

课题：《碳达峰、碳中和相关政策、技术及市场跟踪研究》

# 研究报告 第一期

智慧节能产业本部

撰写人：技术研究院 牛璐琳 贺迪 张欢

蓄能事业部 刘秀文

职能管理中心 赵建康

审核人：赵晓宇 徐珍喜

2021 年 10 月 12 日

# 前 言

“碳达峰、碳中和”是我国在联合国大会上做出的主动承诺，将使中国经济结构和经济社会运转方式产生深刻变革，是一项涉及能源、交通、工业等多个领域的复杂系统工程。

今年是我国“双碳”顶层设计的首年，本报告从政策、技术、标准和市场等方面来分别展开，第一期主要涵盖时间范围 2020 年 9 月 22 日——2021 年 9 月 21 日，以资料搜集和内容梳理为主。政策篇后附有政策文件目录，可根据需要索取查询原文电子版。国际国内相关标准的内容繁多，暂仅供研究使用。

在研究过程中，有几点感想：

（1）双碳任务艰巨、市场巨大，需要多方面统筹，当前政策制订方面已经有所体现，经济手段上不完全是采用补贴、奖励等，更增加了市场和定价机制等；当前可见领域内的直接市场并不大，但未来影响的行业和孵化的新领域市场非常广阔；

（2）双碳工作是对节能减排更深入更广泛的推进，节能的技术都会减少碳排放，当前阶段主要是狠抓节能双控目标的落实，长远来看用能终端电气化、电力系统零碳化的趋势明显，但技术路径和措施尚在研发；

（3）回顾我国清洁能源电力的发展历程，光伏发电在十余年来已经产生了几个颠覆性的变化：经济方面，取消补贴后的发电成本仍比火电更具竞争力；技术方面，单晶硅在落后、陪跑十年后，一跃远超多晶硅。然而，随着在电网中比重增加，波动大和不可控性对电网安全的冲击也日益显现。

本报告形成时间比较仓促，作者水平也有限，希望读者提出宝贵意见和感兴趣的方向，随时反馈给封面人员即可。我们将持续跟进，动态调整后续研究报告的内容。

# 目 录

政策篇.....	1
1. 党中央国务院关于“碳达峰碳中和”重要讲话及政策文件.....	1
1.1 中央领导有关“碳达峰碳中和”重要讲话.....	1
1.2 国务院有关“碳达峰碳中和”工作报告及规划.....	3
2. 各部委政策文件及通知.....	4
3. 各省市政策文件及规划.....	7
4. 本章小结.....	9
附：政策文件包目录.....	11
技术篇.....	15
1. 基本概念.....	15
2. 二氧化碳排放统计与预测.....	18
2.1 全球二氧化碳排放统计.....	18
2.2 我国二氧化碳排放分布.....	18
2.3 未来我国二氧化碳排放预测.....	20
3. 科研进展.....	21
3.1 中国碳中和路径研究.....	21
3.2 碳中和技术图谱.....	25
3.3 建筑部门“碳达峰碳中和”相关研究.....	28
3.4 国家能源研发创新平台.....	32
4. 本章小结.....	33
参考文献.....	35
标准篇.....	36
1. 国际标准概况.....	36
1.1 温室气体量化标准.....	36
1.2 碳中和相关标准.....	37
2. 国内标准概况.....	38
2.1 国家/行业标准.....	38
2.2 地方标准.....	40
3. 本章小结.....	41
市场篇.....	42
1. 市场领域与产业方向.....	42
2. 新形势下机遇与挑战.....	44

2.1 电价政策调整.....	45
2.2 项目发包模式转变.....	46
2.3 软件平台产品.....	47
2.4 与中核产业融合.....	47
3. 双碳政策对公司产业的影响.....	48
3.1 智慧交通.....	48
3.2 智慧能源（智慧热网和余热利用）.....	51
3.3 智慧建筑与园区.....	53
3.4 智慧基础设施.....	53
3.5 人工环境产业.....	54
3.6 蓄能业务.....	55
参考文献.....	57

# 政策篇

(2020.9.22-2021.9.21)

## 1. 党中央国务院关于“碳达峰碳中和”重要讲话及政策文件

### 1.1 中央领导有关“碳达峰碳中和”重要讲话

表 1.1 习近平主席关于“双碳”重要讲话

时 间	重要讲话及会议	摘 要
2020 年 9 月 22 日	习近平主席第七十五届联合国大会一般性辩论上讲话	首次：中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。
2020 年 9 月 30 日	联合国生物多样性峰会	第二次：采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。
2020 年 11 月 12 日	第三届巴黎和平论坛	第三次：力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，2060 年前实现碳中和，中方将为此指定实施规划。
2020 年 11 月 17 日	金砖国家领导人第十二次会晤	第四次：采取更有力的政策和举措，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。
2020 年 11 月 22 日	二十国集团领导人利雅得峰会“守护地球”主题边会	第五次：力争二氧化碳排放 2030 年前达到峰值，2060 年前实现碳中和。中国言出必行，将坚定不移加以落实。
2020 年 12 月 12 日	习近平在气候雄心峰会上的讲话	第六次：到 2030 年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右。森林蓄积量将比 2005 年增加 60 亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到 12 亿千瓦以上。
2020 年 12 月 18 日	中央经济工作会议	第七次：“做好碳达峰、碳中和工作”。要抓紧制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，支持有条件的地方率先达峰。要加快调整优化产业结构、能源结构，推动煤炭消费尽早达峰，大力发展新能源，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。要继续打好污染防治攻坚战，实现减污降碳协同效应。要开展大规模国土

		绿化行动，提升生态系统碳汇能力。
2021 年 1 月 25 日	世界经济论坛“达沃斯议程” 对话会	第八次：中国力争于 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，2060 年实现碳中和。实现这个目标中国需要付出极其艰巨的努力。
2021 年 2 月 19 日	中央全面深化改革委员会十八次会议	第九次：建立健全绿色低碳循环发展经济系统，统筹制定 2030 年前碳排放达峰行动方案。
2021 年 3 月 15 日	中央财经委员会第九次会议	第十次：实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现 2030 年前碳达峰，2060 年前碳中和的目标。
2021 年 4 月 16 日	习近平同法德领导人视频峰会	第十一次：中方案必行，行必果，我们将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，全面推行绿色低碳循环经济发展。
2021 年 4 月 22 日	习近平在 2021 气候峰会上的讲话	第十二次：支持有条件的地方和重点行业、重点企业率先达峰，全国碳市场将尽快发布登记交易结算规则，将编制煤炭、电力、钢铁等行业碳达峰实施方案。
2021 年 4 月 30 日	中共中央政治局等二十九次 集体学习	第十三次：各级党委和政府抓铁有痕、踏石留印的劲头，明确时间表、路线图、施工图。
2021 年 5 月 21 日	中央全面深化改革委员会第十九次会议	第十四次：要围绕生态文明建设总体目标，加强同碳达峰、碳中和目标任务衔接，进一步推进生态保护补偿制度建设，发挥生态保护补偿的政策导向作用。
2021 年 7 月 6 日	中国共产党与世界政党领导人峰会	第十五次：中国将为履行碳达峰、碳中和目标承诺付出极其艰巨的努力，为全球应对气候变化做出更大贡献。
2021 年 7 月 16 日	亚太经合组织领导人非正式会议	第十六次：中方高度重视应对气候变化，将力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和。
2021 年 9 月 9 日	金砖国家领导人第十三次会晤	第十七次：全面落实 2030 年可持续发展议程。
2021 年 9 月 21 日	第七十六届联合国大会一般性辩论	第十八次：加快绿色低碳转型，实现绿色复苏发展，中国将力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和，这需要付出艰苦努力，但我们会全力以赴。中国将大力支持发展国家能源绿色低碳发展，不再新建境外煤电项目。

## 1.2 国务院有关“碳达峰碳中和”工作报告及规划

表 1.2 李克强总理政府工作报告及十四五规划纲要

时 间	重要讲话及会议	部门	摘 要
2021 年 2 月 2 日	《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	国务院 国发 [2021]4 号	<p>建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，确保实现碳达峰、碳中和目标，推动我国绿色发展迈上新台阶。到 2025 年，产业结构、能源结构、运输结构明显优化。到 2035 年，绿色发展内生动力显著增强，绿色产业规模迈上新台阶。</p> <p>进一步放开石油、化工、电力、天然气等领域节能环保竞争性业务，鼓励公共机构推行能源托管服务。</p> <p>鼓励建设电、热、冷、气等多种能源协同互济的综合能源项目。</p> <p>在北方地区县城积极发展清洁热电联产集中供暖，稳步推进生物质耦合供热。</p> <p>继续做好农村清洁供暖改造、老旧危房改造，打造干净整洁有序美丽的村庄环境。</p>
2021 年 3 月 5 日	李克强总理 《政府工作报告》		<p>扎实做好碳达峰、碳中和各项工作。制定 2030 年前碳排放达峰行动方案。</p> <p>优化产业结构和能源结构。推动煤炭清洁高效利用，大力发展新能源，在确保安全的前提下积极有序发展核电。扩大环境保护、节能节水等企业所得税优惠目录范围，促进新型节能环保技术、装备和产品研发应用，培育壮大节能环保产业，推动资源节约高效利用。加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。实施金融支持绿色低碳发展专项政策，设立碳减排支持工具。提升生态系统碳汇能力。</p>
2021 年 3 月 5 日	《国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要(草案)》	国务院	<p>落实 2030 年应对气候变化国家自主贡献目标，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案，锚定努力争取 2060 年前实现碳中和；开展智慧能源重点领域试点示范，建设低碳城市；优化能源开发布局 and 运输格局，加强能源资源综合开发利用基地建设等。</p> <p>构建现代能源体系：推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提</p>

			<p>高能源供给保障能力。</p> <p>构建基于 5G 的应用场景和产业生态，在智能交通、智慧物流、智慧能源、智慧医疗等重点领域开展试点示范。</p>
--	--	--	--

## 2. 各部委政策文件及通知

表 2 各部委政策文件汇编

时 间	政策及通知	部门	摘 要
2021 年 1 月 13 日	《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》	生态环境部环综合（2021）4 号	全力推进达峰行动。抓紧制定 2030 年前二氧化碳排放达峰行动方案，综合运用相关政策工具和手段措施，持续推动实施。各地要结合实际提出积极明确的达峰目标，制定达峰实施方案和配套措施。鼓励能源、工业、交通、建筑等重点领域制定达峰专项方案。推动钢铁、建材、有色、化工、石化、电力、煤炭等重点行业提出明确的达峰目标并制定达峰行动方案。加快全国碳排放权交易市场制度建设、系统建设和基础能力建设，以发电行业为突破口率先在全国上线交易，逐步扩大市场覆盖范围，推动区域碳排放权交易试点向全国碳市场过渡，充分利用市场机制控制和减少温室气体排放。
2021 年 1 月 19 日	对中央经济工作会议有关“碳达峰碳中和”政策解读	国家发改委	对“碳达峰碳中和”实现目标径及相关政策进行了明确解读。明确目标实现路径为调整能源结构、加快推动产业结构转型、着力提升能源利用率、加速低碳技术研发推广、健全低碳发展体制机制及努力增加生态碳汇等。
2021 年 2 月 25 日	《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》	发改能源规（2021）280 号	指出源网荷储一体化实施路径及多能互补实施路径，推进多能互补，提升可再生能源消纳水平。
2021 年 4 月 22 日	《2021 年能源工作指导意见》	发改委能源局	在“提升惠企利民水平”方面，提出加大清洁取暖工作力度。因地制宜实施清洁取暖改造，建立健全清洁取暖政策体系，确保取暖设施安全稳定运行，实现北方地区清洁取暖率达到 70%。探索南方地区清洁取暖，在长江流域和南方发达地区，鼓励以市场化方式为主，因地制宜发展清洁取暖，培育产品制造



			和服务企业。研究推进西南高寒地区清洁取暖改造，加大政策支持力度，加强电网、天然气管网等建设。
2021 年 5 月 7 日	《关于进一步完善抽水蓄能价格形成机制的意见》	发改价〔2021〕3633 号	为贯彻落实党中央、国务院关于深化电力体制改革、完善价格形成机制的决策部署，促进抽水蓄能电站加快发展，构建以新能源为主体的新型电力系统。
2021 年 5 月 25 日	《关于加强县城绿色低碳建设的意见》	建村〔2021〕45 号	意见指出要大力发展绿色建筑和建筑节能。提升县城能源使用效率，大力发展适应当地资源禀赋和需求的可再生能源，因地制宜开发利用地热能、生物质能、空气源和水源热泵等，推动区域清洁供热和北方县城清洁取暖，通过提升新建厂房、公共建筑等屋顶光伏比例和实施光伏建筑一体化开发等方式，降低传统化石能源在建筑用能中的比例。
2021 年 6 月 20 日	《关于报送整县(市、区)屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》	发改委能源局	项目申报试点县(市、区)要具备丰富的屋顶资源、有较好的电力消纳能力，党政机关建筑屋顶总面积可安装光伏发电比例不低于 50%。
2021 年 7 月 12 日	关于印发《高等学校碳中和科技创新行动计划》的通知	教育部教科信函〔2021〕30 号	加快碳减排关键技术攻关。围绕化石能源绿色开发、低碳利用、减污降碳等开展技术创新，重点加强多能互补耦合、低碳建筑材料、低碳工业原料、低含氟原料等源头减排关键技术开发；加快碳零排关键技术攻关。开发新型太阳能、风能、地热能、海洋能、生物质能、核能等零碳电力技术以及机械能、热化学、电化学等储能技术，加强高比例可再生能源并网、特高压输电、新型直流配电、分布式能源等先进能源互联网技术研究。开发可再生能源/资源制氢、储氢、运氢和用氢技术以及低品位余热利用等零碳非电能源技术。
2021 年 7 月 15 日	《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	发改能源规〔2021〕1051 号	到 2025 年，实现新型储能从商业化初期向规模化发展转变。装机规模达 3000 万千瓦以上。到 2030 年，实现新型储能全面市场化发展。装机规模基本满足新型电力系统相应需求。新型储能成为能源领域碳达峰碳中和的关键支撑之一。明确新型储能独立市场主体地位。研究建立储能参与中长期交易、现货和辅助服务等各类电力市场的准入条件、

			交易机制和技术标准，加快推动储能进入并允许同时参与各类电力市场。
2021 年 7 月 26 日	《关于进一步完善分时电价机制的通知》	发改价格（2021）1093 号	重点在优化分时电价机制、强化分时电价机制执行、加强分时电价机制实施保障等三个方面进行明确的界定。
2021 年 7 月 29 日	《关于鼓励可再生能源发电企业自建或购买调峰能力增加并网规模的通知》	发改委能源局发改运行（2021）1138 号	为努力实现应对气候变化自主贡献目标，促进风电、太阳能发电等可再生能源大力发展和充分消纳，依据可再生能源相关法律法规和政策的规定，按照能源产供储销体系建设和可再生能源消纳的相关要求，在电网企业承担可再生能源保障性并网责任的基础上，鼓励发电企业通过自建或购买调峰储能能力的方式，增加可再生能源发电装机并网规模。
2021 年 7 月 29 日	《关于促进地热能开发利用的若干意见》	国能发新能规（2021）43 号	<p>积极推进浅层地热能利用。在京津冀鲁豫以及长江流域地区，结合供暖（制冷）需求因地制宜推进浅层地热能利用，建设浅层地热能集群化利用示范区；在重视传统城市区域浅层地热能利用的同时，高质量满足不断增长的南方地区供暖需求，推进云贵高寒地区地热能利用；对地表水资源丰富的长江中下游区域，积极发展地表水源热泵供暖供冷；对集中程度不高的供暖需求，积极采用地埋管地源热泵供暖供冷；对水文、地质条件适宜、符合地下水资源保护要求的地区，在确保同一含水层取水等量回灌，且不对地下水造成污染的前提下，积极稳妥推广地下水源热泵供暖供冷。</p> <p>稳妥推进中深层地热能供暖。根据资源情况和市场需求，在京津冀、山西、山东、陕西、河南、青海、黑龙江、吉林、辽宁等区域稳妥推进中深层地热能供暖。</p>
2021 年 9 月 14 日	《关于公布整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单的通知》	国能综通新能（2021）84 号	全国共有 676 个县（市、区）被列为整县屋顶分布式光伏开发试点。2023 年底前，试点地区各类屋顶安装光伏发电的比例均达到《通知》要求的，列为整县（市、区）屋顶分布式光伏开发示范县。

