

附件 1

**智能电网国家科技重大专项
基础支撑自主化关键技术项目申报指南
(征求意见稿)**

2026 年 7 月

1. 220 千伏大容量气体绝缘变压器关键技术

研究内容：针对超大城市核心区变电站防爆燃高安全、高负荷密度供电等要求，研究 220 千伏大容量气体绝缘变压器关键技术，具体包括：大容量气体绝缘变压器多物理场仿真与电场设计准则及校核方法；气体绝缘变压器散热结构设计及优化方法；无油式长寿命有载调压开关等大容量气体绝缘变压器关键部件研制；大容量气体绝缘变压器制造工艺及变压器研制；大容量气体变压器运行监测及工程示范应用。

考核指标：形成 220 千伏大容量气体绝缘变压器电场设计准则与校核方法；变压器热点温度仿真与模型样机实测误差 $\leq 5\%$ 、绕组平均温升 ≤ 75 开、热点温升 ≤ 90 开；无油式有载调压开关电气寿命 ≥ 20 万次操作；气体绝缘变压器电压等级 ≥ 220 千伏，容量 ≥ 180 兆伏安，局部放电量 ≤ 50 皮库，噪声水平 ≤ 80 分贝，气体绝缘变压器通过型式试验；220 千伏大容量气体绝缘变压器的年产能不低于 1 吉伏安；形成 220 千伏大容量气体绝缘变压器运行维护技术体系；220 千伏大容量气体绝缘变压器工程示范应用不少于 1 台，示范应用时间不少于 6 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

2. 特高压交流 GIS 断路器用均压电容器关键技术

研究内容：针对特高压交流气体绝缘全封闭组合电器（GIS）断路器用均压电容器自主化研制问题，研究均压电容器关键技术，实现特高压交流 GIS 断路器用均压电容器性

能提升、自主化制造及工程应用，具体包括：均压电容器运行条件及失效机理分析；油浸式均压电容器电气与机械性能提升及产品研制；陶瓷式均压电容器配方开发、工艺优化及产品研制；均压电容器性能评价与可靠性检验方法；均压电容器自主化批量制备及工程示范应用。

考核指标：研制出特高压交流 GIS 断路器（四断口）用油浸式均压电容器，额定电压 180 千伏，额定操作冲击耐受电压 850 千伏，介质损耗 $\leq 0.2\%$ ，局部放电量 ≤ 1.5 皮库，膨胀器 10000 次寿命试验后随电容器开展在-40 摄氏度~80 摄氏度循环寿命 50 次后通过冷态 X 射线检测探伤，随之开展并通过-40 摄氏度和 80 摄氏度下的 2 倍额定电压的耐压试验，其他指标满足 GB/T 4787.1，通过型式试验。研制出特高压交流 GIS 断路器（双断口）用陶瓷式均压电容器，单体额定电压 20 千伏，电容量 $1080 \pm 5\%$ 皮法，工频击穿电压 ≥ 70 千伏，额定雷电冲击耐受电压 ≥ 120 千伏，电容温度特性不低于 Z5T，介质损耗 $\leq 0.1\%$ ，2 倍额定电压下局部放电量 ≤ 1 皮库。特高压交流 GIS 断路器用均压电容器年产能达到油浸式均压电容器 1200 支，一次交检合格率 95%，陶瓷式元件年产能达到 16 万片，一次交检合格率 80%；实现自主化研制的特高压交流 GIS 断路器均压电容器工程示范应用，其中油浸式均压电容器 ≥ 20 支，陶瓷式均压电容器 ≥ 3500 片，无故障运行时间 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：3 年

3. 交流特高压变电站无功补偿专用开关设备关键技术

研究内容：针对特高压电网频繁无功投切、核心装备断供风险及关键部件自主化需求，开展交流特高压变电站 145 千伏无功补偿专用开关设备自主化研制与示范应用，具体包括：高性能耐烧蚀触头材料及工艺技术研究；灭弧室容性关合预击穿抑制、高恢复电压条件下介质恢复特性技术研究；高稳定操动机构与自主化高精度选相控制技术装置研制；145 千伏无功补偿专用开关试验技术研究；145 千伏无功补偿专用开关设备研制及交流特高压工程示范应用。

