘定国/第5	2019.2.22	一种剥线器的剥线装置	专利： ZL201821193087.9	
18	共同知识产权	邹德华/第1 刘兰兰/第2	2017.5.3	配网不停电作业用绝缘空调装置	专利： ZL201621154399.X	

		徐溧/第 3				
19	论文合著	牛捷/第 2 徐溧/第 6	2016.4	10kV 配网小型旁路系统作业方法研究	电机工程	
20	论文合著	徐溧/第 1 牛捷/第 2	2016.10	Development of Insulation Support Frame Used in Live Breaking and Joining Leads of 10kV Cable	MMME 2016	
21	论文合著	徐溧/第 1 邹德华/第 2	2017.9	配网不停电作业用射枪式电动操作杆的研制	电工技术	
22	论文合著	牛捷/第 2 邹德华/第 4	2016.6	10kV 环网柜完全不停电作业方法研究	电力科学与技术学报	
23	论文合著	徐溧/第 1 刘兰兰/第 3 牛捷/第 4	2017.9	配网不停电作业空调服研制	智慧电力	
24	论文合著	徐溧/第 1 刘兰兰/第 2 牛捷/第 3 郭昊/第 10	2017.4	Design and application of air-conditioning suit based on eddy current cooling principle for distribution network working with power uninterrupted	MEP 2017	
25	标准合著	刘凯/第 1 刘庭/第 2 牛捷/第 8	2017.1	10kV 农配网不停电作业技术规范	标准草案	

		刘兰兰/第 10				
--	--	----------	--	--	--	--

**(五) 项目名称：特高压直流换流站状态感知与智能运维关键技术创新及应用**

**1、提名意见**

湖南现有±800kV 祁韶特高压直流输电线路，将西北的清洁能源，源源不断地输送到三湘大地，为电力供应吃紧的湖南提供了强大支撑。然而，特高压直流换流站需要面对高温、重冰、大负荷等极端条件的考验，使得运行维护的难度加大；特高压直流线路故障识别及精确定位和特高压交流侧线路故障感知及穿越控制等依旧是我国对特高压直流换流站建设过程中需要解决的关键问题。项目通过产学研用协同攻关，取得了系列创新成果：攻克了现有换流站监测装置无法快速可靠识别不同类型交、直流故障的难题，研制了电压、电流宽频测量装置；突破了换流站交流系统故障恢复过程中谐波抑制和换流站无功功率及交流电压的“主动”控制的难题，有效减小连续换相失败带来功率输送中断和直流系统闭锁事故；建立了针对特高压直流换流站缺乏统一的安全规范运维体系，研制了适用于现场设备智能巡检、主控制室智能监盘机等多款智能装置本体构型。

项目获授权发明专利 7 项，实用新型专利 9 项，软件著作权 6 项，制定行业技术标准 3 项，专著 2 本。项目研究成果已广泛应用于湖南、广东、宁夏等 8 个省份的换流站建设项目，全面提升了特高压换流站的安全水平，显著推动了特高压直流换流站智能化建设的科技进步。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认材料真实有效。提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步二等奖。

**2、项目简介**

特高压电网是目前世界上最先进输电技术的载体，被誉为“电网中的高速公路”。在我国，建设特高压电网是破解能源和环境问题、助力构建全球能源互联网的有力手段。2020 年 3 月 4 日，习近平总书记在中共中央政治局常委会会议上，作出加快“新基建”进度的工作部署，特高压成为“新基建”的重要一员。换流站是特高压直流输电的核心枢纽，交直流在这里完成变换，发挥着大电网可靠互联及大规模可再生能源外送的作用，是电网安全稳定运行的重要保障。电网调度部门及管理者非常重视对直流换流站内设备的运行状态，尤其是对站内设备缺陷、事件报警信息及故障处理情况的实时了解。然而，特高压直流换流站交直流间的相互影响给交直流系统保护带来重大挑战，且换流站内部设备类型多、数量大，控制系统和辅助系统十分复杂，与常规变电站相比，故障识别的精准化、控制保护的自动化及安全运维的智能化水平较低，阻碍了电网公司推进特高压换

流站“少人值守”的智能化运维模式的发展。

在国家自然科学基金等项目资助下，国网湖南省电力公司联合长沙理工大学、全球能源互联网研究院有限公司，对特高压直流换流站的状态感知、优化控制、智能运维等关键技术进行了创新研究与应用（通过直流侧故障线路快速可靠识别及故障定位、交流侧故障特征分析及控制，提升了换流站故障识别及控制保护的自动化水平；通过换流站智能运维工作标准体系建立及多维度故障监测技术攻关，推动了换流站安全运维的智能化进程），取得了集理论、技术及装备于一体的系列成果，主要科技创新有：

1、针对特高压直流换流站现有监测装置无法快速可靠识别不同类型交、直流故障的难题，研制了电压、电流宽频测量装置，提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法，开发了在线巡检成套系统，实现了特高压直流换流站交、直流故障的快速可靠识别。

2、针对交流系统故障下直流系统换相失败的难题，提出了一种非线性控制滤波器谐波抑制和换流器无功输出技术，发明了基于系统能量平衡的高压直流输电连续换相失败的换流器主动控制无功方法，实现对故障恢复过程中谐波抑制和换流站无功功率及交流电压的“主动”控制，有效减小连续换相失败带来功率输送中断和直流系统闭锁事故。

3、针对特高压直流换流站缺乏统一的安全规范运维体系，提出了基于运检作业标准化、设备管理精益化、技术手段智能化的成套换流站设备安全运行工作标准体系；针对复杂环境下换流站电力设备的故障识别与广域告警难题，研制了适用于现场设备智能巡检、主控制室智能监盘两个维度的多款智能装置本体构型。

项目获授权发明专利 7 项，实用新型专利 9 项，软件著作权 6 项，制定行业技术标准 3 项，专著 2 本，整体技术达到国际先进水平，低频噪声源定位算法、降噪材料与装置综合吸声性能、滤波电容器宽带隔离降噪技术等方面居国际领先水平。

项目成果已广泛应用于湖南、广东、宁夏等省份的变电站（换流站）建设项目，全面提升了特高压换流站的安全水平，显著推动了特高压直流换流站智能化建设的科技进步，对“新基建”七大领域之一的特高压技术的发展、维护电网的安全稳定运行、提高人民的生产和生活水平具有重要意义。

### 3、客观评价

#### (1)项目成果鉴定

2017 年 7 月 15 日，中国电机工程学会组织以中国科学院程时杰院士为主任委员、中国工程院郭剑波院士为副主任委员的鉴定委员会对“直流电网快速行波保护装置”项目进行了技术鉴定，鉴定意见：**自主研发的直流电网快速行波保护装置整体达到国际领先水平**，建议尽快在工程中推广应用。

计划于 2020 年 6 月初，由湖南省科学技术信息研究所组织对项目整体成果进行鉴定。

#### (2)项目获奖情况

无。

### (3)国内外科技查新

教育部科技查新工作站：“项目的科学技术要点：……电压、电流宽频测量装置……基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法……在线巡检成套系统……非线性控制滤波器谐波抑制和换流器无功输出技术……基于系统能量平衡的高压直流输电连续换相失败的换流器主动控制无功方法……基于运检作业标准化、设备管理精益化、技术手段智能化的成套换流站设备安全运行工作标准体系……复杂环境下换流站电力设备智能巡检、主控制室智能监盘机器人……国内外公开发表的文献中，除项目委托组前期研究成果外，未见与该查新项目以上技术特点相符的文献报道。”

### (4)权威机构检测

长沙软件园发展中心软件检测实验室（中国认证检测 CNAS）出具的《国网湖南检修公司换流站运维人员工作站智能告警与辅助决策专家系统 软件登记报告》主要结论为：检验项目检验结果符合 GB/T 25000.1-2016《系统与软件工程系统与软件质量要求和评价（SQuaRE）》中第 51 部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则。

### (5)主要用户单位应用证明

国网湖南省电力有限公司评价：“完成了换流站运维人员工作站智能告警与辅助决策专家系统，具备智能监控、在线故障处理、离线数据分析、辅助决策等功能，解决了运维人员对故障报警事件信息远程监盘的问题，提升了换流站故障处理响应的实时性、效率及无纸化运维水平，有力支撑了‘特高压入湘’工程，社会、环境效益显著，相关技术正在湖南省全面推广。”

国网±500 千伏鹅城换流站评价：“2018 年，韶山换流站为检测直流侧进线运行情况，在换流站正负极直流线路出口处装设了第一代宽频直流电压、电流互感器和故障预警系统。运行 1 年多以来，解决了直流线路宽频故障行波信号采集难题，实现了直流侧故障快速可靠预警，保障了换流站的安全稳定运行，提高了大规模新能源输送、消纳效率。”

国网±800 千伏韶山换流站评价：“2017 年，韶山换流站为监测交流侧 500 千伏输电线路运行情况，装设由长沙理工大学与国网湖南省检修公司等共同研发的输电线路故障诊断系统，实现了线路故障预警与故障诊断，为特高压换流站安全运行提供保障，大大减少了交流侧故障发生导致换流站闭锁，影响新能源功率输送的情况。”

## 4、推广应用情况

主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/ 电话	应用情况
国网湖南省电力有限公司检修公司	整体应用	2017年1月至今	章健军 /15974250321	解决了运维人员对故障报警事件信息远程监盘的问题,提升了换流站故障处理响应的实时性、效率及无纸化运维水平,有力支撑了‘特高压入湘’工程,社会、环境效益显著,相关技术正在湖南省全面推广。

## 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家(地区)	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	证书编号(标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利(标准)有效状态
行业标准	电网金属技术监督规程	中国	DL/T 1424-2015	2015年1月1日	国家能源局	国网湖南检修公司等	雷云飞等	有效
行业标准	金属氧化物避雷器检修决策导则	中国	Q/GDW 11241-2014	2014年12月1日	国家电网公司	国网湖南省电力公司等	雷云飞等	有效
行业标准	智能架空输电线路技术导则	中国	Q/GDW 11796-2017	2018年10月10日	国家电网有限公司	国网湖南省电力有限公司,中国电力科学研究院有限公司,国网电力科学研究院,武汉南瑞有限责任公司	严宇等	有效
发明专利	基于柔性直流输电系统换流站级改	中国	ZL2015 1076805 5.1	2019年4月30日	3354177	长沙理工大学	夏向阳,邱欣,彭梦妮,易	有效

	进型控制策略						浩民,杜荣林,杨超	
发明专利	柔性直流输电系统的架空线路暂时性故障的保护方法	中国	ZL201510843809.5	2018年8月21日	3042094	长沙理工大学	夏向阳,邱欣,易浩民,彭梦妮,黄海	有效
发明专利	一种基于痕迹法的高压XLPE电缆故障诊断方法	中国	ZL201510422684.9	2018年8月21日	3043797	长沙理工大学	夏向阳,贺运九,杜荣林	
发明专利	多谐波源相互影响的配电网滤波装置优化装置	中国	ZL201310158068.8	2018年7月30日		长沙理工大学	夏向阳,王欢,程莎莎	
发明专利	一种电动汽车双向传输智能充电桩	中国	ZL201510262115.2			长沙理工大学	夏向阳,孔祥霖,张贵涛	
发明专利	基于在线决策规则的电缆局部放电源定位	中国	ZL201510960848.3	2019年2月1日	3239605	长沙理工大学	夏向阳,杜荣林,杨超,黄润知,贺运九	有效
发明专利	碳纤维特高压六线提线钩	中国	ZL201610004601.9	2017年8月29日	2600747	国网湖南省电力有限公司检修公司,国网湖南省电力公司,江苏优培德复合材料有 限公司,湖南太平	邹德华,刘兰兰,李稳,刘有源,严宇,陈隆,童诚,雷冬云,汪志刚	有效

						昌盛电器 有限公司		
--	--	--	--	--	--	--------------	--	--

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	夏向阳	排名	1	行政职务	副院长
技术职称	教授	完成单位	长沙理工大学	工作单位	长沙理工大学
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>项目总负责人，提出特高压换流站状态感知和智能运维关键技术创新研究理论和方法，获发明专利 3 项，为特高压换流站智能化建设提供产品和技术支持，对创新点 1、2、3 均有贡献。本项目投入工作量占本人总工作量 60%。</p>					

### 第 2 完成人：

姓名	雷云飞	排名	2	行政职务	副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司检修公司	工作单位	国网湖南省电力有限公司设备管理部
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>作为国网湖南省电力公司检修公司的技术负责人之一，提出了基于运检作业标准化、设备管理精益化、技术手段智能化的成套换流站设备安全运行工作标准体系，获发明专利2项，为特高压换流站智能运维提供产品和技术支持，对创新点2、3均有贡献。本项目投入工作量占本人总工作量60%。</p>					

### 第 3 完成人：

姓名	庞辉	排名	3	行政职务	副所长
技术职称	教授级高工	完成单位	全球能源互联网研究院有限公司	工作单位	全球能源互联网研究院有限公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>作为全球能源互联网研究院有限公司的技术负责人之一，研制了电压、电流宽频测量装置，提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法，获发明专利1项，为特高压直流换流站交、直流故障的快速可靠识别提供技术支撑，对创新点1、2有贡献。本项目投入工作量占本人总工作量60%。</p>					

### 第 4 完成人：

姓名	姜飞	排名	4	行政职务	无
技术职称	副教授	完成单位	长沙理工大学	工作单位	长沙理工大学
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 3 做出贡献，构建了“状态感知+优化控制+智能运维”的特高压换流站智能</p>					



化建设体系，研制了适主控制室智能监盘多款智能装置本体构型，解决了复杂环境下换流站电力设备的故障识别与广域告警难题。本项目投入工作量占本人总工作量 60%。

#### 第 5 完成人：

姓名	裴翔羽	排名	5	行政职务	无
技术职称	讲师	完成单位	长沙理工大学	工作单位	长沙理工大学
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1 做出贡献，提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法，完成了直流电流互感器，实现了特高压直流换流站交、直流故障的快速可靠识别。本项目投入工作量占本人总工作量 50%。</p>					

#### 第 6 完成人：

姓名	严宇	排名	6	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力公司检修公司	工作单位	国网湖南省电力公司检修公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 3 做出贡献，研发了换流站现场设备辅助巡检机器人，参与提出了基于运检作业标准化、设备管理精益化、技术手段智能化的成套换流站设备安全运行工作标准体系。本项目投入工作量占本人总工作量 50%。</p>					

#### 第 7 完成人：

姓名	董巍	排名	7	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	全球能源互联网研究院有限公司	工作单位	全球能源互联网研究院有限公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1 做出贡献，参与提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法，直流电压互感器，实现了特高压直流换流站交、直流故障的快速可靠识别。本项目投入工作量占本人总工作量 60%。</p>					

#### 第 8 完成人：

姓名	张静	排名	8	行政职务	无
技术职称	讲师	完成单位	长沙理工大学	工作单位	长沙理工大学
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 2 做出贡献，参与研制了电压、电流宽频测量装置，参与发明了基于系统能量平衡的高压直流输电连续换相失败的换流器主动控制无功方法，实现对故障恢复过程中谐波抑制和换流站无功功率及交流电压的“主动”控制。本项目投入工作量占本人总工作量 50%。</p>					

第9完成人：

姓名	曾小勇	排名	9	行政职务	
技术职称	讲师	完成单位	长沙理工大学	工作单位	长沙理工大学
<p>对本项目技术创造性贡献：                  对创新点2做出贡献，参与提出了基于系统能量平衡的高压直流输电换相失败抑制策略，参与研制了电缆在线故障监测与预警装置。本项目投入工作量占本人总工作量50%。</p>					

7、主要完成单位及创新推广贡献

单位名称	国网湖南省电力有限公司检修公司	排名	1	所在地	湖南长沙
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：                  项目主持单位 4个发明专利、3个标准的专利权人；3名项目主要完成人属于该单位职工，对本项目科技创新和应用的贡献：                  (1) 与第一完成单位合作构建了“状态感知+优化控制+智能运维”的特高压换流站智能化建设体系，并应用推广；                  (2) 提出了基于运检作业标准化、设备管理精益化、技术手段智能化的成套换流站设备安全运行工作标准体系，并应用推广；                  (3) 研发了换流站现场设备辅助巡检机器人。</p>					

单位名称	长沙理工大学	排名	2	所在地	湖南长沙
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：                  参与单位5个发明专利、1个软件著作权的专利权人；5名项目主要完成人属于该单位职工，对本项目科技创新和应用的贡献：                  (1) 构建“状态感知+优化控制+智能运维”的特高压换流站智能化建设体系；                  (2) 揭示了宽频故障行波信息对故障快速可靠识别算法的影响机理，研制了直流电压、电流宽频测量装置；                  (3) 提出了基于宽频故障行波过程的单端量快速可靠识别方法；                  (4) 提出了交流侧故障相电气特征提取识别方法，研制了电缆在线故障监测与预警装置；                  (5) 提出了基于系统能量平衡的高压直流输电换相失败抑制策略；                  (6) 发明一种非线性控制滤波器谐波和换流器无功输出技术；                  (7) 研发了换流站主控制室辅助监盘机器人与广域告警系统。</p>					

单位名称	全球能源互联网研究院有限公司	排名	3	所在地	北京
------	----------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

参与单位 3 个测量装置样机所有人；2 名项目主要完成人属于该单位职工，对本项目科技创新和应用的贡献：

(1) 与第二完成单位合作完成了电压、电流宽频测量装置，并应用推广；

(2) 与第二完成单位合作完成了提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法，并应用推广。

## 8、完成人合作关系说明

项目负责人夏向阳 (1)，主持项目研究时间：2016 年 5 月至今，对创新点 1、2 均做出重要贡献，提出特高压换流站状态感知和智能运维关键技术创新研究理论和方法。合作成果包括：与姜飞 (4)、裴翔羽 (5)、张静 (8)、曾小勇 (9) 共同承担国网科研项目。

