

附件

能源技术创新“十三五”规划

国家能源局

2016年12月

目 录

前 言	1
一、能源科技发展形势	1
(一) 世界能源科技发展现状与趋势	1
(二) 我国能源科技发展现状与趋势	4
二、指导思想、基本原则和发展目标	6
(一) 指导思想	6
(二) 基本原则	7
(三) 发展目标	7
三、重点任务	9
(一) 清洁高效化石能源技术	10
1. 化石能源深度勘探开发	10
2. 清洁燃料加工转化	26
3. 清洁燃煤发电	32
(二) 新能源电力系统技术	38
1. 可再生能源高效利用	39
2. 高比例可再生能源并网与传输	45
3. 储能与能源互联网	52
(三) 安全先进核电技术	58
1. 安全先进民用反应堆	59
2. 先进核电燃料	63

3. 建设、运行与延寿.....	65
(四) 战略性能源技术.....	68
1. 燃气轮机.....	69
2. 高清洁、高能量密度特种油品.....	72
3. 海洋核动力平台.....	74
4. 氢能与燃料电池.....	74
5. 超导输电.....	77
6. 天然气水合物.....	78
7. 可控核聚变.....	79
(五) 能源基础材料技术.....	80
1. 高温材料.....	80
2. 核级材料.....	83
3. 电池材料.....	85
4. 催化剂材料.....	89
5. 先进电力电子器件.....	91
四、保障措施.....	91
(一) 加强政策引导，推广应用先进成熟技术.....	92
(二) 依托示范工程，促进先进技术产业化.....	93
(三) 打造创新平台，培育前沿技术开发能力.....	93
(四) 加强国际交流，提升技术装备国际竞争力.....	94

附表：《能源技术创新“十三五”规划》重点任务总表

前 言

《能源技术创新“十三五”规划》(以下简称《规划》)按照《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《能源发展“十三五”规划》要求,旨在发挥科技创新的引领作用,增强能源自主保障能力,提升能源利用效率,优化能源结构,推进能源技术革命。《规划》分析了能源科技发展趋势,以深入推进能源技术革命为宗旨,明确了2016年至2020年能源新技术研究及应用的发展目标。按照当前世界能源前沿技术的发展方向以及我国能源发展需求,聚焦于清洁高效化石能源、新能源电力系统、安全先进核能、战略性能源技术以及能源基础材料五个重点研究任务,推动能源生产利用方式变革,为建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系提供技术支撑。

本《规划》是《能源技术革命创新行动计划(2016-2030年)》在“十三五”期间的阶段性目标,是未来五年推进能源技术革命的重要指南,按照应用推广一批、示范试验一批、集中攻关一批的要求,针对能源技术创新中亟需突破的前沿技术规划了重点任务。

一、能源科技发展形势

随着新一轮工业革命兴起，应对气候变化日益成为全球共识，能源技术正在成为引领能源产业变革、实现创新驱动发展的源动力。尊重能源科技创新规律，把握世界能源技术发展趋势，重视能源科技创新体系的建立和完善，提高能源技术创新能力和装备制造水平，通过能源技术革命促进能源生产和消费模式的转变已成为我国能源产业历史性选择。

（一）世界能源科技发展现状与趋势

当前，以新兴能源技术为代表的新一轮科技革命和产业变革正在兴起，正在并将持续改变世界能源格局。非常规油气和深水油气、化石能源清洁高效利用、可再生能源、智能电网、安全先进核能等一大批新兴能源技术正在改变传统能源格局。

传统能源的清洁高效开发、转化、利用成为主要发展趋势。在勘探开发领域，页岩油气和致密油气等非常规油气资源成为油气产量的新增长点，复合开采成为整个石油开采的主要方向，深水油气勘探开发向海底化、智能化方向发展。在加工利用领域，劣质原油提质技术、清洁燃油生产技术、煤基多联产技术、煤气化技术、煤制化学品正成为能源科技主攻方向。火力发电技术正朝着清洁、高效、节能、节水的方向发展，主要国家均在开展700℃超超临界燃煤发电技术研发，整体煤气化联合循环技术、碳捕集与封存技术、富氧燃烧技术正在快速发展。

可再生能源发电与现代电网的融合是世界能源可持续转型的核心。太阳能光伏发电技术继续沿着高效率、低成本方向持续进步，太阳能热发电技术开始规模化示范；风力发电继续向大型化、智能化和高可靠性方向发展，远海和高空风能开发开始提上日程；可再生能源综合利用技术朝着多能互补、冷热电联产综合利用方向发展。现代电网向着智能化、混合化的方向发展，呈现大电网和微型电网并行发展的格局，融合分布式可再生能源的微电网技术、直流电网模式及交直流混合电网模式成为未来电网形态的重要趋势，大容量柔性直流输电技术、直流电网技术和超导直流输电技术等均得到快速发展，先进电力电子装置在可再生能源发电和智能电网建设方面发挥关键性作用，多种储能技术已进入应用阶段但还需提升经济性。

核能利用的关键是安全。不断完善的第三代核电技术逐渐成为新建核电机组的主流，第四代核电技术、模块化小型堆技术、先进核燃料及其循环技术正在快速兴起，对在役核电机组进行延寿也是核电发展的重要环节。

能源基础材料是能源技术发展的基石。燃煤发电机组和燃气轮机对高温材料、大型构件用金属材料提出了更高要求，安全先进核电的发展需要更可靠的核级材料，对可再生能源高效利用的需求促使新型高分子材料、新型电池材料不断涌现，能源转换和传输形式的发展带动了新型储能材料、高效催化剂材料、先进电力电子器件的创新。

在战略层面，主要能源大国均制定政策措施加强技术创新，积极部署发展清洁能源技术，着力通过提升能源产业结构开辟新的经济增长点。欧盟通过制定《2050 能源科技路线图》提出太阳能、风能、智能电网、生物能源、碳捕集与封存、核聚变以及能源效率等为主攻方向的发展思路，突出可再生能源在能源供应中的主体地位。日本先后出台《面向 2030 年能源环境创新战略》和《能源基本计划》，提出能源保障、环境、经济效益和安全并举的方针，继续支持发展核能，推进节能和可再生能源，发展储能技术，规划绿色能源革命的发展路径。美国发布了《全面能源战略》，并陆续出台提高能效、发展太阳能、四代和小型模块化核能等清洁电力新计划。

纵观全球能源技术发展动态和主要能源大国推动能源科技创新的举措，可以得到以下结论和启示：一是能源科技创新进入高度活跃期，新兴能源技术正以前所未有的速度加快对传统能源技术的替代，对世界能源格局和经济发展将产生重大而深远的影响。二是绿色低碳是能源科技创新的主要方向，重点集中在传统化石能源清洁高效利用、新能源大规模开发利用、核能安全利用、能源互联网和大规模储能技术、先进能源装备及关键材料等领域。三是世界主要国家均把能源技术视为新一轮科技革命和产业革命的突破口，制定各种政策措施抢占发展制高点，增强国家竞争力并保持领先地位。

（二）我国能源科技发展现状与趋势

“十二五”期间，我国能源技术自主创新能力和装备国产化水平显著提升，部分领域达到国际先进水平，但还需紧跟能源产业转型升级步伐，集中力量突破重大关键技术瓶颈，为全面构建我国安全、绿色、低碳、经济和可持续发展的现代能源产业体系提供技术支撑。

非常规和难开采油气勘探开发应用总体上达到国际先进水平，基本形成适合我国陆相储层的有效致密气勘探开发技术，初步掌握浅层海相页岩气成套开发技术和致密油开发关键技术，高煤阶煤层气勘探开发技术基本成熟，3000米深水半潜式钻井船等装备实现自主化，建立了浅层超稠油油藏经济高效开发技术体系。煤炭绿色开采和高效利用快速发展，年产千万吨级综采成套设备、年产2000万吨级大型露天矿成套设备实现国产化，智能工作面技术达到国际先进水平。煤制清洁燃料和化学品技术、低阶煤分级分质利用得到快速发展，煤炭气化、液化、热解等已实现产业化。具有完全自主知识产权的千万吨级炼油技术，劣质油加工技术取得突破。生物质能源替代化石能源初见成效。超超临界机组实现自主开发，大型循环流化床发电、大型IGCC、大型褐煤锅炉已具备自主开发能力，CO₂利用技术研发和CO₂封存示范工程顺利推进。燃气轮机设计体系基本建立，初温和效率进一步提升，天然气分布式发电开始投入应用。

可再生能源发电技术已显著缩小了与国际先进水平的差距，

光伏、风电等产业化技术和关键设备与世界发展同步。晶体硅太阳能电池产业化技术取得重大突破，形成晶体硅太阳能电池产业化技术体系；太阳能热发电技术取得了长足进步。建立了大功率风电机组整机设计制造技术体系，3~6MW的海上风电机组实现示范应用，大型风电场运行管理等关键技术开始实际应用。

电网的总体装备和运维水平处于国际前列。电网技术与信息技术的融合不断深化，特高压输电技术处于引领地位，掌握了1000kV特高压交流和 ± 800 kV特高压直流输电关键技术。已建成多个柔性直流输电工程，智能变电站全面推广，电动汽车、分布式电源的灵活接入取得重要进展，电力电子器件、储能技术、超导输电获得长足进步。

核电技术与世界先进水平保持同步。三代核电技术研发和应用走在世界前列，四代核电技术、模块化小型堆、海洋核动力平台、先进核燃料与循环技术取得突破，可控核聚变技术得到持续发展。

“十二五”期间我国能源技术创新为打造新型能源产业奠定了坚实基础，但与新时期推动能源生产和消费方式革命的战略目标还有较大差距，突出表现为：创新模式有待升级，引进消化吸收的技术成果较多，与国情相适应的原创性成果不足；创新体系有待完善，创新投入的低收益问题仍较为突出；部分关键核心技术装备仍受制于人，重大能源工程依赖进口设备的现象仍较为普遍，技术“空心化”和技术“对外依存度”偏高的现象尚未完全

解决。

“十三五”时期是我国大力推动能源产业转型升级,实现“四个革命、一个合作”的关键时期,通过不断创新发展思路,不断健全能源科技创新体系,不断夯实能源科技创新基础,集中力量突破重大关键技术瓶颈,以科技为先导,引领能源生产和消费方式的重大变革,按照应用推广一批、试验示范一批、集中攻关一批的发展路径推动能源技术革命,重点发展清洁高效化石能源技术、新能源电力系统技术、安全先进核能技术、战略性能源技术、能源基础材料技术等,是未来五年我国能源科技创新的重大使命。

二、指导思想、基本原则和发展目标

(一) 指导思想

全面贯彻党的十八大和十八届三中、四中、五中、六中全会精神,深入贯彻习近平总书记系列重要讲话精神,践行我国能源安全发展的“四个革命、一个合作”战略思想,推动能源技术革命,带动产业升级。围绕《国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《能源生产和消费革命战略(2016-2030)》和《能源发展“十三五”规划》关于构建建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系的要求,应用推广一批相对成熟、有需求、有市场、成本低的技术,确保“十三五”提高能源效率、调整能源结构目标的实现;示范试验一批有一定技术积累,但工艺路线、经济性和市场

可接受性有待验证的技术，探索技术定型、大批量生产的路径，为“十三五”及今后的能源转型提供技术支撑；集中攻关一批前景广阔、但核心技术仍需突破、亟待集中力量攻关的技术，为2030年前实现能源技术革命奠定坚实基础。

（二）基本原则

坚持自主创新。必须把自主创新摆在能源科技创新的核心位置，强化原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新，以自主知识产权的关键技术重大突破，引领能源产业加快发展。

坚持市场导向。建立市场导向的技术创新机制，以企业为创新主体，以需求为创新指引，发挥市场在科研资源配置中的基础性作用，提高科技成果转化整体效能。

坚持重点突破。以国家能源安全和重大能源战略为导向，充分发挥国家示范工程、科技重大专项的引领和带动作用，以重点领域科技创新支撑新兴产业发展。

坚持统筹协调。健全政产学研用协同创新机制，建立研发、应用、产业化紧密结合的创新链条，推动重大技术研发、重大装备研制、重大示范工程和技术创新平台“四位一体”协调发展机制，利用国际国内科技资源实现开放式发展。

（三）发展目标

围绕由能源大国向能源强国转变的总体目标，瞄准国际能源技术发展的趋势，立足我国能源技术发展现状及科技创新能力的

实际情况，从 2016 年到 2020 年集中力量突破重大关键技术、关键材料和关键装备，实现能源自主创新能力大幅提升、能源产业国际竞争力明显提升，能源技术创新体系初步形成。

在清洁高效化石能源技术领域，促进煤炭绿色高效开发，实现致密气、煤层气和稠重油资源的高效开发，推动页岩油气、致密油和海洋深水油气资源的有效开发。掌握低阶煤转化提质、煤制油、煤制气、油品升级等关键技术。进一步提高燃煤发电效率，提高燃煤机组弹性运行和灵活调节能力，攻克多污染物一体化脱除技术，整体能效水平达到国际先进水平。

在新能源电力系统技术领域，重点攻克高比例可再生能源分布式并网和大规模外送技术、大规模供需互动、多能源互补综合利用、分布式供能、智能配电网与微电网等技术，在机械储能、电化学储能、储热等储能技术上实现突破，提升电网关键装备和系统的技术水平；掌握太阳能、风能、水能等可再生能源为主的能源系统关键技术，开展海洋能、地热能利用试验示范工程建设，实现可再生能源大规模、低成本、高效率开发利用，支撑 2020 年非化石能源占比 15% 的战略目标。

在安全先进核能技术领域，建成自主知识产权的先进三代压水堆示范工程，掌握大型先进压水堆、高温气冷堆、快堆、模块化小型堆关键技术，钍基熔盐堆研究取得突破，深入研发先进核燃料技术、乏燃料及放射性废物先进后处理技术，建立适合我国大型压水堆核电厂延寿论证的技术体系。

在战略性能源技术领域，掌握微型、小型燃气轮机设计、试验和制造技术，实现中型和重型燃气轮机的设计、试验和制造自主化；突破高能量密度特种清洁油品关键技术，建设煤制油、生物航空燃油等示范工程；超导输电、储能装置达到国际先进水平；实现氢能、燃料电池成套技术产业化；可控核聚变、天然气水合物（可燃冰）利用技术得到进一步发展，总体达到国际先进水平。

在能源基础材料技术领域，研制出高温金属材料及核级材料，进一步提高光伏组件用高分子材料、储能用电极材料等技术参数，大幅降低成本，实现新型节能材料走向市场应用；掌握多种高效低成本催化材料生产技术。

在能源生产、输送、消费等各环节开展先进节能技术的研究，通过技术升级和系统集成优化实现能源利用效率明显提升、单位能耗明显下降。

三、重点任务

围绕“十三五”期间我国能源产业发展重大需求，着眼推动能源技术革命，聚焦形成五个重大能源科技专题，每个技术领域按照应用推广一批、示范试验一批、集中攻关一批进行任务分类。本章节中，集中攻关类以 G 代表（共 70 项），示范试验类以 S 代表（共 48 项），应用推广类以 T 代表（共 31 项），重点任务共计 149 项。

（一）清洁高效化石能源技术

在化石能源深度勘探开发领域，进一步提高煤炭开发效率和油气资源采收率，加强致密气、致密油、稠油、页岩气、页岩油和煤层气等勘探及低成本高效开发，研发深水油气有效开发关键技术及装备，提升我国煤油气资源的自我供给和保障能力。在燃料加工领域，掌握低阶煤提质工艺，研究适应性广的低阶煤热解分质转化技术，开发煤油共处理技术和分级液化技术；加强重劣质原油加工技术研发和应用，攻关清洁油品生产技术，适应油品升级的需要。在清洁高效燃煤发电领域，掌握具有自主知识产权先进超超临界机组、大型 IGCC 机组、循环流化床机组设计制造技术，研发低能耗大规模 CO₂ 捕集工艺与设备，开展多污染物一体化脱除技术和工艺的自主化研发，开展火电机组深度调峰技术研究。

本规划围绕化石能源深度勘探开发、清洁燃料加工转化和清洁燃煤发电等技术领域部署 26 个集中攻关项目、18 个示范试验项目、12 个应用推广项目。

1. 化石能源深度勘探开发

1) 集中攻关类

G01) 煤炭资源开发地质保障技术与装备

研究目标：突破断层、陷落柱等地质异常体精细探查技术，实现

煤矿隐蔽致灾地质因素的智能探测，断层断距分辨率不大于 3m，陷落柱直径分辨率不大于 10m。

研究内容：研发煤炭与煤系资源协同勘查技术，西部聚煤盆地地质系统和煤炭资源综合评价，煤矿现代化建设与开采地质保障系统，煤矿安全地质保障技术，煤系页岩气、致密砂岩气、煤层气及天然气水合物资源勘查开发系统技术，煤系共伴生元素与洁净煤技术的地质基础，煤矿区地下水系统研究和环境地质、灾害地质评价。

