

附件 1

智能电网国家科技重大专项 2026 年度公开项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

根据智能电网国家科技重大专项（以下简称重大专项）实施方案的部署，按照国家科技计划管理相关规定，现发布 2026 年度公开项目申报指南。

本重大专项总体目标是：面向国家重大需求和世界科技前沿，落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略，创新一批智能电网理论方法，攻克一批关键技术，研制一批核心装备，建设一批重大示范工程，支撑我国新能源大规模开发和高效利用，满足人民多元化的能源供应需求，深入推动能源革命，加快建设能源强国，有力支撑“双碳”目标，保障能源安全供给。

2026 年度公开项目申报指南部署坚持紧扣实施方案和标志性成果，由国家意志主导、战略需求牵引，聚焦重大战略产品、重大工程、关键核心技术和战略前沿技术，力争在事关国家安全和发展的战略必争领域尽快形成新质生产力和核心竞争力，围绕高比例可再生能源并网调控、多元用户供需互动用电与能效提升、电网柔性互联与安全运行、智能电网基础支撑技术等 4 个技术方向，部署战略前沿技术类、

重大技术装备类和重大示范验证类三个类别，拟启动 46 项指南任务。项目牵头申报单位组织参与单位按照任务需求编制项目预算申报书，并按指南要求的比例进行资金配套，鼓励地方、金融资本及其他社会资本等投入，其中，重大技术装备类项目配套经费与国拨经费比例，原则上不低于 5:1；重大示范验证类项目配套经费与国拨经费比例，原则上不低于 6:1。重大示范验证类项目中企业牵头的示范类课题的中央财政资金支持方式为后补助，其他均为前补助。对于通过答辩评审的项目，如中央财政资金预算被评审核减，在签订任务合同书时原承诺的其他来源资金总额不得减少。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。除特别说明外，每个方向拟支持项目数为 1~2 项。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。指南中“拟支持项目数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

方向一：高比例可再生能源并网调控

1.1 新能源并网性能智能感知与主动支撑在线优化关键技术及装备

研究内容：针对新型主体电源并网及主动支撑调节能力

感知与提升的需求，研究新能源并网性能智能感知与主动支撑在线优化关键技术及装备，具体包括：多源异构新能源机场群并网特性交互耦合机理与综合评价方法；新能源场站并网性能智能感知及特性参数在线辨识技术；信息-物理融合的新能源场群多层级支撑能力动态评估与风险预警技术；复杂网源场景下新能源场群主动支撑在线优化技术及系统；新能源并网性能智能感知与在线优化成套装备集成与示范。

考核指标：研制新能源机-场-群智能感知终端、在线评估与主动支撑优化控制系统，并集成成套装备，在千万千瓦级及以上新能源大基地开展示范应用，机-场-群装机容量不低于 500 万千瓦，示范时长不少于 3 个月；构建并网性能多维评价指标体系，至少涵盖适应性、灵活性与稳定性等 3 个维度，核心指标不少于 6 个；新能源机-场-群智能感知终端量测误差不超过 3%，具备故障穿越、一次调频等并网参数辨识能力，辨识误差不超过 5%；场群支撑调节能力评估周期不超过 1 秒、评估精度不低于 95%，预测时长不小于 30 秒；同等出力水平下场群一次调频能力与动态无功裕度提升不少于 10%，电压控制偏差不超过 2%额定电压；成套系统控制优化周期不超过 2 秒，示范应用至少涵盖 3 种类型新能源发电装备，发电装备变流器具备并网在线感知与参数在线整定等功能。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

1.2 新能源集群并网宽频振荡在线辨识溯源与分层防控

技术

研究内容：针对“沙戈荒”新能源大规模接入系统稳定可靠送出需求，研究新能源大基地送出宽频振荡在线评估、溯源与分层防控技术，具体包括：新能源集群并网系统多场景宽频振荡时空特性分析技术；“沙戈荒”基地机-场-群-网多层级系统宽频振荡实时监测评估及预警技术；振荡源在线精准定位技术；考虑网络拓扑的宽频振荡多层级协同防控技术；新型智能化宽频振荡分析与协同防控系统研发及示范应用。

考核指标：在新能源装机不少于 5000 万千瓦送端省级电网建成新能源集群并网宽频振荡在线辨识溯源与分层防控示范工程，涵盖至少 5 类不同类型典型场景（包括风光储基地、特高压直流近区、“沙戈荒”新能源基地、构网型场站、电网末端新能源场站）；宽频振荡风险评估指标不少于 4 类，典型配置“沙戈荒”新能源基地（新能源装机不低于 1200 万千瓦）单个场景宽频振荡风险在线评估时间不大于 3 秒，以全电磁暂态仿真结果为基准，在线评估准确率不低于 90%；研发智能感知及边缘计算终端，2.5 赫兹至 2500 赫兹机组振荡数据处理及风险识别不大于 5 秒；新能源场站/馈线/单机溯源定位准确率不低于 95%；新型智能化宽频振荡分析与协同防控系统响应时间不超过 350 毫秒（包含指令下发、通信时间、逆变器响应时间等），控制切机量较当前切机方式降低不少于 20%。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

1.3 海上风电全系统协同的地面并网试验与性能优化关键技术

研究内容：针对深远海风电超高压送出系统稳定可靠运行需求，研究海上风电主动支撑电网的并网试验和性能优化技术，具体包括：计及风轮多模态的机械硬件在环试验平台控制技术；传动链机械及功率硬件双在环的试验平台控制与并网试验技术；计及海上风电送出方式的机械-功率-控制硬件在环试验与场站分层控制的协同验证技术；基于全要素数据驱动的海上风电机组并网运行大模型构建技术；基于设计、试验与运行全数据链条的海上风电稳定运行与并网性能提升技术。

考核指标：实现传动链与叶片全尺寸试验平台协同控制与运行，具备不低于 20 兆瓦海上风电机组的综合试验能力，平台试验与虚拟测试控制执行周期达到毫秒级，虚拟测试与平台试验偏差 5%以内；试验平台的电网模拟功率放大物理接口与控制延迟不大于 200 微秒，实时仿真电网模型不少于 150 个节点；具备机组全尺寸试验与场站分层控制协同验证能力，支持场站频率主动支撑及电压故障暂态控制验证，接入不少于 4 种类型控制器，实现不低于 150 兆瓦海上风电场并网控制性能验证；建立面向风电机组运行与并网场景的轻量化大模型，覆盖载荷与并网特性，可优化输出参数不少于 200 个；海上风电场频率支撑响应时间提高至少 20%，新机

型运行与并网控制特性技术迭代周期缩短至 30 天以内。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

1.4 面向超大规模海上风电广域消纳的海-岸-网交直流集约组网关键技术及工程应用

研究内容：针对超大规模海上风电广域消纳需求，研究海-岸-网交直流集约组网关键技术及装备，具体包括：面向亿千瓦级海上风电广域消纳的海陆交直流集约组网理论及系统构建技术；适用于多电压等级交直流集约汇集的多端口换流技术及装备研制；海-岸-网混合接线系统故障清除与防护配合技术；提升交直流灵活互济能力的海-岸-网协同运行技术；海上风电海-岸-网交直流集约组网技术集成与工程示范应用。

考核指标：提出不少于 3 种海-岸-网交直流集约组网典型拓扑；交直流组网装备可实现 3 个及以上电压等级接入，直流电压不低于 ± 200 千伏，交流电压不低于 220 千伏，相比交直流独立接入，占地减少 40%；混合接线直流单极故障切除后健全系统恢复稳态时间不大于 100 毫秒，多端口直流断路器电压不低于 ± 200 千伏，最大功率端口额定电流不低于 2 千安，端口数不少于 3 个、分断电流不小于 35 千安、占地减少不低于 50%、成本减少不低于 50%；计及交直流混合共杆电磁干扰的线路保护动作时间不大于 3 毫秒；海-岸-网协同调控系统可控制 LCC、VSC 等 4 类及以上交直流调控装置、可调控容量不低于 5000 兆瓦，站控功率控制响应时间不大

于 40 毫秒，因潮流阻塞造成的海上风电弃电率不大于 3%；在海上风电装机超过 10000 兆瓦的省级电网建成海-岸-网交直流集约组网示范工程，交/直流同杆线路长度占比不低于 30%，陆上直流通道年利用小时数超过 4500 小时，能量利用率不低于 95%。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

1.5 大容量灵活长时蓄热装备与新能源多时空协同运行示范工程

研究内容：针对新能源高占比电力系统灵活运行和民生供热需求，研发大容量灵活长时蓄热技术及装备，建设新能源与蓄热等多元可调资源协同运行示范工程，具体包括：面向新能源高占比电力系统的蓄热资源配置及多场景装备优化设计技术；有/无功宽域独立可调的长时高效蓄热装备研制；蓄热梯级利用及耦合供热机组联合运行技术；规模化蓄热资源与新能源多时空尺度协同调控技术；省域新能源与蓄热等多元可调资源协同运行示范应用。

考核指标：研发新型蓄热资源配置及优化设计平台，可满足不少于 3 类场景电-热配置需求；研发新型蓄热装备，并网电压等级不低于 66 千伏，额定容量不低于 50 兆瓦×8 小时，有功、无功功率均可连续独立调节，有功功率调节范围不低于 0 至 50 兆瓦，无功功率调节范围不低于-50 兆乏至 50 兆乏，调节误差不大于 0.5%额定功率，响应时间不大于 20 毫秒；研发蓄热梯级利用及联合控制系统，实现供热机组总效率不低于