第 2 完成人雷云飞 (2)，参与项目研究时间：2014 年 1 月至今，对创新点 3 做出重要贡献，主持提出了基于运检作业标准化、设备管理精益化、技术手段智能化的成套换流站设备安全运行工作标准体系。合作成果包括：与夏向阳 (1)、姜飞 (4)、严宇 (6)、张静 (8)、曾小勇 (9) 共同承担国网科研项目；与夏向阳 (1)、严宇 (6)、张静 (8)、曾小勇 (9) 共同申请校企联合培养基地。

第 3 完成人庞辉 (3)，参与项目研究时间：2010 年 1 月至今，对创新点 2 做出重要贡献，主持研制了电压、电流宽频测量装置，提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法。合作成果包括：与夏向阳 (1)、裴翔羽 (5)、董巍 (7) 共同承担国网科研项目。

第 4 完成人姜飞 (4)，参与项目研究时间：2016 年 1 月至今，对创新点 3 做出重要贡献，构建了“状态感知+优化控制+智能运维”的特高压换流站智能化建设体系，研制了适主控制室智能监盘多款智能装置本体构型。合作成果包括：与夏向阳 (1)、裴翔羽 (5)、张静 (8)、曾小勇 (9) 共同承担国网科研项目。

第 5 完成人裴翔羽 (5)，参与项目研究时间：2012 年 1 月至今，对创新点 1、2 做出重要贡献，提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法，完成了直流电流互感器。合作成果包括：与庞辉 (3) 共同完成论文 1 篇；与夏向阳 (1)、姜飞 (4)、张静 (8)、曾小勇 (9) 共同承担国网科研项目。

第 6 完成人严宇 (6)，参与项目研究时间：2013 年 1 月至今，对创新点 3 做出重要贡献，参与提出了基于运检作业标准化、设备管理精益化、技术手段智能化的成套换流站设备安全运行工作标准体系。合作成果包括：合作成果包括：与夏向阳 (1)、雷云飞 (2)、姜飞 (4)、张静 (8)、曾小勇 (9) 共同承担国网科研项目。

第 7 完成人董巍 (7)，参与项目研究时间：2010 年 1 月至今，对创新点 1

做出重要贡献，参与提出了基于宽频故障特征的交、直流故障快速预警方法，直流电压互感器。合作成果包括：与夏向阳（1）、庞辉（3）、裴翔羽（5）共同承担国网科研项目。

第8完成人张静（8），参与项目研究时间：2013年1月至今，对创新点1做出重要贡献，参与研制了电压、电流宽频测量装置，参与发明了基于系统能量平衡的高压直流输电连续换相失败的换流器主动控制无功方法。合作成果包括：与夏向阳（1）、姜飞（4）、裴翔羽（5）、曾小勇（9）共同承担国网科研项目；与夏向阳（1）、雷云飞（2）、严宇（6）、曾小勇（9）共同申请校企联合培养基地。

第9完成人曾小勇（9），参与项目研究时间：2014年1月至今，对创新点2做出重要贡献，参与提出了基于系统能量平衡的高压直流输电换相失败抑制策略，参与研制了电缆在线故障监测与预警装置。合作成果包括：与夏向阳（1）、姜飞（4）、裴翔羽（5）、张静（8）共同承担国网科研项目。与夏向阳（1）、雷云飞（2）、严宇（6）、张静（8）共同申请校企联合培养基地。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	庞辉/第3 裴翔羽/第5	2019年7月	A Novel Ultra-High-Speed Traveling-Wave Protection Principle for VSC-based DC Grids	论文附件	
2	共同立项	夏向阳/第1 庞辉/第3 裴翔羽/第5 董巍/第7	2017年3月	交流系统故障下直流系统换相失败问题研究	项目合同	
3	共同立项	夏向阳/第1 雷云飞/第2 姜飞/第4 张静/第8 曾小勇/第9	2018年5月	换流站运维人员工作站智能告警与辅助决策专家系统	项目合同	
4	共同立项	夏向阳/第1 雷云飞/第2 严宇/第6 张静/第8 曾小勇/第9	2016年1月	“湖南省电力公司实习基地”电气工程专业校企合作人才培养基地	项目参与人材料	

**（六）项目名称：电网企业数据融通与价值挖掘关键技术及应用**

**1、提名意见**

电力大数据具有价值密度高、实时准确性强、覆盖范围广等特点，电网企业迫切需要通过数据的利用，提升自身管理水平，实现数字化转型。同时，近年来，湖南省的经济社会飞速发展，政府、金融、地产、新能源等各行各业对电力数据的需求也越来越迫切。但在电网企业数据融通与价值挖掘方面，仍然存在着多类型数据处理能力有待加强，服务能力亟需提升；缺少全业务统一数据模型，数据融通困难；电网数据挖掘应用水平较低，无法满足湖南经济社会发展对电力数据的应用需求等问题亟需解决。

本项目通过 5 年的研究，研制了集中式和分布式混合架构的电力数据存储与计算服务平台；提出了面向电网企业的多类型数据处理技术；提出了面向电网企业的全业务统一数据模型；提出了面向用户感知的重复数据删除算法；提出了数据驱动的电力负荷预测方法。提升了数据处理能力同时，实现了数据的充分融通、挖掘与大规模示范应用。

自 2014 年以来，项目研发的数据中台全面支撑了国网湖南电力 14 家地市公司及各二级直属单位对大数据计算和存储的需求；截至 2019 年底，数据中台历史访问量突破 13 万次，累计为 14 个地市供电公司提供 589 余项个性化的在线数据服务，共发布 568 项数据服务 API，支撑国网湖南公司 100 项大数据应用开发测试，支撑了 257 项企业级指标、568 张报表线上自动生成。国网湖南省公司相关部门及全省各地市单位和二级单位基于公司数据中台共发布上线应用 116 项。项目成果通过亿力科技、株洲华澳能源等合作单位实现了产品化，产生了较大的经济和社会效益。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认材料真实有效，提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步二等奖。

## 2、项目简介

全球进入数字经济时代，推动经济格局和产业形态深度调整，驱动企业通过数字化推动业务转型与创新。湖南省的经济社会发展，政府部门、金融、地产、新能源等各行各业对电力数据都有着迫切的需求，需要通过数字化来满足。国家电网有限公司新时代发展战略及能源互联网发展的目标，电力体制改革、国企改革，都需要通过数字化推动业务转型与创新，对内提升企业管理水平，对外服务湖南经济社会发展。为应对上述新形势，国网湖南省电力有限公司积极探索数字化转型之路，充分发挥电网的枢纽、平台作用，全力打造开放共享的能源生态系统；推进新技术与业务能力相融合，实现公司智慧运营，支撑内外创新；夯实数据能力基础，完善数据平台建设，构建多样化的数据应用场景，发挥数据价值。2013 年以来，公司开始开展大数据技术与探索应用，建成了公司级大数据平台，管理大区数据已全面接入平台，大数据技术逐步应用于公司经营管理业务，数字化水平得到显著提升。但在电网企业数据融通与价值挖掘方面，仍然存在以下三个方面的问题。一是大数据平台需要向数据中台演进，多类型数据处理能力有待加强，服务能力亟需提升。二是缺少全业务统一数据模型，数据治理水平较低，数据融通困难。三是电网数据挖掘应用水平较低，无法满足湖南经济

社会发展对电力数据的应用需求。针对上述问题，本项目主要创新点如下：

**一是提出了面向电网企业的多类型数据处理技术。**研制了集中式和分布式混合架构的电力数据存储与计算服务平台，支持 PB 级别数据存储，能够完全满足对海量小文件存储及管理；实时计算的数据处理速率大于 10 万条/秒，吞吐量大于 100M/秒；离线计算的数据处理吞吐量大于 100M/秒。提出了一种新型的防碰撞算法，针对电网存在的大规模移动 RFID 标签，实现了多个同时进入读写器范围移动 RFID 标签的准确识别，提升了数据中台物联网数据处理能力。提出了一种分布式的子图匹配方法，针对大规模图数据，可并行的找出 Top-K 个匹配子图；提出了一种基于 GPU 的 LD tagSNPs 并行选择方法，能高效高速的挑选出数量相对较少的 tagSNPs，提升了数据中台大规模图数据处理能力。提出了一种基于信息熵的文本特征量化方法，提高了文本分类的准确率，解决了大规模文档自动分类的有效性问题的；提出了基于注意力机制的神经网络，用于大规模文本中观点的挖掘，提升了数据中台大规模文本挖掘处理能力。

**二是提出了面向电网企业的全业务统一数据模型。**全业务统一数据模型设计遵循 IEC 和国网 SG-CIM 的标准和规范，使用面向对象的建模技术，结合范式建模方法，建立逻辑模型到物理模型的映射机制，自动化地生成适用于大数据技术的可闭环迭代的物理模型，利用数据标签的方式将具有紧密业务关系的一组物理模型聚合形成统一的业务对象，提升数模设计效率和应用效果。形成 12 个一级主题域，96 个二级主题域，1596 个实体，27593 个属性；通过数据标签化应用，屏蔽底层复杂的数据结构和关系信息，降低数据使用难度，提升数据模型实际应用效果。

**三是提出了面向用户感知的重复数据删除算法。**本项目提出了用户感知的重复数据删除算法。该算法打破了数据空间局部性特征的限制，实现了以用户为单位的更粗粒度的查重计算，可以在不影响重复删除率的前提下减少 5-10 倍常驻内存指纹的数量，并可每次查重计算的指纹检索范围控制在一个常数范围内，不随数据问题的增加而线性增加，从而有效避免了因为数据总量的增加而导致内存不足的问题。除此之外，该算法还能根据存储系统的负载情况自动调整重复指纹检索范围，在性能与重删率之间进行平衡，从而更好地满足主存储场景的需要。原型验证表明，该算法可以很好地解决海量数据的重复数据删除性能问题。与 OpenDedup 算法相比，当数据指纹总量超出内存可用空间时，该算法可以体现巨大的优势，减少 200% 以上的读磁盘操作，响应速度提升 3 倍以上。

**四是提出了数据驱动的电力负荷预测方法。**首次提出了基于大数据的无模型数据驱动负荷预测方法，实现了基于气象数据、负荷、用售电量、经济数据等更多维度，无模型自适应控制理论的负荷预测控制方法。提出了基于 D-S 证据理论的多模型负荷预测值融合最优化方法，创新性的将基于数据驱动理论的无模型负荷预测控制器与基于小波神经网络的积累学习型预测相结合，采用信息融合技术 D-S 证据理论将两者预测值在决策级进行信息融合，得出最优预测值，提升了电力负荷预测水平。

### 3、客观评价

#### (1)项目成果鉴定

项目已完成鉴定资料准备，计划于5月31日前完成鉴定。

#### (2)项目获奖情况

项目部分成果获得国网湖南省电力有限公司科技进步二等奖1项、中电联信息化优秀成果二等奖2项。

#### (3)国内外科技查新

项目通过了长沙理工大学科技查新中心的查新，结果为：检索到的国内外公开发表的文献中，除委托方前期研究成果外，未见与该查新项目技术特点相符的文献报道。

#### (4)权威机构检测

项目成果通过了中国电力科学研究院的功能、性能和安全检测。

#### (5)主要用户单位应用证明

1) 国网湖南省电力有限公司：“研究成果自2017年起，在国网湖南省电力有限公司全面应用，研发的大数据平台全面支撑了全省14家地市公司及各二级直属单位对大数据计算和存储的需求；研发的数据超市，满足了各单位对数据的个性化需求。截至2019年底，大数据平台历史访问量突破13万次，累计为14个地市公司提供589余项个性化的在线数据服务，共发布568项数据服务API，支撑湖南公司100项大数据应用开发测试，支撑了257项企业级指标、568张报表线上自动生成。省公司相关部门及全省各地市单位和二级单位基于公司大数据平台共发布上线应用116项。”

2) 国网信通亿力科技有限责任公司：“2017年1月至今，开展了“电网企业数据融通与深度挖掘关键技术研究与应用”项目成果的推广应用工作，通过本项目研发的大数据平台形成了相关产品成果，在电力、能源、交通等行业进行了产品及服务销售。”

3) 北京飞利信信息技术有限公司：“2017年1月至今，开展了“电网企业数据融通与深度挖掘关键技术研究与应用”项目成果的推广应用工作，研发形成了大数据平台等系统产品和面向企业的大数据平台、数据仓库等相关的咨询和实施服务。项目成果的应用大力提升了飞利信信息技术有限公司在大数据方面的技术实施，同时取得了良好的市场效益。”

4) 国网湖南水电公司：“研究成果自2017年起，在国网湖南水电公司开展应用。基于项目研发的大数据平台，公司开展“基于大数据的水电厂AGC分析诊断应用”。根据AGC性能分析诊断结果，在现场进行了试验性优化，2台试验机组负荷调节速率提速30%。从前人工分析2个小时的调节数据，需要14个工作日才能完成，现在能够在0.5天时间完成月诊断报告，并能够常态化输出诊断报告，而且数据分析更全面，更准确，能够开展复杂的模型运算。通过该应用，减小了电网低频振荡，以更加智能化的方法保证电网坚强，快速响应“国家能源局”对能源把控的定位，缩短发电厂适应“政策变化”的周期，紧紧跟随国家能源相关

政策。”

5) 中石化销售股份有限公司湖南石油分公司：“研究成果自 2017 年起，在中石化湖南分公司开展应用。基于项目研发的数据中台，公司搭建了具有湖南中石化公司业务特色的数据仓库和数据分析服务平台，并基于此开展相关企业数据治理及全业务流程梳理工作。利用该大数据平台相关技术以及数据中台数据服务化成果，公司搭建了统一的电子商务及客户服务中心，探索客户服务的新模式。通过该平台和相关数据挖掘技术的应用，湖南中石化公司打通了从油气运输到加油站零售配送的全产业链，面向客户提供了更多的定制化服务，面向市场需求，更加敏捷的进行相关服务的上线交付。”

6) 中国铁建重工集团有限公司：“研究成果自 2017 年起，在铁建湖南分公司开展应用。基于项目研发的大数据中台，公司打造了供应链金融服务平台，利用该大数据平台相关技术为产业链上下游进行灵活便捷、风险可控的金融服务。另外，公司还基于大数据平台打造“智慧工地一体化平台”等多项大数据应用场景，实现项目管理的数字化到智能化，实现现场智能管控和线上移动办公。通过该平台和相关数据挖掘技术的应用，铁建湖南分公司打造新型基建，通过数字化管控手段，以及智能技术，实现智能化基建全过程管控，提升了施工的整体效率以及安全性，实现新基建代际飞跃。”

7) 株洲华澳能源科技有限公司：“2017 年 2 月至今，开展了“电网企业数据融通与深度挖掘关键技术研究与应用”项目成果的推广应用工作，基于该项目成果研发了多数据融合的风光发电大数据平台等系列产品。研究成果应用于株洲市炎陵县十都镇车溪村 60kW 分布式光伏发电扶贫项目中，系统不仅每年可以保证扶贫村光伏发电收益 10 万元的同时，可减少人工成本 2 万元，确保了 300 多户的车溪村集体经济收益达到脱贫标准。该技术产品集成设计的澳大利亚光伏发电系统，在澳大利亚纽卡斯尔大学的光伏屋顶项目中进行了测试，通过精准预测光伏发电功率，显著增强了光伏发电可控性，减少了对电网的冲击，大幅改善了可再生能源发电接入电网后的电能质量。并且该技术还在长沙理工大学和澳大利亚新南威尔士大学得以应用。取得了良好的市场效益。”

8) 国网湖南电力科学研究院：“研究成果自 2017 年起，在国网湖南省电力有限公司电力科学研究院开展应用。通过项目研发的大数据平台开展的“基于大数据的配电网故障诊断和主动预警”应用，实现了试点线路的中压故障 20 秒、低压故障 60 秒定位。2019 年以来精准定位线路故障 1426 条，节约故障查找时间 1.25 小时/次，故障率同比下降 35.67%。”

9) 湖南星通电力信息通信有限责任公司：“研究成果自 2017 年起，在湖南星通电力信息通信有限责任公司开展应用。公司基于国网湖南公司大数据平台进行项目研发，打造了多项大数据应用，包括营销智能管控平台、基于大数据挖行业的电力设备质量管理体系等，项目应用在国网湖南电力公司，受到了甲方单位的高度认可与好评。同时，基于该大数据平台技术，公司还独开发了用于进行工作管理的信通专业管理系统，进行运维、检修等多项工作任务的在线处理和统计分



析管理，实现工单的在线化，从而更加更加方便的进行相关人员和任务的工作管理。”

10) 湖南择勋新能源科技有限公司：“研究成果自 2017 年起，在湖南择勋新能源科技有限公司开展应用。公司基于项目研发的数据中台开展应用建设，开设了电动汽车充电桩监测分析相关业务，极大的提升了监测分析水平。”

#### 4、推广应用情况

项目研发的数据中台全面支撑了国网湖南电力 14 家地市公司及各二级直属单位对大数据计算和存储的需求；研发的数据超市，满足了各单位对数据的个性化需求。截至 2019 年底，数据中台历史访问量突破 13 万次，累计为 14 个地市供电公司提供 589 余项个性化的在线数据服务，共发布 568 项数据服务 API，支撑国网湖南公司 100 项大数据应用开发测试，支撑了 257 项企业级指标、568 张报表线上自动生成。国网湖南省公司相关部门及全省各地市单位和二级单位基于公司数据中台共发布上线应用 116 项，典型应用包括：分流窃电用户分析、水电厂自动发电控制（AGC）分析诊断、用电负荷预测、用电行为分析、配变重过载预警、配网故障抢修、用电数据看民生看经济等。项目研发的大数据相关产品，还实现了在能源、交通、农业、医疗等行业的销售及推广应用。

