

附件 1

# 广东省能源产业科技创新研究指南

指导单位：广东省能源局

编制单位：广东省电力规划研究中心

中国能源建设集团广东省电力设计研究  
院有限公司



# 前 言

2024年2月29日，习近平总书记在中央政治局第十二次集体学习时强调，把能源技术及其关联产业培育成带动我国产业升级的新增长点，促进新质生产力发展，为我们开展能源产业创新工作指明了前进方向、提供了根本遵循。广东省委也在“1310”具体部署中明确提出推进科技创新强省建设，在实现高水平科技自立自强上取得新突破的整体要求。

为加快推动能源产业科技创新，发展壮大能源产业，实现产业科技互促双强，我省组织编制了《广东省能源产业科技创新研究指南》（以下简称《指南》）。《指南》依据国家能源局、科技部发布的《“十四五”能源领域科技创新规划》，在国家规划的先进可再生能源、安全高效核能、绿色高效化石能源、新型电力系统、能源数字化智能化等5个研究领域的基础上，结合能源领域的发展趋势、热点问题和我省的实际情况，补充了节能减排、新型能源体系机制和模式创新2个研究领域，形成7大领域并进一步细化为23个子领域126个研究方向，为我省能源产业科技创新提供指引。

《指南》旨在引导能源企业、科研院所、高校、社会组织等通过基础研究、集中攻关、示范试验、应用推广等四种类型，积极开展能源产业科技创新研究，力争在未来三年推动我省能源产业科技创新取得重要进展，助力新型能源体系建设，加快形成新质生产力，推动广东在全面建设社会主义现代化国家新征程中走在全国前列。

# 目 录

一、 先进可再生能源发电及综合利用技术（共 24 项）	1
（一）风力发电技术.....	1
1. 深远海超大型海上风机装备研发.....	1
2. 漂浮式海上风电关键技术.....	1
3. 国产自主知识产权的海上风电 CAE 软件开发.....	1
4. 深远海多能融合互补技术.....	2
5. 海上风电应用于海底数据中心关键技术.....	2
6. 大型固定式海上风电关键技术.....	2
7. 退役风电机组回收与再利用技术.....	2
（二）太阳能发电及利用技术.....	3
8. 海上光伏发电关键技术.....	3
9. 新型光伏系统及关键部件技术.....	3
10. 高效钙钛矿电池制备与产业化生产技术.....	3
11. 高效低成本光伏电池技术.....	3
12. 光电建筑一体化（BIPV）应用技术.....	4
13. 光伏组件回收处理与再利用技术.....	4
（三）氢能和燃料电池技术.....	4
14. 氢气制备关键技术.....	4
15. 海上风电制氢技术.....	5
16. 绿色氢氨醇关键技术.....	5
17. 氢燃料电池关键技术.....	6
18. 基于氢能的多能互补综合能源系统.....	6
19. 氢气储运关键技术.....	6
20. 氢安全防控及氢气品质保障技术.....	7
（四）其他可再生能源发电及利用技术.....	7
21. 生物质能转化与利用技术.....	7

22. 生物柴油制备技术研究及应用.....	7
23. 地热能开发与利用技术.....	8
24. 海洋能发电及综合利用技术.....	8
<b>二、安全高效核能技术（共 14 项）.....</b>	<b>8</b>
（一）核电优化升级及综合利用技术.....	9
1. 三代核电关键技术优化研究.....	9
2. 核能综合利用技术.....	9
3. 新一代核电制氢技术.....	9
（二）小型模块化反应堆技术.....	10
4. 小型智能模块化反应堆技术.....	10
5. 小型供热堆技术.....	10
6. 浮动堆技术.....	10
7. 移动式反应堆技术.....	10
（三）新一代核电技术.....	11
8. （超）高温气冷堆关键技术.....	11
9. 钠冷快堆关键技术.....	11
10. 钍基熔盐堆技术.....	11
11. 铅冷快堆关键技术.....	11
12. 核聚变技术.....	12
（四）全产业链上下游可持续支撑技术.....	12
13. 放射性废物处理处置关键技术.....	12
14. 核电机组长期运行及延寿技术.....	12
<b>三、绿色高效化石能源开发利用技术（共 18 项）.....</b>	<b>12</b>
（一）油气供应技术.....	13
1. 海上油气勘探开发技术.....	13
2. 海域天然气水合物试采技术及装备.....	13
3. 天然气水合物利用技术.....	13

4. 成品油管道非常规介质输送技术.....	13
(二) 煤炭清洁低碳高效开发利用技术.....	14
5. 先进高参数超超临界燃煤发电技术.....	14
6. 超临界 CO <sub>2</sub> (S-CO <sub>2</sub> ) 发电技术.....	14
7. 高效超低排放循环流化床锅炉发电技术.....	14
8. 煤电机组延寿技术.....	14
9. 燃煤电厂节能减排技术.....	15
10. 燃煤电厂灵活性改造技术.....	15
11. 燃煤机组掺氨技术.....	15
12. 煤基富氧燃烧发电技术.....	16
(三) 燃气发电技术.....	16
13. 燃气轮机非常规燃料燃烧技术.....	16
14. 燃气轮机关键技术研究及国产化应用.....	16
15. 燃气电站灵活性提效改造技术.....	17
(四) 其他低品质能源回收及综合利用技术.....	17
16. 污废水资源化利用关键技术.....	17
17. 污泥资源化利用关键技术.....	17
18. 工业固废资源化利用关键技术.....	17
<b>四、 节能减排技术 ( 共 26 项 )</b> .....	<b>18</b>
(一) 工业节能技术.....	18
1. 炼化系统智能提效优化技术.....	18
2. 烯烃制备提效节能技术.....	18
3. 钢铁行业节能技术.....	18
4. 绿色陶瓷高效智能化生产工艺.....	19
5. 新型干法水泥生产工艺.....	19
6. 造纸智能优化工艺及深度热回收利用技术.....	19
7. 纺织染整生产优化工艺技术.....	19

8. 工业余热回收技术及热泵装备研发.....	20
9. LNG 接收站冷能综合利用技术.....	20
(二) 交通建筑节能技术.....	20
10. 零能耗及超低能耗建筑系统集成技术.....	20
11. 新型动力燃料驱动船舶/车辆技术研究及应用.....	21
12. 轨道交通系统综合节能技术.....	21
13. 高能效制冷机房系统节能技术.....	21
14. 空港、码头节能降碳技术.....	22
15. 区域集中供冷需求侧响应市场化机制研究.....	22
16. 海上工业能效提升技术.....	22
(三) CCS/CCUS 技术.....	22
17. 新型高效碳捕集工艺.....	22
18. CCUS 新技术开发应用.....	23
19. 主工艺系统耦合 CO <sub>2</sub> 捕集一体化技术研究.....	23
20. 碳排放监测与分析技术.....	23
21. CO <sub>2</sub> 综合利用技术研发.....	24
22. CO <sub>2</sub> 海上封存关键技术.....	24
23. CO <sub>2</sub> 海上驱油关键技术.....	24
24. CO <sub>2</sub> 玄武岩矿化封存技术.....	24
25. CO <sub>2</sub> 长距离管道输送技术.....	24
26. SF <sub>6</sub> 气体降解与资源化利用技术.....	25
<b>五、 新型电力系统及其支撑技术 ( 共 16 项 )</b> .....	<b>25</b>
(一) 适应大规模高比例新能源友好并网的先进电网技术.....	25
1. 新能源柔性组网关键技术.....	25
2. 交直流混合配电网灵活规划运行技术.....	25
3. 新型直流输电关键技术.....	26
4. 超大规模深远海风电送出系统关键技术.....	26

5. 新能源发电并网及主动支撑技术.....	26
6. 新型柔性输配电装备技术.....	27
7. 智能微电网关键技术.....	27
8. 电力系统仿真及安全高效运行技术.....	27
9. 源网荷储一体化集成设计及运行技术.....	27
(二) 储能技术.....	28
10. 电化学储能技术.....	28
11. 新型物理储能技术.....	28
12. 新型储能全过程安全技术.....	28
13. 储能系统集成控制关键技术.....	29
14. 规模化储能系统智慧调控技术.....	29
15. 大型变速抽水蓄能及海水抽水蓄能关键技术.....	30
16. 新型储能实证模拟技术.....	30
<b>六、 数字化智能化应用 ( 共 20 项 )</b> .....	<b>30</b>
(一) 能源数字化基础共性技术.....	30
1. 智能传感与智能测量技术.....	31
2. 能源厂站智能机器人技术.....	31
3. 能源设施智能无人机技术.....	31
4. 能源设施数字孪生技术.....	31
5. 能源领域人工智能技术.....	32
6. 能源领域区块链技术.....	32
7. 能源大数据与云计算技术.....	32
8. 能源物联网技术.....	33
9. 国产自主知识产权的软件开发与应用.....	33
(二) 行业智能升级技术.....	33
10. 油气田与炼化企业数字化智能化技术.....	33
11. 风电机组与风电场数字化智能化技术.....	34