80%，蓄热系统热启至机组出力调整时间不超过 3 分钟；研发可调资源与新能源协同调控系统，实现不少于 3 类可调资源（含储电、蓄热、储气）与新能源发电多时空尺度协同运行；建成大容量灵活长时蓄热装备与新能源多时空协同运行示范工程，所在省级电网新能源装机占比超过 50%、日间电量波动率（相邻两日新能源发电量之差的绝对值/两日新能源发电量均值 $\times 100\%$ ）的年平均值不低于 20%，蓄热资源接入规模不低于 1000 兆瓦，最大提升新能源消纳能力不低于 1200 兆瓦。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

1.6 支撑高比例新能源并网的百兆瓦级电氢耦合系统关键技术及示范

研究内容：针对高比例新能源并网和新型电力系统对灵活性调节资源的迫切需求，研究风光新能源基地内大规模高效电-氢-电全流程的电氢耦合系统核心技术，并开展示范验证，具体包括：大规模新能源制氢-储氢-氢发电系统仿真建模与成套规划设计技术；大型氢能电站多模组阵列与多能流耦合网络拓扑构建技术；大型氢能电站电氢耦合系统全过程协同控制与能量管理技术；支撑电力系统多时间尺度运行要求的大型氢能电站灵活性调节技术；百兆瓦级电氢耦合系统集成、调度运维技术、商业模式机制与示范应用。

考核指标：建立场站至区域级的电氢耦合系统多物理场仿真模型，支持秒级至小时级的全年多时间尺度运行模拟，

功率仿真结果偏差不大于 10%；建设支撑百万千瓦级新能源基地并网电-氢-电耦合验证系统，燃料电池装机总容量不小于 100 兆瓦，热电联供综合效率不小于 65%，氢储能季度能量衰减率不大于 0.5%；开发协同控制与能量管理系统，实现兆瓦级电-氢-电宽范围调节，充电响应速度不小于 12%额定功率每秒，发电调节范围 10%~150%；建立氢能电站智能调控系统，指令响应时间不大于 100 毫秒，AGC 控制精度不大于 0.5%；建成 10 万千瓦级电氢耦合系统示范工程，10 万千瓦级电氢耦合系统通过并网典型工况 168 小时测试验证，支撑新能源示范基地并网稳定运行，降低系统平均峰谷差率不小于 10%。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：5 年

1.7 100%新能源大基地与受端负荷中心强耦合下省级电网稳定控制示范工程

研究内容：针对新能源大基地 100%绿电送出及向重要负荷中心供电系统安全高效运行的需求，研究新能源大基地接入下省级电网送受端稳定控制技术，具体包括：100%新能源大基地汇集组网多稳定形态机理与提升送出技术；省级电网送受端耦合分析与稳定支撑技术；耦合频率-电压约束的“省域-分区-平衡单元”多层级平衡调控技术；考虑源网荷储多类型全工况响应特性的连锁失稳风险在线评估与稳定防御技术；省级电网送受端稳定控制系统研发及示范。

考核指标：在新能源统调装机占比不低于 80%的省级电

网建成 100%新能源大基地与受端负荷中心强耦合下省级电网稳定控制示范工程，实现新能源装机不少于 5 千万千瓦的无常规水火电支撑大基地通过直流、多电压等级交流 100%绿电送出、省级电网新能源发电占比不低于 50%、向负荷中心供电占比不低于 40%场景安全高效运行，连续示范验证时间不低于 6 个月；配置稳定支撑装备支撑电压、功角、振荡等至少 3 类稳定形态，在送受端断面原有稳定限额基础上提升不低于 20%；实现规模化配置储能的新能源场站频率和电压稳定支撑，频率扰动测试下场站一次调频调节时间缩短 10%以上，低电压扰动测试下场站无功电流上升时间缩短 5%以上；研发省级多层级广域协同的规模化异质资源调控平台，规模化调控灵活资源不低于 10%省级最大负荷，协同优化策略生成时间不超过 2 分钟；研发连锁失稳风险在线评估和稳定防御系统，支持计算规模不低于 20000 节点，考虑未来 4 小时 16 个工况的风险评估与辅助决策计算耗时不超过 15 分钟，预想故障集失稳风险降至 0。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

1.8 百兆伏安级多功能一体化新型高惯量调相机关键技术及装备

研究内容：针对新能源电力系统支撑能力亟待提升的重大需求，研究具有稳定支撑、振荡抑制与功率补偿的多功能一体化新型高惯量调相机技术及装备，具体包括：新型高惯量调相机系统拓扑结构、运行原理及特性分析；新型高惯量

调相机综合协调控制技术 & 控制系统研制；新型高惯量调相机涉网性能与机-网支撑匹配技术；新型高惯量调相机主机研制与装备测试技术；新型高惯量调相机与新能源电力系统协同运行控制技术与应用示范。

考核指标：研制百兆伏安级多功能一体化新型高惯量调相机装备样机，额定无功功率 100 兆乏、可长期运行，惯性储能不小于 500 兆焦，额定有功功率 ± 100 兆瓦、持续时间不小于 1 秒，系统振荡抑制功率 ± 100 兆瓦、持续时间不小于 1 秒，暂态稳定支撑功率不小于 ± 300 兆伏安，控制系统输出电压响应时间小于 50 毫秒；具有对新能源电力系统 100 兆瓦范围内功率突变的稳定支撑及振荡抑制能力，在不少于 300 兆瓦的新能源接入区应用示范，示范时长不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

1.9 吉瓦级新能源柔性低频组网送出技术、新型装备及示范

研究内容：针对偏远薄弱地区规模化新能源汇集外送需求，研究柔性低频组网送出关键技术及新型装备，并开展应用示范，具体包括：新能源集群分散接入的低频电网构建技术；工频/低频复杂系统安稳运行与协同控制技术；新型半波频率变换技术及低频新能源发电装备研发；复杂环境下吉瓦级高性能低频输变电装备研发；吉瓦级新能源低频输电网络应用示范。

考核指标：建成吉瓦级新能源柔性低频组网示范工程：

汇集新能源不少于 1.2 吉瓦，输电容量不低于 1 吉瓦，220 千伏送出距离不低于 200 千米；提出新能源集群低频汇集送出组网方案，场站不少于 5 座，新能源机端短路比由 1.2 及以下提升到不低于 1.5，双回外送线路 N-1 后输电能力不低于额定功率 75%；多端协同控制系统模式切换时电压波动不高于 5%，汇集系统和受端工频系统 N-1 故障下新能源机端、变频站电压不高于 1.3 倍额定值；新型交变换流器模块数同比模块化多电平矩阵式换流器减少 30%；低频新能源装备类型不少于 3 类，含兆瓦级低频双馈风电机组。新型低频变压器功率密度不低于 1.95 兆伏安每立方米；研制低频高压真空断路器，额定电压 252 千伏，额定电流 4 千安、额定短路开断电流 40 千安，全球增温潜能值为 0。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

1.10 适应新型电力系统的高灵活长时挂网抽水蓄能稳定支撑关键技术及装备

研究内容：针对新型电力系统抽水蓄能长时挂网支撑电网稳定运行需求，研究新型定速抽蓄机组优化设计、运行控制及调节价值评估等技术，具体包括：宽负荷长时调相新型定速抽蓄机组优化设计与装备研制；抽蓄多类型调节能力耦合建模方法与动态分析技术；抽蓄灵活调节及稳定支撑多目标协同优化调度技术；抽蓄多元调节价值量化评估、容量及辅助服务定价方法；抽蓄稳定支撑能力提升与运行控制示范工程。

考核指标：研制 300 兆瓦宽负荷长时调相新型定速抽蓄机组，发电稳定运行范围 30%至 100%额定功率，调相工况日内 24 小时连续稳定运行，最大进相、滞相能力不低于 0.8 倍额定功率；研发抽蓄调节能力动态分析及多目标协同调控系统，支持调峰、调频、调压、爬坡、惯量等多类型调节能力耦合建模与协同优化决策，调节能力分析综合准确率不低于 97%，省级及以上电网日前 96 时段决策时间不超过 15 分钟、日内 16 时段决策时间不超过 5 分钟；研发抽蓄多元调节价值量化分析平台，调节价值评估类型不少于 4 种，系统运行调节成本降低 1%以上；以上装备在抽蓄装机容量不少于 500 万千瓦的电网示范应用，示范时长不少于 3 个月，与抽蓄开机方式相关的电网断面输送能力提升 2%以上。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

1.11 基于单电机接口的新型并网逆变系统关键技术及装备

研究内容：针对主力电源型新能源对新型发电拓扑与装备的需求，研究新型单电机接口并网逆变系统关键技术，具体包括：单电机接口定子绕组分布、绕组间绝缘和热设计；计及暂态和稳态运行差异性的控制绕组柔性变流器拓扑方案；并网绕组高性能功率及电流解耦控制技术；基于单电机接口的并网逆变系统电网适应性理论及主动支撑技术；基于单电机接口的并网逆变系统实验装备研制及电网支撑能力评测。

考核指标：提出基于单电机接口并网的新型逆变系统拓扑方案、设计理论、控制方法和系统稳定性分析方法；研制样机不少于 1 台，额定容量不小于 5 兆伏安，并网绕组和控制绕组的升压比不低于 10 千伏/1140 伏，在省级电网规模化推广应用，应用场景不少于两种新能源发电；最大短路电流不小于 5 倍额定电流，暂态过程中最大有功功率输出不低于 3 倍额定功率，惯性时间常数不低于 1.2 秒，且具有不依赖控制算法的惯量自阻尼特性；无需电网状态感知实现并网点电网短路比（SCR）自适应范围 1 到 10；无需传统并网逆变器的 LC/LCL 高阶交流滤波器；能量转换效率不低于 95%，电流总谐波畸变率（THD）不大于 4%，有功和无功解耦且功率响应时间不大于 20 毫秒。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