### 3. 各省市政策文件及规划

各省市及行业性的“碳达峰碳中和”行动方案体现在“十四五规划”及政府工作报告中，以下是部分省市目标及规划。

表 3 各省市政策文件及规划

一、明确碳达峰时间点		
省市	目标	行动方案
北京	2025 年之前碳排放下降	《2021 政府工作报告》提出“十四五时期，碳排放稳中有降，碳中和迈出坚实步伐”。
上海	2025 年之前达峰	根据《上海市国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，着力推动电力、钢铁、化工等重点领域和重点用能单位节能降碳，确保在 2025 年前实现碳排放达峰，单位生产总值能源消耗和二氧化碳排放降低确保完成国家下达目标。
广东	率先达峰	《中共广东省委关于制定广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标的建议》要求“制定施碳排放达峰行动方案，推动碳排放率先达峰。”
江苏	率先达峰	《中共江苏省委关于制定江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标的建议》要求“碳排放提前达峰后稳中有降”。
二、调整能源结构与产业结构，降低能耗，减少一次能源消费		
甘肃	严格落实差别化电价政策	要求对钢铁、铁合金、电解铝、锌冶炼、电石、烧碱、黄磷、水泥等八个高耗能行业企业的产能，按照允许类、限制类、淘汰类分别执行的差别化电价政策。限制类每千瓦时加征 0.1 元、淘汰类每千瓦时加征 0.3 元（水泥每千瓦时加征 0.4 元、钢铁每千瓦时加征 0.5 元）。
内蒙古	严格落实差别化电价政策	召开全区能耗双控工作新闻发布会。自治区将进一步完善能源价格政策，全面清理取消对高耗能行业的优待类电价以及其他各种不合理价格优惠政策，严格实施差别电价、惩罚性电价，推动高耗能行业节能减排、淘汰落后，促进产业结构、能源结构优化升级。
	严控高耗能项目，优化产业结构	从 2021 年起，不再审批焦炭（兰炭）、电石、聚氯乙烯（PVC）、合成氨（尿素）、甲醇、乙二醇、烧碱、纯碱、磷铵、黄磷、水泥（熟料）、平板玻璃、超高功率以下石墨电极、钢铁（已进入产能置换公示阶段的，按国家规定执行）、铁合金、电解铝、氧化铝（高铝粉煤灰提取氧化铝除外）、

		蓝宝石、无下游转化的多晶硅、单晶硅等新增产能项目。
	提高能耗降低的要求	要求 2021 年全区单位地区生产总值能耗降低 3%，这一目标高于十三五期间的 5 年 14%。
江苏	严格落实差别化电价政策	发布《江苏省发展改革委省生态环境厅关于对钢铁企业实施超低排放差别化电价政策的通知》，钢铁企业超低排放差别化电价政策自 2021 年 1 月 1 日起执行至 2025 年 12 月 31 日。
广东	严控高耗能项目，优化产业结构	《2021 年政府工作报告》要求“研究建立用能预算管理制度，严控新上高耗能项目。制定更严格的环保、能耗标准，全面推进有色、建材、陶瓷、纺织印染、造纸等传统制造业绿色化低碳化改造。”
浙江	严控高耗能项目，优化产业结构	《2021 年政府工作报告》要求“加快淘汰落后和过剩产能，腾出用能空间 180 万吨标煤。”2 月 5 日，浙江省发改委发布《浙江省绿色循环低碳发展“十四五”规划（征求意见稿）》，核心内容包括推动产业绿色转型、健全循环发展体系、打造绿色能源体系。
	大力发展新能源，优化产业结构	《2021 年政府工作报告》要求“2021 年，非化石能源占一次能源比重提高到 20.8%，煤电装机占比下降 2 个百分点；加快淘汰落后和过剩产能，腾出用能空间 180 万吨标煤。”
山东	大力发展新能源，优化能源结构	到 2021 年底，新能源和可再生能源发电装机占电力总装机比重达到 32%以上，加大煤电压减力度。
山西	大力发展新能源，优化能源结构	发布《山西省光伏制造业发展三年行动计划（2020-2022 年）》和《山西省风电装备制造业发展三年行动计划（2020-2022 年）》。
四川	锅炉以电代替煤，减少碳排放	印发《四川省燃煤（油、柴、气）锅炉窑炉电能替代项目目录（2021 年）》的通知，共有 111 个项目通过新建/改造的方式完成燃煤锅炉电能替代。
天津	提高能耗降低的要求	要求 2021 年全市单位地区生产总值能耗同比下降 3.7%左右，这一目标高于 2020 年 1%的目标。
三、绿色出行、绿色消费，减少一次能源消费		
北京	大力推广新能源汽车	印发《北京市氢燃料电池汽车产业发展规划（2020-2025 年）》，“2023 年前，培育 3-5 家具有国际影响力的氢燃料电池汽车产业链龙头企业，力争推广氢燃料电池汽车 3000 辆、建成加氢站 37 座；2025 年前，力争实现氢燃料电池汽车累计推广量突破 1 万辆、再新建加氢站 37 座（共计 74 座）”。
上海	大力推广新能源汽车	发布《上海市加快新能源汽车产业发展实施计划

		(2021-2025 年)》，2025 年目标为“本地新能源汽车年产量超过 120 万辆，新能源汽车产值突破 3500 亿元，占全市汽车制造业产值 35%以上”并全面提高纯电动汽车占比。
山西	大力推广新能源汽车	印发《加快推进甲醇汽车产业发展和全省域推广应用的实施方案》，要求 2021-2022 年提高甲醇汽车的产能，并增加甲醇加注站建设，力争到 2022 年底，全省范围内开展 3-5 个（条）甲醇汽车示范运营项目（线路），推广应用 M100 甲醇汽车超过 2 万辆，全省建成甲醇加注站 200 座以上。
浙江	推行绿色交通、绿色消费	省发改委发布《浙江省绿色循环低碳发展“十四五”规划（征求意见稿）》，核心内容包括：健全绿色交通体系、持续推进绿色消费、大力倡导绿色生活方式。
四、关注生态碳汇与低碳技术革新		
江苏	布局碳汇和先进技术	成立长三角碳中和战略发展研究院，聚焦碳中和领域的政策、技术、产品等开展研究，促进碳中和和技术成果转化和推广应用。此外，国家电网的“碳达峰、碳中和”行动方案也指出，“加快能源技术创新，提高新能源发电机组涉网性能，加快光热发电技术推广应用。推进大容量高电压风电机组、光伏逆变器创新突破，加快大容量、高密度、高安全、低成本储能装置研制。推动氢能利用，碳捕集、利用和封存等技术研发，加快 CO <sub>2</sub> 资源再利用。”
安徽	全面推行林长制，提高生态碳汇能力	《安徽省林业局 2021 年工作要点》要求深化新一轮林长制改革，认真贯彻落实中办、国办《关于全面推行林长制的意见》，全面建设全国林长制改革示范区，全年计划完成人工造林 40 万亩，封山育林 100 万亩，退化林修复 70 万亩，森林抚育 500 万亩；创建省级森林城市 4 个、省级森林城镇 40 个、省级森林村庄 400 个。
河北	全面推行林长制，提高生态碳汇能力	着力提升森林草原碳汇能力，2021 年全省完成营造林 600 万亩，其中造林绿化 300 万亩，森林抚育 300 万亩。

## 4. 本章小结

国家发改委解读“中央经济工作会议”精神中关于“碳达峰碳中和”明确目标实现路径为调整能源结构、加快推动产业结构转型、着力提升能源利用率、加速低碳技术研发推广、健全低碳发展体制机制及努力增加生态碳汇等。各部委、省市系列政策及通知也是在贯彻这一指示精神。光伏、风电等新能源与储能

技术相融合，为扩大可再生能源应用比例达到 25%提供了技术保证，市场将迎来快速发展阶段。

我国建筑运行阶段能耗 10 亿 tce，占全国能源消费总量的比重为 21.7%<sup>1</sup>。其中采暖和空调的能耗占建筑运行总能耗的 55%<sup>2</sup>。因此建筑采暖及空调领域调整能源结构、提升能源利用效率等对于我国整体实现“双碳”目标具有举足轻重作用。国务院、国家能源局及住建委等发布了相关政策文件，对于为建筑采暖与空调行业的发展具有重要指导意义。

国务院 2 月 2 日发布的《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》中提出“鼓励建设电、热、冷、气等多种能源协同互济的综合能源项目。在北方地区县城积极发展清洁热电联产集中供暖，稳步推进生物质耦合供热。继续做好农村清洁供暖改造。”

国家能源局《2021 能源工作指导意见》、《关于促进地热能开发利用的若干意见》等文件中提出要“加大清洁取暖工作力度。因地制宜实施清洁取暖改造，建立健全清洁取暖政策体系，确保取暖设施安全稳定运行，实现北方地区清洁取暖率达到 70%。研究探索南方地区清洁取暖，在长江流域和南方发达地区，鼓励以市场化方式为主，因地制宜发展清洁取暖，培育产品制造和服务企业。研究推进西南高寒地区清洁取暖改造，加大政策支持力度，加强电网、天然气管网等建设。”

住房和城乡建设部等 15 部门《关于加强县城绿色低碳建设的意见》指出要“大力发展绿色建筑和建筑节能，提升县城能源使用效率，大力发展适应当地资源禀赋和需求的可再生能源，因地制宜开发利用地热能、生物质能、空气源和水源热泵等，推动区域清洁供热和北方县城清洁取暖。”

截至 2019 年底，我国北方地区供热总面积 211 亿平方米（城镇供热面积 141 亿平方米，农村供热面积 70 亿平方米），其中，清洁供热面积 116 亿平方米，清洁供热率达 55%<sup>3</sup>。离 70%的目标还有不小的差距，加上南方地区建筑供暖市场的增加，未来清洁、低碳的建筑采暖与空调技术依然有较大的市场空间。

---

<sup>1</sup> 《中国建筑能耗研究报告 2020》中国建筑节能协会能耗统计专业委员会

<sup>2</sup> 采暖和空调能耗占建筑能耗 55%-制冷快报（hvacr.cn）

<sup>3</sup> 《中国清洁供热产业发展报告（2020）》中国建筑节能协会清洁供热专业委员会编著

附：政策文件包目录

- [1]习近平主席第七十五届联合国大会一般性辩论上讲话，2020 年 9 月 22 日
- [2]习近平在气候雄心峰会上的讲话，2020 年 12 月 12 日
- [3]中央经济工作会议报告摘要，2020 年 12 月 18 日
- [4]国家发改委“碳达峰碳中和”政策解读，2021 年 1 月 19 日
- [5]《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》生态环境部，2021 年 1 月 13 日
- [6]《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》国务院，2021 年 2 月 2 日
- [7]《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》发改委能源局，2021 年 2 月 25 日
- [8]《政府工作报告》李克强总理，2021 年 3 月 5 日
- [9]《国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，2021 年 3 月 5 日
- [10]《2021 年能源工作指导意见》国家能源局，2021 年 4 月 22 日
- [11]习近平在 2021 气候峰会上的讲话，2021 年 4 月 22 日
- [12]31 个省市双碳目标及规划，2021 年 5 月
- [13]碳达峰各省最新规划政策，2021 年 1-5 月
- [14]《关于进一步完善抽水蓄能价格形成机制的意见》发改委，2021 年 5 月 7 日
- [15]《关于加强县城绿色低碳建设的意见》住建部，2021 年 5 月 25 日
- [16]《关于报送整县(市、区)屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》国家能源局，2021 年 6 月 20 日
- [17]《关于加快推动新型储能发展的指导意见》发改委、能源局，2021 年 7 月 15 日
- [18]解读《关于加快推动新型储能发展的指导意见》能源局新闻发布会，2021 年 7 月 28 日
- [19]《关于进一步完善分时电价机制的通知》国家发展改革委，2021 年 7 月 26 日
- [20]《关于鼓励可再生能源发电企业自建或购买调峰能力增加并网规模的通知》国家发改委、能源局，2021 年 7 月 29 日
- [21]《关于公布整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单的通知》国能综通新能〔2021〕84 号，2021 年 9 月 14 日
- [22]解读《关于加快推动新型储能发展的指导意见》
- [23]《关于促进地热能开发利用的若干意见》国能发新能规〔2021〕43 号
- [24]国家发展改革委负责同志就《关于进一步完善分时电价机制的通知》答记者问
- [25]国家能源局综合司关于开展可再生能源发电项目开发建设按月调度的通知
- [26]国管局、国家发改委印发《“十四五”公共机构节约能源资源工作规划》公共机构十四五规划

- [27]中办国办印发《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》，2021 年 9 月 13 日
- [28]北京市 2021 年政府工作报告
- [29]北京市十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [30]《北京市氢燃料电池汽车产业发展规划（2020-2025 年）》经信委
- [31]上海市第十五届人民代表大会第五次会议的政府工作报告
- [32]上海市十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [33]《上海市加快新能源汽车产业发展实施计划（2021-2025 年）》
- [34]天津市 2021 年政府工作报告
- [35]天津市十四五规划与 2035 年远景目标纲要
- [36]重庆市人民政府工作报告
- [37]重庆市十四五规划及 2035 年远景目标纲要
- [38]内蒙古自治区政府工作报告
- [39]内蒙古十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [40]黑龙江省政府工作报告
- [41]黑龙江省十四五规划及 2035 年远景目标纲要
- [42]吉林省政府工作报告
- [43]吉林省十四五规划及 2035 年远景目标纲要
- [44]辽宁省政府工作报告
- [45]辽宁省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [46]大连市政府工作报告
- [47]大连市十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [48]新疆维吾尔自治区政府工作报告
- [49]新疆建设兵团十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [50]新疆自治区十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [51]甘肃省政府工作报告
- [52]甘肃省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [53]宁夏回族自治区政府工作报告
- [54]宁夏自治区十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [55]青海省政府工作报告
- [56]青海省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [57]陕西省政府工作报告
- [58]陕西省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [59]西藏自治区十四五规划及 2035 年远景目标纲要
- [60]四川省政府工作报告



- [61]四川省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [62]四川省发展和改革委员会关于印发《川电外送增发火电成本分摊机制（试行）》
- [63]《四川省燃煤（油、柴、气）锅炉窑炉电能替代项目目录（2021 年）》
- [64]贵州省政府工作报告
- [65]贵州省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [66]云南省政府工作报告
- [67]云南省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [68]广西壮族自治区政府工作报告
- [69]广西壮族自治区十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [70]海南省政府工作报告
- [71]海南省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [72]广东省政府工作报告
- [73]广东省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [74]深圳市十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [75]安徽省政府工作报告
- [76]安徽省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [77]福建省政府工作报告
- [78]福建省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [79]厦门市十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [80]浙江省政府工作报告
- [81]浙江绿色循环低碳发展十四五规划
- [82]浙江省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [83]宁波市十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [84]关于公开征求《浙江省绿色循环低碳发展“十四五”规划（征求意见稿）》意见的通知
- [85]江西省政府工作报告
- [86]江西省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [87]湖南省政府工作报告
- [88]湖南省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [89]湖北省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [90]湖北省政府工作报告
- [91]河南省政府工作报告
- [92]河南省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [93]河北省政府工作报告
- [94]河北省十四五规划和 2035 年远景目标纲要

- [95]江苏省政府工作报告
- [96]江苏省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [97]江苏省对有关钢铁企业停止执行部分项目指标超低排放差别化电价的通知
- [98]山东省政府工作报告
- [99]山东省十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [100]青岛市十四五规划和 2035 年远景目标纲要
- [101]山西省政府工作报告
- [102]山西省十四五规划及 2035 年远景目标纲要
- [103]山西省《加快推进甲醇汽车产业发展和全省域推广应用的实施方案》
- [104]山西省工业和信息化厅近日发布关于印发《山西省风电装备制造业发展三年行动计划（2020-2022 年）》
- [105]山西省人民政府关于印发山西省“十四五”新基建规划的通知
- [106]山西省人民政府关于印发山西省“十四五”未来产业规划的通知
- [107]《山西省“十四五”新产品规划》
- [108]《山西省光伏制造业发展三年行动计划（2020-2022 年）》

# 技术篇

## 1. 基本概念

### 1.0.1 温室气体（GHG）

温室气体（GHG）是指大气中吸收和重新放出红外光谱内特定波长的辐射的自然和人为的气态成分<sup>1</sup>。

### 1.0.2 温室气体种类

《Greenhouse gases-Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification》（ISO 14067）中没有列出具体的温室气体种类清单，但是指出温室气体清单详见 IPCC（联合国政府间气候变化专门委员会）的最新报告。目前科学学术界以及政府组织报告最广泛认可的影响气候的温室气体核算技术方法为《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》<sup>2</sup>，该指南中列出了各种农业、林业、土地利用、工业过程、废物处理等活动排放的温室气体种类以及计算指南，其中的温室气体种类繁多，随着研究的深入，还在不断更新中。

