

## **“智能电网技术与装备”重点专项 2018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 2018 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 17 个研究任务的

19 个项目，2017 年本重点专项在 5 个技术方向已启动 18 个研究任务的 20 个项目。2018 年，在 5 个技术方向启动 19 个研究任务，拟支持 19-38 个项目，拟安排国拨经费总概算为 4.63 亿元。凡企业牵头的项目须自筹经费，自筹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 3 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分评价相近、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 大容量风电机组电网友好型控制技术（共性关键技术类）**

研究内容：针对我国大规模风电接入后电网的安全稳定运行需求，研究大容量风电机组的电网友好型发电控制技术。具体包括：典型双馈和直驱风机宽频动态特性及量化分析方法；风力发

电机组对电网惯量和一次调频支撑的优化控制技术；风力发电在电网次/超同步频率的动态特性优化控制技术；电网故障暂态过程中风力发电设备支撑电网电压和频率的优化控制技术；不同电网运行条件下风力发电机组的载荷分析及稳定优化控制。

考核指标：风电机组单机容量不低于 2MW，惯量支撑响应速度 $\leq 200\text{ms}$ ，一次调频支撑持续时间 $\geq 5\text{min}$ ，有功支撑能力不低于 10%P<sub>n</sub>；耐受 1.3pu 持续 500ms 的暂态过电压；主动阻尼控制同时覆盖低频段、次/超同步频率段，完成风电机组的并网性能验证和示范应用。

## 1.2 分布式光伏多端口接入直流配电系统关键技术和装备（共性关键技术类）

研究内容：为提高规模化、高渗透率分布式光伏并网消纳能力，研究分布式光伏多端口接入直流配电系统的集成优化技术及装备，建立分布式光伏直流并网实证系统。具体包括：分布式光伏直流变换器的拓扑结构、参数、与系统的相互影响；中压或低压直流并网的分布式光伏系统集成和工程设计技术；中、低压光伏直流变换器研制；含高比例分布式光伏的直流配电系统控制、保护和运行技术；MW 级实证平台总体方案、关键技术及装备实证研究。

考核指标：建立分布式光伏接入直流配电系统实证平台，光伏装机容量不低于 1MW，直流电压等级 $\pm 10\text{kV}$ ；分布式光伏直流

变换器功率不低于 50kW，最大效率不低于 97%，光伏侧直流电压 450V~850V，网侧电压稳态误差小于 1%；系统控制和保护装置通信延时 $\leq 10\text{ms}$ ，保护最快动作时间 $\leq 1\text{ms}$ 。

### 1.3 促进可再生能源消纳的风电/光伏发电功率预测技术及应用（共性关键技术类）

研究内容：为提升我国风电/光伏等新能源发电功率预测水平，提高预测结果在可再生能源发电调度中的应用程度，促进可再生能源消纳，研究面向电力生产部门和风电/光伏场站的一体化功率预测和优化调度技术。具体包括：针对中长期调度的电量预测和考虑风电/光伏发电季节性及随机性的年月调度方法；针对日前日内短期调度的概率预测技术和多空间尺度短期功率预测技术；考虑资源关联性等因素的风电/光伏超短期功率预测技术；考虑预测不确定性的风电/光伏风险调度决策方法；应对风险的备用容量优化配置与紧急控制技术。

考核指标：研发风电/光伏功率集中预测平台，预报空间分辨率小于 5km；短期功率预测长度不小于 5 天；省级新能源集群的日前预测精度大于 90%，超短期预测精度大于 95%；概率预测可实现不同置信度下的误差带的预测。

## 2. 大电网柔性互联

### 2.1 500kV 及以上电压等级经济型高压交流限流器的研制（共性关键技术类）

研究内容：面向我国高压交流电网的短路故障电流超标问题，开展经济型高压交流限流器技术研究。具体包括：高压交流限流器的电路拓扑结构和高电压绝缘、电磁兼容、动热稳定性等的设计；限流器的大容量通流、快速开关和动作等关键部件的制造技术；电网的短路故障检测与快速辨识技术；限流器的运行控制和保护技术，以及限流器与断路器的匹配与协调运行技术；限流器的试验技术及相关标准规范。

考核指标：完成电压等级不低于 500kV 的经济型高压交流限流器样机的设计和制造，样机能将预期短路电流降低 35% 及以上、稳态运行损耗 $\leq 0.1\%$ 、故障响应时间 $\leq 20\text{ms}$ ，完成型式试验并形成相关技术规范 and 标准。