起止时间：2016-2022 年

G02) 煤矿智能化采掘技术与成套装备

研究目标：掌握煤矿无人化开采技术，岩巷掘进速度达到 1000 米/月，煤巷掘进速度达到 2000 米/月，实现综采工作面无人开采，实现工作面设备远程协同控制和故障自诊断。

研究内容：研发全断面巷道 TBM 和顶管快速施工技术与装备、掘支运一体化快速掘进系统、智能化综采工作面成套装备、无人工作面巡检机器人、矿井设备协同控制及故障远程诊断系统、基于大数据的智能开采效能和安全分析决策系统。

起止时间：2016-2020 年

G03) 特厚巨厚煤层绿色安全高效开采技术与成套装备

研究目标：掌握 20-50 米厚煤层开采技术，形成特厚巨厚煤层工艺、技术、装备体系，实现安全、绿色的一次采全高开采。

研究内容：研究特厚巨厚煤层开采工艺与方法，巨厚煤层采场围岩控制理论与技术，超大采高综放工作面成套装备，巨厚煤层开采瓦斯、火、冲击地压等灾害治理技术，超大采动条件下地下水资源保护和地表生态恢复技术。

起止时间：2016-2022 年

G04) 致密砂岩气藏精细描述技术

研究目标：结合地震、测井的多属性分析，精确描述致密砂岩储层空间展布，低饱和度致密气层含水率等关键参数预测符合率达到 80%。

研究内容：开展复杂条件三维地震采集处理技术攻关，提高地震资料品质；开展致密气藏有效储层精细描述研究，重点开展小幅度构造特征研究、砂体内部结构精细解剖和有效砂体空间展布特征研究；开展致密气藏精细建模技术研究，重点开展气藏精细建模方法研究、气藏精细建模动态约束条件研究，以及三维精细地质建模研究和储量复算与评价。

起止时间：2016-2020 年

G05) 多层系致密气藏立体开发优化技术

研究目标：通过储层砂体展布精细描述、可动用储量评价、钻井轨迹优化、增产改造工艺优化和井网井距优化，实现致密气气藏经济有效开发，采收率总体达到 25%以上。

研究内容：开展砂岩储层空间结构研究、隔夹层空间展布特征研

究和砂体分布模式量化评价；开展基于多开发指标最优的多层系致密气藏井网井距、布井方式优化研究；研究人工裂缝模拟和预测技术、压裂液与支撑剂优选技术、压裂设计优化技术；研究大型水力压裂技术、水平井分段压裂改造技术和老井重复压裂改造技术；开展岩石分析测试技术、气水两相渗流评价技术，可动流体分析测试技术和储量可动用性评价技术研究。

起止时间：2016-2020 年

G06) 致密油富集规律及资源评价技术

研究目标：开展全国致密油资源评价和有利区优选研究，落实 10-20 个致密气勘探开发有利区。掌握不同类型致密油精细评价技术，致密储层识别误差小于 20 米。

研究内容：开展致密油形成与富集规律研究、致密油储层精细描述与定量评价、致密油目标评价关键技术研究，以及重点地区致密油构造演化与保存条件研究；开展致密油形成地质条件研究、致密油成因机制研究及模拟、致密油形成主控因素研究、致密油资源评价关键技术研究，并对重点地区致密油资源条件综合研究与潜力预测。开展致密油储层多尺度孔喉归一化研究、致密油渗流系统特征研究和致密油层渗流测试及评价方法研究；开展致密油层流体赋存特征及可动性、致密油精细评价参数体系与分类评价等研究。

起止时间：2016-2020 年

G07) 致密油产能评价及开发优化技术

研究目标: 建立致密油产能评价技术体系, 优选与致密油油藏特征相适配的合理补充能量开发方式和注入介质, 使致密油采收率达到 5% 以上。

研究内容: 开展致密油单井生产动态分析及跟踪评价, 致密油井开发递减规律研究, 以及致密油产能评价与预测技术研究; 开展致密油生产特征与高效开发模式研究和致密油开发经济性分析与方法研究; 开展准自然能量开发水平井泄油机理研究、水平井吞吐采油机理研究和注入介质驱油机理研究; 开展注水条件下水平井开发规律研究、注采异步等新注水开发方式研究和开展水吞吐开发方式优化研究; 开展空气泡沫驱扩大试验、氮气驱技术、注 CO₂ 开发方式和 CO₂ 吞吐开发方式研究。

起止时间: 2016-2023 年

G08) 稠油原位改质技术

研究目标: 提出稠油原位改质技术理论, 研究井下加氢改质方法和可行性, 使采收率提高 10%-15%。

研究内容: 开展稠油原位改质技术理论、稠油井下加氢改质技术、重质油转化技术理论和稠油井下热裂解催化剂技术研究。

起止时间: 2016-2020 年

G09) 页岩气“甜点区”识别技术

研究目标: 集成页岩岩石物理测试分析、储层参数测井综合评价、

地震预测与综合评价、多学科页岩可压性地球物理评价和微地震监测等技术，优质页岩气储层解释符合率达到 80%以上，储层识别精度达到 20 米以内。

研究内容：测井页岩 TOC 解释、游离气和吸附气定量预测、页岩岩性及储集参数评价、多尺度裂缝定量表征方法及综合预测、岩石力学参数和储层脆性解释、地应力和地层压力预测方法及关键仪器；研究开展地震 TOC 预测技术、脆性预测技术、应力预测技术、全方位各向异性地震裂缝预测技术研究，建立页岩油气地质-工程“双甜点”地球物理描述与综合评价方法；开展页岩气水平井压裂微地震监测资料处理、解释技术与应用研究，研发浅井永久埋置微地震采集装置和与之配套的处理解释技术。

起止时间：2016-2020 年

G10) 深层页岩气水平井钻完井及增产改造技术

研究目标：针对埋深超过 3500 米页岩储层温度高、地应力高等因素导致的钻完井过程中井筒垮塌严重、套管变形，分段压裂过程中加砂困难、设备强度不够等问题开展研究，以实现 3500 米以深页岩气资源的有效开发。

研究内容：攻关长水平段井眼轨迹优化设计及控制技术、页岩水平井快速钻井技术，研制 5000 米或 7000 米顶部控压智能化钻机、47 吨连续油管作业装置，以及高速涡轮钻具和孕镶金刚石钻头的关键工具；攻关分段压裂技术及工具、微地震压裂裂缝监测技术。

起止时间：2016-2022 年

G11) 陆相及海陆过渡相页岩气有效开发技术

研究目标：形成一套适用于陆相和海陆过渡相页岩气地质条件的目标优选技术和钻井完井技术、低成本高效的储层改造工艺技术体系，以实现我国陆相和海陆过渡性页岩气开发突破。

研究内容：开展陆相和海陆过渡相页岩气地质工程“双甜点”目标优选技术研究；开展不同岩性组合情况下的直井、定向井及水平井井型优选研究；开展清水压裂、重复压裂、分段压裂、同步压裂和微地震裂缝监测等技术研究，开展新型压裂液、压裂液处理和再利用、储层伤害机理及保护、长井段射孔、体积改造和岩石机械特性地质力学等技术攻关。

起止时间：2016-2025 年

G12) 油页岩原位改造与热转化关键技术研究

研究目标：明确油页岩原位改造缝网形成机理，探索油页岩原位热转化及物性变化规律，掌握油页岩原位改造技术和热转化关键技术。

研究内容：研究油页岩原位改造破裂特征及缝网形成机理和油页岩原位改造缝网指标评价方法；研究适合油页岩原位改造形成缝网的技术方法和工艺参数，明确适应于油页岩原位改造封网形成的工艺；研究油页岩原位热解影响因素，明确热解规律；研究油页岩高温转化过程中孔隙度、渗透率、岩石力学参数等物性变化

规律，为油页岩原位开采工艺方法制定提供依据。

起止时间：2016-2020 年

G13) 深水浮式平台工程技术

研究目标：形成 TLP、SPAR、SEMI 等典型浮式平台工程化关键技术体系，突破 FLNG、FDPSO 等新型装置工程应用的关键技术，为我国 3000 米深水油气田的开发和安全运行提供技术支撑和保障。

研究内容：开展远海复杂的海洋环境条件下 TLP 工程化关键技术、SPAR 工程化关键技术和新型干式采油平台关键技术等典型浮式平台工程攻关，建立涵盖设计、建造、安装、监测及后期运营维护的深水浮式平台工程应用技术体系；开展 FLNG 装置工程应用技术、八角型 FDPSO 装置开发与设计，建立新型装置应用的工程技术体系。

起止时间：2016-2020 年

G14) 水下生产系统工程技术

研究目标：突破 1500 米水下生产系统设计关键技术，形成水下生产系统设计能力与技术体系。掌握 1500 米水下管汇、水下阀门和控制脐带缆等核心装备国产化关键技术。

研究内容：开展水下生产设备设计技术、水下电力系统设计技术、水下控制模块 SCM 关键技术研究及相关通用软件开发。

起止时间：2016-2020 年

G15) 深水海底管道和立管工程技术

研究目标：实现柔性软管和湿式保温材料国产化，提高深水海底管道和立管设计制造能力与安全运行保障能力，为我国南海深水油气田开发提供技术和产品支持。

研究内容：研究柔性软管关键技术、深水海底管道安全防护监测/检测技术、深水厚壁管屈曲、冲刷海床海底管道稳定性设计方法，开展深水管道湿式保温材料国产化及工程应用。

起止时间：2016-2020 年

G16) 深水流动安全保障及控制技术

研究目标：构建深水油气田开发过程流动安全实验、工程设计、过程控制与智能管理技术体系，为 3000 米深水油气田流动安全系统设计、建造和运行管理提供技术支撑。

研究内容：开展海上油田流动安全实验研究与工程设计技术、深水高粘高含蜡原油输送技术、深水油田流动安全监测与流动管理技术、深水气田多相动态腐蚀评价技术与对策、深水流动安全保障技术中试及评价技术研究。

起止时间：2016-2020 年

G17) 深层煤层气开发技术研究

研究目标：形成深层煤层气钻完井及增产改造技术系列，实现埋深 1000-1500 米煤层气资源的有效开发。

研究内容：开展深煤层可采性评价，煤层气高渗富集主控因素分

析和深煤层煤层气有利区优选技术研究；开展井身结构和井眼剖面的优化设计、钻具组合优化、井眼轨迹导向控制和主水平井眼与裸眼洞穴的连通等技术研究；开展选区评价及储层改造技术优选，分段方式、射孔工艺、压裂工作液研究，并进行现场试验、压后生产动态分析。

起止时间：2016-2020 年

G18) 复杂储层煤层气高效增产技术

研究目标：针对煤储层压裂效果不理想和专有装备尚处于研发起步阶段等难题，开展相关技术攻关，实现单井产量达到 1200 方/天以上，实现中低煤阶和薄煤层煤层气资源的有效开发。

研究内容：开展中低煤阶煤层气有效压裂技术、薄煤层（群）有效压裂技术、低透气性煤层煤层气抽采开发利用技术、低浓度胍胶压裂液体系、多项裂缝监测评估技术结合的煤层压裂裂缝综合诊断评估技术，以及煤储层脉冲致裂、高能气体压裂改造新技术研究。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S01) 第四代现代化（智慧）煤矿示范工程

研究目标：建设智慧型矿山示范工程。

研究内容：以信息化、数字化和自动化为核心，集成应用通信通讯、监测监控、物联网、云计算等新技术，将智能矿山建设从传

统业务管理扩展至资源环境管理、采掘生产、洗选加工、煤矿安全等矿山各个领域。

起止时间：2016-2020 年

S02) 致密气田增产及稳产工程技术

研究目标：针对致密气井单井递减快、稳产难度大的生产特点，通过压裂增产、老井挖潜和压采一体化等方面研究，实现致密气田稳产 20 年以上。

研究内容：开展二氧化碳干法压裂技术研究及工艺试验和纤维素压裂液试验；开展老井潜力层地质特征及选井选层原则方法研究，老井增产措施配套工艺技术试验、低密度低伤害压井液体系优化完善及性能评价，致密气储层转向压裂技术研究和不压井作业工具研究与试验；开展压裂实施效果评价分析、压裂裂缝检测及参数评价分析和分层分段工具可靠性验证；开展多轮次压采一体化开发技术试验。

起止时间：2016-2020 年

S03) 致密油水平井分段压裂及工厂化技术

研究目标：示范试验陆相储层致密油水平井分段压裂技术及工厂化作用技术，单井产量达到直井 5 倍以上，作业效率提高 30% 以上。

研究内容：开展致密砂岩体积压裂工程地质研究与评价、复杂裂缝形成与控制机理研究和水平井体积压裂优化设计技术研究；开

展新型大通径桥塞体积压裂工艺研究、新型驱油型压裂液体系研发；开展人工裂缝监测技术优选与现场试验、致密砂岩储层体积压裂人工裂缝优化技术研究和致密砂岩压裂效果及增产潜力评价研究；开展工艺技术模式研究、液体利用模式研究和生产组织模式研究。

起止时间：2016-2025 年

S04) 低产气井高效排水采气技术

研究目标：形成泡沫排水、柱塞气举智能控制技术，优化不同类型气井排水采气技术对策，技术措施有效率提高 10%，实施成本降低 30%。

研究内容：开展直井、定向井排水采气对策优化研究和水平井排水采气工艺适应性评价；开展数字化泡沫排水采气技术研究、柱塞气举排水采气技术自主研发、低成本速度管柱排水采气技术深化研究和地面涡流工具排水采气技术探索研究；开展气井井筒积液诊断技术研究、柱塞运行模式优化方法研究和排水采气智能控制系统软件开发。

起止时间：2018-2022 年

S05) 页岩气开发优化技术

研究目标：针对南方海相页岩气井开发特点，形成页岩气单井产能评价和动态分析技术、井网优化技术等，优化页岩气开发技术政策。

研究内容：页岩气储层地质表征与建模技术研究；不同层系、不同沉积环境页岩气流动条件与机理研究；页岩气井试井分析和产能评价技术研发；页岩油气藏和单井开发数值模拟技术研究；页岩气开发动态与储量评价方法，以及不同地质地表条件下页岩气开发技术政策与方案优化技术研究。

起止时间：2016-2022 年

S06) 页岩气开采环境评价及保护技术

研究目标：通过页岩气环境评价及保护等装备试验示范，形成安全环保管理系列技术标准规范，使页岩气开发全过程符合国家相关要求。

研究内容：针对页岩气开发中废物处理、环境安全和地质灾害防范等突出问题，重点开展压裂返排液处理与利用技术及装备、油基钻完井废液处理处置技术及应用、页岩气开发地质灾害监控及工艺安全技术、页岩气开发生态及地下水环境风险评估与监控技术、页岩气开发安全环保管理技术标准体系等研究。

起止时间：2016-2020 年

S07) 深水钻井技术装备与应用

研究目标：初步建立具有自主知识产权的深水油气田开发钻完井工程技术体系，制定适合水深 3500 米以上海域深水钻井作业装备和技术规范系列，进行深水油气勘探井钻探。

研究内容：开展浅层地质灾害预防及应对措施研究、深水钻井工

程设计方案优化研究、深水钻井液性能优选研究、旋转导向钻进技术研究、复杂条件下固井技术研究，以及深水测井、录井、试油关键技术研究与应用。

起止时间：2018-2025 年

S08) 低煤阶煤层气资源评价与开发技术

研究目标：立足低煤阶勘探开发热点地区，优选出 5-8 个低煤阶煤层气有利区，开展低煤阶煤层气井安全高效钻完井技术和相适应的压裂工艺技术试验，实现产量规模 10 亿方/年。

研究内容：开展低煤阶煤层含气性评价，煤层气高渗富集主控因素分析，低煤阶煤层气有利区优选；开展漏失井治理、井壁稳定机理等研究；开展煤层分层方式研究、压裂作业参数合理控制方法及解堵措施分析、机械分层工具优选，以及开展现场试验、应用及效果分析。

起止时间：2016-2020 年

S09) 煤层气开发动态分析与评价技术

研究目标：通过对已开发的煤层气区块的生产动态进行分析研究，归纳基本规律，优化煤层气的开发过程，煤层气井单井 EUR 提高 10-20%。

研究内容：通过对煤层气区块开发已获取的开发动态数据，结合煤层气地质数据和相关的测试与实验分析数据，利用动态分析方法和计算机数值模拟软件分析方法，对区块的煤层气开发效果进

