

陕西省科学技术进步奖提名书

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用
主要完成人	刘鹏、张鹏飞、贾涛、吴泽华、郝宇亮、陈允、杨保利、徐家忠、李心一、王浩然、王青于、王琮、金光耀、陈宸、彭宗仁
主要完成单位	西安交通大学、西安高压电器研究院股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、河南平高电气股份有限公司、山东电工电气集团有限公司、西安西电开关电气有限公司

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖及以上 <input type="checkbox"/> 三等奖及以上
<p>提名意见：</p> <p>特高压输电是我国能源战略的重要支撑，高端 GIL 作为特高压工程建设的关键装备，长期依赖进口、成为制约我国特高压长距离跨江输电的瓶颈。该项目面向国家重大需求，采用产、学、研、用协同创新模式，开发了特高压 GIL 关键绝缘材料，发明了哑铃型三支柱绝缘子，攻克了绝缘子固化内应力调控工艺，提出了多目标优化设计方法，首创了特高压 GIL 全工况等效考核技术。自主研发了世界上电压等级最高、输送容量最大的特高压 GIL 产品，成功应用于苏-通 GIL 管廊输电工程，解决了特高压跨越长江输电的“卡脖子”难题，荣列国家能源领域首台套重大技术装备，并实现了国产 GIL 系列化和广泛应用，有力推动了电力行业科技进步，经济和社会效益显著。</p> <p>说明：省科学技术奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖及以上”的评审落选项目不再降格参评三等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

三、项目简介

中国特高压建设世界瞩目，代表着当今输电技术的最高水平。GIL 管廊输电是一种环境友好、高效紧凑的大容量先进输电技术，其承载电流大、界面效应强、多场耦合难控、介质特性复杂、制造工艺高难，成为高端输电装备研发领域的前沿技术和世界性难题。该项目面向国家特高压建设的重大需求，针对制约我国特高压跨江输电的瓶颈和短板，采用产、学、研、用协同创新模式，从特高压 GIL 应用基础研究、关键技术攻关、核心产品研发三个层面开展系统深入研究，破解了特高压华东环网“苏-通”跨越长江输电的难题，形成了系列自主创新成果：

（1）开发了完全自主知识产权的特高压 GIL 用高性能复合材料，实现了特高压 GIL 关键核心材料配方的技术突破；

（2）发明了多工况、多因素、多物理场协同的特高压 GIL 结构设计优化技术，实现了特高压 GIL 多场量平衡调控、金属微粒抑制消除；

（3）攻克了长距离特高压 GIL 绝缘件浇注、单元配置、热变形补偿等核心制造技术，解决了异形结构绝缘制造工艺分散性及成品质量控制难题；

（4）创建了特高压 GIL 多工况等效考核试验技术，成功研制出特高压 GIL 管廊输电产品。

该项目获授权专利 40 余项，发布多项标准规范，在 GIL 材料、设计、制造和试验技术方面形成了核心知识产权体系，多项成果经中机联、中电联等鉴定达到国际领先水平。基于该项目核心技术研制的 1100kV 特高压 GIL 是世界上电压等级最高、输送容量最大的 GIL 产品，荣列国家能源领域首台套重大技术装备，成功应用于苏-通 GIL 管廊输电工程，解决了特高压跨越长江输电的“卡脖子”难题，极大提升了华东电网接纳区外清洁能源能力、供电可靠性和电网运营能力。相关研究成果经推广应用于 800kV、500kV 及以下系列化 GIL，实现了全电压等级 GIL 关键技术与核心装备自主可控，引领了国内外 GIL 输电技术科技进步，提升了国际声誉和竞争力，取得了显著的经济及社会效益，在超特高压建设、西南水电、沙戈荒复杂条件清洁能源输送和城市地下紧凑环境电力供应中具有广阔的应用前景，树立了产教融合、协作创新的成功典范。

四、客观评价

特高压 GIL 系列化产品是该项目技术创新的成果体现和重要载体，具有完全自主知识产权，先后通过了国家权威机构的技术检测和型式试验，被列为国家能源局“首台（套）重大技术装备”，经中机联、中电联等鉴定，关键技术与综合性能达到国际领先水平。

1. 科技成果鉴定结论

（1）由韩英铎院士任鉴定委员会主任委员的中国电力企业联合会鉴定意见认为：“**首家研制出了高参数 1100kV GIL，是世界上标准单元长度最长、绝缘能力最高、耐受电弧能力最强、漏气率最低的 GIL 产品，填补了世界空白，支撑了特高压电网建设，取得了显著的社会和经济效益，成果达到了国际领先水平。**”

（2）由陈维江、钱七虎院士任鉴定委员会主任委员的中国电机工程学会鉴定意见认为：“**研制了特高压 GIL 设备并实现工程应用，突破了长距离、有限空间内特高压 GIL 设计、安装、调试关键技术，具有显著的经济和社会效益，提升了我国电力装备研发制造水平和国际竞争力，推动了我国 GIL 管廊输电技术进步，总体达到国际领先水平。**”

2. 国家权威机构技术检测报告

（1）基于该项目研制的河南平高电气股份有限公司 **GXL5-1100(L)/6300-63 型、GXL5-1100(L)/8000-63 型**，山东电工电气集团有限公司 **GXL8-1100(L)/6300-63 型、GXL10-1100(L)/6300-63 型**，新东北电气集团高压开关有限公司 **GXL3-1100 型**特高压气体绝缘金属封闭输电线路，通过了西安高压电器研究院检验检测，“各项全检结果均符合 GB/T 22383-2008、GB/T 7674-2008 及《1100kV GIL 型式试验方案要求》，合格。”