由于本研究的目的在于了解中国双碳政策以及技术和市场，因此只介绍国际上主要需要控制的温室气体的种类。《巴黎协定》<sup>3</sup>中需要控制的温室气体为 7 种：二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、甲烷（CH<sub>4</sub>）、氧化亚氮（N<sub>2</sub>O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟化碳（PFCs）、六氟化硫（SF<sub>6</sub>）和三氟化氮（NF<sub>3</sub>）。我国国家生态环境部主管全国碳排放交易，并正在推行环评中加入碳排放评价。《碳排放权交易管理办法（试行）》（部令 第 19 号）<sup>4</sup>中的第四十二条规定的温室气体范围和《巴黎协定》中需要控制的温室气体范围相同。

### 1.0.3 排放因子

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放系数，例如每单位化石燃料燃烧所产生的二氧化碳排放量、每单位购入使用电量所对应的二氧化碳排放量等<sup>5</sup>。

### 1.0.4 全球增温潜势（GWP）

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强度的影响与等量二氧化碳辐射强度的影响相关联的系数<sup>6</sup>。

### 1.0.5 二氧化碳当量（CO<sub>2</sub>e）

某种温室气体的二氧化碳当量等于其质量乘以它的全球增温潜势<sup>6</sup>。

### 1.0.6 碳汇

碳汇是指通过植树造林、森林管理、植被恢复等措施，利用植物光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在植被和土壤中，从而减少温室气体在大气中浓度的过程、活动和机制<sup>7</sup>。

### 1.0.7 CCUS

CCUS(二氧化碳捕集利用与封存)是二氧化碳捕集(capture)、输送(carriage)、利用(utilization)和储存(store)的英文首字母缩写，是指将二氧化碳从工业过程、能源利用或大气中分离出来，直接加以利用或注入地层以实现二氧化碳永久减排的过程<sup>8</sup>。

CO<sub>2</sub>捕集是指将 CO<sub>2</sub> 从工业过程、能源利用或大气中分离出来的过程，主要分为燃烧前捕集、富氧燃烧和化学链捕集。

CO<sub>2</sub>输送是指将捕集的 CO<sub>2</sub> 运送到可利用或封存场地的过程。根据运输方式的不同，分为罐车运输、船舶运输和管道运输。

CO<sub>2</sub>利用是指通过工程技术手段将捕集的 CO<sub>2</sub> 实现资源化利用的过程。根据工程技术手段的不同，可分为 CO<sub>2</sub> 地质利用，CO<sub>2</sub> 化工利用和 CO<sub>2</sub> 生物质利用。

CO<sub>2</sub>封存是指通过工程技术手段将捕集的 CO<sub>2</sub> 注入深部地质储层，实现 CO<sub>2</sub> 与大气长期隔绝的过程。

### 1.0.8 BECCS、DACCS

BECCS 是指将生物质燃烧或转化过程中产生的 CO<sub>2</sub> 进行捕集、利用或封存的过程。DACCS 则是直接从大气中捕集 CO<sub>2</sub>，并将其利用或封存的过程<sup>9</sup>。BECCS 和 DACCS 均属于 CCUS。

### 1.0.9 中国对于“碳中和”的定义

世界各国的“碳中和”定义不同<sup>9</sup>，中国的“碳中和”<sup>10</sup>定义为人为的二氧化碳排放量（化石燃料利用和土地利用）被人为作用（木材蓄积量、土壤有机碳、工程封存等）和自然过程（海洋吸收、侵蚀-沉积过程的碳埋藏、碱性土壤的固碳等）所吸收，即净零排放。

### 1.0.10 “光储直柔”技术

“光储直柔”是一种光伏发电、直流配电以及储能技术结合在一起的配电系统，使建筑用电系统由目前的刚性负载变为柔性负载，可以根据电力系统供需关系随时调整用电功率，而不决定于当时系统内各用电设备的用电功率<sup>11</sup>。

“光”指的是建筑屋顶光伏发电，通过 DC/DC（直流到直流的变流器）接入 375 V 直流母线。“储”则是指由直流母线通过 DC/DC 连接的、布置于一处或多处的蓄电池组，以及由这条直流母线连接的布置在邻近停车场的若干个充电桩，通过这些充电桩为停车场电动汽车蓄电池充/放电。“直”是指实现直流供电，包括动力和充电设备的 375 V 直流，以及通过 DC/DC 变换得到的供小功率电器使用的 48 V 直流分支。375 V 直流母线通过 AC/DC（交流到直流变流器）与交流 380 V 的外电网连接，输入电量满足建筑的用电需求。“柔”是指这一系统对电网来说，不是供电量必须等于此时负载侧耗电量的刚性负载，而是从电网的取电量可以根据电网的供需关系在较大范围内调节，从电网侧看，这一用电系统成为电网的柔性负载。典型的光储直柔配电系统如图 1.0.10 所示。

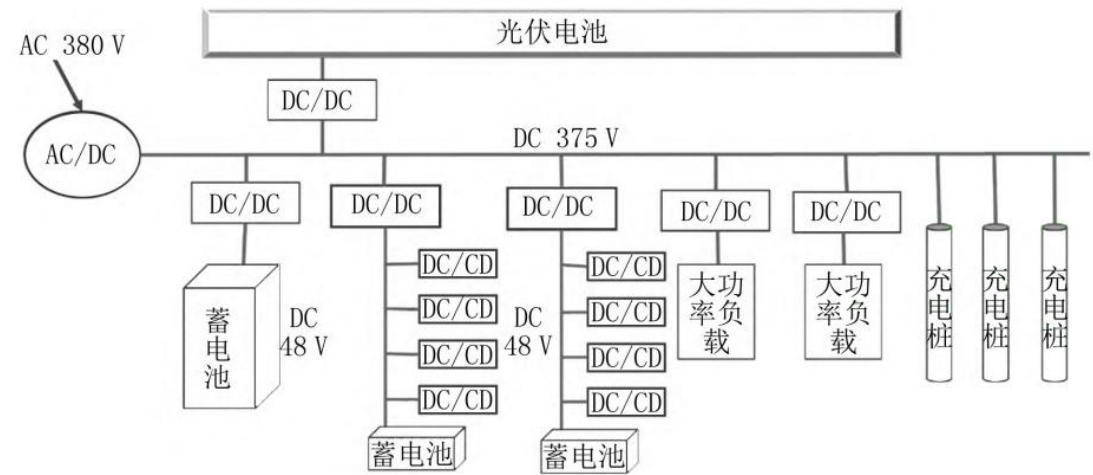


图 1.0.10 建筑光储直柔配电系统原理

### 1.0.11 生物质能

生物质是指通过光合作用而形成的各种有机体，包括所有的动植物和微生物。生物质能，就是太阳能通过光合作用贮存  $\text{CO}_2$ ，转化为生物质中的化学能，即以生物质为载体的能量。它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用，可转化为常规的固态、液态和气态燃料，取之不尽、用之不竭，是一种可再生能源，同时也是唯一一种可再生的碳源<sup>12</sup>。

化石燃料通过燃烧或降解把原为地下的固定碳释放出来，并以  $\text{CO}_2$  的形式累积于大气环境从而造成温室效应。而在自然界以绿色植物为纽带的碳循环，自然界的碳经过光合作用进入到生物界，生物界的碳通过三个主要途径即燃烧、降解和呼吸又回到自然界，从而构成碳元素循环链，所以国际上称生物质能为零碳

能源，也是可再生能源当中唯一的零碳燃料。

1.0.12 氢能

氢能是指氢（H<sub>2</sub>）在物理与化学变化过程中释放的能量，可用于储能、发电、各种交通工具用燃料、家用燃料等<sup>13</sup>。

2. 二氧化碳排放统计与预测

2.1 全球二氧化碳排放统计

IPCC 不统计全球碳排放，截止到目前，尚未看到权威部门发布的 2019 年中国碳排放量数据。专业或权威人士的论文<sup>14,15</sup>引用的数据为世界银行网站发布的报告，该报告统计了各国历年的化石燃料耗量，并引用《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》中的碳排放因子，计算出化石能源燃烧的二氧化碳排放量。但是根据本研究在世界银行网站下载的最新报告<sup>16</sup>，2019 年世界各国的二氧化碳排放量和论文中的数据稍有差别，差别很小，不影响对全球以及各国二氧化碳排放总数的认识，见表 2.1。

表 2.1 文献给出的数据与世界银行数据对比

国 别	文献 14/15 给出的数据	世界银行的最新报告数据
中国/占比	98.26/28.8%	98.1/28.6%
美国	49.65	50.3
欧盟	41.11	40.9
印度	24.8	24.7
俄罗斯	15.33	15.96
日本	11.23	11.18
全球化石能源燃烧的二氧化碳排放量	341	343.6

2.2 我国二氧化碳排放分布

2.2.1 中国政府发布的 2014 年温室气体清单<sup>17</sup>

《联合国气候变化框架公约》（以下简称《公约》）第 4 条及第 12 条规定，每一个缔约方都有义务提交本国的国家信息通报。中华人民共和国作为《公约》非附件一缔约方，积极履行应尽的国际义务和责任，已分别于 2004 年、2012 年和 2017 年提交了《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》《中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报》《中华人民共和国气候变化第一次两年更新报告》，全面阐述了中国应对气候变化的主要政策与行动及其相关信息，并报告

了 1994 年、2005 年和 2012 年国家温室气体清单。

2018 年按照中国国务院机构改革方案，应对气候变化职能由国家发展改革委划转至新组建的生态环境部。在 2018 年 12 月由中国应对气候变化主管部门生态环境部提交了《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》以及《中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报》。报告分为国情及机构安排，国家温室气体清单，减缓行动及其效果，资金、技术和能力建设需求及获得的资助，香港特别行政区应对气候变化基本信息、澳门特别行政区应对气候变化基本信息等篇章，全面反映了中国与气候变化相关的国情。报告给出的国家温室气体清单为 2014 年数据。

表 2.2.1-1 2014 年中国温室气体总量（亿 tCO<sub>2</sub>e）

	二氧化碳	甲烷	氧化亚氮	氢氟碳化物	全氟化碳	六氟化硫	合计
1. 能源活动	89.25	5.20	1.14				95.59
2. 工业生产过程	13.30	0.00	0.96	2.14	0.16	0.61	17.18
3. 农业活动		4.67	3.63				8.30
4. 废弃物处理	0.20	1.38	0.37				1.95
5. 土地利用、土地利用变化和林业	-11.51	0.36	0.00				-11.15
总量（不包括LULUCF）	102.75	11.25	6.10	2.14	0.16	0.61	123.01
总量（包括LULUCF）	91.24	11.61	6.10	2.14	0.16	0.61	111.86

注：表中各种活动的排放因子有的采用中国特定排放因子，有的采用《IPCC 温室气体清单指南》中的排放因子，具体详见报告原文。LULUCF 指土地利用和林业。

表 2.2.1-2 清单所涉及的温室气体的全球增温潜势（GWP）

温室气体种类	全球增温潜势	温室气体种类	全球增温潜势
CO <sub>2</sub>	1	HFC-152a	140
CH <sub>4</sub>	21	HFC-227ea	2900
N <sub>2</sub> O	310	HFC-236fa	6300
HFC-23(CHF <sub>3</sub> )	11700	HFC-245fa	1030
HFC-32	650	PFC-14(CF <sub>4</sub> )	6500
HFC-125	2800	PFC-116(C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	9200
HFC-134a	1300	SF <sub>6</sub>	23900
HFC-143a	3800		

能源活动是中国温室气体的主要排放源。2014 年中国能源活动排放量占温室气体总排放量（不包括 LULUCF）的 77.7%，工业生产过程、农业活动和废弃物处理的温室气体排放量所占比重分别为 14.0%、6.7%和 1.6%。

## 2.2.2 2019 年中国二氧化碳排放行业分布

目前，查到权威文献中有我国二氧化碳行业排放分布的不多，且稍有出入。

《国家电网碳达峰碳中和行动方案》<sup>18</sup>和国网能源研究院的研究<sup>19</sup>指出能源燃烧是我国主要的二氧化碳排放源，占全部二氧化碳排放的 88%左右，电力行业排放约占能源行业排放的 40%，工业占 29%，交通占 11%，建筑占 9%，其它占 11%。

清华大学江亿院士的《中国建筑部门实现碳中和的路径》<sup>20</sup>指出 2019 年我国建筑运行过程中的化石燃料燃烧导致的碳排放主要有：炊事 2 亿吨，生活热水 0.8 亿吨，供暖用分户壁挂炉燃气炉和农村与近郊区的分户燃煤供暖 3 亿吨，医院、商业建筑、公共建筑使用的燃气驱动蒸汽锅炉和热水锅炉，燃气性吸收式制冷机 0.2 亿吨，城镇集中供热 4.5 亿吨，总计 10.5 亿吨。按照世界银行的数据，2019 年中国化石燃烧的二氧化碳排放为 98.26 亿吨，则建筑运行化石燃烧排放二氧化碳量占比为 10.7%。

丁仲礼院士认为，2019 年，全球碳排放量 86%源自化石燃料利用，14%由土地利用变化产生。中国发电端二氧化碳排放占比 47%，消费端占比 53%。

综合以上研究成果，见表 2.2.2，虽然各家研究占比稍有出入，但是差别不大，从大体上看，所有研究的两大类二氧化碳排放占比以及行业二氧化碳排放占比的认识基本是一致的。

表 2.2.2 二氧化碳排放分布

研究部门/人员	二氧化碳占比（两大类）		化石燃料燃烧碳排放行业占比				
	土地利用	化石燃料燃烧	电力	工业	交通	建筑	其它
国家电网	12%	88%	40%	29%	11%	9%	11%
丁仲礼	14%	86%	47%	53%			
江亿	—	—	—	—	—	10.7%	—

### 2.3 未来我国二氧化碳排放预测

清华大学气候变化与可持续研究院与国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、国家信息中心、中国社会科学院城市发展与环境研究所、中国科学院科技战略咨询研究院、国家发展和改革委员会能源研究所、生态环境部宣传教育中心、商务部国际贸易经济合作研究院、交通运输部科学研究院和清华大学的能源与动力工程系、能源环境经济研究所、环境学院、建筑学院等十几家研究机构合作，在清华大学教育基金会全球绿色发展与气候变化专项基金和能源基金会的资助下，开展了“中国长期低碳发展战略与转型路径研究”项目。项目预测了巴黎



协定中 2°C 和 1.5°C 温升目标下的中国碳排放数据<sup>21</sup>。

表 2.3 2°C/1.5°C 目标导向推荐情境下全部温室气体排放（亿 tCO<sub>2</sub>e）

碳 源	2020 年	2030 年	2050 年
能源消费二氧化碳排放	100.3	104.6/103.1	29.2/14.7
工业过程二氧化碳排放	13.2	9.4/8.8	4.7/2.5
非二氧化碳温室气体排放	24.4	27.8/26.5	17.6/12.7
农林业碳汇	-5.8/-7.2	-6.1/-9.1	-7.0/-7.8
CCUS/BECCS 埋存量	0	0/-0.3	-5.1/-8.8
净排放	132.1/130.7	135.7/129.0	39.4/13.3

报告指出，为达到减排目标，我国应努力争取在 2030 年以前达到二氧化碳排放峰值，到 2050 年基本实现二氧化碳近零排放或净零排放，全部温室气体减排约 90%，为 2060 年实现碳中和奠定基础。

相比 2°C 目标，1.5°C 目标需要加大农林业碳汇和非二氧化碳温室气体减排力度。到 2050 年，在农林业和土地利用年增碳汇 7.8 亿 t 和 CCUS/BECCS 8.8 亿 t 埋存量的贡献下，全经济尺度的二氧化碳排放将减少到 0.6 亿 t 左右，基本实现二氧化碳的净零排放。届时，非二氧化碳减排仍缺少成本有效的技术支撑，2050 年的排放量仍将达 13.3 亿 tCO<sub>2</sub>e 左右。

由于非二氧化碳温室气体减排初期成本较低，存在较多的成本有效的减排技术和潜力，当前发达国家的自主减排目标大约有 1/3 依靠非二氧化碳减排实现。我国要加强非二氧化碳温室气体减排对策和行动，逐步将其纳入国家自主决定贡献目标（NDC）目标。但由于非二氧化碳温室气体实现深度减排非常困难，其边际成本也成陡峭上升趋势，因此到 2030 年后，随二氧化碳的大幅快速减排，非二氧化碳温室气体排放占总温室气体排放的比例将会上升，到 2050 年实现深度脱碳成为重要的难减排领域和部门。

### 3. 科研进展

#### 3.1 中国碳中和路径研究

前面已经说明了中国的碳排放分布，碳排放主要由电力、工业、交通、建筑等领域造成。按照排放比例大小，减少碳排放的技术方向首先就是要尽可能用非碳能源替代化石能源发电、制氢，构建“新型电力系统或能源供应系统”，其次，在工业、交通、建筑、农业等绝大多数领域中，研究电力、氢能、地热、太阳能等非碳能源对化石能源消费的替代。在人为固碳方面，通过生态建设、土壤固碳、

