

## 附件 6

# “煤炭清洁高效利用和新型节能技术”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）》、《中国制造 2025》和《关于加快推进生态文明建设的意见》等提出的任务，国家重点研发计划启动实施“煤炭清洁高效利用和新型节能技术”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：以控制煤炭消费总量，实施煤炭消费减量替代，降低煤炭消费比重，全面实施节能战略为目标，进一步解决和突破制约我国煤炭清洁高效利用和新型节能技术发展的瓶颈问题，全面提升煤炭清洁高效利用和新型节能领域的工艺、系统、装备、材料、平台的自主研发能力，取得基础理论研究的重大原创性成果，突破重大关键共性技术，并实现工业应用示范。

本重点专项按照煤炭高效发电、煤炭清洁转化、燃煤污染控制、二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)、工业余能回收利用、工业流程及装备节能、数据中心及公共机构节能 7 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 7 个技术方向已启动实施 16 个项目。2017 年，拟在 7 个技术方向启动 23-46 个项目，拟安排国拨经费总概算为 5.75 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. 煤炭高效发电

### 1.1 超高参数高效率燃煤发电技术（基础研究类）

研究内容：研究超高参数条件下清洁燃煤发电新系统；揭示能量释放、传递、转换、利用及污染物生成规律；研究大型发电关键设备内部和关键设备之间流动与传质传热等规律。

考核指标：形成超高参数条件下高效热能转换新方法，实现发电效率超过 50%。

### 1.2 CO<sub>2</sub> 近零排放的煤气化发电技术（基础研究类）

研究内容：研究CO<sub>2</sub>近零排放的煤气化发电新方法和新系统；CO<sub>2</sub>捕集与能量转换过程之间的深度融合；新型关键设备内部流动、反应和污染物生成规律；新型发电系统物质变化与能量转换的协同优化。

考核指标：获得 CO<sub>2</sub> 近零排放的清洁高效煤气化发电新方法，形成新的 CO<sub>2</sub> 近零排放高效煤气化发电系统，二氧化碳捕集率≥90%。

### 1.3 超低挥发分碳基燃料清洁燃烧关键技术（共性关键技术类）

研究内容：开发燃烧超低挥发分半焦及气化残炭（干燥无灰基挥发分≤10%）的燃烧器；开展半焦及气化残炭着火、燃烧和燃尽特性研究，并开发相应的稳燃技术；开发燃烧器与炉膛燃烧组织耦合控制降低NO<sub>x</sub>排放技术；开发电站煤粉锅炉大比例掺烧半焦及气化残炭的燃烧技术和工程试验。

考核指标：半焦及气化残炭燃烧效率≥95%，NO<sub>x</sub> 原始排放≤250 mg/Nm<sup>3</sup>，完成热容量 10MWth 以上锅炉试验验证；掺烧 40%以上比例半焦及气化残炭的锅炉燃烧效率≥98%，完成电站锅炉的试验验证。

#### 1.4 高效灵活二次再热发电机组研制及工程示范（应用示范类）

研究内容：研究适应电网调峰要求的 600℃ 等级二次再热超超临界燃煤发电系统，研究锅炉/汽轮机参数匹配和系统流程优化；开发高效和宽调节比的二次再热锅炉技术；开发高效和灵活可调的二次再热蒸汽轮机技术、回热器和凝汽器技术；建设 600MW 以上等级超超临界发电机组示范工程。

考核指标：发电效率 $\geq 48\%$ ，发电煤耗（70%-100%负荷） $\leq 256$  gce/kWh，完成 168h 连续运行。

## 2. 煤炭清洁转化

### 2.1 合成气直接转化制燃料及化学品催化基础与新途径（基础研究类）

研究内容：研究煤基合成气直接合成烯烃、芳烃、以乙醇为主的含氧化合物等的催化机理、新途径、定向调控方法等；研究直接合成的流动-传递-反应过程，开发新型催化剂、反应器及工艺。

考核指标：获得煤基合成气直接合成烯烃、芳烃、以乙醇为主的含氧化合物等的催化反应机理和催化反应规律，开发出新型催化剂及制备方法；合成气直接转化制烯烃选择性 $\geq 80\%$ ，制芳烃选择性 $\geq 60\%$ ，制乙醇为主的含氧化合物选择性 $\geq 80\%$ 。