3. 重要项目验收意见

（1）西安交通大学、河南平高电气股份有限公司、西安西电开关电气有限公司等共同承担《基于长距离、大埋深特高压 GIL 的绝缘和放电基础特性研究》，验收意见：**掌握了 GIL 绝缘和界面材料电热力特性，提出了均压、均场、消除界面效应的方法，实现了特高压 GIL 绝缘子多场分布均匀化、结构合理化，研究成果已应用于特高压苏通 GIL 输电工程，同意通过验收。**

4. 科技奖励与荣誉

（1）应用该项目关键技术自主研发的“交流 1100kV 气体绝缘金属封闭输电线路”被列为国家能源局第一批**能源领域首台（套）重大技术装备**。

（2）该项目完成单位和完成人参与“特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用”获 2024 年陕西省高等学校科学技术优秀成果认定 **特等**。

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

特高压 GIL 系列化产品是该项目技术创新的成果体现和重要载体。该项目开发的关键核心技术和成功研制的超、特高压 GIL 产品，已广泛应用于我国超、特高压输电工程建设。特高压 GIL 的成功研制与应用为我国高端输变电装备的自主创新做出了重要贡献，显著提升了国际声誉和产品竞争力。

该项目研究成果，突破了特高压 GIL 管廊输电制约我国特高压工程建设的瓶颈和短板，实现了核心技术与关键装备自主可控。研制的世界最高电压等级、最大输送容量的 1100kV/6300A 气体绝缘金属封闭输电线路，已成功应用于苏州～南通跨越长江段的华东 1000kV 特高压交流环网工程，清洁电力将更加可靠、高效、灵活地汇入华东特高压环网，对于优化能源配置、保障电力供应、防治大气污染、拉动经济增长、引领技术创新等具有显著的综合效益和长远的战略意义。

依托该项目技术开发的气体绝缘金属封闭输电线路等系列化产品，已用于 1000kV 南阳站、500kV 黄渡站等输变电工程建设，并为南沙港铁路架空线迁改等工程提供了重要支撑，推动了国内电工装备制造产业的升级与技术进步，带动了 GIL 制造相关上下游产业链发展与迭代升级。此外，各类 GIL 技术和装备也在城市综合管廊、水电核电送出、海上风电和柔性直流输电等场所得以应用，解决了特高压工程和新能源建设的“卡脖子”难题，有力地推动了电力行业的技术进步。该项目技术创新成果应用如下：

表 1 主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人
1	国家电网有限公司特高压事业部	1100kV GIL 输电装备及技术规范	特高压苏通 GIL 综合管廊工程，1100kV GIL 长度约 34.2km	2019 年 4 月 -至今	牟仲昆
2	国网江苏省电力有限公司超高压分公司	1100kV GIL 工程设计、现场试验与装配合应用关键技术	特高压苏通 GIL 综合管廊工程，1100kV GIL 长度约 34.2km	2019 年 4 月 -至今	陈松涛
3	中国南方电网有限责任公司超高压输电公司	超高压 GIL 产品研制及工程应用关键技术	乌东德送电广东广西特高压多端直流示范工程昆北换流站，550kV GIL 用量 3110m	2019 年 7 月 -至今	张晋寅
4	西安高压电器研究院股份有限公司	GIL 母线动态氦质谱检漏及试验检测技术	苏-通穿江管廊输电工程特高压 GIL 产品研制与型式试验检测，以及超高压 GIL 系列产品试验检测。	2018 年 4 月 -至今	姚斯立
5	中国电力科学研究院有限公司	超 / 特高压 GIL 型式试验、交接试验、带电考核等技术	苏通 GIL 综合管廊工程、驻马店-南阳特高压交流变电工程 GIL 设备试验、监造与技术服务，以及国际首个特高压 GIL 全电流全电压试验基地建设	2013 年 10 月 -至今	崔博源

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	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
1	发明专利	真空环境下热固性聚合物基复合材料的制备装置及方法	中国	ZL 2021 1 1322855.2	2022.10.25	5537939	西安交通大学；国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院	刘鹏；王青于；任天玮；谢宗良；庞曦；彭宗仁；段方维；杨滢璇；许天蕾
2	标准	交流气体绝缘金属封闭输电线路用绝缘子技术规范	中国	T/CEC 604-2022	2022.06.23	中国电力企业联合会	中国电力科学研究院有限公司、国家电网有限公司特高压事业部、西安交通大学、西安西电开关电气有限公司、河南平高电气股份有限公司、新东北电气集团高压开关有限公司、山东电工电气日立高压开关有限公司、天津大学、山	张鹏飞、陈允、彭宗仁、崔博源、黄常元、刘鹏、殷禹、王浩然、李志兵、刘焱、王浩、赵鸿飞、李正、吴昱怡、何洁、王琼、高文虹、卢鹏、陈拴成、刘吉成、张旭、温华新、马玲、李进、梁虎成、杨勇、赵晓博

							东泰开 电器绝 缘有限 公司	
3	发明专利	基于粒子 群算法的 GIL 三支 柱绝缘子 电气性能 优化设计 方法	中国	ZL 2018 1 0998237.1	2018. 08. 29	4050725	西安交 通大学； 国家电 网有限 公司； 国网江 苏省电 力有限 公司电 力科学 研究院	彭宗 仁；吴 泽华； 田汇 冬；刘 丽岚； 张鹏 飞；周 建华； 田漪； 张星
4	发明专利	GIL 母线 的动态氨 质谱检漏 气密性试 验方法及 装置	中国	ZL 2019 1 0056688.8	2022. 06. 17	5239380	西安高 压电器 研究院 股份有 限公司； 中国西 电电气 股份有 限公司； 国网上 海市电 力公司	郝宇 亮；张 鹏飞； 刘志 强；姚 斯立； 王伟； 崔东
5	发明专利	一种考虑 多因素耦 合作用的 触指损伤 模拟分析 试验系统 及其工作 方法	中国	ZL 2021 1 0448454.5	2023. 08. 15	6234862	西安交 通大学； 国网辽 宁省电 力有限 公司电 力科学 研究院	刘鹏； 田汇 冬；靳 守锋； 周士 贻；任 汀；王 青于； 彭宗 仁；段 方维； 杨滢璇
6	发明专利	一种用于 超/特高 压管廊输 电 GIL 中 的基础单 元及管廊 输电 GIL	中国	ZL 2018 1 0804603.5	2021. 04. 20	4372124	西安交 通大学	彭宗 仁；郭 子豪； 田汇 冬；吴 泽华； 史然； 王浩然

