

附件 1

智能电网国家科技重大专项 2024 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 2024 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。

2024 年度公开项目申报指南部署坚持紧扣实施方案，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

重大示范验证类等三个类别，拟启动 22 项指南任务，拟安排中央财政资金约 5.6 亿元（战略前沿技术类 0.2 亿元、重大技术装备类 3.6 亿元、重大示范验证类 1.8 亿元）。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 3:1；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 5:1。

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。

一、高比例可再生能源并网调控

1.1 远海风电新型并网送出系统示范工程

（项目类别：重大示范验证类/公开竞争）

研究内容：针对我国未来亿千瓦级远海风电基地经济高效送出需求，研究千兆瓦级远海风电新型送出技术，具体包括：大规模远海风电新型汇集送出拓扑与系统构建技术；风电场一直流—受端电网系统协同控制技术；远海风电新型汇集并网送出系统快速保护与故障清除技术；高经济性低损耗

柔性直流换流器关键技术及研制；千兆瓦级远海风电新型汇集并网送出系统集成技术，选择纳入国家规划内的项目开展工程示范应用。

考核指标：提出适用千兆瓦级远海风电新型并网送出系统成套设计方案；风电场一直流系统惯量瞬时响应时间不超过 300 毫秒，控制偏差不超过 2%，等效惯性时间常数不小于 8 秒；直流线路故障检测时间不大于 3 毫秒，风电场一直流系统具备交流故障下不低于 250 毫秒零电压穿越能力；研制不低于 ± 500 千伏/2000 兆瓦阀塔，阀塔功率密度不小于 1.1 兆瓦每立方米，损耗不大于 0.55%；依托纳入国家规划内的项目建成不少于 1 条 ± 500 千伏新型远海风电直流送出工程验证系统，直流输电距离不小于 80 公里，百公里输电成本不大于 0.08 元每千瓦时，年能量可用率不小于 95%。

实施年限：5 年

拟支持项目数：1~2 项

1.2 西部地区千万千瓦级大型新能源与储能一体化基地送出与稳定运行示范工程

（项目类别：重大示范验证类/公开竞争）

研究内容：针对我国沙漠、戈壁、荒漠等西部地区大型新能源基地电力汇集送出与稳定运行重大需求，研究千万千瓦级大型新能源与储能一体化基地经直流送出关键技术、装备研制，选择纳入国家规划内的项目开展工程示范应用，具体包括：极弱同步支撑下送端系统多时间尺度稳定机理与多

主体协同构网技术；送受端协同的多种类储能优化配置与综合利用技术；大型新能源基地单元一场站一集群多层次协同控制技术；新能源与储能一体化基地多源互补运行优化技术；新能源与常规或新型直流不同场景下的源一储一直稳定控制与保护技术。

考核指标：研制多主体构网、多类型储能综合利用、新能源基地单元一场站一集群多层次及源一储一直稳/暂态协同控制核心装备和成套控制系统，依托纳入国家规划内的项目建成西部地区千万千瓦级新能源与储能一体化基地送出与稳定运行技术重大工程，新能源总装机容量不低于 1000 万千瓦，送端新能源装机占比不小于 70%，多主体构网协同控制技术满足新能源场站机端工频暂态过电压水平不超过 1.3p.u.；电化学储能年运行小时数超过 800 小时，场站一集群调频有功调节至 90%指令值的调频响应时间不大于 300 毫秒、无功调节至 90%指令值的调压响应时间不大于 150 毫秒；新能源基地单元一场地一集群多层次及源一储一直稳/暂态协同控制系统满足有功功率调节偏差不大于 $\pm 2\%$ 额定功率，直流输电系统的新能源电力输送占比可达 100%，直流输电年通道利用小时数不低于 4000 小时；实现新能源基地在无常规电源支撑的孤岛、常规电源占比不大于 25%的孤岛、弱交流联网（机端短路比不大于 1.2）等场景下均可稳定运行。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

1.3 主力电源型光伏发电新型拓扑、控制关键技术及装备

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对传统光伏发电并网控制特性难以满足高比例新能源系统稳定运行的需求，研究主力电源型光伏发电装备新型拓扑、控制技术和光伏电站协同稳定控制技术，具体包括：多送出场景下光伏发电装备并网适应性控制及构网型控制技术；主力电源型光伏发电装备新拓扑及高过载强支撑技术；大容量构网型光伏逆变器研发；跟网/构网型光伏控制优化配置与协同运行技术；混合型光伏并网稳定控制与稳定风险在线预警技术。

