

附件 14

“智能电网技术与装备”重点专项 2017 年度项目申报指南

为落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020 年)》，以及国务院《能源发展战略行动计划(2014-2020 年)》、《中国制造 2025》和《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》等提出的任务，国家重点研发计划启动实施“智能电网技术与装备”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2017 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：持续推动智能电网技术创新、支撑能源结构清洁化转型和能源消费革命。从基础研究、重大共性关键技术研究到典型应用示范全链条布局，实现智能电网关键装备国产化。到 2020 年，实现我国在智能电网技术领域整体处于国际引领地位。

本重点专项按照大规模可再生能源并网消纳、大电网柔性互联、多元用户供需互动用电、多能源互补的分布式供能与微网、智能电网基础支撑技术 5 个创新链(技术方向)，共部署 23 个重点研究任务。专项实施周期为 5 年(2016-2020 年)。

2016 年，本重点专项在 5 个技术方向已启动实施 17 个

项目。2017年，拟在5个技术方向启动18-36个项目，拟安排国拨经费总概算为4.86亿元。凡企业牵头的项目须自筹配套经费，配套经费总额与国拨经费总额比例不低于1:1。

项目申报统一按指南二级标题(如1.1)的研究方向进行。除特殊说明外，拟支持项目数均为1-2项。项目实施周期不超过4年。申报项目的研究内容须涵盖该二级标题下指南所列的全部考核指标。项目下设课题数原则上不超过5个，每个课题参研单位原则上不超过5个。项目设1名项目负责人，项目中每个课题设1名课题负责人。

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。

1. 大规模可再生能源并网消纳

1.1 可再生能源发电基地直流外送系统的稳定控制技术 (基础研究类)

研究内容：针对我国弱同步电网中可再生能源发电基地直流外送系统的稳定运行需求，研究系统的动态特性和稳定控制方法，具体包括：可再生能源发电与直流输电的交互影响机理及其机电/电磁动态分析与仿真技术；可再生能源发电基地动态特性分析方法；多可再生能源发电基地间的相互作

用关系及相关电网动态特性分析方法；基于可再生能源发电、直流输电或专用装备的次/超同步振荡分析及抑制方法；计及可再生能源波动、交流系统故障和直流闭锁等因素的可再生能源发电基地稳定控制技术。

考核指标：提出弱同步电网中可再生能源发电基地直流外送系统的稳定控制理论与方法，建立 5MW 级含风/光发电、直流输电和常规电源的动态模拟平台，验证短路比 < 2 条件下相关抑制方法的有效性。

1.2 常规/供热机组调节能力提升与电热综合协调调度技术（应用示范类）

研究内容：面向我国北方地区由于火电机组调节能力不足导致弃风/弃光严重的现状，研究火电机组的调节能力提升技术，并通过机组间协同控制实现电力系统可再生能源消纳能力的有效提升。具体包括：常规/供热工况下火电机组调峰能力提升与最小技术出力降低技术；保障热负荷需求时提高热电联产机组电出力调节灵活性的蒸汽系统流程结构改造技术；基于热力系统和电力系统耦合特性，提升电力系统运行灵活性的热电机组及其他电热耦合设备的整体改造规划和运行控制技术；综合考虑可再生能源消纳和集中供热系统运行需求的常规机组、热电联产机组及供热锅炉的互补协调调度技术；开展工程示范。

考核指标：开发火电机组的调节能力提升及电热耦合系统能量管理技术，提出热力系统和电力系统的整体耦合模型，实现热电机组改造方案的最优规划设计以及常规机组、热电机组及供热锅炉的互补协调调度和优化控制。在含热电联产机组和其他热源的电网/热网耦合系统中开展示范，热电联产机组在纯凝工况和热电联产工况下分别增加 15%和 20% 额定容量以上的调峰能力。