7	发明专利	一种中心载流导杆及高压输电设备	中国	ZL 2021 1 0977689.3	2022.10.25	5535666	西安交通大学	田汇冬；王青于；靳守锋；刘鹏；彭宗仁
8	发明专利	一种用于树脂浇注绝缘子的金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法	中国	ZL 2018 1 1223969.X	2020.07.10	3916236	平高集团有限公司；西安交通大学；国家电网有限公司；国网上海市电力公司	田浩；林生军；李宝增；张鹏飞；袁端鹏；刘鹏；王亚祥
9	发明专利	一种超/特高压GIS/GIL母线	中国	ZL 2021 1 1075525.8	2022.06.07	5216536	西安交通大学；山东电工电气集团有限公司；国网浙江省电力有限公司	彭宗仁；吴泽华；徐家忠；李智凯；廖泽民；李琴；毛航银；齐印国；亓云国；袁树锋；马成喜；段连雨；王海霞；刘庆东
10	标准	1100kV交流气体绝缘金属封闭输电线路现场交接试验规程	中国	DL/T 5846-2021	2021.12.22	国家能源局	中国电力科学研究院有限公司；国家电网有限公司；国网江苏省电力有限公司	崔博源；张鹏飞；赵科；韩先才；王承玉；黄常元；李鹏；王

						司电力 科学研 究院； 国家电 网有限 公司华 东分 部；国 网江苏 省电力 有限公 司；江 苏省送 变电有 限公 司；国 网青海 省电力 有限公 司电力 科学研 究院； 国家电 网有限 公司特 高压建 设分公 司；国 网江苏 省电力 有限公 司检修 分公 司；国 网江苏 省电力 工程咨 询有限 公司； 国网河 南省电 力公司 电力科 学研究 院；河 南平高 电气股 份有限 公司； 山东电 工电气	浩然； 高山； 王宁 华；刘 兆林； 陈松 涛；马 泉；王 志惠； 柏杉； 侯镭； 陈双； 陈允； 腾云； 刘焱； 王浩； 卢波； 李刚； 王栋； 卢鹏； 张木 壮；徐 家忠； 亓云 国；李 心一； 刘吉 成
--	--	--	--	--	--	--	---

							日立高压开关有限公司；西安西电开关电气有限公司；新东北电气集团高压开关有限公司	
--	--	--	--	--	--	--	---	--

七、主要完成人情况表

姓 名	刘鹏	排 名	1
行政职务			
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 组织开展了特高压 GIL 输电绝缘与放电基础特性研究，带领团队获得了 GIL 绝缘材料、界面材料及导电材料的电-热-力特性，研究了引发 GIL 绝缘子气-固界面放电的影响因素，揭示了绝缘子本体放电烧蚀和碳化的成因，获得了 GIL 在特高压工程中应用的多物理场分布规律，优化了 GIL 绝缘子配置方式和均压屏蔽结构型式，开发了用于特高压 GIL 的哑铃型三支柱绝缘子与优化设计方法，有效地均匀了绝缘子多物理场分布，优化设计的绝缘子结构参数达到和满足了工程应用要求，为自主研发特高压 GIL 关键绝缘组部件提供了理论依据和技术支撑，在该项目研发中做出了创造性贡献。			