行分析评价，对区块的动态变化趋势和最终可采储量及相应的最终采收率进行分析计算。

起止时间：2016-2018 年

3) 应用推广类

T01) 致密气藏水平井组钻完井技术

研究目标：形成致密气藏水平井组钻完井配套技术，使长水平段（1000m 以上）水平井平均钻井周期 < 65 天。

研究内容：开展三维水平井眼轨迹优化设计、三维水平井导向钻具优化设计和降摩减阻钻井技术研究；开展多段压裂水泥石封隔有效性研究、水平井窄间隙固井水泥浆体系研究、提高套管居中度和窄间隙固井工艺参数优化设计；开展复杂井段漏失坍塌机理研究、强抑制钻井液关键添加剂优选和环保钻井液体系研究及重复利用。

起止时间：2016-2020 年

T02) 蒸汽辅助重力泄油（SAGD）技术

研究目标：在稠油区推广应用 SAGD（蒸汽辅助重力泄油）技术，使我国稠重油采收率提高 10% 以上。

研究内容：推广双水平井 SAGD 技术、单井 SAGD 技术、直井与水平井 SAGD 提高蒸汽波及体积技术、SAGD 间歇注气工艺技术、SAGD 高温大排量泵举升工艺技术和水平井 SAGD 蒸汽腔动态监测与优化控制技术。

起止时间：2016-2020 年

T03) 3500 米以浅页岩气水平井分段压裂技术

研究目标：埋深 3500 米以浅页岩气水平井钻完井效率大幅提高，水平段长 1500 米的水平井钻井周期达到 50 天以内，实现页岩储层高效体积改造，关键技术及装备全面实现国产化。

研究内容：完善页岩段水平井钻井液体系和页岩段水平井井壁稳定控制施工工艺，以及页岩高效破岩钻头与配套工具、页岩水平段固井水泥浆体系及配套工具，开展压裂改造材料体系研究与应用、分段压裂装备及配套工具研发与应用；完善微地震采集仪器、井中监测与解释技术、地面监测与解释技术研究和微地震监测效果综合评估。

起止时间：2016-2020 年

T04) 煤层气井高效排水降压工艺技术

研究目标：优化煤层气井排采设备和管柱体系、防腐工艺、排采制度等，使页岩气井连续稳定生产，单井产量提高 10%-20%。

研究内容：开展煤层气井智能化排采研究，重点开展排采井产气产水能力分析、排采井工作制度设计、排采设备优化选择、油管和抽油杆优化设计以及抽油杆扶正器安装设计；开展煤层气井区块腐蚀评价，研发 FBY 型阴极保护器、MCZ 环保型缓蚀剂及化学吞吐技术；开展施工工艺、施工参数研究，并进行单井压后效果跟踪与评价。

起止时间：2016-2020 年

T05) 低浓度煤层气 PSA 脱氮浓缩与液化集成制 LNG/CNG 技术

研究目标：在自主研发的可工业化低浓度煤层气变压吸附浓缩与液化集成技术的示范基础上，建成一批 5-15 万 Nm³/d 规模的成套装置。

研究内容：解决低浓度煤层气浓缩与液化集成技术工业化应用推广的相关工程关键问题，包括原料气流量及组成波动适应性问题，长周期稳定安全运行的控制及管理技术等。

起止时间：2016-2020 年

2. 清洁燃料加工转化

1) 集中攻关类

G19) 重劣质原油加工技术

研究目标：最大限度利用好石油资源，提高劣重质原油、劣质渣油加工的经济性，提高原油综合利用率。沸腾床加氢技术脱金属率达 85%以上，脱硫率达 80%以上，转化率达 70%以上；浆态床加氢技术相比焦化馏分油收率提高 15 个百分点以上，金属脱除率大于 95%，沥青质脱除率大于 85%，残炭脱除率大于 80%。

研究内容：针对高残碳含量、高金属含量的劣质渣油，研究开发沸腾床和浆态床加氢技术，包括反应器工程放大模拟、加氢催化剂设计及生产工艺、催化剂与液相分离技术等。开展渣油加氢与

加氢裂化、催化裂化等其他二次加工技术的组合工艺研究。

起止时间：2016-2020 年

G20) 新型低阶煤热解技术

研究目标：开发能够提高焦油产率、提高焦油中轻质组分含量的低阶煤中低温热解技术，焦油产率提高 20%-50%，轻质组分含量达到 70%-80%。

研究内容：研发低粉尘、高油产率和高品质油气的粉煤热解技术；研究煤加氢热解的反应机理及反应条件对加氢催化热解的焦油等产物的分布、品质的调控；研究煤加压热解的反应机理及反应条件对加压热解的产物的分布、品质的调控，建立试验装置并优化加压热解工艺；研究 CO+H₂ 混合气体系统气氛反应机理，研究催化剂对低阶煤热解过程的作用机理及催化剂制备，进行循环溶剂性能评价和加氢试验研究。

起止时间：2016-2020 年

G21) 煤炭加氢液化新技术

研究目标：开发降低反应苛刻度煤加氢液化技术，原料煤转化率 ≥85%，油收率 ≥50%，反应压力 ≤10MPa。

研究内容：开发温和液化新工艺与催化剂、重质油轻质化新工艺与催化剂、温和液化工业反应器、固态产物分质加工新技术、煤溶剂萃取-催化加氢耦合技术，开展温和加氢工艺技术验证，研发煤和重质油共处理技术、循环溶剂制备技术并开展性能评价。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S10) 酶法生物柴油产业化示范工程

研究目标：优化年产 20 万吨酶法生物柴油、2 万吨生物法二元醇单套装置，实现累计产能 100 万吨/年生物柴油、10 万吨/年二元醇以上。

研究内容：完善酶法生物柴油技术适应低品质油脂原料的工艺条件，放大适用酶法生物柴油新工艺的专用反应器，开发高效生物催化剂；实施副产物甘油发酵制备生物基二元醇的关键菌种改造及工艺完善；优化发酵及产品分离精制工艺。

起止时间：2016-2020 年

S11) 单系列百万吨/年及以上低阶煤热解示范工程

研究目标：开发具有自主知识产权、适应性广的低阶煤中低温热解技术装备，建设百万吨/年以上规模的示范装置，并实现长期稳定运行；系统能效不低于 75%，焦油产率大于格金实验的 85%。

研究内容：开展大型热解反应器及其附属设施研制、大型回转设备的密封技术研发、可长周期稳定使用的热载体开发、固体热载体的加热技术以及高温热载体的平稳输送系统研发、高效低耗长寿命的高温除尘技术研究；研发强腐蚀性介质输送设备、最优焦油和半焦产率下的工艺技术、研发热解气净化系统防结焦及废水处理回用技术、半焦的规模化成型与防粉化技术；突破半焦用于

工业化锅炉燃烧技术、半焦用于替代部分喷吹/烧结原料的炼铁生产技术及半焦高效气化技术；开展干燥、热解、油品加工系统的集成试验。

起止时间：2016-2020 年

S12) 新一代先进煤气化示范装置

研究目标：形成满足不同煤种和产品需求并具有自主知识产权的先进煤气化技术。

研究内容：开发适应于高灰熔点煤的新型超高温气流床气化技术；开发原煤日处理能力 3000~4000 吨的大型气化炉；突破流化床加压大型化关键技术，形成 2000 吨级加压流化床煤气化工业技术示范应用；开发千吨级/日连续自动液态排渣移动床加压气化技术；开发城市垃圾、生物质与煤共气化技术，以及气化污染物控制技术；开展新一代催化气化制氢和气流床加氢制取天然气技术研发。

起止时间：2016-2020 年

S13) 煤制化学品新技术工业示范

研究目标：开发具有独立自主知识产权的煤制化学品新技术，完成新一代煤制乙二醇、甲醇制芳烃和合成气制高碳醇等技术工业示范。

研究内容：开发新型高效催化剂，研究催化剂工业制备方法；优化大型工业反应器设计，加强系统集成。开展甲醇制芳烃、煤基油制芳烃、第三代甲醇制烯烃技术的百万吨级工业化示范；

开展非贵金属催化剂煤制乙二醇技术 50 万吨级工业化示范；开展甲醇甲苯制对二甲苯、合成气制高碳伯醇等技术中间试验；推动合成气一步法制烯烃、乙醇等技术工程放大和试验示范。

起止时间：2016-2023 年

S14) 高酚氨煤化工废水零排放技术示范

研究目标：构建高酚氨煤化工废水零排放技术体系，优化集成技术的设计参数，建设 1000 方/小时以上规模的示范工程，实现中水回用率 $\geq 99\%$ 。

研究内容：优化高酚氨煤化工废水典型污染物高效预处理关键技术参数；优化高效厌氧技术参数，提高水质冲击适应性，进一步改善水可生化性；研发煤化工废水去除特征污染物酚及杂环类和氨氮的关键技术；开发浓盐水脱除 COD 技术、蒸发结晶组合技术，完善单质结晶盐分离流程。

起止时间：2019-2020 年

3) 应用推广类

T06) 清洁油品生产技术

研究目标：全面提高汽油和柴油性质，改善油品组成结构，满足我国现阶段对清洁油品的需求。

研究内容：研究推广降低催化汽油硫含量的各种有效脱硫技术、降低汽油烯烃并增产轻质烯烃或芳烃的催化裂化技术、生产高辛

烷值的汽油组分技术和超低硫汽油调合和储运技术。应用二次加工柴油的超深度加氢脱硫技术、大幅提高柴油十六烷值技术、进一步降低柴油芳烃含量的技术、灵活多产清洁柴油和化工原料的加氢裂化技术，以及超低硫柴油的调合和储运技术。

起止时间：2016-2020 年

T07) 百万吨级煤炭间接液化成套技术装备

研究目标：建设百万吨级煤炭间接液化工业装置，生产清洁液体燃料。

研究内容：应用推广百万吨级煤炭间接液化工艺系统集成与优化技术；开发 50-80 万吨/年费托合成大型反应器、合成催化剂的规模化生产技术、合成中间产品的加工提质技术、多产超清洁汽油技术、联产高附加值化学品技术、尾气转化和利用技术以及先进的节能节水和废水处理技术。

起止时间：2016-2023 年

T08) 百万吨级褐煤干燥提质技术

研究目标：建成一批 100 万吨/年以上规模的工业化装置及电厂原煤预处理装置；通过调节产物的性质及与下游产业的耦合，实现提质产品的商品化、标准化、系列化。

研究内容：应用推广大型干燥设备及其附属设施的设计技术与生产工艺、能量系统的模拟与计算、大型高效长寿命的高湿度气体除尘防结露技术、混合气体中水分的高效回收技术、再利用技术

及水分潜热的回用技术、干燥煤的规模化成型技术、防自燃防复吸技术；干燥提质系统与电厂的集成技术；工业化系统的建设成本、装置能耗及环境影响；形成系统的设计、调试、运行标准；根据原煤和干燥煤的性质，形成煤炭产品的系列化标准。

起止时间：2016-2020 年

3. 清洁燃煤发电

1) 集中攻关类

G22) 大型火力发电机组间接空冷技术

研究目标：实现 1000MW 机组间接空冷设计技术达到国际领先水平。

研究内容：研发 1000MW 级机组间接空冷塔设计技术、间接空冷系统的热力和空气动力计算方法、风机辅助自然通风空冷塔设计技术和间接空冷塔防冻技术。试验研究六排管铝制空冷散热器的热力特性和阻力特性，开展低污染物排放条件下利用间接空冷塔排烟和将脱硫装置布置在空冷塔内的设计技术研究，研究 1000MW 火电机组配置风机辅助自然通风间冷塔的大风、低温环境适应性。

起止时间：2016-2020 年

G23) 基于 IGCC 的 CO₂ 捕集等绿色煤电技术研发

研究目标：掌握基于 IGCC 的 CO₂ 捕集及与发电系统耦合和集成等技术。

研究内容: 研究基于 IGCC 的燃烧前低能耗新型 CO₂ 捕集吸收剂及节能新工艺, 捕集系统与发电系统的耦合和集成技术, 开发核心专有设备; 开展 IGFC-CC 复合发电系统研究; 研发中温 (300-400℃) 煤气除尘、脱硫技术, 降低净化系统能耗; 研发煤气脱汞技术等。

起止时间: 2016-2020 年

G24) 新一代高效低能耗 CO₂ 吸收剂及 CO₂ 捕集系统与发电系统耦合优化集成技术

研究目标: 掌握新型 CO₂ 吸收剂和捕集材料, 以及燃烧后 CO₂ 捕集系统与发电系统的耦合优化集成技术。

研究内容: 研发新一代高效低能耗的 CO₂ 吸收剂和捕集材料, 提高吸收剂的吸收性能、长期稳定性和环保安全性, 降低吸收剂再生能量消耗; 研发吸收和再生过程强化技术; 研究燃烧后捕集系统与发电系统的耦合优化集成技术, 开发核心专有设备; 研究 CO₂ 与细微颗粒物、SO₂ 等污染物的协同脱除技术。

起止时间: 2016-2020 年

G25) 多污染物 (SO₂、NO_x、Hg 等) 一体化脱除技术

研究目标: 研发具有自主知识产权的多污染物一体化脱除技术。

研究内容: 研发具有同时吸附多污染物的新型高效吸附剂及高效、低成本氧化剂、氧化工艺与设备, 以及高效催化剂等, 研发多污染物一体化脱除技术工艺关键装置设计及制造技术。

起止时间：2016-2020 年

G26) 700℃超超临界燃煤发电技术

研究目标：掌握 700℃超超临界燃煤发电关键技术，开发具有自主知识产权的 700℃超超临界燃煤发电机组示范工程。

研究内容：完成 700℃超超临界燃煤发电机组关键部件及系统验证实验，验证自主研发制造的 700℃高温材料及关键高温部件；开发 700℃超超临界锅炉、汽轮机；开展 600MW 等级蒸汽参数为 35MPa/700℃/720℃/720℃超超临界燃煤发电机组方案设计。

起止时间：2016-2025 年

2) 示范试验类

S15) 600MW 等级超超临界循环流化床锅炉示范工程

研究目标：建成燃煤矸石或无烟煤 600MW 超超临界循环流化床锅炉发电机组示范工程。

研究内容：验证燃煤矸石、无烟煤 600MW 等级超超临界循环流化床锅炉的关键技术；掌握燃煤矸石、无烟煤 600MW 等级超超临界循环流化床锅炉的制造技术、系统集成技术、控制技术及安装、调试与运行技术。

起止时间：2016-2022 年

S16) 600MW 等级或以上容量超（超）临界全燃准东煤锅炉机组示范工程

研究目标：建成 600MW 等级或以上容量超（超）临界全燃准东煤锅炉机组示范工程。

研究内容：设计制造 600MW 等级或以上容量超（超）临界全燃准东煤煤粉锅炉；研究锅炉全燃准东煤的系统集成设计技术；研究锅炉燃烧和控制技术，解决准东煤锅炉结渣问题，研制满足低 NO_x 排放要求的准东煤锅炉燃烧器。

起止时间：2017-2025 年

S17) 400-600MW 级 IGCC 示范工程

研究目标：建成自主知识产权的 400-600MW 级 IGCC 示范电站。

研究内容：掌握 400-600MW 级 IGCC 发电系统设计技术，进行 400-600MW 级 IGCC 系统工程示范与运行技术研究；掌握 F 级燃机的中低热值合成气的改造设计技术；掌握 $30 \times 10^4 \text{m}^3/\text{h}$ 级轴流/离心空分压缩机的设计与制造技术。

起止时间：2016-2025 年

S18) 百万吨级碳捕集利用和封存系统示范工程

研究目标：建设百万吨级大型 CO₂ 捕集系统示范工程。

研究内容：完成燃烧后 CO₂ 捕集技术的放大研究，包括百万吨级捕集系统和设备设计技术、与电厂的深度耦合及系统控制技术；配合开展百万吨级 CO₂ 驱油和封存的协同优化，保证 CO₂ 封存的

长期安全性。

起止时间：2017-2025 年

3) 应用推广类

T09) 600MW 等级及以上容量超超临界二次再热燃煤高效发电机组工程

研究目标：进一步提高超超临界发电机组能效，降低污染排放。

研究内容：积累二次再热高效超超临界发电机组运行控制技术方面经验，提高机组的安全性和可靠性，提高经济技术指标，降低建设成本。

起止时间：2016-2020 年

T10) 节能/超低排放型超临界循环流化床锅炉技术

研究目标：掌握具有节能和超低排放效果的 350MW 等级或 600MW 等级超临界循环流化床锅炉优化运行方案，进一步降低污染物排放，达到超低排放的标准。

研究内容：研究超临界循环流化床锅炉的提效技术，进一步降低锅炉厂用电率，提高锅炉热效率；开展超临界循环流化床锅炉的超低排放技术研究，掌握适用于循环流化床锅炉的深度除尘、脱硫和脱硝技术的工艺技术方案。