考核指标：145 千伏无功补偿专用开关额定电压 145 千伏，额定电流 1600 安，额定短时耐受电流 40 千安/3 秒，额定工频耐受电压 275 千伏，额定雷电冲击耐受电压 650 千伏；高性能触头，导电率不小于 45% 国际退火铜标准，硬度不小于 250 布氏硬度，抗弯强度不低于 1200 兆帕；电容器组开断电流 1600 安/5000 次，背对背电容器组关合涌流：不带选相合闸装置的开关满足 9.3 千安/5000 次，带选相合闸装置的开关满足 3.2 千安/5000 次；选相装置出口合闸精度优于 ± 0.2 毫秒，带选相控制机构合闸分散性优于 ± 0.5 毫秒；形成 145 千伏无功补偿专用开关试验规范；研制全面自主化的交流特高压变电站无功补偿专用开关设备，形成批量化生产能力，年产能力 ≥ 100 台，并在交流特高压变电站示范应用 2 台，不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

4. 500 千伏电缆附件橡胶材料关键技术

研究内容：针对超高压电缆附件橡胶材料的自主化需求，研究电缆附件橡胶材料关键技术。具体包括：橡胶基础材料分子结构设计及批量化制备；橡胶绝缘复合材料多性能协同优化与配方开发；橡胶半导体复合材料性能调控与配方开发；橡胶绝缘和半导体复合材料批量化制备与 500 千伏电缆附件研制；500 千伏电缆附件性能评价及工程示范应用。

考核指标：橡胶基础材料门尼粘度 $ML(1+4)_{100^{\circ}C}$ 不大于 50，体积电阻率不小于 1×10^{14} 欧姆·厘米（23 摄氏度），产能不小于 100 吨/年；橡胶绝缘复合材料邵氏硬度 A 不大于 70，抗张强度不小于 6.0 兆帕，断裂伸长率不小于 300%；压缩永久变形不大于 15%（100 摄氏度 70 小时后）；直流击穿场强不小于 50 千伏每毫米（23 摄氏度， 1.0 ± 0.05 毫米）；工频击穿场强不小于 30 千伏每毫米（23 摄氏度， 1.0 ± 0.05 毫米），介质损耗因数不大于 0.003（23 摄氏度）；产能不小于 50 吨/年；橡胶半导体复合材料邵氏硬度 A 不大于 80，抗张强度不小于 6.0 兆帕，断裂伸长率不低于 260%；压缩永久变形不大于 15%（100 摄氏度 70 小时后）；体积电阻率小于 1.0×10^3 欧姆·厘米（23 摄氏度）；产能不小于 30 吨/年；电缆附件：研制 500 千伏电缆附件，通过出厂试验及型式试验，附件工程应用数量不少于 1 个，平均无故障时间不少于 3 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

5. 阻尼吸收电容器用聚丙烯粗化膜材料关键技术

研究内容：针对电网换相换流阀阻尼电容器用高性能聚丙烯粗化膜自主化问题，开展换流阀阻尼电容器用聚丙烯粗化膜材料关键技术研究，具体包括：电力电容器用聚丙烯薄膜粗化机理与配方体系设计；电力电容器用聚丙烯粗化膜粗化结构调控方法及批量化制备；交变电压下聚丙烯粗化膜-浸渍剂相容性调控与绝缘优化技术；高频次冲击放电下阻尼电容器电热协同优化设计及研制；换流阀阻尼电容器性能评估与工程示范。

考核指标：粗化聚丙烯材料 β 晶熔融峰温不小于 145 摄氏度，灰分不高于百万分之 20；粗化膜厚度 10~15 微米，空隙率 $(8.5 \pm 2.5)\%$ ，表面粗糙度 (0.4 ± 0.15) 微米，常温下直流击穿强度（50 点法）不小于 550 千伏/毫米；建成具备年产量百吨级能力的生产线，良率大于 70%；粗化膜浸渍后浸渍剂介质损耗因数增量不大于 50%，工频电压下浸渍聚丙烯粗化膜击穿强度（元件法）不小于 150 千伏/毫米（有效值）；阻尼电容器极间局部放电量不大于 10 皮库，承受 1000 次短路冲击放电后电容量变化不大于 1%，年生产能力不小于 2000 台。在 ± 500 千伏与 ± 800 千伏工程换流站中各一个阀段示范应用，应用数量不少于 20 台，平均无故障时间不少于 6 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

6. 特高压换流站零磁通直流电流测量装置和大电流金

具关键技术

研究内容：针对大容量特高压直流工程可靠运行和自主可控需求，开展覆盖高海拔等特殊环境下的自主化零磁通直流电流测量装置、阀厅大电流金具关键技术研究，具体包括：零磁通直流电流测量装置铁芯磁平衡及磁调制技术研究；零磁通直流电流测量装置一二次绕组铁芯协同设计；阀厅大电流金具电流均匀分配及电-热-力-位移阻尼耦合协同设计研究；阀厅大电流金具关键制造工艺及位移性能分析研究；适应于高海拔及极端环境的零磁通直流电流测量装置和阀厅大电流金具整机研制及工程示范应用。

