

中国电机工程学会推荐 2017 年度国家科学技术奖励候选项目公示

一、项目名称

智能高压开关设备关键技术及工程应用

二、推荐单位意见

高压开关是电网运行控制的执行设备。常规高压开关存在拒动故障多、倒闸时间长、操作过电压高等问题，难以适应电网日益提高的可靠性与智能化要求。该项目在国家 863 计划、河南省重大科技专项等的支持下，在国际上率先成功研制了具有完全自主知识产权的智能高压开关，主要贡献有以下三个方面：

一、有力地支持了智能电网发展。该项目研制的智能高压开关实现了从模拟接口到数字接口、从电气控制到智能控制、从简单告警到状态感知的跨越，大幅提升了电网运行控制的时效性、安全性和智能化水平，为我国智能电网建设发挥了重大作用。

二、推动了高压开关行业的重大技术进步。首次提出高压开关与电子设备融合的技术方案，攻克了高压开关组群顺序控制、智能联锁控制、电寿命及可靠性在线评估等核心技术，从无到有建立起智能高压开关设备的系列标准，惠及整个高压开关行业，推动我国高压开关骨干企业全面实现了智能化升级，提升了国际竞争力。

三、取得了显著的经济和社会效益。研制的智能高压开关于 2013 年已在 20 座变电站投入运行 170 个间隔。至 2016 年 11 月已累计出产 5710 个间隔、推广至 28 个省市的 605 座变电站，占同期市场的 80%以上，累计产值 51 亿元、利润 6.8 亿元，经济效益显著；同时，有力地保障了电网与社会供电安全。

该项目获得中国电力奖等省部级一等奖共 3 项。专家鉴定认为：该项目是对高压开关设备的重大技术升级，主要创新达到国际领先水平。

中国电机工程学会同意推荐该项目申报 2017 年度国家科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

高压开关是电网运行控制的执行设备，高度影响电网安全。我国电网约 40%的大面积停电和 75%的非计划停运由高压开关故障引起，已成为电网安全水平的重大制约因素。长期以来，高压开关因采用电气控制，存在拒动误动故障多、倒闸操作时间长、操作过电压幅值高等问题，研制以高压开关与电子设备融合为主要特征、智能控制和状态感知为核心技术的智能高压开关是解决上述问题的关键，也是推进智能电网建设这一国家战略的必要条件。研制工作面临四方面的难题：(1)高压开关电磁干扰强、机械振动大，与电子设备融合带来的可靠性与稳定性问题突出；(2)智能控制影响因素多，分合全行程难以准确辨识；(3)开关燃弧时间等关键状态量获取困难，多元传感信息交互影响复杂；(4)智能控制与状态感知功能检测国内外无可用方法，机械传动特性的物理仿真困难。

该项目在国家 863 计划、河南省重大科技专项等的支持下，经 7 家单位近 5 年联合攻关，在国际上率先成功研制了智能高压开关设备，取得以下创新成果。

(1)在物理实现方面，首次提出了高压开关与电子设备融合的技术方案，建立了逻辑节点和信息流模型，实现了设备及信息融合；提出了定量分析电磁干扰的集中等效源法，解决了电子设备干扰防护设计缺乏依据的难题。

(2)在智能控制方面，设计了高可靠性液压弹簧机构，奠定了智能控制的基础；提出了传动链路耦合的光编码传感方法，解决了触头全行程

精确辨识的难题，实现了顺序控制，倒闸操作时间缩短 70%以上；提出了高压开关组群联锁控制的软逻辑方法，解决了电气联锁易引发拒动的问题；提出了考虑长期静置影响的选相位控制方法，准确率提升约 20%，进一步抑制了操作过电压水平。

(3)在状态感知方面，提出了动态回路电阻与行程曲线聚合的燃弧时间在线计算方法，解决了电寿命这一关键状态的实时在线评估问题；提出了在线分析高压开关可靠性水平的概率合成法，解决了将多元传感信息就地评估为控制决策信息的问题，奠定了主动保护控制的基础，大幅减少非计划停运次数。

