

CHNT

正泰电器

KEARNEY



正泰电器碳中和白皮书

正泰碳中和技术研究院&科尔尼联合出品

NET ZERO



序言



近年来，世界各地极端天气频繁发生，冰川融化、洪水肆虐、疾病爆发……气候变化已经从未来的挑战变成日趋紧迫的现实危机。如何推动人类社会与自然环境和谐发展，成为我们必须面对的时代命题。

自从《巴黎协定》签署之后，碳达峰、碳中和已经成为全球共识，能源结构向绿色低碳转型已经成为全球趋势。面对资源紧张、环境污染、气候变化等问题，以可再生能源替代化石能源，构建以新能源为主体的新型电力系统，或将成为实现“碳达峰”与“碳中和”宏伟目标的必由之路。

在全球共识与中国顶层设计驱动下，“双碳”将深刻改变以能源为核心的社会运行现状，将推动工业和制造业踏上绿色低碳的能源转型之路，为能源及电力行业加速发展打开新窗口，也将重塑全球经济发展新模式。

正泰作为全球知名的智慧能源系统解决方案提供商，积极助力世界“碳中和”愿景，聚焦绿色能源、智能电气和智慧低碳等核心业务，以“绿源、智网、降荷、新储”系统化的服务能力，构筑了跨区域、全球化的智慧能源产业生态圈，在绿色低碳发展的新蓝海中争做探索者、倡导者、实践者。目前，正泰已确立“2028年实现运营碳中和，2050年实现全价值链碳中和”的降碳目标，从“为社会提供更多绿色能源选择”到“向客户提供一站式碳中和解决方案”，再到“致力于人类社会的可持续发展”，正泰先行先试，勾勒出了一幅绿色的“双碳”蓝图。

前路漫漫，道阻且长。“碳中和”的序幕已经拉开，我们坚信在实现净零排放以应对气候变化的全球共识下，正泰将通过不断迭代的技术创新，赋能我们的客户尽快实现碳中和，我们也将持续构筑面向未来的可持续发展能力，为行业实现整体双碳目标贡献“正泰力量”。

行而不辍，未来可期。在全球能源剧变重塑新格局下，正泰愿与各方合作伙伴携手，共同采取行动以加速低碳进程，为全球的绿色可持续发展呈现“正泰范式”，助力尽早迈向零碳未来！

**正泰集团董事长、正泰电器总裁、正泰国际总裁
张智寰**

目 录

序言	02
第一章：全球双碳背景及意义	05
一、全球变暖加剧，碳中和迫在眉睫	06
二、与时间赛跑，世界各国的碳中和实践	08
第二章：中国碳中和目标的战略规划	11
一、碳中和上升为国家战略	12
二、中国的碳中和承诺	13
三、中国碳中和的目标规划	14
第三章：正泰电器的碳中和目标	17
第四章：砥砺前行-碳中和的实现路径	19
一、做减法：结构优化，源头减量	21
二、做加法：捕集固存，回收利用	23
第五章：道阻且长-行业实现碳中和的挑战	24
一、挑战1：电源侧煤电依存度仍然较高	25
二、挑战2：电网侧稳定性和灵活性受到挑战	26
三、挑战3：负荷侧对终端用能的协同优化提出更高要求	27
第六章：行而将至-赋能客户碳中和的正泰答案	28
一、整体布局：绿源、智网、降荷、新储	29
二、行业赋能：“电能替代+清洁替代”	33
第七章：专家寄语	41

第一章： 全球双碳背景及意义



一、全球变暖加剧，碳中和迫在眉睫

1 全球升温2℃，将带来怎样的改变？

全球变暖正改变着人们的生活方式，危及着地球的宜居性：

升温2℃

珊瑚礁基本上会
完全消失

珊瑚礁可以产生氧气，也被称为水下雨林，为1/4的海洋生物提供着栖息地。

升温2℃

全球海平面将
上升10厘米

格陵兰岛和北极冰层融化速率不断加快，导致海平面上涨，地势较低的沿海城市和国家将面临消失。

升温2℃

土地干旱
大规模物种灭绝

粮食保障将面临巨大风险，世界部分地区将不宜从事室外工作或生活。

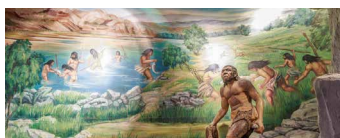
持续性的“暖化”引发了洪水、干旱、飓风等自然灾害，破坏着地球的生态平衡，也带来了地球物种危机，全球变暖是人类的行为造成地球气候变化的恶果。



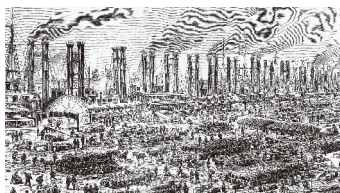
2 碳排放——全球变暖的元凶

根据世界各国的气象观测记录显示，自1880年以来，地球的平均表面温度每十年上升 0.07°C (0.13°F)^①，而随着时间的推移，温度变化的速度显著增加，自1981年以来增加了一倍多，达到 0.18°C (0.32°F)。世界气象发言人表示，自工业革命以来，2016年是最热的一年，但2019年与2020年也不相上下；2020年全球平均温度较工业化前水平高出约 1.2°C 。

CO_2 是全球变暖的主要元凶，随着人类的活动，碳的消耗越多，制造出的 CO_2 也就越多。从18世纪中期开始，全球碳排放量整体呈现增长趋势，特别是20世纪中叶以来，加速趋势更为明显。



在人类社会早期刀耕火种的时代，化石能源使用量寥寥无几，碳排放量自然也处在很低的水平



自工业革命以来，经济社会发展对化石能源的依赖逐渐增强，全球消耗的煤炭、石油、天然气等化石能源总量持续增长，相应地，二氧化碳排放量也不断增加



1950年，全球碳排放量约为**60亿吨**二氧化碳

1990年，全球碳排放量几乎翻了两番，超过**220亿吨**二氧化碳

期间，碳排放量依然保持增加的态势

2020年碳排放量已超过**348亿吨**二氧化碳

2022年碳排放量已超过**413亿吨**二氧化碳

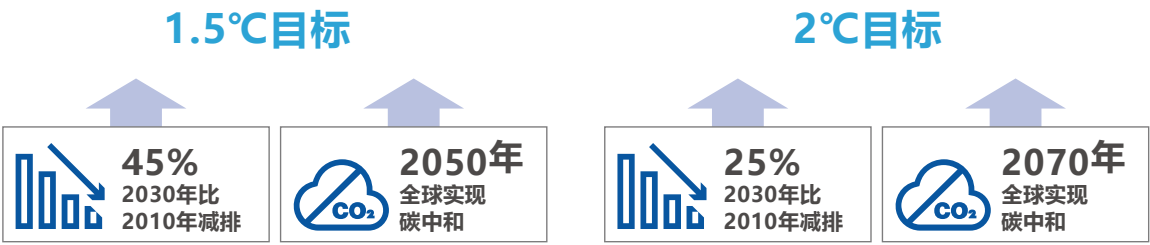
全球变暖是人类的行为造成地球气候变化的恶果，应对危机，全球行动迫在眉睫。

3 全球共识—— $1.5^{\circ}\text{C}/2^{\circ}\text{C}$ 目标

2015年，《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）缔约方会议第二十一届会议通过了《巴黎协定》，这是应对气候变化史上具有重要里程碑意义的协议。《巴黎协定》的重要目标之一是“在本世纪内将全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上低于 2°C 之内，并努力将气温升幅限制在工业化前水平以上 1.5°C 之内”。因为气温上升超过 1.5°C 将危及地球的宜居性，若不加以控制， 1.5°C 的“门槛”将在2030年超过，世界将已完全偏离轨道，正朝 3°C 的目标前进。