##### 主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
国网湖南省电力有限公司	创新点 1、2、3、4	2016 年 1 月至今	伍咏红 /13975109049	整体应用。研发的大数据平台全面支撑了国网湖南电力 14 家地市公司及各二级直属单位对大数据计算和存储的需求；研发的数据超市，满足了各单位对数据的个性化需求。
国网信通亿力科技有限责任公司	创新点 1、2、3、4	2017 年 1 月至今	李金湖 /13763848890	通过本项目研发的大数据平台形成了相关产品成果，在电力、能源、交通等行业进行了产品及服务销售。
飞利信电子技术有限公司	创新点 1、2	2017 年 1 月至今	王玥 /13381102000	基于项目研发的大数据平台等系统产品，开展面向企业的大数据平台、数据仓库等相关的実施和咨询服务。项目成果的应用大力提升了飞利信电子技术有限公司在大数据方面的技术实施并取得市场效益。
国网湖南水电公司	创新点 1、2、3、4	2017 年 1 月至今	周月明 /13875568652	基于项目研发的大数据平台，开展水电厂自动发电控制（AGC）分析诊断，减小了电网低频振荡。
中石化销售股份有限公司湖南石油分公司	创新点 1、2	2017 年 1 月至今	臧屹 /18573138025	基于项目研发的数据中台，中石化湖南分公司搭建了具有公司业务特色的数据仓库和数据分析服务平台，并基于此开展相关企业数据治理及全业

				务流程梳理工作。利用该大数据平台相关技术以及数据中台数据服务化成果，搭建了统一的电子商务及客户服务中心，探索客户服务的新模式。通过该平台和相关数据挖掘技术的应用，打通了从油气运输到加油气站零售配送的全产业链，面向客户提供定制化服务，面向市场需求进行相关服务的上线交付。
中国铁建重工集团有限公司	创新点 1、2	2017 年 1 月至今	陈甲琪 /15674985084	基于项目研发的大数据中台，铁建湖南分公司打造了供应链金融服务平台，利用该大数据平台相关技术为产业链上下游进行金融服务。基于大数据平台打造了“智慧工地一体化平台”等多项大数据应用场景，实现现场智能管控和线上移动办公。
株洲华澳能源科技有限公司	创新点 1、2	2017 年 2 月至今	杨洪朝 /18670086163	基于该项目成果研发了多数据融合的风光发电大数据平台等系列产品，并应用于株洲市炎陵县十都镇车溪村 60kW 分布式光伏发电扶贫项目中，系统每年可以保证扶贫村光伏发电收益 10 万元的同时，可减少人工成本 2 万元，确保了 300 多户的车溪村集体经济收益达到脱贫标准。该技术产品还在长沙理工大学和澳大利亚新南威尔士大学得以应用。
湖南择勋新能源科技有限公司	创新点 1、2	2017 年 9 月至今	戴开明 /13548948992	基于项目研发的数据中台，开展了电动汽车充电桩监测分析相关业务，极大的提升了监测分析水平。
湖南星通电力信息通信有限公司	创新点 1、2	2017 年 1 月至今	谢俭 /13874918503	基于项目研发的大数据平台进行项目研发，打造了包括营销智能管控平台、电力设备质量管理体系等多项大数据应用，并应用于国网湖南电力。基于该大数据平台技术，开发了信通专业管理系统，进行运维、检修等多项工作任务的在线处理和统计分析管理。

国网湖南电力科学 研究院	创新点 1、2、3、 4	2017 年 1 月至今	田建伟/	通过项目研发的大数据平台开展的“基于大数据的配电网故障诊断和主动预警”应用，实现了试点线路的中压故障 20 秒、低压故障 60 秒定位。2019 年以来精准定位线路故障 1426 条，节约故障查找时间 1.25 小时/次，故障率同比下降 35.67%。
-----------------	-----------------	--------------	------	--

### 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权(标准)具体名称	国家 (地区)	授权 号(标 准编 号)	授权 (标 准发 布) 日期	证书 编号 (标 准批 准发 布部 门)	权利人(标准起 草单位)	发明人(标 准起草人)	发明 专利 (标 准)有 效状 态
发明专 利	电力负荷预测方法	中国	2014107 674166	2017-0 8-25	第 2594930 号	国家电网公司、国网湖 南省电力公司、国网湖 南省电力公司信息通 信公司	陈毅波、姚建 刚、姜辉翔、 黄伟峰、陈乾、 胡其辉、刘永 卫、李娜、蒋 破荒、刘盈盈	授权
发明专 利	基于大数据的电力 负荷预测方法	中国	2014107 674382	2018-0 1-19	第 2785745 号	国家电网公司、国网湖 南省电力公司、国网湖 南省电力公司信息通 信公司、湖南同飞电力 调度信息有限责任公 司	陈毅波、陈乾、 姚建刚、姜辉 翔、黄伟峰、 胡其辉、刘星、 刘迅、石倩、 蒋破荒	授权
发明专 利	分布式计算环境的 日志动态分析系统	中国	2016100 304839	2019-0 3-19	第 3299469 号	国家电网公司、国网湖 南省电力公司、国网湖 南省电力公司信息通 信公司	蒋破荒、卢波、 陈毅波、陈乾、 林蓉、徐建明	授权
发明专 利	一种基于分布式日 志分析的行为模式 处理方法	中国	2014107 837430	2019-1 0-25	第 3570375 号	国家电网公司、北京科 东电力控制系统有限 责任公司、国网湖南省	庞传军、叶健 辉、陈毅波、 孟伶智、李军、	授权

						电力公司、国网湖南省电力公司信息通信公司	曹宇、潘飞来、陈宏、武毅、李龙	
发明专利	基于业务和数据集成的线损实时计算方法	中国	2017102517571	2019-03-12	第3290101号	国网信通亿力科技有限责任公司、国家电网公司	黄文思、刘道新、柏峻峰、胡航海、陈宏、陆鑫、陈婧、刘昌卿、廖华东、范成锋、谷峪	授权
发明专利	一种基于大数据的数据集成与线损分析计算的方法	中国	2016108959129	2017-10-31	第2677351号	国网信通亿力科技有限责任公司、国网信息通信产业集团有限公司、国家电网公司	黄文思、胡航海、赵庆波、董朝武、王子建、陈宏、陆鑫、陈婧、郭新钰、胡剑地、周雪	授权
发明专利	一种基于向量相似度的用户信息检索方法	中国	2017108205817	2018-07-17	第3001588号	国网信通亿力科技有限责任公司、国家电网公司	许元斌、黄文思、章剑涛、罗义旺、李金湖、刘燕秋、陈坤	授权

## 6、主要完成人情况

### 第1完成人：

姓名	陈毅波	排名	1	行政职务	副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南信通公司	工作单位	国网湖南信通公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>负责项目技术总体设计和技术攻关，组织项目研发具体实施。主持创新点3、4，参与创新点1、2关键技术研究，专注于数据中台体系架构、数据治理和数据应用研究。对创新点1、3、4做出重要贡献，4个专利发明人，其中2个专利的第一发明人。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量80%以上。</p>					

### 第2完成人：

姓名	蒋破荒	排名	2	行政职务	副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南信通公司	工作单位	国网湖南信通公司

对本项目技术创造性贡献：

负责技术研究及实施工作，参与创新点 1、2、3 关键技术研究，专注于数据中台体系架构和数据模型研究。对创新点 1、2、3 做出重要贡献，2 个专利发明人，其中 1 个专利的第一发明人。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 80%以上。

### 第 3 完成人：

姓名	马骏	排名	3	行政职务	
技术职称	工程师	完成单位	国网湖南信通公司	工作单位	国网湖南信通公司

对本项目技术创造性贡献：

负责技术研究及实施工作，参与创新点 1、2 关键技术研究，专注于数据中台体系架构和数据模型研究。对创新点 1、2 做出重要贡献。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 80%以上。

### 第 4 完成人：

姓名	凌笑	排名	4	行政职务	副主任
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南信通公司	工作单位	国网湖南信通公司

对本项目技术创造性贡献：

负责技术研究及实施工作，主持创新点 2，参与创新点 4 关键技术研究，专注于数据模型数据应用研究。对创新点 2、4 做出重要贡献。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 80%以上。

### 第 5 完成人：

姓名	黄文思	排名	5	行政职务	副总经理
技术职称	高级工程师	完成单位	国网信通亿力科技有限责任公司	工作单位	国网信通亿力科技有限责任公司

对本项目技术创造性贡献：

负责技术研究及实施工作，参与创新点 1、2、3 关键技术研究，专注于数据中台体系架构、数据模型设计和算法研究。对创新点 1、2、3 做出重要贡献，4 个专利发明人，2 个专利的第一发明人。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 50%以上。

### 第 6 完成人：

姓名	谢俭	排名	6	行政职务	主任
技术职称	高级工程师	完成单位	湖南星通电力信息通信有限公司	工作单位	湖南星通电力信息通信有限公司

对本项目技术创造性贡献：

负责技术研究及实施工作，参与创新点 3、4 关键技术研究，专注于数据中台体系架构、数据模型设计和算法研究。对创新点 3、4 做出重要贡献。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 50%以上。

**第 7 完成人：**

姓名	魏培	排名	7	行政职务	
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南信通公司	工作单位	国网湖南信通公司
<p>对本项目技术创造性贡献： 负责技术研究及实施工作，参与创新点 3、4 关键技术研究，专注于数据模型和数据应用研究。对创新点 3、4 做出重要贡献。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 80% 以上。</p>					

**第 8 完成人：**

姓名	高建良	排名	8	行政职务	
技术职称	教授	完成单位	中南大学	工作单位	中南大学
<p>对本项目技术创造性贡献： 负责技术研究及实施工作，主持创新点 1 关键技术研究，专注于数据处理方法研究。对创新点 1 做出重要贡献。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 40% 以上。</p>					

**第 9 完成人：**

姓名	杨洪朝	排名	9	行政职务	
技术职称	工程师	完成单位	株洲华澳能源科技有限公司	工作单位	株洲华澳能源科技有限公司
<p>对本项目技术创造性贡献： 负责技术研究及实施工作，参与创新点 3、4 关键技术研究，专注于数据处理方法研究。对创新点 3、4 做出重要贡献。在本项目研发工作中投入工作量占本人工作量 40% 以上。</p>					

**7、主要完成单位及创新推广贡献**

单位名称	国网湖南信通公司	排名	1	所在地	湖南长沙
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： 本项目牵头单位，负责项目的整体工作，对创新点 1、2、3、4 均做出了主要贡献，并将项目成果推广到了国网湖南电科院、国网湖南水电公司、株洲华澳能源科技有限公司、湖南择勋新能源科技有限公司、中石化销售股份有限公司湖南石油分公司、中国铁建重工集团有限公司等 10 家单位，取得良好的经济和社会效益。</p>					

单位名称	国网信通亿力科技有限责任公司	排名	2	所在地	福建福州
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： 本项目主要完成单位，负责项目相关成果的研发与实施，对创新点 1、3、4 做出了主要贡献，并将基于项目成果实现了产品化，对外形成了规模销售，产生的巨大的利润。</p>					

单位名称	中南大学	排名	3	所在地	湖南长沙
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： 本项目主要完成单位，负责项目的相关理论和算法研究，对创新点 1 做出了主要贡献，形成了大量的知识产权。					

单位名称	湖南星通电力 信息通信有限 公司	排名	4	所在地	湖南长沙
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： 本项目主要完成单位，负责项目相关成果的研发与实施，对创新点 3、4 做出了主要贡献，基于项目研发的数据中台进行项目研发，打造了包括营销智能管控平台、电力设备质量管理体系等多项大数据应用，并应用于国网湖南电力。					

单位名称	株洲华澳能源 科技有限公司	排名	5	所在地	湖南株洲
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献： 本项目主要完成单位，负责项目的相关应用的研发与实施工作，对创新点 1、4 做出了主要贡献，基于该项目成果研发的多数据融合的风光发电大数据平台等系列产品，成功应用于湖南的光伏扶贫工作，产生了较大的社会效益。					

## 8、完成人合作关系说明

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	蒋破荒/1 陈毅波/3	2014 年 1 月	分布式计算环境的日志动态分析系统	发明专利	
2	共同知识产权	黄文思/1 陈毅波/2 魏培/3	2015 年 1 月	基于大数据平台的电力负荷预测方法研究应用系统	软件著作权	
3	共同知识产权	黄文思/1 凌笑/2 高建良/3	2015 年 1 月	基于大数据平台的新型客户服务业务型态应用系统	软件著作权	

4	共同知识产权	黄文思/2 马骏/3	2015年1月	基于大数据平台的防窃电预警分析系统	软件著作权	
5	共同立项	陈毅波/1 蒋破荒/2 马骏/3 凌笑/4 谢俭/5 魏培/6 高建良/7 黄文思/8 杨洪朝/9	2015年8月	电网企业数据融通与价值挖掘关键技术及应用	项目鉴定报告	

## (七) 项目名称：面向电网优化运营的电力大数据智能分析关键技术及应用

### 1、提名意见

该项目进行了一系列面向电网优化运营的电力大数据智能分析关键技术及应用研究。在国家自然科学基金、湖湘青年英才、国家电网公司科技项目的支持下，从电力大数据高性能计算存储支撑平台、大数据驱动的电网运行智能分析与优化、基于电力大数据分析的电网经营优化决策三方面进行攻关，突破了电力大数据高性能计算存储支撑平台关键技术，攻克大数据驱动的电网运行智能分析与优化技术难题，创立基于电力大数据分析的电网经营优化决策体系。

项目成果获专利授权、软件著作权 10 余项，编制国家标准和行业标准 1 项，发表 SCI/EI 论文 34 篇，多项成果整体技术被鉴定为国际先进水平。支撑建设了嵌入式与网络计算湖南省重点实验室、能源互联网供需运营湖南省重点实验室、湖南省能源电力发展研究中心等多个省级平台，培养研究生 40 余人。项目在国网公司、南网公司得到应用，创造经济效益 6800 余万元。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认材料真实有效。

提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步二等奖。

### 2、项目简介



电力大数据贯穿电力生产服务各个环节，覆盖各行各业和千家万户，实时、准确、真实，全面反映了宏观经济运行情况、各产业发展状况、居民生活情况和消费结构等，对电力企业和政府管理都具备极大的价值。然而，电力大数据又具有覆盖范围广、数据量大、类型复杂、实时性要求高的特点，使得目前在电力大数据的采集、存储、智能分析、以及应用等方面都存在诸多问题和困难。

为解决上述技术难题，本项目进行了一系列面向电网优化运营的电力大数据智能分析关键技术及应用研究。在国家自然科学基金、湖湘青年英才、国家电网公司科技项目的支持下，从电力大数据高性能计算存储支撑平台、大数据驱动的电网运行智能分析与优化、基于电力大数据分析的电网经营优化决策三方面进行攻关，取得了如下创新成果：

**(1)突破电力大数据高性能计算存储支撑平台关键技术**，为处理海量、实时、复杂的电力数据提供存储和算力支撑。项目提出了一系列国际领先的高性能数据中心基础设施架构，包括基于网卡的高性能无状态硬件传输协议和基于操作系统的网络流量负载均衡机制等，为搭建电力大数据分布式系统提供了高速网络技术支持；项目突破了大规模计算存储资源优化调度的技术和理论难题，解决了面向大数据系统的多目标优化任务调度方法的性能瓶颈，解决了基于学习指导的任务调度方法的瓶颈问题，提升计算存储资源的使用效率；攻克了大型数据处理系统的性能瓶颈，创造性地采用网络流量自识别和交换机调度的方式，提升分布式机器学习平台的数据处理性能，提升电力大数据分析的效率。

**(2)攻克大数据驱动的电网运行智能分析与优化技术难题**，为电网运行状态的实时监测以及运行效率和成本的优化提供数据分析支撑。首次提出了一种不依赖于数据标签的双层集成异常检测方法，突破传统无监督算法的检测性能瓶颈，解决电网运行数据中异常分析的难点；创新地提出了基于多视图深度的无监督迁移学习方法，解决无监督迁移学习中标签缺失的问题，攻克电网中各层面数据关联分析的难点；创新地提出了基于模糊搜索偏好的约束处理技术，采用基于确定型约束处理中的经验知识来进行搜索偏好的随机模型建立，提高约束处理技术的优化性能与鲁棒性，解决电网运行成本和效率优化的难点。

**(3)创立基于电力大数据分析的电网经营优化决策体系**。创造性地构建基于多元数据耦合特征的电力经济系统模型群，结合多元电力、能源和经济数据，围绕可计算一般均衡（CGE）模型以及投入产出模型进行了大量的创新性研究，从一般均衡维度揭示并刻画电力经济的耦合关系，运用情景设定和模拟仿真技术开展电力经济优化决策的仿真分析，实现了从经济看电力和从电力看经济的系统、综合研究。构建并改进了基于电力经济系统框架的分解方法，使其能够进一步解构电力经济复合数据指标变化中的电力、经济、能源等影响电力经济优化决策中的关键因素的影响程度，实现对电力经济耦

合后的再解耦分析，强化了大数据驱动下电力经济优化决策的影响因素识别能力。

项目实现了面向电网优化运营的电力大数据智能分析关键技术整体性突破，成果广泛应用于电力大数据高性能计算存储支撑平台开发、电力市场精准预测、新能源消纳、分布式电源选址、电价政策制定、电网投资决策等方面，促进电网安全高效运行，经济效益和社会效益显著。项目研究成果通过湖南大学、国网经济技术研究院有限公司、北京经世万方信息技术有限公司在国网公司、南网公司得到应用，创造经济效益 6800 余万元。

项目的成功实施，标志着面向电网优化运营的电力大数据智能分析关键技术取得了重大突破，提升了电力市场预测精度，促进了新能源消纳，提升了电力系统资源使用效率和生产管理效率，为能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系做出了重要贡献。