1.12 新型电力系统电碳协同运行决策关键技术及示范工程

研究内容：针对新型电力系统安全经济低碳协同运行需求，研究新型电力系统电碳协同运行决策关键技术，具体为：电力系统电碳耦合机理与减碳路径模拟技术；电力系统运行碳排放在线感知技术及装备研制；市场环境和新能源波动下电力系统多时间尺度低碳调控技术；电碳耦合市场下多类型主体交易决策与负荷调节驱动的减碳技术；支撑高比例清洁能源消纳的新型电力系统低碳调控与交易决策系统研发及示范应用。

考核指标：提出省域电网考虑不同碳预算、碳达峰总量及时序等 3 种以上情景的减排路径，电力系统碳目标分解分辨率不低于 1 小时；研制超高准确度碳排放在线监测装置，复杂工况下排放量测量不确定度不超过 2%，规模化应用的含碳电源发电主体覆盖率不低于 90%；实现新能源与水电、火电、负荷、储能等 4 种及以上灵活调节资源的协同运行，电碳协同实时优化调控策略生成时间不超过 20 秒、日前策略生成时间不超过 15 分钟，灵活调节资源平抑新能源功率波动引起的频率偏差分量不超过 0.01 赫兹；生成 15 分钟到多日尺度的市场主体电碳协同交易策略，低碳调控智能终端响应时间不大于 200 毫秒，调控指令的响应准确率大于 95%；建成新型电力系统电碳协同运行决策示范工程，所在省级电网新能源装机大于 3000 万千瓦，清洁能源装机占比不小于 70%或新能源装机占比不小于 50%，通过低碳调度实现示范用户度电碳排放相比当前调控模式下降 3%。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

1.13 新能源全电量入市下供电能力分析与电力保供智能决策关键技术

研究内容：针对高比例新能源参与电力市场不确定性增大带来的电力保供需求，研究新能源全电量入市下供电能力分析与电力保供智能决策关键技术，具体包括：基于多源感知预测的新能源场站量价申报决策技术；基于网格化气象数据与迁移学习的母线负荷智能预测技术；人在回路的新能源

发电申报偏差智能辨识与保供风险预警技术；中长期与现货交易协同的调节资源智能调度决策技术；面向多级电网的新能源供电能力分析与电力保供智能决策平台及应用。

考核指标：研发具备“空-天-地”多源数据感知融合、集成学习功率预测与量价申报决策功能的新能源场站智能融合装置，应用于至少 3 种地形特征下的 10 座新能源场站，多源数据空间分辨率不超过 500 米，时间分辨率不超过 15 分钟；建立覆盖 220 千伏及以上电网母线的气象数据映射模型，高温、寒潮天气下母线负荷 D+1、D+7 日平均预测准确率分别不低于 95%、90%；实现潮流约束下未来 1 至 7 天保供风险事件预警，预警平均命中率不低于 85%；调节资源不少于 4 种，保供智能调度策略计算时间不超过 5 分钟；研发新能源供电能力分析与电力保供智能决策平台，在省级及以上电网示范应用，新能源装机容量不低于 4000 万千瓦，占电源总装机比例不低于 40%，常规电源装机占最大负荷的比例不低于 60%，电网保供期间旋转备用低于标准值的时段单次不超 30 分钟，月累计不超 2 次，示范时长不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：3 年

方向二：多元用户供需互动用电与能效提升

2.1 适应复杂气象气候环境的韧性配电系统关键技术及应用

研究内容：针对强对流、台风短时极强气象及垂直气候环境下沿海、高原山地配电系统灾害防御和韧性不足的难

题，研究适应复杂气象气候环境的韧性配电系统关键技术，具体包括：复杂气象气候环境下配电系统韧性评估、可靠性研判与推演预警技术；适应短时极强风雨气象环境的韧性配电系统防灾技术及装备；适应高海拔垂直气候环境的韧性配电系统耐候抗冲击技术及装备；适应高原山地复杂环境的薄弱配电网供电保障技术及装备；复杂气象气候环境下韧性配电系统示范验证。

考核指标：建成沿海、高原山地适应复杂气象气候的韧性配电系统示范工程，提出适应短时极强风雨气象和垂直气候环境的配电系统韧性评估方法，中低压可靠性研判准确率不低于 95%，架空线路、环网柜、变压器等不少于 3 种主设备预警准确率不低于 80%；开发风险预警与推演决策平台，支持云边部署，分析决策能力均不少于 1 万户，用时小于 5 分钟；沿海示范区近 3 年发生强对流、台风等短时极强气象次数不少于 3 次，10 千伏馈线不少于 1000 条，重点区域重要负荷供电恢复时间小于 60 分钟，部署不少于 50 套耐涝抗风成套配电装备，可耐涝水深不低于 3 米、持续时间不低于 24 小时，可抗风强度不低于 12 级、持续时间不低于 6 小时；高原山地示范区平均海拔不低于 2000 米、海拔高差不少于 800 米，灾害类型不少于 3 种，负荷不少于 20 兆瓦，用户数量不少于 1 万户，重要负荷保供率高于 40%，恢复时效相较现有水平提升 50%，部署不少于 3 种、50 套轻量化耐候抗冲击装备，可适应海拔 1500 米至 4500 米、抗震烈度不低于 8

度、耐昼夜温差不小于 40 摄氏度、耐温低于零下 30 摄氏度，部署配电多资源协同控制系统，支持外部断供条件下不少于 2 种分布式资源联合保供。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

2.2 虚拟电厂主动支撑多级电网运行关键技术及应用

研究内容：针对电网局域供需不平衡、系统调节压力及成本激增、局部电压频繁上下交替越限等问题，研究虚拟电厂主动支撑多级电网运行关键技术，具体包括：考虑跨电压约束的虚拟电厂安全运行建模与分级聚合技术；主动支撑型虚拟电厂源荷储资源自主控制技术；面向日前-日内-实时多元市场的虚拟电厂聚合商运行决策优化技术；基于电力大模型的虚拟电厂跨电压等级协同优化调度技术；虚拟电厂主动支撑多级电网运行工程应用。

考核指标：建成虚拟电厂主动支撑多级电网运行示范工程，总调节能力达示范区最大负荷 10%以上，聚合有功调节资源不小于 1000 万千瓦（其中计入的用户侧储能类资源不多于 10 万千瓦），无功电压支撑资源不小于 100 万千乏，具备支撑区域内 100%消纳可再生能源、降低电网负荷峰谷差 30%的能力；跨 10 千伏至 110 千伏电压等级的虚拟电厂安全运行域建模与分级聚合准确率不低于 90%；主动支撑型资源自主控制响应时间不长于 10 毫秒，虚拟电厂主动支撑调节响应时间不长于 15 秒；万级节点资源虚拟电厂参与多元市场的智能交易决策时间不长于 1 分钟；研发基于电力大

模型的虚拟电厂参与多级电网调度辅助决策系统，可满足千万级用户接入，大模型参数不小于 700 亿，决策生成频度不低于 1 次每 5 分钟。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

2.3 弱电网下长距离多微电网链式互联可靠供电关键技术及装备

研究内容：针对偏远地区可靠、灵活供电以及新能源消纳并网需求，研究弱电网下长距离多微电网链式互联可靠供电关键技术及装备，具体包括：长距离多微电网链式组网规划与供电能力提升技术；弱通信条件下链式微电网群多层级功率自平衡控制技术；长距离链式多微电网风险防御与主动支撑技术；适应弱电网条件的多微电网链式互联装备；长距离多微电网链式互联装备集成与示范应用。

考核指标：提出不少于 3 种长距离链式互联组网方式，理论供电距离超百公里；在通信延迟大于 500 毫秒或中断大于 5 分钟时，链式互联的各微电网运行频率偏差小于 ± 0.3 赫兹；自主研发直流链式互联装备、交流链式互联装备各 1 套，额定容量不小于 2 兆瓦，在短路比低至 1.0 的电网环境下装备端口电压 0.8p.u.至 1.2p.u.宽范围内能稳定运行，具备主动支撑与故障阻断能力，同时链式互联装备在 1.3 倍过载下稳定运行时间超过 20 分钟；示范线路不少于 3 条，每条线路 10 千伏供电距离不低于 50 公里，其中至少 1 条线路 10 千伏供电距离不低于 100 公里，每条线路应用链式互联装备不少

于 3 套，连续稳定运行时间不小于 3 个月，分布式可再生能源供能比例不低于 50%，线路全年综合停电时间降低 30%，微电网内部各节点综合电压合格率提升至 99.9%。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

2.4 空天地广域电力应急通信关键技术及应用

研究内容：针对当前地面通信网络脆弱性、应急滞后性和复电可靠性等问题，研究空天地广域电力应急通信关键技术，具体包括：面向配网灾害预警恢复全链条的广域电力应急通信网络架构；配电业务终端空天地异构泛在快速可靠接入技术；融合空天地韧性组网与安全防御的电力应急通信技术；基于“电力-通信”资源耦合的配网供电恢复与可靠运行技术；空天地成套电力装备和广域协同应急平台及示范应用。