12. 光伏发电功率预测及智慧运维技术.....	34
13. 火电厂数字化智能化技术.....	34
14. 核电数字化智能化技术.....	35
15. 电网智能调度运行控制与智能运维技术.....	35
16. 水电站数字化智能化技术.....	36
(三) 综合能源数字化集成技术.....	36
17. 区域综合数字化能源关键技术.....	36
18. 多元用户友好智能供需互动技术.....	36
19. 车网互动技术.....	37
20. 交能融合数字化技术.....	37
<b>七、新型能源体系机制和模式创新（共 8 项）.....</b>	<b>38</b>
（一） 新型能源体系下的协同机制研究.....	38
1. 多能源品种协同规划研究.....	38
2. 多市场融合协同发展研究.....	38
（二） 碳市场机制研究.....	38
3. 能源行业碳减排方法学.....	38
4. 能源行业碳核查与认证技术.....	38
5. 能源行业产品碳中和评价技术及碳足迹数据库构建.....	39
（三） 商业模式创新研究.....	39
6. “能源+”融合发展场景及商业模式研究.....	39
7. 电力市场及交易模式研究.....	39
8. 天然气市场化平台及交易模式研究.....	40

# 广东省能源产业科技创新研究指南

(共 7 大领域 23 个子领域 126 个研究方向)

## 一、先进可再生能源发电及综合利用技术 (共 24 项)

聚焦大规模可再生能源开发利用,研发更高效、更经济、更可靠的海上风能、太阳能、生物质能、地热能以及海洋能等可再生能源先进发电及综合利用技术,支撑可再生能源产业高质量开发利用;攻克高效氢气制备、储运等关键技术,推动氢能与可再生能源融合发展。

### (一) 风力发电技术。

#### 1. 深远海超大型海上风机装备研发

针对深远海运行场景,研发 20MW 等级以上超大功率海上风机装备,研究超长风机叶片高效低载轻量化设计及工艺技术,突破大型结构件、变流器、齿轮箱、主轴轴承、主控制器等关键部件设计制造技术,以及配套的传动链系统、监测控制系统等。

#### 2. 漂浮式海上风电关键技术

研发远海深水区域漂浮式风电机组基础一体化设计、建造与施工技术,开发符合广东省海洋特点的漂浮式风机基础,解决漂浮式基础设计可靠性、系泊锚固系统、减摇控制技术、多变量耦合控制技术、动态海缆柔性保护装置等关键技术问题,并适时开展工程示范。

#### 3. 国产自主知识产权的海上风电 CAE 软件开发

解决国内海上风电结构设计软件依赖欧美的“卡脖子”技

术问题，集成几何建模、网格划分、后处理可视化、核心求解程序等核心模块，形成国产自主知识产权的海上风电工程CAE软件。

#### 4.深远海多能融合互补技术

针对深远海海洋资源多用途开发利用问题，研究建立风、光、波、储、渔、氢多能融合平台或海上能源基地；研究海上风电、光伏、氢、储等与海上油气田开发集成系统方案，建立海上油气多能融合平台；研发多功能海洋工程装备，提升海洋能源利用率，实现高效、立体用海。

#### 5.海上风电应用于海底数据中心关键技术

聚焦海底数据中心的稳定性及安全性等问题，开展适用于海洋环境的数据仓结构及冷却系统、施工安装及维检等关键技术研究，研究形成海底数据中心供能采用海上风电的集成技术方案。

#### 6.大型固定式海上风电关键技术

深远海大型海上风电机组固定支撑式基础研发；海上风电融合海洋牧场等共支撑结构的新型方案研发；支撑结构关键部件研发，例如导管架基础过渡段等；海上风电机组在冲刷、腐蚀等长期作用下全寿命优化设计技术，包括但不限于风机本体、支撑结构、海缆等；现役海上风电机组运维技术研究及应用。

#### 7.退役风电机组回收与再利用技术

主要包括海上已建构筑物赋能及退役风电机组关键设备回收与再利用技术。一方面研究风电机组基础平台延寿评

估方法以及可持续利用方案，另一方面针对叶片、发电机、传动设备、变桨设备、刹车盘等关键部件进行回收再利用研究，重点研发叶片循环利用生产工艺及关键设备，形成回收价值高、耗能低、可循环的回收路线。

## （二）太阳能发电及利用技术。

### 8.海上光伏发电关键技术

包括海上固定式及漂浮式光伏。开展近海固定式光伏发电技术研究，形成高效低成本结构方案；针对漂浮式光伏发电技术，重点围绕浮体平台结构形式、结构可靠性及配套的电气系统等关键问题开展研究；研发应用于海上光伏的新型结构材料、高强度/高效光伏板、动态电缆、监测系统、连接配件，以及配套生产制造工艺。

### 9.新型光伏系统及关键部件技术

研发大容量中压全直流光伏发电系统技术，开展全直流汇集与送出系统研究，研发大功率、高效率直流升压变换器等关键部件；开展光伏接入直流电解系统集成技术研究，研发高效率直流电解变换器等关键部件。

### 10.高效钙钛矿电池制备与产业化生产技术

研发大面积、高效率、高稳定性、环境友好型的钙钛矿电池；研制钙钛矿电池量产工艺制程设备，开发高可靠性组件级联与封装技术；开展晶体硅/钙钛矿、全钙钛矿等高效叠层电池制备及产业化生产技术研究。

### 11.高效低成本光伏电池技术

开展隧穿氧化层钝化接触（TOPCon）、异质结（HJT）、

背电极接触（IBC）等晶体硅电池低成本高质量产业化制造技术研究，进一步提高电池产业化生产效率与电池转换效率，降低生产成本，推动高效晶体硅电池规模化应用；针对低成本高质量硅片的生产制造技术研究，重点突破低成本高效硅颗粒料制备、连续拉晶、N型与掺镓P型硅棒制备、超薄硅片切割等低成本规模化应用技术；开展中压并网逆变器关键技术研究，研制高效率、高适应性并网逆变器；构建光伏数字化生产制造体系，突破关键设备与零部件国产化技术。

#### 12.光电建筑一体化（BIPV）应用技术

基于建筑规范，以及美观、实用等要求，开发高效、轻量、高稳定性且耐久光伏电池；优化电池结构及排布，改进制备及产业化生产技术；BIPV智能管理系统研究及推广应用；融合现代建筑元素，开发适用于不同应用场景及建筑风格的高效非同质化BIPV新产品。

#### 13.光伏组件回收处理与再利用技术

光伏组件高价值材料分离再回收技术研究，研发高效环保分离工艺及装备，形成经济可行的回收利用技术路线；结合环保要求，开展废弃物处理技术研究。

### （三）氢能和燃料电池技术。

#### 14.氢气制备关键技术

基于可再生能源电解水制氢开展碱性电解水制氢（ALK）技术升级研究，进一步提高设备容量、电解效率、氢气纯度及运行灵活性，研发低成本、高稳定性、更低面电

阻的隔膜材料；开展质子交换膜（PEM）技术研究，开发高效低成本、稳定性高、活性寿命长的催化剂，研发膜电极、气体扩散层、双极板等核心组件；开展大功率高温固体氧化物（SOEC）电解制氢技术研究，研发新一代电解槽结构，研发抗高温蠕变材料及其规模化加工技术；开展高稳定性、长寿命的阴离子交换膜（AEM）电解水制氢技术攻关，研发综合性能更好的阴离子交换膜、高活性催化剂及有序化膜电极；开展光解水制氢、热化学制氢、低热值含碳原料制氢、超临界水热化学还原制氢等新型制氢技术研究。

#### 15.海上风电制氢技术

研究海上风电制氢、海上氢储运技术，聚焦低成本、高效率、灵活性的成套设备和方案研发及应用，加快形成适用于海上风电制氢规模化发展的技术路线，探索建立可持续发展商业模式；研究降低系统设备投资冗余和提升系统运行柔性的海上风电制氢配置优化技术；研究提升海上风电制氢微网可靠性的电气耦合技术；研究形成适应海上特点的风电制氢集约化平台。

#### 16.绿色氢氨醇关键技术

开展风光等可再生能源制氢与合成氨系统集成技术，包括工艺系统配置、运行控制策略、安全系统设计等，形成规模化、具备商业化推广条件的解决方案；研究风光等可再生能源制氢与CO<sub>2</sub>合成制甲醇系统工艺及系统协同控制技术，开发高效、高稳定性催化剂，形成规模化、具备商业化推广条件的解决方案；开展生物质基绿色甲醇合成技术研究，分