考核指标：研发覆盖极端海拔和环温的全自主可控零磁通直流电流测量装置：温度-40~70 摄氏度，最高运行电压 150 千伏，额定电流 5000 安，准确度 0.2 级（GB/T 20840.14）；电流阶跃响应时间 ≤ 60 微秒；3000 赫兹谐波下幅值误差 $\leq 1\%$ ；3000 米 $\leq$ 海拔 ≤ 4300 米、抗电磁干扰能力达 A 级；年产能 80 台，良品率 $\geq 98\%$ ，通过全套型式试验。在特高压换流站完成示范应用 8 台，其中不少于 1 台应用于海拔 ≥ 3500 米换流站，均应用时间不小于 6 个月。研发全自主可控阀厅大电流金具：掌握电流均匀分配、温升及位移分析技术，热点温升预测精度 ≤ 3 开。额定电压 ± 800 千伏，电流 ≥ 7000 安，温升 ≤ 40 开，电流不均匀系数 $\leq 10\%$ ，允许位移（伸缩）量 ≥ 0.5 米，通过 1000 次疲劳试验，满足抗震设防烈度 9 度（设计基本地震加速度 0.4g）抗震要求，通过全部型式试验，

年产能 500 套。在 ± 800 千伏/8 吉瓦特高压直流工程中示范应用大于 20 套，应用时间不小于 6 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年

7. 超特高压变压器用绝缘粘接辅材关键技术

研究内容：针对高压变压器用绝缘粘接辅材的自主化需求，研究变压器绝缘胶材料关键技术。具体包括：绝缘胶材料的分子结构设计与配方优化；变压器用层压纸板绝缘件粘接技术；高压油浸环境下层压纸板绝缘件多维性能协同技术；绝缘胶与 500 千伏绝缘件批量化制备；500 千伏及以上变压器绝缘件性能评价及工程示范应用。

考核指标：酪素胶：固含量 22%~34%（批次间最大差异 2%），pH 值 7.0~8.6、电导率 450~550 毫西门子每米（25 摄氏度）、纸板弯曲强度不低于 80 兆帕、击穿电压不低于 46 千伏/毫米；批量化产能 > 200 吨/年。

PVA 胶：固含量不低于 10%，pH 值 6.5~7.5、击穿电压不低于 16 千伏/毫米、电导率 ≤ 10 毫西门子每米（25 摄氏度）；批量化产能 > 1000 吨/年。

不饱和聚酯胶：密度 1.29-1.31 克每立方厘米、纸板弯曲强度不低于 110 兆帕、击穿电压不低于 9 千伏/毫米；批量化产能 > 100 吨/年。

绝缘胶工程应用：建成参数数据库、编制测试规范、形成量产工艺，通过 2 台 500 千伏及以上变压器全部层压纸板采用自主绝缘胶粘制，工程示范应用不小于 6 个月。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：3 年

8. 大功率半导体器件多物理场耦合仿真软件关键技术

研究内容：针对大功率半导体器件高性能、高可靠封装互连工艺开发及封装结构设计需求，研究并开发自主可控的大功率半导体器件多物理场耦合仿真软件。具体包括：多物理场作用下典型封装互连及绝缘材料的微观和宏观本征参数，建立封装互连与绝缘材料本构模型库；封装互连工艺过程与暂稳态工况下计及封装工艺影响的芯片-封装跨尺度电、热、流、力多物理场建模与高效计算方法；基于 GPU/CPU 异构并行架构、融合网格自适应能力的多物理场求解引擎；融合 AI 代理模型、仿真智能体技术的专用智能化高效仿真软件；在二极管、晶闸管、IGBT、IGCT 和碳化硅 MOSFET 等典型大功率半导体器件的研制中进行示范应用。

考核指标：包含不少于 15 种互连与绝缘材料模型，支持焊接和压接型器件中键合、焊接、烧结等 6 种封装工艺仿真；支持基于场量的网格自适应与多物理场耦合求解，与实验相比，热偏差 $\leq 5\%$ ，应力偏差 $\leq 10\%$ ，电、热、力耦合场偏差 $\leq 10\%$ ；GPU 并行求解效率比 CPU 提升 ≥ 10 倍；具备大功率半导体器件代理模型库，较多物理场仿真误差 $\leq 5\%$ ，单次预测效率提升 ≥ 100 倍；在不少于 5 家国内厂家的二极管、晶闸管、IGBT、IGCT 和碳化硅 MOSFET 等器件研制中示范应用。

项目类型：重大技术装备类/实施年限：4 年