^① 数据来源：Global Climate Media 《全球每月地表温度的历史趋势（1851-2020）》

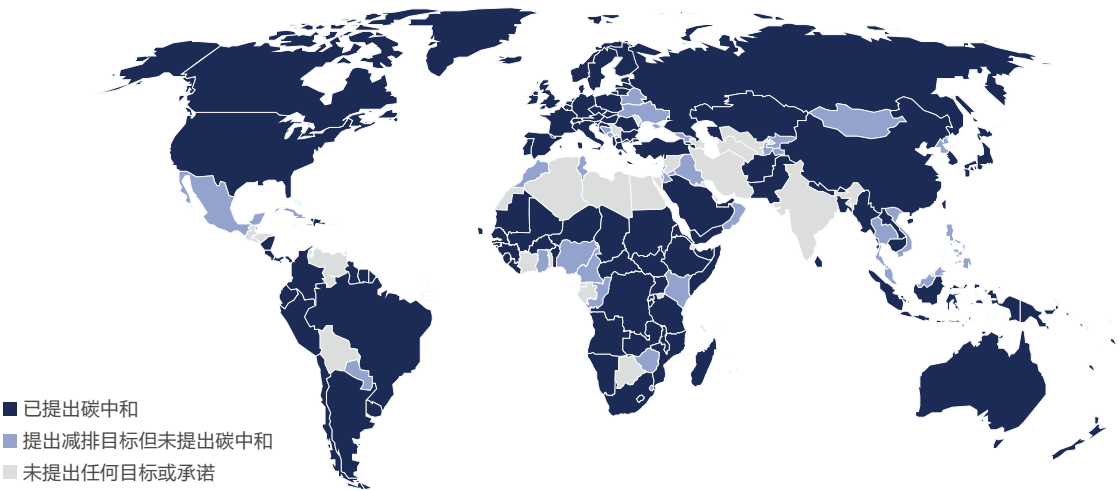
政府间气候变化专门委员会（IPCC）最新研究表明：全球需要在2050年左右实现CO₂的净零排放，即碳中和，才能实现1.5℃目标；需要在2070年至2080年左右实现碳中和，才能实现2℃目标。



二、与时间赛跑，世界各国的碳中和实践

地球是人类唯一赖以生存的家园，面对全球气候挑战，人类是一荣俱荣、一损俱损的命运共同体，没有哪个国家能独善其身。在面对全球变暖的严峻形势下，碳中和已经成为关系人类命运的共同话题。

截至2021年底，全球已有136个国家和地区承诺碳中和，碳中和目标已覆盖了全球88%的温室气体排放、90%的世界经济体量和85%的世界人口。在承诺形式上，13个国家完成了正式立法，30个国家写入了政策文件，16个国家采用声明形式，70个国家处在提议阶段。



减排概念的差异



- 不同国家和地区因发展阶段、能源结构、减排雄心、自然禀赋等的差异，采取不同的减排概念
- 中国、哈萨克斯坦、哥伦比亚等国家采用“碳中和”的提法
- 美国、加拿大、阿根廷等国家采用“净零排放”的概念
- 而欧盟、巴西等国家和地区采用“气候中性”的概念

资料来源：联合国气候变化框架公约，案头研究，科尔尼

图：世界各国碳中和目标制定情况

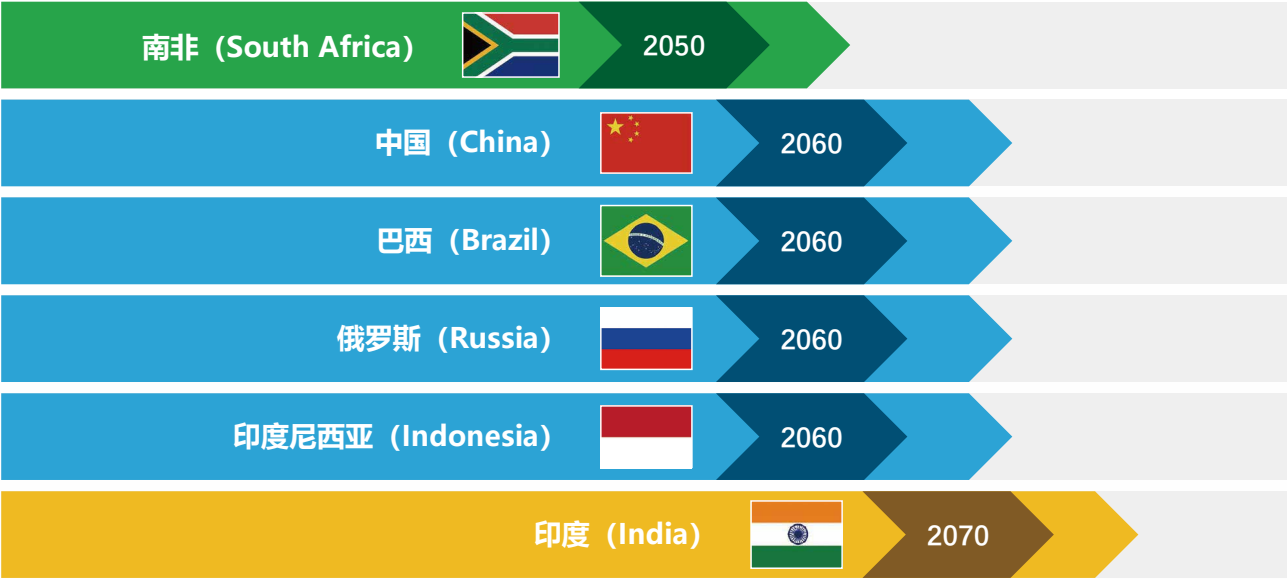
在承诺碳中和的发达国家中，除加拿大和韩国外，包括英国、德国、法国等在内的主要发达国家都已实现碳达峰，正处在碳排放总量减排阶段，实现碳中和压力相对较小，时间窗口较长。发达国家承诺实现碳中和时间集中在2040年、2045年、2050年。