析生物质原料、合成气成分对甲醇合成工艺的影响，形成高效可靠的工艺路线及工程应用方案。

### 17. 氢燃料电池关键技术

开展高性能、长寿命质子交换膜燃料电池（PEMFC）电堆重载集成、结构设计、精密制造关键技术研究，形成面向交通、便携式发电、长时发电等不同场景的 PEM 燃料电池发电技术路线及装备；开展固体氧化物燃料电池（SOFC）关键技术研究，掌握系统集成优化设计及运行特性与负荷响应规律；开展熔融碳酸盐燃料电池（MCFC）电池堆堆叠、功率放大等关键技术研究；研发膜电极、双极板、氢气循环泵、空气压缩机、气体扩散层等核心组件，开发 PEM、催化剂等关键材料及规模化制造技术，推动大规模商业化生产。

### 18. 基于氢能的多能互补综合能源系统

研究基于可再生能源电解制氢、氢储能、氢燃料电池的多能互补系统集成与应用技术；基于风电/光伏等可再生能源波动性，构建多能互补协同管控模型，集成多能量流调度分配的智能化能量管理系统与终端，研发关键核心设备；开展多场景下新能源发电耦合氢能系统的示范应用。

### 19. 氢气储运关键技术

研究氢气长距离管输技术，重点针对海上风电耦合氢能开发过程的氢气送出问题，研究海上输氢相关技术，包括敷设方式、管材选择、防腐方案、施工方案以及输氢管道安全运行检测方法等；开展安全、低能耗的低温液氢储运技术路

线研究，研制低温泵、液氢储罐、催化剂等关键核心设备，集成技术路线先进高效、关键设备可靠的氢气液化工艺包。开展高压气态储氢技术研究，研制固定式及移动式高压储氢容器；开展有机液体储氢技术攻关研究，开发低能耗满足长期使用要求的有机液体材料及催化剂；开展纯氢/掺氢天然气管道及输送关键设备安全可靠、经济性、适应性评价，开展天然气管道掺氢示范应用。

#### 20. 氢安全防控及氢气品质保障技术

开展临氢环境下临氢材料和零部件氢泄漏检测及危险性试验研究，研制快速、灵敏、低成本氢传感器和氢气微泄漏监测材料，研发氢气燃烧事故防控与应急处置技术装备；开展工业副产氢纯化关键技术研究。

#### （四）其他可再生能源发电及利用技术。

#### 21. 生物质能转化与利用技术

研究生物质直燃发电技术，通过优化热力系统参数提高发电效率，实现关键成套设备国产化；针对现役垃圾焚烧电站，进一步研究机组提效技术、污染物协同排放技术、灰渣处理与综合利用技术，推广应用新工艺、新装备，提升机组经济性与可靠性；开展餐厨垃圾与生活垃圾焚烧协同处置技术研究；研究生物质气化发电技术及其与火电厂耦合的技术路线、工艺系统及关键设备。

#### 22. 生物柴油制备技术研究及应用

研发多类型生物质原料（含废油脂）制备生物柴油、航空燃料等前沿技术，形成以生物质为原料高效合成/转化生产



交通运输燃料/低碳能源产品技术；聚焦国内外生物航煤技术研发、产业政策及发展现状，分析广东省发展潜力，提出生物航煤在广东生产和应用的可行路径、配套政策等，开展规模化工程示范。

### 23.地热能开发与利用技术

开展高温含水层储能和中深层岩土储能关键技术研究；突破干热岩探测、压裂及效果评价等关键技术，研发关键设备及部件；针对广东省地热能特点，以浅层和深层（干热岩）地热能高效利用作为研究重点，研发地热发电、余热综合利用关键技术，拟定主要的工艺系统和设备选型方案；考虑地热能与温泉康养、特色旅游以及绿色农业（农副产品干燥加工、温室大棚培育、地热能养殖）等融合发展技术路线，开展地热能梯级利用示范。

### 24.海洋能发电及综合利用技术

突破恶劣海况下生产保障、锚泊等关键技术，研发波浪能发电装置，实现深远海波浪能高效、高可靠发电；开展潮流能、海洋温差能发电等海洋能综合利用技术前沿攻关；开展海洋能综合利用路线研究，拟定工程化应用方案。

## 二、安全高效核能技术（共 14 项）

聚焦提升核电技术装备水平及项目经济性，开展三代核电关键技术优化研究，开展核能综合利用研究，加强战略性、前瞻性核能技术创新，开展小型模块化反应堆、小型供热堆、浮动堆以及（超）高温气冷堆、熔盐堆、快堆等新一代核能关键核心技术攻关；开展放射性废物处理处置、开展核电站

长期运行、延寿等关键技术研究，推进核能全产业链上下游可持续发展。

### （一）核电优化升级及综合利用技术。

#### 1.三代核电关键技术优化研究

开展三代核电在工程建设及运行过程中涉及的设备、工艺、布置和施工等关键技术优化研究，进一步提高机组安全性、经济性、厂址适应能力、运行灵活性和设备可靠性；持续开展核电厂设计优化和先进技术研究，开展核电调峰关键技术研究，助力自主三代核电批量化发展及在国际市场推广应用。

#### 2.核能综合利用技术

研究核能海水淡化技术，研制核能海水淡化低温闪蒸等核心设备；研究核能与风电、光伏、储能、氢能等多能互补形式，优化完善以核电厂为核心的综合能源系统方案及运营技术，推动核能梯级利用，提高核能综合利用效率；研究核能供热（冷）技术，灵活匹配末端工业用户对供热蒸汽的品质要求，开展核能低参数蒸汽增温增压技术研究及开发，研制高效增压机等关键设备。

#### 3.新一代核电制氢技术

开展核电高温蒸汽电解制氢、高温热化学循环制氢、甲烷蒸汽重整制氢等技术攻关研究，研究“热-电-氢”多联产工艺系统及运行策略，形成具备技术经济可行性的制氢工艺路线；研究开发耐高温的制氢装置及材料；开展核反应堆和制氢设施耦合的安全问题及解决方案研究。

## （二）小型模块化反应堆技术。

### 4.小型智能模块化反应堆技术

开展小型智能模块化反应堆技术以及先进热交换、监测、材料、软件体系和安全性等关键技术研究，突破核心技术装备，完成先进模块化小型反应堆典型项目一体化与智能化设计，满足在海岛、基地等多场景工程应用条件，适时开展小型模块化反应堆核能综合利用工程示范。

### 5.小型供热堆技术

开展供热堆系统设计、燃料组件、试验验证等关键技术研究，突破关键设备技术，实现小型供热堆设计、装备、建造和配套体系的标准化，适时开展小型堆供热商用示范；研究对外供热负荷变化时维持核岛稳定运行相关技术。

### 6.浮动堆技术

开展浮动式反应堆装置总体技术方案研究，研制满足海洋条件和小型化要求的关键设备；研发适用于海洋核动力平台的非能动安全系统设计和分析；针对浮动反应堆摇摆、空间狭小、循环冷却、补给不便等问题，研究适用于浮动堆配套常规岛发电系统及装备技术；开展孤立电网运行下海洋核动力反应堆与电网的匹配及控制研究；形成自主知识产权的海洋核动力平台设计软件。

### 7.移动式反应堆技术

开展轻型、智能核电源装置设计与关键技术研究，突破移动式反应堆关键共性技术；开展气冷微堆、微型压水堆、热管反应堆等型号总体方案设计及关键核级设备研制，完成

相关试验验证，形成具备可移动能力的先进核电源装置方案。

### （三）新一代核电技术。

#### 8.（超）高温气冷堆关键技术

针对多模块大容量（超）高温气冷堆的启停、变工况运行等协调控制需求，研究配套系统及装备技术；研制超高温气冷堆关键设备；基于高温气冷堆固有安全性和清洁能源属性，开展高温气冷堆替代火电机组技术研究。

#### 9.钠冷快堆关键技术

针对钠冷快堆具有高功率密度、高运行温度、长期不换燃料、冷却剂高化学性等特点，对反应堆控制、冷却剂稳定运行、关键设备可靠性能等开展研究，进一步提高钠冷快堆发电机组安全性、经济性；开展钠冷快堆发电技术研究，解决堆机匹配关键问题，形成工程应用方案；探索广东省钠冷快堆应用场景。