(4)在试验检测方面，提出了智能高压开关机械与电气特性物理仿真的系列方法，攻克了行程特性模型驱动与控制等难题，成功研制了国际首套智能高压开关试验检测平台，为智能化功能的试验检测奠定了基础。

该项目获授权专利 31 项(发明专利 15 项)，发表论文 73 篇(SCI/EI 45 篇)、专著 1 部，应邀在智能电网国际论坛等重要会议做专题报告十数次，从无到有制定了智能高压开关技术标准 23 项(国标及行业标准 5 项)，推动了整个高压开关行业的技术进步。至 2013 年 12 月已出产智能高压开关 170 个间隔，在 20 座变电站投运。至 2016 年 11 月累计出产 5710 个间隔，推广到 28 个省市、605 座变电站，产值达 51 亿，累计运行达 9015 间隔·年，未发生一起拒动及误动故障，非计划停运下降约 50%。专家鉴定认为：该项目是对高压开关设备的重大技术升级，主要创新达到国际领先水平。

四、客观评价

(一) 鉴定意见(摘录)

2015 年 12 月 16 日，中国电机工程学会对该项目进行了技术鉴定，由李立浃院士领衔的鉴定委员会认为：该项目研究成果实现了高压开关设

备的重大技术升级，提升了电网的智能化水平，增强了电网运行的安全性与可靠性，具有良好的社会、经济效益和推广应用前景，整体技术水平国际先进，其中主要技术创新达到国际领先水平。

2013年3月17日，国家能源局在对该项目成果之一(252kV 智能 GIS)进行了技术鉴定，由周孝信、韩英铎、邱爱慈三位院士领衔的鉴定委员会认为：该产品在 GIS 本体上集成了机械状态监测系统、局放监测系统、电子式互感器系统和智能控制系统，具有测量数字化、控制网络化，状态可视化、功能一体化和信息互动化等技术特征。该产品具有自主知识产权，技术水平国际领先。

（二）国家 863 计划课题验收意见(摘录)

2015年3月国家科技部对该项目进行了验收，验收意见为：该项目“建立了智能高压开关设备的技术体系，形成了系列标准，自主研发了126kV/252kV/550kV 智能高压开关设备，建立了智能高压开关设备的试验检测平台，完成了任务书规定的技术研究内容，达到了考核指标。验收专家组一致同意该课题通过技术验收。”

（三）第三方检测报告及专家评审意见（摘录）

该项目研制的智能高压开关设备委托国家高压电器质量监督检验中心进行了试验检测，试验检测结果全部符合设计要求。试验检测的结果表明：本项目研制的智能高压开关在高压开关和电子设备融合设计后，机械寿命、强度、电气绝缘等各项指标均能够满足标准和用户的要求。其中，在绝缘试验、额定短路电流（50kA）开断试验、隔离开关母线电流开合试验中，智能组件及附属的电子设备和传感器均工作正常，成功耐受了强电磁干扰的考验，充分验证了融合设计的有效性。

（四）获奖情况

本项目获 2016 年度中国电力科技进步奖等省部级一等奖共 3 项。

（五）查新报告

2015年11月委托中国科技信息研究所进行了查新，查新结论：该项目成果是在国内外最早阐述了智能组件和智能高压开关的概念。除委托单位完成的文献外，该项目研究的智能高压开关研制及工程应用技术要点、智能高压开关设备物理仿真平台、智能高压设备系列标准，在所检出的国内外相关文献中未见报道。

五、推广应用情况

(1) 该项目研制的智能高压开关设备已在西开电气、平高电气实现产业化。通过该项目成果形成的国家及行业技术标准引导，成果被国内骨干高压开关企业应用并实现产业化。

(2) 从2013年10月至2016年11月，基于该项目研制的智能高压开关设备在我国28个省市605座智能变电站推广应用5710个间隔，满足了智能变电站建设的亟需，有力地支持了智能电网建设。顺序控制、智能联锁等极大地提升了电网的智能化水平，高压开关操作的时效性、可靠性和安全性得到验证，应用情况良好。