考核指标：研发电力广域协同应急平台，具备配网灾害预警功能，灾损区域预警分辨率优于 1 千米，受灾等级准确率不低于 95%，遥感数据融合时延不超过 5 秒，具备“电力-通信”资源联合决策功能，配网供电恢复决策时间不超过 3 分钟，供电恢复时间缩短超过 30%；研制电力应急通信装备，空基应急通信网服务范围不小于 10000 平方千米，平流层空基平台高度不低于 10 千米，空基站间速率不低于 200 兆比特每秒，应急通信构建不超过 45 分钟，应急网络可用性不低于 99.5%，终端多因素认证率不低于 95%，支持业务不少于 4 类，控制业务时延不超过 100 毫秒，视频终端带宽不低

于 10 兆比特每秒，配电终端在线率不低于 95%；以上平台装备在区县级规模下城市配网复电演练与海岛应急支撑场景开展集成示范应用，示范应用运行时长不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

2.5 基于 AI 大模型底座的新型电力负荷管理技术及应用

研究内容：针对分布式资源高渗透下需求侧协同能力提升、多主体市场潜能挖掘需求，研究负荷管理可信大模型与供需互动关键技术，具体包括：负荷管理多模态大模型底座与可信推理智能体构建技术；电力负荷细粒度预测和调节备用能力计算技术；基于价格预测与目标跟踪的分布式可信智能体决策技术；高效交互、快速响应的新型电力负荷管理系统及终端；面向区域供需平衡、多元市场主体即时服务及电网多时间尺度精准调控的示范验证。

考核指标：开发支持时序、文本、图像 3 类模态统一编码的 AI 模型，具备不小于 1 亿资源节点建模能力，工商业负荷特征辨识准确率不小于 90%；地市级负荷调节备用能力预测偏差不大于 10%，15 分钟级功率预测偏差不大于 5%，支撑不少于 3 类调节时间尺度的电力市场交易价格即时感知和用户市场决策，日前、日内市场价格预测偏差不大于 10%；研发承载千万级居民或工商业用户智慧用能管理平台，具备支持多元用户分布式能源管理、交易服务的功能，服务方案平均生成耗时不大于 2 分钟；研发云边协同的嵌入式 AI 边

缘终端，具备搭载不少于 3 种智能体的功能，终端神经网络处理器（NPU）算力不小于 4 万亿次运算操作每秒（TOPS），通信带宽不小于 10 兆比特每秒；平台、终端及 AI 模型应在分布式新能源渗透率不低于 20% 的省域进行集成示范应用，示范区内新装终端不少于 200 套，峰谷差下降 10%，示范应用连续稳定运行时长不少于 3 个月，实现基于云-边协同数智调控能力的可调资源规模不小于 2000 万千瓦。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：3 年

2.6 新型配电系统数字孪生与智能运行优化关键技术及应用

研究内容：针对海量分布式源荷接入的配电网数智化灵活运行重大需求，研究新型配电系统数字孪生与智能运行优化关键技术，具体包括：融合数字孪生与人工智能的配电系统运行优化与安全校验体系架构构建技术；不完备量测条件下配电系统数字孪生体构建与推演技术；知识高效嵌入与思维链推理增强的多元配电人工智能体构建技术；基于孪生体与人工智能体的配电系统自主优化决策技术；新型配电系统数字孪生与智能运行系统研制及示范应用。

考核指标：建立配电系统与环境等多元数据融合的数字孪生体模型库 1 套，涵盖设备、系统、事件 3 大类不少于 20 种模型，孪生体时间分辨率达毫秒级，响应更新延迟不高于 500 毫秒，稳态场景推演准确度不低于 95%，动态场景不低于 90%；配电人工智能体涵盖运行状态监测/推演、源荷预测、

安全边界感知、故障反演、应急转供决策等功能不少于 6 类，闭环决策时间达到秒级；研发新型配电系统数字孪生及智能运行系统，数字孪生能源类型包括风、光、燃气等不少于 3 种，支持分布式新能源消纳、电动汽车承载力提升、供需互动优化运行、电网风险防控等不少于 4 大类场景，与传统运行决策相比，AI 决策准确率不低于 95%；在新型配电系统示范工程中验证，连续稳定运行时间不小于 6 个月，示范区域涵盖不少于 150 座 110/35 千伏变电站、2500 条 10 千伏线路，负荷不低于 3000 兆瓦。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

2.7 复杂恶劣环境下电网运检设备灵活可靠无线供电关键技术及应用

研究内容：针对偏远地区及复杂恶劣环境下，电网系列运检设备灵活可靠供电需求，研究电网运检设备无线供电关键技术及装备，具体包括：基于新型耦合结构及电磁调控方法的无线供电技术；高压线路动态耦合取能与米级跨高压高效无线供电技术；基于新型半导体及电磁功率集成的无人机栖息式无线充电技术；水下无线大功率能量与高带宽低延时信号同步传输技术；高压线路在线监测终端、巡检无人机、水下巡视机器人等典型电网运检设备无线供电集成示范。

考核指标：在电网运检设备无线供电场景及正对、额定工况条件下，新型耦合结构无线供电系统单级传能效率不小于 95%；研制高压线路动态耦合取能模块 500 套，一次线路

载流 100 安条件下额定输出功率不小于 200 瓦；研制跨高压无线供电成套设备 500 套，最大供电功率不小于 100 瓦，其中，跨 500 千伏电压时无线传能距离不小于 4 米、整体传能效率不小于 40%，跨 220 千伏电压时无线传能距离不小于 2 米、整体传能效率不小于 50%，跨 110 千伏电压时无线传能距离不小于 1.3 米、整体传能效率不小于 70%；研制无线充电无人机及机巢成套装备 500 套，栖息式无线充电模组重量不大于 5 千克，栖息式无线充电无人机续航里程不小于 8 千米，栖息线路电压等级不小于 110 千伏；研制水下无线能信同传成套装备 1 套，水下无线能信同传传输距离不小于 5 厘米，传能功率不小于 15 千瓦、传能效率不小于 92%，水下能信同传通信速率不小于 30 兆比特每秒。以上装备应分别在高压线路在线监测终端无线供电、无人机无线充电、海缆巡视机器人无线充电 3 类场景示范应用不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

2.8 城市电网与轨道交通高效柔性互动牵引供电关键技术及装备

研究内容：针对轨道交通高可靠经济供电以及利用轨道交通供电资源参与电网调节的重大需求，研究城市电网与轨道交通高效柔性互动牵引供电技术，具体包括：中压贯通式柔性牵引供电系统架构及电网供电通道冗余优化技术；紧凑化轻量化新型牵引供电变流器拓扑构建与控制技术；新型牵引供电变流器集群协同下的电网有功无功调控技术；弱故障

特性下的牵引网保护与电网故障下的牵引网快速复电技术；
城市电网与轨道交通高效柔性互动装备集成与工程示范。

考核指标：提出中压贯通式柔性牵引供电系统架构不少于 2 种，轨道交通主所/开闭所电网进线总数降低不小于 10%；研制基于全自主碳化硅器件的新型牵引供电变流器，额定电压不小于 10 千伏，额定容量不小于 3 兆瓦，200%额定电流下持续运行不小于 10 秒，可四象限运行，新型轨道交通高效牵引供电系统（即变流器与变压器）较现有装备体积、重量降低不小于 40%，损耗降低不小于 10%；研制电网与轨道交通互动调度平台，利用中压贯通式通道实现电网主变间转移功率不小于牵引供电变流器额定容量的 50%，用于电网电压治理的无功容量不小于牵引供电变流器额定容量的 30%；研制柔性牵引供电系统故障保护装置，同一主所/开闭所电网进线 N-2 退出故障下牵引网停电时间不大于 1 秒；以上装备应在城市电网与轨道交通互动场景中示范应用，示范应用时长不少于 3 个月，示范线长度不小于 15 公里，沿线接入变电站数不小于 3 个，重载变压器数不小于 3 台，新型牵引供电变流器为电网提供无功不小于 ± 50 兆乏，重载期间变压器负载率降低不小于 10%，低谷负荷期间沿线接入变电站接入侧母线电压偏差率降低不小于 30%。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

2.9 大型城市能源互联网数字化平台关键技术与应用

研究内容：针对城市能源互联网跨域数据可信交互、融

合建模、应用服务等数字化核心需求，研究大型城市能源互联网数字化平台关键技术，具体包括：大型城市能源互联网统一信息模型与可信数据空间构建技术；复杂城市能源系统跨域数据融合与时空多尺度对齐、存算一体技术；数字赋能城市可持续发展的多类型能源场站优化配置技术；大型城市能源系统安全经济运行的数据服务与决策支持技术；大型城市能源互联网数字化平台搭建与示范应用。

考核指标：建成大型城市能源互联网数字化平台，示范城市年能源消耗总量不低于 5000 万吨标准煤，年单位面积 GDP 不低于 1 亿元每平方公里，涵盖不少于 250 个 110 千伏及以上变电站，不少于 30 个能源场站，存储原始数据不少于 1PB（非视频）；可信数据空间数据完整性不低于 95%，一致性不低于 95%；多时空尺度动态数据秒级时标误差不高于 $\pm 5\%$ ，脱敏后数据完备率不低于 95%；支持 PB 级跨模态时空数据高效存储计算，千万要素复杂时空分析秒级响应；面向绿色、安全等不少于 2 类能源可持续发展场景，支持电动汽车充电站、光储电站、燃气站等不少于 3 类场站的资源预测、选址定容、投资分析；提供安全态势感知、政府政策制定、能源企业运营等不少于 3 种数据服务，薄弱环节辨识、跨能流故障预警等安全态势感知准确率不低于 92%，支持大型城市生产用能引导、极端天气保供等辅助决策。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