表：世界主要发达国家碳中和时间表及技术方向

序列	国别	目标与时间规划					能源技术方向
		2030	2035	2040	2045	2050	
1	美国	减少50%-52%排放 (同比2005年)	100% 清洁能源	—	—	净零排放	液体燃料、低碳交通作为重点，加大对电池储能、下一代建筑材料、可再生能源、绿色氢能以及先进核技术的投入
2	日本	10GW 海上风电	30-45GW 海上风电	—	—	碳中和	氢能技术，燃料氨技术、海上风电、燃料电池、固废回收等
3	德国	减排65%	—	减排 85%-90%	净零排放	—	聚焦可再生能源、重视氢能开发，加强电池实力
4	英国	减少78%排放 (同比1990年)	—	—	—	净零排放	推动各行业低碳技术，包括海上风电、氢能、核能、电动汽车、绿色公共交通、零排放喷气式飞机、绿色建筑、CCUS、自然环境、绿色金融与创新等
5	法国	可再生能源 占比32%	—	—	—	碳中和	氢能技术、核能技术、可再生材料回收、生物燃料产品，研究工业脱碳技术



在发展中国家中，中国、印度、巴西、南非、印度尼西亚和俄罗斯等主要发展中国家均已承诺碳中和目标，其中巴西和俄罗斯已经跨越碳排放峰值，中国、印度等国家还没有实现碳排放达峰，面临着低碳转型与经济压力的双重压力。中国3060目标与国际实践相比，承诺的碳中和时间与碳达峰时间的间隔仅30年，在相似减排路径下，中国实现碳中和的缓冲时间较短，将面临更严峻的挑战。



图：世界主要发展中国家碳中和时间表

综上，结合各国的行动计划，全球碳中和的本质是能源转型，在没有新技术的前提下，其意义在于引领人类社会从不可再生的化石能源社会转型成可持续的再生能源社会。另外，碳中和所带来的能源替代，也象征着人类文明的进步。



第二章： 中国碳中和目标的战略规划



气候变化是全人类的共同挑战。中国作为世界上最大的发展中国家，碳减排行动对于应对全球气候变化具有重要意义，但同时也面临着经济增长和人民生活水平提高带来温室气体排放需求增长的矛盾，因此中国的碳中和目标也成为全球关注的焦点。

一、碳中和上升为国家战略

中国高度重视应对气候变化，并实施一系列应对气候变化的战略、措施和行动，参与全球气候治理。纵观过去，中国碳减排进程主要分为三个阶段：起步萌芽阶段（重视经济发展而忽视减排）、深化发展阶段（逐步重视减排并不断强化）、顶层规划阶段（上升为国家战略）。

第一阶段（1988-2008年）——起步萌芽阶段

- 1988年《联合国气候变化框架公约》开启谈判，1994年中国才正式批准
- 1997年《京都议定书》出台，2002年中国宣布核准
- 2004年颁发《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》并首次发布中国温室气体排放清单数据
- 2007年，中国应对气候变化行动方案

第二阶段（2009-2020年）——深化发展阶段

- 2009年起中国碳减排加速，确定2020年单位GDP碳排放较2005年下降40%-45%的目标
- 2014年首次宣布中国计划2030年碳排放达到峰值且将努力早日达峰，计划到2030年非化石能源占一次能源消费比重提高到20%左右
- 2015年《中美元首气候变化联合声明》再次强调到2030年单位GDP碳排放将比2005年下降60%-65%

第三阶段（2020年至今）——顶层规划阶段

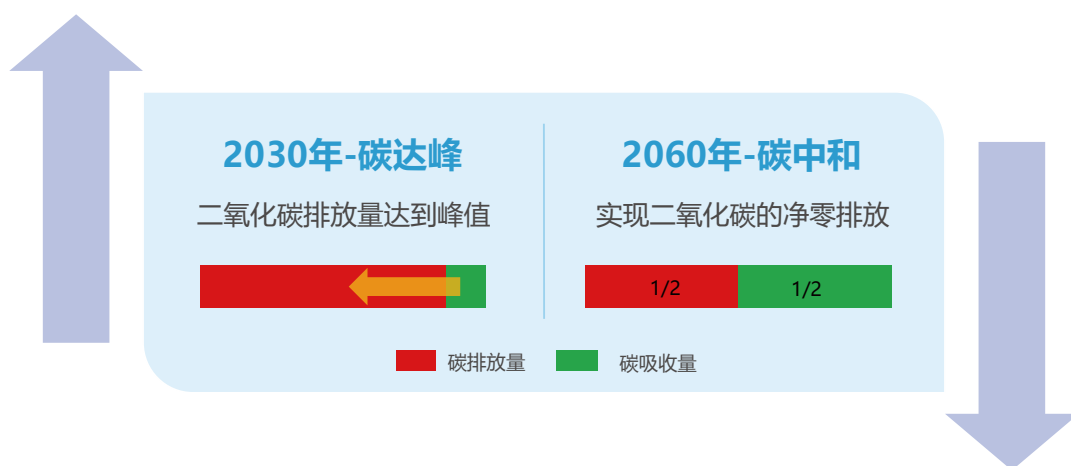
- 2020年中国首次明确2030年碳达峰，2060年碳中和
- 提出2030年非化石能源在一次能源中占比25%的目标
- 2020年，建立碳达峰碳中和“1+N”政策体系，顶层文件已出台，各具体行动方案陆续出台中

基于中国实现可持续发展的内在要求和推动构建人类命运共同体的责任担当，中国将应对气候变化上升为国家战略，积极推动共建公平合理、合作共赢的全球气候治理体系，为应对气候变化贡献中国智慧和力量。

二、中国的碳中和承诺

为了履行《巴黎协定》的承诺，中国宣布了长期碳中和目标，希望为全球气候变化做出显著贡献。**2020年9月22日**，中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣示：**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，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。**

这一承诺表明：在瞬息万变的全球环境中，中国将在应对气候变化行动中发挥全球领导作用，并将采取更有力的气候变化减缓行动实现经济增长和普惠繁荣。中国这一承诺将为全球应对气候变化做出重大贡献。