## 2.2 新型煤气化制清洁燃气技术（共性关键技术类）

研究内容：研发分段式加压固定床热解气化一体化新技术；开发新型高效流化床气化技术；开发加氢热解/气化富产甲烷和芳烃技术；研发上述新型煤气化反应器及关键部件，并形成成套技术。

考核指标：建成分段式加压固定床热解气化一体化吨级中试装置，运行压力 $\geq 1.0\text{MPa}$ ，冷煤气效率 $\geq 80\%$ ，蒸汽分解率 $\geq 80\%$ ，下段煤气有效气含量 $\geq 85\%$ ；建成 300 吨/日以上新型高效流化床气化装置，系统碳转化率 $\geq 96\%$ ；建成 300 吨/日以上加氢热解/气化示范装置，甲烷产率 $\geq 0.6\text{Nm}^3/\text{kgC}$ ，干燥无灰基煤轻质芳烃（沸点 $< 360^\circ\text{C}$ ）产率 $\geq 10\%$ 。

## 2.3 煤温和加氢液化制高品质液体燃料关键技术与工艺（共性关键技术类）

研究内容：开发煤温和加氢液化（反应压力不大于 10.0 MPa）新工艺及催化剂；开发沥青烯类、重质油等产物的轻质化新工艺及催化剂；开发温和加氢液化工业反应器；开发固态产物分质加工和利用技术；开展温和加氢工艺技术验证。

考核指标：形成温和加氢液化新工艺，完成年处理原料煤万吨级中试装置工艺验证，在反应压力不大于 10.0 MPa 下，原料煤转化率 $\geq 82\%$ ，蒸馏油收率 $\geq 40\%$ 。

## 2.4 先进煤间接液化及产品加工成套技术（共性关键技术类）

研究内容：开发高选择性钴基/铁基费托合成工艺、催化剂、产品深加工技术；开发新型反应器及过程强化技术；开发合成水中的低碳含氧有机物高效提取关键技术；实现新型费托合成催化剂的规模化制备及工业应用；开发无硫、低烯烃、低芳烃的清洁汽油和高热值清洁柴油技术。

考核指标：铁基催化剂实现工业化示范，催化剂时空产率 $\geq 1.0\text{kg 油}/(\text{kg 催化剂}\cdot\text{小时})$ ，吨油催化剂消耗 $\leq 1.0\text{kg}$ ；开发出新型钴基催化剂并进行工业示范，CO 转化率 $\geq 90\%$ ，催化剂 C5+时空产率 $\geq 0.2\text{kg 油}/(\text{kg 催化剂}\cdot\text{小时})$ ，催化剂单次再生寿命 $\geq 5000\text{h}$ ；完成吨/日级的合成水中低碳含氧有机物提取中试验证，提取率 $\geq 90\%$ ；形成汽-柴油联产集成技术，可应用于百万吨级煤制油示范工程。

## 2.5 大规模水煤浆气化技术开发及示范（应用示范类）

研究内容：研究大规模水煤浆气化工程放大技术，并实现长周期运行；研发废锅-激冷型高效节能的水煤浆气化关键技术；开发气化过程污水减量化关键技术；建立大规模煤气化系统能效、排放预测与煤质关联表征新方法；形成成套技术，完成工业示范。

考核指标：建设超大型水煤浆气化工程示范装置，碳转化率 $\geq 98.5\%$ ，有效气含量 $\geq 81\%$ ；建成大规模废锅-激冷组合

式节能型气流床气化工程示范装置，系统总能效提高 1-2 个百分点。

## 2.6 大规模干煤粉气流床气化技术开发及示范（应用示范类）

研究内容：研究大规模新型干煤粉气流床气化工程化技术；开发大型气化炉及关键部件；建立大规模干煤粉气化积灰防控新方法及关键技术；形成成套技术，完成工业示范。

考核指标：建设大规模干煤粉气流床气化工程示范装置，气化碳转化率 $\geq 99\%$ ，有效气含量 $\geq 90\%$ ；开发出积灰防控技术方案，并实现工业应用。

## 2.7 低阶煤分级分质清洁高效转化利用技术开发及示范（应用示范类）

研究内容：开发可获得高收率焦油类产物的低阶煤热解工程化放大技术，形成煤热解、半焦规模化高效利用技术；研究焦油类产物制芳烃或特种油品等加工利用新技术；开发煤热解废水资源化利用技术；开展成套技术系统的工业应用示范。