考核指标：10兆瓦级构网型光伏逆变器采用全国产化功率器件，直流输入电压不低于2000伏，成本低于0.25元每瓦；光伏逆变器集成一次调频、一次调压功能，频率/电压扰动响应时间不大于30毫秒，可在电网短路比1~10及以上稳定运行，电网故障情况下最大过载电流不小于3p.u.（100毫秒），并网点电压跌至0，逆变器不脱网运行时间不小于200毫秒；100兆瓦光伏电站构网系统，可在电网短路比1.2以上稳定运行，电站中逆变器具备跟网和构网模式自适应控制能力，且切换时电网电压波动小于3%；稳定风险在线预警系统具备百万千瓦光伏基地宽频振荡及连锁事故风险预警及防御能力，预警准确率不小于99%、防御动作时间不大于500毫秒。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

1.4 百兆瓦级全功率变速抽水蓄能机组关键技术及装备

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对大规模风光新能源送出消纳和新型电力系统对灵活性调节资源的迫切需求，研究百兆瓦级全功率变速抽水蓄能关键技术及成套装备，具体包括：电网友好型变流器拓扑、参数设计、控制保护技术与装备；宽范围变速变功率水泵水轮机、发电电动机优化设计与装备；主动支撑型全功率变速抽水蓄能机组协调控制、继电保护技术与系统；全功率变速抽水蓄能场站级控制和源网协同技术；百兆瓦级自主可控全功率变速抽水蓄能系统集成及应用。

考核指标：研制全功率变速抽水蓄能成套装备，机组容量不小于 150 兆伏安；机组转速变幅不小于 25%，抽水功率调节范围不小于 50%；发电功率快速调节幅度不小于 10%额定功率，调节时间不大于 150 毫秒；变流器效率（包括满负荷发电、电动工况）不小于 98%，发电电动机最优效率（包括发电、电动工况）不小于 98%，水泵水轮机最优效率（包括水轮机工况、水泵工况）不小于 91%；电网电压跌落至 0.15p.u.，变流器不脱网运行时间不小于 150 毫秒，可发出 1.1p.u.无功电流；发电抽水工况均具备一次调频能力，调节时间不大于 25 秒；场站级有功调节速率不小于每分钟 65%额定功率，调节偏差不大于 1%。

实施年限：5 年

拟支持项目数：1~2 项

1.5 百兆瓦级海上综合能源岛示范工程

（项目类别：重大示范验证类/公开竞争）

研究内容：针对大幅提升海上能源资源综合利用水平和供给多样性，依托海上平台或自然岛/人工岛构建海上综合能源岛需求，研究海上能源岛关键技术，具体包括：海上综合能源岛能源综合利用总体规划和多能流优化配置技术；能源岛电气柔性互联系统拓扑设计和控制技术；高适海性电—氢—氨/甲醇转换装置及能源高效利用技术；海上综合能源岛平台轻量化设计与管廊优化布置技术；零碳海上综合能源岛多能流能量管控技术及工程示范应用。

考核指标：电气柔性互联系统不低于百兆瓦级，具有 4 种以上源/荷/储设备接入适配端口，具备系统故障穿越及全岛黑启动能力；电—氢—氨/甲醇装备综合效率不小于 65%，适应输入功率范围不低于 10%~150%额定功率；海上综合能源岛电—氢—氨/甲醇多能流优化控制响应时间达到秒级；海上综合能源岛系统总能源弃置率不大于 5%（新能源弃电量/新能源发电量）；海上综合能源岛系统连续无故障运行时间不少于 168 小时。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

1.6 混流式水电灵活性提升关键技术及装备

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：面向支撑新型电力系统灵活性提升的重大需求，研究水电机组灵活性提升关键技术、重大装备，具体包括：混流式水轮机宽负荷快速调节动力学瞬态机理及关键部件损伤机制；混流式水轮机关键部件空蚀及疲劳破坏防控技术；混流式水轮机宽负荷快速调节与稳定运行控制技术；宽负荷运行水轮机及附属设备优化设计与性能提升技术；支撑新型电力系统的水电机组灵活协同运行控制技术。