姓 名	张鹏飞	排 名	2
行政职务			
技术职称	高级工程师		
工作单位	中国电力科学研究院有限公司		
完成单位	中国电力科学研究院有限公司		
对本项目主要学术贡献：			
主要组织实施特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用，开展了特高压 GIL 用绝缘子绝缘材料与界面处理工艺研究，发明了一种树脂浇注绝缘子金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法。研究了 GIL 线路暂态过电压与绝缘配合，提出了 1100kV 交流 GIL 装备出厂试验与现场交接试验方案。开展了特高压 GIL 管廊工程三维建模与工程设计，提出了特高压 GIL 关键工艺和安装技术要求。开发了 GIL 故障定位方法及检测技术，为提升特高压 GIL 绝缘可靠性和保证批量生产稳定性提供了重要依据，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	贾涛	排 名	3
行政职务			
技术职称	教授级高工		
工作单位	中国电气装备集团科学技术研究院有限公司		
完成单位	西安高压电器研究院股份有限公司		
对本项目主要学术贡献：			
主要组织开展特高压 GIL 绝缘试验、温升试验、动热稳定试验、内部故障电弧试验、滑动触头的特殊机械试验、密封试验等关键试验技术研究，首次提出 GIL 垂直布置的竖井单元、小角度转角单元、隔离单元、补偿单元等单元形态试验方法，分析获得了导电杆与外壳之间的热胀冷缩、导体插件触头偏转、周围空气温度高、运行中滑动触头及三支柱绝缘子会往返运动而造成磨损、伸缩节多次伸缩后出现气体泄漏等诸多因素对 GIL 性能的影响，研究提出了提高泄露率指标、控制气体泄漏的有效方法，建立了特高压 GIL 多工况试验系统，解决了特高压 GIL 复杂多姿态、电热力耦合作用下的试验考核难题，对特高压 GIL 输电装备技术水平提升、安全可靠运行提供了有力保障，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	吴泽华	排 名	4
行政职务			
技术职称			
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
研究掌握了 GIL 绝缘材料、界面材料的电热力特性，提出了环氧复合材料固化动力学-热-形变耦合的固化内应力仿真方法，优化了特高压直流盆式绝缘子、三支柱绝缘子工艺流程；开发了特高压 GIL 绝缘子异形曲面优化设计技术，优化设计了哑铃型三支柱支撑绝缘子结构及管廊基础单元，有效均匀了绝缘子表面电场分布，使绝缘子结构设计合理化；研究获得了不同属性、形状、尺寸金属微粒的动力学特性及运动行为，提出了特高压 GIL 金属微粒捕捉器捕获能效的仿真计算方法，开发了金属微粒高效抑制的捕捉器结构与加压清除方案，有效支撑了特高压 GIL 的绝缘性能提升，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	郝宇亮	排 名	5
行政职务			
技术职称	高级工程师		
工作单位	常州西电变压器有限责任公司		
完成单位	西安高压电器研究院股份有限公司		
对本项目主要学术贡献：			
研制了特高压 GIL 滑动触头、伸缩节特殊机械试验装置，掌握了 GIL 滑动三支柱绝缘子、载流连接结构的万次疲劳特性，提出绝缘、通流和密封可靠性提升综合措施，实现了特高压 GIL 电、热、力多工况等效试验考核；发明了动态氨质谱检漏气密性试验方法，实现了高精度、可量化的气体泄漏测量，改进了特高压 GIL 密封关键结构使其漏气率从 IEC 标准规定的 0.5%提高到 0.01%。提出的特高压 GIL 关键试验技术有效检测了产品应用的可靠性和安全性，为苏通 GIL 综合管廊工程顺利投运与稳定运行提供了重要支撑，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	陈允	排 名	6
行政职务			
技术职称	高级工程师		
工作单位	中国电力科学研究院有限公司		
完成单位	中国电力科学研究院有限公司		
对本项目主要学术贡献： 主要开展了特高压 GIL 绝缘子界面缺陷分析与屏蔽抑制方法研究，探究了多种因素对 GIL 环氧复合材料电热力性能和制造工艺的影响，开发了一种 GIL 用增韧、增强的环氧树脂复合材料，参与设计了 1100kV 气体绝缘设备用绝缘子中心嵌件结构，开展了 GIL 绝缘子、伸缩节、导体插接触头、密封圈的质量管控技术研究，提出了一种绝缘可靠性评价方法及系统，研究了特高压盆式绝缘子、支柱绝缘子试验方法及技术性能要求，参与完成了特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用，为特高压 GIL 技术规范和现场交接试验规程制定提供了重要依据，在该项目研发中做出了创造性贡献。			

姓 名	杨保利	排 名	7
行政职务			
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		
对本项目主要学术贡献：			
主要开展了特高压 GIL 用盆式绝缘子、三支柱绝缘子关键工艺技术研发，探究了不同工艺对绝缘子复合材料均匀性的影响，发明了微裂纹缺陷标准试样制备方法、压制模具和脱模装置等，研究获得了金属微粒和臭氧处理对绝缘子闪络电压的影响，开发了特高压 GIL 用绝缘子环氧浇注配方与工艺、树脂金属粘接界面剂配方与工艺，有效提升了生产效率、避免了产品缺陷。基于该项目成果组织厂家自主研制的 1100kV GIL 绝缘件通过了型式试验验证，产品已成功应用于苏-通特高压 GIL 输电工程，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	徐家忠	排 名	8
行政职务			
技术职称	高级工程师		
工作单位	山东电工电气集团有限公司		
完成单位	山东电工电气集团有限公司		
对本项目主要学术贡献： 参与了国家电网、中国电科院苏通 GIL 技术规范与现场安装方案等技术文件的起草工作，发明了一种 GIL 硬质扣罩氨质谱真空动态检漏的试验装置及方法，承担 GIL 厂内验证(含主要零部件)试验的策划及实施工作，以及特高压 GIL 型式试验方案策划、型式试验实施等，并开展了 1100kV GIL 的生产能力、试验条件配置及 GIL 生产全过程的体系文件编制实施，确保了特高压 GIL 产品质量，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	李心一	排 名	9
行政职务			
技术职称	教授级高工		
工作单位	山东电工电气日立高压开关有限公司		
完成单位	西安西电开关电气有限公司		
对本项目主要学术贡献：			
主要开展了 GIL 绝缘结构设计优化和环氧复合材料工艺性能研究，参与设计了特高压 GIL 哑铃型三支柱绝缘子用绝缘子，研究了 GIL 绝缘材料、界面材料及导电材料的电热力特性，提出了特高压 GIL 质量管控与可靠性提升方案；参与了特高压 GIL 制造工艺技术研发，在该项目研发中做出了创造性贡献。			

姓 名	王浩然	排 名	10
行政职务			
技术职称	高级工程师		
工作单位	中国电力科学研究院有限公司		
完成单位	中国电力科学研究院有限公司		
对本项目主要学术贡献：			
参与特高压 GIL 用绝缘材料性能研究，确定材料关键性能参数和要求，指导相关材料选型和试验考核；提高了特高压 GIL 的绝缘可靠性。校核分析特高压 GIL 典型基本单元电场分布，确定微粒捕捉装置合理性，设计提出了 GIL 内部结构布置；开展特高压 GIL 用三支柱绝缘子结构优化，设计哑铃型的支腿结构，优化绝缘子外形轮廓，显著降低了绝缘子沿面电场，有效提升了绝缘子结构设计的合理性和可行性，在该项目研发中做出了创造性贡献。			