考核指标：建成单系列百万吨级低阶煤热解新工艺示范系统，焦油类产物收率不低于格金分析的 87%；建成焦油类产物加工和利用工业示范装置，高芳烃潜含量石脑油收率 $\geq 50\%$ ；无废水外排；系统效率 $\geq 60\%$ 。

### 3. 燃煤污染控制

#### 3.1 燃煤烟气硫回收及资源化利用技术（共性关键技术类）

研究内容：开发基于电力生产过程的可再生吸收剂/吸附材料及烟气净化技术，研发吸收剂/吸附材料再生和硫回收、资源化的技术与工艺；开发烟气硫回收及高值化资源利用的关键技术；开展烟气净化与烟气硫资源化利用技术的集成，并进行应用示范。

考核指标：烟气净化与资源化集成工艺在 300MW 等级以上燃煤机组工程示范。烟气净化实现  $\text{SO}_2$  排放浓度 $\leq 35 \text{ mg/Nm}^3$ ；实现吸收/吸附材料再生率 $\geq 85\%$ ，硫回收率 $\geq 90\%$ 。

#### 3.2 粉煤灰高值化利用技术（共性关键技术类）

研究内容：研究粉煤灰中铝、镓、锂等多种有价元素的分布赋存规律及高效分离新工艺和新方法，开发高效提取技术及制备高值化产品；研究高效分离装置的工程放大规律，实现设备、系统的协同优化；形成粉煤灰资源化利用的成套技术及装备，并建立应用示范装置。

考核指标：建成万吨级/年以上工业化规模的粉煤灰提取铝、镓示范装置，实现铝镓协同提取；粉煤灰中铝提取率 $\geq 90\%$ ，镓提取率 $\geq 40\%$ ，冶金级氧化铝产品纯度 $\geq 98.6\%$ ，结晶氯化铝产品纯度 $\geq 95\%$ ，金属镓精制产品纯度 $\geq 99.99\%$ ；锂产品达到电池级碳酸锂产品标准。



### 3.3 燃煤电厂新型高效除尘技术及工程示范（应用示范类）

研究内容：研究燃煤烟气高效除尘的新技术，并研发新型关键设备和系统，达到烟气超低排放要求；研究基于激光散射法、射线衰减法等颗粒物在线测量方法，开发复杂烟气条件下超低浓度颗粒物在线测量装备。

考核指标：在 600MW 等级以上燃煤机组进行工程示范；应用新型高效除尘装备后烟尘排放浓度不高于  $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；研制完成超低浓度细颗粒物在线连续测量样机 2 台，当烟气中颗粒物浓度在  $1\text{-}10\text{mg}/\text{Nm}^3$  之间时，绝对测量误差不超过  $\pm 0.5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

## 4. 二氧化碳捕集利用与封存

### 4.1 用于 $\text{CO}_2$ 捕集的高性能吸收剂/吸附材料及技术（共性关键技术类）

研究内容：研发用于  $\text{CO}_2$  捕集的新型吸收剂/吸附材料，建立规模化制备方法及生产技术；研究  $\text{CO}_2$  吸收/吸附过程的工程放大规律，开发强化  $\text{CO}_2$  吸收/吸附分离的技术和关键设备；开发  $\text{CO}_2$  吸收/吸附全系统集成优化及匹配技术，并进行工业试验验证和应用。

考核指标：开发 2 种以上可满足工业应用的新型吸收剂/吸附材料， $\text{CO}_2$  捕集率  $\geq 90\%$ ， $\text{CO}_2$  浓度  $\geq 95\%$ ；建立  $\text{CO}_2$  捕集示范装置。

#### 4.2 膜法捕集 CO<sub>2</sub> 技术及工业示范（共性关键技术类）

研究内容：研究用于 CO<sub>2</sub> 捕集的膜材料合成和制备技术，并开发出适用于大规模 CO<sub>2</sub> 捕集的高性能分离膜材料；研发用于 CO<sub>2</sub> 捕集的分膜组件及成套装备；建立工业示范装置，对膜捕集分离烟道气中 CO<sub>2</sub> 的全过程进行优化及系统评价。

考核指标：建立高性能膜材料规模化生产线，CO<sub>2</sub> 渗透速率不低于 500GPU，CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 分离因子不低于 70；工业示范装置 CO<sub>2</sub> 的捕集率≥90%，CO<sub>2</sub> 浓度≥95%。