考核指标：混流式水轮机组全功率调节范围不小于额定容量的 70%；发电功率调节速率不低于 60%额定功率每分钟；稳态运行工况混流式水轮机组功率波动不超过 0.5%额定功率；水电站耗水率降低 5%；建立适用于宽负荷快速调节的水轮机水力激振动力学模型，模型计算的振动、压力脉动相比试验结果误差不超过 10%；完成不低于 100 兆瓦混流式水轮机组的灵活性提升应用验证，连续稳定运行时间不小于 3 个月。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

二、多元用户供需互动用电与能效提升

2.1 绿电绿氢重化工园区用能互动示范工程

（项目类别：重大示范验证类/公开竞争）

研究内容：针对高比例新能源消纳和重化工行业低碳发展需求，研究重化工园区绿色用能重大转型及供需互动用电

关键技术及工程示范应用，具体包括：电力—重化工耦合系统供需互动协同机理、电烯氢工艺与能效提升技术；电—热—氢—物质流耦合调控和 100%绿电智能微电网高可靠供电技术；绿电绿氢重化工系统数字孪生与生产模拟技术；风/光/储/氢集成构网供电装备、电烯氢及小型化电负荷可调绿氢装备研制；绿电绿氢—化工联动生产系统研制及工艺标准化。

考核指标：化工园区供需互动用电负荷不小于 20 万千瓦，调节范围 20%~100%，新能源电量和绿氢占比均 100%，全年 100%可再生能源微网独立供电化工生产小时数不小于 4500 小时，可再生能源利用率不小于 95%，电储能不大于 20 万千瓦/60 万千瓦时；绿氢重化工生产系统综合能效提升不小于 15%，电烯氢能效提升不小于 50%，功率控制响应时间不大于 500 毫秒，电负荷调节范围 0%~100%。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

2.2 省域深度低碳数字化新型电力系统示范工程

（项目类别：重大示范验证类/公开竞争）

研究内容：针对省域电力系统实现新能源高占比与深度低碳的需求，研究多类型清洁能源安全耦合与强不确定性源荷灵活互动的关键技术并实现省域集成示范应用，具体包括：广域分散的新能源集群与清洁能源的协同调控技术；省域电力系统碳监测与电碳耦合技术；面向高比例电气化的省域电网灵活资源柔性控制技术；省域大面积失电的不确定性源—

荷一网交互作用演化机理、风险防控与韧性提升技术；省域电力系统源一网一荷一储多场景数字化精准感知与一体化低碳运行技术。

考核指标：省域清洁能源发电装机占比不小于 90%，清洁能源年发电量占比不小于 80%；研发省域新型电力系统低碳数字化管控平台，具备支撑多类清洁能源安全耦合与强不确定性源荷的多层级灵活互动功能；多类型能源电碳实时优化调度策略生成时间不大于 30 秒；省域用户侧多时间尺度调控能力不小于最高负荷的 25%，规模化灵活资源多时空互动调控的准确率不小于 95%；省域系统风险评控决策计算周期不大于 1 分钟，大面积失电下具备重要负荷不停电、全域电网 36 小时恢复供电的能力。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

2.3 城市用电芯片级安全感知和预警关键技术及装备

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对新形势下供用电“涉电”和“保供”安全防范问题，研究芯片级安全感知和预警关键技术及装备，具体包括：城市高密度负荷区用电侧安全隐患成因与演化机理；安全风险的云边端协同感知、预警与应急处理方法；低成本的集成风险识别、安全预警功能的用电安全监测芯片研发；基于国产电力物联操作系统的“感一算一知”一体化的系列智能终端研发；城市级用电安全预警平台研发并示范应

用。

考核指标：典型用电安全风险预警模型不少于 10 类；用电安全监测芯片的安全识别专用 IP 核不少于 5 个，具有信息高速处理、隐患智能分析及定位功能，功耗不大于 500 毫瓦，休眠电流不超过 15 微安培；用电安全智能终端具有电参量、环境、电弧等多传感信息采集功能，安全识别时间不大于 1 秒，安全隐患定位准确率不小于 90%；用电安全预警平台安全预警准确率不小于 90%，可接入终端数不少于 1000 万台，示范规模不少于 30 万户。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