姓 名	王青于	排 名	11
行政职务			
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		
对本项目主要学术贡献： 研究提出了特高压 GIL 电、热、力多物理场仿真计算方法，掌握了载流结构“接触应力-接触电阻-载流温升”的耦合仿真计算技术，开发了特高压 GIL 滑动触头万次寿命疲劳试验系统，获得了 GIL 中载流连接结构接触劣化机理和失效机制，提出了特高压 GIL 滑动触头结构优化设计方法，有效提升了载流结构可靠性和稳定性，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	王 琼	排 名	12
行政职务			
技术职称	高级工程师		
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		
对本项目主要学术贡献： 主要开展了 GIL 滑动支撑装置及 GIL 输电系统、管道母线及其母线单元设计研究，发明了滑动绝缘子与壳体弹性连接结构，参与设计了特高压 GIL 用绝缘子，研究了 GIL 绝缘材料、界面材料及导电材料的电热力特性，提出了特高压 GIL 工程用关键绝缘材料性能指标控制值；参与完成了特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用，在该项目研发中做出了创造性贡献。			

姓 名	金光耀	排 名	13
行政职务			
技术职称	高级工程师		
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		
对本项目主要学术贡献：			
主要开展了 GIL 滑动支撑装置及 GIL 输电系统、管道母线及其母线单元设计研究，发明了滑动绝缘子与壳体弹性连接和高容差触头结构及高效金属微粒捕捉器，参与设计了特高压 GIL 用哑铃型三支柱绝缘子，发明了一种充气防尘操作棚，为提高现场装配质量、保证运行可靠性提供了重要支撑；研究提出了内置装配式绝缘子的双道密封结构及动态真空正压氦质谱检漏方法，开发了特高压 GIL 用测温装置、机械寿命检测装置、绝缘试验装置等，参与完成了特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用，在该项目研发中做出了创造性贡献。			

姓 名	陈宸	排 名	14
行政职务			
技术职称	助理教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
参与了特高压 GIL 多工况试验考核平台研制，开发了 GIL 电热力一体化检测装置，发明了一种基于多芯光纤的温度传感器，实现了 GIL 局部放电、插接结构温度的高精度、高可靠测量，支撑了特高压 GIL 电热力多工况试验考核与运维监测，为苏通 GIL 综合管廊工程顺利投运与稳定运行提供了重要支撑，在该项目关键技术研发与应用中做出了创造性贡献。			

姓 名	彭宗仁	排 名	15
行政职务			
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：			
组织开展特高压 GIL 输电绝缘关键技术攻关，开发了高性能环氧复合材料配方体系，提出了特高压 GIL 工程用关键绝缘材料性能控制指标，形成了具有自主知识产权的特高压 GIL 材料分析与检测方法，实现了特高压 GIL 材料配方核心技术的突破；主导发明了基于电、热、力多物理场仿真，多因子分析、多目标寻优的特高压 GIL 设计优化技术，首创了哑铃型三支柱支撑绝缘子结构形态，实现了特高压 GIL 多物理场分布均匀化、结构设计合理化；主持研发了多界面处理、无气泡浸渍和无过热真空浇注等核心技术，联合厂家自主研发的高性能 GIL 绝缘子等关键装备已成功用于特高压苏-通 GIL 输电工程，在项目研发与应用中做出了创造性贡献。			

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>西安交通大学面向国家特高压建设的重大需求，全面组织开展了“特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用”，研究掌握了 GIL 材料电热力特性，提出了特高压 GIL 用关键绝缘材料性能指标，形成了具有自主知识产权的特高压 GIL 材料选型与检测试验方法，实现了特高压 GIL 关键绝缘材料配方核心技术的突破；首次获得了 GIL 工程应用方案多物理场分布规律，优化了 GIL 绝缘子配置方式和均压屏蔽结构型式，发明了多物理场仿真、多目标寻优的特高压 GIL 结构设计优化关键技术，首创了高性能哑铃型三支柱支撑绝缘子结构形态，实现了特高压 GIL 绝缘子多物理场分布均匀化、结构合理化；攻克了特高压 GIL 金属-环氧界面应力集中、屏蔽导体表面缺陷抑制和绝缘件固化内应力调控技术，破解了均压均场、消除界面效应、有效抑制放电的难题，联合厂家完成了特高压 GIL 关键结构设计，为特高压 GIL 自主研制提供了先进的技术保证，在特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发中做出了创造性贡献。</p>	

单位名称	西安高压电器研究院股份有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>西安高压电器研究院股份有限公司针对苏通特高压 GIL 综合管廊工程技术特点和应用需求，组织开展了“特高压 GIL 综合管廊关键试验技术与应用”等，研究掌握了特高压 GIL 在设计、制造、安装过程中多种失效模式影响及危害分析方法，分析确定了特高压 GIL 的薄弱环节和风险因素，建立了特高压 GIL 设备可靠性关键预测模型，实现了特高压 GIL 的可靠性参数分析与评估；提出了特高压 GIL 绝缘、温升、通流多工况等效考核试验方法，研制了滑动触头、伸缩节、滑动三支柱万次疲劳寿命试验装置，掌握了载流连接结构接触磨损特性及接触电阻的变化规律，提出了特高压 GIL 微粒陷阱捕捉有效性评价方法和微粒检测方法；开发了动态氨质谱检漏气密性试验方法，掌握了密封结构的劣化特性，提出了特高压 GIL 的关键密封结构设计方案。通过可靠性和型式试验考核关键技术研究，破解了长距离特高压 GIL 试验考核验证难题，为确保世界首条特高压 GIL 综合管廊关键技术研发和安全稳定运行做出了创造性贡献。</p>	