### 3、客观评价

#### (1)项目成果鉴定

1) 本项目主要完成人李智勇教授主持的国家自然科学基金面上项目“面向动态多目标优化的量子 Memetic 计算策略与算法研究”(项目号 61173107) 成功结题，国家自然科学基金委对该项目的结题评价如下：该项目采用理论分析、算法设计与工程实证相结合的技术路线，以重要的系统与平台为实验研究对象，目标是解决复杂大数据分析系统动态多目标优化问题探索新方法新技术。在大数据分析领域取得了理论创新和工程应用，解决了复杂优化问题建立新的进化计算模式与范例，推进了该领域的研究与发展。

2) 本项目主要完成人陈果副教授主持的华为创新研究计划“面向数据中心网络的无状态协议栈研究”，结题评价为良好。该课题主要针对 RDMA 网卡连接状态存储消耗大的问题，创造性地提出了无状态 RDMA 网卡方案，可极大提升 RDMA 网卡支持的并发连接数，对于大型高性能分布式系统的搭建有重要的支撑作用，是本项目科技创新点 1 电力大数据高性能计算存储支撑平台的重要技术之一。

3) 本项目主要完成人陈果副教授主持的腾讯高校合作项目“数据中心内集中式路由”，结题评价为良好。该课题提出了一套高性能、高可靠的数据中心集中式路由系统方案，极大提升了数据中心网络的路由收敛速度和路由可控性，是本项目科技创新点 1 电力大数据高性能计算存储支撑平台的重要技术之一。

4) 本项目主要完成人肖皓教授主持的湖湘青年英才项目（项目号：S2017RSRCHX0224）结题评价为良好。该课题主要针对一般均衡模型与应用，以及基于一般均衡模型框架的分解方法改进及应用展开研究，系本项目科技创新点 3 大数据驱动的电力经济优化决策方法的重要支撑内容之一。

5) 2017 年 12 月 18 日，国网湖南省电力有限公司组织以长江学者曾祥君教授为组长的科技成果鉴定委员会对“基于大数据分析技术和经济传导

模型的电力市场预测预警技术研究项目”进行技术鉴定，鉴定意见如下：开发了“能源-电力-经济”大数据分析平台，实现了经济、能源、电力、气象等多源异构大数据融合和预测模型的智能化构建，提升了人机交互便捷性与决策分析合理性。提出了将资本产出率代替劳动产出率的类泰尔指数评价体系，能有效解析产业结构、能源替代和技术进步等因素对电力消费强度的影响；提出了基于用（售）电量内生关系的分用户及分电压等级售电量预测方法，实现了分类售电量的有效预测；提出了基于用户侧电力大数据先导信息经济景气度监测体系，可识别影响经济电力关系同步性的主要因素。研发了能源电力经济预测预警系统，已成功试用于湖南省电力预测分析，为政府部门能源决策提供技术依据，取得了良好的经济效益和社会效益，研究成果达到了国际先进水平。

6) 2018年12月12日，国网湖南省电力有限公司组织以长沙理工大学张新华教授为组长的科技成果鉴定委员会对“电力体制改革背景下公司经营效益分析预测模型及应用研究”进行技术鉴定，鉴定意见如下：项目构建了考虑电改影响的电网企业经营目标顺算、倒算闭环分析测算模型，提出了基于季节调整与BP神经网络融合算法的售电量预测模型，提出了基于经济电力传导法和蒙特卡洛模拟的电网企业经营风险分析模型，构建了异构多源的电力经营大数据仓库，开发了电网企业经营效益预测及模拟分析系统，项目成果应用于国网湖南省电力有限公司市场预测、经营目标测算及投融资分析，提高了售电量预测的准确性和经营分析精益化程度，为经营风险评估和经营决策科学化提供了依据，研究成果达到了国内领先水平。

## (2)项目获奖情况

无。

## (3)国内外科技查新

2020年5月，委托科技查新工作站对项目进行了科技查新，查新结论如下：1) 提出了一种实现于主机端操作系统模块中的数据包级别负载均衡路由机制，提出了无状态RDMA网卡方案，提出基于网络流量调度方法优化后的分布式训练模式进行训练得到的LSTM神经网络进行故障诊断的方案。。为搭建电力大数据分布式系统提供了高速网络技术支持；2) 提出基于超启发式的学习指导任务调度优化方法，提出基于博弈学习理论的面向大作业的期望剩余多维资源最少服务器优先分配方法，提出基于杂合的学习指导任务调度优化算法框架与方法。。提升了电力大数据的底层计算存储支撑平台的资源利用效率；3) 提出了一种不依赖于数据标签的双层集成异常检测方法，提出了基于多视图深度的无监督迁移学习方法，提出了基于模糊搜索偏好的约束处理技术。。解决电网运营中优化决策的关键技术难题。在国内外公开发表的文献中未见与该查新项目技术特点相符的文献报道，技术成果具备较高的创新性。

## (4)权威机构检测

1) 研制的电网企业经营效益测算系统 V1.0 通过了中国泰尔实验室的测试, 检测报告(编号: B18Z61957-MIS01)显示: 软件提供了系统首页、数据管理、综合分析、售电预测、效益预测、电改分析、方案设计等功能, 所有功能在测试期间可稳定运行;

2) 研制的能源电力与经济发展预测预警分析平台 V1.0 通过了中国泰尔实验室的测试, 检测报告(B17Z62234-MIS01)显示: 软件提供了系统首页、数据管理、通用分析、宏观经济分析预测、能源供需分析预测、电力需求分析预测、供需预警等功能, 所有功能在测试期间可稳定运行。

#### **(5)主要用户单位应用证明**

成果已在**湖南省能源主管部门、湖南电力交易中心、国网地市供电公司设计单位、企业研究院**有代表性的用户应用证明 8 份, 对本成果应用成效都高度认可。

##### 1) 湖南省能源局应用证明

国网湖南省电力有限公司经济技术研究院开发的“电力看经济”大数据产品, 在我局得到有效应用, 有力支撑了全省经济形势跟踪和能源发展规划工作。该院受我局委托连续 3 年编写《宏观经济与能源发展》系列专题研究报告, 并向省政府报送“电力看经济”专报, 专报获省委重要领导批示。

##### 2) 湖南省工业与信息化厅应用证明

国网湖南省电力有限公司经济技术研究院创新企业电力诊断指数分析方法, 从电力规模及电力协调性两个维度, 助力政府科学研判工业经济运行情况; 另一方面, 积极跟踪电力大用户用电量情况, 科学预测宏观经济走势及售电量变化趋势, 持续为我厅输送数据分析及战略支撑, 助力了湖南省经济社会发展。

##### 3) 国家能源局湖南监管办公室应用证明

基于大数据分析技术和经济传导模型的电力市场预测预警技术成果已应用于湖南省短期和中长期分行业分区域电力电量预测, 对把握宏观经济形势、完善中长期交易规则和相关监管办法、推进电力市场建设, 具有重大意义。

##### 4) 湖南电力交易中心有限公司应用证明

基于能源电力大数据分析的中长期购电决策平台, 有力地支撑了湖南电力交易中心有限公司电力交易工作, 降低了湖南省用电成本, 提升了湖南省电力消费中可再生能源占比, 降低了湖南省风电、光伏弃电比例, 促进了湖南省国民经济健康快速发展。

##### 5) 国网岳阳供电公司经济技术研究所应用证明

项目组基于配电运行、负荷预测大数据成果有力地支撑了岳阳公司城区、县城网格化规划; 乡村“一所一册”的编制, 优化了公共配电变压器的布局, 有效提升了配网供电可靠性。

##### 6) 国网永州供电公司经济技术研究所应用证明

针对配电网投资决策难题, 基于大数据驱动的电网投资效益分析与决策

成果有针对性地优化了永州电网各区域、各电压等级之间的投资，极大地提升了永州公司电网投资效益。

7) 国网郴州供电公司经济技术研究所应用证明

基于电力大数据成果开发的配电网接入分布式电源优化布局模块，已广泛应用于分布式电源接入系统设计选址定容，有力地提高了我院设计效率和设计水平。

8) 邵东智能制造技术研究院有限公司应用证明

该系列成果作为邵东智能制造技术研究院有限公司关于工业互联网智能化解决方案研究的主要理论支撑。自项目实施以来，该项成果对于实现针对湘中南地区不同产业链、行业的离散制造企业协同生产的信息化与精准化具有极大的促进作用。

#### 4、推广应用情况

2015 年以来，项目成果已成功应用于国家电网有限公司各省级电网。项目成果在电网高性能计算存储、电网运行智能分析与优化、电网经营优化决策等方面发挥关键作用，有力地提升了电网企业运营效率与效益，为保障国家经济社会发展起到了巨大作用。

(1) 2015 年至今，本项目开发的电网运行智能分析与优化技术已成功应用于促进湖南省风电和光伏发电消纳、中长期购电决策、电网规划等方面，在风电和光伏发电消纳预警、电力交易计划制定、电网发展规划等工作中发挥了关键的作用，取得了巨大的经济社会效益。

(2) 2016 年至今，成果率先在湖南电网得到应用，建成了湖南电网信息采集、统计、分析平台，实现对海量电网运动信息的监测和规划态信息的多维度分析。成果极大地提高了电网规划人员工作效率，有力地支撑了湖南电网发展决策。

(3) 2017 年至今，本项目研究成果已应用于国网公司年度电网发展诊断分析和年度投资计划安排工作，指导 27 家省级电网公司开展诊断分析，辅助支撑总部开展投资总控目标制定。通过深入剖析电网发展中存在的问题，针对性衔接安排投资计划项目，以效率效益为核心，节约了大量财务费用。

主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/ 电话	应用情况
湖南省能源局	创新点 3	2015.4-至今	唐思/18573116500	形成了全省风电和光伏发电消纳预警等级分类结果，支撑了全省风电、光伏有序健康发展。

湖南省工业与信息化厅	创新点 3	2018.5-至今	毛六平/13874994199	基于电力大数据分析成果，实现对工业及重点行业经济景气度的有效监测。
国家能源局湖南监管办公室	创新点 2	2019.2-至今	刘勇/13807312179	电力市场预测技术手段已应用于湖南省内能源电力预测分析，为政府部门能源决策提供技术依据。
湖南电力交易中心有限公司	创新点 2	2017.5-至今	张明敏/13874950378	开发了中长期购电决策模块，已应用于交易平台。
邵东智能制造技术研究院有限公司	创新点 1	2019.1-至今	李学斌/07312623729	有关数据采集管控系统、分布式数据存储系统以及智能分析云平台技术均已得到应用。
国网岳阳供电公司经济技术研究所	创新点 2	2019.3-至今	温彪/17773059250	开发了相应的配变布点定容流程算法，已用于指导岳阳配电网发展。
国网永州供电公司经济技术研究所	创新点 3	2017.4-至今	谢国恒/13574683703	建立了相应的投资效益评估模型、投资决策模型。
国网郴州供电公司经济技术研究所	创新点 2	2018.10-至今	谢磊/18073518656	开发了分布式电源选址定容决策流程算法，已应用于工程设计。

## 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
专利	基于待释放资源列表的MapReduce任务推测执行方法和装置	中国	CN 105138405 B	2019年 5月14 日	ZL201610 503282.6	湖南大学	李智勇	已授权有效维护

专利	Hadoop 平台下 基于预释放资源列表的任务 调度算法	中国	CN 106201681 B	2019 年 4 月 26 日	ZL201510 477121.X	湖南大 学	李智勇	已授权 有效维 护
标准	QGDW 11721-2017 国 家电网有限公 司差异化规划 设计导则	中国	Q/GDW 11721-2017	2018 年 6 月 27 日	国家电网 公司	国网经 济技术 研究有 限公司	王宏 志、韩 丰等	颁布实 施
专利	基于可靠性的 公共备用配电 变压器优化配 置方法	中国	CN 106487007 B	2018 年 10 月 9 日	ZL201611 010852.4	国网重 庆电力 公司经 济技术 研究院	周平、 胡博等	已授权 有效维 护
软著	经世万方基于 大数据挖掘的 重点行业经济 电力监测分析 及应用软件 V1.0	中国	2016SR016 482	2015 年	软件登字 第 1195099 号	北京经 世万方 信息技 术有限 公司		其他有 效知识 产权
软著	经世万方电力 市场预测预警 系统 V1.0	中国	2016SR385 027	2016 年	软著登字 第 1563643 号	北京经 世万方 信息技 术有限 公司		其他有 效知识 产权
软著	经世万方能源 供需分析预测 预警系统 V1.0	中国	2016SR385 032	2016 年	软著登字 第 1563648 号	北京经 世万方 信息技 术有限 公司		其他有 效知识 产权
专著	能源-环境-交 通的动态 CGE 模型及燃油税 政策分析	中国	ISBN978-7 -5648-1873 -9	2014 年	CIP 数据 核字 (2014)第 220933 号	湖南大 学	肖皓	公开出 版

专著	湖南省能源经济与电力发展 (2017)	中国	ISBN 978-7-03-0 55371-3	2018 年	CIP 数据 核字 (2017)第 279682 号	国网湖 南省电 力公司 经济技 术院	文明、 谭玉东	公开出 版
论文	《Stackelberg game approach for energy-aware resource allocation in data center》	中国	10.1109/tpd s.2016.253 7809	2016 年	IEEE Transactio ns on Parallel and Distributed Computing	湖南大 学	杨波、 李智勇	通信作 者

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	李智勇	排名	1	行政职务	常务副院长
技术职称	教授	完成单位	湖南大学	工作单位	湖南大学

对本项目技术创造性贡献：

本人对科技创新点二做出主要贡献，主要负责关于大规模计算存储资源优化调度、智能分析算法以及优化决策方法的理论研究。在已有研究基础上我们同时也将我们的系列方法进行了一定的推广与应用，并取得了良好的社会效应。支撑材料：论文《Quantum-inspired hyper-heuristics for energy-aware scheduling on heterogeneous computing systems》，《Stackelberg game approach for energy-aware resource allocation in data centers》，《DELR: A double-level ensemble learning method for unsupervised anomaly detection》等 20 余篇，发明专利 201510477121.X、201610503282.6

### 第 2 完成人：

姓名	文明	排名	2	行政职务	副主任
技术职称	高工	完成单位	国网湖南省电 力有限公司经 济技术研究院	工作单位	国网湖南省电 力有限公司经 济技术研究院

对本项目技术创造性贡献：

主要对科技创新点三做出贡献，主要负责将基于电力大数据分析的电网经营优化决策体系成果应用于“电力看经济”、“电价政策制定”。支撑材料：专著《湖南省能源经济与电力发展 (2017)》、《Optional two-part electricity price based on user load rate》、《Improvement of Power Quality and Dynamic Voltage of Wind Farms Using an Inductive Filtering Method》

### 第 3 完成人：

姓名	肖皓	排名	3	行政职务	副院长
技术职称	教授	完成单位	湖南大学	工作单位	湖南大学

对本项目技术创造性贡献：

主要对科技创新点三做出贡献，主要负责研究基于多元数据耦合特征的电力经济系统模



型群以及基于电力经济系统框架的分解方法的构建。支撑材料：专著《能源-环境-交通的动态 CGE 模型及燃油税政策分析》和论文《The Impact of carbon Market and Carbon Tax on Green Growth Pathway in China. A Dynamic CGE Model Approach》、《Changes in Carbon Intensity Globally and in Countries: Attribution and Decomposition Analysis》等 8 篇

第 4 完成人：

姓名	陈果	排名	4	行政职务	系副主任
技术职称	副教授	完成单位	湖南大学	工作单位	湖南大学

对本项目技术创造性贡献：

主要对科技创新点一电力大数据高性能计算存储支撑平台关键技术中的高性能无状态硬件传输协议、基于操作系统的网络流量负载均衡机制、分布式机器学习平台性能优化的关键技术作出重要贡献。支撑材料：论文《ELAB：基于端系统的新型拥塞感知负载均衡机制》、《Towards Stateless RNIC for Data Center Networks》、《Automatically Detecting Excavator Anomalies Based on Machine Learning》、《M-Skyline: Taking sunk cost and alternative recommendation in consideration for skyline query on uncertain data》

第 5 完成人：

姓名	谭玉东	排名	5	行政职务	
技术职称	高工	完成单位	国网湖南省电力有限公司经济技术研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司经济技术研究院

对本项目技术创造性贡献：

主要对科技创新点二做出贡献，主要负责将大数据驱动的电网运行智能分析与优化技术成果应用于“新能源消纳”、“中长期购电决策模型”。支撑材料：论文《基于动态潮流的电网连锁故障模型及关键线路辨识》、《A multi-stage generator reconfiguration method for relieving transmission congestion》、《考虑功能差异的输变电项目效益评价及投资优化方法》

第 6 完成人：

姓名	艾洪山	排名	6	行政职务	
技术职称	副教授	完成单位	湖南大学	工作单位	湖南大学

对本项目技术创造性贡献：

主要对科技创新点三做出贡献，主要负责研究采用大数据多元统计分析方法和计量经济学方法识别促进电力高质量运行的技术进步模式和最优电价政策选择。支撑材料：论文《Differentiated effects of diversified technological sources on China's electricity consumption: Evidence from the perspective of rebound effect》、《Modelling technological bias and productivity growth: a case study of China's three urban agglomerations》、《Impacts of the scattered coal consumption on PM2.5 pollution in China》、《The effect estimation and channel testing of the technological progress on China's regional environmental performance》、《Environmental regulation, total factor productivity, and enterprise duration: Evidence from China》