起止时间：2015-2020 年

T11) 燃煤耦合生物质发电技术

研究目标：掌握燃煤耦合生物质发电技术，进一步提高对现役燃煤电厂的技术改造水平。

研究内容：研究现役燃煤电厂耦合生物质发电的改造技术，验证并推广生物质成型和干燥技术、生物质燃烧和气化发电技术、锅炉结焦和腐蚀对策、燃煤电厂掺烧生物质的适应性、污染物排放和灰渣综合利用、藻类生物质掺烧等技术，并获得现役电厂改造的运行经验。

起止时间：2016-2020 年

T12) 火电灵活性改造技术

研究目标：根据系统调峰能力需求以及火电机组自身特点，提高火电机组运行灵活性和燃料灵活性，提高现有火电机组的调峰幅度、爬坡能力以及启停速度，减少对燃料的依赖性。通过灵活性改造，热电机组增加 20%额定容量的调峰能力，最小技术出力达到 40%-50%额定容量；纯凝机组增加 15%-20%额定容量的调峰能力，最小技术出力达到 30%-35%额定容量。部分具备改造条件的电厂力争达到国际先进水平，机组不投油稳燃时纯凝工况最小技术出力达到 20%-25%。

研究内容：借鉴国际先进经验，研究制定我国火电运行灵活性升级改造技术路线，引进推广国外先进技术和标准化工作、研究相关政策和价格机制。通过开展国内火电灵活性改造示范试点工作，重点掌握火电机组灵活性提升改造中制粉系统、燃烧系统、汽机

系统、供热系统、控制系统等的关键技术，解决污染物排放控制、疲劳损伤控制以及效率损失控制等关键问题。

起止时间：2016-2020 年

（二）新能源电力系统技术

在可再生能源利用领域，研究 8MW-10MW 陆/海上风电机组关键技术，建立大型风电场群智能控制系统和运行管理体系；突破高效太阳能电池的产业化关键技术，发展新型太阳能电池技术，持续提高光伏发电系统的能量转换效率、经济性和智能化水平；完善大型太阳能热发电站高效集热和系统集成技术，实现可全天运行的 100MW 级电站商业化运行；开展复杂条件下水电开发相关技术研究；开展海洋能、地热能利用关键技术及装置研发和示范工程建设。

在高比例可再生能源并网及传输领域，重点突破大型可再生能源基地和大量分布式可再生能源并网、特高压直流与柔性输电核心技术与装备等关键技术；进一步提升电网和互联网信息的相互融合，源网荷协同水平；在现代信息通讯技术的运用、新型电力设备制造及传统电力设备的智能升级等方面持续取得进展。

立足于电力系统调峰和电能质量管理需要，推动压缩空气储能、液流电池、钠硫电池、锂电池和飞轮储能等多种储能技术发展，在大容量储能等技术上实现突破。推进能源互联网建设，加强智能配电与用电网络建设，促进分布式能源和多能互补式发电项目在微网中的利用，开展能源互联系统运营交易技术研究。

本规划在可再生能源利用、高比例可再生能源并网与传输、储能与能源互联网等领域部署 13 个集中攻关项目、15 个示范试验项目、10 个应用推广项目。

1. 可再生能源高效利用

1) 集中攻关类

G27) 新型高效低成本光伏发电关键技术

研究目标：研制出新型高效低成本光伏电池，突破大型光伏电站设计集成和运行维护关键技术，掌握 GW 级光伏电站集群控制技术。

研究内容：主要开展包括碲化镉、铜铟镓硒薄膜、硅薄膜等太阳能电池产业化技术研发、大面积柔性硅基薄膜电池组件的规模化生产工艺研发，以及 III-V 族化合物电池、铁电-半导体耦合电池及铁电-半导体耦合/晶体硅叠层电池、钙钛矿电池、染料敏化电池、量子点电池、新型叠层电池、硒化锑电池、铜锌锡硫电池等新型电池的研究和探索，着力提高效率和降低成本；研究多类型分布式光伏系统设计集成技术及示范，开展大型光伏电站及光伏电站集群的设计、控制、运维及并网技术研究。

起止时间：2016-2020 年

G28) 复杂条件大型水电工程关键技术研究

研究目标：掌握高地震烈度区、超深覆盖层等复杂建设条件下超

大型地下空间工程技术、地质灾害防治技术。

研究内容：针对高地震烈度区、超深覆盖层等复杂建设条件下水电工程，重点研究超大型地下洞室群工程技术，深埋长大输水隧洞工程技术，高压水道衬砌结构和高压灌浆工程技术，高强度、大体积混凝土温控和防裂技术，高地震烈度区、超深覆盖层坝基处理工程技术，超高坝筑坝技术研究，高边坡爆破开挖与支护技术，地质预报与防护技术、高外水压力地下突涌水治理技术、超高地应力条件下施工技术。

起止时间：2016-2020年

G29) 流域梯级水电站综合管控关键技术研究

研究目标：掌握流域梯级水电站安全运行、生态环境监测关键技术。

研究内容：研究流域梯级水电站安全与应急、防恐防暴关键技术，基于水文预报情况的流域梯级电站群多目标联合优化调度关键技术，梯级水电站深度开发、改造、退役技术。研究基于陆气耦合模式的流域梯级水库群分布式水文预报系统关键技术，梯级水库群防洪减灾预警预报系统关键技术。构建流域环境监测体系和数据库平台，动态监控并掌握流域水电开发生态环境演变规律。

起止时间：2016-2020年

G30) 水电工程环境保护与水土保持关键技术研究

研究目标：掌握水电环保关键技术、生态重建与修复技术。

研究内容：研究流域生态环境监测和生态调度技术，水温、水生生境修复、过鱼、库区消落带治理、珍稀特有鱼类人工驯养繁殖、河流和水库生态重建与修复等水电工程环境保护关键技术，以及高寒地区施工过程中水土保持、施工结束场地清理与还原等水土保持关键技术。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S19) 8-10MW 等级及以上的超大型海上风电机组示范工程

研究目标：研制出具有自主知识产权的 8-10MW 等级及以上的海上风电机组及关键部件，并进行工程示范。

研究内容：研发 8-10MW 等级及以上海上风电机组的整机优化设计与制造技术、超大型海上风电机组关键部件设计制造技术，以及超大型海上风电机组基础、塔筒设计及运输、吊装和电网接入等关键技术；开发超大型海上风电机组先进测试技术与测试平台。

起止时间：2016-2025 年

S20) 大型太阳能热发电关键技术研究及示范

研究目标：突破 100MW 级太阳能热电联供电站关键技术，掌握中高温固体储热技术，实现太阳热发电站的全天候运行。

研究内容：研究大型太阳能热发电及热电联供电站设计技术与关键部件设计制造技术，研究太阳能热电联供高效梯级利用技术，研究大容量熔融盐储热及储热混凝土和储热陶瓷、多模块固体储

热系统集成与优化运行技术。

起止时间：2016-2025 年

S21) 生物质集中高效热电联产及多能互补技术示范

研究目标：开展 10MW 规模的分布式生物质热解-气化燃气轮机发电技术的示范试验，并突破生物质与太阳能、风能等可再生能源多联供综合利用关键技术，建成 10000 方/天级的大型生物质制气工程和多能互补综合利用示范工程。

研究内容：研究分布式燃料高效热电联产技术，主要包括热解炉与气化炉间的最佳配套技术、热电联产系统的清洁和环保技术。研究生物质能与多种能源互补利用技术，重点开展生物燃气高效制备研制及其与太阳能综合利用的关键技术。

起止时间：2016-2025 年

S22) 大型抽水蓄能电站关键技术示范与推广

研究目标：掌握大型抽水蓄能机组设备制造与系统集成技术，并开展示范工程建设。

研究内容：重点研究高水头、大容量抽水蓄能机组设备自主化，高水头大 PD 值埋藏式钢管和钢岔管设计，大型可变速抽水蓄能机组关键技术，大型抽水蓄能机组配套设备与系统集成技术，海水抽水蓄能电站关键技术，抽水蓄能电站与新能源、核电等多能互补联合运行技术。

起止时间：2016-2020 年

S23) 海洋能利用关键技术及示范工程

研究目标：研制波浪能、潮汐能、潮流能、温差能利用装置，建设波浪能、潮汐能、潮流能发电示范工程。

研究内容：研究波浪能利用关键部件设计制造技术、海上生存能力技术，研究高转换率波浪能发电技术，研发波浪能发电装置，开展百千瓦级波浪能发电示范工程建设。推进潮汐电站方案设计及优化、万千瓦级低水头大流量水轮发电机组设计与制造、潮汐能环境影响评价及预测、电站运行控制等关键技术研究，开展万千瓦级潮汐能发电试验示范工程建设。研发适合潮流资源特点的高效率叶轮，突破发电机组水下密封、低流速启动、模块设计与制造等关键技术，研发兆瓦级潮流能发电装置，开展兆瓦级潮流能发电示范工程建设。研究温（盐）差能发电热力循环技术，研制温（盐）差能实际海况试验样机。

起止时间：2016-2020 年

S24) 干热岩开发利用技术示范工程

研究目标：掌握干热岩开发关键技术，建成 100kW 级干热岩发电示范。

研究内容：研究靶区定位和探测的技术设备、大体积压裂技术设备及配套施工工艺；突破人工裂隙发育延伸控制技术及施工工艺、裂隙网络优化技术、宽负荷耦合发电技术、干热岩中高温发电工艺，开发高效热电转换发电设备，建设小型干热岩发电试验装置。

起止时间：2016-2020 年

3) 应用推广类

T13) 碳纤维复合材料风电叶片及其抗冰技术应用研究

研究目标: 开发碳纤维复合材料风电叶片新产品, 建立百套量级的碳纤维复合材料风电叶片和抗冰风电叶片生产线。

研究内容: 开展大尺寸、大厚度碳纤维复合材料主承力件成型技术工程应用研究、碳纤维复合材料风电叶片热载荷与力学载荷综合作用研究、碳纤维复合材料风电叶片结构优化设计、碳纤维复合材料抗冰风电叶片系统优化设计, 建立碳纤维复合材料风电叶片制造标准化平台。

起止时间: 2016-2020 年

T14) 5-6MW 等级大型海上智能风电机组应用推广

研究目标: 降低海上风电场的度电成本, 实现大型海上风电机组安装规范化和机组运维智能化。

研究内容: 实现关键部件的国产化设计、制造与测试应用技术, 完善高可靠性低度电成本海上风电机组整体优化设计技术, 应用推广大型海上风电机组的基础工程设计和建造技术, 以及大型海上风电场的智能化监控运行维护技术。

起止时间: 2016-2020 年

T15) 高效、低成本晶体硅电池产业化关键技术研发及应用

研究目标: 实现 HIT、IBC 等电池国产化, 晶体硅电池效率 $\geq 23\%$, 建成 HIT 电池和 IBC 电池的 25MW 示范生产线。

研究内容：开展低成本晶体硅电池国产化技术攻关，包括关键材料、工艺、装备以及配套辅材的国产化；进行 HIT 太阳能电池产业示范线关键技术研究 and 示范，进行 IBC 电池产业示范线研究，并实现规范化、产业化；掌握产业化高透太阳能电池用玻璃制备技术。

起止时间：2016-2020 年

2. 高比例可再生能源并网与传输

1) 集中攻关类

G31) 直流电网关键技术装备

研究目标：突破高压直流 DC/DC 变换器、换流器、断路器的设计及制造成套关键技术，并建立直流电网标准； $\pm 320\text{kV}$ 及以上直流断路器、 $\pm 200\text{kV}$ 高压直流 DC/DC 变换器等到达实用化水平。

研究内容：研究 $\pm 200\text{kV}$ 级别 DC/DC 变换器的主电路拓扑结构，研制其试验样机；研究直流断路器的关键技术参数、直流断路器与多端直流系统的协调控制策略、 $\pm 320\text{kV}$ 及以上别直流断路器的技术可行性与实现方法、高性能低成本的高压大电流直流断路器的主电路拓扑结构，研制其试验样机；开展直流电网标准体系研究。

起止时间：2016-2020 年

G32) $\pm 500\text{kV}$ 直流输电电缆研制

研究目标: 开发出超净级高生产率 XLPE 绝缘材料, 研制 $\pm 500\text{kV}$ 直流输电电缆样缆。

研究内容: 研究 $\pm 500\text{kV}$ 直流电缆用绝缘料及屏蔽料的配方及生产工艺国产化; 开展直流电缆线路运行中的各种过电压形式分析和新型高压直流电缆结构优化; 研发新型直流电缆制造工艺, 搭建直流电缆电、热联合老化试验平台; 研究直流电缆用绝缘材料在不同应力条件下的老化性能。

起止时间: 2017-2020 年

G33) 新型特高压交流输电技术

研究目标: 突破适用于特高压远距离输电的直挂式大容量 SVC 装置关键技术, 以及环保型特高压交流 GIL 的设计和制造关键技术, 产品技术指标和性能达到国际先进水平。

研究内容: 开展高压大容量 SVC 的主电路结构及参数设计研究, 开展特高压系统同时加装高补偿度串补、可控高抗、SVC 条件下的系统运行特性与过电压及电磁暂态研究; 研究特高压系统多 FACTS 设备的系统多目标协调控制策略; 开展环保型绝缘介质在特高压电压下基础特性和应用技术研究, 以及环保型特高压交流 GIL 样机设计和研制、安装工程设计与关键技术、测试评估与运维关键技术研究等。

起止时间: 2016-2020 年

G34) 基于云技术的电网调度控制系统研究

研究目标: 构建基于云技术的电网调度控制系统支撑平台,提升调度核心业务的智能化水平;攻克大电网多时空尺度一体化协调优化关键技术,实现风光水火联合优化调度,提升大规模清洁能源跨区消纳能力。

研究内容: 研发基于云技术的调控系统体系架构和平台支撑关键技术、统一的调度数据共享与信息交流平台关键技术、多级调度多专业之间一体化协同维护的关键技术、基于大数据的广义电力可靠性分析和控制决策技术、电力系统智能充裕度分析技术;适应特高压电网发展与清洁能源大规模接入的无功电压控制模式与策略,研究特高压交直流混联大电网联合控制模型;开展电网调度运行综合评估方法研究。

起止时间: 2016-2020 年

G35) 智能电网信息采集及通讯技术

研究目标: 掌握先进智能状态监测传感器技术,建立电网信息物理融合系统(CPS)体系架构,形成广域分布环境下电网协同计算及属地化多级计算体系。

研究内容: 掌握先进智能状态监测传感器技术,突破传感/通信一体化技术及智能传感器群数据融合技术;发展光纤、无线、空间等通信网络的互联和融合方案;研究电网信息物理交互模型,建立电网CPS体系架构;研究基于嵌入式系统的分布式计算与信息智能处理技术。

起止时间：2016-2025 年

G36) 智能电网信息安全自主化关键技术研究

研究目标：开展下一代电网信息通信安全技术体系研究，实现工控系统与移动应用安全、信息安全监控预警、信息安全与业务融合等技术突破，研制自主化的电网信息安全自主可信可控设备。

研究内容：研究面向电网生产运行的信息安全防御体系；研究适用于智能电网环境下的信息安全风险评估、可信计算、数据安全、攻防对抗及其技术；研究面向工控系统、移动互联等业务的信息安全综合防御和监测预警技术；研究信息安全自主可控防御体系、安全软硬件基础平台支撑技术及安全芯片，研究安全隔离、接入及数据交互实用关键技术；研发电网信息安全自主可信可控设备。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S25) 风电场群智能控制、调度及能效评估

研究目标：突破风电场群智能化运行维护技术、发电功率优化调度运行技术；实现风电场群电能多效利用，建设百万千瓦及以上规模风电场群高效运行示范工程。

研究内容：研究百万千瓦级风电场群智能化运行维护系统、风电场群优化调度技术；风电场群智能控制及电能质量控制关键技术；利用储能等方式实现风电场群功率波动平抑的关键技术；包含风电场群运行数据、气象数据的大数据平台关键技术；基于资源相

关性和电网调度模式的风电场群划分技术。

起止时间：2016-2020 年

S26) 柔性直流输电关键技术研发与示范

研究目标：掌握 $\pm 500\text{kV}$ 大容量柔性直流输电系统的设计与成套关键技术，解决基于柔性直流输电的大规模海上风电并网及运行控制关键技术。

研究内容：研究适用于架空线的 $\pm 500\text{kV}/1000\text{-}3000\text{MW}$ 超大容量柔性直流输电换流器主电路拓扑设计及换流阀优化设计与制造技术、试验方法、运行控制及现场调试技术；研究基于柔性直流输电的大规模海上风电接入及运行控制技术；开展柔性直流输电在电网互联和海上风电接入方面的应用示范。

起止时间：2016-2020 年

S27) 高压大容量交流电网故障电流限制关键技术

研究目标：突破串联谐振型限流器、分裂电抗器和低漏磁电抗器的关键技术，掌握限流设备的等效试验技术，实现应用示范。

研究内容：研究交流电网的短路故障检测和预测方法；研究故障电流限制器的电路拓扑设计、关键部件设计与制造技术；研究高压大容量、低损耗及低漏磁的空心电抗器和分裂电抗器的电磁与结构设计方法；研究限流器的控制和保护方法以及限流器与断路器的匹配运行等。