1.3 多能源电力系统互补协调调度与控制（应用示范类）

研究内容：研究含风光水气火储等多种电源形式的多能源电力系统协调调度控制技术，实现电力系统运行灵活性和可再生能源消纳能力的有效提升。具体包括：多种异质能源资源的同质化耦合建模与分析技术；多能源系统中的不同类型电源的互补特性分析方法及利用其互补特性提高系统灵活可控能力的技术；多能源电力系统的规划和设计方法（选型、容量配置及多点布局）；多能源电力系统的优化运行策略；开展工程示范。

考核指标：建立多种能源资源的耦合模型，提出其特性分析、互补运行和协调调度方法，实现多种能源电源的优化选型、配置以及互补协调调度和控制；示范工程内参与互补协调调度的电源类型不少于 4 种，非水可再生能源发电装机比例不低于 30%，通过互补协调调度提升可再生能源发电量消纳能力 5%以上。

2. 大电网柔性互联

2.1 超导直流限流器的关键技术研究(共性关键技术类)

研究内容：研究超导直流限流器的关键技术，完成样机研制并通过试验验证。具体包括：超导直流限流器的原理与系统结构设计、高温超导带材的电磁特性及抗冲击稳定性、限流单元的设计与制造关键技术；低漏热高压电流引线技术、低温高电压绝缘技术；超导直流限流器的低温与制冷系统设计及系统集成；超导直流限流器与直流断路器的匹配协调运行方式、超导直流限流器运行维护技术体系与试验规范。

考核指标：掌握超导直流限流器的关键技术，研制出超导直流限流器样机，样机的额定电压不低于 160kV、额定电流不低于 1kA、故障响应时间小于 1ms、短路电流抑制率大于 35%，并通过试验验证。

2.2 500kV 高压直流断路器关键技术与示范(共性关键技术类)

研究内容：研究 500kV 高压直流断路器关键技术。具体包括：500kV 直流断路器在直流系统的应用特性及智能自分断技术；具备双向电流分断、快速重合等功能的直流断路器主电路拓扑设计及控制保护策略；20kA 及以上关断能力的规模化半导体组件关键技术；500kV 多断口串联的超高速机

械开关毫秒级分断关键技术；500kV 直流断路器工程成套集成设计及全工况等效试验技术。

考核指标：形成满足柔性直流系统应用的 500kV 高压直流断路器电气、结构、控制保护等成套的设计规范；研制具备双向电流分断、带快速重合闸功能的直流断路器样机一台（额定电压 500kV、额定电流 3kA、分断时间不超过 3ms、分断电流不低于 20kA）；完成 500kV 高压直流断路器的型式试验或工程应用验证。

2.3 环保型管道输电关键技术（共性关键技术类）

研究内容：为提高大容量远距离输电能力和系统效率，研究环保型管道输电关键技术，具体包括：新型环保绝缘气体介质分子的设计与合成制备技术、理化特性与环保性能评估；新型环保绝缘气体介质放电的物性参数、工程用绝缘特性、灭弧性能；环保型管道输电用支撑绝缘子结构设计、批量化制造与工程试验技术；高性能环氧树脂复合材料在新型环保绝缘气体中的相容性及其调控技术，环保型绝缘气体中气固组合绝缘的性能评价；1000kV 环保型管道输电系统的设计制造技术；管道绝缘系统老化机理及运维监测技术。

考核指标：新气体的全球变暖系数(GWP)低于 SF₆ 的 10%，相同压力下绝缘性能和 SF₆ 相当、液化温度不高于 SF₆。研制 1000kV 交流输电管道用高性能环氧绝缘件和长度不小于 15m 的环保型输电管道样机，其操作冲击耐受电压≥1800

kV，雷电冲击耐受电压 ≥ 2400 kV，局部放电小于 5pC，通过型式试验。

2.4 大电网智能调度与安全预警关键技术研究及应用 (共性关键技术类)