2.4 配电系统运行优化人工智能大模型关键技术及系统

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对配电系统大规模源网荷资源海量异构、网架复杂、双向互动等灵活高效调度运行难题，研究配电系统运行优化人工智能大模型支撑技术及系统，具体包括：多模态数据融合的配电系统运行优化人工智能大模型构建技术；拓扑频繁切换下的配电系统运行优化大模型泛化能力提升技术；兼顾广域新能源消纳的配电系统大模型供电运行方式编排和多时空协同运行优化技术；考虑源荷强波动的配电系统大模型台区重过载预测、应急检修推演及负荷快速转供决策技术；大模型支撑的新型配电系统运行优化系统研发并应用验证。

考核指标：配电系统专用大模型多模态表征能力不小于 3 类；单个供电运行方式生成时间不大于 10 秒，城市级高中压配电系统源网荷储协同优化时间不大于 30 秒；日前台区重过载预测准确率不低于 95%；在 5 万节点以上规模、含可控资源台区不少于 2 万个的超大城市主配一体架构配电系统应用验证，系统日内峰谷差降低 15%以上。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

2.5 新能源直流配电系统构建方法及关键技术

（项目类别：战略前沿技术类/公开竞争）

研究内容：针对新能源直流并网、直流负荷快速增长和各层级配电网潮流灵活调控的发展需求，研究新能源直流配电系统的构建方法及关键技术，具体包括：新能源直流配电系统的组网方式及规划方法；多电压等级、多分区互联新能源直流配电系统的运行特征和调控方法；新能源直流配电系统的故障特征及保护方法；高功率高效电力电子直流变压器的新型软开关拓扑和容错运行控制方法；新能源直流配电系统验证平台研制。

考核指标：提出新能源直流配电系统组网方法与调控方法，互联电压至少包含正负百千伏级、正负十千伏级和正负百伏级，互联子网分区数不低于 3 个；提出新能源直流配电系统故障保护新方法，实现各电压等级内保护的快速动作和不同电压等级间保护的自动配合，各级保护动作时间小于 3

毫秒；提出直流变压器新型软开关拓扑与容错控制方法；验证平台的新能源和储能种类不低于 3 个，新能源占比 100%。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

三、电网柔性互联与安全运行

3.1 ± 800 千伏直流气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）关键技术及装备

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对西部新能源基地直流送出工程直流线路穿越高寒高海拔、高地震烈度等复杂地形地貌及密集通道、交叉跨越等特殊环境的需求，开展特高压直流 GIL 关键技术研究及装备研制，具体包括：复杂运行工况下特高压直流 GIL 气固界面绝缘特性及失效机理；关键绝缘材料配方体系开发及性能调控；特高压直流 GIL 高可靠结构与超大型绝缘件稳定制造技术；特高压直流 GIL 样机研制及试验考核技术；基于多参量状态监测的特高压直流 GIL 智能运维技术与工程应用。

考核指标：提出 ± 800 千伏电压等级、大温度梯度下直流绝缘件许用场强控制值；开发满足工程应用要求的高性能直流绝缘件环氧复合材料配方体系，绝缘材料介电强度不小于 30 千伏/毫米，体积电阻率不小于 10^{17} 欧姆·厘米，玻璃化转变温度不小于 130 摄氏度，绝缘件成品率不小于 90%；GIL 典型单元不少于 4 种类型，额定电压 ± 816 千伏，额定

电流 8 千安，2 小时直流耐受电压 1224 千伏，雷电/操作冲击电压 1950 千伏/1800 千伏，通过长期绝缘可靠性试验考核；开发特高压直流 GIL 多参量状态感知与智能运维系统，状态监测参量包含局部放电、气体泄漏等不少于 5 种；整机在特高压直流工程中示范应用，不少于 4 种典型单元，总长不小于 100 米。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

3.2 550 千伏大容量真空开断环保气体绝缘型全封闭组合电器（GIS）关键技术及装备

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对高压开关设备绿色环保的发展需求，研究 550 千伏真空开断环保气体绝缘型全封闭组合电器（GIS）关键技术，具体包括：环保型 GIS 真空灭弧室多物理场耦合仿真及高精度实验测量技术；高压 63 千安真空灭弧室设计与制造技术；多断口间绝缘、开断协同控制技术；550 千伏真空环保 GIS 整机研制及试验验证；550 千伏真空环保 GIS 工程应用。

考核指标：研制 550 千伏真空开断环保气体绝缘型 GIS 样机，额定电流不小于 4 千安，额定短路开断电流不小于 63 千安，全开断时间不大于 50 毫秒；大容量开断采用多真空断口串联方案，断口数不大于 3；全封闭组合电器绝缘气体全球变暖指数（GWP）不超过六氟化硫（SF₆）的 1%；研制的