单位名称	中国电力科学研究院有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>中国电力科学研究院有限公司在该项目中开展了特高压 GIL 用绝缘子界面缺陷分析与屏蔽抑制方法，探究了多种因素对 GIL 环氧复合材料电热力性能和制造工艺的影响，发明了树脂浇注绝缘子金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法；开展了特高压 GIL 管廊工程三维建模与工程设计，研究了 GIL 绝缘子、伸缩节、导体插接触头、密封圈的质量管控技术，开发了 GIL 故障定位方法及检测技术，提出了特高压 GIL 绝缘可靠性评价方法；研究了 GIL 线路暂态过电压与绝缘配合，提出了特高压盆式绝缘子、支柱绝缘子试验方法及技术性能，主导制定了 1100kV 交流 GIL 装备出厂试验与现场交接试验方案，为提升特高压 GIL 绝缘可靠性和保证批量生产稳定性提供了重要依据，在该项目关键试验技术与绝缘诊断技术研发及工程高可靠应用中做出了创造性贡献。</p>	

单位名称	河南平高电气股份有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>河南平高电气股份有限公司在该项目中开展了特高压 GIL 绝缘子关键制造工艺技术研究，获得了不同工艺对绝缘子复合材料均匀性的影响，发明了微裂纹缺陷标准试样制备方法、压制模具和脱模装置等，得出了金属微粒和臭氧处理对绝缘子闪络电压的影响，攻克了特高压 GIL 绝缘子环氧浇注配方与工艺、树脂金属粘接界面剂配方与工艺；开展了 GIL 滑动支撑装置及 GIL 单元设计，发明了滑动绝缘子与壳体弹性连接结构及高效金属微粒捕捉器，开发了特高压 GIL 用温度检测装置、机械检测装置、绝缘试验装置等，有效提升了生产效率、避免了制造缺陷，建立了具有自主知识产权的特高压 GIL 关键制造工艺体系，为提高制造装配质量、保证运行可靠性提供了重要支撑。通过新材料、新工艺的攻关，解决了制造及质量控制难题，在特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发和产品研制中做出了创造性贡献。通过产学研协同创新，在国际上率先研制出 1100kV GIL 关键组部件，并通过了型式试验验证，为特高压苏通 GIL 管廊输电工程提供 4000 余支绝缘子，产品运行稳定可靠。</p>	

单位名称	山东电工电气集团有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>山东电工电气集团有限公司主要参与了 1100kV 气体绝缘刚性输电线路(GIL)技术研究及工程应用项目的立项、技术参数确认、产品设计、样机制造、带电考核、试验验证等全过程研究与应用工作。设计研发的 1100kV 气体绝缘刚性输电线路(GIL)产品具有以下技术创新点：发明三支柱绝缘子及微粒捕捉器，攻克特高压 GIL 绝缘难题；创新密封结构及柔性补偿技术，攻克 GIL 结构设计难题；构建 GIL 智能运维系统，解决了混合线路故障识别与消除难题；设计研发的世界最高电压等级 1100kV GIL 新结构；GIL 管线首次采用柔性设计，采用了国内首创的弧线段设计方案。参与了技术方案制定工作，参与了本项目工程设计、设备制造、建设施工、交接试验和启动调试的实施；参与了金属封闭输电线路技术与壳体、导体研究，协助完成了绝缘件电场计算与分析、全三维柔性设计等创新技术的研究工作；参与了绝缘件电场计算与分析、壳体、导体研发的研制等工作。创新成果推动了后续 550kV 等各电压等级 GIL 高质量生产研制。</p>	

单位名称	西安西电开关电气有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>西安西电开关电气有限公司研究得到了 GIL 绝缘材料、界面材料及导电材料的电热力特性，提出了特高压 GIL 工程用关键绝缘材料性能指标控制值，参与研制了特高压 GIL 金属-环氧粘接界面材料；优化设计了特高压 GIL 盆式绝缘子低压端屏蔽环结构，有效屏蔽了绝缘子-金属法兰气间带来的电场畸变；提出了大型复杂绝缘件的浇注制造方法，参与了绝缘件结构设计、模具改进和试验分析等研制工作。创新成果推动了特高压 GIL 三支柱绝缘子和盆式绝缘子的设计制造。</p>	

完成人合作关系说明

该项目是西安交通大学、西安高压电器研究院股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、河南平高电气股份有限公司、山东电工电气集团有限公司、西安西电开关电气有限公司面向国家特高压输电建设的重大需求，采用产、学、研、用协同创新模式，组成联合攻关团队，从特高压 GIL 应用基础研究、关键技术攻关、系列化产品研发三个层面开展系统深入研究，历时七年共同完成的技术创新成果。

西安交通大学作为第一完成单位，主要开展了特高压 GIL 绝缘材料配方与绝缘结构优化设计关键技术研发，并发明了多项核心结构与工艺技术，与西安高压电器研究院股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、河南平高电气股份有限公司、山东电工电气集团有限公司、西安西电开关电气有限公司联合完成了特高压 GIL 管廊输电绝缘关键技术研发与应用。曾与西安高压电器研究院股份有限公司开展过《长距离特高压 GIL 设备可靠性分析研究》，与中国电力科学研究院有限公司共同开展过《特高压盆式绝缘子关键技术深化研究》、《特高压 GIL 绝缘子、伸缩节及插接触头技术特性及质量管控研究》、《特高压长距离 GIL 绝缘、通流、密封可靠性综合提升能力分析研究》等研究，与河南平高电气股份有限公司共同开展过《基于长距离、大埋深特高压 GIL 绝缘与放电基础特性研究》、《特高压 GIL 用三支柱绝缘子技术深化研究》等研究，与山东电工电气集团有限公司开展过《超/特高压 GIL、GIS 绝缘子关键技术研究 with 质量提升》研究，与西安西电开关电气有限公司开展过《特高压盆式绝缘子关键技术深化研究》、《长距离特高压 GIL 设备可靠性分析研究》等研究。此外，中国电力科学研究院有限公司与平高集团有限公司共同承担过《特高压 GIL 金属微粒输运特性及控制技术研究》、《适用于特高压 GIL 的感应电流快速释放装置研制》等研究，西安高压电器研究院股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、西安西电开关电气有限公司共同参与制定国家标准 GB/T 22383-2017《额定电压 72.5kV 及以上刚性气体绝缘输电线路》，中国电力科学研究院有限公司、河南平高电气股份有限公司、山东电工电气集团有限公司、西安西电开关电气有限公司共同参与制定行业标准 DL/T 5846-2021《1100kV 交流气体绝缘金属封闭输电线路现场交接试验规程》。