2.10 高负荷密度城市公共建筑群商业负荷规模化互动

技术及装备

研究内容：针对高度差异化公共建筑调节能力难以工程化精准评估、功率宽范围精准调控型装备缺乏以及多场景高效互动不足等问题，研究高负荷密度城市公共建筑群商业负荷规模化互动关键技术及装备，具体包括：“热源-设备-环境”全息感知的公共建筑动态调节能力精准量化技术；功能约束条件下典型负荷设备功率宽范围精准连续调控技术；考虑多层级互动和多能互济的公共建筑群负荷调控智能决策技术；适应多类型商业负荷高效互动的感通算协同智联调控装置；高负荷密度城市建筑群商业负荷规模化互动和调控示范验证。

考核指标：研发公共建筑群互动管理平台、电网友好型建筑温控负荷设备和智联调控装置，在高负荷密度城市开展规模化互动示范，示范应用时长不少于 3 个月；日前动态调节能力评估精度不低于 90%，时间间隔不超过 15 分钟；建筑温控负荷设备功率连续调节范围为最大负荷 20%~100%，调控误差不高于 8%；适用互动场景不少于 5 种，涵盖调峰、重过载管理、调压、低碳绿色等；智联调控装置具备状态感知、边缘协同、通信控制能力，策略生成时间不高于 5 秒；接入公共建筑不少于 200 栋，总建筑面积不少于 500 万平方米，接入集中冷站不少于 5 个，接入最大负荷不少于 200 兆瓦，公共建筑类型不少于 5 种；在满足建筑舒适安全前提下，15 分钟持续调节能力不低于 100 兆瓦，1 小时持续调节能力

不低于 50 兆瓦，示范商业区域峰谷差下降 10%，典型公共建筑综合能耗下降 10%。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

2.11 适应 100%新能源的全直流数据中心高效可靠供用电技术及应用

研究内容：针对数据中心绿色低碳、稳定可靠、能效提升及与电网柔性互动需求，研究可适应 100%新能源供能场景的数据中心全直流高效可靠供用电关键技术，具体包括：数据中心源荷全链条全直流供电系统构建、关键装备研制及稳定可靠运行技术；冷-电协同的环控系统直流化高效运行技术；算-冷-电交互式高能效绿色算力保障技术；基于直流供用电及环控系统的数据中心多资源调控与主动响应技术；全直流数据中心高效可靠供用电示范工程。

考核指标：研制可支持 4 种及以上能源形式接入（包括但不限于光伏、风电、储能、空气源/水源综合能源系统供电）和支撑综合能源网的超高功率密度多端口能量路由装置，负载端口总额定功率不低于 5 兆瓦、功率组件体积功率密度不低于 1 瓦每立方厘米，综合能效不低于 97%；研制全套直流化冷机、水泵等环控装备 3 种及以上，具备标称 80%~105% 的宽电压高可靠运行能力；研制高密度一体化直流高效算力设施，单服务器机柜额定功率不低于 80 千瓦；数据中心电力负荷最大柔性调节深度不低于最大负荷的 30%；建成直流供电规模不低于 5 兆瓦的数据中心示范工程，从能量路由装

置输入端口至服务器电源输出的全链路效率不低于 92%，100%直连新能源下稳定运行连续时长不少于 10 小时，季度总时长不少于 400 小时，电能利用效率（PUE）相比传统交流数据中心降低 0.02 以上，总 PUE 不超过 1.19，季度碳利用效率（CUE）低于 0.1 千克每千瓦时。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

方向三：电网柔性互联与安全运行

3.1 超/特高压开关设备核心组部件关键技术及示范应用

研究内容：针对实现超/特高压开关设备核心技术自主可控，整体全面自主化的迫切需求，研究超/特高压开关设备关键组部件的“材料-工艺-器件”全链条自主化关键技术，具体包括：合闸电阻用碳陶瓷材料配方及电-热-力性能协同调控和批量制造技术；特高压断路器用纤维增强板型绝缘拉杆树脂体系开发及材料和拉杆批量制备技术；高压高速液压滑动密封圈聚四氟乙烯基复合材料体系开发及密封圈批量化制备技术；高载流触指铜合金材料开发及电接触器件精密成型批量化制备技术；基于以上组部件研制全面自主化的超/特高压开关并示范应用。

考核指标：电阻材料比热容不低于 900 焦耳每千克开尔文，抗压强度不低于 120 兆帕；电阻片体积热容量不低于 500 焦耳每立方厘米，年产能不低于 10000 片，良品率不低于 80%；每千克树脂基料可水解氯含量不大于 120 毫克；拉杆

平行层向击穿强度不低于 40 千伏（样块耐压厚度 6 毫米），机械寿命不低于 10000 次，年产能不低于 300 支，良品率不低于 85%；密封圈聚四氟乙烯材料抗拉强度不低于 29 兆帕，断裂伸长率不低于 280%，蠕变不高于 6%，机械寿命不低于 15000 次，年产能不低于 1000 件，良品率不低于 80%；表带触指导电材料抗拉强度不低于 300 兆帕，每组触指载流不低于 120 安培，年产能不低于 5000 件，良品率不低于 80%；基于以上组部件研制全面自主化超/特高压开关并示范应用不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

3.2 超/特高压变压器核心绝缘材料、组部件关键技术及示范应用

研究内容：针对超/特高压用绝缘纸板及出线装置的自主化要求，研究完全国产化的环保型固体绝缘材料及制备工艺，具体包括：绝缘纸板构效机理研究及新型合成纤维、天然纤维绝缘纸原料制备；绝缘纸板成型工艺调控、批量制备及评价体系；绝缘油-国产纸板复合绝缘材料体系研究及性能验证；基于国产纸板材料的出线装置研制及性能验证；全面自主化的超/特高压变压器研制及示范应用。

考核指标：开发材料发现模型和软件，发现不少于 2 种新型绝缘纸原料，至少 1 种用于纸板的研制；3 毫米（正负 0.15 毫米）厚度绝缘纸板，灰分不大于 0.4%，横向拉伸强度高于 90 兆帕，纵向拉伸强度高于 115 兆帕，油中电气强度

高于 45 千伏每毫米，年产能不小于 5000 吨；换流变出线装置，绝缘试验水平提高不小于 10%，通过 5 倍重力加速度的冲击振动试验及宽带随机振动试验，年产能不小于 500 套；超/特高压变压器、 ± 800 千伏直流输电用换流变压器全面国产化，交流局放量不大于 90 皮库，实现示范应用不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

3.3 新型电力系统暂态稳定科学计算大模型技术

研究内容：针对人工智能暂态稳定分析技术应用潜力大，但技术开发路径不明、工程实用化难度大等问题，研制深度融合物理机理的电力系统轨迹生成大模型，建立暂态稳定快速、可解释的智能分析范式，具体包括：电力系统暂态计算的多元异构信息表征与特征提取技术；物理规律与数据驱动模型的深度融合与推理求解方法；物理规律强约束下的电力系统暂态轨迹生成大模型构建技术；大模型生成轨迹置信评估与可信、可解释的稳定分析技术；暂态稳定快速智能分析平台研发与示范应用。

考核指标：研发基于国产超算的电力系统智能安全稳定分析平台，支持不少于 3000 节点的国内省级电网主网暂态轨迹生成和稳定分析，可生成案例的关键动态变量和电网状态轨迹及其置信区间，依靠电网真实数据按月训练更新，适应未来不少于 3 年的电网拓扑发展；与真实受扰过程数据比较，平台生成的关键动态变量轨迹精度与数值仿真方法生成

的轨迹精度平均相差不超过 5%；平台对功角、频率和暂态电压稳定性判断准确率不低于 95%，分析评估速度较传统数值仿真方法提升不少于 100 倍。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：3 年

3.4 高密度电网分区分层新型柔性互联技术及装备

研究内容：针对高负荷密度电网安全保供能力与可靠性提升重大需求，研究分区分层立体柔性互联电网构建与运行、主网分区新型交流换流的柔性互联、配网新型柔性互联等关键技术与装备并进行示范，具体包括：立体柔性互联电网形态构建与耦合机理、装备配置方法；立体柔性互联电网协同运行、安全稳定控制与故障防御技术；220 千伏多功能紧凑新型交流换流技术与柔性互联装备研制；配网轻量化新型柔性互联关键技术与装备研制；高密度电网分区分层柔性互联工程示范应用。

考核指标：立体式柔性互联系统方案涵盖 220 千伏至 10 千伏，互联区域最大负荷密度可提升 10%；分区分层协控系统功率支援响应时间小于 50 毫秒，短路电流降低幅度不小于 8 千安，故障防御响应时间小于 10 毫秒；220 千伏新型交流柔性互联装备额定容量不小于 300 兆伏安，较背靠背模块化多电平换流器功率密度提升 50%；直接串联的器件数量不少于 10 支，开通与关断动态过程中电压不均衡度小于 15%；配网新型柔性互联装备电压不低于 10 千伏，装备整体系统功率密度不低于 35 千伏安每立方米；在负荷密度高于 10 兆

瓦每平方公里的区域建成区县级分层柔性互联示范工程，示范应用不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