研究内容：针对大型交直流混联电网的一体化调度运行，研究大电网智能调度与安全预警关键技术，建设基于云计算理念的物理分布、逻辑统一的智能调控平台。具体包括：广域分布式调控系统实时透明访问技术；按需服务的电网模型构建技术，广域数据分布式一体化处理技术；源荷双侧不确定性的优化运行和控制技术；大电网安全风险前瞻预警技术，电网安全三道防线和系统保护协同技术；完成大型交直流混联电网的一体化调度运行平台开发和应用。

考核指标：研发具有高可扩展、高性能的统一调控支撑平台，支持跨地域的 3 个以上调控中心的实时分布式业务协同，电网实时分析预警规模 10000 节点以上（含 10 条以上直流输电线路）。电网负荷峰谷差降低 5%，新能源消纳能力提高 2%。完成省级及以上电网调度中心示范应用。

2.5 特高压设备安全运行与风险评估方法（基础研究类）

研究内容：面向运行中特高压设备（变压器（含换流变压器）、电抗器、GIS）安全运行的科学问题，研究大尺寸、高场强条件下设备内部的电磁、介电特性以及设备外部的电磁暂态、绝缘的基础问题，具体包括：设备内部油纸组合、

气固界面的多物理场（电、磁、热、流体）耦合及建模的理论与方法；油纸组合绝缘在交直流复合电压下绝缘性能的动态演化过程及规律；长期服役条件下油纸组合绝缘设备的老化特性及寿命预测方法；设备及其组成系统的电磁暂态过电压产生机理、宽频传播模型及在线监测方法；设备外绝缘的放电机理及其风险评估模型。

考核指标：所研究的理论和方法用于指导特高压设备的运行维护和制造，实现仿真模拟局部放电、沿面放电、绕组过热三种典型故障的发生发展过程，风险评估准确率 $\geq 90\%$ 。

3. 多元用户供需互动用电

3.1 智能配电网微型同步相量测量应用技术（共性关键技术类）

研究内容：针对大规模分布式电源、电动汽车接入以及用户与电网供需互动对配电网安全可靠运行提出的挑战，研究配电网中可大规模部署的微型同步相量测量应用技术，具体内容包括：高精度微型同步相量测量装置及其最优布点方案；基于该装置的配电网故障诊断及精确定位方法；配电网运行状态估计方法；分布式电源、柔性负荷、用电营销等系统的相关信息集成机制、多维数据分析方法与协调控制技术；在含大规模分布式电源、电动汽车接入的配电网中开展示范验证。

考核指标：微型同步相量测量装置，电压电流幅值测量相对误差 0.5%，频率测量误差小于 0.005Hz，角度误差小于 0.05 度；故障检测准确率达 99%以上；在含不低于 30MW 分布式电源的配电网中示范验证。

3.2 智能配电柔性多状态开关技术、装备及示范应用(应用示范类)

研究内容：为克服配电网中常规开关仅具备通和断两种状态的不足，增强配电网运行控制的灵活性，满足分布式电源消纳、高供电可靠性等定制电力需求，研究智能配电交流电力电子柔性多状态开关及应用技术。具体包括：智能配电交流电力电子柔性多状态开关装置；满足配电网分布式电源消纳、电能质量改善、运行优化与自愈控制技术要求的柔性多状态开关调控技术；柔性多状态开关系统接入模式及试验测试技术；完成示范工程。

考核指标：智能配电柔性多状态开关装置为三端、电压不低于 10kV，容量不少于 6MVA；在恒功率控制模式运行时，开关流过功率可控，误差小于 1%；在恒压控制模式运行时，可实现重要负荷不间断供电，电压控制误差小于 1%。示范工程中馈线负载均衡度不低于 85%。

3.3 电网信息物理系统分析与控制的基础理论与方法(基础研究类)

研究内容：研究电网信息物理系统的分析与控制的理论及方法，具体包括：复杂电网信息系统与物理系统的交互机理和建模理论；市场环境下互动电网的多源异构信息物理系统稳态和动态运行特性；配电网安全可靠性和风险预警评估的物理信息系统；研究基于混合信息物理系统模型的有源配电网实时优化控制方法；对所提出的理论和方法完成仿真验证。