## 2.2 超导直流能源管道的基础研究（基础研究类）

研究内容：为了推动超导技术在输电和能源输送的应用发展，开展基于天然气等燃料的混合工质温度的输电/输送燃料一体化超导能源管道的应用基础研究和样机的研发。具体包括：基于天然气的混合工质的研制及其传热与绝缘特性；超导材料在混合工质温度的电磁特性及其变化规律；输电/输送燃料一体化超导能源管道的原理和结构、热损耗变化规律及液体燃料输送速率对能源管道温度分布的影响规律；输电/输送燃料一体化超导能源管道及其高压电流终端的设计和制造关键技术、低温高电压绝缘技术；输电/输送燃料一体化超导能源管道燃料输送的运行控制技术及其

试验规范等。

考核指标：研制成基于天然气的混合工质温区（不低于 85-90K）的输电/输送燃料一体化超导能源管道原理样机，能源管道长度 30 米、运行电压不小于 $\pm 100\text{kV}$ 、运行电流不低于 1000A、输送液体燃料速度大于 100L/min，完成满功率运行等系统试验，验证输电/输送燃料一体化超导能源管道应用的可行性及优越性。

### 2.3 互联大电网高性能分析和态势感知技术（共性关键技术类）

研究内容：综合考虑交直流互联大电网在线安全稳定分析的时效性、准确性和规模，研究基于广域实测稳态/动态信息的在线建模与高性能精准仿真、态势感知与趋势预测技术，提高电网运行效率和安全性。具体包括：复杂电网动态潮流、拓扑和参数等多元基础信息的一体化实时感知方法；分布分层动态设备元件集的测辨建模理论及技术；针对各种典型故障扰动的大电网在线超实时机电-电磁混合仿真技术；基于远程终端单元（RTU）/同步相量测量装置（PMU）等海量数据的电力系统动态特征分析、趋势预测及可视化方法；考虑电网动态特征的电力系统在线综合动态安全稳定评估方法。

考核指标：应用于省级或省级以上区域电网，实时感知得到的在线潮流有功功率最大相对误差不大于 2%；对不少于 10000 节点、含 10 回及以上高压直流输电线路的大型电力系统，同等条件下在线机电-电磁混合仿真效率不低于离线计算效率、与实测录

波拟合度 90%以上；电力系统综合动态安全稳定评估技术支持秒级的实时更新。

#### 2.4 柔性直流电网故障电流抑制的基础理论研究（基础研究类）

研究内容：针对未来柔性直流电网弱阻尼带来的故障电流快速上升问题，研究多电压等级柔性直流电网故障电流抑制的理论与方法。具体包括：柔性直流电网网架结构、稳态与暂态潮流转移的相互影响机理；柔性直流电网运行特性、暂态相互作用机理及故障演化规律；提高柔性直流电网故障电流抑制能力的电力电子装置拓扑及其控制策略；计及故障电流抑制装置的柔性直流电网故障电流协同抑制方法；柔性直流电网装置建模与数字-物理混合模拟方法。

考核指标：提出柔性直流电网故障电流抑制的理论与方法；建立具备故障电流抑制能力的电压源换流器、直流断路器、直流限流器、直流变压器、潮流控制器等装置的物理模型；建成柔性直流电网数字-物理混合模拟系统，其中数字模拟系统包含至少 15 端模块化多电平柔性直流换流站，物理模拟系统包含至少 6 端模块化多电平柔性直流换流站和至少 3 种具备故障电流抑制能力的电力电子装置，通过综合抑制措施可将直流电网最大故障电流降低 30%以上。

### 3. 多元用户供需互动用电

#### 3.1 中低压直流配用电系统关键技术及应用（应用示范类）

研究内容：为突破中低压直流配用电系统关键技术瓶颈，攻克多电压等级直流配用电系统安全稳定运行难题，提高系统运行效率和供电可靠性，开展中低压直流配用电系统关键装备和技术研究，并完成示范验证。具体包括：研究适应不同应用场景的直流配用电系统电压等级序列及典型供用电模式；研发满足中低压直流配用电系统要求的直流断路器、直流计量和保护用传感器等关键设备；研究多换流器并网及多电压等级直流配用电系统的优化运行控制策略；研究多电压等级直流配用电系统保护方法与关键技术；开展技术集成化示范应用。

考核指标：直流断路器额定电压不小于 10kV，开断电流不小于 10kA；示范工程应至少包含中压（10kV 或以上）和低压两个直流电压等级，电压允许偏差控制在 $\pm 10\%$ ，直流负荷容量不小于 5MW；低压直流示范用电电器不少于 5 种，家庭交直流混合用电的居民用户不少于 50 户。