在该项目中，彭宗仁、刘鹏、杨保利、李心一、王浩然自 2013 年 10 月起合作开展研究，张鹏飞和陈允于 2013 年 7 月起、贾涛和郝宇亮于 2017 年 12 月起、吴泽华和徐家忠于 2017 年 9 月起、王青于和王琼于 2016 年 9 月起、金光耀于 2015 年 10 月起、陈宸于 2017 年 9 月起开展研究。

刘鹏、张鹏飞、吴泽华、杨保利、王浩然、彭宗仁合著论文《苏通综合管廊工程特高压 GIL 绝缘关键技术》。

刘鹏、张鹏飞、杨保利、彭宗仁合著论文《不同工艺对特高压 GIL 三支柱绝缘子组织均匀性的影响》。

张鹏飞、陈允合著论文《1100kV 盆式绝缘子界面处理工艺及质量管控措施》。

张鹏飞、陈允、金光耀合著论文《特高压 GIL 用绝缘子材料寿命试验及预测》。

刘鹏、张鹏飞、陈允、王浩然、王琼、彭宗仁共同参与制定标准规范《T/CEC 604-2022 交流气体绝缘金属封闭输电线路用绝缘子技术规范》。

张鹏飞、陈允、王浩然、徐家忠、李心一共同参与指定标准规范《DL/T 5846-2021 1100kV 交流气体绝缘金属封闭输电线路现场交接试验规程》。

刘鹏、张鹏飞共同知识产权发明专利《一种用于树脂浇注绝缘子的金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法》。

刘鹏、王青于、彭宗仁共同知识产权发明专利《真空环境下热固性聚合物基复合材料的制备装置及方法》、《一种考虑多因素耦合作用的触指损伤模拟分析试验系统及其工作方法》。

张鹏飞、吴泽华、彭宗仁共同知识产权发明专利《基于粒子群算法的 GIL 三支柱绝缘子电气性能优化设计方法》。

张鹏飞、郝宇亮共同知识产权发明专利《GIL 母线的动态氦质谱检漏气密封性试验方法及装置》。

吴泽华、王浩然、彭宗仁共同知识产权发明专利《一种用于超/特高压管廊输电 GIL 中的基础单元及管廊输电 GIL》。

吴泽华、徐家忠、彭宗仁共同知识产权发明专利《一种超/特高压 GIS/GIL 母线》。

刘鹏、张鹏飞共同知识产权发明专利《一种用于树脂浇注绝缘子的金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法》。

刘鹏、王浩然、王青于、王琼、彭宗仁共同立项科技项目《基于长距离、大埋深特高压 GIL 的绝缘和放电基础特性研究》。

贾涛、郝宇亮共同立项科技项目《特高压交流 GIL 苏通管廊工程型式试验方案研究》。

刘鹏、张鹏飞、王青于、陈允、王浩然、彭宗仁共同立项科技项目《特高压 GIL 绝缘子、伸缩节及插接触头技术特性及质量管控研究》。

刘鹏、金光耀、王浩然、彭宗仁、王青于共同立项科技项目《特高压 GIL 用三支柱绝缘子深化技术研究》。

刘鹏、李心一、彭宗仁、王浩然、杨保利共同立项科技项目《特高压盆式绝缘子关键技术深化研究》。

徐家忠、彭宗仁、刘鹏、吴泽华、王青于共同立项科技项目《超/特高压 GIL、GIS 绝缘子关键技术研究 with 质量提升》。

刘鹏、王琼、陈宸、彭宗仁共同立项科技项目《长距离特高压 GIL 设备可靠性分析研究》。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	刘鹏(1)、张鹏飞(2)、吴泽华(4)、杨保利(7)、王浩然(10)、彭宗仁(15)	2021年7月15日	2023年10月31日	苏通综合管廊工程特高压 GIL 绝缘关键技术	[1] 彭宗仁, 张鹏飞, 刘鹏, 等. 苏通综合管廊工程特高压 GIL 绝缘关键技术[J]. 高压技术, 2023, 49(10): 4046-4057.
2	论文合著	刘鹏(1)、张鹏飞(2)、杨保利(7)、彭宗仁(15)	2017年7月10日	2018年8月12日	不同工艺对特高压 GIL 三支柱绝缘子组织均匀性的影响	[1] 田浩, 林生军, 张鹏飞, 等. 不同工艺对特高压 GIL 三支柱绝缘子组织均匀性的影响[J]. 绝缘材料, 2018, 51(12): 67-73+78.
3	论文合著	张鹏飞(2)、陈允(6)	2013年7月7日	2015年5月20日	1100kV 盆式绝缘子界面处理工艺及质量管控措施	[1] 陈允, 于洋, 崔博源, 等. 1100kV 盆式绝缘子界面处理工艺及质量管控措施[J]. 绝缘材料, 2015, 48(05): 44-49.
4	论文合著	张鹏飞(2)、陈允(6)、金光耀(13)	2018年11月5日	2020年12月31日	特高压 GIL 用绝缘子材料寿命试验及预测	[1] 陈允, 崔博源, 黄常元, 等. 特高压 GIL 用绝缘子材料寿命试验及预