碳捕集封存等组合工程去除不得不排放的二氧化碳。简言之，就是选择合适的技术手段实现“减碳、固碳”，逐步达到碳中和。

### 3.1.1 中科院的重大学部咨询研究《中国碳中和路径的研究》

中国科学院学部设立重大咨询项目“中国碳中和框架路线图研究”，目标是设计初步路线图，可供研讨、修订、完善，同时在如何落实“路线图”上，提出操作层面的建议。2021年5月30日，在中国科学院学部第七届学术年会上，中国科学院院士丁仲礼作了题为《中国“碳中和”框架路线图研究》的专题报告，介绍了中国科学院学部近期围绕碳中和问题所布局的咨询项目进展情况。项目按照排放端、固碳端、政策端3方面进行组织，围绕未来能源消费总量预测、非碳能源占比阶段性提高途径、不可替代化石能源预测、非碳能源技术研发迭代需求、陆地生态系统固碳现状测算、陆地生态系统未来固碳潜力分析、碳捕集利用封存技术评估、青藏高原率先达标示范区建议、政策技术分析研究设立了9个专题进行研究。分别是：

#### 专题 1：未来能源消费总量预测

研究内容、方法和需要解决的问题：通过建立预测模型，在2035年GDP翻番，2060年GDP再翻番，产业结构逐渐向中高端发展以及人口变动等条件下，给出不同时间节点下我国工业、交通、建筑等重点领域的能源需求以及全社会能源总需求。可以给出“高、中、低”三种可以参考的预测。

#### 专题 2：非碳能源占比阶段性提高途径

研究内容、方法和需要解决的问题：根据专题1的能源预测，研究未来不同阶段，在市场机制作用下可以构建一个什么样的新型能源供应系统；如何将西部地区丰富风光资源得到充分利用，研究发电、储能、转化、消纳等环节技术问题以解决风光电时空分布不平衡从而保证稳定输出的方法，列出构建“新型电力系统或能源系统”的基础设施建设需求以及技术清单。边界条件：2060年能源利用排放二氧化碳不超过20~25亿吨。

#### 专题 3：不可替代化石能源预测

研究内容、方法和需要解决的问题：面向2060年，电力、工业，交通、建筑等能源消耗领域里有哪些能源消耗是可以被电力或氢能替代的，有哪些是不可能被电力或者氢能替代的？初步的看法：居民生活（烧饭，冷暖气）易用电力、地热、太阳能替代，难处在于投入与推动。交通大部分可以电力替代，大概只是

时间问题。农业领域大部分可以替代，许多工业过程也可以电力替代。氢能争论很多，需要深入研究。

专题 4：非碳能源技术研发迭代需求

研究内容、方法和需要解决的问题：研究“新型发电系统”和“电力替代以及氢气替代”的技术体系和工艺路线图。在碳中和进程中，化石能源的清洁高效利用仍将在较长时期处于核心地位，研究如何推动其技术进步。

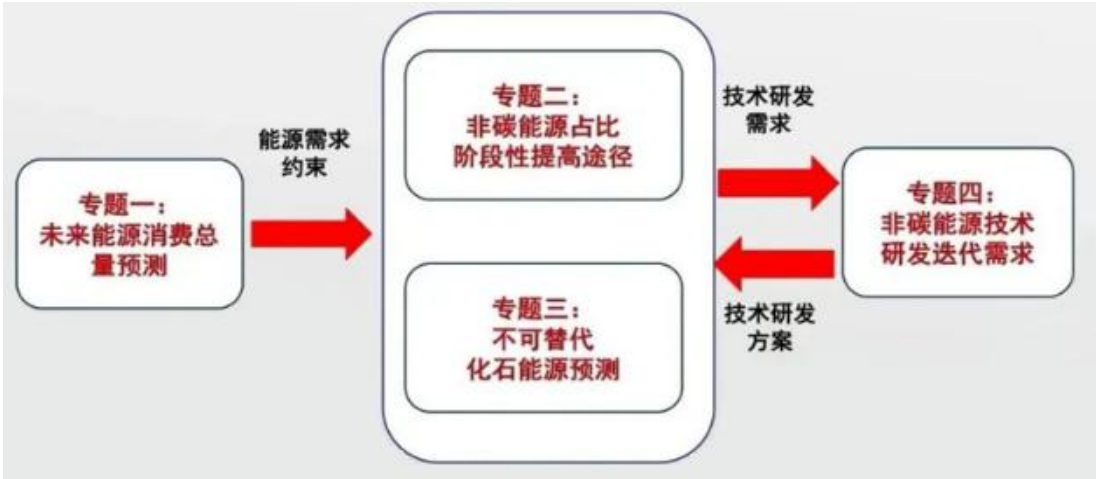


图 3.1.1 排放端专题分布及关系

专题 5：陆地生态系统固碳现状测算

研究内容、方法和需要解决的问题：陆地生态系统现存碳库的储量格局，稳定性以及成因分析，固碳速率估算以及持续性，不同有机碳库的平衡点，碱性土壤的碳酸钙累积速率以及人为固碳可能性。

专题 6：陆地生态系统未来固碳潜力分析

研究内容、方法和需要解决的问题：未来中国生态系统固碳潜力及气候变化的影响，国家生态恢复，新增造林，建设工程的固碳潜力，未来陆地生态增加碳汇的措施。固碳潜力均需要长期性证明。

专题 7：碳捕集利用封存技术评估

研究内容、方法和需要解决的问题：国际 CCUS 技术的现状与发展趋势，CCUS 技术的未来突破口及经济性能评估，如何产业化和融合，CCUS 地址优选。

专题 8：青藏高原率先达标示范区建议

研究内容、方法和需要解决的问题：青藏高原人为碳排放小，不到全国 1%，生态系统碳汇占全国 12%~14%，是我国重要新能源基地。计算青藏高原人为碳排放数值和趋势预测，评估生态系统固碳以及未来趋势，提出减排和增汇的途径

和达标方案，研究如何进行“碳中和程度”的分区评估。

# 专题 9：政策技术分析研究

研究内容、方法和需要解决的问题：省级尺度上，碳排放碳汇比例不匹配，研究全国以及地区的“碳中和程度”评价模型。

最后，丁仲礼院士提出了几点需要特别重视的方面，对技术主导权，资金来源与布局，行业协调共进、碳中和程度评价以及未来需要深入研究的内容给出了需要注意的问题和建议。

- A. 技术主导权：“碳中和”过程既是挑战又是机遇，将会是经济社会的大转型、一场涉及广泛领域的大变革。“技术为王”将在此进程中得到充分体现，即谁在技术上走在前面，谁将在未来国际竞争中取得优势。国家需要积极研究与谋划、谋定而动、系统布局、组织力量、特殊支持，力争以技术上的先进性获得产业上的主导权，使之成为民族复兴的重要推动力。
- B. 资金来源与布局：这轮“大转型”需要在能源结构、能源消费、人为固碳“三端发力”，所需资金将会是天文数字，决不可能依靠政府财政补贴得以满足，必须坚持市场导向，鼓励竞争，稳步推进。政府的财政资金应主要投入在技术研发、产业示范上，力争使我国技术和产业的迭代进步快于他国。在此过程中，特别要防止能源价格明显上涨，影响居民生活和产品出口。
- C. 行业协调共进：“大转型”中，行业的协调共进极其重要。“减碳、固碳”“电力替代”“氢能替代”均需要增加企业的额外成本，如果某一行业不同企业间不能协调共进，势必会使“不作为企业”节约了成本，从而出现“劣币驱逐良币”现象。由此，分行业设计“碳中和”路线图及有效的激励/约束制度需尽早提上日程。
- D. 碳中和程度评价：评价国家、区域、行业、企业甚至家庭的碳中和程度，需从收、支两端计量。从能源消费角度论，“支”（即排放）相对容易计量；“收”（即固碳）由于类型多样，过程复杂，很难精确计量，尤其是“人为努力”下的固碳增量不易确定。由此，国家应尽早建立系统的监测、计算、报告、检核的标准体系，以期针对我国的碳收支状况，保证话语权在我。
- E. 未来应深入研究的内容：建议对未来排放权的分配、碳排放的报告核查等问题进行深入研究。在科技支撑方面，还有很多基础性的科学问题比如二氧化碳对增温的敏感性等需要深入研究。在碳中和问题上，科技界依然任重而道

远。

### 3.1.2 中国工程院的重大学部咨询研究《我国碳达峰、碳中和战略及路径研究》

2021 年 2 月 3 日，中国工程院召开“我国碳达峰、碳中和战略及路径研究”<sup>22</sup> 重大咨询项目启动会，项目分步骤、分领域针对碳达峰、碳中和面临的突出问题和具体需求进行研究，为党中央国务院决策提供科学支撑。设立了八个子课题，分别是：调产业结构降碳排放强度战略路径研究、碳达峰碳中和目标下的能源发展战略研究、电力行业碳达峰碳中和实施路径研究、工业部门碳达峰碳中和实施路径研究、建筑部门碳达峰碳中和实施路径研究、交通部门碳达峰碳中和实施路径研究、碳汇与碳封存及碳资源化战略研究、项目综合组。

## 3.2 碳中和技术图谱

《北大金融评论》2021 年第 8 期刊出了“双碳”目标下的技术路线图<sup>23</sup>，文章认为在传统能源使用效率已经很难再提高的当下，技术创新似乎是唯一的出路。重点梳理了碳中和路上的部分技术突破和未来的技术方向。

主要包括煤炭、石油、天然气的各种提高能源使用效率的技术；光伏、风能、核能发电技术；可再生能源制氢以及新技术制氢技术；氢气储存，运输以及应用；交通领域的共享出行，新能源汽车，自动驾驶技术；建筑领域的光储直柔，智能化节能技术，装配节能技术；工业领域的各种减少或含碳能源替代技术；农业领域的再生农业、可持续养殖以及人造肉；碳捕集，利用封存技术以及生态固碳技术；碳金融和绿色金融产品。

# 减少碳排放

## 能源结构调整

减少化石能源使用

提高能源使用效率

煤炭  
石油  
天然气  
沸騰床燃烧, 煤炭气、液化 (目前已较为成熟)  
陶瓷膜气固分离技术  
石油磺酸盐磺化酸渣溶解技术  
酸化压裂技术  
催化燃烧技术  
低氮燃烧技术

增加清洁能源使用

直接清洁能源

光伏

风能

核能

间接清洁能源: 氢能

制备

可再生能源制氢

太阳能

风能

电解水

生物质

新技术制氢

微波甲烷重整

氨转氢的电化学系统

单原子铂催化剂 (海水制氢)

并网型风电制氢

离网型风电制氢

油包水乳液液滴

暗发酵技术

核壳合金纳米催化剂

蒸汽和固体氧化物

电解(SOE)技术

生产

发电

维护与回收

反应堆技术

核燃料循环

退役

核聚变反应堆

钠冷却快中子增殖反应堆 (FBR)

国际热核实验反应堆 (ITER)

加速器驱动次临界系统 (ADS)

核燃料闭式循环技术

激光浓缩技术

季节性抽水蓄能电站技术

电力产能适配技术

高压储氢

低温液态储氢

固态储氢

有机液态储氢

液氮到超流氮温区大型低温制冷设备

长距离输送管道

固态和低温液态储氢技术

应用

燃料电池系统研发

催化剂

无铂氧还原催化剂

质子交换膜

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

太阳能硅晶制造

太阳能电池制造

N型高效电池技术

光伏发电系统+消费级光伏产品

光伏建筑一体化

大型化电站

风电场群发电功率优化调度运行控制技术

远海大型风电系统建设

基于大数据和云计算的风电场集群运控并网系统

海上漂浮式风电关键技术

风电状态监测与智能运维

废弃风电设备无害化处理与循环利用

核燃料闭式循环技术

激光浓缩技术

季节性抽水蓄能电站技术

电力产能适配技术

高压储氢

低温液态储氢

固态储氢

有机液态储氢

液氮到超流氮温区大型低温制冷设备

长距离输送管道

固态和低温液态储氢技术

应用

燃料电池系统研发

催化剂

无铂氧还原催化剂

质子交换膜

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

高纯多晶硅原材料提炼技术

化学法

西门子法 (气相沉淀反应法)

硅烷热分解法

流态化床法

物理法

区域熔化提纯法 (FZ)

直拉单晶法 (CZ)

定向凝固多晶硅锭法 (铸造法)

TOPCon

HIT

光伏建筑一体化

大型化电站

风电场群发电功率优化调度运行控制技术

远海大型风电系统建设

基于大数据和云计算的风电场集群运控并网系统

海上漂浮式风电关键技术

风电状态监测与智能运维

废弃风电设备无害化处理与循环利用

核燃料闭式循环技术

激光浓缩技术

季节性抽水蓄能电站技术

电力产能适配技术

高压储氢

低温液态储氢

固态储氢

有机液态储氢

液氮到超流氮温区大型低温制冷设备

长距离输送管道

固态和低温液态储氢技术

应用

燃料电池系统研发

催化剂

无铂氧还原催化剂

质子交换膜

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

储存

高压储氢

低温液态储氢

固态储氢

有机液态储氢

液氮到超流氮温区大型低温制冷设备

长距离输送管道

固态和低温液态储氢技术

应用

燃料电池系统研发

催化剂

无铂氧还原催化剂

质子交换膜

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

云母薄膜

双极板

铂基金属间化合物纳米晶氧还原催化剂

北大金融评论  
PKU Financial Review 中国金融·全球价值





### 3.3 建筑部门“碳达峰碳中和”相关研究

#### 3.3.1 中国建筑部门实现碳中和的路径

江亿院士在暖通空调 2021 年第 5 期发表了《中国建筑部门实现碳中和的路径》<sup>20</sup>，对建筑部门的碳中和要求提出了目标，对我国零碳电力布局进行了预测，对建筑部门的运行碳排放进行了统计，并在最大零碳电力布局的基础上测算提出建筑部门零碳排放的路径。

##### 1) 建筑部门的碳中和目标

中科院的研究表明，有些基础工业的能源是不可能被电力替代，需要化石燃烧工艺，这些不得不排放的二氧化碳将来采用生态碳汇或人为碳汇进行搜集。对于建筑部门的大部分能源消耗都可以用电力替代，因此，对于建筑部门，应该把零排放作为实现碳中和的目标。

##### 2) 建筑部门运行碳排放统计

江亿院士将建筑部门所有用到的能源消耗分类进行了统计分析，见下表 3.3.1-1。

表 3.3.1-1 2019 年建筑部门能源消耗以及碳排放量

序号	类别	能源消耗	碳排放量(亿吨)	零碳途径
1	炊事	燃气、燃煤、柴灶	2	电炊具
2	生活热水	燃气和电驱动、太阳能	0.8	电动热泵或电直热
3	供暖用分户壁挂炉燃气炉和农村与近郊区的分户燃煤供暖	燃气、燃煤	3	空气源热泵或电直热
4	燃气驱动蒸汽、热水锅炉	燃气	0.2	空气源热泵或电直热
5	燃气性吸收式制冷机	燃气		
6	外界输入电力 1.89 万亿 kWh	电力	11	——
7	北方城镇集中供热	燃煤、燃气	4.5	
8	合计		21.5	

##### 3) 零碳电力的布局

2019 年我国电力供应总量为 7.5 万亿 kWh，此种电能消耗情境下零碳电力布局：



表 3.3.1-2 7.5 万亿 kWh 电力供应总量要求下零碳电力布局

序号	类别	未来可能最大装机容量 (亿 kW)	未来年发电量 (亿 kWh)	备注
1	核电	2	1.5 万	
2	风电光电	24	3.5 万	
3	水电	5	2 万	用于风光电调峰
4	生物质燃料	6	1.2 万	
5	抽水蓄能	1		

如果未来我国电力供应总量为 13 万亿 kWh，此种电能消耗情境下零碳电力布局已经属于非常困难的情况，各种资源全部调度，发展到极致。

表 3.3.1-3 13 万亿 kWh 电力供应总量要求下零碳电力布局

序号	类别	未来可能最大装机容量 (亿 kW)	未来年发电量 (亿 kWh)	备注
1	核电	2	1.5 万	
2	集中风电光电	5~10	0.75~1.5 万	西北地区
3	海上风电	5	0.75	
4	分布式风电光电	50	7.5 万	中东部建筑屋顶零星空地
5	2 亿辆电动小汽车	20	储电 100 亿 kWh/每天	分布式风电光电的调峰
6	400 亿 m <sup>2</sup> 建筑分布式蓄电池和“光储直柔”配电改造柔性用电，可中断用电的工厂	6		
7	水电	5	2 万	用于集中风光电调峰
8	生物质燃料	6	1.2 万	
9	抽水蓄能	1		