主要应用情况表

应用单位名称	应用技术	应用起止时间	应用单位联系人	应用情况
甘肃省电力公司	创新点1, 2, 3	2013年至今	韩旭彬 0931-2968999	研制的智能高压开关设备，操作更加高效、安全、可靠，降低了事故风险和运维成本。
陕西省电力公司	创新点1, 2, 3	2013年至今	魏红兵 029-81002039	研制的智能高压开关设备从投运至今各项功能正常，未发生误动、拒动，非计划停运减少约50%，倒闸时间缩短了70%，操作过电压下降了30%。
新加坡东源新能源有限公司	创新点1, 2, 3	2013年至今	LiYingchaoDennis 0065-63681155	研制的智能高压开关设备从投运至今运行情况良好，未发生误动、拒动，操作更加高效、安全、可靠，降低了事故风险和运维成本。
西安高压电器研究院有限责任公司	创新点4	2013年至今	何红 029-84225692	具备了智能高压开关的检测能力，已为国内外多家高压开关制造企业，对多种型号的智能高压开关进行了试验检测，保证了智能高压开关的入网质量，促进了智能高压开关的推广应用。

江苏省电力公司	创新点 1, 2, 3	2013 年至今	魏旭 15105168802	智能高压开关设备的大规模推广应用, 降低了电网事故发生率, 提高了安全性和可靠性, 为省智能电网建设发挥了重大作用。
西安西电开关电气有限公司	创新点 1, 2, 3, 4	2011 年至今	于莹 029-84226619	应用该项目成果, 生产的智能高压开关设备已在电网中广泛推广应用, 运行良好, 极大地提升了公司在智能电网领域市场份额及国内外的品牌知名度, 产生了巨大的社会与经济效益。
河南平高电气股份有限公司	创新点 1, 2, 3, 4	2011 年至今	王路平 0375-3803861	该项目成果在智能电网建设中成功规模化应用, 运行良好, 社会经济效益良好。

六、主要知识产权证明目录

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800kV智能断路器	中国	ZL 2012103 48765.5	2015. 09.16	17931 43	河南平高电气股份有限公司;平高集团有限公司;国家电网公司	钟建英; 尹军华; 彭在兴; 寇新民; 张军民; 张一茗等	有效
发明专利	基于智能高压设备的电网主动保护与控制方法及其系统	中国	ZL 2012101 93274.8	2014. 12.31	15544 43	国家电网公司; 中国电力科学研究院	刘有为; 肖燕	有效
发明专利	液压弹簧操动机构	中国	ZL 2010101 57118.7	2012. 07.25	10138 76	中国西电电气股份有限公司	周仙娥; 张猛; 武克耀; 杨喜龙; 文亚宁	有效
发明专利	自学习控制合闸相位的方法	中国	ZL 2010102 20115.3	2012. 01.11	14493 10	南京南瑞继保电气有限公司;南京南瑞继保工程技术有限公司	须雷; 李九虎 曹冬明; 李海英等	有效
发明专利	一种断路器机械故障的诊断方法	中国	ZL 2013100 06538.9	2015. 01.21	15698 87	西安交通大学; 中国电力科学研究院; 河南平高电气股份有限公司	王小华; 刘定新; 荣命哲; 郭风帅; 李天辉; 刘有为; 许渊; 刘伸展; 尹军华; 寇新民; 张一茗	有效
发明专利	高压断路器振动检测系统及检测方法	中国	ZL 2012103 78072.0	2014. 11.05	15164 25	西安交通大学; 河南平高电气股份有限公司; 中国电力科学研究院	王小华; 郭风帅; 贺伟峰; 荣命哲; 刘定新; 刘伸展; 彭在兴; 寇新民; 张一茗; 刘有为等	有效
发明专利	气体绝缘变电站局部放电特高频检测系统性能的检验方法	中国	ZL 2013101 65575.4	2015. 04.15	16346 64	清华大学; 国网四川省电力公司电力科学研究院	高文胜; 丁登伟	有效
实用新型	旋转位移编码器的安装工装及使用该工装的弹簧操动机构	中国	ZL 2014208 05258.4	2014. 04.01	42120 42	河南平高电气股份有限公司; 国家电网公司; 平高集团有限公司	张海贝; 孙银山; 尹军华; 李伟; 李少华; 张文涛; 刘逸凡; 张一茗等	有效