起止时间：2016-2020 年

S28) 电网安全稳定自适应保护系统研发与示范

研究目标：掌握大规模可再生能源接入电网条件下，交直流、多直流协调控制保护技术和电网振荡抑制技术，研制自适应协调控制保护系统并示范应用。

研究内容：研究特高压交直流输电、可再生能源并网对电网控制保护的新需求，以及传统控制保护架构、控制保护方式及策略的适应性；研究多种智能控制手段与传统控制方法相结合的协调控制方案、多区域稳控系统的自适应协调控制技术；研究大型柔性可控元件的交流电网的暂态特性及控制保护策略；研究广域保护原理，构建广域控制保护系统的网络架构。

起止时间：2016-2022 年

3) 应用推广类

T16) 大规模新能源特高压直流外送及调度运行示范及推广

研究目标：解决大规模新能源远距离输送的安全稳定关键问题，提高新能源输送比例，实现大规模新能源的跨区消纳。

研究内容：依托哈密-郑州、宁东-浙江、酒泉-湖南等特高压直流工程，重点解决大规模新能源基地连锁故障问题、次同步振荡问题，提升故障风险评估与预警技术、紧急控制技术、无功优化和协调控制技术、新能源发电消纳能力评估技术等。

起止时间：2016-2020 年

T17) 大容量特高压直流输电示范及推广

研究目标: 掌握 $\pm 1100\text{kV}/12000\text{MW}$ 特高压直流输电的设计与工程建设关键技术, 建设示范工程并推广应用。

研究内容: 开展 $\pm 1100\text{kV}$ 及以上直流输电方案、安全稳定性及交直流协调控制、控制保护技术, 过电压与绝缘配合的研究, 积累运行经验; 实现直流套管等 $\pm 1100\text{kV}$ 直流输电关键设备的国产化和设计、运行技术标准化。

起止时间: 2016-2020 年

T18) 智能电网多级调度控制系统推广应用

研究目标: 研发适应电气特性紧密耦合特征的智能电网多级调度控制系统并实现推广应用, 提升现代电网运行风险的在线防控能力和自动化系统的集约化水平。

研究内容: 研究保障电网安全稳定运行的多级调度协同防御系统的总体架构; 深化研究省地一体化、地县一体化及调配一体化关键技术; 研究全网稳态潮流统一生成、在线安全稳定量化分析、广域控制协调决策等实用化技术; 研制满足工程化需求的智能电网多级调度控制系统, 开展应用功能的工程验证; 制定多级调度协同分析与控制的技术标准, 实现系统的推广应用。

起止时间: 2016-2020 年

T19) 交直流大电网实时仿真技术推广应用

研究目标: 建立电网大数据实时仿真分析平台, 实现基于实时仿

真的大电网安全稳定控制系统，并得到推广应用。

研究内容：研发大容量柔性直流输电/直流电网建模及实时仿真技术；建立风电、光伏、核电机组的仿真模型，发展适用于大规模交直流电网的机电-电磁暂态混合仿真计算分析平台，建立适用于大电网的多时间尺度并行实时仿真平台；构建电力系统仿真大数据平台；发展基于实时仿真技术进行安全稳定控制系统试验验证技术。

起止时间：2016-2025 年

3. 储能与能源互联网

1) 集中攻关类

G37) 新型高效电池储能技术研究

研究目标：开发出低成本、长寿命、高安全、高能量密度锂电池，建立低温化、高安全性和高性能的钠硫储能新体系，掌握高性能铅炭电池制备关键技术；突破大型机械储能关键技术，建立示范系统；研制出高能量密度、长寿命、低成本固态化学电池。

研究内容：研究水系锂电池、凝胶锂电池、固态锂电池以及锂硫电池技术的电极材料及规模制备技术，新型钠、硫体系储能系统的关键技术，低电阻、高可靠性铅炭电池电极板的制备工艺技术，大容量机械储能（如飞轮储能、压缩空气储能）的系统结构、控制、大功率高效电机及变流等关键技术，以及固态电化学储能电池的关键材料匹配、电芯设计、电芯规模制造关键技术。

起止时间：2016-2022 年

G38) 大规模高渗透率分布式电源并网集成和控制技术

研究目标：突破渗透率 30%以上的大规模分布式电源规划布局、并网集成和运行控制关键技术，实现用户侧多能源融合和高效利用。

研究内容：开展风光等资源监测和电源功率预测研究，开展大规模分布式发电及储能与配电网交互影响研究，研究分布式发电系统新型变流控制技术、分布式电源群控群调关键技术、基于虚拟电厂的高渗透分布式电源消纳技术，以及适应分布式电源、零售电等大规模应用的新型互动营销技术。

起止时间：2016-2020 年

G39) 能源互联系统运营交易关键技术研究

研究目标：建立能源流与信息流融合的协同控制技术，建立多元化能源商品交易平台。

研究内容：研究多能融合能源系统的整体建模及分析技术，研究面向电网、气网、热网等的多物理量信息归一化处理技术，研究多能源形态能量的量测、计算、预测及控制技术，研究多能融合能源系统中支持虚拟电厂及需求响应的动态平衡技术；研发支持多元交易主体、多元能源商品复杂交易类型的能源交易平台，研究支持分布式、并发式交互响应的实时交易方式和能源期货交易模式，研究互联网虚拟能源货币认证、定价、流通、交易与结算

等关键技术。

起止时间：2016-2025 年

2) 示范试验类

S29) 大容量长寿命钛酸锂储能电池及装置示范验证

研究目标：掌握低成本长寿命储能锂离子电池关键技术，建成 20MW/10MWh 钛酸锂电池储能示范系统，并投入示范运行，储能系统循环寿命达到 10000 次，成本低于 3000 元/kWh。

研究内容：研究长寿命钛酸锂材料、储能用锂离子电池设计及工艺、电池系统集成等关键技术；研究开发钛酸锂电池模块结构设计、系统结构、散热设计方案、模块成组及连接技术，以及低成本、高可靠性储能系统管理控制设计技术；开展 20MW/10MWh 钛酸锂电池储能示范系统的建设；研究储能系统和电力系统联合控制方法和控制策略。

起止时间：2016-2020 年

S30) MW 级以上大容量钠硫电池储能装置示范验证

研究目标：掌握大尺寸陶瓷电解质的低成本制备与产业化放大、金属/陶瓷/玻璃高温多相封装的产业化放大与稳定服役、MW 级以上大容量钠硫电池储能电站集成与运维技术，实现 1MW/8MWh 钠硫电池系统制造和电站实地示范运行。

研究内容：研发 Beta⁺-Al₂O₃ 陶瓷电解质制备工艺和设备、金属/陶瓷/玻璃密封结合技术、连接技术以及批量化制备工艺和设备、

高自动化精密激光焊接系统和标准工艺、铝质壳体防腐蚀涂层量产制备专用设备和工艺；研究中试规模（2-5MW/年）的铝质单体电池的批量制备的专用设备工具、工艺和检测方法；研发大容量模块设计与批量化装配技术、模块化集成技术、钠硫电池储能系统并网及监控技术、基于智能化管理模式设计技术；研发低温钠硫电池技术；开展不同应用领域的 MW 级储能电站的设计、控制与运维技术研究、钠硫电池运行性能评估等。

起止时间：2017-2020 年

S31) 10MW/100MWh 先进压缩空气储能系统示范

研究目标：突破 10MW/100MWh 先进压缩空气储能系统核心部件设计技术，建成系统工程示范，系统性能达到国际领先水平。

研究内容：研发 10MW/100MWh 先进压缩空气储能系统中宽负荷压缩机和高负荷透平膨胀机、紧凑式蓄热（冷）换热器等核心部件的流动、结构与强度设计技术，以及系统集成及其与电力系统的耦合控制技术和示范系统的调试与性能测试技术。

起止时间：2016-2020 年

S32) 适应多种发电形式和用户主动影响的交直流配电网示范

研究目标：建设具备集成、互动、自愈、兼容的新形态交直流配电网示范工程。

研究内容：研发新型交直流变流装置；研究适应分布式电源高渗透率接入和“即插即用”的交直流混合配电网运行控制技术、多

场景优化调度技术、故障隔离与恢复技术；研究适应用户主动影响的配电网需求侧响应技术；研究小型化、低成本、快速可靠的适应多种发电形式和用户主动影响的配电网测控终端。

起止时间：2016-2023 年

S33) 能源互联网示范工程

研究目标：建设以智能电网为基础，与热力管网、天然气管网、交通网络等互联互通，电、热、冷、氢多种能源形态互相转化的能源互联网试验示范工程。

研究内容：建设高灵活性的柔性能源网络，接纳高比例可再生能源、促进灵活互动用能行为和支持分布式能源交易；研究标准化、模块化的不同能源网络接口设备，支持多种能源形态灵活转化、高效存储；研究电网、气网、热网等智能网络的协同控制调度技术；研究电、热、冷、氢等不同能源形态的量化评价方法，构建不同形式能源的能量品位统一量化模型，提出多能互补系统能量优化方法；研发气、热、电多物理量智能终端高级量测系统；研究多能互补综合能源网络内不同类型储电、储热、储冷、储氢装置的优化协调控制方法，研发适用于多能源输入和输出的能源互联网能量管理系统。

起止时间：2016-2020 年

3) 应用推广类

T20) 全钒液流电池储能产业化技术

研究目标: 实施百兆瓦以上级全国国产化材料全钒液流电池储能装置示范应用工程; 建造 300MW/年液流电池产业化基地, 实现规模化生产。

研究内容: 开展全钒液流电池用高性能、低成本非氟离子传导膜的规模化制备, 开展 30kW 及以上级高功率密度电堆、高集成度集装箱式 200kW 以上级的全钒液流电池模块的工程化技术开发; 制定全钒液流电池标准。

起止时间: 2016-2020 年

T21) 多能互补分布式发电和微网应用推广

研究目标: 实现智能化分布式光伏应用、光伏微电网互联、交直流混合微电网以及多能互补微网统一能量管理等工程示范和推广应用。

研究内容: 掌握区域性高比例分布式光伏发电设计集成、直流并网、功率预测及智能化技术, 研究微电网内的储能系统及风、光、柴、水、燃气轮机等微电源标准通信交互模型, 研发基于微电网标准化信息模型的微电网监控平台, 形成典型的微电网网络结构和信息流设计实用范例研究微电网通信网络架构和通信方式, 实现微电网标准化、模块化集成。

起止时间: 2016-2020 年

T22) 交互式智能用电与需求侧响应

研究目标：构建电力负荷需求响应的技术标准体系。建设智能用电管理与服务平台，实现智能家居、电动汽车等柔性负荷参与电网互动响应。

研究内容：基于大数据分析实现群体用电行为精细化描述；研究需求侧资源动态响应特性及响应潜力评估技术，提出配用电侧信息模型和用户交互接口解决方案；结合智能用电接口标准研发适用于工商业用户及电动汽车的需求响应智能控制终端，提出关键家庭用电设备、电动汽车充电设施的用电负荷特性及智能电器的标准接口。

起止时间：2016-2025 年

（三）安全先进核电技术

加快自主知识产权先进核电堆型的持续改进创新，推广应用自主知识产权的先进三代压水堆，加快高温气冷堆、快堆、模块化小型堆的技术示范工程建设和产业化，积极开展微型堆、钍基熔盐堆等新堆型研究。开展先进核燃料元件研发，推进乏燃料处理技术，发展大型核燃料后处理厂自主技术，突破严重事故预防和缓解技术、废物最小化技术、设备管道去污技术等。积极推进在役核电机组延寿相关技术的研究开发，发展先进监/检测技术、关键设备时限老化评估技术和缓解/修复技术等。

本规划围绕安全先进民用反应堆、先进核电燃料、核电站建

设、运行与延寿等技术领域部署了 8 个集中攻关项目、4 个示范试验项目、6 个应用推广项目。

1. 安全先进民用反应堆

1) 集中攻关类

G40) 超高温气冷堆技术研究

研究目标: 通过关键技术、关键设备与材料以及性能试验的研究, 论证 HTR-10 实现 950℃ 高温运行及核能制氢的可行性。

研究内容: 依托 10MW 高温气冷实验堆, 开展 950℃ 下超高温运行及核能制氢技术研究, 主要包括: 反应堆物理热工设计、安全与事故分析、堆内构件材料及结构分析, 燃料元件高温性能试验等。开展中间换热器关键技术与性能实验验证, 开展碘硫循环分解水与高温蒸汽电解制氢技术研究等。

起止时间: 2016-2022 年

G41) 快中子反应堆运行和控制技术研究

研究目标: 通过关键技术、关键设备的研究, 提升我国快堆运行和控制能力, 掌握维护、保养、大修、故障维修等方面的技术方法。

研究内容: 完成中国实验快堆运行模式的优化, 明确各运行模式下完整的技术条件要求和控制方法; 研究钠冷快堆电站运行仿真和在线诊断技术、涉钠设备在役检查技术、关键设备老化管理技

术、运维一体化管控技术。

起止时间：2016-2020 年

G42) 铅基合金冷却反应堆技术研究

研究目标：完成铅基合金冷却反应堆总体设计及综合演示试验，为实现自主知识产权的铅基合金冷却反应堆的工程应用奠定基础。

研究内容：突破铅基合金冷却反应堆设计、试验、燃料材料等关键技术，掌握燃料制备工艺及堆内辐照数据等，开展铅基合金冷却反应堆总体设计及主设备研制、冷却传热和腐蚀特性、冷却系统工艺技术、系统及设备试验验证、电站仪控系统开发和运行维护等关键技术研究。

起止时间：2016-2021 年

G43) 基于高度安全燃料的 5-10MW 级制造型模块堆

研究目标：掌握全陶瓷微包覆燃料及包壳材料技术，突破 5-10MW 级制造型反应堆核电机组工厂化制造技术，论证制造型小微堆核电机组及其分布式应用的可行性。

研究内容：研制碳化硅基质包覆颗粒燃料芯块制造工艺、流程与设备，开展燃料与材料辐照、正常工况与严重事故下性能测试与验证，以及安全许可取证；开展 5-10MW 级制造型模块堆设计、安全分析、许可取证、应用开发，智能化控制与安全系统设计、研制与验证，先进高效紧凑型超临界二氧化碳布雷顿循环能量转

化系统研制与示范，独立运行电站系统集成与配套设备研制，数字化、智能化工厂制造与组装流程和设备设计与研制。

起止时间：2016-2021 年

G44) 钍基熔盐堆核能系统关键技术研究

研究目标：掌握钍基熔盐堆关键技术，实现关键材料与设备产业化，完成世界首座钍基熔盐仿真堆与 2MW 钍基熔盐实验堆建设，总体技术水平居国际领先。

研究内容：开展钍铀燃料循环工作模式、熔盐堆设计和安全标准、熔盐回路设计等关键科学技术问题研究；掌握镍基等高温合金、高密度石墨和燃料熔盐等关键材料的制备和加工工艺；研发熔盐回路仪器设备、熔盐堆本体设备和仪控系统关键设备；突破铷系元素高温干法分离、轻同位素离心萃取分离、熔盐高温制氢与熔盐储能等关键技术。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S34) CFR600 快堆示范工程

研究目标：完成示范快堆关键技术和关键设备研发，完成 CFR600 的标准设计，完成快堆 MOX 燃料的定型设计。

研究内容：开展 CFR600 示范快堆关键工艺研究，确定总体技术方案和主要工艺参数；开展机械式钠泵、蒸汽发生器、控制棒驱动机构等关键设备的样机制造，开展示范快堆的设计工作；开展

MOX 燃料芯块的研制、CN15-15 和燃料辐照样件的堆内辐照和检验，以及工业规模 MOX 生产线的技术研发和设计。

起止时间：2016-2025 年

S35) 模块化小型堆示范工程

研究目标：建设模块化小型堆和低温供热堆示范工程。

研究内容：进行模块化建造技术研究、运行技术研究、模块化反应堆法规标准及安全审查技术研究，开展压力容器、蒸汽发生器、控制棒驱动机构、小型屏蔽泵/湿绕组泵等主设备研制，进行安装及调试技术研究。

起止时间：2016-2020 年

3) 应用推广类

T23) 自主三代大型先进压水堆核电技术应用推广

研究目标：开展“华龙一号”和 CAP1400 应用推广相关研究，初步形成批量化、规模化能力。

研究内容：依托示范工程，开展“华龙一号”和 CAP1400 批量化、规模化应用研究，进一步提高设备国产化率，研究设备批量化生产技术，开展核电自主化软件验证及认证标准规范体系研究，初步建立三代大型先进压水堆自主产业化体系。