江亿院士认为如果未来要求的总电量进一步增加，就会使零碳电力的目标很难实现。因为缺少足够的水力资源进行调峰，也缺少足够的生物质能源供给调峰火电。依靠更多的化学储能，或通过电解水制氢、用储氢的方式储能，可以解决一天内的风电、光电变化和几天内天气变化导致的风电、光电不足，但光电和水电都存在冬季短缺的问题，要求冬季有足够的调峰电源来平衡冬季的电力不足。生物质火电是解决电力季节差问题、充当季节调峰功能最合适的方式。而通过储能方式进行跨季节调峰，所需要的储能容量为日调峰需要容量的几十倍，所以无论是大规模蓄电池还是储氢，都不适宜作跨季节调峰。而同样受资源条件所限，我国也很难分出更多的生物质能源用于电力调峰，如果要求每年提供风电、光电 10 万亿 kWh，总的电量消费超过 15 万亿 kWh 时，就很难破解上述诸多矛盾。

如果能够通过深度节能的方式，根据我国的水能、核能和生物质能资源条件，把年用电总量控制在 12 万亿~13 万亿 kWh 以内，改变生产方式、生活方式，完全可以在每年 12 万亿 kWh 电量的前提下，实现我国社会、经济和人民生活水平进入到现代化强国之列。建筑作为工业、交通、建筑这三大用能部门之一，节能将是实现碳中和的最重要的前提条件。

#### 4) 建筑部门零碳排放测算

在节能模式下，12 万亿 kWh 的电力消费总量可以分配到建筑运行领域 3.5 万亿 kWh。相对于 2019 年的建筑运行用电 1.89 万亿 kWh，尚有 80% 的增长空间。

#### A. 5 种用能的电力替代

表 3.3.1-4 建筑电力替代需求

序号	类别	零碳途径	电力需要 (亿 kWh)
1	炊事	电炊具	1.61 万 (包括气改电 30%，人口增加导致用电增加 25%，建筑服务水平人民生活提高 25%)
2	生活热水	电动热泵或电直热	
3	供暖用分户壁挂炉燃气炉和农村与近郊区的分户燃煤供暖	空气源热泵或电直热	
4	燃气驱动蒸汽、热水锅炉	空气源热泵或电直热	
5	燃气性吸收式制冷机		

#### B. 节能改造降低集中供暖耗热量

通过改造节能调节手段或政策机制，将 30 亿 m<sup>2</sup> 不节能建筑改造成节能建筑，每平米供热量 0.2GJ，未来北方城镇需要供暖的建筑从 150 亿 m<sup>2</sup> 增长到 200 亿 m<sup>2</sup> 建筑，需要的供热量为 40 亿 GJ。低于目前 150 亿 m<sup>2</sup> 45 亿 GJ 的能耗热量。

#### C. 80% 集中供热管网可以用核电余热供热

改革开放 40 年来，我国北方城镇基本上建成了完善的集中供热管网，约 80% 的城镇建筑具备与城镇集中供热热网连接的条件。核电是未来零碳电力系统中的重要电源。我国目前已在沿海建成并运行 0.5 亿 kW 核电厂，年发电量接近 4000 亿 kWh。按照规划，未来将在东部沿海建设 2 亿 kW 的核电。其中至少有 1 亿 kW 建于从连云港至大连的北方沿海。1 亿 kW 的核电需要排出低品位余热 1.5 亿 kW。目前这些余热都排入海中，有效回收这部分热量，即使每 kW 发电功率回收 1.2 kW 的余热，在冬季 3000 h 也可得到 3.6 亿 MWh，也就是 12.9 亿 GJ 的热量。如果采用跨季节蓄热，使核电全年都按照热电联产的方式运行，而在非供暖季将热量储存，则每年可获得 32 亿 GJ 的余热，几乎可满足 80% 的北方地区

供热需求。所以核能具有巨大的深度开发利用潜力。

#### D. 20%分散建筑采用电动热泵

对于难以连接集中供热管网的部分城镇建筑，未来可能占城镇建筑总量的20%，可以采用各类电动热泵热源方式，包括空气源、地源、污水源及2000~3000 m 深的中深层套管换热型热泵方式。如果这些热泵方式的平均 COP 为 2.5，则20%的北方城镇建筑，也就是40 亿 m<sup>2</sup> 建筑需要的8 亿 GJ 热量需要耗电900 亿 kWh。这占我国3 万亿 kWh 左右的冬季用电总量的3%，不会对电力系统的冬夏平衡带来太大的问题。

#### 3.3.2 建筑部门碳达峰碳中和排放控制目标研究

中国建筑科学研究院负责能源基金会资助项目“面向“30·60”的建筑双碳控制目标及实施路径研究”，2021 年8 月在《建筑科学》发表《建筑部门碳达峰碳中和排放控制目标研究》<sup>24</sup>。该研究主要通过构建基于 LEAP 模型的建筑运行碳排放长期预测模型，提出的3 个情景（基准情境、政策加速情景、达峰控制情景）的构想，量化分析达峰时间以及不同建筑部门减碳工作对双碳目标的贡献率。

基于目前的人口与城镇化率，建筑面积发展以及用能强度的预测，模型预测此基准情境下，建筑运行阶段碳排放结果将于2040 年左右达峰，峰值为29.61 亿 tCO<sub>2</sub>，不能满足2030 年达峰的要求。

政策加速情景：该情景以全面提升建筑节能标准为基础，结合低碳建筑技术发展方向，通过组合技术方案，实现建筑部门的碳达峰与碳中和目标，具体设定如下：

1) “十四五”期间修订提升一次建筑节能强制性标准达到超低能耗建筑能效指标水平，2030 年前再修订提升一次达到近零能耗建筑能效指标水平，2035 年后，新建建筑全面执行零能耗建筑标准。

2) 2030 年前，每年完成严寒寒冷地区既有建筑改造2.2 亿 m<sup>2</sup>，累计改造22 亿 m<sup>2</sup>，共计拆除18.6 亿 m<sup>2</sup> 老旧、无改造价值建筑，到2030 年北方无节能建筑可全部清除；2030 年之后，建筑行业由大规模建设开始向翻新改造过渡，每年对全气候区无节能标准和50%标准总量的1.5%（具有改造价值）行深度改造，达到超低/近零/零能耗建筑标准。

3) 加速建筑用能电气化。除北方采暖外，采用电能对建筑终端用能进行替

代，到 2060 年，建筑部门电气化从现在的 51% 上升至 90% 以上。

4) 农村地区大规模推广可再生能源利用，截至 2060 年累计安装光伏 350 GW，（对应 120 亿  $\text{m}^2$  建筑面积，40 亿  $\text{m}^2$  屋顶面积）。

5) 对于北方集中供暖，超低/近零/零能耗建筑已经实现了分散热泵等方式的清洁取暖。对于剩余的普通建筑，采用电力部门保留的火电机组热电联产和工业余热方式进行补充。

6) 在电力部门深度减排和 CCUS 技术支撑下，2060 年建筑部门实现净零碳排放。

达峰控制情景：该情景综合考虑了经济技术发展水平，部分经济欠发达地区的建筑节能减排市场短时间内难以满足增量成本，因此以建筑能效逐步提升为思路，与政策加速情景主要有以下区别：

1) 京津冀、长三角等经济条件相对发达的地区于 2025 年执行超低能耗建筑标准，2030 年实行近零能耗标准，其他地区于 2030 年达到超低能耗标准，2035 年实行近零能耗标准，每年有 1/2 新建建筑执行零能耗建筑标准。

2) 2030 年后，每年深度改造比例为 1%，改造总量控制在 100 亿  $\text{m}^2$  以下。

3) 农村地区以推广太阳能光伏为主，未对生物质能被商品能替代的趋势进行严格控制。

政策加速情景下，达峰时间和控制目标为 2027 年 25 亿~26 亿  $\text{tCO}_2$ ；达峰控制情景下，达峰时间和控制目标为 2030 年 27 亿~28 亿  $\text{tCO}_2$  排放量。达峰控制情景下，建筑能效提升对碳中和的贡献率为 40%；政策加速情景下，建筑能效提升对碳中和的最大贡献率为 56.9%，剩余需由电网清洁化和 CCUS 技术贡献。

### 3.4 国家能源研发创新平台

2020 年 9 月 2 日，国家能源局印发《国家能源研发创新平台管理办法》的通知。2021 年 6 月 20 日，国家能源局印发《关于组织开展“十四五”第一批国家能源研发创新平台认定工作的通知》。中核集团 2021 年 7 月 1 日收到文件进行了转发。

鼓励创新内容主要包括：新能源为主体的新型电力系统、新型储能、氢能与燃料电池、碳捕集利用与封存（CCUS）、能源系统数字化智能化、能源系统安全等重点领域。

相关方向：其中（五）能源系统数字化智能化技术。以研究能源领域数字化智能化共性关键技术；煤炭、油气、电厂、电网等传统行业数字化智能化融合技术；能源厂站和区域智慧能源系统集成技术为主。（六）能源产业链供应链安全稳定及系统安全相关技术。重点方向是能源产业链供应链安全稳定相关的能源工控系统、专用软件、高端组部件、核心材料等方面的基础共性技术，以及能源系统安全相关技术。这两个方向都与同方智慧节能产业本部正在从事的业务高度重合。也是同方应当在中核集团中承担的任务，能够成为国家级创新平台，对于巩固和发展同方的科研能力水平，将会产生积极作用。

有利条件：本部作为同方总公司在智慧节能市场领域的代表，拥有完善的能源与设备管理相关课题的研究、开发、设计和试验条件；拥有一大批相关知识产权，掌握良好应用场景；拥有技术水平高、实践经验丰富的专业带头人和一定规模的技术人才队伍，在相关领域中具有较强人才优势；研究院已运转多年，建立了良好健全的内部管理机制、产学研用合作机制和知识产权管理体系，技术创新绩效显著；年研发投入远远超超过申报条件 3000 万/年的要求，研发队伍人数已接近 100 人的要求；积极开展产学研合作。

不足之处：“创新平台”申报要求“拟建立的能源创新平台在机构、人员和财务等方面相对独立”。这一点与研究院的定位有根本冲突，技术研究院定位是为本部各业务单元提供原创性的技术研究和产品开发等技术支撑服务，研发经费基本全部来自营业收入。

建议从同方公司总部层面统和资源，投入“创新平台”建设专项资金，组建负荷申报条件的“独立的研发机构”，便于承接国家和集团重大课题，现有智慧节能技术研究院作为其派出机构，仍然服务产业本部。这样，既能保持“研发机构”的独立性，又能强化智慧节能业务。

## 4. 本章小结

碳中和在中国是深刻的社会变革，因此需要持续关注以上技术进展，并重点关注以下四方面的进展：

- 1) 综合能源服务是新型电力系统的必要支撑，实现源网荷储一体化，灵活调节分布式发电和用电负荷，并与大电网协调沟通，保障新型电力系统稳定运行。公司现有智慧能源节能技术经过升级改进，应该可以涉足综合能源服务。

- 2) 节能是建筑碳中和必要的先决条件，以建筑能耗定额为目标的建筑节能监控系统或许是将来发展的方向。
- 3) 碳排放计算，碳中和程度评价等。
- 4) 核电余热长距离供热等，以及其它以后出现的建筑和工业交通与公司业务有关的碳中和技术。
- 5) 江老师在各大论坛一直在讲要从农村开始试点“光储直柔”，涉及到公司热泵产品交流变直流。

## 参考文献

- [1]ISO/TS 14067-2018, 温室气体.产品的碳排放量.量化和通信的要求和指南《Greenhouse gases-Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification》[S].
- [2]《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》2019 修订版,Publications - IPCC-TFI (iges.or.jp)
- [3]高翔,樊星.《巴黎协定》国家自主贡献信息、核算规则及评估[J].中国人口·资源与环境,2020,30(05):10-16.
- [4]碳排放权交易管理办法(试行)正式发布[J].广西节能,2021(01):8-11.
- [5]《企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施》(环办气候函(2021)130号).
- [6]《工业企业温室气体排放核算和报告通则》GB/T 32150:2015.
- [7]《北京市 企事业单位碳中和实施指南》DB11T 1861-2021.
- [8]生态环境部环境规划院.《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告 2021》.
- [9]邓旭,谢俊,滕飞.何谓“碳中和”?[J].气候变化研究进展,2021,17(01):107-113.
- [10]丁仲礼.中国碳中和框架路线图研究[J].中国工业和信息化,2021(08):54-61.
- [11]江亿.“光储直柔”——助力实现零碳电力的新型建筑配电系统[J].暖通空调,2021,51(10):1-12.
- [12]《3060 零碳生物质能发展潜力蓝皮书》,中国产业发展促进会生物质能产业分会.
- [13]《中国氢能源及燃料电池产业白皮书 2019》,中国氢能产业联盟.
- [14]刘晓龙,崔磊磊,李彬,杜祥琬.碳中和目标下中国能源高质量发展路径研究[J].北京理工大学学报(社会科学版),2021,23(03):1-8.
- [15]龙惟定,梁浩.我国城市建筑碳达峰与碳中和路径探讨[J].暖通空调,2021,51(04):1-17.
- [16]Statistical Review of World Energy 2021|70th edition.
- [17]《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》.2018 年 12 月.
- [18]国家电网公司发布“碳达峰、碳中和”行动方案.国家电网报,2021,3 月 2 日第 001 版
- [19]马莉.双碳目标下电力市场的变与不变.
- [20]江亿,胡珊.中国建筑部门实现碳中和的路径[J].暖通空调,2021,51(05):1-13.
- [21]项目综合报告编写组.《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告[J].中国人口·资源与环境,2020,30(11):1-25.
- [22]舒印彪.碳达峰碳中和技术路径及实践探讨.
- [23]《北大金融评论》2021 年第 8 期.
- [24]张时聪,王珂,杨芯岩,徐伟.建筑部门碳达峰碳中和排放控制目标研究[J].建筑科学,2021,37(08):189-198.

# 标准篇

“碳达峰-碳中和”是一项复杂的系统工程，涉及能源、交通、工业等多个领域，是一场以新技术、新模式、新业态为关键词的经济社会系统性变革，国内外实践表明，标准是实现碳达峰、碳中和不可或缺的技术基础，对碳达峰、碳中和工作起着支撑和引领作用。

## 1. 国际标准概况

过去数年间，碳排放核算标准在国际社会得到了较快发展，逐渐形成了温室气体核算体系、ISO14064 系列和 PAS2050 等多个标准。对于认证领域目前使用较多的标准主要分为两大类，一类是温室气体量化标准，另一类是碳中和相关标准。

### 1.1 温室气体量化标准

温室气体量化标准，主要包括 ISO 14064 系列标准、PAS 2050、GHG Protocol 和 ISO 14067 等标准。其中，国际标准化组织环境管理技术委员会（ISO）颁布的 ISO 14064 系列标准能准确的量化温室气体排放及减排情况，确保在全球任何地方“一吨碳始终是一吨碳”。英国标准学会（BSI）颁布的 PAS 2050:2008 是第一个产品碳排放核算标准，已被广泛所应用，并于 2011 年更新版本，为产品碳排放核算提供了更加详细的要求和指导。GHG Protocol 在产品层面标准提供的碳排放核算相关要求和指导最为详细，在欧洲和北美各国得到了比较广泛的应用。ISO 14067:2018 为产品碳足迹的量化和外界交流提供了最基本的要求和指导，被认为是更具普遍性的标准。

ISO 14065 提出了对温室气体审定及核查团队的资质能力要求，ISO 14066:2011 是为确保 ISO 14065 的有效实施而进行的补充。ISO/TR 14069:2013 为 ISO 14064-1 在组织层面的温室气体清单中应用提供指导，用于量化和报告直接排放、间接排放。ISO 14097 可用于投资方向第三方（股东、委托人、政策制定者、金融监管机构和非政府组织等）报告他们的气候投融资活动。具体标准清单如表 1.1 所示。



表 1.1 温室气体量化标准清单

序号	标准号	标准名称
1	ISO 14064-1:2018	温室气体 第 1 部分:组织层次上对温室气体排放和清除的量化与报告的规范及指南
2	ISO 14064-2:2019	温室气体 第 2 部分:项目层次上对温室气体减排或清除增加的量化、监测和报告的规范及指南
3	ISO 14064-3:2019	温室气体 第 3 部分:温室气体声明审定与核查的规范及指南
4	ISO 14065:2020	温室气体 用于认可或其他形式许可的温室气体审定和核查机构的要求
5	ISO 14066:2011	温室气体 温室气体审定和核查团队的能力要求
6	ISO 14067:2018	温室气体 产品碳足迹量化要求和指南
7	ISO/TR 14069:2013	温室气体 14064-1 实施指南
8	ISO 14080:2018	温室气体管理和相关活动 气候行动方法学的框架和原则
9	ISO/TS 14092:2020	温室气体管理和相关活动 地方政府和社区适应规划的要求和指导
10	ISO 14097:2021	温室气体管理和相关活动 包括评价和报告与气候变化有关的投资和融资活动的原则和要求的框架
11	PAS 2050:2011	商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范
12	GHG Protocol	温室气体协议: 核算与报告准则