实用新型	一种用于隔离开关触头温度监控设备的校准装置	中国	ZL 2014208 04326.5	2015. 04.01	42109 95	西安交通大学 国家电网公司; 中国电力科学 研究院;	董勤晓;刘之方; 穆海宝;李志远; 闫晔;张冠军;党 冬;周玮;肖燕	有效
------	-----------------------	----	--------------------------	----------------	-------------	-------------------------------------	---	----

七、主要完成人情况

姓名	刘有为	排名	1	技术职称	教授级高工
工作单位	中国电力科学研究院		完成单位		中国电力科学研究院
行政职务	副主任				
<p>对本项目技术创造性贡献:</p> <p>该项目负责人。对创新点 1、2 和 3 做出主要贡献，对创新点 4 做出了贡献。</p> <p>创新点 1: 提出了一次与二次融合的智能高压开关技术方案; 设计了智能组件，建立了逻辑节点和信息流模型; 主持制定了智能高压开关的技术标准体系。创新点 2: 提出了考虑长期静置的选相位控制策略; 提出了顺序控制和智能联锁方法。创新点 3: 提出了支持多元传感信息在线分析的概率合成法。创新点 4: 提出了机械传动特性、暂态地电位升的物理仿真方法。</p> <p>支撑材料: 专利、EI 论文、标准、核心期刊等。</p>					

姓名	张 猛	排名	2	技术职称	教授级高工
工作单位	西安西电开关电气有限公司		完成单位		西安西电开关电气有限公司
行政职务	党委书记（时任技术副总经理）				
<p>对本项目技术创造性贡献:</p> <p>对创新点 1、2 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1: 参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案; 主持完成了智能组件一体化、一次与二次融合的工程设计。创新点 2: 主持研制了高可靠性弹簧液压机构，主持了顺序控制、智能联锁及选相位控制的实证研究; 主持研制了开关设备控制器、机械状态监测 IED、主 IED 和 252kV 智能 GIS、550kV 智能罐式断路器。主持起草了智能高压开关技术标准 2 项。</p> <p>支撑材料: 专利、专著、标准等。</p>					

姓名	钟建英	排名	3	技术职称	教授级高工
工作单位	河南平高电气股份有限公司		完成单位	河南平高电气股份有限公司	
行政职务	研发中心主任				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2 和 4 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；主持完成了机械、位移及 UHF 传感方案设计；创新点 2：主持完成了顺序控制和选相位合闸控制等实证研究；主持研制了机械状态监测 IED、局部放电监测 IED 及智能 GIS 样机。创新点 4：参与研制了智能高压开关物理仿真装置。</p> <p>支撑材料：专利、核心期刊等。</p>					

姓名	高文胜	排名	4	技术职称	副教授
工作单位	清华大学		完成单位	清华大学	
行政职务	副所长				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、3 和 4 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；攻克了 UHF 传感器及局部放电监测 IED 等关键技术问题；参与制定了智能高压开关的技术标准体系。创新点 3：参与提出了运行可靠性和控制可靠性的在线评估方法；共同提出了电寿命实时评估方法。创新点 4：设计了标准干扰源，参与研制了高压开关物理仿真装置。</p> <p>支撑材料：专利、SCI 论文、EI 论文、标准、核心期刊等。</p>					

姓名	刘定新	排名	5	技术职称	副教授
工作单位	西安交通大学		完成单位	西安交通大学	
行政职务	-				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、3 做出重要贡献，对创新点 2 做出贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与了智能组件设计。创新点 3：提出了机械振动的传感与评估方法；共同确立了高压断路器电寿命与机械寿命的评估方法；共同研制了机械状态监测 IED 样机。创新点 2：参与提出智能联锁方案。</p> <p>支撑材料：专利、实用新型专利、SCI 论文、EI 论文等。</p>					