#### 10.钍基熔盐堆技术

探究堆内燃料盐、出堆燃料盐和处理后燃料盐中锕系元素和裂变产物的存在形式和转化规律，建立熔盐堆材料失效评估、寿命预测标准方法，建设小型模块化钍基熔盐研究堆及科学设施；开展钍基熔盐堆与发电系统耦合技术的研发与验证。

#### 11.铅冷快堆关键技术

针对铅基快堆运行温度高、腐蚀性强、冷却剂密度大的问题，开展共性基础技术、关键材料、调试运维、设计软件、

配套体系等关键技术攻关，研制关键装备、部件；开展相关性能试验并达到设计指标要求，形成铅基快堆技术方案；开展铅冷快堆发电技术研究，解决堆机匹配关键问题，形成工程应用方案，适时推动项目示范。

## 12.核聚变技术

跟踪国内外核聚变试验堆研发进展，开展核聚变技术前沿基础性研究，探索核聚变商业应用技术路径。

### （四）全产业链上下游可持续支撑技术。

## 13.放射性废物处理处置关键技术

开展放射性废物综合处理等研究，研发完善等离子熔融、蒸汽重整等废物处理关键技术；建立废物综合处理最优化技术体系和核电机组长期运行废物处理方案。

## 14.核电机组长期运行及延寿技术

开展核电厂长周期安全可靠运行策略研究，突破智能翻新、设备整体更换、多功能远程操控、老化（故障）在线监测等关键技术；研制定位、切割、焊接与金属粉尘收集等智能化专用装备；构建三维仿真模型和全生命周期大数据系统；研究核电厂关键设备更换后长期运行的可行性及实施路径；开展核电机组老化与寿命管理基础性和应用性技术研究；探讨建立运行许可证延续技术体系和老化管理大纲技术体系。

## 三、绿色高效化石能源开发利用技术（共 18 项）

聚焦油气供应，研发天然气开采和应用技术与装备，开展天然气水合物开采及利用等关键技术研究。基于现有火电

机组，推广应用高效、灵活、低排改造技术，提升经济效益。开展垃圾、污废水、污泥及工业固废等低品位资源回收技术研究，进一步提升能源利用效率。

### （一）油气供应技术。

#### 1.海上油气勘探开发技术

海上低渗气田开发技术；攻克海上油气水下生产系统核心技术，开展水下控制系统、水下连接器等多项“卡脖子”技术研发，提高深水油气田开发产业链的自主可控性；针对深海 500 米水深级区域，研究绿色高效的新型油气开发模式及装备技术，完善深水油气田开发核心装备体系；开展海上高温高压油气藏勘探技术研究；开发高效、经济、可靠的深远海油气转驳转运方式，研究油气直接转驳技术及装备；开展海上天然气输送管道工程技术研究。

#### 2.海域天然气水合物试采技术及装备

进行海域天然气水合物开发技术路线及装备研究，形成具备工程应用的规模化开采技术方案；开展富集区地球物理预测、地质建模与开发潜力研究；建设海域天然气水合物试采示范工程。

#### 3.天然气水合物利用技术

研究天然气水合物基础物性、成藏机制，探索天然气水合物形成/分解及成藏系统理论；开展天然气水合物应用技术路线及工艺方案研究，建立天然气水合物资源评价技术体系。

#### 4.成品油管道非常规介质输送技术

开展长距离输油管道非常规介质（氨、甲醇、氢油）混输、顺序输送以及改输技术研究；研发适用于成品油管道体系下的设备设施及配套智能化运行管理系统；建立和完善成品油管道非常规介质输送设计标准体系；建成成品油管道非常规介质输送试点项目。

## （二）煤炭清洁低碳高效开发利用技术。

### 5.先进高参数超超临界燃煤发电技术

开展关键高温部件损伤机理研究；开展 650°C及以上等级高温合金材料及关键高温部件的制造、加工、焊接、检验等关键技术研究；开发高温段锅炉管道及集箱、主蒸汽管道和汽轮机高压转子等高温部件产业化制造技术，突破高温部件应用的同种/异种焊接、冷热加工和热处理等关键技术。

### 6.超临界 CO<sub>2</sub>（S-CO<sub>2</sub>）发电技术

开展 S-CO<sub>2</sub>基础物性研究、闭式热力循环以及发电系统集成优化等关键技术研究，掌握适配不同热源的 S-CO<sub>2</sub>发电系统及关键设备设计制造技术；研制 S-CO<sub>2</sub>燃煤锅炉、透平、压缩机、高效换热器等关键设备，开展发电工程示范及验证。

### 7.高效超低排放循环流化床锅炉发电技术

针对省内煤源特点，开发宽煤种适应性的循环流化床锅炉机组，优化并提高流化床锅炉在高效、洁净、灵活性等方面的指标；开展 700MW 及以上大容量循环流化床锅炉关键技术研究示范应用。

### 8.煤电机组延寿技术

建立临近设计寿命的燃煤机组运行状态、机组系统和主

辅设备性能、主要金属部件寿命等评估方法体系；研究延寿改造与节能提效改造、灵活性提升改造等集成的综合改造技术；建立煤电机组延寿运行期间主要金属部件服役状态诊断、监测与寿命管理技术体系，开展工程示范及验证；开展拟淘汰关停的燃煤机组作为应急备用电源相应的技术改造、运行管理机制等研究。

### 9.燃煤电厂节能减排技术

在燃煤机组承担调节型保障电源的发展趋势下，结合现货市场的运行调度特点，开发负荷适应范围广、推广性强的燃煤机组节能减排技术，重点加强系统集成、工艺流程优化、关键设备改进、新材料应用等方面的研究；在满足现行污染物排放标准前提下，研究其它微量污染物（如三氧化硫、氨、重金属等）协同处理的技术路线，并对关键控制指标进行试验验证；燃煤机组深度节水与废水零排放技术研究；灰渣等固废减量及综合利用技术研究。

### 10.燃煤电厂灵活性改造技术

针对能源结构调整的背景，从设备选型和系统优化等方面，推广应用新工艺、新装备、新材料，提升机组调峰性能；开展燃煤机组掺烧农林废弃物、污泥、生活垃圾等低碳或绿色燃料技术研究与应用；开展燃煤机组耦合熔盐储能、氢能、电化学储能、飞轮储能等多种储能类型的灵活性运行技术研究及应用；燃煤机组供热提效改造技术。

### 11.燃煤机组掺氨技术

研究燃煤机组掺氨对炉内燃烧特性及污染物排放的影



响，推荐掺烧方式及工艺系统；形成碳减排量核算方法，为碳减排政策、标准制定提供依据；针对现役机组，进行掺烧后锅炉性能、燃烧系统及配套辅机适应性分析，形成掺烧技术路线及工程化应用方案，择机开展工程示范。

## 12.煤基富氧燃烧发电技术

研究富氧燃烧锅炉及相关的烟、风、煤粉系统的技术要点与配置原则，形成自主化系统计算程序；研究富氧燃烧空分系统与燃烧系统的耦合原则，评估烟气中 CO<sub>2</sub> 浓度指标与影响因素，建立测算指标体系，适时推动 300MW 及以上规模项目示范应用。

### （三）燃气发电技术。

## 13.燃气轮机非常规燃料燃烧技术

研发以高炉煤气、焦炉煤气等低热值气体为燃料的燃气轮机安全稳定燃烧技术；开展掺氢燃气轮机设计、制造及稳定低排放燃烧技术研究；针对现役燃气机组，研究掺氢后燃料供应系统及燃烧系统的适应性并形成升级改造技术路线，针对掺氢改造要求自主研发关键设备或零部件；开展天然气掺氢管道技术研究。

## 14.燃气轮机关键技术研究及国产化应用

开展燃气轮机关键部件、控制系统、寿命评估及运维检修服务等技术研究；开展引进型重型燃气轮机控制系统优化、运维检修服务创新示范及工程验证，形成自主知识产权的相应规范、软件和数据库；开展国产燃机设计和制造技术研究，通过建设试验基地等方式完善试验验证能力，推动国

产化燃机示范应用。

#### 15.燃气电站灵活性提效改造技术

研究提高燃气轮机机组调峰、调频能力和运行灵活性技术；研究燃气电站与氢能、储能等耦合运行工艺路线；基于广东省夏季气温高，燃气轮机机组出力降低的特点，研究燃机进气冷却与机组提效技术，形成针对主要机型的优化改造方案。

#### （四）其他低品质能源回收及综合利用技术。

#### 16.污废水资源化利用关键技术

主要包括污废水循环利用及余热回收技术研究。研究现有污废水处理工艺及装备的节能提效技术，并针对不同水质形成经济可靠的处理技术路线；研发中低温污废水余热回收利用技术，研制污水源热泵等核心装备。