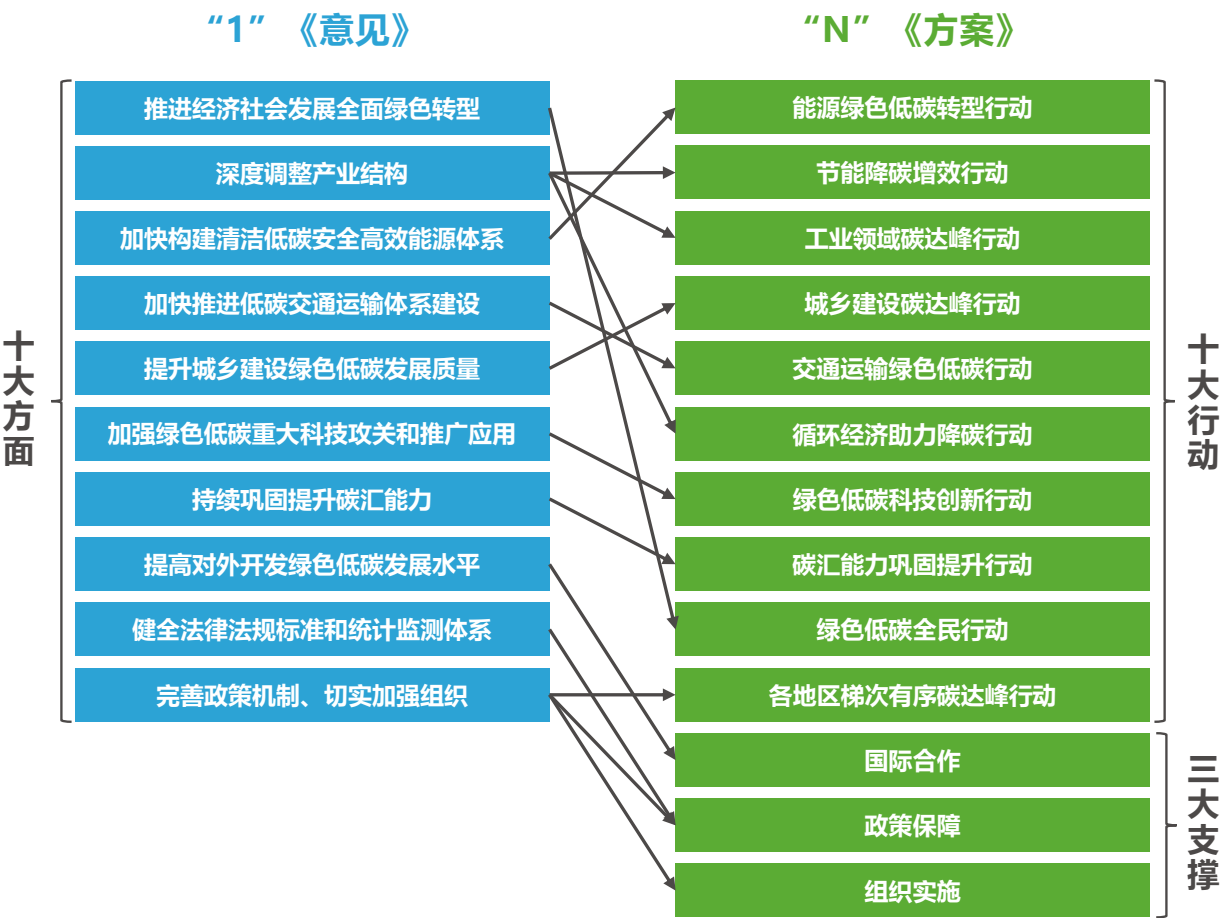
三、中国碳中和的目标规划

为了落实“2030年前达峰，2060年前中和”的战略目标，不仅要自上而下地从政策体系、制度建设等方面加强顶层设计，还需要制定科学的行动目标，引导经济社会循序渐进地实现碳减排。

1 顶层设计

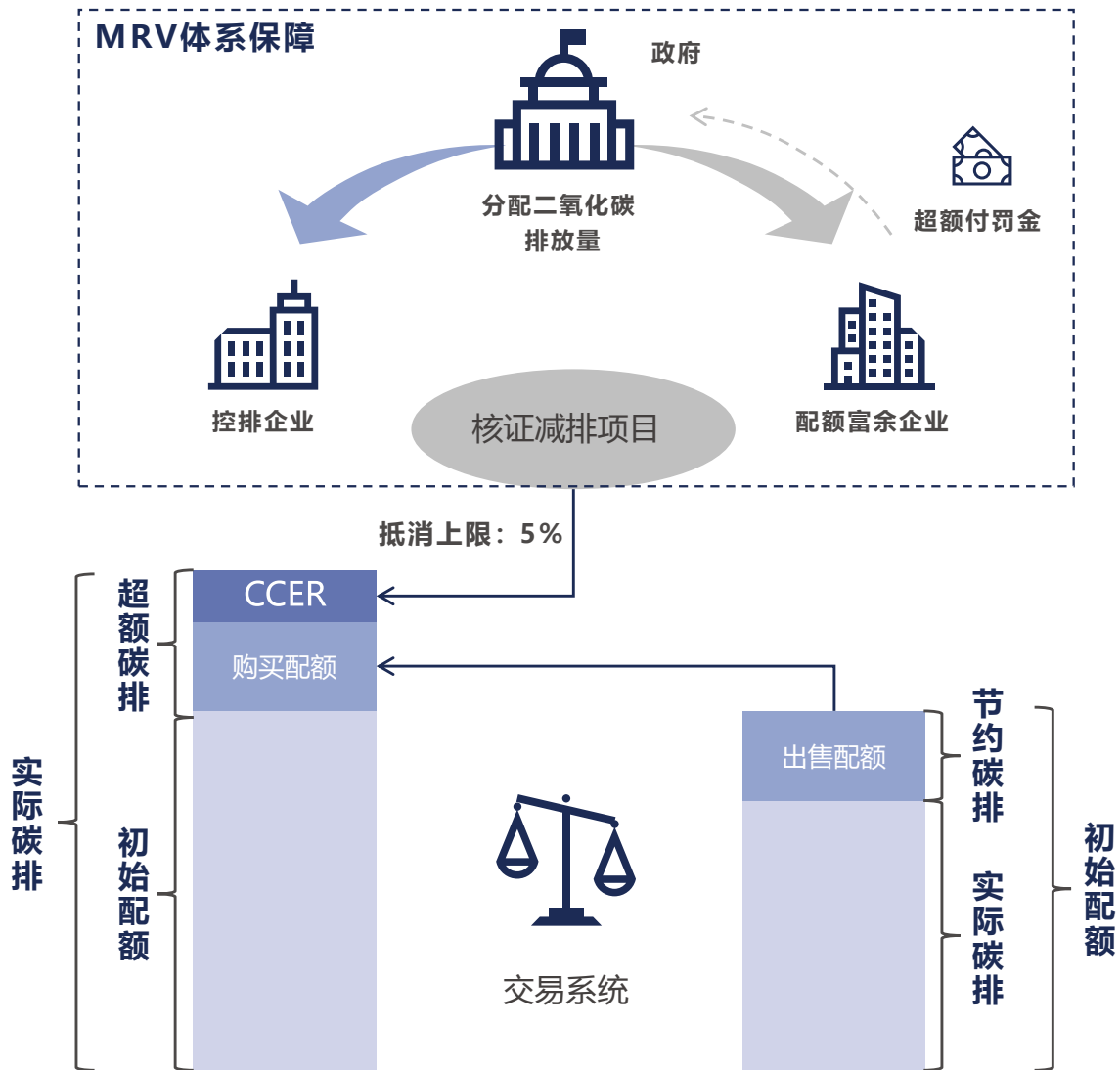
建立碳达峰碳中和“1+N”政策体系

“1”由《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《2030年前碳达峰行动方案》两个文件共同构成，“N”是重点领域、重点行业实施方案及相关支撑保障方案。同时，各省区市均已制定了本地区碳达峰实施方案。