GIS 样机实现工程示范应用，不少于 2 座 500 千伏变电站，3 种典型间隔（主变间隔、线路间隔、母线间隔）开展试运行。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

3.3 超大城市电网柔性多端互联示范工程

（项目类别：重大示范验证类/公开竞争）

研究内容：针对新型电力系统下超大城市电网规模不断增加面临的短路电流超标、片区电网互济能力不足、核心区域源荷分布不均等问题，研究嵌入式柔性直流实现城市供电片区柔性互联技术，具体包括：超大城市嵌入柔性直流的电网形态及其构建方法；提高城市电网灵活性和安全性的柔性互联控制技术；低损耗新型柔性直流换流阀装备研制；城市柔性直流换流站小型化、数智化技术；超大城市电网柔性多端互联系统集成与示范应用。

考核指标：在负荷密度不低于 10 兆瓦每平方千米的超大城市建成柔性直流多端互联工程，示范工程互联端数不小于 3 端、供电片区间潮流互济方式不小于 5 种、互济能力不小于 600 兆瓦；电网状态可自主感知并实现直流功率自主调节运行，响应时间不大于 15 分钟；每秒可执行不少于 20 个设备状态智能化分析算法；一键顺控视频确认平均处理时间（标准 10 秒）小于 5 秒；相比 220 千伏交流联网区域短路电流至少降低 5 千安；可实现供电片区潮流快速反转，潮流

反转时间不大于 100 毫秒；研制基于国产化大功率器件的柔性直流换流阀，换流阀损耗率不大于 0.55%，换流站每兆瓦占地不大于 10 平方米。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

3.4 ± 800 千伏/8 吉瓦可关断电流源型直流换流关键技术及装备

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对跨区电力安全高效输送、多馈入直流系统稳定运行等重大需求，研究可关断电流源型直流换流装备及应用技术，具体包括：可关断电流源直流换流装备与主网交互影响及稳定机理；可关断电流源直流换流装备交直流故障穿越与功率支撑技术；可关断电流源换流装备用全控器件定制化技术；可关断电流源换流装备智能触发监测技术；特高压可关断电流源换流装备集成与示范应用。

考核指标：提出可关断电流源直流换流装备在受端电网应用量化评价指标体系；研制可关断电流源换流装备阀塔样机，2 小时过负荷能力 1.2 p.u.，持续过负荷能力 1.1 p.u.，额定运行条件下的损耗率不超过 0.25%，系统交流故障下具备连续 10 周波可控关断能力；研制智能化触发监控系统样机；在 ± 800 千伏特高压直流工程中完成示范应用。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

3.5 特高压柔性直流架空线路故障电弧特性与新型清除关键技术

（项目类别：战略前沿技术类/公开竞争）

研究内容：针对远距离大容量柔性直流架空线路故障快速高效清除需求，研究柔性直流架空线路故障电弧特性与新型清除技术，具体包括：柔直架空线路故障电弧特性与去游离机理；架空线路及架空线路与电缆混合的柔性直流故障电流特性与计算方法；换流器与开断设备配合的直流故障电流新型快速抑制与清除技术；柔性直流系统架空线路故障电弧实验与测试技术；柔性直流系统架空线路故障快速清除仿真技术。

考核指标：获得 ± 800 千伏柔性直流电弧间隙去游离机制和介质恢复强度曲线，明确柔性直流架空线故障电弧弧隙去游离时间范围；提出至少一种柔性直流架空线路故障清除技术，针对输电距离不小于 2000 公里、输电容量不低于 8 吉瓦的柔性直流输电系统，架空线路直流故障下直流极线电流最大值抑制在 10 千安以下，架空线路直流故障熄弧时间不超过 150 毫秒；建立包含电弧模型在内的直流故障清除仿真方法。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

3.6 高渗透率新能源、高比例直流和高负荷密度的受端电网构建关键技术

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对“三高”背景下受端电网规划方法科学性不足、规划方案验证能力不足的问题，开展“三高”受端电网构建技术研究，具体包括：考虑碳预算和极端环境条件下保供需求的受端电网支撑性电源规划技术；超高比例新能源和直流馈入下受端电网规模形态优化和关键性稳定支撑设备配置技术；安全稳定约束下高负荷密度受端电网拓扑优化和自动规划技术；物理—数据联合驱动的规划电网场景生成和多时间尺度高效智能计算技术；受端电网规划验证系统的集成与高效计算分析平台研发。