第 7 完成人：

姓名	李湘华	排名	7	行政职务	副主任
技术职称	高工	完成单位	国网湖南省电力有限公司	工作单位	国网湖南省电力有限公司

对本项目技术创造性贡献：

主要对科技创新点三做出贡献，主要负责将基于电力大数据分析的电网经营优化决策体系成果应用于“电网投资决策”。支撑材料：论文《“电采暖”参与新能源消纳的配电网适应

性分析》、《大机组降压运行对分区电网短路电流的影响》、《基于能源互联网的电网报装容量与负荷分析》

**第 8 完成人：**

姓名	彭冬	排名	8	行政职务	处长
技术职称	教高	完成单位	国网经济技术研究院有限公司	工作单位	国网经济技术研究院有限公司

对本项目技术创造性贡献：  
 主要对科技创新点三做出贡献，主要负责将基于电力大数据分析的电网经营优化决策体系成果应用于“电网投资决策”，并负责向国网公司省级电网企业推广。支撑材料：论文《Research on operation benefit evaluation of power network project based on combination weighting method》；企业标准：《国家电网有限公司差异化规划设计导则》

**第 9 完成人：**

姓名	涂巍	排名	9	行政职务	总经理
技术职称	高工	完成单位	北京经世万方信息技术有限公司	工作单位	北京经世万方信息技术有限公司

对本项目技术创造性贡献：  
 主要对科技创新点三做出贡献，主要负责将基于电力大数据分析的电网经营优化决策体系成果平台开发，相关成果并向国网公司省级电网企业推广。

**7、主要完成单位及创新推广贡献**

单位名称	国网湖南省电力有限公司经济技术研究院	排名	1	所在地	湖南长沙
------	--------------------	----	---	-----	------

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

1. 构建大数据技术驱动的“经济-电力-能源”智慧分析平台，实现经典算法的可视化调用和复杂模型的智能化构建。基于投资驱动型经济增长特点改进传统泰尔指数，在此基础上，依据经济&电力&能源耦合关系，解析产业结构、能源替代和技术进步三因素对区域电力消费强度的影响机制。建立分部门用电量对分用户售电量的量化预测模型，匹配识别分电压等级-分用户售电量的联合分布规律，从而实现对全分类售电量指标的完整、细化预测。基于湖南省区域经济用能特性，运用情景设定和模拟仿真技术，构建节能减排约束的湖南省 LEAP 长期能源替代系统。对全省碳排放控制措施及相关政策目标进行核验和预警。

2. 开发的电力大数据产品已在国网湖南省电力有限公司规划、设计、运行、调度、交易等多个专业部门应用，有效提升了电网运营效率，同时相关成果为湖南省能源局、工信厅、能监办等政府机构提供能源电力规划运营相关政策决策支持，多次受到省委省政府领导肯定批示，并在省级以上主流媒体宣传报道。

单位名称	湖南大学	排名	2	所在地	湖南长沙
------	------	----	---	-----	------

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

作为主要完成单位参与项目研究与实施，对科技创新点 1, 2, 3 的技术方法研究及成果的推广做出了重要贡献。具体如下：

(1) 突破电力大数据高性能计算存储支撑平台关键技术，研发了基于可编程智能网卡

的高性能数据中心网络协议栈体系，结合可编程计算芯片，构建了大规模的异构计算存储资源池；提出了基于学习指导的任务调度优化方法；采用网络流量自识别和交换机调度的方式，提升分布式机器学习平台的数据处理性能。

2) 攻克大数据驱动的电网运行智能分析与优化技术难题，提出了一种不依赖于数据标签的双层集成异常检测方法；提出了基于多视图深度的无监督迁移学习方法；提出了基于模糊搜索偏好的约束处理技术。

3) 创立基于电力大数据分析的电网经营优化决策体系。构建基于多元数据耦合特征的电力经济系统模型群，实现了从经济看电力和从电力看经济的系统、综合研究。开发了考虑电力价格复杂形成过程、能源替代技术细节的中国和湖南省 CGE 模型；构建了价格形成及传导复杂过程的区域投入产出价格模型；提出了 CGE 模型框架下考虑价格效应的电力能源消耗和污染排放的分解方法；提出了区域间溢出视角的结构分解分析方法。

单位名称	国网经济技术研究院有限公司	排名	3	所在地	北京
------	---------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

项目主要完成单位，对科技创新点 3 做出了重要贡献。参与基于海量电网投资、运行数据的电网投资效益评价与电网发展决策，并负责成果的推广应用。

单位名称	北京经世万方信息技术有限公司	排名	4	所在地	北京
------	----------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

项目主要完成单位，对科技创新点 3 做出了重要贡献，参与“电力看经济”、“电力大数据助力复工复产”等产品的开发，并负责销售推广。

单位名称	国网重庆市电力有限公司经济技术研究院	排名	5	所在地	北京
------	--------------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

项目主要完成单位，对科技创新点 3 做出了重要贡献，参与“电力看经济”、“电力大数据助力复工复产”等产品的开发，并负责销售推广。

## 8、完成人合作关系说明

自“十三五”以来，国家电网公司高度重视大数据应用，依托“产学研用”协同攻关模式，成立了由国网湖南省电力有限公司经济技术研究院、湖南大学、国网经济技术研究院有限公司、北京经世万方信息技术有限公司、重庆经研院等为主要完成单位的科研攻关项目组。完成项目“面向电网优化运营的电力大数据智能分析关键技术及应用”。

本项目主要完成人包括：李智勇、文明、肖皓、陈果、谭玉东、艾洪山、

李湘华、彭冬、涂巍等，依托国家自然科学基金、国家电网公司、国网湖南省电力有限公司配套了一系列科技项目支持，项目主要完成人主要合作关系如下：

(1) 2016年-2017年，项目完成人文明、李智勇、肖皓、谭玉东、陈果、涂巍等共同完成国网湖南省电力有限公司科技项目《基于大数据分析技术和经济传导模型的电力市场预测预警技术研究》(5216D115000B)，共同开发了相关软件平台。

(2) 2017年-2018年，项目完成人文明、谭玉东、李智勇、艾洪山、陈果等共同完成国网湖南省电力有限公司科技项目《电力体制改革背景下公司经营效益分析预测模型及应用研究》(5216A2160005)，共同开发了相关软件平台。

(3) 2017年-2018年，项目完成人文明、谭玉东、李湘华、彭冬等共同完成了国家电网有限公司总部科技项目《电网发展诊断指标体系扩展研究》，共同研发了电网投资决策算法，发表了学术文章，申请了发明专利，开发了相关软件平台。

(4) 2019年-2021年，艾洪山、文明共同申请了湖南省自然科学基金项目《多元主体交互影响视角下湖南省农村环境综合治理机制与体系创新研究》。

**完成人合作关系情况汇总表**

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同立项	文明/2 李智勇/3 肖皓/5 谭玉东/6 陈果/7 涂巍/9	2016年1月至2017年12月	基于大数据分析技术和经济传导模型的电力市场预测预警技术研究	湘电科鉴字[2017]第8号	
2	共同立项	文明/1 谭玉东/3 李智勇/4 艾洪山/6 陈果/8	2017年1月至2018年12月	电力体制改革背景下公司经营效益分析预测模型及应用研究	湘电科鉴字[2018]第25号	

3	共同立项	彭冬/4 李湘华/6 文明/32 谭玉东/35	2017年1月至2018年12月	电网发展诊断指标体系扩展研究	国家电网有限公司总部科技项目验收报告	
4	共同立项	艾洪山/1 文明/2	2019年-2021年	多元主体交互影响视角下湖南省农村环境综合治理机制与体系创新研究	课题立项号：2019JJ40039	

### (八) 项目名称：农配网线路融冰关键技术及成套设备

#### 1、提名意见

我国南方地区输电线路冬季覆冰严重，农配网线路作为电力供应网络的神经末梢，直接与用户相连。由于农配网线路支线多、分布广泛、极易受微地形微气象影响而造成严重覆冰，发生大面积倒杆断线等停电事故，严重影响居民生产生活用电。现有融冰装置主要针对 110kV 及以上电压等级的主网输电线路设计，一般部署在大型变电站内，装置体积大、造价高，难以适用于点多、面广、分散的农配网线路。针对农配网线路的融冰技术研究依然处于空白阶段，其抗冰形势非常严峻，对人民的正常生产生活用电造成了严重的威胁。

该项目通过原始创新，取得集理论、技术和装备于一体的国内外首创性发明成果。创造性提出了农配网线路差异化融冰思路，开发了多种类交直流融冰技术及装备，发明了农配网固定式交流融冰方法，设计了恒阻抗多档位宽调压融冰变压器，创造性提出了“宽调压发电机组+不控整流”移动式融冰装置结构，研制了“中频发电机+不控整流器”便携式一体化融冰装置，总体技术达到国际先进水平，实现了我国融冰技术的跨越式发展。

项目成果已在广东、湖南、江西、安徽、江苏、重庆等省市推广应用近百套，并于 2016 年成功出口至重覆冰国家加拿大，为农配网线路抵御雨雪冰冻灾害提供了经济、高效的解决方法，有力保障了电网安全稳定运行和人民正常生产生活用电。累计销售 1.16 亿，增加供电 3.7 亿千瓦时，社会安全和经济效益重大。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认该项目提名书及附件材料真实有效，提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步三等奖。

#### 2、项目简介

覆冰灾害严重威胁电网的安全稳定运行。农配网线路由于数量多、分布广泛，大部分都处于环境恶劣的微地形微气象高寒山区，极易遭受雨雪冰冻的影响导致

严重覆冰，而农配网线路担负着直接给用户供电的重任，一旦出现覆冰事故，将严重影响人民的正常生产与生活用电。2008年南方冰灾中，湖南电网10kV农配网线路倒杆63036基，断线47898处，直接经济损失上百亿，数百万用户供电中断，郴州等地区停电长达7日，对社会的正常运转造成了严重冲击。

现有融冰装置主要针对110kV及以上电压等级的主网输电线路设计，一般部署在大型变电站内，装置体积大、造价高，难以适用于点多、面广、分散的农配网线路。农配网线路融冰存在四大难题：1) 农配网线路支线众多，结构复杂，主支线线型、长度差异极大，现有融冰方法无法全面满足农配网线路融冰需求；2) 农配网变电站场地小、站内电源容量受限，适用于主线融冰的固定式融冰系统设计困难；3) 农配网线路支线多、分布广泛、现场路况差，移动式融冰装置需自备电源，装置容量与移动便捷性矛盾突出，移动式融冰装置研制困难；4) 部分重覆冰线路位于高海拔山顶并跨越山谷，车辆无法通行且线路档距大，人工除冰无法实施，容量适中又小巧轻便的便携式融冰装置难以实现。

在国网公司及湖南省公司重大科技攻关项目的支持下，由科研及生产单位通力合作，历经7年攻关，在农配网融冰领域取得集理论、技术与装备于一体的系列成果，实现重大突破和实质性创新。

(1) 首创了农配网差异化融冰体系，建立了农配网线路覆冰增长与融冰模型，攻克了线路融冰电流选取难题，提出了主线固定式交流融冰，支线移动式直流融冰，超短支线便携式直流融冰的差异化融冰方法，有效指导农配网融冰开展。

(2) 攻克了农配网固定式交流融冰技术，提出一体化交流融冰系统结构，研制恒阻抗宽调压融冰变压器，发明配网融冰快速短接技术，实现了对5-40km农配网线路的高效融冰，融冰容量达到8MVA、系统占地仅25m<sup>2</sup>，解决了农配网变电站站内出线覆冰问题。

(3) 研制了农配网移动式直流融冰装置，提出“宽调压发电机+不控整流器”融冰拓扑结构，开发发电机组自适应稳压控制系统，容量高达320kW、融冰距离高达5km、可快速灵活运抵高海拔山区，解决了大范围覆冰区域内农配网中短主线及支线的融冰难题。

(4) 首创了便携式直流融冰装置，创造性提出“中频发电整流”一体化结构，研制了轻便型中频发电机组，有效降低了装置体积重量，成套装备仅79千克，两人可轻松抬动，实现了极端恶劣环境下400m以内局部重覆冰线路的快速融冰。

项目研制了农配网线路交直流混合快速融冰成套装备，技术成熟，通过权威机构检测并已规模化生产，在广东、湖南、江西、安徽、江苏、重庆等省市推广应用数百套，并于2016年成功出口至重覆冰国家加拿大，实现了我国融冰技术从跟随到输出的跨越式发展。累计销售1.16亿，增加供电3.7亿千瓦时，取得重大社会安全和经济效益。项目技术独特，创新性突出，授权发明专利5项，发表EI论文3篇，被鉴定为国际领先水平。项目构建了农配网线路差异化融冰体系并研制了交直流混合快速融冰成套装备，可广泛应用于国内外重覆冰区域的农

配网线路融冰,同时可进一步推广应用于风电集电线路、铁路供电牵引线路融冰,应用前景广阔,显著促进了输电线路融冰装备产业升级。

### 3、客观评价

(1) 项目创新性与水平评价:“成功应用于实际工程,成果达到了国际先进水平”

2012年4月,湖南省电力公司在长沙组织召开了“农配网融冰方法及装置研究”项目鉴定会,以程时杰院士为组长的鉴定委员会给出如下意见:“提出的融冰方法和研制的融冰装置成功应用于实际工程…效果良好…,项目成果达到了国际先进水平。”

(2) 权威机构检测

湖南省计量检测研究院试验报告:“经检测各个单元的电压、电流参数及其调节区间符合设计要求,装置满足现场融冰需求。”

(3) 国内外科技查新

1) 教育部科技查新工作站(L07)针对“农配网长线路、短线路、超短线路融冰装置及装置首次在湖南实际应用”查新点,查新结论:未见与查新项目综合技术特点相同的文献报道。

2) 国家电网信息通信分公司针对“适应配电网主线、长支线、短支线的交直流混合快速融冰成套装备及差异化融冰体系与策略”查新点,查新结论:除该课题完成单位发表的相关文献外,在所检出的国内外文献中未见报道。

(4) 主要用户单位应用验收评价

1) 国网湖南省电力有限公司:“通过应用湖南防灾减灾中心所研发的农配网线路交直流融冰技术及装备,在农配网线路冰害治理方面产生了巨大成效。近年来,累计开展融冰数百次条次,有效防止了冰害事故发生,避免了大面积停电,保障了电网安全稳定运行。”

2) 国网湖南省邵阳供电分公司:“装置投运后,为我公司输电线路除冰提供了强有力的保障,提高了电网稳定性,减少了融冰工作的人力和物力,产生了较大的经济效益,具有较高的实用价值,建议推广应用。”

3) 湖南省湘电试研技术有限公司:“项目成果专利技术在我公司进行成果转化,促进了公司融冰装备产业升级,公司在电网防冰领域的技术影响力和市场占有率显著提高,该成果的转化,确保了我公司防冰领域关键技术的持续进步和国际领先优势。”

### 4、推广应用情况

项目技术成熟,开发了农配网多种型号的交流融冰成套装备,通过了第三方权威机构检测,已在湖南、江西、安徽、江苏、重庆、陕西、广东等多个地区推广应用,成功应对了2012年以来的多次电网覆冰过程,避免了农配网线路倒

杆断线，减少农配网线路 20 多万个台区，共计 800 余万用户停电，经济效益 1.2 亿元。如 2014 年 2 月，湖南邵阳 110kV 小沙江变电站采用农配网融冰装置及时对 10kV 小兰线、小龙线和小微线进行融冰，有效避免了三条重覆冰线路倒杆断线造成的停电损失，得到了邵阳公司高度评价，经济效益和社会效益明显。2016 年项目技术产品成功出口至加拿大，实现了我国融冰技术从跟随到输出的跨越式变化。

该项目技术可广泛应用至国内外农配网线路防冰领域，也可应用于风电集电线路融冰，显著提升线路抵御雨雪冰冻灾害的能力。目前国内经过微地形微气象地区的农配网线路达数千条，农配网线路融冰需求巨大，应用前景广阔。

#### 主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
国网湖南省电力有限公司	整体技术	2013 年 1 月至今	席崇羽/073185333352	近三年累计开展融冰数百条次，增加供电 3.7 亿千瓦时
国网湖南省电力有限公司邵阳供电分公司	整体技术	2014 年 1 月至今	姜成元/15074191130	有效避免了多条重覆冰线路倒杆断线造成的停电损失，经济效益和社会效益明显
湖南省湘电试验技术有限公司	发明点 2、3、4	2012 年 1 月至今	李湘林/18973102265	产品性能稳定、装置操作简便、运维工作量小
国网重庆市武隆县电力公司	发明点 4	2012 年 1 月至今	杨建中/13996856216	装置操作简便、运行可靠、运维工作量小

#### 5、主要知识产权证明目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种配电网线路融冰系统及其融冰方法	中国	ZL201610589866.X	2018.03.09	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司 国网湖南省电力公司防灾减灾中心	陆佳政 朱远 李波 谭艳军 朱思国 周秀冬 黄清军	有效
发明专利	用于农配网的新型融冰方法	中国	ZL201710766214.3	2020.01.14	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司防灾减灾中心	陆佳政 朱远 李波	有效



					权局	湖南省湘电试研技术有限公司 国家电网公司	谭艳军 朱思国 毛新果	
发明专利	用于农配网线路的交流融冰方法	中国	ZL201710766222.8	2018.09.14	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司防灾减灾中心 湖南省湘电试研技术有限公司 国家电网公司	陆佳政 朱远 李波 谭艳军 朱思国 孙易成	有效
发明专利	35kV 配电网线路的交流融冰方法	中国	ZL201720765344.5	2018.11.20	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司防灾减灾中心 湖南省湘电试研技术有限公司 国家电网公司	陆佳政 朱远 李波 谭艳军 朱思国 毛新果	有效
发明专利	10kV 配电网线路交流融冰方法	中国	ZL201510160002.1	2016.03.16	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司 国网湖南省电力公司防灾减灾中心	陆佳政 周秀冬 李波 方针 张红先	有效
实用新型	用于交-直-交两级变换的便携式农配网交流融冰装置	中国	ZL201721206988.2	2018.03.23	中华人民共和国国家知识产权局	湖南省湘电试研技术有限公司	陆佳政、 黄清军、 李波、谭艳军、朱思国、朱远	有效
实用新型专利	一种兼具直流融冰功能的便携式应急电源	中国	ZL201620785937.9	2017.01.11	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司、 国网湖南省电力公司防灾减灾中心、国家电网公司	陆佳政、 朱远、李波、谭艳军、朱思国、周秀东、黄清军	有效
实用新型专利	一种配电网线路融冰系统	中国	ZL201620786889.5	2017.01.11	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司、 国网湖南省电力公司防灾减灾中心、国家电网公司	陆佳政、 朱远、李波、谭艳军、朱思国、周秀东、黄清军	有效