#### 17.污泥资源化利用关键技术

研发高效污泥干化焚烧一体化技术，研制干化装置等关键设备及部件并验证应用；结合环保要求，开展污泥焚烧灰渣建材化和资源化利用研究；开展污泥掺烧技术研究，利用垃圾焚烧厂、火力发电厂、水泥窑等设施处理能力协同焚烧处置污泥；研究新型高效的好氧发酵、厌氧消化耦合沼气发电或热电联产技术，并开展一体化技术应用示范。

#### 18.工业固废资源化利用关键技术

联动产业链上下游，开展工业固废资源化利用技术研究，提高资源利用效率；开展粉煤灰生产绿色建材、提取中高价值组分等高价值回收技术研究；开展灰渣综合利用技术

研究，包括回收余热、节约水资源等；开发并形成综合回收利用工艺包，研制关键设备。

#### 四、节能减排技术（共 26 项）

聚焦能源消费端高耗能行业，推动一批工艺节能减排技术推广应用。突破 CCS/CCUS 领域瓶颈技术，研发新一代高效、低能耗的 CO<sub>2</sub> 捕集技术和装置，研发碳捕集与发电系统耦合集成技术，提高碳捕集系统的经济性；开展 CO<sub>2</sub> 资源化、能源化利用技术研究；突破 CO<sub>2</sub> 海上封存监测、泄漏、预警等核心技术；突破 CO<sub>2</sub> 海上驱油技术。

##### （一）工业节能技术。

##### 1. 炼化系统智能提效优化技术

开展炼化工艺系统节能技术研究及应用；开展分子炼油机理研究，突破先进分离、分子重构等关键技术，优化升级炼化工艺流程，实现传统炼厂多产化工料或多产航煤兼顾化工料，增强传统炼厂产品结构调变能力；研究开发利用生物质基化学品生产技术，塑料绿色循环利用技术；开发基于实时数据库的能源综合监控系统，实现主要能源系统（燃料气、氢气、蒸汽、电力、水系统等）集成调度和优化运行，降低系统能耗。

##### 2. 烯烃制备提效节能技术

开发原油直接制化学品技术；开展烯烃原料轻质化、多元化制备技术研究及应用；开展裂解炉提效技术研究，开发应用新部件、新工艺，提升传热效果，降低能耗。

##### 3. 钢铁行业节能技术

研发突破转炉全温域余热回收、钢铁渣显热利用、竖冷窑余热回收、压缩空气势能回收等技术；推动富氢碳循环高炉、氢基竖炉、氢基熔融还原炼铁等前沿冶炼技术的示范应用；研究钢铁行业数字化节能控制技术。

#### 4.绿色陶瓷高效智能化生产工艺

研发陶瓷行业高效低排技术，加快先进装备与工艺的产业化应用；陶瓷生产全生命周期数字化节能控制技术的研发与应用。

#### 5.新型干法水泥生产工艺

基于悬浮预热和预分解等工艺技术，进一步创新与拓展窑体功能，优化与提升高能效预热预分解和现金烧成技术；持续开展高效节能料床粉磨技术研发；加快水泥生产高效低排装备与工艺的产业化应用；结合各类废弃物特性实际，因地制宜推进水泥窑城市生活垃圾、危险废弃物协同处置技术改造；开展水泥熟料生产全流程数字智能控制技术的集中攻关和推广应用。

#### 6.造纸智能优化工艺及深度热回收利用技术

基于造纸全过程智能化系统，优化热分散系统技术，突破过程产品断纸预测与热电能环控制机理研究，提升成品率并降低能耗；开展新型高效压榨技术研究，提高压榨效率降低工艺热耗；研发余热深度梯级利用技术，研发热泵等核心设备。

#### 7.纺织染整生产优化工艺技术

开展超低浴比基础上的大载量低压力染缸温度控制技

术研发，进一步降低能源消耗量；突破无水染布缸技术开发，开展染色介质回收循环利用、高效短流程前处理技术和全车间智能化控制技术研发；优化升级染整定型机、烘干机高中低温三段式余热回收循环利用技术并推广应用。

#### 8.工业余热回收技术及热泵装备研发

针对高温工业余热（120°C以上热水或蒸汽），开展大容量、大温升、高效率热泵系统研究，研制热泵、压缩机、蒸汽发生器等关键设备，实现在典型工业流程中的应用示范和推广。

#### 9.LNG接收站冷能综合利用技术

开展冷能发电、冷能空分、制取液态CO<sub>2</sub>或干冰、冷藏仓库或制冰、轻烃分离、空调、海水淡化和低温粉碎等LNG冷能利用技术研究，实现冷能梯级高效利用；结合周边产业及资源，从产业链角度分析LNG冷能利用路线，规划构建冷能利用产业链；研制关键设备，推动冷能利用技术集成优化和商业化进程。

### （二）交通建筑节能技术。

#### 10.零能耗及超低能耗建筑系统集成技术

开展可控调节型通风遮阳发电一体化幕墙、建筑交直流混合微网、边缘智控+云技术等技术研发，研发断路器等关键部件；开展建筑绿色节能涂料技术研究及应用；研究提高建筑门窗等关键部品节能性、气密性等重要性能指标，推广适应南方地区的高性能建筑保温隔热系统；开展中深层地热能开发在建筑中的利用研究。

### 11.新型动力燃料驱动船舶/车辆技术研究及应用

开展船舶/车辆采用 LNG、电力、氢、氨、甲醇等绿色动力燃料的研究及应用；推广车身、船体轻量技术，如大量运用碳纤维、铝、高强度钢、复合材料等新材料；加大电动汽车、混合动力汽车的技术研发，在电池续航里程、使用寿命、可靠性、电网储能方面实现技术新突破；优化提升物流卡车空气动力学结构、低摩擦阻力轮胎、发动机热（电）效率，以及整车电气化辅助设备水平；完善路域、水域交通配套综合服务区等绿色服务体系建设。

### 12.轨道交通系统综合节能技术

开展轨道交通车站通风空调系统节能降耗技术研究；集中攻关和示范验证近零碳高架车站关键技术，并从建造和运营全寿命周期角度研究车站碳排放计算方法；开展市域轨道交通的飞轮储能装备技术研究及应用，提升牵引供电系统绿色经济运行水平；研发集成能源储备、消耗和调配的智能控制策略，借助物联网技术实现能耗数据的全面收集、存储、分析处理及智能化调度决策，研发基于大数据的智慧能源管控系统。

### 13.高能效制冷机房系统节能技术

研究不同室内外热湿环境下空调系统“源、网、端”从设备到系统、从设计到运行的全局全程高能效关键难题，攻关空调冷水水温优化提效设计、按需供冷全面水力动态平衡、制冷机房与空调末端数字化耦合高效调控等关键技术；研制新型高效制冷压缩机与冷水机组、高效舒适性空调末端。

#### 14. 空港、码头节能降碳技术

推进机场场内车辆“油改电”和飞机辅助动力装置(APU)技术替代,运用车联网、大数据、微储能等新技术,开发机场能源与设备智能监控系统,优化机场电力供给和使用效率;示范推广港口高能效移动式岸基船舶供电系统,提高码头龙门吊“油改电”(电力驱动和混合动力驱动)应用比例,研发国产自主的低能耗、零排放纯电动空箱堆高机。

#### 15. 区域集中供冷需求侧响应市场化机制研究

结合国内外已有的相关研究和标准规范,进一步研究适用于广东省的区域集中供冷技术路线;优化现有的设计相关技术标准,研究制定施工、验收、运营、评价等全环节覆盖的标准体系,加强与现有建筑节能、绿色建筑等标准协同联动政策机制研究;结合能源资源综合利用效率、全产业链上下游整体效益、移峰减碳效果等方面全面评价,开展区域集中供冷项目全寿命期的成本核算方法学研究。

#### 16. 海上工业能效提升技术

重点攻关海上能效提升关键路径与集成管理技术、海上平台关键设备能效提升、海上平台余热综合利用、海上伴生气回收技术,形成海上节能降碳关键技术和设计规范,指导海上能效提升和方案设计,为实现节能降碳目标提供技术支撑和保障。

### (三) CCS/CCUS 技术。

#### 17. 新型高效碳捕集工艺

开展低能耗、低成本化学吸收碳捕集整体解决方案研

究，研发高效吸收剂及配套的吸收塔、解吸塔、再沸器等核心设备，开发溶剂品质监控与再生技术；开展吸附法碳捕集工艺集成系统研究，研究适用于工业企业超低排放烟气碳捕集系统的 CO<sub>2</sub> 高效稳定吸附剂、配套吸附脱附设备等；研究高效膜分离碳捕集技术，开发高渗透性新型 CO<sub>2</sub> 分离膜材料。