起止时间：2017-2025 年

T24) 600MW 级高温气冷堆核电站

研究目标：实现商业规模的 600MW 级高温气冷堆核电站（简称 HTR-PM600）的规模部署。

研究内容：开展 600MW 级高温气冷堆总体设计和分析研究、球形燃料元件大规模生产关键技术研究、多模块高温气冷堆协调控制技术研究；开展高温气冷堆热电联产技术研究，包括蒸汽供应技术、热交换器技术，发电/蒸汽供应能量分配和平衡技术；开展核级石墨国产化研究。

起止时间：2016-2025 年

2. 先进核电燃料

1) 集中攻关类

G45) 新一代先进核燃料技术研究

研究目标：研制性能优于 M5、ZIRLO 合金的新锆合金包壳材料，以及长寿期、高安全性的燃料元件；研究能缓解严重事故后果的耐事故燃料元件（ATF），研发出具备入堆考验的先导棒/先导组件，突破具有更优良性能的环形燃料等先进核燃料关键技术。

研究内容：针对当前我国主要压水堆型，研制 CF4、第二代 STEP-14 系列等下一代压水堆先进核燃料以及自主化的 N45、优化 CZ 等先进锆合金包壳材料，开展元件和组件设计、制造工艺、堆外性能检测、堆内辐照考验和辐照后检验等关键技术研发等；积极开展 ATF 元件先进包壳和芯块材料样品的研究，完成第一代

ATF 燃料可行性验证及初步设计，适时启动材料堆外性能测试、堆内辐照考验；在第一代 ATF 燃料反馈的基础上，积极优化革新新型第二代 ATF 燃料新材料选型论证及关键技术研究。

起止时间：2016-2025 年

G46) 核电厂放射性废物最小化技术

研究目标：完成先进的核电厂放射性固废处理技术和废液净化技术研究，实现去污效率的量级提升。

研究内容：研究先进的核电厂放射性废物处理技术和核心装备，开展高完整性容器盛装技术、放射性废树脂湿法氧化技术、PVC 高效降解技术、低放射性废油处理技术、放射性沾污管道及容器去污技术、等离子体熔融减容技术的研究；开展废液净化和除氟技术研究，攻克核电厂放射性废液中核素、硼、弱电解质的分离技术，实现硼回收复用。开展易去污、易处置的新型辐射屏蔽材料及新型超吸附材料研发；开展核设施退役材料去污与拆除等相关技术研究。

起止时间：2016-2023 年

2) 应用推广类

T25) 自主 CF 及 STEP 系列先进核电燃料应用推广

研究目标：掌握自主 CF 及 STEP 系列燃料组件、N36 及 CZ 锆合金燃料包壳的批量化生产技术，建立燃料组件原材料国产化供应体系，2020 年前逐步实现自主品牌燃料在“华龙一号”出口项

目、国内现役二代及二代加压水堆核电厂、在建“华龙一号”项目中批量使用；掌握自主品牌燃料组件的批量化生产技术，初步建立自主品牌燃料组件产业化体系。

研究内容：开展 CF 系列组件规模应用研究；积极开展 STEP 系列燃料组件的堆内辐照试验及应用研究；针对成熟的自主品牌燃料，对国内燃料组件批量的生产线进行适应性改造或新建燃料组件批量生产线。

起止时间：2016-2020 年

3. 建设、运行与延寿

1) 集中攻关类

G47) 核电站运行维护技术研究

研究目标：面向第三代、第四代、小型堆等核电技术，以保障核反应堆安全、经济、高效运行为目标，实现核电站在役检查及关键设备的在线检修与更换等技术研究。

研究内容：通过智能辐射防护监控、智能巡检、智能设备管理等技术研究，构建核电智慧运营基础架构；研究先进无损检测新方法、高精定量在役检测技术；研制核电站智能检修机器人，开展仿真技术、运行支持技术研究，开发人因数据采集与分析系统，开展核电智慧运营关键技术研究；开展辐射剂量监测定位技术、自动抄表技术等智能巡检技术研究；开展设备全生命周期资产管理技术等智能设备管理研究。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S36) 核电厂延寿关键技术示范应用

研究目标：解决我国核电厂延寿涉及的范围界定与筛选、老化管理审查、时限老化分析等关键支撑技术，完成大亚湾核电厂示范机组的延寿论证工作。

研究内容：开展长寿期下核材料服役行为与机理研究，开发新的预测模型或评估技术；开展安全壳应变监测、部件疲劳及损伤检测、反应堆压力容器检测及评估等技术应用研究；开发先进焊接、构筑物腐蚀缓解阴极保护、管道腐蚀缓解、辐射水环境下特种维修、核级电缆环境鉴定、破前漏评估、安全壳钢筋束预应力损失评价等先进技术，并进行应用验证；开发核电厂延寿管理平台；开展核电厂延寿文件体系、管理导则研究，形成我国自主的核电厂延寿技术文件体系和规范。

起止时间：2016-2020 年

S37) 核电工程智能化设计建设技术示范

研究目标：推进实现核电工程的数字化、网络化与智能化，并在防城港核电站“华龙一号”中进行示范应用。

研究内容：在核电站设计建造全业务流程中建立万级业务单元之间的业务逻辑网络，建设核电工程统一业务流程平台；开发核电数据源和数据流模型，实现智能化的跨专业、跨领域、跨阶段业

务协同和信息交互，设计、采购、施工、调试过程的无缝衔接，进而实现核电业务与管理的全面协同。

起止时间：2016-2020 年

3) 应用推广类

T26) 自主先进核电监测检测装备应用推广

研究目标：实现自主核电检测检测装备在国内外的应用推广，形成核电装备国产化体系。

研究内容：应用推广核电站安全级传感器及其在线快速故障诊断装置、报警事件远程专家分析平台、主蒸汽管道 LBB 泄漏监测系统、电流在线监测与诊断系统、燃料破损在线探测、池边检查设备、金属部件监测技术规模化应用研究；开展维修装备规模化应用研究和关键器件规模化应用研究；建立核电先进检测、维修装备以及关键设备的供货体系；开展自主三代核电堆芯测量系统信号处理设备的批量化生产技术研究。

起止时间：2016-2020 年

T27) 核电站数字化仪控平台技术应用推广

研究目标：针对“华龙一号”、AP1000 等三代核电站实现安全级数字化仪控系统在国内及出口核电站中的应用推广。

研究内容：针对三代核电机型，充分验证非安全级 NicSys2000 平台和安全级 NicSys8000 平台、ACP 系统的 SpeedyHold 平台、安全级保护系统 FirmSys 平台、非安全级控制系统的

HOLLiAS-MACS 平台，以及 FirmSim 和 HOLLiAS-MACS 仿真平台等的适应性和系统通讯的可行性；开展 OPS 远程布置、POP 大屏显示、弧形盘台、NC-VDU 支架显示等先进设计方案验证。

起止时间：2016-2020 年

T28) 核事故应急技术与装备

研究目标：通过技术应用与推广，为核电厂应对严重事故提供技术与装备，其中，处理规模为 $5\text{m}^3/\text{h}$ 的放射性废水应急处理装置完成标准化设计并推广应用。

研究内容：应用推广核事故放射性废水应急处理技术及工艺、核电站应急大容量蓄电池蓄能系统、核电站非能动应急高位冷却水源系统、大容量核电站 1E 级应急柴油发电机组、核电厂厂址选择阶段的应急可行性评价方法、核电厂应急指挥中心等设施的设计方法和先进核事故后果实时评价技术。

起止时间：2016-2020 年

（四）战略性能源技术

从国民经济和社会发展的战略高度有针对性的发展一批关键战略储备技术，重点加强先进高效微小型燃气轮机、重型燃气轮机、特殊领域专用燃气轮机关键技术的开发；进一步研发高能量密度特种清洁油品的制造技术，发展煤直接液化、煤衍生油等制造清洁燃料和特种油品的成套技术，攻关生物质航空燃油技术；开展海洋核动力平台示范工程建造；开展氢能利用及燃料电池发

电技术研究,发展高效催化技术,研究高效低成本氢气储运技术,推动高性能低成本燃料电池发电产业化;积极开展高温超导材料基础性研究,实现超导输电、超导储能和超导电力装备的突破;持续推进可控核聚变、天然气水合物(可燃冰)利用技术的发展。

本规划围绕当前战略性的能源技术聚焦燃气轮机、高清洁高能量密度特种油品、海洋核动力平台、氢能与燃料电池、超导输电、天然气水合物、可控核聚变等技术领域部署 11 个集中攻关项目、8 个示范试验项目、1 个应用推广项目。

1. 燃气轮机

1) 集中攻关类

G48) 先进径流式回热循环微型燃气轮机研制

研究目标: 形成完全自主知识产权先进径流式回热循环微型燃气轮机产品。

研究内容: 开展高温高效换热器设计与验证、整体插拔式单筒燃烧室设计、离心压气机/向心涡轮设计加工与试验验证、燃气轮机与高速电机一体化设计、燃机-传动系统轴承轴系的结构完整性和动力稳定性技术研究,以及气浮轴承、磁悬浮轴承技术研究。

起止时间: 2016-2019 年

G49) 压裂车与压裂船用燃气轮机装置研制

研究目标: 研制满足我国页岩油气开发需求的、性能达到国际目

前先进水平的压裂车、压裂船用燃气轮机装置。

研究内容：开展压裂车/船用燃气轮机装置集成总体设计及优化技术研究，完成满足应用要求的、高功率密度、轻量化燃气轮机装置系统集成设计，完成样机制造。

起止时间：2016-2020 年

G50) 300MW 级重型燃气轮机研制

研究目标：研制具有自主知识产权、性能达到目前国际水平的重型燃气轮机装备。

研究内容：通过引进、消化、吸收、再创新的技术途径，开展 300MW 级重型燃气轮机整机装备研制，完成整机设计、关键部件试验及工业考核，完成样机制造以及试验验证。

起止时间：2016-2025 年

2) 示范试验类

S38) 先进轴流式简单循环小型燃气轮机示范

研究目标：实现 4MW 级分布式供能用轴流式燃气轮机的工程示范，系统能源利用效率不低于 80%，完善相关设计和生产规范。

研究内容：开展伴生气、煤制气等低热值燃料燃烧室设计、加工与试验；开展分布式冷热电供能系统设计与集成、分布式供能系统测试和评价技术研究；开展能适应天然气、伴生气、柴油、煤制气等灵活燃料的燃气轮机分布式能源系统集成与示范。

起止时间：2017-2020 年

S39) 管道增压用中型工业燃气轮机自主示范

研究目标：研制具有自主知识产权、性能达到国际先进水平的中型工业燃气轮机装备并开展试验示范。

研究内容：研制具有良好技术基础、应用范围广、有代表性中型工业燃气轮机装备，完成整机设计、关键部件试验、样机制造以及试验验证；开展国产燃气轮机驱动压缩机组示范。

起止时间：2017-2020 年

S40) F 级 50-100MW 重型燃气轮机工程示范

研究目标：突破 F 级 50-100MW 重型燃气轮机核心技术，具有完全自主知识产权的燃气轮机、天然气联合循环效率达到国际同类产品先进水平。

研究内容：完成 F 级 50-100MW 重型燃气轮机设计和样机制造；完成全尺寸燃烧室的全温全压性能试验、透平叶片冷却效果试验、整机空负荷试车。完成燃用天然气和燃用煤气化合成气的 50-100MW 燃气轮机带负荷试验。

起止时间：2018-2020 年

S41) 天然气分布式能源示范工程

研究目标：建设具有自主知识产权，通过冷热电三联供等方式实现能源的梯级利用，年平均综合能源利用效率在 70%以上的天然气分布式能源示范工程。

研究内容：研究自主知识产权的中小型、微型燃气轮机等核心装

备的工业化应用，研究自主知识产权的运行控制技术，形成成熟可靠的分布式能源系统集成方案，进一步提高天然气分布式能源系统的能源利用效率，降低天然气分布式能源系统的发电成本。开展天然气分布式能源与其它能源进行多能互补系统集成和并网技术研究。

起止时间：2016-2020 年

3) 应用推广类

T29) 自主知识产权微型和小型燃气轮机分布式发电推广

研究目标：实现百千瓦级微型燃气轮机和兆瓦级小型燃气轮机分布式发电系统的应用和大规模推广应用。

研究内容：研发与应用远程监测、诊断和信息化管理技术；完成适合分布式供能用微小型燃气轮机的产品化、型谱化制造；实施不同燃料燃气轮机分布式发电技术推广。

起止时间：2018-2025 年

2. 高清洁、高能量密度特种油品

1) 集中攻关类

G51) 煤基专用油品技术

研究目标：开发出新一代高效煤液化催化剂、煤油共处理成套技术，提高煤基专用油品收率及质量，形成煤基火箭燃料、特种油品等成套技术。

研究内容：研发降低煤直接液化苛刻度关键技术，主要包括高效催化剂制备技术及煤液化催化反应工程；研发煤液化油提取化学品技术、液化残渣清洁高效综合利用技术，煤油共处理原料匹配性调控技术，大比重、低凝点、超清洁特种柴油和航空煤油生产技术，高体积热值、高热安定性、高比热容火箭煤油及超音速飞行器燃料生产技术，利用费托合成过程生产高级润滑油基础油、聚 α 烯烃等特种油品，开展大型悬浮床加氢反应器、高压差减压阀和高压煤浆输送泵的研制；开展煤液化与煤油共处理过程中污染物控制和处理技术研究。

起止时间：2016-2023 年

G52) 生物航空燃油关键技术

研究目标：开发油脂与糖基原料互补的生物航空燃油关键技术，达到与传统航空煤油以 50:50 比例掺混应用的目标。

研究内容：研究糖基生物质水相催化合成生物航空燃油技术，包括纤维素及非粮生物质水热降解、糖平台化合物增碳异构、中间体加氢脱氧等技术，研发油脂原料培育、种植及油脂提取技术，以及油脂加氢异构技术；开展油脂与糖基生物航空燃油的加氢精制技术、油脂与糖基原料互补的生物航空燃油组成及能质性能调控技术、生物航空燃油与传统航空煤油调和及航空发动机燃烧技术研究。

起止时间：2016-2021 年

3. 海洋核动力平台

1) 示范试验类

S42) 海洋核动力平台示范工程

研究目标：研制建造 50-100MW 级海洋核动力平台，形成具有自主知识产权的核心技术，建立健全标准规范体系。

研究内容：示范工程建设主要开展法规标准、关键技术验证、关键系统和设备研制、总体建造技术、运行和维修保养技术等相关技术研究；完成工程设计、设备制造、工厂化总体建造和运行调试、海上试运行和商业运行等相关工作。

起止时间：2016-2020 年

4. 氢能与燃料电池

1) 集中攻关类

G53) 燃料电池（氢能）催化剂材料研究

研究目标：针对高比能燃料电池移动分布式电站、应急储备电源和车用动力电源，研发低成本、高活性、高稳定性的催化剂，开发廉价电解质膜及膜电极批量制备工艺。

研究内容：开展低成本、高效、高稳定性燃料电池催化剂的研究；开展长寿命、低成本燃料电池电解质膜的研究；攻关低成本燃料电池膜电极批量制备技术；开展高效、稳定的光催化太阳能分解水制氢材料研究，高选择性、高稳定性水电解制氢非贵金属催化

材料研究，以及分散式现场制氢催化剂及系统集成研究。

起止时间：2016-2020 年

G54) 高效低成本氢气储运技术

研究目标：掌握气态氢气管道运输、液态氢气储运、固态氢气储运技术，研发高密度低成本储氢材料。

研究内容：开发适用于长距离输送的低损耗氢气输送管道；掌握利用现有天然气管道实现氢气与天然气混合输送的技术，并进行工程示范；开发高压碳纤维复合材料及储氢罐设备的工业化制造技术；开发高性能、低成本的低温绝热液态储氢罐和真空多层绝热液氢输送管道；研究低成本的氮基、硼基、铝基、镁基和碳基等轻质元素储氢材料；开展以有机液态化合物和氨等为储氢介质的规模化储运技术研究；开展轻质大容量储氢材料高效吸氢/脱氢催化剂研究。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S43) 可再生能源制氢示范工程

研究目标：研制高效稳定的水制氢催化剂，建设可再生能源制氢系统集成示范工程。

研究内容：研究高效稳定光催化太阳能分解水制氢催化剂材料，高选择性、高稳定性水电解制氢非贵金属催化剂材料；开展分散式现场制氢催化剂及系统集成研究；开展风电碱性电解水制氢系

统集成试验验证，开展太阳能光伏固体聚合物电解水制氢系统集成试验示范，开展太阳能光热高温固体氧化物电解水制氢系统集成试验示范。

起止时间：2016-2020 年

S44) 燃料电池分布式发电示范项目

研究目标：建设氢气/空气聚合物电解质膜燃料电池（PEMFC）、甲醇/空气聚合物电解质膜燃料电池（MFC）、固体氧化燃料电池（SOFC）、金属空气燃料电池（MeAFC）、煤气化燃料电池集成发电技术（IGFC）等类型燃料电池分布式发电示范项目。