3.5 高倍载强支撑紧凑型柔直换流阀关键技术及装备

研究内容：针对传统高倍载换流阀技术超配数倍子模块带来的电容用量庞大、阀厅占地大的难题，围绕柔直换流阀拓扑创新，研究强支撑紧凑型柔直换流阀装备。具体包括：柔直换流阀与主网交互机理研究与暂态支撑能力需求分析；电流关断与承压解耦的高倍载柔直换流拓扑研究；柔直换流阀新型换向调制技术研究；高倍载强支撑紧凑型柔直换流阀设计与样机研制；高倍载强支撑紧凑型柔直换流装备示范应用。

考核指标：提出柔直换流阀对电网支撑作用的量化分析方法，提出新型模块化换向柔直换流阀拓扑，具备交流故障下的主动支撑能力；研制具备不低于 3 倍额定电流/1 秒过流能力的换流阀，相比同等容量和过流能力的传统超配型换流阀，损耗减少不小于 25%，子模块电容总能量降低不小于 60%，阀体占地减少不小于 60%，造价降低不小于 40%，换流阀 50%以上子模块无需超配；示范工程电压不小于 ± 200 千伏，容量不小于 1200 兆瓦，示范应用不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

3.6 基于先进半导体器件的全控型潮流短路协同控制关键技术及工程示范

研究内容：针对现有潮流、短路控制技术难以兼顾交流断面潮流和短路电流控制，同时装置占地大、成本高的问题，研究以先进半导体器件变流器为基础功能单元的交流断面潮流短路协同控制关键技术，具体包括：全控型潮流调节与短路控制协同机理与拓扑研究；基于先进半导体器件的高功率密度组件集成设计技术研究；紧凑、经济、可靠的全控型潮流短路协同控制装备研制；全控型潮流短路协同控制装备控保技术研究；交流断面全控型潮流短路协同控制工程示范应用。

考核指标：提出全控型潮流短路协同控制新型装备拓扑，突破基于新型宽禁带器件的大容量柔性输变电装备技术；先进半导体器件功率组件密度不小于 0.15 瓦每立方厘米；基于先进半导体器件的大容量潮流短路协同控制装备，额定电压不低于 220 千伏，额定容量不小于 20 兆伏安，调控效率不低于 98.5%，单位调节容量占地不大于 1.2 亩每 10 万千瓦，单位调节容量投资不大于 0.2 亿元每 10 万千瓦，与在运统一潮流控制器相比装备体积缩小 60%，成本降低 40%；示范工程电压等级不低于 220 千伏，装备潮流调节容量不低于 500 兆瓦，可实现装备潮流调节范围-1p.u.至 1p.u.，被控线路短路限流深度不小于 60%，强迫停运次数不大于 3 次/年，示范应用不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

3.7 偏远新能源基地超远距离接续调节与传输技术

研究内容：针对偏远新能源基地超远距离外送重大需求，并充分利用省级电网抽水蓄能等调节资源优势，研究接续调节与传输技术并示范应用，具体包括：研究基于送端、接续端、受端（以下简称三端）新能源出力和负荷特性曲线的多时空协同规划技术和多主体共赢市场调配机制；研究服务于高比例新能源接续调节的抽水蓄能等多类型调节资源接入系统优化和集群协同控制技术；研究适应直流大功率馈入和送出并存场景的交直流混合潮流控制技术；研究防止三端连锁故障传递的安全运行技术；建设具有高比例新能源调节能力的接续型电网示范工程。

考核指标：研发适用于三端电网的源网荷储协同规划平台，可支撑节点不少于 1 万，新能源电量占比不低于 50%，需求侧响应类型不少于 3 种，容量不少于 100 万千瓦；研发抽蓄和新型储能集群协控装置，接入抽蓄至少 2 座、新型储能至少 100 万千瓦，协调配合响应时间不大于 1 秒、控制功率偏差不大于 1%；新建新型潮流灵活控制工程，实现三端潮流精准控制，功率控制误差不超过 1%；攻克适应高比例电力电子装置渗透的电网频率、电压稳定和连锁故障安全防护技术，避免三端连锁故障，三端安全防护装置整组动作时间小于 100 毫秒；建设示范工程，接续省份新建抽水蓄能等调节能力不少于 300 万千瓦，送端省份通过直流送至接续省份，直流输送能力不少于 600 万千瓦，经调节后接续省份向受端省份供电能力不少于 200 万千瓦；以上装备在示范工程

中连续稳定运行时间不少于 6 个月。

项目类型：重大示范验证类/实施年限：4 年

3.8 新型电力系统动态稳定问题的能量驱动机理及分析 调控关键技术

研究内容：面对持续发生的系统动态稳定问题及机理化稳定控制方法的缺失，揭示新型电力系统动态稳定问题的形成机理，研究机理驱动模型聚合方法，在实时仿真平台验证稳定控制关键技术，具体包括：能量驱动的多样化设备和网络元件的特性与建模方法及系统振荡的能量交换机理；设备和网络元件存储能量间的交换特征与模型线性化的机理和方法；不同时空尺度存储能量间的耦合机理和计及跨尺度效应的模型聚合方法；元件的能量驱动特性与运行平衡点对模态阻尼的影响机制及振荡预防调控方法；机理化在线振荡模态分析和预防调控系统的研制与实时仿真平台验证。

考核指标：揭示新型电力系统机电和电磁特性的时空演进机理，刻画参与振荡各有源和无源元件间交换功率的量化分布特征，中、低频振荡场景下（0.1-100Hz），所测量的交换功率的最大相对误差不高于 5%；提出不同运行平衡点上的线性化中、低频聚合模型，中、低频振荡场景下，与原始模型相比，能量存储状态演化的积分误差不超过 5%；研制在线振荡模态分析和预防调控系统，在线模态阻尼的计算时间小于 30 秒，调控策略更新时间小于 5 分钟，调控动作响应时间小于 10 秒；对于新能源场站超过 500 个、外送直流

不少于 8 回、局部时段新能源发电功率占比超过 60% 的省域电网运行场景，中、低频振荡风险的误判率不超过 5%，预防调控的有效性不低于 95%，基于实时仿真平台验证预防调控系统。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

3.9 特高压柔直换流阀数字孪生与故障防护关键技术研究 与工程示范

研究内容：针对新能源基地地区特高压柔直工程安全运行重大需求，研究柔直阀数字孪生和故障防护技术，具体包括：研究极端环境及复杂工况下柔直阀“热-机-电”故障失效的演变规律及特征表征技术；研究柔直阀非稳态、突发故障原位精准感知技术并研制融合先进弱磁量测技术的高可靠高精度传感装置；研究多物理场建模与快速仿真技术并构建物理信息人工智能驱动的柔直阀动态数字孪生体；研究融合“物理感知”和“数字推演”的健康状态自诊断技术以及基于状态预测的柔直阀运维决策与调控防护技术；研制虚实融合多层级一体化柔直阀故障预警与主动防护系统，在中试平台开展验证，并在实际工程示范应用。

考核指标：IGBT 栅极电压动态特征参数、通态压降测量误差不超过 5%，弱磁检测限小于 1 微特，局放检测限优于 3 皮库，故障定位精度小于 10 厘米；攻克全自主化柔直阀数字孪生技术，IGBT 结温、阀塔及功率模块温度场、关键物理量孪生误差小于 5%，响应时间小于 10 秒；实现器件

失效、放电、过热等故障场景下的健康状态自诊断准确率超 90%，故障防护成功率超 90%；研制虚实融合多层级一体化柔直阀故障预警与主动防护系统。在中试平台开展验证，并在 ± 800 千伏直流工程示范应用不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

3.10 柔性幅相调压功能的超高压可控换流变压器关键技术及装备研制

研究内容：针对高比例新能源接入及直流容量提升给超高压电网换相换流站带来的大范围快速幅相调压重大需求与挑战，研究具备柔性幅相调压功能的超高压可控换流变压器（以下简称柔性可控换流变压器）关键技术与装备，具体包括：柔性可控换流变压器有源磁控调压基础理论及方法；电磁耦合调压的柔性可控换流变压器拓扑结构设计及实验验证；柔性可控换流变压器分相宽幅精准调压及其与换流阀控快速协同控制技术；低损耗、低成本、高可靠超高压直流输电柔性可控换流变压器研制；柔性可控换流变压器性能考核技术与示范。

考核指标：提出超高压直流输电电压特性与有源柔性磁控调压理论；提出柔性可控换流变压器的电磁耦合调压原理与拓扑；研制 ± 500 千伏直流输电用柔性可控换流变压器样机，网侧电压不低于 220 千伏，调控容量不小于 250 兆伏安，实现不小于 $\pm 25\%$ 额定电压、30 度电压相角范围的连续调幅调相，调压精度 0.2%额定电压，响应时间不大于 40 毫秒，

采用高端电工钢，空载损耗降低 8%；提出柔性可控换流变压器试验技术，研制的柔性可控换流变压器通过型式试验并示范应用，示范应用带电时间不少于 6 个月，平均无故障工作时间不低于 2000 小时。单位调节容量投资不大于 0.72 亿元每 100 兆伏安。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

方向四：智能电网基础支撑技术

4.1 特高压直流套管胶浸纸绝缘材料关键技术及示范应用

研究内容：针对特高压胶浸纸直流套管用高性能电工皱纹纸和环氧树脂自主可控需求，研究皱纹纸和环氧树脂整链开发关键技术，具体包括：绝缘木浆纤维特性与宏观性能间构效关系及起皱用基纸稳定制备；起皱特性多尺度调控与皱纹纸批量化生产工艺；超高纯环氧树脂基料规模化合成路线设计与浸渍用配方体系批量化生产工艺；国产皱纹纸和环氧树脂工艺适配及复合绝缘体系服役性能评价技术；研制全面自主化的特高压胶浸纸直流穿墙套管并实现示范应用。