### 3.2 海上多平台互联电力系统的可靠运行关键技术研究（共性关键技术类）

研究内容：针对海上油气开采、处理及输运电力系统高可靠运行的需求，重点研究海上多平台互联电力系统的结构优化、保护控制以及仿真分析技术。主要包括：研究海上多平台互联电力系统的结构优化方法及可靠性评估方法；研究海上平台电力系统的故障模式及保护和自愈控制方法；研究海上平台综合用能管理



系统；构建海上电力系统关键部件的动态模型，分析正常、过载及主要故障模式下关键部件的应力特征；海上多平台互联电力系统的应用示范。

考核指标：完成海洋环境下关键部件及系统的建模和多工况仿真分析平台，系统建模误差小于 5%，仿真分析平台满足节点数不少于 100 个海上平台互联的电力系统，可实现工况不少于 5 种；海上平台的电力系统供电可靠率不低于 99.9%；海上平台能源利用综合效率提高 10%；海上平台电力系统互联数量 5 个以上，发电总容量不低于 100MW。

### 3.3 电力系统终端嵌入式组件和控制单元安全防护技术（共性关键技术类）

研究内容：为保障电力系统和智慧能源的安全稳定运行，针对电力系统智能设备安全互联、现场移动作业需求，研究电力监控系统芯片内核、电力终端内嵌入式组件和控制单元的安全防护及检测技术。具体包括：电力监控系统芯片电路级安全防护技术；电力专用 CPU 及芯片和内嵌入式操作系统（Embedded Operating System）；具有主动免疫能力的电力终端内嵌入式组件和控制单元；电力工控终端与嵌入式控制单元的安全监测与防渗透技术；电力系统边缘计算的安全防护技术。

考核指标：研制不少于 1 种满足研究内容要求的电力系统专用芯片；芯片、组件和电力嵌入式控制单元达到国密 2 级安全要

求；成果在电力监控系统、智慧能源系统和能源计量系统中示范验证，每种验证系统的终端数不少于 20 个。

### 3.4 面向新型城镇的能源互联网关键技术及应用（共性关键技术）

研究内容：为了推进“互联网+”智慧能源行动计划的实施，针对新型城镇清洁能源开发和利用的技术需求，研究能源互联网关键技术并实现工程示范。具体包括：能源互联网中能源系统架构及规划设计方法；能源系统运行优化方法与能量优化管理技术；用户个体及群体能源消费特征分析与预测方法、能源交易模式及信息支撑技术；能源互联网技术经济评价理论与评价方法；新型城镇能源互联网示范工程。

考核指标：规划设计、运行优化及信息支撑系统满足 5 种以上能源形式、1000 个以上用户规模的新型城镇需求，源-荷可即插即用接入并协调运行；示范区域接入能源类型不少于 3 种，用户数不少于 50 个，互动电力负荷总量大于 50MW。

## 4. 多能源互补的分布式供能与微网

### 4.1 可再生能源互补的分布式供能系统关键技术研发与示范（共性关键技术类）

研究内容：针对与可再生能源互补的分布式供能系统，提升终端能源综合利用效率，开展可再生能源与化石能源互补的分布式发电与热/冷联供技术研究，并完成集成验证示范。具体包括：

具备可再生能源互补特征的分布式能源系统设计技术；利用太阳能等可再生能源制备清洁燃料并应用于发电的技术；动力余热驱动冷电联供的关键技术；多能互补与电采暖/热泵结合的热电联供技术；分布式系统全工况主动调控和优化控制技术。

考核指标：可再生能源互补发电系统发电功率不低于 200kW；系统能源综合利用率不低于 90%，实现 0-100% 全工况系统稳定运行；相对常规分布式能源系统效率提高不低于 15%，相对集中式供能系统总节能率不低于 30%；完成系统样机研制与集成验证示范。

#### 4.2 分布式光伏与梯级小水电互补联合发电技术研究及应用示范（应用示范类）

研究内容：研究分布式光伏与梯级小水电联合并网发电系统和变速恒频抽水蓄能技术，并实现应用示范。具体包括：梯级水光互补电站容量优化配置及接入技术；分布式光伏与梯级小水电互补系统运行特性及系统稳定性分析；梯级水光互补电站联合运行控制与智能调度技术及系统；基于变速恒频的可逆式水轮发电机组关键技术；开展梯级水光互补联合运行发电系统示范应用。

考核指标：梯级小水电数不少于 3 座，水电站总容量不少于 100MW；光伏容量不少于 30MW；抽水蓄能电站综合效率大于 75%，双向变流器最大效率不小于 98%；研制出水光互补电站联合控制系统和集控调度平台，实现水电、光伏、水库的优化协同