## 1.2 碳中和相关标准

碳中和相关标准包括 PAS 2060 标准、ISO 14068 和碳捕集与碳封存标准等。PAS 2060 是英国标准协会（BSI）于 2010 年全球首次提出的 PAS 2060 碳中和承诺，旨在量化温室气体排放的基础上，企业或组织做出积极的节排努力，从而实现低碳生产模式或生活和消费方式。ISO 14068 标准当前还处于工作草案阶段，预计将于 2023 年制定完成并发布。ISO 14068 制定重点集中在标准范围、核心术语的定义、减排量要求、碳中和信息交流等方面，将有助于为人们提供一种实现碳中和的统一方法和原则，并支持各国在制定本国气候变化的计划、战略和方案时更好地使用碳中和相关的目标和说明。二氧化碳捕集、利用与封存（CCUS）是实现碳达峰和碳中和目标的重要前沿技术。国际标准化组织二氧化碳捕集、运输与地质封存技术委员会（ISO/TC265）于 2011 年成立。目前已发布 10 项国际标准，还有 3 项在制定当中，包括捕集、运输、地质封存、交叉问题、二氧化碳驱油等相关领域。标准清单如表 1.2 所示。

表 1.2 碳中和相关标准清单

序号	标准号	标准名称
----	-----	------

1	PAS 2060:2010	碳中和承诺新标准
2	ISO 14068(正在制定)	碳中和相关声明 努力和达到温室气体碳中和的要求和原则
3	ISO/TR 27912:2016	二氧化碳捕集 二氧化碳捕集系统 技术和过程
4	ISO 27913:2016	二氧化碳捕集 运输与地质封存 管道运输系统
5	ISO 27914:2017	二氧化碳捕集 运输与地质封存 地质封存
6	ISO/TR 27915:2017	二氧化碳捕集 运输与地质封存 量化与验证
7	ISO 27916:2019	二氧化碳捕集 运输与地质封存 利用 EOR 封存二氧化碳
8	ISO 27917:2017	二氧化碳捕集 运输与地质封存 词汇 共性术语
9	ISO/TR 27918:2018	CCS 集成项目基于生命周期的风险管理
10	ISO 27919-1:2018	二氧化碳捕集 第 1 部分：电厂燃烧后 CO <sub>2</sub> 捕集效率评估方法
11	ISO/FDIS 27919-2 (正在制定)	二氧化碳捕集 第 2 部分：对电厂燃烧后 CO <sub>2</sub> 捕集的确保和维持稳定效率的评估程序
12	ISO/TR 27921:2020	二氧化碳捕集 运输与地质封存 共性问题 CO <sub>2</sub> 流成分
13	ISO/TR 27922:2021	二氧化碳捕集 水泥企业 CO <sub>2</sub> 捕集技术
14	ISO/DTR 27923 (正在制定)	二氧化碳地质封存 注入作业和基础设施
15	ISO/AWI TS 27924 (正在制定)	CCS 集成项目的风险管理

## 2. 国内标准概况

在全球气候变化背景下，我国提出“力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和”的发展目标，各省市积极响应国家应对气候变化的战略决策，纷纷提出要“努力在全国达峰之前率先达峰”。我国高度重视碳排放管理，全面推进碳减排工作，结合中国国情出台系列碳排放标准，现从国家/行业标准、地方标准两方面进行介绍。

### 2.1 国家/行业标准

国家发展改革委办公厅于 2013 年 10 月 15 日首批十个行业的企业温室气体排放核算方法与报告指南，并开始试行。之后又于 2014 年年尾以及 2015 年中分别出台了第二批总共四个行业和第三批总共十个行业的企业温室气体排放核算方法与报告指南。历经两年多的时间，先后总共公布的二十四行业的企业指南，为保证建立全国碳排放权交易市场提供了宝贵支持。

2015 年 11 月，基于国家发改委首批 10 个行业企业温室气体排放核算方法与报告指南，我国正式颁布了“企业温室气体排放核算和报告”系列国家标准，即

GB/T32150《工业企业温室气体排放核算和报告通则》，该标准涵盖发电、电网、钢铁、化工、电解铝、镁冶炼、平板玻璃、水泥、陶瓷、民航、煤炭、纺织服装等行业，对企业温室气体排放核算方法提出了统一要求，有效解决了温室气体排放标准缺失、核算方法不统一等问题，实现了我国温室气体管理国家标准从无到有的重大突破，为全国碳排放交易市场的建立提供技术支撑。

2017 年之后碳排放管理标准体系得到快速发展，国家标准化管理委员会（SAC/TC548）于 5 月 12 日发布了三个基于项目的温室气体减排量评估技术规范，并于 2017 年 12 月 1 日正式实施。

2017 年 7 月 15 日，基于国家发改委第二批和第三批共计 14 个行业企业温室气体排放核算方法报告指南，由全国碳排放管理标准化技术委员会归口管理，中国标准化研究院、清华大学、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、北京中创碳投科技有限公司等单位共同起草的《温室气体排放核算与报告要求石油化工企业》等 14 项国家标准形成征求意见稿，并于 2017 年 9 月 5 日前向各界征求意见。此国家标准包括的行业有：氟化工、食品、烟草及酒、饮料和精制茶企业、电子设备制造、独立焦化、纺织印染、公共建筑运营、机械设备制造、矿山、陆上交通运输、煤炭生产其他有色金属冶炼和压延加工业、石油化工、石油天然气、造纸和纸制品。

2019 年 4 月 9 日，住房和城乡建设部关于发布国家标准《建筑碳排放计算标准》的公告，批准《建筑碳排放计算标准》为国家标准，编号为 GB/T51366-2019，自 2019 年 12 月 1 日起实施，为碳减排工作提供指导。详细标准清单见表 2.1。

表 2.1 碳排放核算国家标准清单

序号	标准号	标准名称
1	GB/T 32150:2015	工业企业温室气体排放核算和报告通则
2	GB/T 32151.1:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 1 部分：发电企业
3	GB/T 32151.2:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 2 部分：电网企业
4	GB/T 32151.3:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 3 部分：镁冶炼企业
5	GB/T 32151.4:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 4 部分：铝冶炼企业
6	GB/T 32151.5:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 5 部分：钢铁生产企业
7	GB/T 32151.6:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 6 部分：民用航空企业
8	GB/T 32151.7:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 7 部分：平板玻璃生产企业
9	GB/T 32151.8:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 8 部分：水泥生产企业
10	GB/T 32151.9:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 9 部分：陶瓷生产企业
11	GB/T 32151.10:2015	温室气体排放核算与报告要求 第 10 部分：化工生产企业
12	GB/T 32151.11:2018	温室气体排放核算与报告要求 第 11 部分：煤炭生产企业

13	GB/T 32151.12:2018	温室气体排放核算与报告要求 第 12 部分：纺织服装企业
14	GB/T 33755:2017	基于项目的温室气体排量评估技术规范 钢铁行业余热利用
15	GB/T 33756:2017	基于项目的温室气体减排量评估技术规范 生产水泥熟料的原料替代项目
16	GB/T 33760:2017	基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求
17	GB/T 51336:2019	建筑碳排放计算标准
18	RB/T 211-2016	组织温室气体排放核查通用规范
19	RB/T 251-2018	钢铁企业温室气体排放核查技术规范
20	RB/T 252-2018	化工企业温室气体排放核查技术规范
21	RB/T 253-2018	电网企业温室气体排放核查技术规范
22	RB/T 254-2018	发电企业温室气体排放核查技术规范
23	RB/T 255-2018	电石企业温室气体排放核查技术规范
24	RB/T 256-2018	合成氨企业温室气体排放核查技术规范
25	RB/T 257-2018	甲醇企业温室气体排放核查技术规范
26	RB/T 258-2018	乙烯企业温室气体排放核查技术规范
27	RB/T 259-2018	平板玻璃企业温室气体排放核查技术规范
28	RB/T 260-2018	水泥企业温室气体排放核查技术规范
29	RB/T 261-2018	陶瓷企业温室气体排放核查技术规范

## 2.2 地方标准

北京、广东、河南等省市均对碳达峰、碳中和目标做出响应，制定了重点行业碳排放核算、低碳产品评价、碳排放信息报告等标准。地方碳排放管理标准体系的建设促进了管控目标的有效落实，有利于实现精细化管理、加快绿色低碳发展转型，为全国标准体系的建设提供借鉴和参考。北京市质量技术监督局发布的标准分类中，涉及到碳排放管理体系、碳中和实施指南、碳排放管理规范以及二氧化碳排放核算和报告要求等多个方面。上海市市场监督管理局发布了碳排放指标、碳排放计算、产品碳足迹核算等相关标准。广东省质量技术监督局分别从产品、企业、管理体系三方面，发布碳排放相关标准 4 项。河南省以及重庆市的质量技术监督局均对企业的碳排放核查工作制定了相关标准。具体标准清单见表 2.2。

表 2.2 碳排放核算地方标准清单

序号	标准号	标准名称
1	DB11/T 1558:2018	碳排放管理体系建设实施效果评价指南
2	DB11/T 1559:2018	碳排放管理体系实施指南
3	DB11/T 1860:2021	电子信息产品碳足迹核算指南
4	DB11/T 1861:2021	企事业单位碳中和实施指南
5	DB11/T 1862:2021	大型活动碳中和实施指南
6	DB11/T 1471:2017	高等学校碳排放管理规范

7	DB11/T 1539:2018	商场、超市碳排放管理规范
8	DB11/T 1781:2020	二氧化碳排放核算和报告要求 电力生产业
9	DB11/T 1782:2020	二氧化碳排放核算和报告要求 水泥制造业
10	DB11/T 1783:2020	二氧化碳排放核算和报告要求 石油化工生产业
11	DB11/T 1784:2020	二氧化碳排放核算和报告要求 热力生产和供应业
12	DB11/T 1785:2020	二氧化碳排放核算和报告要求 服务业
13	DB11/T 1786:2020	二氧化碳排放核算和报告要求 道路运输业
14	DB11/T 1787:2020	二氧化碳排放核算和报告要求 其他行业
15	DB31/T 1139:2019	燃煤发电企业碳排放指标
16	DB31/T 1140:2019	工业气体碳排放指标
17	DB31/T 1144:2019	乙烯产品碳排放指标
18	DB31/T 930:2015	非织造产品（医卫、清洁、个人防护、保健）碳排放计算方法
19	DB44/T 1941:2016	产品碳排放评价技术通则
20	DB44/T 1942:2016	小功率电动机产品碳排放基础数据采集技术规范
21	DB44/T 1943:2016	有色金属企业二氧化碳排放信息报告指南
22	DB44/T 1944:2016	碳排放管理体系 要求及使用指南
23	DB44/T 1945:2016	企业碳排放核查规范
24	DB41/T 1429:2017	工业企业碳排放核查规范
25	DB50/T 700:2016	企业碳排放核查工作规范

### 3. 本章小结

本章从国际、国内两个方向对碳排放的相关标准进行汇总，从中发现国内目前对于碳捕集、碳封存的相关标准较少；碳排放监管体系不健全；标准间衔接不紧密，覆盖范围窄。下一步工作将从以下两方面进行：一是查阅相关标准原文，核对公司业务能否应用上述碳排放计算方法。二是继续搜集标准文献，为公司智能化管理平台的算法开发提供依据。

# 市场篇

本期市场篇关注与智慧节能产业本部当前业务相关，因双碳相关政策引领，技术趋势指引产生的新兴市场，给出初步的市场发展方向、工作基础、实现路径等意见和建议。详细计划希望联合各业务单元参与，共同论证。

## 1. 市场领域与产业方向

2020 年我国首次提出要在 2030 年实现碳达峰，2060 年实现碳中和的目标。目前我国是全球最大的碳排放国，2020 年根据数据显示我国碳排放总量已达到 102.51 亿吨，单位 GDP 碳排放量为 0.653 千克/美元。

我国碳排放来源主要是由于传统能源的使用，其中 2020 年使用煤炭所产生的碳排放量占比达 71.1%。因此为了减少碳排放，我国政府在能源产业大力推进改革，传统能源产业面临挑战，新能源产业迎来新的发展机遇。

因此为了尽早实现碳达峰、碳中和的目标，我国政府在传统能源产业绿色发展的管控上近年来日趋严格，“去除过剩产能，推动产业绿色升级”成为了行业政策发展的主旋律。预计在新的政策发展规划下，传统能源产业的发展将迎来巨大的变革，行业将面临较大的挑战。传统能源产业绿色发展国家相关政策见表 1-1。

表 1-1 传统能源产业绿色发展国家相关政策

发布时间	政策及会议文件	重点解读
2021 年 3 月	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	以“调结构，促升级”为主线，推进供给侧结构性改革进入新阶段。从数量时代迈向质量时代，科技创新与产业升级，供需革命与绿色经济。绿色转型成效显著，能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高，单位国内生产总值能源消耗和二氧化碳排放分别降低 13.5%、18%。
2021 年 2 月	《加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	建立绿色低碳循环发展经济体系，促进经济社会全面转型。重点行业：石化、电力、有色等工业绿色升级。
2021 年 1 月	《石油和化学工业“十四五”发展指南》	以绿色、低碳、数字化转型为重点，通过实施创新驱动发展战略、绿色可持续发展战略、数字化智能化转型发展战略，加快建设现代化石化工业体系。

2018年2月	《打赢蓝天保卫战三年行动计划》	严控“两高”行业产能。淘汰落后产能，严格执行环保、能耗等标准。
---------	-----------------	---------------------------------

由于传统石化能源的不可再生性以及污染问题，新能源产业迎来新机遇，新能源技术都被纳入国家重点发展规划之中。2020年国家提出了是实现碳达峰和碳中和的目标，因此在最新的“十四五”计划中进一步提出要聚焦新能源产业的发展，加快壮大新能源产业。我国政府在新能源的发展和应用上推出了一系列的扶持政策，积极推动新能源产业的健康快速发展。碳达峰与碳中和背景下国家新能源相关政策表 1-2 所示。

表 1-2 碳达峰与碳中和背景下国家新能源相关政策

时间	政策及会议文件	重点解读
2021年6月	《国家能源局综合司关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》 9月8日发布《国家能源局综合司关于公布整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点名单的通知》	以县（市、区）等行政单位为整体，大面积屋顶光伏的推广应用，必然带来大规模的新能源统计、分析、评价等一系列管理问题，区域新能源的并网协调问题，及本地消纳问题。结合智慧节能产业本部业务特长，我们认为，在能源监测平台、现场数据采集器与控制的新能源应用设备三个方向有机会利用政策“红利”带来的机会，扩大市场。
2021年4月	《2021年能源工作指导意见》	落实碳达峰、碳中和目标，实现绿色低碳转型发展，只要围绕能源结构、供应保障、质量效率、科技创新和体制改革方面进行。
2021年3月	《中央财经委员会第九次会议》	碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，是社会系统性变革。
2021年3月	《国家发展改革委等五部门联合下发关于引导加大金融支持力度 促进风电和光伏发电等行业健康有序发展的通知》	大力发展可再生能源是推动绿色发展的重要支撑。实现碳达峰、碳中和，需进一步加快风电、光伏、生物质发电等可再生能源。
2020年12月	《新时代中国能源发展》白皮书	统筹光伏发电的布局与设厂消纳，实施光伏发电“领跑者”计划，加快光伏发电技术进步和成本降低。
2020年9月	第七十五届联合国大会一般性辩论	习近平总书记提出：二氧化碳排放 2030 年达峰，2060 年实现中和。

此外，在国家能源局明确提出 2030 年非化石能源占一次能源消费比重达到 25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上等目标任务，坚持目标导向，完善发展机制，释放消纳空间，优化发展环境，充分发挥地方主导作用，调动投资主体积极性，坚持存量增量并举、集中式分布式并举，持续加快推动风电、光伏发电等新能源项目的开发建设。发展绿色氢能，智慧储能，零碳城