考核指标：提出基于电网物理信息模型的高可靠性电网运行控制理论与方法。构建的电网信息物理系统综合仿真模型，其中控制对象不少于 4000 个，涵盖风电、光伏发电、水电和储能等多种能源形式，仿真计算能力支持 15000 个以上配电网网络节点。

4. 多能源互补的分布式供能与微网

4.1 交直流混合的分布式可再生能源技术(共性关键技术类)

研究内容：开展交直流混合的分布式可再生能源发电的关键技术研究和装备研发，并完成示范验证。具体包括：多种分布式可再生能源交直流混合的系统结构与动态分析；交直流混合的分布式可再生能源互补优化配置及综合能效评估方法；适用于分布式可再生能源交直流互联的多功能电力

电子变压器、故障电流控制器等关键设备；多种分布式可再生能源互补优化运行控制技术。

考核指标：多功能电力电子变压器至少包括 10kV 交流、380V 交流和±375V 直流等端口，端口具备双向功率控制能力，系统效率大于 95%、谐波率小于 3%；故障电流控制器的功率大于 1MW。应用于包含风力发电、光伏发电、太阳能热发电及热利用、储电、储热等多类型分布式可再生能源互补系统，系统总容量 3MW 以上，直流负荷占比大于 30%、可再生能源占比达 60%以上。

4.2 多能互补集成优化的分布式能源系统示范（应用示范类）

研究内容：研究具备多能互补、冷热电联供、高效调控、可实现重要负荷独立供电等特征的智能型分布式能源系统关键技术，并实现工程示范。具体包括：清洁能源与可再生能源互补的分布式能源供能系统协同优化与设计技术；清洁能源与可再生能源互补发电及重要负荷独立供电技术；分布式能源系统的智能分层调控技术；分布式能源系统综合能效评估技术，并建成多能互补集成优化的分布式能源系统示范工程。

考核指标：示范工程中可再生能源发电容量不小于 10MW，冷热电联供系统容量不小于 2MW；系统与外部电网并网运行时，联络线功率调节误差不大于 5%；系统具备独

立运行能力，独立运行时可保持不小于 5MW 重要负荷供电 1 小时；系统能源综合利用效率达到 75%以上。

5. 智能电网基础支撑技术

5.1 10MW 级液流电池储能技术（共性关键技术类）

研究内容：研究适用于 10MW/40MWh 级系统的液流电池储能技术。具体包括：高性能离子传导膜材料、双极板材料、电解质溶液的材料制备技术；30kW 以上高功率密度单体电堆的结构设计与集成技术；250kW 级高能量效率液流电池储能模块及 10MW 级以上液流电池系统的成组设计、集成与智能控制技术。

考核指标：储能系统输入和输出功率 $\geq 10\text{MW}$ ，系统容量 $\geq 40\text{MWh}$ ；单体电堆额定输出功率在 $\geq 30\text{kW}$ ，在 $140\text{mA}/\text{cm}^2$ 恒流充放电条件下，电堆的能量转换效率 $\geq 80\%$ ；电池储能系统模块研制额定功率不低于 250kW；系统 AC-AC 额定效率 $\geq 68\%$ （包括系统全部内耗），完成 10MW/40MWh 级全钒液流电池系统的集成与验证示范。

5.2 10 MW 级先进压缩空气储能技术(共性关键技术类)

研究内容：研究适用于 10MW/100MWh 级系统的压缩空气储能技术。具体包括：大规模先进压缩空气储能系统设计技术；高负荷多级离心压缩机和多级组合式透平膨胀机；高效紧凑式超临界空气蓄冷（热）/换热器；压缩空气储能系统集成与控制技术等。

考核指标：储能系统输入和输出功率 $\geq 10\text{MW}$ ，系统容量 $\geq 100\text{MWh}$ ，系统 AC-AC 额定效率 $\geq 60\%$ （输入轴功/输出轴功效率 $\geq 65\%$ ），变工况运行范围 $\geq 40\%-110\%$ ，完成 $10\text{MW}/100\text{MWh}$ 级储能系统的集成与验证示范。