实用新型专利	一种输出电压连续可调的混合式直流融冰装置	中国	ZL201620787310.7	2017.01.04	中华人民共和国国家知识产权局	国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司防灾减灾中心、国家电网公司	陆佳政、黄清军、李波、谭艳军、朱思国、周秀东、朱远	有效
论文	The Portable DC De-icer with Emergency Power Supply Function	中国		2019.09.01	The 3rd IEEE Conference on Energy Internet and Energy system Integration	State Key Laboratory of Disaster Prevention and Reduction for Power Grid Transmission and Distribution Equipment, State Grid Hunan Electric Company Limited Disaster Prevention and Reduction Center	Xinguo Mao, Yanjun Tan, Yuan Zhu, Qingjun Huang, Haifeng Liu, Bo Xu	有效

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	<b>谭艳军</b>	排名	1	行政职务	<b>副主任</b>
技术职称	高工	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心

对本项目技术创造性贡献：

项目负责人，对第 1、2、4 发明点做出了贡献。负责制定技术路线，组织实施。首次提出农配网差异化融冰方法，与第二完成人合作发明了农配网固定式交流融冰方法，设计了农配网多档位恒阻抗宽调压融冰变压器，与第三完成人合作发明了便携式超短距离农配网直流融冰装置，指导农配网交直流融冰技术应用。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 60%。完成与项目相关的发明专利 5 项，论文 2 篇。

第 2 完成人：

姓名	朱远	排名	2	行政职务	
技术职称	高工	完成单位	湖南省湘电试研技术有限公司	工作单位	湖南省湘电试研技术有限公司
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对第 2、3 个发明点做出了贡献。发明了配网移动式直流融冰方法，设计了农配网移动式直流融冰装置，负责该直流融冰系统的现场应用。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 60%。完成与项目相关的发明专利 4 项，论文 2 篇。</p>					

第 3 完成人：

姓名	朱思国	排名	3	行政职务	
技术职称	高工	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对第 2、3、4 发明点做出了贡献。开发了便携式超短距离农配网直流融冰装置；与第一完成人合作发明了配网固定式交流融冰方法，设计了农配网多档位恒阻抗宽调压融冰变压器。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 50%。完成与项目相关的发明专利 4 项、实用新型专利 2 项、论文 2 篇。</p>					

第 4 完成人：

姓名	毛新果	排名	4	行政职务	
技术职称	助理工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>主要对第 4 发明点做出了贡献。与第一完成人合作发明了便携式直流融冰装置，并进行功能扩展。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 30%。完成与项目相关的发明专利 3 项，论文 2 篇。</p>					

第 5 完成人：

姓名	黄清军	排名	5	行政职务	
技术职称	高工	完成单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>主要对第 3 发明点做出了贡献。与第二完成人合作发明了农配网移动式直流融冰装置，提出</p>					

了“宽调压发电机+不控整流器”融冰拓扑结构及发电机组自适应稳压控制方法。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 30%。完成与项目相关的发明专利 2 项，论文 2 篇。

**第 6 完成人：**

姓名	周秀冬	排名	6	行政职务	
技术职称	工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司防 灾减灾中心	工作单位	国网湖南省电 力有限公司防 灾减灾中心

对本项目技术创造性贡献：

对第 3 发明点做出了贡献。与第二完成人合作研制了农配网移动式直流融冰装置，提出“宽调压发电机+不控整流器”融冰拓扑结构，开发发电机组自适应稳压控制系统。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 40%。完成与项目相关的发明专利 1 项。

**7、主要完成单位及创新推广贡献**

单位名称	国网湖南省电力有限公司防 灾减灾中心	排名	1	所在地	湖南长沙
------	-----------------------	----	---	-----	------

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

(1) 攻克了农配网固定式交流融冰技术，提出配网一体化交流融冰系统结构，研制恒阻抗宽调压融冰变压器，发明配网融冰快速短接技术。

(2) 研制了农配网移动式直流融冰装置，提出“宽调压发电机+不控整流器”融冰拓扑结构，开发发电机组自适应稳压控制系统。

(3) 首创了便携式直流融冰装置，创造性提出“中频发电整流”一体化结构，设计轻便型中频发电机组。

(4) 获授权发明专利 5 项，发表论文 2 篇。

单位名称	湖南省湘电试 研技术有限公司	排名	2	所在地	长沙
------	-------------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

(1) 发明了农配网新型融冰方法。

(2) 研制了农配网固定式、移动式、便携式各类融冰装置，并负责推广应用到安徽、重庆等地。

(3) 获授权发明专利 2 项。

**8、完成人合作关系说明**

项目负责人，谭艳军，主持项目研究时间：2010年1月至2017年12月，对第1、2个发明点做出了贡献。负责制定技术路线，组织实施。首次提出农配网差异化融冰方法，与第二完成人合作发明了配网固定式交流融冰方法，设计了农配网多档位恒阻抗宽调压融冰变压器，与第三完成人合作发明了便携式超短距离农配网直流融冰装置，指导农配网交直流融冰技术应用。合作成果包括：与第2完成人共同获得授权国家发明专利4项、合著论文2篇，与第6完成人共同获得授权国家发明专利1项，与第2、3、4完成人共同制定标准1项，与第2-6完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目。

第2完成人，朱远，参与项目研究时间：2013年8月至2017年12月，对第1发明点做出了贡献。发明了配网固定式交流融冰方法，设计了农配网多档位恒阻抗宽调压融冰变压器，负责该交流融冰系统的现场应用。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的60%。完成与项目相关的发明专利4项，论文2篇，标准1项。合作成果包括：与第1完成人共同获得授权国家发明专利4项、合著论文2篇，与第2、3、4完成人共同制定标准1项，与第1、3-5完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目。

第3完成人，朱思国，参与项目研究时间：2011年9月至2017年12月，对第2发明点做出了贡献。发明了配网固定式交流融冰方法，设计了农配网多档位恒阻抗宽调压融冰变压器，负责该交流融冰系统的现场应用。合作成果包括：与第1完成人共同获得授权国家发明专利4项、与第2完成人合著论文6篇，与第1-2、4-5完成人共同承担、完成国家电网有限公司科技项目。

第4完成人，毛新果，参与项目研究时间：2016年7月至2017年12月，与项目负责人完成了项目整体设计，主要对第1发明点做出了贡献。主要对第1发明点做出了贡献。提出了农配网现场差异化融冰方法，与第2完成人合作发明了便携式直流融冰装置，并进行功能扩展。合作成果包括：与第2完成人共同获得授权国家发明专利3项，合著论文2篇。

第5完成人，黄清军，参与项目研究时间：2015年9月至2017年12月，对第4发明点做出了贡献。提出了农配网输电现场差异化融冰方法，与第一完成人合作发明了便携式直流融冰装置，并进行功能扩展。合作成果包括：与第1-4完成人共同获得授权发明专利1项，共同承担、完成国家电网有限公司科研项目。

第6完成人，周秀冬，参与项目研究时间：2012年7月至2017年12月，对第2发明点做出了贡献。出了农配网移动式直流融冰装置，提出“宽调压发电机+不控整流器”融冰拓扑结构，开发发电机组自适应稳压控制系统。合作成果包括：与第一完成人共同获得授权发明专利1项，与第1-5完成人共同完成科研项目。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/2 朱思国/5 黄清军/7 周秀冬/6	2016.7	一种配电网线路融冰系统及其融冰方法	发明专利 ZL201610589866.X	

2	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/2 朱思国/5 毛新果/6	2017.8	用于农配网的新型融冰方法	发明专利 ZL201710766214.3	
3	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/2 朱思国/5	2017.9	用于农配网线路的交流融冰方法	发明专利 ZL201710766222.8	
4	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/2 朱思国/5 毛新果/6	2012.4	35kV 配电网线路的交流融冰方法	发明专利 ZL201720765344.5	
5	共同知识产权	周秀冬/2	2015.9	10kV 配网线路交流融冰方法	发明专利 ZL201510160002.1	
6	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/6 朱思国/5 黄清军/2	2018.03	用于交-直-交两级变换的便携式农配网交流融冰装置	实用新型专利 ZL201721206988.2	
7	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/2 朱思国/5 朱思国/6 黄清军/7	2017.01	一种兼具直流融冰功能的便携式应急电源	实用新型专利 ZL201620785937.9	
8	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/2 朱思国/5 朱思国/6 黄清军/7	2017.01	一种配电网线路融冰系统	实用新型专利 ZL201620786889.5	
9	共同知识产权	谭艳军/4 朱远/7 朱思国/5 朱思国/6 黄清军/2	2017.01	一种输出电压连续可调的混合式直流融冰装置	实用新型专利 ZL201620787310.7	
10	共同立项	谭艳军/5 朱思国/7	2012.4	农配网融冰方法及装置研究	科学技术鉴定证书 湘电科鉴(2012)第17号	
11	共同立项	谭艳军/5 朱思国/7	2012.4	配电网差异化抗冰能力提升关键技术研究 与工程示范	验收报告 国网科技项目, 项目编号 521820050003	

**(九) 项目名称: 大型电站锅炉空气预热器性能优化及防止积灰沾污的关键技术与应用**

**1、提名意见**

国家环保标准对火电厂氮氧化物排放浓度要求不断提高，大型燃煤发电机组均加装了 SCR 烟气脱硝系统，由此带来的空气预热器积灰和腐蚀问题日益严重，造成空气预热器传热效率下降、流通阻力升高，严重者甚至限制机组带负荷能力，成为影响我省燃煤发电机组运行安全性和经济性的突出问题。

该项目通过数值计算得到空气预热器蓄热元件传热-阻力性能，结合有限差分数值方法，开发了性能计算软件；与遗传算法相结合，建立了空气预热器整体优化模型；研究了积灰沾污规律，提出了防止积灰的技术方案；开发了在线监测系统，实时计算监测空气预热器积灰情况，采取在线措施调节以避免空气预热器积灰情况加剧。

该项目授权国家专利 5 项，发表论文 15 篇，获软件著作权 1 项，中国电机工程学会标准 1 项。研究成果已在空气预热器制造厂和多家燃煤电厂中得到应用，在降低空气预热器制造成本、减轻空气预热器积灰沾污对机组运行影响方面效益明显。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认材料真实有效。

提名该项目为 2020 年度湖南省科技进步三等奖。

## 2、项目简介

国家环保标准对燃煤发电氮氧化物排放浓度要求不断提高，大型燃煤发电机组均加装了 SCR 烟气脱硝系统，但由于 SCR 催化剂层入口流场分布和  $\text{NH}_3/\text{NO}_x$  摩尔比混合不均匀，SCR 脱硝系统  $\text{NH}_3$  逃逸率增大，与烟气中的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  蒸汽反应生成硫酸氢铵（ABS）并在空气预热器内部蓄热元件表面凝结和粘附飞灰，形成严重的积灰和腐蚀，造成空气预热器传热效率下降、流通阻力升高，成为影响机组运行安全性和经济性的突出问题。根据国电集团统计数据，300MW 和 600MW 级机组，空气预热器阻力超过设计值的比例分别达到 65%和 69%。

本项目研发历时 5 年的技术攻关和工程实践，攻克了空气预热器性能优化与防止积灰沾污沉积的多项难关，掌握了主要核心技术。项目主要创新如下：

（1）开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”，与遗传算法相结合，建立了空气预热器整体优化数学模型和计算方法，得到兼顾成本与性能的最佳设计选型参数。软件计算结果具有优良的工程精度，与测试结果相比，相对偏差在  $\pm 1.5\%$  范围内；采用遗传算法优化后，在保证运行性能的前提下，空气预热器的蓄热元件总重量降低了 26.5%以上。

（2）得到了空气预热器内部硫酸氢铵（ABS）沉积区域的变化规律，开发了空气预热器循环风防堵灰技术，首次提出了烟气-空气顺流-逆流结合的混流回转式空气预热器布置方式，以及空气预热器变转速调节的优化运行方式和参数调节区间，结合空气预热器结构和运行参数的优化调整，将沉积产物控制在便于清扫的冷端范围内，有效解决了空气预热器积灰沉积的技术难题。与现有的技术相比，对空气预热器积灰沉积最难清扫区域的元件温度水平提升效率更高。应用实例显示，空气预热器阻力下降明显，基本恢复至设计值水平。

（3）开发了“空气预热器积灰在线监测系统”，应用情况显示，系统能够实

现对机组 SIS 数据的读取, 以及相应监测参数的实时显示和输出, 对空气预热器积灰趋势的辨识和判别准确, 能够起到对运行人员操作指导的有效作用。

项目研究成果已在空气预热器制造厂和多家燃煤发电企业得到应用, 在降低空气预热器制造成本、减轻空气预热器积灰沾污对机组运行影响方面效益明显, 近三年累计增收节支和创造经济效益 7508.27 万元。同时, 保证了机组的发电和带负荷能力, 缓解了可能带来的社会限电或有序用电问题。

项目关键技术经中国电机工程学会组织专家鉴定为, 整体达到了国际先进水平, 申请国家专利 6 项 (其中授权 2 项), 发表论文 9 篇 (其中 SCI/EI 收录 5 篇, 中文核心收录 4 篇), 获软件著作权 1 项, 中国电机工程学会标准 1 项。项目研究成果可为火力发电企业提供系列解决方案, 涵盖设计、制造、改造、运行、监测、优化等环节, 具有广阔的市场空间和强大的市场竞争力, 将创造巨大的社会效益和经济效益。

### 3、客观评价

#### (1)项目成果鉴定

2018 年 2 月 8 日, 中国电机工程学会在北京组织召开了“大型电站锅炉空气预热器性能优化及防止积灰沾污的关键技术与应用”项目技术鉴定会。鉴定委员会听取了项目的工作报告、技术报告、测试报告、经济效益分析报告、用户报告、科技查新报告, 审阅了相关技术资料。经质询、答疑和讨论, 形成鉴定意见如下:

1、提交的鉴定材料完整、规范, 符合鉴定要求。

2、本项目对大型燃煤电站锅炉空气预热器性能优化及防止积灰沾污的关键技术进行了系统性研究, 开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”, 给出了大型电站锅炉空气预热器热力性能评价指标和测定方法, 提出了预测空气预热器积灰倾向的准则数, 研究了其积灰沉积的过程机理, 提出了防止空气预热器积灰沾污的技术路线, 编制开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。项目主要创新点如下:

(1) 开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”, 与现场测试结果相比, 具有优良的工程精度。

(2) 建立了空气预热器整体优化模型和计算方法, 获取了更加合理的设计选型参数。

(3) 在 SCR 脱硝装置广泛应用情况下, 针对原有空气预热器性能评价方法不能完全适用的问题, 完善了适用于大型电站锅炉空气预热器的现场性能评价方法与相应的测试、计算和修正方法。

(4) 在原有的空气预热器积灰沉积判定准则的基础上, 考虑了空气预热器蓄热元件分层结构和转动周向方向温度周期性变化对空气预热器积灰沉积的影响, 提出了新的预测空气预热器积灰倾向的准则数。

(5) 基于 FLUENT 商用软件, 利用用户自定义函数 (UDF) 建立了空气预热器内流动换热和硫酸氢铵 (ABS) 沉积数值模型, 对空气预热器内部 ABS 沉积区域及其分布特点进行了三维预测。



(6) 开发了空气预热器循环风防堵灰技术，提出了用于减轻空气预热器积灰沾污的烟气空气顺逆结合的混流布置技术，形成了自主知识产权。

(7) 研制开发了“空气预热器积灰在线监测系统”，为解决空气预热器的积灰问题提供了多种技术路线和理论指导。

3、本项目研究成果已在空气预热器制造厂和多个燃煤电厂中得到应用，在降低空气预热器制造成本、减轻空气预热器积灰沾污对机组运行影响方面效益明显，具有良好的安全性和经济性。

鉴定委员会认为，项目在空气预热器性能优化和防止积灰沾污方面具有创新性，成果在该领域具有示范效应和推广价值，整体达到了国际先进水平。

### **(2)项目获奖情况**

“大型电站锅炉空气预热器性能优化及防止积灰沾污的关键技术与应用”项目获 2019 年度湖南省电力科学技术奖二等奖。

### **(3)国内外科技查新**

2018 年 1 月，委托教育部科技查新工作站 L36 进行了国内外科技查新，对查新项目分别或综合进行国内外文献对比分析，证明有无相同或类似的文献报道。查新点如下：

- 1、编制开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”，与现场测试结果相比，相对偏差在 $\pm 1.5\%$ 范围内。
- 2、将性能计算程序和遗传算法相结合，建立了大型电站锅炉空气预热器整体优化数学模型和计算方法，得到兼顾成本与性能的设计选型参数。
- 3、提出了适用于大型电站锅炉三分仓、四分仓空气预热器的现场性能评价方法，给出了包括排烟温度、换热效率、流体热容比、漏风率、流通阻力等在内的评价参数体系，以及相应的测试、计算和修正方法。
- 4、结合空气预热器内部蓄热元件积灰沉积机理，以及性能计算软件得到的内部温度场分布规律，提出了预测空气预热器积灰倾向的准则数。
- 5、采用 FLUENT 软件，基于自定义函数 (UDF) 和多孔介质模型，对回转式空气预热器内部硫酸氢铵 (ABS) 沉积区域进行三维预测，与传统方法比较，具有精度高、直观明了的优点。
- 6、开发了空气预热器循环风防堵灰技术。
- 7、提出了用于减轻空气预热器积灰沾污的烟气-空气顺流-逆流结合的混流回转式空气预热器布置方式。
- 8、提出了回转式空气预热器变转速调节的优化运行方式和参数调节区间。
- 9、提出了机炉耦合的烟气余热集成利用系统中，空气预热器旁路烟道分流烟气比例、空气预热器入口空气加热温度等关键参数选取原则。
- 10、编制开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。