建设全国统一的碳排放权交易市场

利用市场机制控制和减少温室气体排放，推动绿色低碳发展，同时，全国温室气体自愿减排交易市场也将重新启动，自愿减排交易市场与碳排放权交易市场互为补充，共同构成中国完整的碳交易体系。



图：中国碳交易市场体系示意图

2 目标规划

2015年，中国确定了到2030年的自主行动目标，截至2019年底，中国已经提前超额完成2020年气候行动目标。2020年，中国宣布国家自主贡献新目标举措：中国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；到2030年，中国单位GDP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。

同时，结合国内外主流观点，正泰认为，丁仲礼院士团队在《碳中和逻辑体系与技术需求》一书中提出中国用40年左右的时间实现碳中和目标，搭建了清晰的时间表和路线图，极具指导意义。

中国实现碳中和的阶段目标规划

控碳

【争取到2030 年把二氧化碳排放总量控制在100亿吨之内】

- 即“十四五”期间可以增一点，“十五五”期间达峰后再减回来
- 交通部门争取大幅度增加电动汽车和氢能运输占比，建筑部门的低碳化改造争取完成半数左右，工业部门研发煤+ 氢+ 电取代煤炭的工艺并示范
- 电力需求的增长应尽量少用火电满足，而应以风电、光电为主，内陆核电完成应用示范，制氢和用氢的体系完成示范并有所推广

减碳

【争取到2040年把二氧化碳排放总量控制在85亿吨之内】

- 争取基本完成交通部门和建筑部门的低碳化改造
- 工业部门全面推广用煤/石油/天然气+氢+电取代煤炭的工艺过程，并在技术成熟领域推广无碳新工艺
- 火电装机总量争取淘汰15%落后产能，用风、光资源制氢和用氢的体系完备及大幅度扩大产能

低碳

【争取到2050年把二氧化碳排放总量控制在60亿吨之内】

- 建筑部门和交通部门达到近无碳化，工业部门的低碳化改造基本完成
- 火电装机总量再削减25%，风、光发电及制氢作为能源主力，经济适用的储能技术基本成熟
- 据估计，我国对核废料的再生资源化利用技术在这个阶段将基本成熟，核电上网电价将有所下降，故用核电代替火电作为稳定电源的条件将基本具备

中和

【力争到2060年把二氧化碳排放总量控制在25亿~ 30亿吨】

- 智能化、低碳化的电力供应系统得以建立，火电装机量只占目前总量的30%左右，并且一部分火电用天然气替代煤炭，火电排放二氧化碳力争控制在每年10亿吨，火电只作为应急电力和一部分地区的“基础负荷”，电力供应主力为水、光、风、核
- 除交通和建筑部门外，工业部门也全面实现低碳化
- 尚有15亿吨的二氧化碳排放空间主要分配给水泥生产、化工、某些原材料生产和工业过程，以及边远地区的生活用能等“不得不排放”领域
- 其余5亿吨二氧化碳排放空间机动分配

第三章： 正泰电器的碳中和目标



作为全球领先的智慧能源解决方案提供商，正泰智能电器板块始终践行可持续发展理念，将国家双碳目标融入企业发展战略，并结合企业实际，制定了自身的碳中和目标，**承诺至2028年实现业务运营碳中和（包含碳抵消），2035年实现运营净零碳排放并建立完善的价值链碳排放管理体系，2050年实现全价值链净零排放。**

► 2028年：实现运营碳中和（有碳抵消）

具体减排举措包括：提高能效，增加可再生能源，使用可再生材料，构建一站式碳中和解决方案能力以及建设零碳示范园区。

► 2035年：实现运营净零碳排放，建立完善的价值链碳排放管理体系

具体减排举措包括：废弃物循环利用，化石能源替代，工艺升级，绿色包装以及碳消除。

► 2050年：全价值链实现净零碳排放

具体减排举措包括：正泰一站式碳中和解决方案赋能价值链加速脱碳，全部工厂及园区零碳运营，力争全部产品实现碳中和。



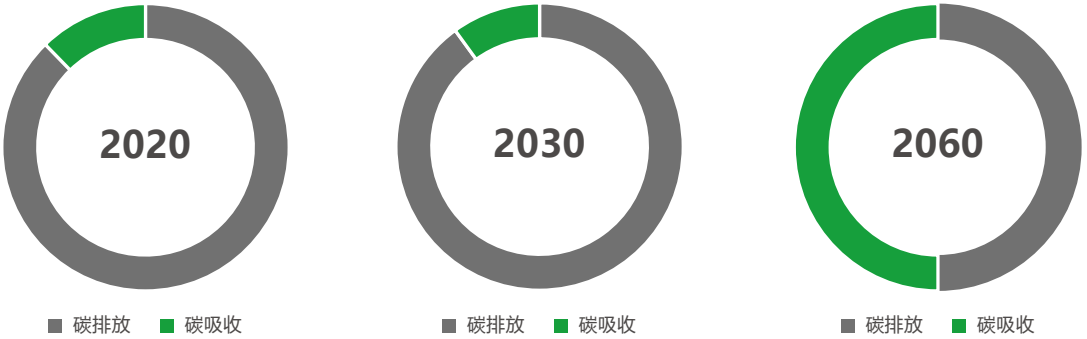
图：正泰电器的碳中和目标及实现路径

正泰电器在碳中和领域的郑重承诺，标志着正泰在可持续发展的道路上掀开了新的篇章。同时，正泰也是UNGC联合国全球契约组织参与企业，支持其可持续发展目标和倡议。在践行低碳战略、实现自身碳中和目标的基础上，正泰也以核心技术和创新产品为依托，赋能客户实现碳中和，打造端到端的零碳产业链，为中国碳中和目标的实现贡献“正泰力量”。

第四章： 砥砺前行-碳中和的实现路径



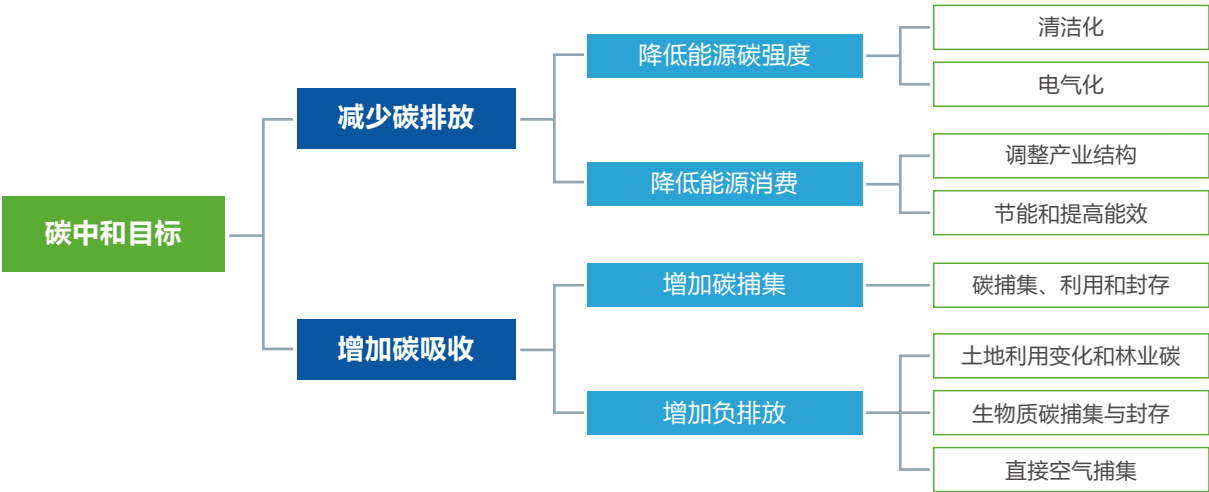
碳中和，即人类经济活动导致的碳排放控制在生态系统对二氧化碳的吸纳能力范围内。要恢复到碳中和水平，意味着要经历两个阶段：首先是尽快终止碳排放不断增加的态势，这一过程就是达成**碳达峰**；而后，则要使碳排放从峰值逐步减少直至满足碳中和条件，这一过程就是达成**碳中和**。