控制；完成应用示范。

## 5. 智能电网基础支撑技术

### 5.1 梯次利用动力电池规模化工程应用关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国大量动力电池退役的形势，研究在智能电网中规模化工程应用的动力电池梯次利用关键技术，具体包括：退役动力电池电芯和模块的健康状态评估和残值评估技术；梯次利用动力电池快速分选和重组技术；梯次利用动力电池电、热和安全管理技术；梯次利用动力电池应用场景分析、再利用寿命评估和经济性评估技术；梯次利用动力电池再退役标准。

考核指标：提出退役动力电池电芯和模块的健康状态评估及残值评估方法；研制出梯次利用动力电池的快速分选装置；开发退役电池梯次利用系统一套，规模不低于 10 MW、能量效率不低于 85%、寿命不低于 3 年；完成梯次利用电池储能系统工程示范验证。

### 5.2 高安全长寿命固态电池的基础研究（基础研究类）

研究内容：针对智能电网对本质安全、超长寿命、低成本先进储能技术的广泛需求，研究储能型固态电池的基础科学问题和关键技术。具体包括：固态电池电极与电解质关键材料体系；固态电池中热力学、动力学、界面及稳定性研究；固态电池电芯的设计和制备；固态电池在全寿命周期中的失效机制及健康状况评

估；固态电池的安全性评测方法和标准。

考核指标：提出储能型固态电池的设计原理和材料体系，阐明循环过程中动力学特性及结构演化规律，研制 10Ah 级以上固态电池单体，循环寿命不低于 15000 次，服役寿命不低于 20 年，室温 0.2C 能量效率不低于 90%，完成 kWh 级固态储能系统的样机验证。

### 5.3MW 级先进飞轮储能关键技术研究（共性关键技术类）

研究内容：针对电网对短时高频次的储能技术需求，研究先进飞轮储能单机及阵列技术。具体包括：研究飞轮本体技术；研制低损耗高速电机及控制系统；研究高可靠性大承载力轴承系统技术；研究飞轮储能阵列的控制技术；飞轮阵列系统的集成应用技术。

考核指标：研制出先进飞轮储能单机及阵列系统样机。飞轮储能单机额定功率不低于 300kW，单机储能容量不低于 10MJ，能量效率不低于 85%；飞轮储能阵列系统总功率不低于 1MW、储能容量不低于 30MJ、自耗散率不高于额定功率的 2%，完成现场应用验证。

### 5.4 液态金属储能电池的关键技术研究（共性关键技术类）

研究内容：针对智能电网中小型分布式储能的需求，研究新型液态金属储能电池的关键技术。具体包括：高性能电极和电解质材料；电池液/液界面的稳定控制技术；电池的高温长效密封关

键材料与技术；电池循环寿命及失效机制；电池成组技术及能量管理系统。

考核指标：研制 200Ah 以上单体，能量密度不低于 150 Wh/kg；循环寿命不低于 15000 次；研制 5kW/30kWh 电池模块，0.2C 能量效率不低于 85%，实现样机验证。

### 5.5 碳化硅大功率电力电子器件及应用基础理论（基础研究类）

研究内容：面向未来智能电网对碳化硅大功率电力电子器件的需求，研究 15kV 碳化硅大功率 IGBT 器件用芯片和器件封装的应用基础理论，并完成器件性能的应用验证。具体包括：碳化硅材料性能对芯片电气特性的影响机理；提高芯片电气性能及功率的结构和方法；器件封装多芯片并联均流、电气绝缘、电磁兼容和驱动保护方法；器件的老化机理和可靠性的提升方法；器件的高压串联技术与柔性直流换流阀功率模块的应用验证。

考核指标：提出碳化硅大功率芯片和器件封装的设计方法，提出碳化硅大功率芯片和器件的可靠性评价方法；15kV 碳化硅绝缘栅双极型晶体管（IGBT）芯片电流不低于 10A、器件电流不低于 100A，器件串联后在不低于 20kV 的柔性直流换流阀功率模块中进行验证。

### 5.6 大容量电力电子装备多物理场综合分析及可靠性评估方法的研究（基础研究类）

研究内容：针对智能电网用电力电子装备所占比重日益增

加，研究 10MVA 以上高密度大容量电力电子装备的可靠性评估理论和方法。具体包括：关键部件在复杂工况下的多物理场综合作用与多时间尺度交互机制；关键部件级与装备级的动态失效机理与安全运行域刻画方法；关键部件的电磁应力、温度及老化状态的在线提取方法与验证；装备的多物理场联合建模和仿真方法；装备的优化设计与可靠性评估方法。

考核指标：提出装备的多物理场联合建模和仿真方法，仿真误差小于 5%；提出装备的优化设计与可靠性评估方法；建立 MW 级电力电子装备多物理场综合分析验证平台。