#### 18.CCUS 新技术开发应用

开展直接空气碳捕集 DAC 技术研究，突破 DAC 碳捕集吸附材料、DAC 碳捕集吸附工艺和设备等关键技术问题；开展化学链燃烧源头碳捕集技术研究，重点攻关高效氧载体配方及制备工艺，适合多种燃料燃烧的反应器，化学链燃烧工艺和电力系统耦合等技术问题；针对 CO<sub>2</sub> 电催化转化成本高、效率低、工程放大难等问题，研发高效稳定 CO<sub>2</sub> 电催化材料、CO<sub>2</sub> 电催化设备并形成工艺包。

#### 19.主工艺系统耦合 CO<sub>2</sub> 捕集一体化技术研究

对火电厂耦合碳捕集系统一体化技术进行研究，降低系统运行能耗，同时实现机组变负荷工况下燃烧系统与碳捕集系统的高效稳定运行；开展钢铁、水泥等 CO<sub>2</sub> 高排放量行业碳捕集系统研究，形成经济可行的一体化技术路线。

#### 20.碳排放监测与分析技术

针对碳排放行业的特点，分别对监测指标（碳平衡、碳足迹、碳排放量等）、监测方法（直接测量和间接测量）、监测技术（空气质量监测系统、遥感技术等）进行研究，选定合适的监测指标、方法和技术，构建碳排放监测体系；研究开发监测分析平台，实现温室气体排放自动化、高精度核



算和监控等功能。

### 21.CO<sub>2</sub>综合利用技术研发

开展 CO<sub>2</sub> 化工利用技术研究，包括合成绿色甲醇、甲酸、合成气、烯烃、芳烃、汽油、柴油、碳酸酯类等高附加值化学品、燃料和合成材料等；开展 CO<sub>2</sub> 工业固废矿化利用技术，针对燃煤电厂、钢铁厂等行业工业固废，研究烟气 CO<sub>2</sub> 与工业固废矿化利用技术；开展 CO<sub>2</sub> 生物利用技术研究，以生物转化为主要手段，将 CO<sub>2</sub> 用于生物合成，包括食品和饲料、微藻、生物肥料、化学品、生物燃料等，研发高效核心设备，形成具备商业化、规模化推广条件的工艺集成路线。

### 22.CO<sub>2</sub> 海上封存关键技术

针对广东沿海地质资源条件，开展海上 CO<sub>2</sub> 封存地质体优选与封存能力评估技术研究；开发大规模 CO<sub>2</sub> 海上封存注入技术；研究低成本高可靠 CO<sub>2</sub> 海上封存工程技术；开发 CO<sub>2</sub> 海上封存安全监测技术。

### 23.CO<sub>2</sub> 海上驱油关键技术

针对广东沿海海上油田资源条件，研究 CO<sub>2</sub> 海上驱油注入技术和监测技术，开展 CO<sub>2</sub> 海上驱油工程应用研究。

### 24.CO<sub>2</sub> 玄武岩矿化封存技术

开展 CO<sub>2</sub> 玄武岩矿化封存场地选址与封存潜力评估技术研究；开发 CO<sub>2</sub> 玄武岩矿化封存注入技术、监测技术。

### 25.CO<sub>2</sub> 长距离管道输送技术

开展低能耗高效 CO<sub>2</sub> 压缩技术研究，开发低成本 CO<sub>2</sub> 长距离管道输送技术，开展 CO<sub>2</sub> 管道输送安全性研究。

## 26.SF<sub>6</sub>气体降解与资源化利用技术

开展 SF<sub>6</sub> 气体回收分离提纯技术研究，开发回收净化处理工艺及关键核心设备；开展热（催化）降解、光降解、等离子体降解等新型高效 SF<sub>6</sub> 降解技术攻关，研发 SF<sub>6</sub> 无害化降解装置，提高 SF<sub>6</sub> 废气处理的速率和能效。

## 五、新型电力系统及其支撑技术（共 16 项）

加快战略性、前瞻性电网核心技术攻关，支撑建设适应大规模可再生能源和分布式电源友好并网、源网荷双向互动、智能高效的先进电网；突破电化学储能、新型物理储能等储能本体及系统集成关键技术和核心装备，满足能源系统不同应用场景储能发展需要。

（一）适应大规模高比例新能源友好并网的先进电网技术。

### 1. 新能源柔性组网关键技术

围绕新型输电技术柔性组网理论与应用，开展变频（分频）输电技术基础理论研究，提出变频跟网型、构网型汇集组网技术及机理；开展柔性/常规/不控整流直流组网拓扑构建原理研究，分析接入方式的技术经济性。

### 2. 交直流混合配电网灵活规划运行技术

开展交直流混合配电网灵活组网与规划技术研究，重点分析能量互济的台区低压柔性互联系统网架结构及运行模式，突破中低压配电网源网荷储组网协同运行控制关键技术，研制适应灵活组网的跟网、构网型中低压柔性互联装置，实现大规模分布式新能源有序接入、灵活并网和协调优化调

度；研究电能质量的综合治理技术，提出考虑多种扰动源的新型配电系统电能质量评估方法，研制综合型电能质量控制设备；构建分布自治保护控制架构体系，提出基于知识驱动、云边协同的故障辨识、快速定位隔离及自愈恢复策略，研究面向多类型、多等级极端灾害场景快速恢复方法，研发集成自愈、调压和源荷控制等功能的新一代自动化终端。

### 3.新型直流输电关键技术

开展常规电网柔性化改造适用场景分析及改造成效评价体系研究，提出电网柔性化改造措施与实施方案；开展超大城市电网嵌入式柔直先进控制及关键装备研究，提升负荷中心电网的灵活运行能力；开展交流输电线路“交改直”技术研究及示范应用，提升线路的送电能力。

### 4.超大规模深远海风电送出系统关键技术

突破超大规模深远海风电海陆一体、源网协同直流输电关键技术，攻克超大规模深远海风电直流输电系统拓扑构建、“海上风电-直流-受端电网”协同控制、交直流故障穿越与保护、高经济性低损耗关键装备研制等技术难题；开展超大规模深远海风电海陆一体、源网协同直流输电工程示范。

### 5.新能源发电并网及主动支撑技术

开展新能源功率高精度预测技术研究，突破高比例新能源接入场景下系统频率控制关键技术，优化系统调节策略；开展新能源汇集地区无功支撑能力关键技术研究，化解宽频振荡风险；开展大容量新能源接入电力系统后转动惯量适配性研究，提高广东电力系统的稳定性。

## 6.新型柔性输配电装备技术

开展绿色环保开关电器、绝缘环保电缆、非晶合金变压器等环保电工材料和装备研发及工程应用；推进超导电力传输、高压大功率半导体器件、第四代功率半导体、柔性低频输电、大功率远距离无线输电、高电压大容量柔性直流装备、新型无功补偿、有源调压、智能配电设备等装备研发应用。

## 7.智能微电网关键技术

开展考虑灵活组网与数智化深度融合的分布式智能电网供电模式与形态演进研究，提出考虑分布式电源、充电设施、储能等新业态元素接入场景下分布式智能电网主动支撑能力评估技术；突破基于正常/故障/极端事件多运行场景的配微协同规划技术，实现大电网与微电网兼容并存、融合发展；研制微电网控制关键设备，开展智能微电网关键设备及配微协同规划方法的示范应用。

## 8.电力系统仿真及安全高效运行技术

突破双高电力系统稳定特性与稳定机理、双高电力系统多时间尺度仿真技术、新型电力系统稳定控制技术，支撑大电网安全调度和稳定运行；研发新型电力系统省地协同调度统一管理分析平台、多场景协同统一仿真平台；开展极端条件下电网抗毁关键支撑技术研究，提高极端场景威胁下电网安全稳定防御和应急处理能力。

## 9.源网荷储一体化集成设计及运行技术

开展源网荷储一体化和风光火（储）、风光水（储）、风光储一体化规划与集成设计研究，实现源网荷储广域灵活

调节、安全稳定和经济运行的协调控制；开展源网荷储智慧互联和调控关键技术、装备研发，实现多源并存复杂运行条件下能源系统的“可观、可测、可调、可控”。

## （二）储能技术。

### 10. 电化学储能技术

研发低温动力学性能良好的正负极材料和电解液，进一步提升电池宽温域性能和耐久性。开展百兆瓦级液流电池技术，钠离子电池、高性能铅炭电池技术等关键核心技术及装备研究。集中攻关超级电容等储能技术，研发储备液态金属电池、固态锂离子电池、金属空气电池等新一代高能量密度储能技术。