就二氧化碳排放而言，实现碳中和有两条路径，即“减少碳排放”和“增加碳吸收”。



中国目前产业结构和技术发展来看，以“**减少碳排放**”为主、“**增加碳吸收**”为辅的碳中和路径将成为现实的选择。

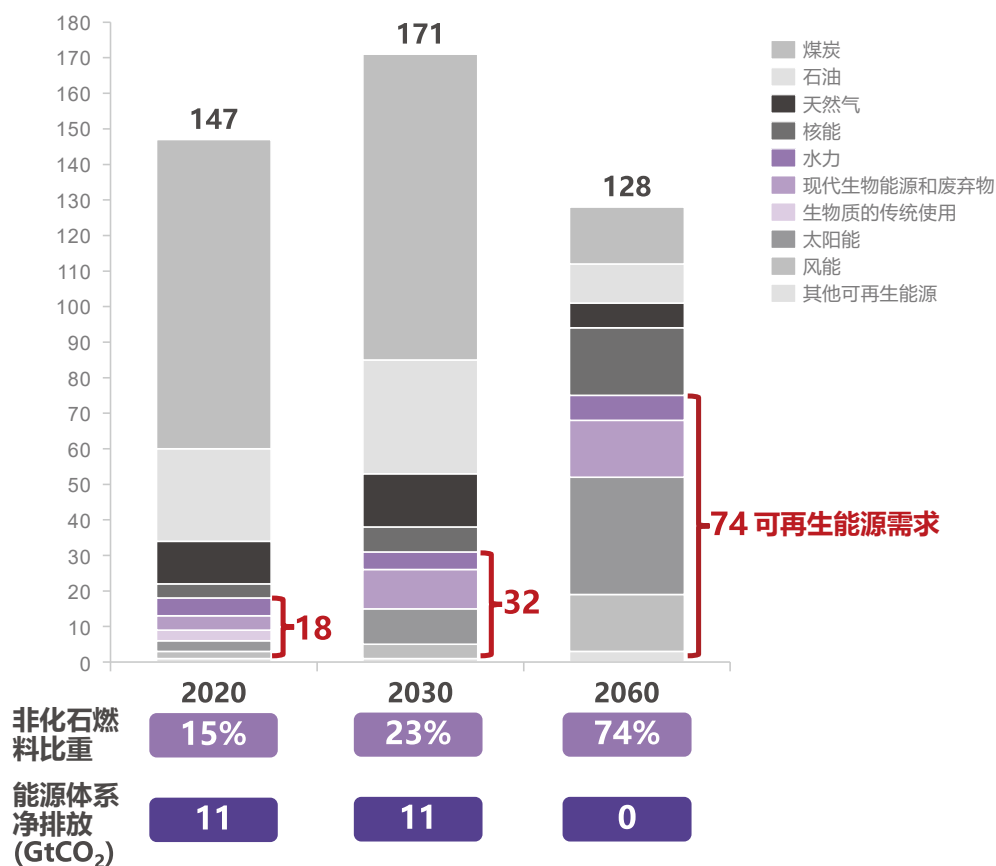


一、做减法：结构优化，源头减量

碳排放受经济发展、产业结构、能源使用、技术水平等诸多因素影响，根源是化石能源的大量开发使用。解决碳排放问题关键要减少能源碳排放，治本之策是转变能源发展方式，加快推进清洁替代和电能替代（“两个替代”），彻底摆脱化石能源依赖，从源头上消除碳排放。

1 发电端：调整能源结构，构建新型电力系统

2021年我国电力装机容量为23.8亿千瓦，预估到2060年电力装机量高达60-80亿千瓦。据国际能源署预测，太阳能、风能、水力、生物能源、其他可再生能源和核能等低碳能源占一次能源需求的比重将从现在的15%跃升至2060年的74%。



图：承诺目标情景下中国不同燃料的一次能源需求（艾焦）^②

② 数据来源：国际能源署《中国能源体系——碳中和路线图》

中国工程院院士江亿提出，中国能源革命最主要任务是建立零碳新型电力系统，围绕整个能源结构的转型，倒逼工业、交通、建筑改变自身用能结构。

未来新型电力系统将呈现以下特点：

- 1 电力装机容量巨大；
- 2 风光资源将逐步转变为主力发电和供能资源；
- 3 稳定电源应从目前以火电为主逐步转化为以核电、水电和综合互补的清洁能源为主；
- 4 必须利用能量的储存、转化及调节等技术，克服风、光资源波动性大的天然缺陷；
- 5 火电只作为应急电源或一部分调节电源之用；
- 6 在现有基础上，成倍扩大输电基础设施，平衡区域资源差异；并加强配电基础建设，增强对分布式资源的消纳能力。

从实现碳中和的角度，我国拟以装机总量60亿~80亿千瓦为目标，规划新型电力系统。在40年时长内，大致以每十年为一期，顺次走控碳电力、降碳电力、低碳电力最后到近零碳电力之路，并完成超大规模的输变电基础设施建设^③。