考核指标：制备绝缘木浆，木浆灰分不大于 0.4%，抗张指数不小于 85 牛·米每克；皱纹纸纵向抗拉强度不低于 4.3 千牛每米，横向吸油高度不小于 20 毫米每 10 分钟，最大幅宽不小于 2.5 米，年产能不小于 1000 吨，根据 JB/T 10441.3 的第三方送样测试合格率不小于 98%；高纯环氧树脂基料可水解氯含量不大于 120 毫克每千克，60 摄氏度下黏度不大于

60 毫帕·秒，年产能不小于 1000 吨，根据 GB/T 15022.2 标准进行第三方送样测试，其合格率应不小于 98%；基于国产材料的特高压直流穿墙套管电容芯体固化放热峰温度不大于 150 摄氏度；研制全面自主化的特高压胶浸纸直流穿墙套管，20 摄氏度下介质损耗因数不大于 0.5%，工频局部放电量不大于 5 皮库，温升不大于 90 开尔文，并在±800 千伏换流站示范应用不少于 3 个月，平均无故障时间不低于 2000 小时。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

4.2 特高压干式空心电抗器用薄膜材料关键技术

研究内容：针对国产聚酰亚胺电工薄膜在介电强度和吸水率等方面存在的不足，开展特高压电抗器用高性能聚酰亚胺电工薄膜材料关键技术研究，具体包括：高性能聚酰亚胺树脂分子结构设计与多单体聚合技术；聚酰亚胺电工薄膜电-热-力性能综合调控技术；高介电强度聚酰亚胺电工薄膜批量制备；聚酰亚胺-环氧绝缘界面强化与服役性能评估；研制采用自主化高性能聚酰亚胺薄膜的特高压干式空心电抗器并实现示范应用。

考核指标：高性能聚酰亚胺单体材料，纯度不小于 99.8%；高性能聚酰亚胺电工薄膜，耐热温度不小于 200 摄氏度，介质损耗因数不大于 0.002，拉伸强度不小于 231 兆帕，厚度不大于 50 微米，厚度均一性偏差不大于±5%，吸水率不大于 1.6%，介电强度不小于 305 千伏每毫米；建成年产量 100 吨级聚酰亚胺薄膜产线，产品合格率不小于 98%；聚

酰亚胺-环氧绝缘界面局部放电量不大于 0.5 皮库，提出服役性能试验方法；研制基于高性能聚酰亚胺电工薄膜的 ± 800 千伏干式平波电抗器，额定直流电流不小于 3000 安； ± 800 千伏柔直桥臂电抗器，额定工频电流不小于 1000 安，通过第三方型式试验，并在 ± 800 千伏直流换流站中实现示范应用不少于 6 个月，平均无故障时间不低于 3000 小时。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

4.3 中高频电工装备用高效低损关键磁性材料及示范应用

研究内容：针对新能源消纳领域电能变换、灵活调控及高效利用环节对磁性元件大容量、高功率密度与高度集成化方面的共性需求，研究中高频电工装备用高效低损磁性材料及应用技术，具体包括：不同中高频段高性能磁性材料磁特性调控共性技术；大容量中频变压器用超薄硅钢批量制备技术；高准确度高压电流互感器用高导磁纳米晶制备技术；高频电感用软磁复合材料与软磁铁氧体制备技术；研制采用自主化高性能磁性材料的中高频电工装备并实现示范应用。

考核指标：超薄硅钢厚度不超过 0.05 毫米，宽度不低于 400 毫米，500 赫兹、1.0 特斯拉磁化下损耗不超过 8 瓦每千克；高导磁纳米晶起始磁导率不低于 50000；软磁复合材料 50 千赫兹、0.1 特斯拉磁化下损耗不超过 540 毫瓦每立方厘米，100 奥斯特下直流偏置特性不低于 80%；软磁铁氧体 25 摄氏度下饱和磁密不低于 0.42 特斯拉，起始磁导率不低于

15000；四种材料以自产或许可形式生产，年产能均不低于500吨；超薄硅钢中频变压器容量不低于5兆伏安，电压等级不低于10千伏；高导磁纳米晶电流互感器准确度0.1级、测量下限截止频率不高于30赫兹、上限截止频率不低于30千赫兹；软磁复合材料功率电感容量不低于320千伏安；软磁铁氧体滤波电感100千赫兹下标称阻抗不低于10欧姆每毫米；上述设备至少在三种电网场景下单独或集成示范应用不少于3个月，连续无故障运行时间不低于168小时。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4年

4.4 电网时空多域协同安全攻防关键技术

研究内容：针对电网感知控制设备信号攻击防护需求，研究电网时空多域协同安全攻防技术，具体包括：电网设备域和网络域风险传播路径及时序步序耦合攻防对抗致效机理；感知控制设备信号漏洞挖掘与攻击利用技术；感知控制设备信号攻击监测和攻击行为智能识别与防御技术；电网设备域信号攻击和网络域攻击协同攻防演习仿真建模与致效评估技术；面向实际场景的融合物理域和网络域的态势感知及多维特征关联的量化分析技术，在变电站、充电站等场景开展应用验证。

考核指标：提出覆盖电压传感器、电流传感器、温湿度传感器、惯性传感器、保护控制装置等不少于5类以上电网感知控制设备的攻防对抗模型；感知控制设备信号漏洞挖掘装置可对上述不少于5类主流电网感知控制设备进行漏洞挖

掘，每类至少挖掘出 1 个零日漏洞；感知控制设备信号攻击监测识别防护范围覆盖电磁、声波等信号，电磁监测覆盖 15 千赫兹至 24 千兆赫兹频段、声波监测覆盖 20 千赫兹至 200 千赫兹频段；支持不少于 4000 个设备节点的攻防仿真对抗演练规模；安全态势感知范围包括网络和信号，在变电站、充电站等不少于 2 种场景开展应用验证，攻击识别准确率均不低于 95%，设备针对有效攻击的防护成功率不低于 90%。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：3 年

4.5 变电设备局放-电弧超敏光学传感器关键技术

研究内容：针对超特高压变电设备局放-电弧故障预警和主动防御的要求，研究超敏光学传感器关键技术，具体包括：局放-电弧光学传感材料性能调控机理和基于宽带隙半导体的光子计数传感器件、时间数字转换电路与制备工艺；超构表面多通道宽光谱传感器件设计与制备工艺；微型光学压力波振动传感器件设计与制备工艺；植入式局放-电弧超敏光学传感器模组研制及相容性设计；基于超敏光学传感的绝缘缺陷智能识别与非电量保护方法及超特高压变电设备应用验证。

考核指标：光子计数传感器件，光子测量时间纳秒级，光敏波段 230 至 1000 纳米，增益不低于 10 万倍；超构表面宽光谱快速传感器件，支持信号近传感处理，光谱通道数不低于 600 个，光谱分辨率优于 1 纳米；光学瞬变压力波传感器件同时测量压强、振动，激波量程 8 兆帕，上升时间不大

于 1.5 微秒，温度影响系数不大于 0.05%每摄氏度；3 款器件年产能均不低于 1 万颗，良率均不低于 80%；局放-电弧超敏光学传感器模组支持局放光谱、弧光、压力波等不少于 3 类特征量识别，GIS 局放检测下限不高于 1 皮库，变压器高能电弧识别时间不大于 1 毫秒，在 500kV 及以上的超高压和特高压的变压器和 GIS 设备应用验证。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

4.6 高安全性变压器用硅基绝缘油关键技术

研究内容：针对电力变压器安全性提升需求，研究高性能硅基绝缘油分子设计与合成、油纸体系协同增效的方法与技术，具体包括：硅基绝缘油分子结构与性能构效机制及设计方法；硅基绝缘油多维性能协同调控与合成制备；硅基绝缘油与纤维素界面特性及油纸体系协同作用机制；硅基绝缘油及油纸体系的运行特性；硅基绝缘油电力变压器研发与应用验证。

考核指标：提出硅基绝缘油分子设计理论与合成方法；建成 500 吨级硅基绝缘油中试生产线，硅基绝缘油闭口闪点不低于 240 摄氏度、燃点不低于 330 摄氏度、燃烧热不大于 30 千焦每克、防火等级达到 K 级、40 摄氏度和零下 40 摄氏度的运动黏度分别不高于 28 平方毫米每秒和 280 平方毫米每秒；提出油纸浸渍工艺优化参数；硅基绝缘油在 1000 小时 120 摄氏度氧化安定性试验后介质损耗不大于 0.05、总酸值（以氢氧化钾计）不大于 0.1 毫克每克，获得硅基绝缘油

及油浸纸的绝缘、散热、老化、放电产物特性参数；研制 10 千伏和 35 千伏电压等级的电力变压器并应用验证。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

4.7 输变电设备状态感知类脑智能芯片及大模型关键技术

研究内容：针对输变电设备状态光、声、电等多源数据实时精准感知需求，研究电力类脑传感芯片及融合声、电磁等多场的类脑智能大模型，具体包括：动静结合视觉异构模态数据表征机理及传感架构，双模态高速视觉芯片研制；宽频声传感结构及动态增强方法，无源听觉芯片研制；嗅觉交叉敏感及长时漂移抑制方法，高精度与高集成嗅觉芯片研制；设备边端快速感知类脑多模态大模型；电力类脑感算终端，在输变电设备智能巡检、状态监测等场景示范应用。