市电力系统等，这将给我国新能源产业的发展带来新的机遇和挑战。

目前，我国碳中和产业链核心产业架构从碳排放到碳吸收大致可划分为三部分。能源生产端，加强能源结构的调整，用低碳替代高碳、可再生能源替代化石能源；能源消费端，提升节能减排水平，包括产业结构转型、提升能源利用效率、加强低碳技术研发及完善低碳发展机制等；自然循环端，加强生态碳汇和人为固碳，包括开展国土绿化行动，增加森林面积和蓄积量，加强生态保护修复，增强草原、绿地、湖泊、湿地等自然生态系统的固碳能力，增加碳吸纳量。此外，碳交易作为碳中和发展中的重要一环，也发挥着积极作用。碳中和产业链如图 1-1 所示。

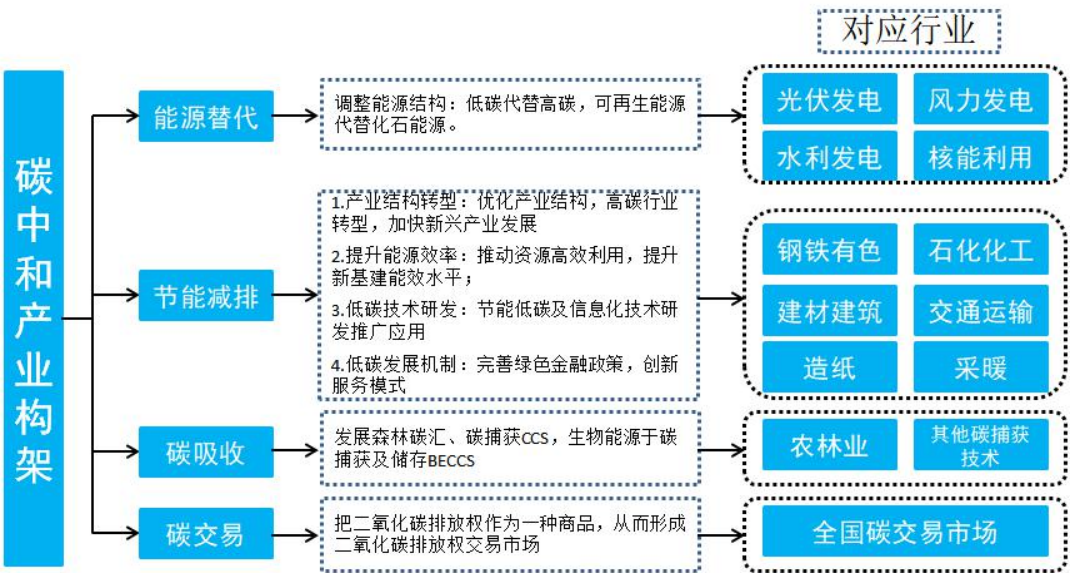


图 1-1 碳中和产业链

国家在能源供给与需求两侧进行了相关政策的调控。从开源和节流两方面落实双碳目标。开源即发展可替代能源，如光伏、风电、水电、核电等；节流即节能，采用低能耗低排放的产品和技术。我们公司诸多产业涉及节能板块，在碳达峰和碳中和的大背景下我们面临更大的机遇与挑战，依托公司产业结构和技术优势，拓展双碳领域业务，提升公司产业竞争力。

## 2. 新形势下机遇与挑战

“双碳”过程既是挑战又是机遇，将会是经济社会的大转型、一场涉及广泛领域的大变革。“技术为王”将在此进程中得到充分体现，即谁在技术上走在前面，谁将在未来国际竞争中取得优势。国家需要积极研究与谋划、谋定而动、系



统布局、组织力量、特殊支持，力争以技术上的先进性获得产业上的主导权，使之成为民族复兴的重要推动力。企业也应该紧跟国家“双碳”政策和规划，布局谋划未来的发展，这总新形势下充满机遇，同时存在巨大挑战。

## 2.1 电价政策调整

截至目前，已有 29 个省份实施了分时电价机制，各地分时电价机制在具体执行上有所不同。总体来看，各地分时电价机制实施，有力促进了需求侧移峰填谷，在缓解电力供需矛盾、保障电力安全供应、提升电力系统经济性等方面发挥了重要作用。

当前，我国新能源装机规模不断扩大，电力消费结构加快变化，用电负荷呈现冬夏“双高峰”特性，电力生产侧与消费侧双向大幅波动，保障电力安全经济运行面临更大挑战，对进一步完善分时电价机制提出了迫切要求。据统计，各地夏季最热、冬季最冷时段的全年累计时间普遍低于 60 个小时，但对应的尖峰电力需求可较平时高出 1 亿千瓦以上，保障电力系统安全稳定运行面临更大挑战，去年以来部分地方已不得不实施有序用电。进一步完善分时电价机制，特别是优化峰谷电价机制、出台尖峰电价机制，有利于充分发挥电价信号作用，引导用户错峰用电，尽可能少地启动有序用电，保障电力系统安全稳定运行，降低经济社会运行成本。

各地现行分时电价机制已实施多年，在形势明显变化后，存在时段划分不够准确、峰谷电价价差仍有拉大空间、尖峰电价机制尚未全面建立，以及分时电价缺乏动态调整机制、与电力市场建设发展衔接不够等问题，需要适应形势变化进一步完善。

进一步完善分时电价机制，特别是合理拉大峰谷电价价差，有利于引导用户在电力系统低谷时段多用电，并为抽水蓄能、新型储能发展创造更大空间，这对促进风电、光伏发电等新能源加快发展、有效消纳，着眼中长期实现碳达峰、碳中和目标具有积极意义。

今年国家发改委、地方政府相继出台各种政策，鼓励削峰填谷，设置储能设施，优化用电结构。充分发挥分时电价信号作用，服务以新能源为主体的新型电力系统建设，促进能源绿色低碳发展，进一步完善分时电价机制。部分电价政策如表 2.1 所示。

表 2.1 电价政策

发布时间	政策及会议文件	重点解读
2021 年 7 月 26 日	国家发改委《关于进一步完善分时电价机制的通知》发改价格(2021)1093 号	引导节约用电、错峰避峰；鼓励配置储能。规定峰谷差率超过 40%的地方峰谷电价价差不得低于 4:1，其他地方原则上不低于 3:1
2021 年 8 月 31 日	广东省发改委《关于进一步完善我省峰谷分时电价政策有关问题的通知》	优化时段划分，拉大峰谷比价。
2021 年 9 月 9 日	浙江省发改委《关于进一步完善我省分时电价政策有关事项的通知》	优化峰谷电价时段，拉大峰谷电价差。实施尖峰电价政策
2021 年 9 月 19 日	江苏省发布停限电公告	拉闸限电，倒逼企业升级，实现节能减排，能源“双控”目标。

国家能源战略的绿色转型带来用能政策的变化，这将对公司相关业务产生直接影响，例如人环产业，节能产业，蓄能产业等。

## 2.2 项目发包模式转变

建设工程采用何种发包模式对公司部分业务体系有一定的影响。2014 年住建部颁布 118 号文，2016 年 11 月，住建部颁布《建筑工程施工发包与承包违法行为认定查处管理办法》（建市施函[2016] 121 号），对 118 号进行了修订。今后政府部门将继续加大对项目拆分发包的监管。

长期以来，为了更好地管控专业工程，大多数业主愿意将其直接发包或指定专业分包人来实施。直到 2014 年住建部出台 118 号文明确规定，不得将单位工程分开发包，这是国家层面首次确定了拆分发包的具体认定标准。该文发布后，国家对于拆分发包的打击日趋严厉，甚至有的业主不得不想方设法将原来直接发包的专业工程“装回”总包工程范围中去。

118 号规定要求以单位工程作为最小发包单位，这意味着建筑工程项目以总包模式发包。北京、上海、山东、江苏等多个地已执行。也有少数地区的地方规定与 118 号文的规定出现了不一致，如福建等规定特殊情形下可以将专业工程或专业性较强的分部分项工程作为最小发包单位。此类地方规定大多是地方性法规，比如福建省的《福建省建筑市场管理条例》和淮南市的《淮南市建筑市场管理条例》。

根据《建筑法》第 65 条、《建设工程质量管理条例》第 55、73 条、《建筑工程施工转包违法分包等违法行为认定查处管理办法（试行）》第 13 条，一旦被认定为违法发包，业主及相关责任人员可能承担行政责任。

发包模式的转变直接影响公司相关业务的合同质量和数量，涉及到人工环境产业、智慧建筑与园区等。

## 2.3 软件平台产品

十四五规划明确指出“加快数字化发展，建设数字中国”。迎接数字时代，激活数据要素潜能，推进网络强国建设，加快建设数字经济、数字社会、数字政府，以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革。

加快推动数字产业化，培育壮大人工智能、大数据、区块链、云计算、网络安全等新兴数字产业，提升通信设备、核心电子元器件、关键软件等产业水平。构建基于 5G 的应用场景和产业生态，在智能交通、智慧物流、智慧能源、智慧医疗等重点领域开展试点示范。

推进新型智慧城市建设，将物联网感知设施、通信系统等纳入公共基础设施统一规划建设，推进市政公用设施、建筑等物联网应用和智能化改造。完善城市信息模型平台和运行管理服务平台，构建城市数据资源体系，推进城市数据大脑建设。

同方自主研发工业软件涉及工研、工管、工维、工标、工控、工互、工应、工能、工安、工数、工智十一个门类，20 种产品。形成各类著作权 300 余项。应用了嵌入式、物联网、移动 APP、工业互联网、大数据、云计算、边缘计算、数字孪生等一系列先进信息技术。覆盖建筑、交通、能源、城市安全、工业自动化、应用软件开发等众多行业应用。

“数字化”热情的高涨，与业务相关的管理平台需求越来越多，要求越来越高。需求更清晰、明确，用户的水平在实实在在地提高。尽管，“数字化”热潮已经成为普遍的现象，在不同的行业仍然存在着较大的差别。我们所在的“专业服务”行业，以及我们服务的建筑相关领域（建造、房地产、酒店），都存在巨大的提升空间。

此外，国家商业环境的变化也为我们自主产品提供了空间。

## 2.4 与中核产业融合

中核集团业务涵盖核能核电、新能源、建设工程等诸多领域。

智慧节能产业本部在机电工程、智慧节能、智慧园区、智能软件平台等产业

具有较强的优势。我们是否可以探寻一种产业协同、产业融合的创新发展模式。在中核领导下，发挥集团公司的优势，与国家部委、地方政府、咨询机构和投资机构进行广泛沟通与合作，不断延伸集团全产业链的服务层级。

例如，依托于中核电力、节能研究院、智慧园区、节能工程、蓄能等多个产业，在低碳建筑与园区“源-网-荷-储”实现全方位能源规划建设和管理，构建完整的能源产业体系。

### 3. 双碳政策对公司产业的影响

早在 2012 年开始，我国就陆续开展的 6 个低碳省（区）和 81 个低碳城市、52 个低碳工业园区、400 余个低碳社区和 8 个低碳城镇试点，初步形成了全方位、多层次的低碳试点体系。这些试点对于推动实现我国双碳承诺，加快生态文明建设，推动经济高质量发展和生态环境高水平保护都具有重要意义。数据显示，2019 年我国单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降了 48.1%，已超过对外承诺的 2020 年下降 40~45% 的目标，基本扭转了温室气体排放快速增长的局面。

这说明，我国积极应对气候变化的各项工作是行之有效的。政府和各行各业都在为实现双碳目标付诸行动。制定标准和规则，建立工作机制，明确责任。公司在节能领域有众多产业，这也对我公司相应产业提供了舞台。

#### 3.1 智慧交通

轨道交通是单位周转量碳排放较低的交通工具，公路货运单位周转量碳排放是铁路的 3.57 倍，公路客运单位周转量碳排放是铁路的 2.58，私家车通勤单位人次碳排放是轨交通 2.54 倍<sup>1</sup>。客运和货运尽量多的采用轨道交通，对于交通碳达峰具有重要意义。目前，我国 19 个城市群，轨道交通运营网线规模占比来看，长三角、京津冀、珠三角、成渝四个城市群轨道交通占全线运营里程的 67.4%。

对城市客运进行碳排放研究，基于 2017 年我国 35 个中心城市的碳排放数据，城市客运交通中私家车碳排放对交通总排放贡献最大。不同交通方式碳排放量如图 3.1-1 所示<sup>2</sup>。

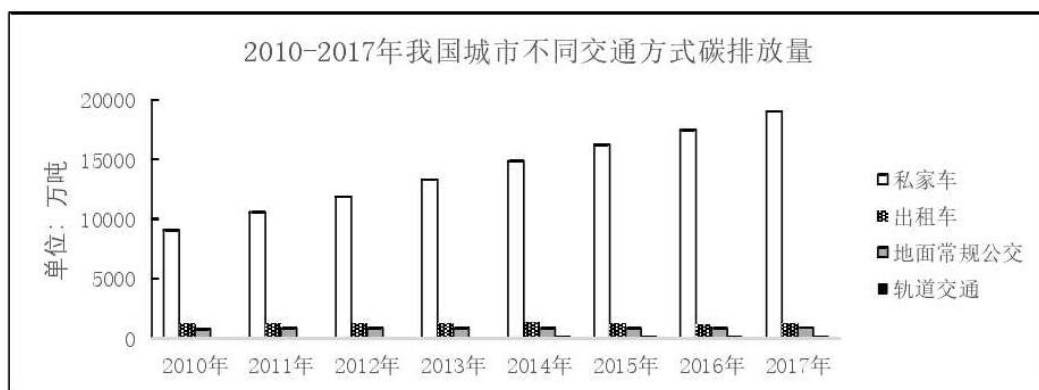


图 3.1-1 不同交通方式碳排放量

公共交通碳排放效率明显优于私家车，尤其是轨道交通碳排放最低，构建完善城市公共交通体系对减少城市客运交通碳排放具有重要现实意义。各种客运交通碳排放指标对比如表 3.1 所示<sup>2</sup>。

表 3.1 各种客运交通碳排放指标对比

指 标	私家车	出租车	地面常规公交	轨道交通
每车百公里碳排放 (kg/100km)	14.94	20.33	59.63	344.28
人均每公里碳排放量 (kg/人*km)	0.117	0.102	0.029	0.007

截至 2020 年底，中国共有 45 个城市开通城市轨道交通(简称城轨交通)运营线路 244 条，运营线路总长度 7969.7 km。其中，地铁运营线路 6280.8 km，占比 78.8%；其他制式城轨交通运营线路 1688.9 km，占比 21.2%。当年新增运营线路长度 1233.5 km。

截至 2020 年底，共有 65 个城市的城轨交通线网规划获批(含地方政府批复的 21 个城市)，其中，城轨交通线网建设规划在实施的城市共计 61 个，在实施的建设规划线路总长 7085.5 km(不含已开通运营线路)<sup>3</sup>。2020 各城市轨道交通运营线路长度及增长幅度如图 3.1-2 所示,2020 各城市轨道交通投运站场如图 3.1-3 所示。