5.3 海水抽水蓄能电站前瞻技术研究（共性关键技术类）

研究内容：面向海水抽水蓄能电站规划、设计、建设、运行需求，研究海水抽水蓄能电站共性关键技术。具体包括：沿海地区海水抽水蓄能资源评估及选址原则及技术分析；库盆和输水系统海水渗漏控制技术；海水抽水蓄能电站环境影响评估与生态修复；水工建筑物、输水系统及金属结构防腐、防海洋生物附着的技术及材料选型；防腐蚀、抗空蚀、防海洋生物条件下可变速海水抽水蓄能机组的关键技术；海水抽水蓄能与可再生能源联合运行技术。

考核指标：完成 10MW 可变速海水抽水蓄能机组样机，水泵水轮机发电、抽水效率均不低于 93% 。建立 100MW 级海水抽水蓄能与可再生能源联合运行仿真平台，控制系统切换时间小于 10ms 。

5.4 特高压电气设备用纳米复合绝缘材料与应用关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究高性能环氧树脂复合绝缘材料配方体系、制备、设计与应用关键技术。具体包括：高性能环氧树脂基材、纳米无机填料及固化剂的配比技术，建立高性能复

合绝缘材料用环氧树脂配方体系；制备工艺对绝缘材料综合性能的影响规律，以及高性能纳米复合绝缘材料批量化制备技术；纳米填充对环氧绝缘材料界面强场耐受特性的影响，环氧复合绝缘系统气固界面优化设计技术；特高压气体绝缘开关设备用高性能绝缘成型件、特高压换流阀饱和电抗器用高导热环氧绝缘材料的设计、制造与试验技术；高导热环氧绝缘材料在特高压换流阀饱和电抗器中的应用技术，以及高性能环氧绝缘件缺陷诊断与运维技术。

考核指标：新型纳米复合绝缘材料的玻璃化转变温度 $\geq 130^{\circ}\text{C}$ ，拉伸强度 $\geq 80\text{ MPa}$ ，弯曲强度 $\geq 130\text{ MPa}$ ；特高压气体绝缘开关设备用高性能绝缘成型件击穿强度 $\geq 30\text{ kV/mm}$ ，特高压开关设备中绝缘件的额定雷电冲击水平提高 10%；高导热环氧绝缘材料导热系数大于 $1.5\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，并应用于特高压换流阀饱和电抗器。

5.5 大功率电力电子装备用中高频磁性元件关键技术(共性关键技术类)

研究内容：研究大功率电力电子装备用中频超薄硅钢与高频低损纳米晶材料的制备与应用技术。具体包括：中频超薄硅钢晶粒组织控制理论，轧制工艺及高温退火再结晶技术，表面处理工艺及带材制备技术；高频低损纳米晶合金成分设计，性能调控机理、调控技术及带材制备技术；大容量高频变压器的铁心卷绕、结构设计及热处理等制备技术；大

功率电力电子装备用软磁材料多工况综合磁特性及铁心测试方法与技术；超薄硅钢铁心阳极饱和电抗器与纳米晶铁心高频变压器研制及应用验证。

考核指标：中频超薄硅钢带材，厚度 $\leq 0.1\text{mm}$ ， $P_{1.5\text{T}/400\text{Hz}} \leq 11.5\text{W/kg}$ ， $B_{800} \geq 1.80\text{T}$ ，运用制备的超薄硅钢带材研制铁心及 6250A 阳极饱和电抗器样机，通过型式试验。高频纳米晶带材， $B_s \geq 1.30\text{T}$ ， $P_{0.5\text{T}/10\text{kHz}} \leq 3.2\text{W/kg}$ ， $P_{1.0\text{T}/10\text{kHz}} \leq 15\text{W/kg}$ ，运用制备的纳米晶带材研制高频变压器，最高频率不低于 10kHz、容量不小于 200kVA、效率不低于 98%，通过型式试验。