姓名	律方成	排名	6	技术职称	教授
工作单位	华北电力大学		完成单位		华北电力大学
行政职务	副校长				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、3、4 做出重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与了智能组件设计。创新点 3：提出了局部放电超声信息的传感方法及分析评估方法，主持研制了基于超声法的局部放电监测 IED；参与了西开电气智能高压开关样机研制。创新点 4：参与研制了高压开关物理仿真装置。</p> <p>支撑材料：EI 论文、核心期刊等。</p>					

姓名	肖燕	排名	7	技术职称	高级工程师
工作单位	中国电力科学研究院		完成单位		中国电力科学研究院
行政职务	研究室主任				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2 和 3 做出重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与了智能组件设计；参与制定了智能高压开关的技术标准体系。创新点 2：参与提出了考虑长期静置影响的选相位控制方法；参与提出主动保护控制方法。创新点 3：参与提出了支持多元传感信息在线分析的概率合成法。</p> <p>支撑材料：专利、标准、EI 论文等。</p>					

姓名	王园园	排名	8	技术职称	工程师
工作单位	西安西电开关电气有限公司		完成单位		西安西电开关电气有限公司
行政职务	主任工程师				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2 做出重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与设计了智能组件；参与制定了智能高压开关设备核心技术标准。创新点 2：参与提出智能联锁方法；参与了智能联锁、顺序控制的实证研究；参与了 550kV 智能罐式断路器及 252kV 智能 GIS 样机研制。</p> <p>支撑材料：专利、标准等。</p>					

姓名	李志远	排名	9	技术职称	高级工程师
工作单位	中国电力科学研究院		完成单位		中国电力科学研究院
行政职务	—				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 4 做出主要贡献。</p> <p>提出了高压开关的物理仿真方法，攻克了机械传动特性物理仿真的关键技术，设计并研制了触头温升、分合闸线圈电流指纹、气体状态、局部放电、暂态地电位升等物理仿真装置；建立了智能组件的试验检测平台。</p> <p>支撑材料：专利等。</p>					

姓名	关永刚	排名	10	技术职称	副教授
工作单位	清华大学		完成单位		清华大学
行政职务	—				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1 和 3 做出了贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案。创新点 3：参与提出局部放电 UHF 信号的传感方法及分析方法；参与研制了局部放电监测 IED；参与提出燃弧时间在线获取方法及电寿命在线评估方法。</p> <p>支撑材料：SCI 论文、EI 论文等。</p>					

姓名	卢斌先	排名	11	技术职称	教授
工作单位	华北电力大学		完成单位		华北电力大学
行政职务	—				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1 做出了重要贡献。</p> <p>提出了高压开关分合过程对电子设备的干扰机制，建立了定量分析电磁干扰的集中等效源法，实现了干扰强度的定量分析；针对智能组件的不同电子设备，提出了干扰抑制和安全防护措施。</p> <p>支撑材料：SCI、EI 论文等。</p>					

姓名	张一茗	排名	12	技术职称	工程师
工作单位	河南平高电气股份有限公司		完成单位	河南平高电气股份有限公司	
行政职务	主任工程师				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2、4 做出了贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出高压开关智能化的技术方案；参与设计了智能组件及信息流架构；参与制定了智能高压开关的技术标准。创新点 2：参与了顺序控制及选相位控制的工程实证研究；参与了智能 GIS 样机研制。创新点 3：参与研制了高压开关物理仿真装置。</p> <p>支撑材料：专利、标准、核心期刊等。</p>					

姓名	须雷	排名	13	技术职称	研究员级高级工程师
工作单位	南京南瑞继保电气有限公司		完成单位	南京南瑞继保电气有限公司	
行政职务	经理				
<p>对本项目技术创造性贡献：</p> <p>对创新点 1、2 做出贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与设计了智能组件及信息流架构；参与制定了智能高压开关的技术标准体系；创新点 2：参与提出了相位控制方法，共同研制了开关设备控制器。</p> <p>支撑材料：专利、核心期刊、标准等。</p>					