考核指标：视觉芯片可采集同/异步静态帧和动态事件，可配置注意力区域，等效帧率不低于 1 万帧每秒（640×480 像素），动态范围不小于 100 分贝，识别速度不低于 600 帧每秒，静默功耗不大于 80 毫瓦，实时监测 3 类及以上放电形式；听觉芯片无源，响应频率 20 赫兹至 200 千赫兹，多声源检测能力不小于 3 个，可识别变压器、开关等异常声源；嗅觉芯片可测 10 种以上气体，精度优于±1ppm，年零漂不大于 3%，静默功耗不大于 20 毫瓦；类脑终端与模型全自主，参数不大于 10 亿，1M 长度下推理速度提升 3 倍、能效提升 10 倍（比 LLama 等传统大模型），上传云数据量降低 90%，

典型状态推演准确率不低于 95%；3 款芯片年产能均不低于 20 万，良率均不低于 80%，在 100 个及以上变电站与输电线路应用不少于 5000 颗，其中视觉不少于 2000 颗、听觉不少于 2500 颗、嗅觉不少于 500 颗，实现 80%以上类型输变电一次设备接入与精准感知。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

4.8 面向智能运维的输变电装备状态推演技术与平台化软件

研究内容：针对输变电装备智能体生成平台化软件缺失问题，研究模型快速计算、装备性能推演与智能体自进化、分层轻量化部署等关键技术，具体包括：装备设计、运维多维数据关联融合方法与模型可信可靠交互技术，开放、可扩展的输变电装备智能体生成平台化软件架构；装备多物理场高保真快速计算方法，运维数据与快速计算模型的协同校正与动态重构技术；机理-数据混合驱动的装备智能体构建方法，装备性能推演与智能体自进化技术；融合工程经验的知识驱动图形交互算法，场景化模型构建及智能体封装方法；自主可控的智能体生成平台软件及轻量化部署技术，并在 3 类典型输变电装备进行应用验证。

考核指标：开发自主可控的输变电装备智能体生成平台化软件，兼容国产 CAD 与 CAE 软件，开源代码使用率不大于 10%；支持涵盖设计制造、运维检修的 5 类数据融合分析和 3 类模型可信可靠交互；支持多物理场快速计算与实时重

构，千万网格单元模型计算和动态重构时间不超过 30 秒，计算误差与 Ansys TwinBuilder 等商业软件相比不大于 3%，与试验或实测相比不大于 8%；支持 3 类状态推演预测，3 类模型自主进化；开发变压器、开关、电缆 3 类典型输变电装备智能体，进行溶解气体扩散、局部过热、绝缘材料性能劣化、局部放电故障 4 种典型运行状态推演与诊断评价应用验证。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

4.9 4.5 千伏/5 千安级压接型 IGBT 器件安全运行区域扩展技术

研究内容：针对特高压柔性直流输电工程需求，研究国产 4.5 千伏/5 千安级 IGBT 器件安全运行区域扩展技术，具体包括：芯片和器件运行与短时极限工作过程物理表征方法及退化失效和击穿损伤机理；高结温宽安全工作区芯片的性能调控机理与关键工艺技术；宽安全工作区器件电热耦合封装设计及可靠性分析；基于 4.5 千伏/5 千安级器件的强防护能力电力电子模块构建技术；复杂暂稳态工况下器件-系统匹配机制与性能协同提升技术，实现国产器件在特高压柔直工程中应用验证。

考核指标：提出器件正常运行、短路、击穿过程中器件内芯片电流的高时间分辨率表征方法，测试时间分辨率不大于 1 纳秒；研制的 4.5 千伏/5 千安级器件最高耐受结温（工作结温）不小于 150 摄氏度，一类短路耐受时间不短于 15

微秒，3.6 千伏下关断电流不小于 12 千安；器件耐受直通放电电流不小于 1500 千安，器件热阻（结壳热阻与接触热阻之和）不大于 1.9 开尔文每千瓦；半桥型电力电子模块通过防爆实验且器件外框无裂纹，爆炸后散热器位移不超过 10 毫米；研制的器件在 ± 800 千伏/800 万千瓦级特高压柔直换流站中应用验证，应用数量不少于 200 只。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

4.10 低成本高可靠环境友好磷酸铁锂电池和超级电容器储能材料

研究内容：针对储能铁锂电池和超级电容器在新能源消纳中经济安全应用难题，研究低成本高安全铁锂电池和超级电容器材料，具体包括：退役铁锂电池活性锂绿色高效提取和低成本铁锂正极材料关键技术及制备工艺；长寿命锂电池石墨、高安全锂电池隔膜、固态电解质及制备工艺；高性能超级电容器隔膜及高比容超级电容器；高效低毒防复燃灭火材料及灭火装置；低成本高安全铁锂、石墨、隔膜和灭火材料在磷酸铁锂电池和超级电容器及储能系统/构网型设备中的协同设计、性能评价及示范应用。

考核指标：2 小时活性锂提取率不低于 95%，活性锂纯度不低于 99%，无废水，提锂制备铁锂成本不高于 2.1 万元每吨，铁锂制备示范线产能不小于 1 千吨每年；碳酸锂制备铁锂成本不高于 2.9 万元每吨，在 3 吨压力下，粉体压实密度不低于 2.7 克每立方厘米，产能不小于 1 万吨每年；45 摄

氏度环境下，锂电池石墨 500 次循环容量保持率不小于 98.5%，产能不小于 0.5 万吨每年；电池隔膜热收缩不大于 5%（200 摄氏度 1 小时），产能不小于 0.5 亿平米每年；电解质 25 摄氏度离子电导率不小于 5 毫西门子每厘米，抗拉伸强度不小于 20 兆帕；电容器隔膜水抽提液电导率不高于 20 微西门子每厘米，电容器能量密度不小于 65 瓦时每千克，以 6 分钟充满/放完额定容量的电流进行充/放电，80%充放电深度循环 2 万次容量保持率不小于 88%；电池火灾发现到扑灭时间不长于 3 秒，72 小时不复燃，氟化氢浓度不高于 0.04%；提锂和碳酸锂路线的非固态电解质电池材料成本分别不高于 0.18、0.20 元每瓦时，电池短路不开阀不外溢气体，8 毫米针刺不起火不爆炸；提锂制备铁锂电池和碳酸锂制备铁锂电池在电网侧或用户侧储能工程示范应用，示范容量不小于 40 兆瓦时，超级电容器在电网侧储能或构网型装备工程示范应用，以上示范应用均不少于 3 个月，平均无故障时间均不少于 48 小时。（相关成本核算均以碳酸锂价格 6 万元/吨为基准）

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

4.11 550 千伏/63 千安频繁投切断路器用耐电弧触头材料制备关键技术

研究内容：针对断路器频繁投切工况下，弧触头所面临的烧蚀和磨损量大幅增大、触指变形等导致开断可靠性急剧降低等关键问题，开展频繁投切高压大容量耐电弧触头材料

制备关键技术研究，具体包括：基于烧蚀磨损的仿真模型及触头烧蚀等价实验平台研究频繁投切弧触头失效机理；梯度结构铜钨复合材料设计及制备技术开发；频繁投切弧触头导电尾端用抗循环蠕变铜合金设计、制备及整体成型技术；梯度整体触头的稳定制备技术与应用；梯度整体触头的性能评估与交流滤波器断路器应用验证。

考核指标：开发的梯度结构铜钨复合材料整体导电率不小于 27 兆西门子每米，硬度不小于 275 布氏硬度；开发铜合金导电率不小于 46.5 兆西门子每米，高温软化温度不低于 590 摄氏度，抗循环蠕变性能较 T18140 铜合金提高 15%；铜钨-铜合金界面强度不小于 320 兆帕；开发出至少 1 种梯度整体触头，年产能达到 2000 套，抽检合格率 100%；累计开断电流相同的情况下，新型触头过盈尺寸减小量较常规触头降低 20%；新型触头在通过 20000 次机械寿命后性能劣化不大于 5%；新型触头在 550 千伏/63 千安交流滤波器断路器样机中通过 30 次满容量开断试验并在换流站工程应用验证。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年

4.12 高强抗疲劳与高导特耐热导线材料关键技术

研究内容：针对新能源大规模远距离特高压送出、电网安全可靠运行与极端场景保供需求，研究高强抗疲劳、高导特耐热等特种导线制备技术，具体包括：铝合金“导电率-强度-疲劳寿命/耐热性”协同调控机理；新型“高强抗疲劳/高导特耐热/高强超耐热”导线材料设计与制备技术；轻型铝

基碳纤维复合芯界面调控机理及芯棒制备技术；新型导线特种性能试验评价方法；实现新型导线在新能源大规模送出、电网增容、减灾防灾等场景的应用验证。

考核指标：高强抗疲劳铝合金线抗拉强度不低于 360 兆帕，旋转弯曲疲劳强度不低于 120 兆帕（3000 万次），导电率不低于国际退火铜标准 55%，伸长率不低于 5.0%；高导特耐热铝合金线耐热温度 230 摄氏度，导电率不低于国际退火铜标准 60%；高强超耐热铝合金线抗拉强度不低于 265 兆帕，长期运行温度 210 摄氏度；铝基碳纤维复合芯棒抗拉强度不低于 2500 兆帕，弯曲半径不大于自身外径的 30 倍，径向耐压不低于 60 千牛。新型铝合金导线产能 5 万吨/年，良品率达到 95%。高强超耐导线在重覆冰区 10 千伏配网线路应用验证；高导特耐导线在 220 千伏及以上增容改造线路应用验证；节能型高强抗疲劳导线在特高压大档距线路应用验证。

项目类型：战略前沿技术类/实施年限：4 年