经检索并对相关文献分析对比，结果表明，国内外公开发表的文献中，除项目组前期文献外，未见其它与该查新项目以上技术特点相符的文献报道。

### **(4)权威机构检测**

项目开发了“大型电站锅炉空气预热器热力性能计算软件”和“空气预热器积灰在线监测软件”，应用在大唐华银株洲发电有限公司（下称“株洲电厂”）3号锅炉上。为验证软件的计算精度和监测情况，株洲电厂委托华中科技大学煤燃烧国家重点实验室进行空气预热器性能计算和在线监测系统测试。

测试结果表明，空气预热器热力性能计算软件计算值与现场实测值相比较，无漏风修正后的出口烟温，一次风、二次风出口风温，计算得到的烟气侧效率等性能参数的相对偏差值均在±1.5%范围内，具有良好的工程精度水平。空气预热器积灰在线监测系统能够实现对机组 SIS 数据的读取，以及相应监测参数的实时显示和输出功能，对空气预热器积灰趋势的辨识和判别较准确，能够起到对运行人员操作指导的有效作用。

#### **(5)主要用户单位应用证明**

江西科盛环保股份有限公司自 2015 年 9 月开始，应用该项目开发的“大型电站锅炉回转式空气预热器性能计算软件”，用于空气预热器改造项目的选型设计和校核计算。通过空气预热器性能多目标优化计算，在满足用户对空气预热器热力传热和阻力要求的前提下，根据软件计算结果，对空气预热器蓄热元件结构参数、蓄热元件板型和分层结构等进行了优选，有效降低了产品的生产成本。应用项目研究成果期间，该企业 2016 年-2018 年每年节约蓄热元件原材料采购量在 5%以上，每年降低材料采购和加工成本超过 320 万元，具有良好的经济效益。

国电湖南宝庆煤电有限公司自 2016 年 9 月开始，应用该项目开发的“大型电站锅炉回转式空气预热器性能计算软件”和防止空气预热器积灰堵塞的技术路线，用于空气预热器改造工程和空气预热器运行维护工作。应用研究成果后，该公司空气预热器积灰堵塞情况极大缓解，空气预热器阻力下降明显，660MW 额定负荷下，空气预热器烟气侧阻力维持在 1.28-1.40kPa，基本恢复至设计值水平，机组能够在额定负荷下经济运行，三大风机耗电率明显下降，两台机组每年共计增加发电收益和售电收入约 1270 万元，经济效益显著。

大唐华银株洲发电有限公司自 2016 年 10 月开始，应用项目开发的“大型电站锅炉回转式空气预热器性能计算软件”和防止空气预热器积灰堵塞的技术路线，用于空气预热器改造工程和空气预热器运行维护工作。应用研究成果后，该公司空气预热器积灰堵塞情况得到了极大缓解，3 号机组应用成果后，2017 年-2018 年年均节约燃料成本约 81.2 万元，增加售电收入约 24 万元；4 号机组应用成果后，2018 年节约燃料成本约 80 万元，增加售电收入约 20 万元。

湖南大唐节能科技有限公司自 2017 年 6 月开始，应用该项目开发的“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”和“回转式空气预热器循环风防堵灰技术”，用于空气预热器改造项目的方案设计和选型、校核计算。完成了大唐华银株洲电厂、攸县电厂等发电企业的空气预热器循环风防堵灰技术方案可行性研究和技术经济性比较等工作。通过该软件的计算，对循环风防堵灰系统中关键参数，如，循环风仓扇区角度，循环风量，循环风温等的选取进行了优化，在实现客户需求的基础上，减少了项目建设的设备购置等投资成本。

长安益阳发电有限公司自 2016 年 10 月开始,应用项目开发的防止空气预热器积灰技术路线,指导空气预热器性能优化和技术改造工作。应用该课题研究成果后,空气预热器积灰堵塞情况得到了良好控制。额定负荷工况下,1-4 号锅炉空气预热器压差基本保证在设计水平,机组厂用电率平均降低约 0.15%,2017 年、2018 年共计增加售电收入约 855.35 万元;3 号、4 号锅炉进行低温省煤器联合暖风器改造,减轻空气预热器积灰沾污,且降低了机组发电煤耗水平,2017 年、2018 年共减少燃料成本和增加效益约 919.52 万元。

湖南华电常德发电有限公司自 2017 年 10 月开始,应用项目开发的防止空气预热器积灰沾污科技成果,通过优化空气预热器结构参数、增加空气预热器二次风冷风旁路、优化机组运行方式,1 号、2 号机组锅炉空气预热器年度压差上升不超过 0.40kPa,达到了设计预期,同比下降约 1.3kPa。项目科技成果的应用,为锅炉燃用劣质煤提供了硬件支持,据计算,硫分可由 0.70%提高至 1.20%,2018 年节约燃料采购费用和增加收益约 1500 万元。

电站锅炉空气预热器的性能优化和防止 SCR 脱硝系统运行后的硫酸氢铵积灰沉积的技术改造,是当前和今后一段时期内,各大发电集团和发电企业降低机组能耗、提高机组可靠性的一项重要工作,项目的研究成果——“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”、“空气预热器积灰在线监测系统”以及空气预热器性能优化和防止积灰沾污的关键技术,可为火力发电企业提供系列解决方案,涵盖设计、制造、改造、运行、监测、优化等环节,具有广阔的市场空间和强大的市场竞争力,将创造巨大的社会效益和经济效益。

#### 4、推广应用情况

项目研究成果——“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”、“空气预热器积灰在线监测系统”以及空气预热器性能优化和防止积灰沾污的关键技术,为火力发电企业提供了系列解决方案,涵盖设计、制造、改造、运行、监测、优化等环节。江西科盛环保股份有限公司通过性能优化技术,对空气预热器结构参数等进行优选,有效降低了产品的生产成本,每年节约蓄热元件原材料采购量 5%以上,每年降低材料采购和加工成本超过 320 万元;国电湖南宝庆煤电有限公司等 4 家燃煤发电企业应用本项目开发的防止空气预热器积灰堵塞关键技术,解决了限制机组带负荷能力的突出问题,为机组燃用劣质煤提供了硬件支持,在为发电企业节约燃料采购费用和增加售电收益方面效益显著,以国电湖南宝庆煤电有限公司为例,该公司两台机组每年共计增加发电收益和售电收入约 1270 万元。

主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
江西科盛环保股份有限公司	大型电站锅炉回转式空气预热器性能计算软件	2016 年-2019 年	陈云春/18170592577	通过空气预热器性能多目标优化计算,在满足用户对空气预热器热力传热和阻力要求的前提下,根据软件计算结果,对空气预热器蓄热

				元件结构参数、蓄热元件板型和分层结构等进行了优选,有效降低了产品的生产成本。应用项目研究成果期间,该企业 2016 年-2018 年每年节约蓄热元件原材料采购量在 5%以上,每年降低材料采购和加工成本超过 320 万元。
国电湖南宝庆煤电有限公司	“大型电站锅炉回转式空气预热器性能计算软件”和防止空气预热器积灰堵塞的技术路线	2016 年-2019 年	吴爱军/15973288702	应用研究成果后,该公司空气预热器积灰堵塞情况极大缓解,空气预热器阻力下降明显,660MW 额定负荷下,空气预热器烟气侧阻力维持在 1.28-1.40kPa,基本恢复至设计值水平,机组能够在额定负荷下经济运行,三大风机耗电率明显下降,两台机组每年共计增加发电收益和售电收入约 1270 万元。
大唐华银株洲发电有限公司	“大型电站锅炉回转式空气预热器性能计算软件”和防止空气预热器积灰堵塞的技术路线	2016 年-2019 年	蒋群奇/13762388228	应用研究成果后,该公司空气预热器积灰堵塞情况得到了极大缓解,3 号机组应用成果后,2017 年-2018 年年均节约燃料成本约 81.2 万元,增加售电收入约 24 万元;4 号机组应用成果后,2018 年节约燃料成本约 80 万元,增加售电收入约 20 万元。
湖南大唐节能科技有限公司	“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”和“回转式空气预热器循环风防堵灰技术”	2017 年-2019 年	宋健/13707344111	通过该软件的计算,对循环风防堵灰系统中关键参数,如,循环风仓扇区角度,循环风量,循环风温等的选取进行了优化,在实现客户目标需求的基础上,减少了项目建设的设备购置等投资成本。
长安益阳发电有限公司	防止空气预热器积灰技术路线	2016 年-2019 年	杨亮/13875379250	应用该课题研究成果后,空气预热器积灰堵塞情况得到了良好控制。额定负荷工况下,1-4 号锅炉空气预热器压差基本保证在设计水平,机组厂用电率平均降低约 0.15%,2017 年、2018 年共计增加售电收入约 855.35 万元;3 号、4 号锅炉进行低温省煤器联合暖风器改造,减轻空气预热器积灰沾污,且降低了机组发电煤耗水平,2017 年、2018 年共减少燃料成本和增加效益约 919.52 万元。

湖南华电常德发电有限公司	防止空气预热器积灰技术路线	2017年-2019年	王振/17773641716	通过优化空气预热器结构参数、增加空气预热器二次风冷风旁路、优化机组运行方式，1号、2号机组锅炉空气预热器年度压差上升不超过0.40kPa，达到了设计预期，同比下降约1.3kPa。项目科技成果的应用，为锅炉燃用劣质煤提供了硬件支持，据计算，硫分可由0.70%提高至1.20%，2018年节约燃料采购费用和增加收益约1500万元。
--------------	---------------	-------------	----------------	---

### 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
实用新型专利	一种防止回转式空气预热器积灰沾污的系统	中国	CN 209782699 U	2019.12.13	9763666	国网湖南省电力有限公司；国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	陈珣；杨益；刘帅；程刚；吕当振；李文军；朱光明	有效
实用新型专利	电站锅炉用回转式空气预热器及烟气-空气换热系统	中国	CN 207778489 U	2018.08.28	7766453	湖南省湘电试验研究院有限公司	陈珣；杨益；王敦敦；刘帅；程刚；陈一平；段学农	有效
实用新型专利	一种能同时脱除烟气中粉尘和氮氧化物的蓄热式换热器	中国	ZL 2015 2 0788005.5	2016.03.30	5094182	国家电网公司；国网湖南省电力公司电力科学研究院	杨益；段学农；黄伟；陈珣；杨剑锋；吕当振	有效
实用新型专利	一种避免空气预热器表面生成硫酸氢铵的系统	中国	ZL 2017 2 0227183.X	2017.10.31	6573233	西安交通大学	车得福；魏晓阳	有效

实用新型专利	一种回转式空气预热器表面积灰在线监测系统	中国	ZL 2017 2 0227681.4	2017.10.31	6573255	西安交通大学	车得福；魏晓阳；王利民	有效
中国电机工程学会标准	空气预热器性能试验规程	中国	T/CSEE 0097—2019	2019.03.01	中国电机工程学会	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、湖南省湘电试验研究院有限公司、国网江西省电力有限公司电力科学研究院、西安热工研究院有限公司、西安交通大学、华中科技大学	陈珣、程刚、段学农、陈一平、刘振琪、杨益、王敦敦、夏永俊、车得福、焦庆丰、陈文、吕当振、刘帅、曾俊、杨剑锋、孟勇、姚斌	有效
软件著作权	空气预热器积灰在线监测系统 1.0	中国	2018SR102822	2018.02.08	2431917	湖南省湘电试验研究院有限公司；西安交通大学		有效

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	陈珣	排名	1	行政职务	
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

#### 对本项目技术创造性贡献：

对发明点一、二、三均做出主要贡献。在第一个发明点中，开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”，建立了空气预热器整体优化数学模型和计算方法；在第二个发明点中，开发了空气预热器循环风防堵灰技术，提出了烟气-空气顺流-逆流结合的混流回转式空气预热器布置方式，以及空气预热器变转速调节的优化运行方式和参数调节区间；在第三个发明点中，与第二和第四完成人，开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。该项目技术研究中工作量占本人工作总量的 80%。以第一作者身份发表论文 7 篇，其中 EI 收录 3 篇，申

请发明专利 2 项，授权实用新型专利 3 项，主编中国电机工程学会团体标准 1 项。

### 第 2 完成人：

姓名	车得福	排名	2	行政职务	
技术职称	教授	完成单位	西安交通大学	工作单位	西安交通大学
对本项目技术创造性贡献： 对发明点一、三均做出贡献。在第一个发明点中，参与开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”；在第三个发明点中，与第一和第四完成人，开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。以通讯作者身份发表论文 8 篇，其中 SCI 收录 5 篇，EI 收录 3 篇，授权实用新型专利 2 项，参编中国电机工程学会团体标准 1 项。					

### 第 3 完成人：

姓名	杨益	排名	3	行政职务	
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院
对本项目技术创造性贡献： 对发明点一、二、三均做出贡献。在第一个发明点中，参与开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”；在第二个发明点中，参与开发了空气预热器循环风防堵灰技术；在第三个发明点中，与第一，第二，第四完成人，开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。合作发表论文 3 篇，实用新型专利 3 项，参编中国电机工程学会团体标准 1 项。					

### 第 4 完成人：

姓名	王利民	排名	4	行政职务	
技术职称	讲师	完成单位	西安交通大学	工作单位	西安交通大学
对本项目技术创造性贡献： 对发明点一、二、三均做出贡献。在第一个发明点中，参与开发了“大型电站锅炉空气预热器性能计算软件”，建立了空气预热器整体优化数学模型和计算方法；在第二个发明点中，参与开发了空气预热器循环风防堵灰技术；在第三个发明点中，与第一和第二完成人，开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。以第一作者身份发表论文 5 篇，其中 SCI 收录 3 篇，EI 收录 2 篇，实用新型专利 1 项。					

### 第 5 完成人：

姓名	段学农	排名	5	行政职务	
技术职称	研究员级高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院
对本项目技术创造性贡献： 对发明点二，三均做出贡献。在第二个发明点中，参与开发了烟气-空气顺流-逆流结合的混流回转式空气预热器布置方式，以及空气预热器变转速调节的优化运行方式；在第三个发明点中，参与开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。合作发表论文 6 篇，实用新型专利 2 项，参编中国电机工程学会团体标准 1 项。					

**第 6 完成人：**

姓名	陈一平	排名	6	行政职务	
技术职称	研究员级高级工程师	完成单位	湖南省湘电试验研究院有限公司	工作单位	湖南省湘电试验研究院有限公司

对本项目技术创造性贡献：

对发明点二，三均做出贡献。在第二个发明点中，参与开发了烟气-空气顺流-逆流结合的混流回转式空气预热器布置方式；在第三个发明点中，参与开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。合作发表论文 3 篇，实用新型专利 1 项，参编中国电机工程学会团体标准 1 项。

**第 7 完成人：**

姓名	朱光明	排名	7	行政职务	
技术职称	研究员级高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	工作单位	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院

对本项目技术创造性贡献：

对发明点二，三做出贡献。在第二个发明点中，参与开发了空气预热器防堵灰技术；在第三个发明点中，参与开发了“空气预热器积灰在线监测系统”。合作发表论文 2 篇，实用新型专利 1 项。

**7、主要完成单位及创新推广贡献**

单位名称	国网湖南省电力有限公司电力科学研究院	排名	1	所在地	长沙
------	--------------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

以第一完成单位发表论文 7 篇，申请发明专利 2 项，授权实用新型专利 2 项，牵头编制中国电机工程学会标准 1 项。

单位名称	西安交通大学	排名	2	所在地	西安
------	--------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

以第一完成单位发表论文 7 篇，授权实用新型专利 2 项，参与编制中国电机工程学会标准 1 项，合著软件著作权 1 项。

单位名称	湖南省湘电试验研究院有限公司	排名	3	所在地	长沙
------	----------------	----	---	-----	----

对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：

以第三完成单位发表论文 1 篇，授权实用新型专利 1 项，参与编制中国电机工程学会标准 1 项，合著软件著作权 1 项。

**8、完成人合作关系说明**



完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合著	陈珣/1 段学农/2	2014-2019	论文《基于ASMEPTC4_3的三分仓回转式空气预热器换热性能评价》	《锅炉技术》论文 2014 年第 2 期	
2	论文合著	陈珣/1 段学农/2 陈一平/3 朱光明/4	2014-2019	论文《进风加热方式对空气预热器热力性能的影响》	《中国电力》论文 2014 年第 10 期	
3	论文合著	陈珣/1 段学农/2 杨益/3	2014-2019	论文《转速对三分仓回转式空气预热器热力性能的影响》	《热能动力工程》论文 2016 年第 6 期	
4	论文合著	陈珣/1 王利民/2 杨益/3	2014-2019	论文《流动布置方式对三分仓回转式空气预热器热力性能和硫酸氢铵沉积规律的影响》	《热能动力工程》论文 2016 年第 8 期	
7	论文合著	Limin Wang/1 Yufan Bu/2 Xun Chen/5 Defu Che/*	2014-2019	论文《Study on the formation process of low - temperature ash deposition induced by ammonium bisulfate in pulverized coal - fired boiler》	Asia - Pac J Chem Eng. 2019;e2389	
9	论文合著	Limin Wang/1 Yufan Bu/2 Xun Chen/3 Defu Che/*	2014-2019	论文《Multi-Objective Design Optimization of Rotating Regenerative Air Preheater using Genetic Algorithm》	Proceedings of the ASME 2018 Power and Energy Conference	
11	论文合著	Limin Wang/2 Xun Chen/3 Defu Che/*	2014-2019	论文《Numerical analysis of ABS deposition and corrosion on a rotary air	Applied Thermal Engineering, 2018 年第 131 卷	

				preheater》		
15	共同知识产权	陈珣/1 杨益/2 朱光明/7	2014-2019	专利《一种防止回转式空气预热器积灰沾污的系统》	CN 209782699 U	
16	共同知识产权	陈珣/1 杨益/2 陈一平/6 段学农/7	2014-2019	专利《电站锅炉用回转式空气预热器及烟气-空气换热系统》	CN 207778489 U	
17	共同知识产权	杨益/1 段学农/2 陈珣/4	2014-2019	专利《一种能同时脱除烟气中粉尘和氮氧化物的蓄热式换热器》	ZL 2015 2 0788005.5	
18	共同知识产权	车得福/1 王利民/3	2014-2019	专利《一种回转式空气预热器表面积灰在线监测系统》	ZL 2017 2 0227681.4	
19	共同知识产权	陈珣/1 段学农/3 陈一平/4 杨益/6 车得福/9	2014-2019	标准《空气预热器性能试验规程》	T/CSEE 0097—2019	