考核指标：提出考虑至少 2 种碳减排技术路线、3 种极端环境条件的支撑性电源规划技术；提出至少 2 种超高比例新能源和直流馈入下受端电网形态，考虑至少 3 种关键性支撑设备的协调配置技术；规划碳中和目标下 2060 年的受端电网，可承载负荷的平均负荷密度不小于 1500 千瓦每平方公里、馈入直流输电规模超过省级受端电网负荷的 30%，全年直流输电和新能源电力渗透率不小于 50%的时间累计超过 6 个月；规划 2035 年的受端电网，馈入直流输电规模超过省级受端电网负荷的 25%，全年直流输电和新能源电力渗透率不小于 40%的时间累计超过 1 个月；研发受端电网规划验证系统与高效计算分析平台，实现考虑配电网特性的受端电网主网架规划方案的智能生成，实现 3 万节点以上、涵盖 220 千伏及以上规划电网全年 15 分钟级机电/电磁暂态规划

验证，运行方式数量不小于 10 万个，其中在安全边界数值大小的 15%范围内的方式数量占比不少于 20%。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

四、智能电网基础支撑技术

4.1 云边端协同的全栈国产化电力专用物联操作系统关键技术

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对海量分布式设备联网、双向互动、协同控制的需求，研究云边端协同的全栈国产化电力专用物联操作系统关键技术，具体包括：云边端协同的电力专用物联操作系统体系架构；异构多内核调度、跨域实时总线、进程确定性调度等操作系统技术；电力专用物联操作系统与云边端算力资源适配、算力资源调度技术；云边端业务应用统一部署和动态调度技术；云边端协同的全栈国产化电力专用物联操作系统。

考核指标：电力专用物联操作系统具备异构多内核调度能力，支持 128 千字节至 4 吉字节裁剪的实时核、超微核、智能核等 3 种及以上内核；具备跨域实时总线能力，支持通信协议不少于 7 种，支持通信链路底层互联互通；具备进程确定性调度能力，进中断响应时间小于 50 微秒；云边端算力资源灵活调度、应用统一部署条件下，边一端、端一端互操作时延不大于 50 毫秒；在“A+、A、B、C、D”五种类型

的供电区域实现电力专用物联操作系统在 10 万个终端规模以上的工程验证。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

4.2 输电线路持久性防疏冰导线和制备装备研制关键技术

（项目类别：重大技术装备类/公开竞争）

研究内容：针对输电线路冰灾防御的需求，研究持久性防疏冰输电导线的铝金属表面结构特征及防冰构效机理、制备方法、性能评价和导线制备，具体包括：铝金属表面持久性防疏冰性能的构效机理；防疏冰输电导线表面结构的调控与导线试制；导线持久性防疏冰性能及评价方法；防疏冰长导线的连续制备技术和装备研制；防疏冰长导线在实际输电线路上的工程验证和运行评价。

考核指标：制备防疏冰导线样品，冰粘附强度低于 5 千帕（温度为零下 5 摄氏度至 0 摄氏度，相对湿度大于 80%），8 小时实验室模拟雨淞覆冰量小于 200 克每米（温度为零下 5 摄氏度，相对湿度大于 80%，风速 5 米每秒，雨量 1 毫米每小时），72 小时自然环境覆冰量小于 3 千克每米（温度为零下 10 摄氏度至 0 摄氏度之间，风速为 2 米每秒至 10 米每秒之间，雨量为 5 毫米每日至 10 毫米每日之间）；实验室覆冰一融冰循环 200 次后冰粘附强度低于 20 千帕（温度为零下 5 摄氏度至 0 摄氏度，相对湿度大于 80%）；研制不低于

50 米每日的防疏冰长导线连续制备装备,研发 220 千伏/1000 安输电导线防疏冰性能试验平台并开展自然覆冰下的性能测试,实现典型覆冰区域三条 220 千伏线路的工程验证。

实施年限: 4 年

拟支持项目数: 1~2 项

4.3 超高压电力变压器用植物基绝缘油研制关键技术

(项目类别: 重大技术装备类/公开竞争)