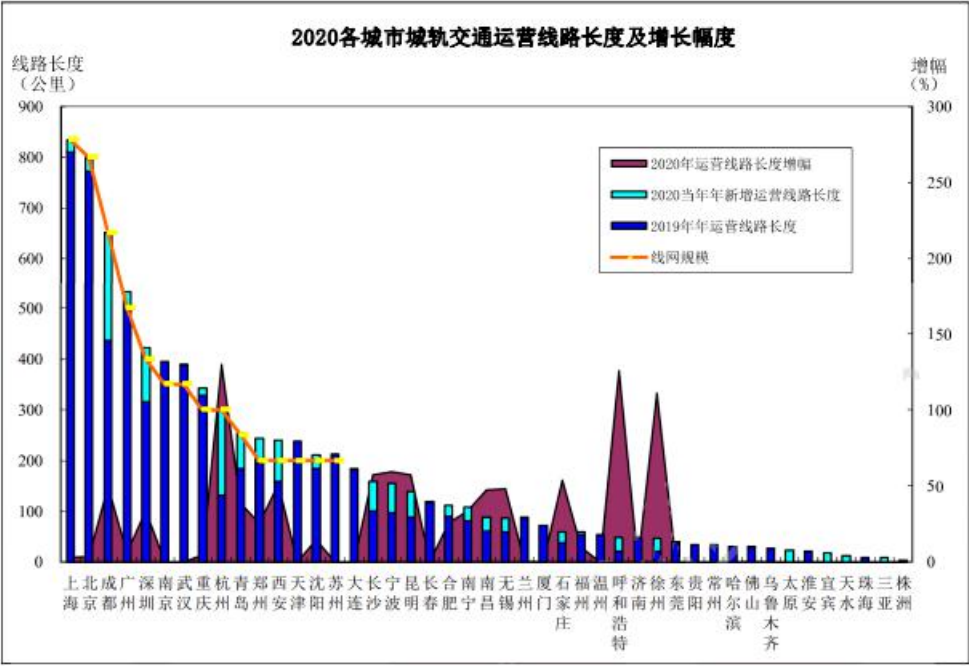
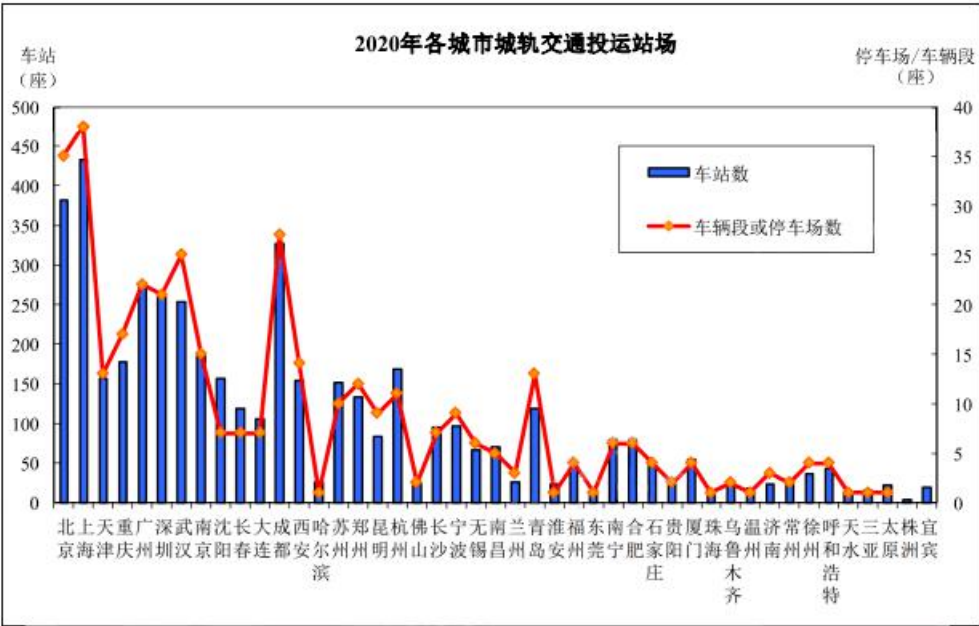


图 3.1-2 2020 各城市轨道交通运营线路长度及增长幅度



注：线网车站数量含换乘站，每车站只计一次。

图 3.1-3 2020 各城市轨道交通投运站场

2020 年 3 月，中国城市轨道交通协会组织编写了《中国城市轨道交通指挥城轨发展纲要》。统筹谋划了 1 张智慧城轨的发展蓝图，8 大关键核心业务建设体系，1 个承载全部指挥城轨业务的云平台 and 1 套指挥城轨技术标准体系。

在双碳目标的大前提下，国家大力发展公共交通和轨道交通，对于公司智慧交通业务提供了广阔的发展空间。

## 3.2 智慧能源（智慧热网和余热利用）

实现“双碳”目标，要求我们必须大力调整能源结构，加快能源清洁低碳转型，壮大清洁能源产业，加速可再生能源开发，推动能源供给侧结构调整，构建更加清洁低碳、安全高效的现代能源体系。以新能源、清洁能源为主体的现代能源体系在减少二氧化碳排放的同时，也给能源系统带来了调控复杂、运行不稳定的潜在问题。

近年来能源产业数字化、智能化趋势日益明显，产业数字化进程不断加快，5G时代到来，进一步催化了能源产业与信息产业的跨界融合，为实现智慧能源系统提供了有力的工具，为智慧能源发展创造了广阔的市场空间和技术创新领域。

在这种时代背景下，通过建设智慧能源系统实现能源系统的协调规划、优化运行、协同管理、交互响应和互补互济，在满足多元化用能需求的同时有效提升能源利用效率，进而促进能源可持续发展的目标。推动智慧能源系统建设，能极大激发我国能源行业的内生动力和发展活力，产生巨大的经济效益和社会效应。

智慧能源公司在以下几个业务板块高度契合国家当前双碳战略目标。

### 3.2.1 热网智能化及节能综合业务（节能工程）

城镇化进程带动城市负荷快速增长，城市能源供应呈现出规模大型化，技术多样化，管理复杂化，信息完善化的特点。在这种背景下，公司依托热网智能化，开展节能综合业务，通过挖掘数据资源，精益生产，精细管理，提高管理效率并降低运行能耗以实现较好的经营效益。

### 3.2.2 长距离输送、大温差应用业务（节能工程、节能装备）

供热模式的创新，长距离输送、低回水温度、大温差机组替代传统板式换热器成为新型供热模式的显著特征。将远郊甚至其他城市的热电厂纳入到城市集中供热范畴，解决了城市采暖热源缺口，又节省了一次能源消耗，达到了节资提效，节能减排多重效益。目前多个城市规划采用这种供热模式，成为公司未来增长点。太原太古项目作为示范性样板工程，为基于城市能源规划的吸收式机组多场景应用，提供了借鉴。

### 3.2.3 工业余热回收（节能装备）

我国工业余热资源丰富，特别是在钢铁、有色、化工、水泥、建材、石油与石化、轻工、煤炭等行业，余热资源约中可回收利用的余热资源约占余热总资源

的 60%。目前我国余热资源利用比例低，大型钢铁企业余热利用率约为 30%~50%，其他行业则更低，余热利用提升潜力大。余热资源从其来源可分高温烟气余热和冷却介质余热等六类，见下表 3.2.3。

表 3.2.3 余热资源来源分类表

序号	从来源分类	特    点
1	高温烟气余热	高温烟气余热数量大，分布广，如在冶金、化工、建材、机械、电力等行业，各种冶炼炉、加热炉、内燃机和锅炉的排气排烟。有些工业窑炉的高温烟气余热甚至高达炉窑本身燃料消耗量的 30-60%。高温余热烟气的温度高、数量多，回收容易，约占总余热资源的 50%。
2	冷却介质余热	工业生产中需要大量的冷却介质来保护高温生产设备，常用的冷却介质为水、空气和油。冷却介质的温度一般较低，电厂汽轮机的冷却水一般不超过 25-30 度，因此回收利用相对困难，可采用热泵设备回收利用。
3	废水废气余热	废水废气余热是一种低品位的蒸汽和凝结水余热，凡是使用蒸汽和热水的企业都会有这种余热。废水废气余热资源约占余热资源总量的 10%-16%。
4	化学反应余热	化学反应余热主要存在于化工行业，占余热资源总量的 10%以下。利用硫酸制造过程中焚酸炉产生的化学反应热，使炉内温度达到 850-1000 度，可用于余热锅炉产生蒸汽，约可回收 60%。
5	可燃废气、废液和废料余热	生产过程中的排气、排液和排渣中含有可燃成分，这些余热约占余热资源总量的 8%左右。
6	高温产品和炉渣的余热	工业生成中许多要经过高温加热过程，最后出来的产品及其炉渣废料具有很高的温度，而通常产品要到冷却后才能使用，在冷却时三分的热量就是余热，约占余热资源总量的 4-6%。

资料来源：北京发改委《节能减排篇》

工业余热回收利用利国利民，协助企业降低碳排放，助力国家双碳目标达成具有重要意义。公司与大唐电力、国电投等集团合作，通过项目落地，充分释放“技术+资本+运营”的综合势能，在国家大力倡导“能源革命”的当下，开启了能源领域未来多元合作的新篇。

3.2.4 矿山企业排水排风余热回收综合解决方案（同方人环、无锡人环）

同方人环在矿山坑道排水、排风余热回收、坑口保温及矿山热害治理等领域耕耘多年，形成了有自己特色的矿山综合能源解决方案，做了大量的项目，积累了丰富的经验。业务范围从早期的煤矿为主扩展到金矿、铁矿等非煤矿山领域，余热回收也从单一的矿井排水发展到排风、选矿水（污水）的热回收以及矿山坑口保温空气源热泵专用机组。

随着国家目标的确立，矿山企业能源结构也在发生着巨大的变化，供暖和生



活热水已由常规的燃煤为主逐渐过渡到天然气、热泵为主，热泵在矿山领域的应用有一定的市场规模。未来 5 年，热泵替代燃煤、燃气已经成为人们共识，公司继续深耕这一产业。

### 3.3 智慧建筑与园区

在 3060 “碳达峰、碳中和”战略下，低碳时代对园区的节能环保提出了新的要求，园区数字化转型的趋势性价值与机会空间无比广阔。为城市的基本单元，建筑与园区将是实现“双碳”战略的主战场。未来建筑与园区更加低碳化，将从纯粹的用能方，转变为清洁能源供给方；能源结构发生改变，信息通信技术将发挥关键纽带作用；新型能源管理服务成为刚需，数字平台在建筑与园区运营中的价值将进一步彰显。

例如，深圳湾科技园积极响应国家双碳战略，以园区生态平台推动能源革命和数字革命相融并进，规划设计阶段融合绿色建筑、多能互补、绿色金融，运营阶段对园区进行“源-网-荷-储”全方位能源管理（国家发展改革委、国家能源局《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》），构建能源生态创新商业模式，助力产业、科技与生态共生。

2021 年 3 月 31 日，浙江海宁尖山成立我国首个建立的“源网荷储一体化示范区”，也是浙江省内响应“双碳”号召设立的首个“绿色低碳工业园”。构建“以新能源为主体的新型电力系统”，提升清洁消纳、电力供应、节能增效三项服务，实现清洁能源占比、终端电气化水平、能源利用效率三大提升。

智慧园区低碳发展离不开信息化技术加持。同方拥有物联网控制系统、昆仑平台、节能云产品、AR 云平台、智慧工业园管理中心平台等。依托不断创新的场景应用以及云计算技术，在安全可靠的前提下保持品牌产品的国内领先地位。

园区是城市的基本单元，是双碳战略落地的主战场，是实现社会可持续发展的重要载体。未来国家双碳目标的达成，必将由建设低碳建筑和智慧园区开始。也为公司智慧建筑与园区业务提供了市场空间。

### 3.4 智慧基础设施

智慧基础设施涵盖的范围广泛，包括城市交通、电力、水利、通信、能源供应等多个领域。我司在智慧基础设施领域业务包括数据线中心与地下空间相关业

务。

数字时代，大量的生产生活离不开计算力的支撑。“双碳”目标引领下，降低计算能耗，推动“绿色计算”十分关键。工信部近日印发《新型数据中心发展三年行动计划(2021-2023 年)》，明确大力推动绿色数据中心创建、运维和改造。

数据中心业务部门在数据中心建设及节能领域构建了完整的体系。

- (1) 数据中心空调节能管理平台
- (2) 数据中心基础设施管理平台
- (3) 数据中心运维管理平台
- (4) 数据中心运维巡检机器人
- (5) 装配式数据中心建设
- (6) 数据中心余热回收利用

### 3.5 人工环境产业

人工环境产业涵盖了产品生产销售和工程集成两大业务板块。

#### 3.5.1 热泵重点技术研发

对于产品生产业务，需要寻找根本途径控制产品生命周期碳排放，采用低碳技术，加速供应链低碳化发展。公司内部也要提高自主创新意识，推动产业转型升级。我们多个类别产品位于产业链下游，提高核心零部件的研发能力，增强创新意识，扭转“低利润，高污染”的产业模式，是今后发展的目标和动力。

在热泵行业继续保持我们的传统优势，如加大低温变频机组、高温出水方面如 CO<sub>2</sub> 热泵机组方面产品研发投入。在传统热泵热水方面，优化产品系列，拓展应用领域。

学习行业头部企业技术创新，如格力“零碳源”空调技术。

#### 3.5.2 高科厂房空气净化及节能综合解决方案（同方人环）

重点发展满足高科技电子工厂生产工艺“洁净度”、“温湿度”等要求的技术产品、工程建设以及运维服务，形成高科厂房领域具有“智慧”、“节能”特色的“智慧高科厂务解决方案”。

随着现代电子信息产业的快速发展，我国已成为全球电子终端产品制造大国和最大的集成电路消费国，2018 年国内集成电路市场规模达 1550 亿美元，对芯片需求极为旺盛。受国际局势的影响，我国已开始加大力度推动芯片产业的自研

自产。绿色工厂、低碳工业园已经深入人心，高科厂房业务秉承“智慧”与“节能”，深耕低碳高科厂务业务。

3.6 蓄能业务

今年国家发改委、地方政府相继出台各种政策，鼓励削峰填谷，设置储能设施，优化用电结构。充分发挥分时电价信号作用，服务以新能源为主体的新型电力系统建设，促进能源绿色低碳发展，进一步完善分时电价机制。

为贯彻落实党中央、国务院关于深化电价改革、完善电价形成机制的决策部署，充分发挥分时电价信号作用，服务以新能源为主体的新型电力系统建设，提升电力系统整体利用效率，促进能源绿色低碳发展，日前，国家发展改革委印发《关于进一步完善分时电价机制的通知》，部署各地进一步完善分时电价机制。

《通知》要求，各地结合当地情况积极完善峰谷电价机制，统筹考虑当地电力供需状况、新能源装机占比等因素，科学划分峰谷时段，合理确定峰谷电价价差，系统峰谷差率超过 40%的地方，峰谷电价价差原则上不低于 4:1，其他地方原则上不低于 3:1。

各地要在峰谷电价的基础上推行尖峰电价机制，主要基于系统最高负荷情况合理确定尖峰时段，尖峰电价在峰段电价基础上上浮比例原则上不低于 20%。可参照尖峰电价机制建立深谷电价机制。

鼓励工商业用户通过配置储能、开展综合能源利用等方式降低高峰时段用电负荷、增加低谷用电量，通过改变用电时段来降低用电成本。有条件的地方，要按程序推广居民分时电价政策，逐步拉大峰谷电价价差。

为适应新能源大规模发展、电力市场加快建设、电力系统峰谷特性变化等新形势新要求，部分省份出台了新的电力政策见表 3.6。

表 3.6 各省市电力政策调整汇总

地区	电价调整政策
山东	6-8 月实施的尖峰电价时段，由 10:30-11:30 调整为 10:00-11:00
江苏	7 月至 8 月上旬 10:00-11:00；7 月 15 日至 8 月 31 日下午 14:00-15:00 在峰段电价基础上每千瓦时加价 0.1 元。
南方电网	落实拉大峰谷电价价差 进一步激励用户削峰填谷。建立尖峰电价机制，关于尖峰电价上浮比例，将按照国家统一要求不低于 20%，每天执行时段不低于 2 个小时。
广东	实施尖峰电价政策。拉大峰谷比价为 1.7:1:0.38。尖峰电价执行时间为 7 月、8 月和 9 月三个整月，尖峰电价上浮 25%。

广西	制定实施全区峰谷电价政策
贵州	高峰、平段、低谷三段各 8 小时。峰谷段电价上下浮 50%。
宁夏	峰谷段电价上下浮 50%。
安徽	试行季节性尖峰电价和需求响应补偿电价。响应补偿中，约时响应每次 8 元/千瓦，实时响应每次 12 元/千瓦，填谷响应每次 3 元/千瓦；容量补偿则分为分钟级和秒级两类，分钟级容量补偿标准为旺季每月 1 元/千瓦、淡季每月 0.5 元/千瓦，秒级容量补偿标准为旺季每月 2 元/千瓦、淡季每月 1 元/千瓦。其中，每年 1、2、7、8、9、12 月为旺季，其他月份为淡季
山西	完善峰谷电价形成机制 动态调整峰谷时段，优化峰谷价差和浮动幅度，运用价格信号引导电力削峰填谷

不低于 4:1 的峰谷电价价差，将显著改善蓄冷技术的盈利能力，促进更多地方、更多企业应用蓄冷技术；有效的市场化分时电价信号，将真正发挥“指挥棒”作用，激励精细化负荷控制技术应用。因此，随着相关政策付诸实施，蓄冷、降温负荷优化控制等错峰用电技术有望取得长足发展，得到更广泛应用，从而更大程度释放需求侧削峰潜力，助力迎峰度夏期间电力平衡，带来更大的经济效益和社会效益。

蓄能业务是公司传统业务，蓄能技术在新时代焕发着蓬勃生机，蓄能也将成为“双碳”实现技术，结合“源-网-荷-储”智慧建筑和园区发挥重要作用。

面向未来，唯有能力共进、持续深耕、全面协同，才能在众多不确定性的挑战中，创造更多确定性价值。我们期待公司间产业互融，齐心合力，勉励共进，释放更大潜能，在时代新局下共育新机，共赢价值，共享繁荣。

## 参考文献

- [1]刘新宇,曹莉萍.基于智慧平台促进碳减排的“公转铁”政策创新[J].上海节能,2021(08):790-796.
- [2]张梦瑶. 地面常规公交效率对城市客运交通碳排放的影响研究[D].北京交通大学,2020.
- [3]《城市轨道交通 2020 年度统计和分析报告》发布[J].隧道建设(中英文),2021,41(04):691.