要建立这样的新型电力系统，无论是发电，还是储能、转化、消纳、输出等，技术上都有大量需要攻克的关键环节，这将成为实现碳中和目标的重中之重。

2 消费端：发展新节能技术，加快推进清洁替代和电能替代

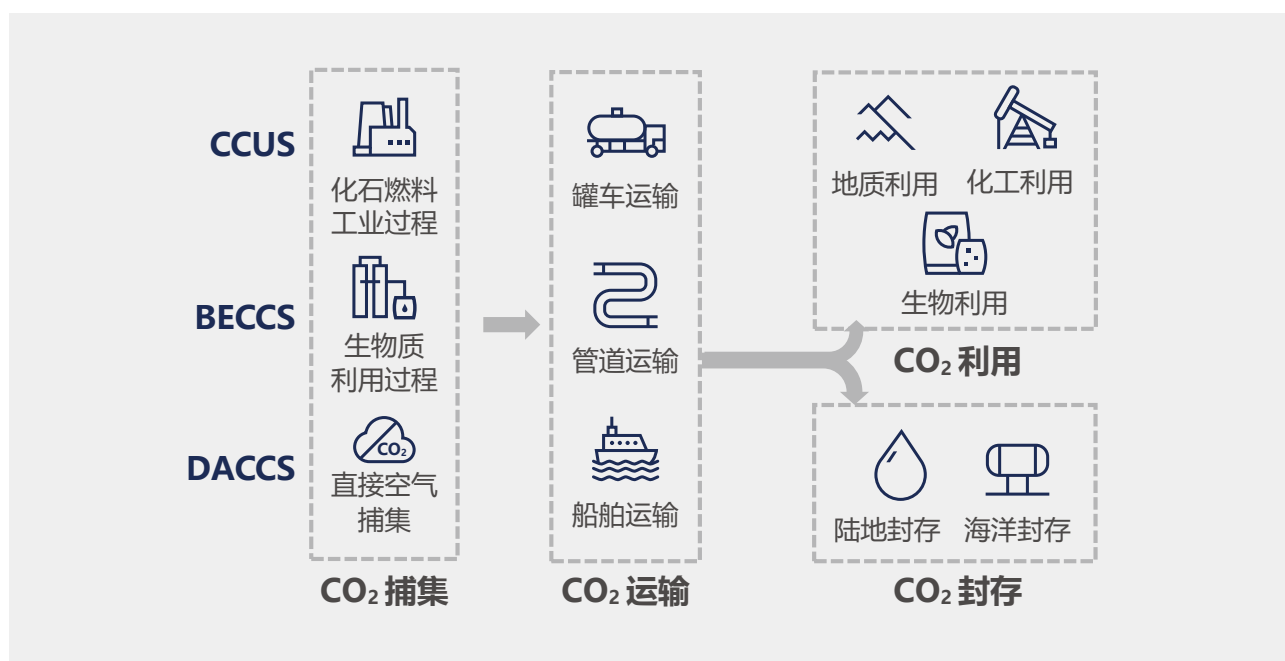
目前中国将近30%的碳排放源于工业用能(不含电网供电)，近10%的碳排放源于交通运输，近5%的碳排放源于建筑用能。为实现“碳中和”目标，需求侧需从工业、交通、建筑三个部门着手，全面推广终端电气化、源头减量、节能提效。

- ▶ **工业：**钢铁、有色、化工、建材等重排放产业必须深度脱碳，如锅炉、窑炉电气化，无法实现电气化可采用低碳混合型燃料。
- ▶ **交通：**低碳交通，即轨交、私家车可用电力替代；船舶、卡车、航空可部分采用氢能替代。完善充电设施配套、氢能供应体系以及保障相关经济性、安全性问题。
- ▶ **建筑：**城市全面电气化为主，部分地区热泵、天然气做补充；配置屋顶光伏+电动热泵+天然气+生物沼气+输入电力的组合。

^③ 资料来源：丁仲礼院士著作《碳中和：逻辑体系与技术需求》

二、做加法：捕集固存，回收利用

根据国际能源署预测，2060年剩余的能源体系排放总量约为6.1亿吨，大部分来自减排困难的部门，主要是重工业和长途交通运输（公路货运、航运和航空）。2060年能源体系的剩余排放量将完全由配备碳捕捉和封存的生物能源（BECCS）和直接空气捕捉（DAC）与封存产生的负排放所抵消。



图：负碳技术手段

目前的固碳手段主要有以下4大类：

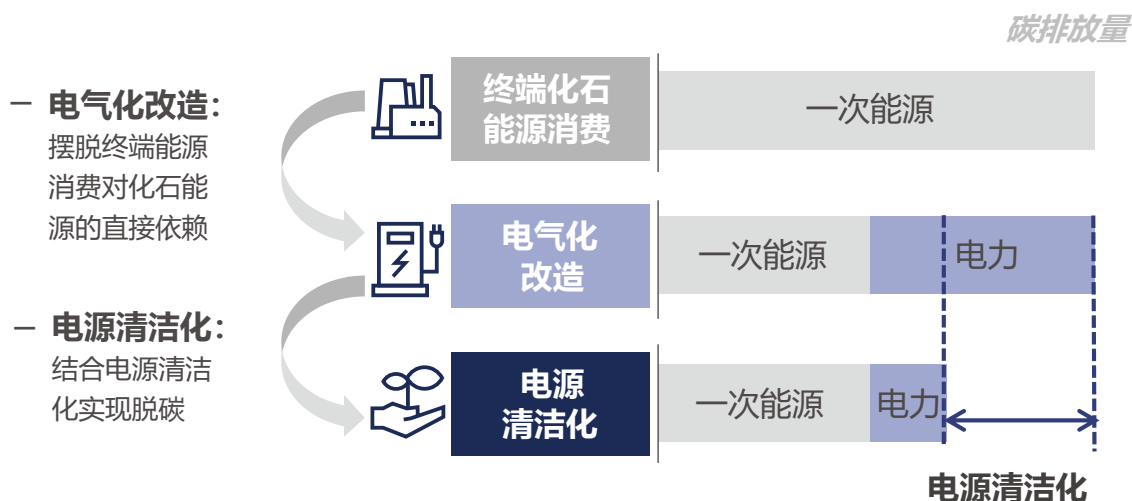
- 对退化生态系统的修复、保育；
- 捕捉高浓度二氧化碳进行化学、生物等转化；
- 捕集二氧化碳封存底层之中；
- 生物质燃料的利用、采伐树木及秸秆等闷烧还田。

第五章： 道阻且长-行业实现碳中和的挑战



前路漫漫，道阻且长。与发达国家相比，我国从碳达峰到碳中和的时间更短，而需要实现的减排目标更大，因此要在有限时间内完成较大幅度的减排目标，任务异常艰巨。未来30年要实现碳中和的宏伟目标，仍然任重道远。

减碳技术的重要趋势是关键用能领域的电气化替代。工业、交通、建筑等用能领域的电气化改造是有效摆脱终端消费对化石能源依赖的手段，而会推动电力消费的持续增加，到2050年电能在终端能源的消费比重将提高至50%左右。实现电力领域的低碳发展必然是实现碳达峰碳中和的重中之重。