研究内容: 针对环保型超高压电力变压器用合成酯绝缘油环保与稳定性要求,实现环保型合成酯绝缘油自主化,研究植物基合成酯绝缘油及其环保型超高压电力变压器关键技术,具体包括: 植物基合成酯分子设计与多元构型优化方法; 植物基合成酯绝缘油多维性能协同调控技术; 植物基合成酯绝缘油批量制备工艺与成套装备技术; 植物基合成酯绝缘油及其油纸绝缘服役性能演化规律; 植物基合成酯环保型超高压电力变压器研制与运行评价。

考核指标: 掌握植物基合成酯绝缘油定向高效合成关键技术,研制出植物基合成酯绝缘油及量产成套装备,量产绝缘油综合性能指标满足超高压等级电力变压器技术要求,工频击穿电压不低于 70 千伏,雷电冲击击穿电压不低于 120 千伏,燃点不低于 308 摄氏度,运动粘度不高于 29 平方毫米每秒(40 摄氏度),28 天自然降解率不低于 90%,按照 NB/SH/T 0811 氧化试验 164 小时后,总酸值不高于 0.3 毫克氢氧化钾每克,倾点不高于零下 45 摄氏度;研制出合成酯绝

缘油量产成套装备，形成自主可控万吨级年产能示范产线；研制出额定电压 500 千伏、额定容量不小于 334 兆伏安、效率不低于 99.85%的交流环保型超高压电力变压器，完成工程验证。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

4.4 交流功率及电能的量子测量关键技术

（项目类别：战略前沿技术类/公开竞争）

研究内容：针对新型电力系统对功率及电能的精密测量需求，研究基于量子的交流功率及电能测量关键技术，具体包括：约瑟夫森电压结阵的影响机理、制冷和驱动技术及宽频量子电压标准装置；差分采样和同步测量技术及基于量子的宽频功率及电能标准装置；可调功率放大技术及高稳定度标准功率源；宽频电压和电流比例自校准方法及电压和电流比例扩展装置；新型电力系统功率及电能的量值溯源方法和技术标准。

考核指标：宽频量子电压标准装置，频率 50 赫兹~10 千赫兹，电压幅值 1 伏，不确定度优于 5×10^{-6} ($k=1$)；宽频量子功率及电能标准装置，工频电能测量不确定度优于 8×10^{-6} ($k=1$)，60 次以下谐波电能测量不确定度优于 2×10^{-4} ($k=1$)；标准功率源，交流电压（30~240）伏，交流电流（1~100）安，频率 50 赫兹~3 千赫兹，功率不确定度优于 2.5×10^{-5} ($k=1$)，功率稳定度优于 1×10^{-5} 每分钟；电压和电

流比例扩展装置，频率 50 赫兹~3 千赫兹，电压比例 10 千伏/1 伏、电流比例 1000 安/1 安，电压比例误差不确定度 $5 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4}$ ($k=1$)、电流比例误差不确定度 $5 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-4}$ ($k=1$)。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1~2 项

4.5 感存算一体化微纳传感器件及变电主设备状态多维融合感知关键技术

（项目类别：战略前沿技术类/公开竞争）

研究内容：针对变压器、GIS 等变电主设备缺陷、瞬变电热故障的多维快速灵敏感知需求，研究具有性能可调与可控制备的感存算一体化微纳传感器件及变电主设备状态多维融合感知关键技术，具体包括：感存算一体化微纳传感单元性能调控机理及架构设计；快速电学量感知机理及感存算一体化电流、电压微纳传感器；超敏声光融合感知机理及感存算一体化微纳传感器；瞬变电热故障量子感知机理及感存算一体化量子微纳传感器；基于感存算一体化微纳传感器的变电主设备状态多维融合感知关键技术及现场应用验证。

考核指标：感存算一体化器件集成兆比特级非易失存储容量，存储与运算单元单比特写入能耗（时间）小于 1 皮焦（1 纳秒），边缘算力不低于 0.25TOPS；电流、电压微纳传感器响应时间小于 100 微秒且测量精度优于 0.5 级；一体化声学传感器灵敏度优于 35 毫伏每帕@1 米，单光子传感阵列

在紫外到近红外光谱范围内光子探测效率大于 10%；量子传感器响应时间小于 90 微秒，自旋光谱分辨率小于 50 毫赫兹；在变电主设备开展声、光、电、热不少于 3 种特征参量的多维融合感知现场应用验证。

实施年限：4 年

拟支持项目数：1 ~ 2 项