### 5. 工业余能回收利用

#### 5.1 高温固体散料高效余热回收技术(共性关键技术类)

研究内容：研究高温(400-1000℃)固体散料(粒度 0.1-15mm)余热回收过程中气-固耦合能质传递强化方法；研发适用于粒度和产率宽范围变化的高温固体散料余热高效蓄存与回收转换的节能工艺；研发余热梯级回收、能质品位提升的技术与设备；研发对粒度、温度和产率变化有良好适用性的成套装备及系统，并进行应用示范。

考核指标：应用示范装置规模≥200 吨散料/日，余热回收利用率≥70%，考核运行时间≥200h。

#### 5.2 液态熔渣高效热回收与资源化利用技术(共性关键技术类)

研究内容：研究液态熔渣干法粒化两相流动及成粒特性，研究粒化熔渣冷却相变换热及物相演变特性；开发液态

粒化熔渣余热高效回收及物料品质调控技术和工艺，开发高效可靠、结构紧凑的新型熔渣粒化及其资源化利用技术；开发熔渣干法粒化及余热高效回收和利用系统集成技术及成套装备，并进行工业示范。

考核指标：工业示范装置规模 $\geq 200$  吨/日，熔渣余热回收率 $\geq 70\%$ ，粒化合格率 $\geq 95\%$ ，渣粒玻璃体含量 $\geq 90\%$ ，考核运行时间 $\geq 200\text{h}$ 。

## 6. 工业流程及装备节能

### 6.1 高效节能气体制备技术(共性关键技术类)

研究内容：研究提高空分流程中氧氮分离效率的方法；研究优化氧、氮、氩等气体产品的变比例气体分离新工艺与新技术；研究分子筛空气纯化系统低温余热利用与节能降耗关键技术。

考核指标：空分系统综合制氧平均单耗（含用户侧压送能耗） $\leq 0.6\text{kWh/Nm}^3$ ；氧气放散率降低 2%以上；空气纯化过程余热回收率 $\geq 30\%$ 。

### 6.2 全氧/富氧冶金高效清洁生产工艺和技术(共性关键技术类)

研究内容：研究全氧/富氧冶金还原系统的节能新工艺，开发高效喷吹冶炼技术及装备；开发空分系统变负荷控制和输配管网智能动态调控技术；开发全氧/富氧冶金煤气的  $\text{CO}_2$  高效脱除提质技术；构建以全氧/富氧冶金为核心的高效清洁

生产系统，进行工业应用示范。

考核指标：金属还原单元直接能耗比传统还原工艺降低30%；燃尽率 $\geq 90\%$ ，还原组份浓度 $\geq 90\%$ ；全氧/富氧冶金煤气的 $\text{CO}_2$ 脱除率 $\geq 90\%$ ；示范考核运行时间 $\geq 200\text{h}$ 。

### 6.3 工业锅炉节能与清洁燃烧技术(应用示范类)

研究内容：研究工业锅炉系统节能及网络化远程监测技术；研发工业锅炉低温余能高效换热技术及装置；研究燃煤工业锅炉燃料提质、炉内 $\text{NO}_x$ 和 $\text{SO}_2$ 控制技术；进行高效低排放的工业锅炉应用示范。

考核指标：建成5座以上20-65吨/小时燃煤工业锅炉节能减排集成技术示范，锅炉热效率 $\geq 90\%$ ， $\text{NO}_x$ 原始排放 $\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

## 7. 数据中心及公共机构节能

### 7.1 公共机构高效节能集成关键技术研究（重大共性关键技术类）

研究内容：研究公共机构建筑被动式与主动式能源优化协调耦合技术，开发多能源利用系统优化配置方法，建立被动式与主动式能源供应系统评价指标体系，研发多能源利用系统高效运行技术和优化运行工具，开展多能源协调高效利用系统应用示范与效果评价；研究公共机构建筑机电系统综合效能调适技术，研发适用于新建和既有建筑的调适技术体系，开发适用于公共机构建筑的调适标准、高效调适检测与

诊断等软硬件工具，开展机电系统综合效能调适技术应用示范与效果评价。

考核指标：开发 2 种及以上多能源协调高效利用系统并应用示范，可再生能源利用比例达 30%以上，较“十二五”公共机构碳排放量平均水平降低 15%以上；开发机电系统调适工具 2 项，暖通空调系统能效比（COP）较公共机构现状提高 15%以上。