						测[J].高电压技术,2020,46(12):4106-4112.
5	共同参与制定标准规范	刘鹏(1)、张鹏飞(2)、陈允(6)、王浩然(10)、王琼(12)、彭宗仁(15)	2020年3月1日	2022年6月23日	T/CEC 604-2022 交流气体绝缘金属封闭输电线路用绝缘子技术规范	[1]T/CEC 604-2022 交流气体绝缘金属封闭输电线路用绝缘子技术规范[S].
6	共同参与制定标准规范	张鹏飞(2)、陈允(6)、徐家忠(8)、李心一(9)、王浩然(10)、	2019年3月1日	2021年12月22日	DL/T 5846-2021 1100kV 交流气体绝缘金属封闭输电线路现场交接试验规程	[1] DL/T 5846-2021 1100kV 交流气体绝缘金属封闭输电线路现场交接试验规程[S].
7	共同知识产权	刘鹏(1)、张鹏飞(2)	2017年10月19日	2020年7月31日	一种用于树脂浇注绝缘子的金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法	[1] 田浩. 一种用于树脂浇注绝缘子的金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法 : CN201811223969.X[P]. 2020-07-31.
8	共同知识产权	刘鹏(1)、王青于(11)、彭宗仁(15)	2020年11月9日	2022年10月25日	真空环境下热固性聚合物基复合材料的制备装置及方法	[1]刘鹏. 真空环境下热固性聚合物基复合材料的制备装置及方法 : CN2021113

						22855.2[P].2 022-10-25
9	共同 知识 产权	刘鹏(1)、 王 青 于 (11)、彭 宗仁(15)	2020年4月25 日	2023年8月15 日	一种考虑多 因素耦合作 用的触指损 伤模拟分析 试验系统及其 工作方法	[1] 刘 鹏 . 一种考虑多 因素耦合作 用的触指损 伤模拟分析 试验系统及其 工作方法: CN2021104 48454.5[P].2 023-08-15
10	共同 知识 产权	张 鹏 飞 (2)、吴泽 华(4)、彭 宗仁(15)	2017年9月30 日	2020 年 10 月 27 日	基于粒子群 算法的 GIL 三支柱绝缘 子电气性能 优化设计方 法	[1] 彭宗仁. 基于粒子群 算法的 GIL 三支柱绝缘 子电气性能 优化设计方 法 : CN2018109 98237.1[P].2 020-10-27.
11	共同 知识 产权	张 鹏 飞 (2)、郝宇 亮(5)	2018年1月22 日	2022年6月17 日	GIL 母线的 动态氦质谱 检漏气密性 试验方法及 装置	[1] 郝宇亮 . GIL 母线的 动态氦质谱 检漏气密性 试验方法及 装 置 : CN2019100 56688.8[P].2 022-06-17
12	共同 知识 产权	吴 泽 华 (4)、王浩 然(10)、 彭 宗 仁 (15)	2017年9月30 日	2021年4月20 日	一种用于超/ 特高压管廊 输电 GIL 中 的基础单元 及管廊输电 GIL	[1] 彭宗仁 . 一种用于超/ 特高压管廊 输电 GIL 中 的基础单元 及管廊输电 GIL: CN2018108 04603.5[P].2 021-04-20.

13	共同知识产权	吴泽华(4)、徐家忠(8)、彭宗仁(15)	2020年9月14日	2022年6月7日	一种超/特高压 GIS/GIL 母线	[1] 彭宗仁. 一种超/特高压 GIS/GIL 母线 : CN202111075525.8[P].2022-06-07
14	共同知识产权	刘鹏(1)、张鹏飞(2)	2017年10月19日	2020年7月31日	一种用于树脂浇注绝缘子的金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法	[1] 田浩. 一种用于树脂浇注绝缘子的金属嵌件的表面处理方法、树脂浇注绝缘子及其制备方法 : CN201811223969.X[P].2020-07-31.
15	共同立项	刘鹏(1)、王浩然(10)、王青于(11)、王琼(12)、彭宗仁(15)	2016年9月1日	2018年9月30日	基于长距离、大埋深特高压 GIL 的绝缘和放电基础特性研究	国家电网科技项目《基于长距离、大埋深特高压 GIL 的绝缘和放电基础特性研究》
16	共同立项	贾涛(3)、郝宇亮(5)	2017年1月1日	2018年12月26日	特高压交流 GIL 苏通管廊工程型式试验方案研究	国家电网科技项目《特高压交流 GIL 苏通管廊工程型式试验方案研究》
17	共同立项	刘鹏(1)、张鹏飞(2)、陈允(6)、王浩然(10)、王青于(11)、彭	2017年12月1日	2019年6月30日	特高压 GIL 绝缘子、伸缩节及插接触头技术特性及质量管控研究	国家电网科技项目《特高压 GIL 绝缘子、伸缩节及插接触头技术特性及质量管控

		宗仁(15)				研究》
18	共同立项	刘鹏(1)、王浩然(10)、王青于(11)、金光耀(13)、彭宗仁(15)	2017年1月1日	2018年7月31日	特高压 GIL 用三支柱绝缘子技术深化研究	国家电网科技项目《特高压 GIL 用三支柱绝缘子技术深化研究》
19	共同立项	刘鹏(1)、杨保利(7)、李心一(9)、王浩然(10)、彭宗仁(15)	2013年10月1日	2015年10月31日	特高压盆式绝缘子关键技术深化研究	国家电网科技项目《特高压盆式绝缘子关键技术深化研究》
20	共同立项	刘鹏(1)、吴泽华(4)、徐家忠(8)、王青于(11)、彭宗仁(15)	2019年11月1日	2021年12月31日	超/特高压 GIL、GIS 绝缘子关键技术研究 with 质量提升	国家电网科技项目《超/特高压 GIL、GIS 绝缘子关键技术研究 with 质量提升》
21	共同立项	刘鹏(1)、王琼(12)、陈宸(14)、彭宗仁(15)	2016年9月1日	2017年12月31日	长距离特高压 GIL 设备可靠性分析研究	国家电网科技项目《长距离特高压 GIL 设备可靠性分析研究》