姓名	尹军华	排名	14	技术职称	工程师
工作单位	河南平高电气股份有限公司		完成单位	河南平高电气股份有限公司	
行政职务	事业部书记兼副总经理				
<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。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与设计了智能组件及信息流架构；参与制定了智能高压开关的技术标准体系。创新点 2：参与顺序控制及选相位控制的工程实证研究；参与了智能 GIS 样机研制。</p> <p>支撑材料：专利、标准、核心期刊等。</p>					

姓名	张希捷	排名	15	技术职称	教授级高工
工作单位	西安西电开关电气有限公司		完成单位	西安西电开关电气有限公司	
行政职务	高级主任工程师				
<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。</p> <p>创新点 1：参与提出一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与制定了智能高压开关的技术标准。创新点 2：参与完成了智能联锁及选相位控制的工程实证研究。</p> <p>支撑材料：标准等。</p>					

八、主要完成单位及创新推广贡献

中国电力科学研究院	排名	1
<p>创新推广贡献：</p> <p>该项目负责单位，对创新点 1、2、3 和 4 做出了主要贡献。</p> <p>创新点 1：主持了该项目的研究。确立了一次与二次融合的智能高压开关技术方案；设计了智能组件，建立了信息流架构和信息模型，实现了测量、控制、监测、保护等二次功能区的信息共享。</p> <p>创新点 2：提出了考虑长期静置影响的选相位控制策略，大幅提升了选相位合闸控制的准确性水平；提出了顺序控制和智能联锁的技术方案。</p> <p>创新点 3：提出了支持多元传感信息在线分析的概率合成法；提出了主动保护控制方法。</p> <p>创新点 4：主持了高压开关物理仿真装置的设计与研制。</p> <p>主持建立了智能高压开关的技术标准体系，制定了《智能高压设备技术导则》、《智能高压设备通信技术规范》等核心技术标准，推动了整个高压开关行业的技术进步。</p>		

西安西电开关电气有限公司	排名	2
<p>创新推广贡献：</p> <p>该项目核心成员，对创新点 1 和 2 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与确立了一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与完成了智能组件的一体化设计，参与解决了一次与二次的融合问题。</p> <p>创新点 2：共同完成了顺序控制、选相位控制及智能联锁的实证研究，成功研制了开关设备控制器、机械状态监测 IED、气体状态监测 IED 及主 IED；完成了 252kV 智能 GIS 和 550kV 智能罐式高压断路器的样机研制，并通过了第三方检测。</p> <p>参与建立了智能高压开关的技术标准体系，主持制定了《额定电压 72.5kV 及以上智能气体绝缘金属封闭开关设备》等行业标准；实现了智能高压开关设备的产业化，并已在大量实际工程应用，取得了良好的效果，为智能电网建设做出了重大贡献。</p>		

河南平高电气股份有限公司	排名	3
<p>创新推广贡献：</p> <p>该项目核心成员，对创新点 1、2 和 4 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与确立了一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与完成了智能组件的一体化设计，参与解决了一次与二次的融合问题。</p> <p>创新点 2：共同完成了顺序控制、选相位控制及智能联锁的实证研究，成功研制了开关设备控制器、机械状态监测 IED、气体状态监测 IED 及主 IED；完成了智能 GIS 的样机研制，并通过了第三方检测。</p> <p>创新点 4：参与了高压开关设备物理仿真装置的设计与研制。</p> <p>参与建立了智能高压开关设备的技术标准体系；实现了智能高压开关设备的产业化，并在大量实际工程应用，取得了良好的效果，为智能电网建设做出了重大贡献。</p>		

清华大学	排名	4
<p>创新推广贡献：</p> <p>该项目核心成员，对创新点 1、3 和 4 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与确立了一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与完成了智能组件的一体化设计，参与解决了一次与二次的融合问题。</p> <p>创新点 3：共同提出断路器电寿命的在线评估方法，参与提出支持多元传感信息在线分析的概率合成法。</p> <p>创新点 4：参与了高压开关设备物理仿真装置的设计与研制。</p> <p>参与建立了智能高压开关设备的技术标准体系，推动了整个高压开关行业的技术进步。</p>		