## (十) 项目名称：输电线路重合闸智能控制技术及应用

### 1、提名意见

重合闸技术可在高压架空线路瞬时性单相接地等故障时恢复电力系统正常运行状态，是保障电力系统稳定运行的重要技术手段。该项目针对重合闸智能控制技术研究，揭示了输电线路故障电弧的时频域特征，提出了线路永久性和瞬时性故障识别和故障熄弧时刻捕捉方法，发明了重合闸智能控制计算方法并研制了重合闸智能控制装置，攻克了重合时刻优化选择关键技术，解决重合于永久性故障或瞬时性故障二次电弧阶段等难题，显著提高重合闸成功率及电网安全稳定运行水平。

该项目已获发明专利授权 6 项，发表学术论文 18 篇（SCI/EI 收录 4 篇，EI 收录 8 篇）。研究成果适用于带并联补偿电抗器及不带电抗器的 110kV 及以上输电线路，具有重大的推广应用价值。

我单位组织完成了项目提名书及附件材料，经认真审阅，确认该项目提名书及附件材料真实有效，提名该项目为 2020 年度湖南省科学技术进步三等奖。

### 2、项目简介

电力系统作为国民经济的支柱产业，其安全稳定运行是关系国计民生的大事。在电力系统的各组成组件中，输电线路作为覆盖面积最大且工作条件最恶劣的组件，受各种各样自然条件的影响，其故障发生率是各个电力设备中最高的，使用自动重合闸的目的是为了在瞬时性故障消除后使线路重新投入运行。随着智能电网建设和我国电网规模的扩大，大容量远距离输电和用电负荷快速增长，盲目重合闸对电力设备和电网运行稳定性带来的危害日趋严重，有必要对重合闸控制策略进行改进。

在国网湖南省电力有限公司重点项目的支持下，经产学研用协同攻关，研究了输电线路重合闸智能控制原理及技术，研制了重合闸智能控制装置，取得了以下三个方面的创新成果。

(1) 提出了输电线路故障的智能识别方法。根据瞬时性故障与永久性故障下，故障相电气信号的时频域特征及复杂度差异，提出了“基于支持向量机的输电线路故障性质识别方法”、“基于 HHT 边际谱熵的故障性质识别方法”、“基于小波包系数近似熵输电线路故障性质识别方法”；根据恢复电压阶段故障相电压与健全相电压的关系，提出了“基于恢复电压直流偏移特性的电弧熄弧捕捉方法”和“基于序分量无功功率的电弧熄弧捕捉方法”；

(2) 研究了重合闸智能控制策略。深入研究了减小重合闸冲击电流、提高电网稳定性、降低线路过电压的重合闸时间计算方法，分析了各种故障类型下的重合闸智能控制方式。解决了输电线路故障性质识别、故障熄弧时间捕捉、重合闸时间计算及重合闸智能控制策略等关键理论和技术难题。

(3) 研制了输电线路重合闸智能控制装置。该装置采集故障线路电压、电流信号，利用数字算法估计相关参数；通过监测线路电流实现自启动，通过选相模块判断故障类型；针对不同的线路配置相应参数，可选择采用“电压幅值判据”、“电压补偿判据”、“直流偏移判据”、“拍频特性判据”、“谐波判据”、“间谐波判据”、“序分量无功功率判据”、“综合判据”等判据识别故障性质和捕捉电弧熄灭时刻，发出重合闸智能控制信号。

该项目已获发明专利授权 6 项，发表学术论文 18 篇（SCI/EI 收录 4 篇，EI 收录 8 篇）。项目研制的输电线路重合闸智能控制装置，可避免断路器重合于永久性故障给电网和电气设备带来的危害，保障超特高压电网安全、稳定、可靠运行。

### 3、客观评价

#### (1) 项目成果鉴定

2015 年 12 月 15 日，湖南省电力公司在长沙组织召开了“输电线路最佳重合闸技术研究”科研项目鉴定会，形成如下鉴定意见：1、项目研究了输电线路故障电弧的时频域特征，建立了相应的数学模型，提出了线路永久性和瞬时性故障识别方法，研究了故障熄弧时刻捕捉方法，提出了最佳重合闸时间计算方法，项目解决了重合闸实现中如何避免重合于永久性故障和如何选择最佳重合时刻

的关键技术难题。2、项目研制了输电线路重合闸智能控制装置，其适用于带并联补偿电抗器及不带电抗器的110kV及以上输电线路，可避免重合于永久性故障或瞬时性故障二次电弧阶段，提高重合闸成功率及电网安全稳定运行水平。鉴定委员会一致认为，研究成果处于国内领先水平，同意通过鉴定。

### (2) 项目获奖情况

无

### (3) 国内外科技查新

教育部科技查新工作站根据“输电线路重合闸智能控制技术及应用”项目查新委托书的内容和检索要求，联机检索相关数据库，主要查新结论摘录如下：国内公开的中文文献中，已有输电线路自适应重合闸技术的相关研究报道，但未见有与本项目所述技术特征（基于无功功率序分量比值的自适应重合闸方法、基于故障相电压极值点斜率的输电线路的单相故障性质诊断方法、输电线路单相自适应重合闸的双 SVM 实现方案）相同的文献报道。

### (4) 权威机构检测

无

### (5) 主要用户单位应用证明

国网湖南省电力有限公司检修公司：2016年1月以来，项目研究的输电线路重合闸智能控制装置在我公司应用，运行稳定，有效避免了断路器重合于永久性故障，减少了对电网和电气设备带来的危害，有效保障了超特高压电网安全、稳定、可靠运行。

## 4、推广应用情况

主要应用单位情况

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
国网湖南省电力有限公司检修公司	整体技术	2016.01-2020.05	章健军 /073185267298	整体技术在我公司应用以来，有效避免了断路器重合于永久性故障，减少了对电网和电气设备带来的危害，有效保障了超特高压电网安全、稳定、可靠运行

## 5、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
------------	--------------	--------	-----------	------------	----------------	-------------	------------	--------------

发明专利	输电线路单相接地故障熄弧判定方法	中国	ZL201410592448.7	2017年1月18日	2348231	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司检修公司	潘志敏、刘琨、梁勇超、黄纯、江亚群、罗勋华	专利权有效
发明专利	带并联电抗器的输电线路的单相故障性质诊断方法	中国	ZL201410588751.X	2017年1月4日	2335432	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司检修公司	潘志敏、刘琨、梁勇超、黄纯、江亚群、罗勋华	专利权有效
发明专利	基于定位函数的输电线路单端故障测距方法	中国	ZL201510632301.0	2019年4月5日	3322253	湖南大学	黄纯、汤涛、江亚群、刘鹏辉、罗勋华、谢兴、彭涛、周超	专利权有效
发明专利	基于采样序列绝对值偏差分布的变压器励磁涌流鉴别方法	中国	ZL201510632611.2	2018年1月16日	2780748	湖南大学	黄纯、刘鹏辉、江亚群、汤涛、罗勋华、谢兴、张亚萍、彭涛、周培源	
发明专利	电力变压器励磁涌流识别方法	中国	ZL201710014103.7	2018年8月17日	3035662	湖南大学	黄纯、刘鹏辉、江亚群、汤涛、谢兴、	专利权有效

							赵新语	
发明专利	基于峭度和偏度的变压器励磁涌流识别方法	中国	ZL201410724335.8	2017年5月24日	2491437	国家电网公司、国网湖南省电力公司、国网湖南省电力公司检修公司	梁勇超、刘琨、黄纯	专利权有效

## 6、主要完成人情况

### 第 1 完成人：

姓名	黄纯	排名	1	行政职务	无
技术职称	教授	完成单位	湖南大学	工作单位	湖南大学
<p>对本项目技术创造性贡献：本人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 70%。项目负责人，提出了基于双支持向量机（SVM）的自适应重合闸实现方案，通过不带并联电抗器的输电线路单相故障电路分析模型，推导了故障跳开相端电压的表达式，为不带并联电抗器的超高压输电线路提供了一种简单可靠的单相自适应重合闸方法。</p>					

### 第 2 完成人：

姓名	刘琨	排名	2	行政职务	无
技术职称	高级工程师	完成单位	国网湖南省电力有限公司检修公司	工作单位	国网湖南省电力有限公司检修公司
<p>对本项目技术创造性贡献：本人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%。分析了输电线路单相接地故障时正序无功功率与负序无功功率的变化规律，提出了基于序分量无功功率的单相自适应重合闸实现方案。通过数字仿真、故障录波数据、实验室试验、现场试运行等技术手段，检验了重合闸装置的技术性能。</p>					

### 第 3 完成人：

姓名	罗勋华	排名	3	行政职务	无
技术职称	副教授	完成单位	湖南大学	工作单位	湘潭大学
<p>对本项目技术创造性贡献：本人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%。分析了重合闸过程的动态行为及其对电网、线路及电气设备的影响，研究了输电线路故障电气信号的时频域特征，提出了线路故障性质识别方法、故障熄弧时刻捕捉方法、重合闸时间计算方法，设计了适合于 DSP 实现的重合闸实现算法。</p>					

--

**第 4 完成人：**

姓名	江亚群	排名	4	行政职务	无
技术职称	教授	完成单位	湖南大学	工作单位	湖南大学
<p>对本项目技术创造性贡献：本人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%。分析了输电线路故障特性，研究了输电线路单相瞬时性故障熄弧判定方法。</p>					

**第 5 完成人：**

姓名	罗薇	排名	5	行政职务	无
技术职称	工程师	完成单位	湖南大学	工作单位	国网湖南省电力有限公司检修公司
<p>对本项目技术创造性贡献：本人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%。输电线路重合闸智能控制装置硬件、软件开发，参与了输电线路重合闸智能控制装置整体测试工作。</p>					

**7、主要完成单位及创新推广贡献**

单位名称	国网湖南省电力有限公司检修公司	排名	1	所在地	湖南长沙
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：输电线路故障性质识别、故障电弧熄灭时刻捕捉及重合闸方式智能控制是实现重合闸优化策略的三大关键环节。分析超高压输电线路在发生单相接地短路故障时的物理过程，通过比较超高压输电线路单相接地时的瞬时性故障与永久性故障发生之后的一次电弧阶段、二次电弧阶段的故障电弧动态特性，建立故障电弧的数学模型；分析了输电线路单相故障信号的时频域特性，研究了故障性质识别、瞬时性故障熄弧时刻捕捉及最佳重合闸时间计算方法。对输电线路重合闸智能控制装置在变电站现场进行了广泛应用。</p>					

单位名称	湖南大学	排名	2	所在地	湖南长沙
<p>对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：分析了不同故障性质及不同故障阶段的故障相电压的频谱分布及高频能量特征，并以此为依据，设计了实现故障性质识别的 SVM1 和捕捉瞬时性故障二次电弧熄灭时刻的 SVM2；基于这两个支持向量机，提出了自适应重合闸的整体实现方案综合采用数字仿真、故障录波数据、实验室试验、现场试运行，对重合闸方法的可行性及装置的性能进行检验。</p>					

**8、完成人合作关系说明**

项目研制以国网湖南省电力有限公司检修公司为主体，联合湖南大学共同协作完成。

项目第一完成单位国网湖南省电力有限公司检修公司，长期在超、特高压大电网运维技术、变电设备智能控制及工器具研制等领域进行研究，承担了多项国家电网公司科技项目重点课题，积累了丰富的经验。在项目研制过程中，国网湖南省电力有限公司检修公司与湖南大学紧密协作并达成科研合作协议联合攻关。

第一完成人黄纯作为项目负责人，主要负责制定项目的总体实施方案和技术路线、与江亚群、罗勋华共同研究数字动态模拟方法和系统有关算法，并与刘琨、罗薇开展了输电线路重合闸智能控制装置的研制及测试工作。刘琨在参与算法研究的同时，主要负责总体实施方案的执行，提供项目所需的录波数据和测试场所，收集装置试运行数据。在黄纯的带领下，刘琨、江亚群、罗勋华、罗薇等技术骨干团结协作分别对线路永久性和瞬时性故障识别方法展开研究，共同提出了故障熄弧时刻捕捉及重合闸时间计算方法，研制了输电线路重合闸智能控制装置，编制了操作说明手册，共同发表论文，合作申请发明专利。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	黄纯/第2 刘琨/第3	2014年8月	基于峭度和偏度的变压器励磁涌流识别方法	发明专利 ZL2014107243 35.8	
2	共同知识产权	刘琨/第2 黄纯/第4 江亚群/第5 罗勋华/第6	2014年10月	输电线路单相接地故障熄弧判定方法	发明专利 ZL2014105924 48.7	
3	共同知识产权	刘琨/第2 黄纯/第4 江亚群/第5 罗勋华/第6	2014年10月	带并联电抗器的输电线路的单相故障性质诊断方法	发明专利 ZL2014105887 51.X	
4	共同知识产权	黄纯/第1 江亚群/第3 罗勋华/第5	2015年7月	基于定位函数的输电线路单端故障测距方法	发明专利 ZL2015106323 01.0	
5	共同知识产权	黄纯/第1	2015年7月	基于采样序列绝对	发明专利	



	权	江亚群/第3 罗勋华/第5		值偏态分布的变压器励磁涌流鉴别方法	ZL2015106326 11.2	
6	共同知识产权	黄纯/第1 江亚群/第3	2015年10月	电力变压器励磁涌流识别方法	发明专利 ZL2017100141 03.7	
7	论文合著	罗薇/第1 黄纯/第2 罗勋华/第3 刘琨/第4	2015年4月	基于改进ACUSUM算法的自适应重合闸方法	电力系统及其自动化学报	
8	论文合著	黄纯/第2 江亚群/第3	2011年7月	基于小波包近似熵的线路故障性质辨识方法	仪器仪表学报	
9	论文合著	江亚群/第2 黄纯/第3	2014年10月	输电线路单相自适应重合闸的双SVM实现方法	电网技术	
10	论文合著	黄纯/第2 罗勋华/第3	2015年9月	HHT 边际谱熵在单相自适应重合闸中的应用	电力系统及其自动化学报	
11	论文合著	江亚群/第2 黄纯/第3 刘琨/第5	2015年11月	高压输电线路单相故障性质诊断方法	电力系统及其自动化学报	
12	论文合著	江亚群/第1 黄纯/第3	2015年8月	基于LMD近似熵和SVM的自适应重合闸方法	湖南大学学报	
13	论文合著	江亚群/第2 黄纯/第3	2015年11月	输电线路单相瞬时性故障熄弧判定方法	电力系统及其自动化学报	
14	论文合著	罗勋华/第1 黄纯/第2	2015年1月	输电线路瞬时性故障的恢复电压直流偏移特性研究	电力自动化设备	

		刘琨/第 5				
15	论文合著	罗勋华/第 1 黄纯/第 2 江亚群/第 3	2015 年 1 月	Improved digital algorithm for adaptive reclosing for transmission lines with shunt reactors	IET	
16	论文合著	江亚群/第 2 黄纯/第 3	2015 年 8 月	带并联电抗器的超高压输电线路单相故障识别	电力系统及其自动化学报	
17	论文合著	罗勋华/第 1 黄纯/第 2 刘琨/第 4	2015 年 11 月	基于序分量无功功率的自适应重合闸	电工技术学报	
18	论文合著	罗勋华/第 1 黄纯/第 2 江亚群/第 3	2016 年 9 月	Adaptive single-phase reclosure scheme for transmission lines with shunt reactors based on Current inner product	IET	
19	论文合著	罗勋华/第 1 黄纯/第 2 江亚群/第 3	2016 年 7 月	基于电压内积的带并联电抗器输电线路单相自适应重合闸	电工技术学报	
20	论文合著	刘琨/第 2 罗勋华/第 4 黄纯/第 5	2015 年 8 月	基于峭度值的超高压输电线路单相故障性质识别	电力系统及其自动化学报	
21	论文合著	江亚群/第 2 黄纯/第 3	2016 年 5 月	线路单相接地故障熄弧时刻捕捉算法	仪器仪表学报	

22	论文合著	罗勋华/第1 黄纯/第2 江亚群/第3	2017年8月	An adaptive three-phase reclosure scheme for shunt reactor-compensated transmission lines based on the Change of current spectrum	Electric Power Systems Research	
23	论文合著	江亚群/第1 黄纯/第3	2018年8月	输电线路两相短路故障的自适应分相重合闸方法	湖南大学学报	
24	论文合著	黄纯/第2	2018年10月	A novel adaptive Auto-reclosing scheme for transmission lines with shunt reactors	Electric Power Systems Research	