### 11. 新型物理储能技术

针对电力系统不同时间尺度调节需求，对压缩空气、重力储能、飞轮储能等新型物理储能关键技术开展研究。开展兆瓦级大型压缩空气储能电站应用示范。突破压缩空气电站热力系统、电站与储气库、储换热系统的耦合变化机理及优化应用。研发大容积、高压地下硐室的设计技术，开展硐室气密性内衬材料及厚度优化相关研究，解决压缩空气储能电站高压气体储存、高压地下硐室抗震稳定、围岩稳定性等问题。突破水下等压压缩空气储能技术，开展水下储气装置、锚固技术、结构耐久性设计等研究。

### 12. 新型储能全过程安全技术

突破电化学储能系统安全预警、系统多级防护结构及关键材料、高效灭火及防复燃、储能电池智能传感技术、储能

电站整体安全性设计等关键技术，支撑大规模储能电站安全运行。推动大型锂电池储能电站整体安全性设计、能量智能管控及运维、先进冷却及消防等关键技术的示范应用。研究多元新型储能接入电网系统的控制保护与安全防御技术。研究退役电池剩余价值评估、单体电池自动化拆解和材料分选技术，实现电池修复、梯次利用、回收与再生。

### 13.储能系统集成控制关键技术

面向大容量、高安全、高效率集成应用需求，研究储能系统能量精准管控技术。开展电化学智能组配功率变换及控制技术，实现电力变换与电池智能管理深度融合。面向高比例新能源接入电力系统的构网型需求，研究储能并网稳态控制技术、故障穿越技术、黑启动技术，实现构网型储能变流器全场景自适应稳定运行。研制低成本、高可靠、高安全的构网型变流器及储能系统成套设备。

### 14.规模化储能系统智慧调控技术

集中攻关规模化储能系统集群智能协同控制关键技术。开展分布式储能系统协同聚合研究，提出多点布局储能系统的聚合方法，突破多点布局储能系统聚合调峰、调频及紧急控制系列理论与成套技术，实现广域布局的分布式储能、储能电站的规模化集群协同聚合；开展岛屿可再生能源开发与智能微网关键技术攻关，突破分布式储能与分布式电源协同控制和区域能源调配管理技术，提高配电网对分布式光伏的接纳。依托大数据、云计算、人工智能、区块链等技术，开展储能多功能复用、需求侧响应、虚拟电厂、云储能、市场

化交易、规划设计等领域关键技术研究。

#### 15.大型变速抽水蓄能及海水抽水蓄能关键技术

研制大型变速抽水蓄能机组水泵水轮机、发电电动机、交流励磁系统等关键设备，研制发电电动机出口断路器等高压开关设备，研制可变速抽水蓄能机组协联控制器及机组运行数字模拟仿真平台。突破海水抽水蓄能电站应对海上恶劣天气的发电调度、水库和地下水防渗、发电机组抗附着和抗腐蚀、进水口和尾水系统防海浪等关键技术，适时开展工程示范。

#### 16.新型储能实证模拟技术

开展电池状态及寿命预测仿真、储能系统多尺度多物理场仿真、源网荷储一体化运行模拟等全场景仿真模拟研究。推动建设新型储能实证模拟平台，开展储能的实测验证，支撑储能产品规划、设计、调试、并网、运行、检修等相关标准制定。开展智能运维技术研究及实证化模拟，实现储能运维技术的数字化、智能化、透明化。

### 六、数字化智能化应用（共 20 项）

聚焦新一代信息技术和能源融合发展，开展能源领域用智能传感和智能量测、特种机器人、数字孪生，以及能源大数据、人工智能、云计算、物联网等数字化、智能化共性关键技术研究，推动油气、电厂、电网等传统行业与数字化、智能化技术深度融合，开展各种能源厂站和区域智慧能源系统集成试点示范，引领能源产业转型升级。

#### （一）能源数字化基础共性技术。

### 1.智能传感与智能测量技术

加快能源装备智能传感与量测技术研发，突破半导体及芯片等核心器件设计与制备技术，掌握特种传感器集成封装技术，开展传感器关键量值校验与可靠性评价技术研究，确保关键参量的准确可靠；提出低功耗传感网络通信协议；健全关键量测设备运行与质量评价技术，建立安全可信的能源信息采集与互动平台，提升能源量测数据综合分析应用水平。

### 2.能源厂站智能机器人技术

研究面向能源厂站建设、巡检、检测等工程应用的机器人运动控制、极限环境下本体适应、复杂作业空间高精度定位、复合自动化检测等控制技术；开发智能路径规划、复杂机动反馈控制等机器人交互技术，为能源厂站的智能运维提供技术支撑和保障。

### 3.能源设施智能无人机技术

研究面向输配电线路、变电站等低空复杂环境和多应用场景的无人机技术，研制无人机及机巢装备等低空智能巡检设备；研究无人机感知通信、定位导航、自动驾驶、群体协作与交互决策等相关技术，提升能源设施低空领域巡视、检修、验收、安监、勘灾等多场景无人化作业能力，打造能源低空经济产业示范。

### 4.能源设施数字孪生技术

针对发电装备、油气田工艺设备、输送管道、柔性输变电等能源关键设备，开展三维精细化建模、数理与机理结合



的自适应建模、状态参数云图重构、多物理场信息集成等关键技术研究；构建包括设备状态人工智能预测、性能与安全风险智能诊断、人机交互虚拟仿真预测的数字孪生系统。

#### 5.能源领域人工智能技术

开展图像识别、知识图谱、自然语言处理、混合增强智能、群智优化、深度强化学习等人工智能基础技术与能源领域的融合发展研究。

#### 6.能源领域区块链技术

开展跨域多链融合与基于区块链的数据管理技术研究；构建具备自治管理能力的能源电力区块链平台；研究适用于能源交易、设备溯源、作业管理、安全风险管控等业务的共识机制；开展区块链在分布式能源交易、可再生能源消纳、能源金融、需求侧响应、安全生产、电力调度、电力市场等场景的应用示范。

#### 7.能源大数据与云计算技术

建立能源大数据模型，支撑构建海量并发、实时共享、开放服务的能源大数据中心，支撑政府决策及行业生态发展；开展能源数据资源的集成和安全共享技术研究，深化应用推广新能源云，全面接入环境、煤、油、气、电等能源数据，打造新型能源数字经济平台；开展适用于能源不同领域的云容器引擎、云编排等技术研究；构建异构云平台组件兼容适配平台和多云管理平台，支撑能源跨异构云平台、跨数据中心、多站融合、云边协同等环境下的应用开发和多云管理。

## 8.能源物联网技术

开展适应能源领域标准的物联网通信协议技术、能源物联网终端协议自适应转换技术、能源物联网信息模型技术、能源物联网端到端连接管理技术研究，形成云边协同的全域物联网架构；开发适用于能源物联网的新型器件、新型终端与边缘物理代理装置；开发物联网多源数据采集融合共享系统及大数据分析应用，建设能源物联网及终端安全防护技术装备体系，建立具备接入和管理各种物联网设备及规约的物联网管理支撑平台。

## 9.国产自主知识产权的软件开发与应用

融合传统能源、可再生能源、信息互联、能源物理互联技术以及社会群体用能行为预测等综合知识体系，构建具有网络化、智能化、数字化、信息化等特征的新型能源供需软性架构，开发一批研发设计类、生产控制类、经营管理类能源电力工业软件并推广应用。

### （二）行业智能升级技术。

## 10.油气田与炼化企业数字化智能化技术

研发油气勘探开发一体化智能云网平台、地上地下一体化智能生产管控平台、油气田地面绿色工艺与智能建设优化平台等关键技术系列及配套装置，开展新一代数字化油田示范和低成本绿色安全的地面工艺关键技术示范，实现科研、设计、生产、经营与决策一体化、智能化和绿色化；搭建炼化企业资源全流程价值链优化平台以及基于泛在感知、生产操作监控、运营决策与执行的生产智能运营平台，开展基于

工业互联网平台的智能炼厂工业应用示范。

### 11.风电机组与风电场数字化智能化技术

掌握叶片自动化生产工艺技术，推动风电产业链数字化、网络化、标准化、智能化，构建上下游协同研发制造体系；开展风电场数字化选址及功率预测、智慧建设运维、关键设备状态智能监测与故障诊断、大数据智能分析与信息智能管理等关键技术研究，打造信息高效处理、应用便捷灵活的智慧风电场控制运维体系。

### 12.光伏发电功率预测及智慧运维技术

加强多晶硅等基础材料生产、光伏电池及部件智能化制造技术研究，构建光伏智能生产制造体系；开展太阳能资源多尺度精细化评估与仿真、光伏发电与电力系统间暂稳态特性和仿真等关键技术研究，构建光伏电站智能化选址与智能化设计体系；开展光伏电站虚拟电站、电站级智能安防等关键技术研究，推动光伏电站智能化运行与维护；开展大型光伏系统数字孪生和智慧运维技术、多时空尺度的光伏发电功率预测技术示范，推动智能光伏产业创新升级和行业特色应用。