研究内容：突破氢气/空气聚合物电解质膜燃料电池、甲醇/空气聚合物电解质膜燃料电池、固体氧化燃料电池、金属空气燃料电池、煤气化燃料电池的关键材料、核心部件、系统集成、质能平衡管理等核心技术，开发低成本、长寿命、高稳定性的燃料电池堆；建设千瓦至百千瓦级 PEMFC 分布式发电示范项目，建设百千瓦至兆瓦级 SOFC 发电示范项目，建设 MeAFC 分布式发电示范项目。

起止时间：2016-2020 年

5. 超导输电

1) 集中攻关类

G55) 超导直流输电技术

研究目标：掌握超导输电-输气能源管道和超导直流限流器的拓扑及制造关键技术，并进行试验验证。

研究内容：研究改善超导材料的电磁性能的方法，研发混合工质温度（85-90K）的超导直流输电-输送燃料的超导能源管道及液氮温度（77K）超导直流限流器的原理和结构、关键部件的设计和制造技术等，研制试验样机及试验方法，开展示范验证工作。

起止时间：2016-2020 年

2) 示范试验类

S45) 2.5MW/5MJ 高温超导储能装置研制

研究目标：开发 5MJ/2.5MW 高温超导储能装置，实现挂网示范运行。

研究内容：开展高温超导储能系统设计新型原理与仿真计算；研发 5MJ/2.5MW 以上的高温超导储能磁体设计技术，包括储能磁体结构的设计与制造技术、失超保护技术和磁体稳定性仿真计算等；研发高温超导储能系统的功率调节系统；开展高温超导储能低温高压绝缘结构、低温绝缘材料及制冷系统设计。

起止时间：2016-2020 年

6. 天然气水合物

1) 集中攻关类

G56) 天然气水合物目标资源评价与试采方法优选

研究目标：解释海洋天然气水合物成藏机制并优选试采目标区，进行海洋天然气水合物试采方法评价与优选。

研究内容：依托海上高精度地震采集技术、时移地震技术以及综合岩石力学和地化分析方法，开展南海北部多类型水合物成藏机制、天然气水合物试采目标区优选、天然气水合物试采目标区域资源预测、随钻解释分析技术研究，锁定海域水合物试采目标区，给出资源分布特征。建立多类型天然气水合物储层精细评价方法，从微观、宏观多尺度研究针对储层开采方法适应性评价和优选，为海域试采方法制定提供支持。

起止时间：2016-2022 年

G57) 天然气水合物试采技术及技术装备

研究目标：建立海洋天然气水合物钻采技术体系，研制自主知识产权的海洋天然气水合物钻完井及排采技术装备，实施我国海域天然气水合物首次试采。

研究内容：开展海洋潜在目标区水合物钻完井关键技术、防控砂一体化技术、海底及井筒举升技术、二次生成防控制、以及试采安全技术和装备研究，实现海域水合物连续排采。针对海域试采目标区，进行目标区详细勘探、随钻分析，海上试采工程方案、

配套开采装备的研制，以及海上试采装备的集成配套，依托自主技术、自主装备，实施海域天然气水合物试采。

起止时间：2016-2022 年

7. 可控核聚变

1) 集中攻关类

G58) 可控核聚变前沿技术研究

研究目标：掌握磁约束核聚变关键技术，初步建立核聚变工业发展体系。惯性约束聚变能方面，围绕 Z-FFR 实验堆总体技术路线获得关键技术与参数验证结果。

研究内容：开展中国聚变工程实验堆的详细工程设计，并结合已有物理设计数据库在“东方超环”（EAST）、“中国环流器 2 号改进型”（HL-2M）托卡马克装置上开展与 CFETR 物理相关的验证性实验；开展聚变堆关键技术预研，发展氦技术、聚变材料等 ITER 未涵盖的聚变堆技术。惯性约束聚变能方面，围绕 Z-FFR 实验堆总体技术路线的解决方案，获得关键技术与参数验证结果，为 Z-FFR 实验堆的方案制定、设计和研制提供核心的技术支撑，重点开展局部整体点火靶、重频驱动器、次临界包层、材料等关键技术研究。

起止时间：2016-2020 年

（五）能源基础材料技术

结合 700℃ 燃煤发电和重型燃气轮机技术发展，开展高温金属材料的研究，掌握金属材料测试能力。开展高性能核电用传热材料、绝缘材料的研发及应用，开展针对核能环境服役的复合材料探索研究。开发钙钛矿类光电材料、光伏组件用高分子材料、银电极材料和碲化镉薄膜材料，以适应高性能光伏电池发展的需要。开展新型高效储能材料研制，开展电池储能系统用聚合物薄膜材料、微纳米制电极材料的开发。发展完善各类催化剂材料。以智能电网为导向开展先进电力电子器件研究。

本规划围绕高温材料、核级材料、电池材料、催化剂材料和先进电力电子器件等技术领域部署 12 个集中攻关项目、3 个示范试验项目、2 个应用推广项目。

1. 高温材料

1) 集中攻关类

G59) 620-700℃ 超超临界火电机组高温金属材料研制与部件制造

研究目标: 推进 700℃ 机组用新材料研制以及已有合金性能优化，发展出满足技术要求的高温合金体系；开展 620-700℃ 高温部件制造基础研究与关键制造技术开发。

研究内容: 开展适用于 620-750℃ 的新型耐热钢、镍铁基和镍基

高温合金成分、组织结构优化和强韧化机制研究，提出适用于我国超超临界技术发展要求的高温合金体系。；研究新型高温合金耐腐蚀与焊接性能；采用计算模拟、制造、实验分析相结合的研究方法，开展 620-700℃ 机组锅炉管材制造技术开发、高中压转子锻件制造技术开发、汽轮机盘件与叶片制造技术开发、高温合金部件的焊接技术开发；开展 620-700℃ 电站用高温结构材料与部件评价。

起止时间：2016-2025 年

G60) 重型燃气轮机核心热端部件高温材料与制造技术

研究目标：掌握 F 级重型燃气轮机高温材料与制造技术，突破未来 G/H、J 级重型燃气轮机叶片材料及制造关键技术。

研究内容：开展抗热腐蚀等轴晶铸造高温合金及大型涡轮叶片工程化应用技术研究、高强抗热腐蚀定向合金及定向空心涡轮工作叶片工程化应用技术研究，完成 F 级重燃用一、二级和 G/H 级重燃二级涡轮动叶片的研制与考核验证；突破抗热腐蚀单晶高温合金和大型单晶空心叶片制造技术，形成制造规范和验收标准；开展超级气冷叶片制造技术研究、高温长寿命 50℃ 和 100℃ 热障涂层材料及应用技术研究，发展涡轮叶片用长寿命高温防护热障涂层成套技术及涂层使役评估方法和寿命预测模型；建立燃机叶片使役损伤检测评价标准和基于组织损伤的寿命评估技术。

起止时间：2015-2025 年

G61) 能源装备用耐腐蚀耐高温镍基焊接材料研制

研究目标: 研究核用镍基耐蚀焊接材料体系, 开发镍基焊接材料高效高质量制造工艺; 开发 700℃ 超超临界机组用高温焊接材料, 完成焊接接头性能考核。

研究内容: 研制核电用镍基耐蚀焊接材料, 主要包括核电镍基焊材成分设计、开发纯净化熔炼工艺和焊材制备工艺; 开展熔敷金属制备及各项性能评定测试; 完成熔敷金属焊接制备; 开展镍基焊缝点状缺陷、DDC 裂纹形成机理分析及控制技术研究; 进行工业规模焊材制造工艺开发和现场焊接及性能考核; 进行 700℃ 超超临界火电机组材料焊接性研究; 研究 700℃ 高温火电焊接材料合金体系, 开发焊材制造工艺, 研制焊材焊接熔敷金属制备; 开展焊接接头高低温瞬时性能及高温组织稳定性和持久性能测试、焊接接头裂纹敏感性试验。

起止时间: 2016-2020 年

2) 应用推广类

T30) 金属材料性能及部件测试和试验平台

研究目标: 建立耐高温和抗辐射等极端服役材料关键性能(包括蠕变、腐蚀、氧化、辐射等)测试平台、近使役环境性能考核试验平台。

研究内容: 完善高温力学性能测试实验室, 测试高温持久蠕变、高温疲劳、蠕变疲劳交互作用、热机械疲劳性能; 建设近使役条

件材料和部件损伤行为实验室；建设应力、腐蚀、氧化、磨损、高温、辐射等多因素耦合材料（部件）性能试验考核实验室；具备大叶片高温疲劳性能试验考核能力、700℃机组部件现场高温高压验证试验能力、核电材料辐照考核试验检测能力。

起止时间：2015-2020 年

2. 核级材料

1) 集中攻关类

G62) 核电蒸汽发生器 690 传热管材料稳定化制备技术

研究目标：掌握 690 传热管材料制备的关键技术，实现高质量传热管稳定化生产，管材成品率逐步提高到 85%以上。

研究内容：结合国内已经具有的 690 传热管生产线，针对批量生产成品管材存在的质量稳定性差、信噪比波动大、合格率低等问题，研究 Si、Mn 等合金微量元素对合金强化机制及腐蚀性能的影响规律、大容量 690 合金纯净均质冶炼技术研究、690 合金冷热变形与组织均匀性控制技术、690 合金传热管力学性能稳定性关键影响因素和 690 管材信噪比影响因素。

起止时间：2016-2020 年

G63) 核电用绝缘材料关键技术研究

研究目标：开发包括高强度层压制品、长寿命主绝缘云母复合制品、高硬度水溶性硅钢钢片漆等系列核电大容量汽轮发电机用绝

缘材料，以及抗辐射电缆关键材料，形成具有自主知识产权的系列核电用绝缘材料制造技术，实现项目产品在核电机组上应用。

研究内容：研制长期耐热指数 $\geq 180^{\circ}\text{C}$ 的耐高温改性环氧树脂，突破采用增强材料互补复配技术制备定子槽楔层压绝缘复合材料的方法；研制长期耐热指数 $\geq 155^{\circ}\text{C}$ 的高强度环氧树脂，研究采用玻璃毡预浸渍工艺技术、真空成型技术制备F级环氧玻璃毡层压绝缘复合材料的方法；研制具有耐电痕化、耐电弧性特点和良好应用性的过氧化双环戊二烯环氧树脂；合成同时具有高硬度（8H）、柔软性（一级）的完全水溶性树脂；配制高填料含量的硅钢片漆；研究适用于VPI工艺及多胶模压工艺的新型系列云母复合材料。研制开发耐辐照、长寿命交联聚烯烃、乙丙橡胶等多种核级电缆材料。

起止时间：2016-2020年

G64) 核级 SiC_f/SiC 复合材料技术攻关研究

研究目标：研制核级 SiC_f/SiC 复合材料。

研究内容：研制 PIP 技术制备低气孔率、高强度、高热导的 SiC_f/SiC 复合材料，满足核级应用的性能要求；研究 SiC_f/SiC 复合材料的无损检测和性能评价技术、复合材料连接技术与构件制备技术和核级 SiC_f/SiC 复合材料构件制备技术；研究核级 SiC_f/SiC 复合材料制备工艺、微观组织与性能之间关系，建立复合材料性能评估方法/标准。

起止时间：2016-2020年

3. 电池材料

1) 集中攻关类

G65) 新型钙钛矿材料制备太阳能电池研究

研究目标: 研究新型的钙钛矿类光电材料体系, 研制效率超过20%性能稳定的薄膜型单结太阳能电池器件, 制备大面积柔性钙钛矿电池, 钙钛矿叠层太阳能电池的效率超过25%。

研究内容: 开展新型钙钛矿材料(环境友好型钙钛矿材料、高相变温度钙钛矿材料、不同带隙的钙钛矿材料)的设计与合成, 研究钙钛矿薄膜形态的控制方法, 以及钙钛矿界面材料设计与性质调控, 设计新型平面结构钙钛矿太阳能电池; 突破高效钙钛矿叠层太阳能电池技术; 研究钙钛矿太阳能电池的低温全溶液制备方法, 低温制备柔性光伏器件; 研究钙钛矿太阳能电池的稳定性和衰减机制; 研究钙钛矿电池的封装技术; 研究大面积钙钛矿薄膜的制备技术, 进而研究大面积钙钛矿电池及组件的制备技术。

起止时间: 2015-2023年

G66) 高能量密度电池用聚合物薄膜材料研究

研究目标: 开发具有自主知识产权的系列能源用高分子薄膜材料, 实现在高效电池组及高密度储能元器件上应用。

研究内容: 通过分子设计、树脂合成、配方研究、增强材料及纳米功能性填料界面处理、复合材料结构设计及制造工艺研究等, 开发耐高温高强度磺化聚芳醚腈质子交换膜、蜂窝交联结构的高

效质子交换膜、锂离子电池用聚合物基功能隔膜材料、耐高温高储能密度薄膜电容器核心材料和电池用聚合物基功能电极材料等，开展材料在电池组或储能元器件上的应用验证研究。

起止时间：2016-2020 年

G67) 先进微纳米产业制造技术制备电极材料

研究目标：利用先进的微纳米制造技术制备高性能的电极材料，应用于高性能电池能源存储系统的电极界面。

研究内容：突破动力锂离子电池的电极材料结构形貌控制及其微纳米化技术，提高电极材料质量能量密度和体积能量密度，改善电极材料骨架结构稳定，提高材料的循环稳定性和热稳定性，构筑高性能电极界面；研发高容量的硅负极材料替代传统的以石墨为主的负极材料，开发高离子电导率、高强度、自修复的隔膜；突破超级电容器用高能量密度、三维多孔、功能化碳材料修饰的电极界面；开发低成本、不易挥发和高离子迁移速率的电解液。

起止时间：2016-2020 年

G68) 新型高效储能材料技术开发

研究目标：研制长寿命的硫电极、空气电极等高比能量锂二次电池的正极，实现钠电池的推广应用，开发核心材料 β "-氧化铝电解质陶瓷的低成本制造技术并实现产业化示范；制备满足超导输电、超导储能、超导磁体和超导限流器等装置需求的高性能超导长带。

研究内容: 研究高导电性能、低多硫化物溶解特性的硫与导电材料复合电极,开发与硫电极匹配的电解液体系,开展新形态锂硫电池研究;研究 β "-氧化铝陶瓷电解质隔膜中陶瓷的低成本化粉体、成型和烧成技术,研发陶瓷高精度以及晶粒异常生长的控制技术、陶瓷与金属及绝缘陶瓷的组合技术;研究基于YBCO超导材料的第二代高温超导带材批量化制备技术,开展钇钡铜氧高温超导带材产业化相关装备研究。

起止时间: 2015-2020年

2) 示范试验类

S46) 光伏组件用高分子材料开发及应用

研究目标: 形成具有自主知识产权的系列光伏用高分子材料制造技术,实现项目产品在光伏发电上大规模应用。

研究内容: 研究耐老化、耐紫外的功能聚酯切片合成配方及工艺;研究模块化功能(抗老化、抗紫外、导热、阻燃等)薄膜相关配方与工艺,研发新一代光伏背板基膜材料;研究PVB合成及胶膜工艺、聚苯醚改性配方、支架高分子材料改性等;开发包括多种功能聚酯切片、组装式功能背板薄膜及其制造技术、PVB及其胶膜材料(替代进口)、光伏电池的长寿命接线盒材料、光伏电池模组支架专用材料,形成具有自主知识产权的系列光伏用高分子材料制造技术,实现项目产品在光伏发电上大规模应用。

起止时间: 2016-2020年

S47) 晶硅太阳能电池的银电极浆料技术

研究目标: 研制出印刷性能优良、低欧姆接触界面、可焊性好和附着力强的银电极浆料,形成产业化示范,替代银电极浆料进口。

研究内容: 研究银电极浆料流变性能和电极/晶硅界面特性、产业化生产技术与品质控制技术,研制出印刷性能优良、低欧姆接触界面、可焊性好和附着力强的银电极浆料,降低晶硅太阳能电池组件生产成本;研究大绒面制备及抛光添加剂并进行示范应用;研究硅基低温银浆的原理、配方设计与应用性能评估,获得高性能低温银浆的配方,形成产业示范。

起止时间: 2016-2020 年

S48) 化合物半导体能源材料应用示范

研究目标: 开发大面积碲化镉薄膜太阳能电池组件的规模化制造技术;研发出稳定、环保、低成本铜铟镓硒(CIGS)产业化技术;研制出高效、高稳定性的高倍聚光III-V族太阳能电池芯片、接收模块和模组;建成MW级染料敏化太阳能电池幕墙应用示范;建成高功率LED封装胶国产化应用示范。