西安交通大学	排名	5
<p>创新推广贡献：</p> <p>该项目核心成员，对创新点 1 和 3 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与确立了一次与二次融合的智能高压开关技术方案；参与完成了智能组件的一体化设计，参与解决了一次与二次的融合问题。</p> <p>创新点 3：共同确立了高压断路器电寿命与机械寿命的评估方法，提出了机械振动的传感与评估方法，完成了机械状态监测 IED 样机研制。</p>		

华北电力大学	排名	6
<p>创新推广贡献：</p> <p>该项目核心成员，对创新点 1 和 3 做出了重要贡献。</p> <p>创新点 1：参与确立了一次与二次融合的智能高压开关技术方案；提出了定量分析电磁干扰的集中等效源法，实现了干扰强度的定量分析。</p> <p>创新点 3：提出了局部放电超声信息的传感方法及分析评估方法，主持研制了基于超声法的局部放电监测 IED。</p>		

南京南瑞继保电气有限公司	排名	7
<p>创新推广贡献：</p> <p>该项目负责单位，对创新点 1 和 2 做出了主要贡献。</p> <p>创新点 1：参与提出了一次与二次融合的智能高压开关技术方案；设计了智能组件，建立了信息流架构和信息模型，实现了测量、控制、监测、保护等二次功能区的信息共享。</p> <p>创新点 2：参与提出了选相位控制技术；共同研制了高压开关设备控制器。</p> <p>参与建立了智能高压开关设备的技术标准体系，推动了整个高压开关行业的技术进步。</p>		

九、完成人合作关系说明

本项目针对高压开关设备智能化重大需求，建立了“产学研”协同创新的攻关模式。项目攻关团队由中国电力科学研究院、西安西电开关电气有限公司、河南平高电气股份有限公司、清华大学、西安交通大学、华北电力大学、南京南瑞继保电气有限公司共 7 家单位科研技术人员组成，以刘有为教授级高工为项目负责人，优势互补、相互支撑，保障了项目整体的高效推进和高质量完成。完成合作人间的关系说明如下：

在共同立项方面，2009 年 6 月，刘有为、高文胜、肖燕、王园园、须雷、尹军华按照国家电网公司智能电网部的要求及关于下达智能电网试点工程项目计划的通知（国家电网智能【2009】909 号文）要求，开展了高压设备智能化技术分析和部分关键技术研究，编写了《高压设备

智能化技术分析报告》，开始制定《Q/GDW410 智能高压设备技术导则》（已升级为电力行业标准 DL/T 1411）。2012 年 1 月，刘有为、张猛、高文胜、律方成、肖燕、关永刚、卢斌先、尹军华共同承担国家 863 计划“高压开关设备智能化关键技术”，研制面向智能电网的新型高压开关设备，为电网运行及控制智能化提供技术支撑，支持智能电网示范工程建设，项目成果顺利通过验收。

在共同研究方面，刘有为、律方成、肖燕在智能高压设备技术策略分析、可靠性自评估方法、长期静置对合闸影响等方面共同合著“长期静置对高压断路器合闸时间特性的影响”等论文 3 篇；刘有为、钟建英、刘定新、肖燕、李志远、张一茗、尹军华在智能高压开关设备保护与控制、机械故障诊断、振动检测等方面共同授权“一种 800kV 智能断路器”等专利 6 项；刘有为、张猛、高文胜、肖燕、王园园、须雷、尹军华、张希捷在智能高压设备技术规范、通信规范、不同期操作等方面共同制定“GB/T30846 具有预定极间不同期操作高压交流断路器”等国家及行业标准 3 项。

在共同成果基础上，刘有为、张猛、钟建英、高文胜、律方成、肖燕、王园园、李志远、张一茗、张希捷共同获得 2016 年度中国电力科技进步奖一等奖。