### 13.火电厂数字化智能化技术

强化火电厂数字化三维协同设计、智慧工地、数字化移交等技术应用；突破火电厂数字孪生体的系统架构、建模和开发技术；综合应用先进控制策略、大数据、云计算、物联网、人工智能、5G通信等技术，从智能监测、控制优化、智能运维、智能安防、智能运营等多方面进行突破与示范，

建设具备快速灵活、少人值守、无人巡检、按需检修、智能决策等特征的智能示范电厂，全面提升火电厂规划设计、制造建造、运行管理、检修维护、经营决策等全产业链智能化水平。

#### 14.核电数字化智能化技术

构建核电研发、设计、制造、建造、运维、退役全周期业务领域的数字化智能化标准体系及平台体系，建立全生命周期大数据系统和核电厂三维数值模型，实现全过程状态结合、技术要素关联和技术状态贯通；开展反应堆堆芯数值模拟和预测、三维数字化协同设计与智慧工地、机组运行状态智能监控与分析、在役去污、典型设备运行状态全面感知预测与智能诊断、预防性维修、全寿期健康管理以及老化和寿命评估等关键技术研究，支撑构建人机物全面智联、少人干预、少人值守的智能核电厂。

#### 15.电网智能调度运行控制与智能运维技术

开展大电网运行全景全息感知与智能决策、电网故障高效协同处置、现货市场支撑、新能源预测与控制、源网荷储协同的低碳调度、基于调控云的调度管理等技术攻关，研发新一代调度技术支持系统；开发基于卫星及设备 GIS 的多源信息电网灾害监测预警、“空-天-地”一体化监测、输电线路及设施无人机一键巡检、电网“灾害预警-主动干预-灾情感知-应急指挥”一体化智能应急、面向电力行业的电力装备检测、基于物联网的高效精益化运维以及单相接地故障准确研判等关键技术与装备，实现设备故障智能研判和不停电作业。

## 16.水电站数字化智能化技术

开展大坝智能化建造、地下长大隧洞群智能化建造、TBM 智能掘进、全过程智能化质量管控等成套技术集成研发与应用；构建流域梯级水电站智能化调度平台；开发智能水电站大坝安全管理平台，实现智能评判决策及在线监控，推动水电站大坝及库区智能监测、巡查与诊断评估、健康管理及远程运维；完善“监测、评估、预警、反馈、总结提升”的流域水电综合管理信息化支撑技术，形成智能化规划设计、智能建造、智慧运行管控和智能化流域综合管理等成套关键技术及设备。

### （三）综合能源数字化集成技术。

## 17.区域综合数字化能源关键技术

研究冷热电气等多种能源的协调控制和优化调度技术，开展能源智慧调管策略研究，开发区域综合智慧能源管理平台，实现多能流优化运行及智慧运维，全面提升能源综合利用率；针对园区建筑场景，研究中央空调、光伏、风电、储能、充电设施等能源设施的数字模型，开发建筑能源数字化管理系统；攻克智能化、网络化、模组化的多能转换关键设备；开展典型场景下综合智慧能源系统集成示范。

## 18.多元用户友好智能供需互动技术

针对多元用能用户，开展能源供给与需求智能互动关键技术研究，分析不同用户的用能耦合关系，研究制定不同场景下的供需互动策略，支撑中低压用电需求响应和互动运行，实现能源的高效利用和体系的经济稳定运行；研制基于

5G 和边缘计算的可调负荷互动响应终端；基于可再生能源、柔性负荷、新型储能等不同资源组合，研究虚拟电厂多能协同运行优化技术，形成虚拟电厂典型架构与应用场景路线方案。

### 19.车网互动技术

加大动力电池关键技术攻关，提升动力电池循环寿命，攻克高频度双向充放电工况下的电池安全防控技术；研发高可靠性、高灵活性、低能耗的车网互动系统架构，攻克海量分布式车网互动资源精准预测和聚合调控技术，研制双向充放电设备；研发光储充一体化、直流母线柔性互济等电网友好型充换电场所关键技术；加强车网互动信息交互与信息安全关键技术研究，构建“车—桩—网”全链条智能高效互动与协同安全防控技术体系，实现“即插即充（放）”智能便捷交互，同时确保信息安全和电网运行安全。

### 20.交能融合数字化技术

针对交通货运电力需求特性，研究构建面向多场景多区域的交通货运需求与电能需求的预测模型；针对不同的交通运输场景，建立碳排放、预测及核算方法，建立全生命周期的碳排放评估标准；研究支撑绿电自洽互济的高速公路新形态配电网规划设计技术，提出基于柔性配电技术的绿电自洽互济型高速公路配电网形态，开展全路域电力-运力智慧微电网集群协同控制技术及系统研究；面向不同市场参与主体，研究高速公路、城市公路、内河航运等不同交能融合场景的数字化运营关键技术。

## 七、新型能源体系机制和模式创新（共8项）

### （一）新型能源体系下的协同机制研究。

#### 1.多能源品种协同规划研究

统筹能源安全稳定供应和绿色低碳发展，研究新业态新模式新机制对广东省能源消费的影响，分析在碳达峰、碳中和不同阶段煤炭、石油、天然气、非化石能源等多能源品种的供需匹配关系，研究能源安全韧性，探讨广东省能源绿色低碳转型路径。

#### 2.多市场融合协同发展研究

开展电力市场、碳市场、绿证市场、金融市场等多市场的衔接机制研究，建立完善电碳价格传导、绿证与可再生能源消纳、绿色金融激励约束等机制，通过市场机制引导能源电力与环境资源优化配置，以成本寻优的方式实现社会经济建设与生态环境保护的协同发展。

### （二）碳市场机制研究。

#### 3.能源行业碳减排方法学

从来源、定义、适用条件、项目边界、基准线情景、额外性、基准线排放、项目排放、泄漏、减排量以及监测方法学等多个方面进行研究，构建能源行业碳减排方法学，给政府相关机构制定和发布该行业的温室气体自愿减排项目方法学提供建议和方案。

#### 4.能源行业碳核查与认证技术

梳理和研究国内碳排放认证的标准和政策，研究能源行业碳排放核查、认证方法，拟定工作流程；探索最新信息技

术在能源行业碳排放监测数据计算和评估过程中的应用，建立服务于碳市场的能源品种关键指标实测数据库。

#### 5.能源行业产品碳中和评价技术及碳足迹数据库构建

研究制定能源行业重点产品碳足迹核算规则、标准；探索建立能源行业产品碳足迹及碳中和评价机制，开展产品碳足迹及碳中和评价试点；丰富产品碳足迹应用场景，建立能源行业碳足迹数据库。

### （三）商业模式创新研究。

#### 6.“能源+”融合发展场景及商业模式研究

聚焦能源网、交通网、数字网、水利网、生态网、产业网，梳理不同领域对绿色能源、智慧能源的需求，灵活运用集成商思维、批发商思维、平台思维、数字化思维、产融结合思维等思维模式，总结推广能源与交通网、数字网、产业网等领域的跨界深度融合一体化解决方案，构建“能源+”商业模式创新体系，助力创新模式的研究与推广。

#### 7.电力市场及交易模式研究

研究用户侧申报量价纳入现货出清的实施方式，试点建立发用两侧“报量报价”的双边市场，完善“市场+计划”并轨衔接机制；研究可再生能源“隔墙售电”政策；研究分布式电源市场交易机制，推进源网荷储一体化协同发展；进一步研究省内电力市场与区域市场的衔接方式，探索输电权交易、完善区域辅助服务市场、跨省不平衡资金疏导、省间利益平衡调整等重要机制，稳妥有序推进区域现货市场更长周期结算试运行目标；研究适应储能成本特性的系统运行补偿办法，



探索储能容量租赁机制；探索虚拟电厂、抽水蓄能等新型主体参与现货市场交易方式，提高系统灵活调节能力。

#### 8.天然气市场化平台及交易模式研究

开展粤港澳大湾区天然气交易市场建设方案研究，研究天然气交易市场结构和市场体系，市场交易规则和市场运营规则；研究天然气基础设施公平开放、统一调度、互联互通的政策机制及服务模式，聚焦物理交割、接卸、仓储、运输、调度、平衡、计量、信息披露等方面，研究按热值统一计量、抄表、结算以及相应的硬件设备改造方案，构建“全省一张网”基础设施改造升级方案；开展天然气管网输配价格机制研究。