研究内容: 研究低成本CIGS薄膜太阳能电池产业化成套关键技术,实现效率高于13%的CIGS薄膜太阳能电池组件的规模化生产;系统研究II-VI族三元系半导体的制备方法;研发高纯硫化锌、硒化锌等II-VI族化合物高纯材料的规模化制造技术,研究III-V族光伏材料的制备技术;研究大面积染料敏化太阳能电池批量制备,建成MW级染料敏化太阳能电池幕墙应用示范;研究8英寸碳化

硅衬底材料稳定制备技术，实现 6 英寸碳化硅晶体衬底材料批量生产；发展击穿电压大于 5kV 的 GaN 单晶生长技术，实现 6 英寸 GaN 单晶衬底的量产，研究高功率 LED 封装胶低成本国产化关键技术。

起止时间：2015-2023 年

4. 催化剂材料

1) 集中攻关类

G69) 生物质转化催化剂材料应用

研究目标：开发碳水化合物水热化学转化为小分子多元醇反应的催化材料；开发木质素高效转化新型催化材料；开发木质纤维素平台化合物合成生物燃料新型催化剂材料；开发生物质甲醇制备 1, 3-丁二醇催化剂；开发甘油高选择性制备 1, 2-丙二醇催化剂；开发山梨醇加氢裂解制多元醇催化剂；开发六碳糖制备 HMF 的超强酸催化剂。

研究内容：研发水热稳定性优异，适用于碳水化合物催化转化高选择性制备高附加值多元醇的催化剂材料；发展木质素氢解新型碳化物催化材料和双/多功能金属催化剂，实现木质素高效转化制备芳香化学品和环烷烃燃料；开发廉价高效的催化剂材料，以木质纤维素平台化合物催化加氢脱氧反应制备高品位航空燃料或生物柴油；开发生物质甲醇制备甲醛、甲醛丙烯缩合反应制备 1, 3-丁二醇的高性能催化剂和工艺技术；开发高活性、高选择性、

高稳定性的甘油制备 1,2-丙二醇的催化剂及工艺技术；开发选择加氢裂解催化新材料，应用于葡萄糖-山梨醇催化加氢裂解制备聚合级多元醇产品；开发系列钽基超强酸材料合成技术和催化六碳糖转化 HMF 过程放大工艺。

起止时间：2015-2023 年

2) 应用推广类

T31) 制油制气制化学品催化剂材料示范推广

研究目标：开发合成气完全甲烷化催化剂材料；开发适用于悬浮床加氢裂化的高活性、高分散性纳米硫化物催化剂材料；开发烯烃多相氢甲酰化制高碳伯醇催化剂；开发合成气制高品质柴油和石脑油催化剂；开发清洁油品超深度脱硫催化剂；开发甲醇羰基化制乙酸甲酯及其加氢制乙醇催化剂；开发润滑油基础油加氢异构脱蜡催化剂；开发高性能草酸酯加氢制乙二醇催化剂；进行成套技术示范推广及产业化升级。

研究内容：开展合成气完全甲烷化催化剂升级示范；研制悬浮床加氢裂化高活性高分散性纳米硫化物催化剂、烯烃多相氢甲酰化制高碳伯醇催化新材料；研发合成气制高品质柴油和石脑油催化剂及成套生产技术、甲醇多相催化羰基化制乙酸甲酯及其加氢制乙醇技术；研制清洁油品超深度脱硫催化剂、润滑油基础油加氢异构脱蜡催化剂和高性能草酸酯加氢制乙二醇催化材料。

起止时间：2016-2025 年

5. 先进电力电子器件

1) 集中攻关类

G70) 新型电力电子器件关键技术

研究目标：突破 10 kV 以上低损耗 SiC 器件关键技术及 SiC 多芯片级联关键技术，实现 10kV/100A 以上的功率器件稳定运行。开发高功率密度 IGBT 器件；开展 6 英寸 IGCT 器件研制；开展特大功率晶闸管技术研究。

研究内容：研究 10 kV 碳化硅多芯片级联器件的模块封装技术、高性能低损耗驱动技术及多层级多模式高可靠保护技术、成套 IGBT 芯片及其配套 FRD 芯片技术、先进模块封装技术、器件级动静态测试验证与可靠性试验评估技术、IGCT 物理建模及硬关断仿真技术、8000A 以上关断能力的低感门驱设计及检测技术和 6 英寸 IGCT 芯片精密光刻及梳条均匀成型工艺；研发超大功率晶闸管器件结构设计和全工艺流程仿真技术、高压大电流晶闸管的动静态参数综合优化设计技术和超大功率晶闸管的测试环境及测试方法。

起止时间：2016-2020 年

四、保障措施

加强政策引导，支持开展能源技术创新工作，促进能源自主

技术的推广应用；开展试验示范，以技术创新推动能源产业升级；打造创新平台，掌握能源科技核心技术；增进合作，创建开放式的国际化创新协作体系。从政策法规、社会环境、人才培养和合作交流等方面不断完善机制，推动能源技术按“三个一批”要求分层滚动发展，保障本《规划》的实施。

（一）加强政策引导，推广应用先进成熟技术

研究能源技术与产业发展重大问题，组织制定国家能源科技创新发展战略、规划和政策，加强对能源互联网、电力储能等新兴产业的引导，围绕能源科技管理模式创新，建立“政-产-学-研”协调机制，促使企业真正成为技术创新、研发投入和成果转化的主体，促进有利于创新发展的市场环境形成。

降低能源新技术进入市场的门槛，以成品油质量升级国家专项行动为重点，在油气开采及转化、清洁燃煤发电、新能源发电及并网、第三代核电等领域应用推广一批技术成熟、有市场需求、经济合理的技术。

加强国家重点工程技术装备质量检测和评定，提升国家重点工程建设和运行质量，开展评审论证、表彰奖励等工作，提高市场主体应用新产品、新技术的积极性。建立健全能源行业技术标准体系，加快推进自主核电、成品油升级、煤炭深加工等领域标准体系建设，保证技术合理应用。

（二）依托示范工程，促进先进技术产业化

根据《国家能源科技重大示范工程管理办法》的要求，按照行业主管部门的规划布局，结合企业自身利益，积极落实重大能源依托工程，建立多元化投融资渠道，对批准立项的示范工程项目给予资金和政策支持，把能源技术及其关联产业培育成新的增长点。

结合“十三五”期间我国能源行业产业升级需要，大力推动能源技术革命，以绿色低碳为方向，着力推进重大技术研究和重大技术装备项目，切实把示范项目作为实现技术国产化、知识产权自主化和市场竞争力的标杆，带动产业升级。

在煤炭深加工、清洁燃煤发电、储能、高效太阳能、海上风电、能源互联网、先进反应堆型等重点领域率先推进一批采用自主化先进能源科技和装备的示范工程，鼓励先行先试，支持技术创新，探讨应用条件，提高装备国产化水平，探索新技术带来的商业模式和价格机制问题。

（三）打造创新平台，培育前沿技术开发能力

在能源领域依托重点能源企业、科研院所和高等学校开展协同创新，发挥各自优势，联合组建一批“产-学-研-用”一体的研发基地作为联合创新平台，集中攻关一批前景广阔的技术，加速科技创新成果转化应用。依托科研院所优势创新单元共同组建洁净能源国家实验室、国家西部能源研究院等重大科技创新平台，

加强国家能源研发中心（重点实验室）的管理，持续推进创新能力建设。

能源科技创新平台以规范化、高效率为目标，最大限度实现各类资源的有效集成、最优配置和充分利用，重点解决关键技术、核心装备问题，将其建成核心技术研发中心、工程化应用中心、高层次人才培养基地，成为能源技术革命中的重要攻坚力量。

在核电重大技术、新能源技术、非常规油气勘探开发技术、先进燃气轮机技术等领域设立国家科技计划重大专项，依托能源科技创新平台组织能源重大关键技术攻关。实现市场导向技术创新、研究成果快速转化、创新价值充分保护、资源配置效率大幅提高，提高人才、资本、技术和知识流动效率，构建更加高效的能源科技创新体系。

（四）加强国际交流，提升技术装备国际竞争力

在能源技术领域推进国际合作，广泛开展双多边合作与交流，加强与优势国家和地区在先进核能、高效储能、高比例可再生能源消纳、非常规油气开发、先进能源材料、碳捕集封存利用、燃气轮机等领域的合作，提高我国在相关领域的技术水平。

紧密结合国家战略，配合有关部门完善能源装备、部件、材料相关政策，促进国外先进能源技术和装备的引进、消化、吸收，实现知识产权自主化，提升国产化水平和市场竞争力。建立能源装备出口服务机制，充分利用我国在新能源、大型水电、输配电、煤炭深加工、清洁燃煤发电等领域的优势地位，依托重大工程建

设和政府合作平台，支持我国能源技术走出去。

结合“一带一路”建设，利用沿线国家和地区的资源优势，进行能源技术领域务实合作，培育有全球影响力的先进能源装备制造基地，锻造有国际竞争力的能源工程人才队伍。

附表：

《能源技术创新“十三五”规划》重点任务总表

技术方向	技术领域	集中攻关类	示范试验类	应用推广类
清洁 高效 化石 能源 技术	化石能源深度勘探开发	煤炭资源开发地质保障技术与装备	第四代现代化（智慧）煤矿示范工程	致密气藏水平井组钻完井技术
		煤矿智能化采掘技术与成套装备	致密气田增产及稳产工程技术	蒸汽辅助重力泄油（SAGD）技术
		特厚巨厚煤层绿色安全高效开采技术与成套装备	致密油水平井分段压裂及工厂化技术	3500米以浅页岩气水平井分段压裂技术
		致密砂岩气藏精细描述技术	低产气井高效排水采气技术	煤层气井高效排水降压工艺技术
		多层系致密气藏立体开发优化技术	页岩气开发优化技术	低浓度煤层气 PSA 脱氮浓缩与液化集成制 LNG/CNG 技术
		致密油富集规律及资源评价技术	页岩气开采环境评价及保护技术	
		致密油产能评价及开发优化技术	深水钻井技术装备与应用	
		稠油原位改质技术	低煤阶煤层气资源评价与开发技术	
		页岩气“甜点区”识别技术	煤层气开发动态分析与评价技术	
		深层页岩气水平井钻完井及增产改造技术		
		陆相及海陆过渡相页岩气有效开发技术		
		油页岩原位改造与热转化关键技术研究		
		深水浮式平台工程技术		
		水下生产系统工程技术		
		深水海底管道和立管工程技术		
		深水流动安全保障及控制技术		
	深层煤层气开发技术研究			
	复杂储层煤层气高效增产技术			
	清洁燃料加工转化	重劣质原油加工技术	酶法生物柴油产业化示范工程	清洁油品生产技术
		新型低阶煤热解技术	单系列百万吨/年及以上低阶煤热解示范工程	百万吨级煤炭间接液化成套技术装备
		煤炭加氢液化新技术	新一代先进煤气化示范装置	百万吨级褐煤干燥提质技术
			煤制化学品新技术工业示范	
	清洁燃煤发电		高酚氨煤化工废水零排放技术示范	
		大型火力发电机组间接空冷技术	600MW 等级超超临界循环流化床锅炉示范工程	600MW 等级及以上容量超超临界二次再热燃煤高效发电机组工程
		基于 IGCC 的 CO ₂ 捕集等绿色煤电技术研发	600MW 等级或以上容量超（超）临界全燃准东煤锅炉机组示范工程	节能/超低排放型超临界循环流化床锅炉技术
		新一代高效低能耗 CO ₂ 吸收剂及 CO ₂ 捕集系统与发电系统耦合优化集成技术	400~600MW 级 IGCC 示范工程	燃煤耦合生物质发电技术
		多污染物（SO ₂ 、NO _x 、H ₂ 等）一体化脱除技术	百万吨级碳捕集利用和封存系统示范工程	火电灵活性改造技术
		700℃超超临界燃煤发电技术		

技术方向	技术领域	集中攻关类	示范试验类	应用推广类
新能源 电力系统技术	可再生能源 高效利用	新型高效低成本光伏发电关键技术	8-10MW 等级及以上的超大型海上风电机组示范工程	碳纤维复合材料风电叶片及其抗冰技术应用研究
		水电工程环境保护与水土保持关键技术研究	大型太阳能热发电关键技术与示范	5-6MW 等级大型海上智能风电机组应用推广
		复杂条件大型水电工程关键技术研究	生物质集中高效热电联产及多能互补技术示范	高效、低成本晶体硅电池产业化关键技术研发及应用
		流域梯级水电站综合管控关键技术研究	抽水蓄能电站关键技术示范与推广	
			海洋能利用关键技术及示范工程	
			干热岩开发利用技术示范工程	
	高比例可再 生能源并网 与传输	直流电网关键技术装备	风电场群智能控制、调度及能效评估	大规模新能源特高压直流外送及调度运行示范及推广
		±500kV 直流输电电缆研制	柔性直流输电关键技术研发与示范	大容量特高压直流输电示范及推广
		新型特高压交流输电技术	高压大容量交流电网故障电流限制关键技术	智能电网多级调度控制系统推广应用
		基于云技术的电网调度控制系统研究	电网安全稳定自适应保护系统研发与示范	交直流大电网实时仿真技术推广应用
		智能电网信息采集及通讯技术		
	储能	智能电网信息安全自主化关键技术研究		
		新型高效电池储能技术研究	大容量长寿命钛酸锂储能电池及装置示范验证	全钒液流电池储能产业化技术
			MW 级以上大容量钠硫电池储能装置示范验证	
	能源互联网		10MW/100MWh 先进压缩空气储能系统示范	
		大规模、高渗透率分布式电源并网集成和控制技术	适应多种发电形式和用户主动影响的交直流配电网示范	多能互补分布式发电和微网应用推广
安全先 进核电 技术	安全先进 民用反应堆	能源互联系统运营交易关键技术研究	能源互联网示范工程	交互式智能用电与需求侧响应
		超高温气冷堆技术研究	CFR600 快堆示范工程	自主三代大型先进压水堆核电技术应用推广
		快中子反应堆运行和控制技术研究	模块化小型堆示范工程	600MW 级高温气冷堆核电站
		铅基合金冷却反应堆技术研究		
		基于高度安全燃料的5-10MW 级制造型模块堆		
	先进核电 燃料	钍基熔盐堆核能系统关键技术研究		
		新一代先进核燃料技术研究		自主 CF 及 STEP 系列先进核电燃料应用推广
	建设、运行 与延寿	核电厂放射性废物最小化技术		
		核电站运行维护技术研究	核电厂延寿关键技术示范应用	自主先进核电监测检测装备应用推广
			核电工程智能化设计建设技术示范	核电站数字化仪控平台技术应用推广
			核事故应急技术与装备	

技术方向	技术领域	集中攻关类	示范试验类	应用推广类	
战略性能源技术	燃气轮机	先进径流式回热循环微型燃气轮机研制	先进轴流式简单循环小型燃气轮机示范	自主知识产权微型和小型燃气轮机分布式发电推广	
		压裂车与压裂船用燃气轮机装置研制	管道增压用中型工业燃气轮机自主示范		
		300MW级重型燃气轮机研制	F级50MW-100MW重型燃气轮机工程示范		
			天然气分布式能源示范工程		
	高清洁、高能量密度特种油品	煤基专用油品技术			
		生物航空燃油关键技术			
	海洋核动力平台		海洋核动力平台示范工程		
	氢能与燃料电池	燃料电池（氢能）催化剂材料研究		可再生能源制氢示范工程	
		高效低成本氢气储运技术		燃料电池分布式发电示范项目	
	超导输电	超导直流输电技术		2.5MW/5MJ高温超导储能装置研制	
天然气水合物	天然气水合物目标资源评价与试采方法优选				
	天然气水合物试采技术及技术装备				
可控核聚变	可控核聚变前沿技术研究				
能源基础材料技术	高温材料	620-700℃超超临界火电机组高温金属材料研制与部件制造		金属材料性能及部件测试和试验平台	
		重型燃气轮机核心热端部件高温材料与制造技术研究			
		能源装备用耐腐蚀耐高温镍基焊接材料研制			
	核级材料	核电蒸汽发生器690传热管材料稳定化制备技术			
		核电用绝缘材料关键技术研究			
		核级SiC _x /SiC复合材料技术攻关研究			
	电池材料	新型钙钛矿材料制备太阳能电池研究		光伏组件用高分子材料开发及应用	
		高能量密度电池用聚合物薄膜材料研究		晶硅太阳能电池的银电极浆料技术	
		先进微纳米产业制造技术制备电极材料		化合物半导体能源材料应用示范	
		新型高效储能材料技术开发			
催化剂材料	生物质转化催化剂材料应用			制油制气制化学品催化剂材料示范推广	
先进电力电子器件	新型电力电子器件关键技术				