图：工业、交通、建筑等用能领域电气化对减碳贡献示意

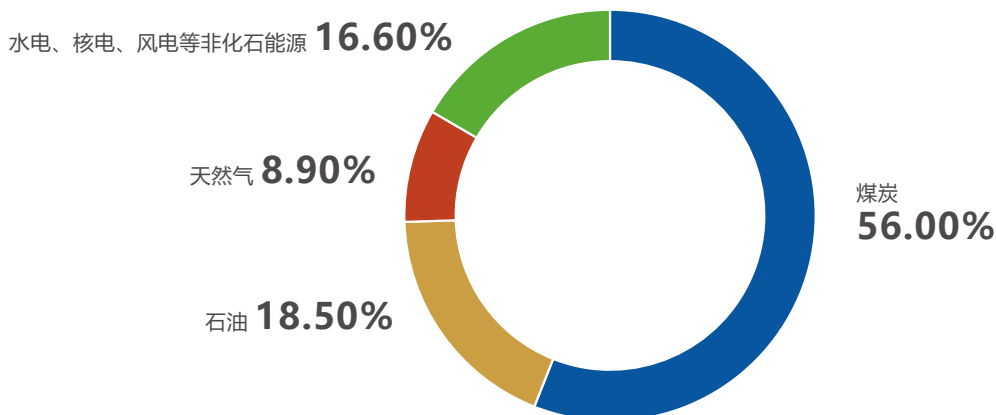
一、挑战1：电源侧煤电依存度仍然较高

1 我国“富煤贫油少气”的特征决定未来很长一段时间煤电依存度仍然较大

长久以来，我国能源资源禀赋呈“富煤贫油少气”的特征，严重制约减排进程。中国煤炭生产总量与消费量都居世界首位，石油和天然气对外依存度分别达到73%和43%^④，能源保障压力大。2021年，中国一次能源需求总量中约有85%由化石燃料满足，仅煤炭就占近60%，而石油则约占五分之一。^⑤可再生能源替代化石能源是实现“双碳”目标的主导方向，但煤电退出过程中不仅面临着供电稳定性挑战，也一定程度影响了煤炭高度依赖区域的短期经济增长。

④ 中国社科院《我国实现“双碳”目标面临的挑战及对策》2021

⑤ 国际能源署《中国能源体系-碳中和路线图》



图：2021年我国一次能源消费结构

2 可再生能源具有波动性、随机性和间歇性的特点，其规模化、产业化面临调峰、远距离输送、储能等技术难题

从自身技术特性来看，风电、光伏、光热、地热、潮汐能受限于昼夜和气象等不可控的自然条件，不确定性大，可再生能源发电具有波动性、随机性和间歇性的特点，电源与负荷集中距离较远，一定程度上抬高了可再生能源电力成本，进而影响消纳。同时，我国尚未建立全国性的电力市场，电力长期以省域平衡为主，跨省跨区配置能力不足，严重制约了可再生能源大范围优化配置。

二、挑战2：电网侧稳定性和灵活性受到挑战

光伏和风电将在2050年成为主要能源，占全社会发电量的83%。风能、太阳能等发电方式受自然因素影响较大，具有明显的随机性和波动性，大规模随机波动新能源并网给电网运行带来挑战。未来新能源并网容量增加，**电力系统将由原来的需求侧单侧随机性波动系统发展为“需求侧-电源侧”双侧随机性波动系统**，将对电网的灵活性和稳定性提出巨大挑战。

1 电力峰谷差日益加大，按照高峰负荷需求扩建增容将影响电力资产利用率

从我国整体用电负荷来看，日间电力负荷峰谷差持续拉大，尖峰负荷增长显著，谷电期负荷水平不及峰值的一半；年峰值负荷持续时间仅数日到数小时不等，为满足短时间高峰负荷需求，需扩大电厂规模、提高输配电能力，投资大且利用率低。

2 多种能量间的耦合关系和相互制约，影响多能系统的灵活性和可靠性

以常见的热电联供系统为例，当系统中没有储能设施时，热电联供系统将按照以热定电、以电定热或混合运行三种模式工作，灵活性较差。随着电力系统中能量单元种类增加，多种能源之间的强相关和紧密耦合关系将更突出，多能系统的灵活性和可靠性亟待提升。

2060年实现碳中和情景下的新型电力系统中，配电网将与分布式电源协同发展，新型电力系统的电网将以“大电网+主动配电网+微电网”的形态呈现，电力系统柔性可控，透明是新型电力系统的主要特征。系统可以“无条件”地接受新能源，由于系统装机容量、发电量显著增加，因此拥有“无限大”的功率、“无限多”的能量，系统的安全稳定依靠功率的动态平衡和能量的动态平衡^⑥。

三、挑战3：负荷侧对终端用能的协同优化提出更高要求

新型电力系统负荷侧包括新能源和储能，负荷侧从单纯的消费者转变为“生产者+消费者”，负荷不确定性强，用户全方位融入电力系统，将对分布式能源、柔性负荷的协同优化提出更高要求。

柔性负荷包含具备需求韧性的可调节负荷或可转移负荷、具备双向调节能力的电动汽车、储能、蓄能以及分布式电源、微电网等，其用电行为可对价格信号作出灵活响应，是电力系统灵活性的重要来源。在供电无法满足用电需求增长的大城市，柔性负荷的削峰填谷作用还可对保障电网的安全运行起到关键作用^⑦。

表：我国实现碳中和面临的三大挑战

领域	传统电力系统	新型电力系统	主要挑战
电源侧	以化石能源为主导	以风电、光伏等清洁能源为主导	传统煤电退出成本高，新能源波动性与随机性特点面临调峰、远距离输送、储能等技术难题
电网侧	单向逐级输电为主 需求侧单侧随机性波动	“需求侧 - 电源侧” 双侧随机性波动 交直流混联大电网+微电网+局部 直流电网+可调节负荷	电网的稳定性和灵活性面临巨大挑战
负荷侧	刚性、纯消费型	柔性、生产与消费兼具	对分布式能源、柔性负荷的协同优化提出更高要求

⑥ 中国工程院院士李立浯《透明电网赋能新型电力系统建设》2022

⑦ 华南理工大学电力经济与电力市场研究所所长陈皓勇《新型电力系统的建设发展展望》

第六章： 行而将至-赋能客户碳中和的正泰答案



路虽远，行则将至。“碳达峰”、“碳中和”已成为全球可持续发展的理念共识，正泰作为全球知名的智慧能源系统解决方案提供商，将积极践行可持续发展理念，以核心技术创新能力和智能产品为依托，紧密围绕高耗能、高排放场景，赋能企业客户精准降碳，并深挖重点行业减碳需求和潜力，推进行业绿色低碳转型，从而助力国家“3060”碳达峰碳中和目标的实现。

一、整体布局：绿源、智网、降荷、新储

在双碳目标背景下，正泰积极构建以新能源为主体的新型电力系统，催生“绿源、智网、降荷、新储”等新技术、新业态、应用场景新模式，助力国家“双碳”目标的整体实现。

1 “绿源”——立足光伏，全面布局清洁能源

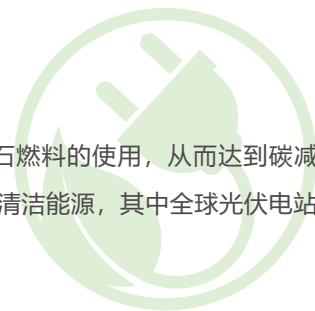
使用清洁能源是实现碳中和的重要方式，通过增加可再生能源的使用比例来减少化石燃料的使用，从而达到碳减排的目的。在能源发电供给侧，正泰全面布局光伏、生物质、风电、冷热电多联供等各类清洁能源，其中全球光伏电站已累计投建超过10GW。

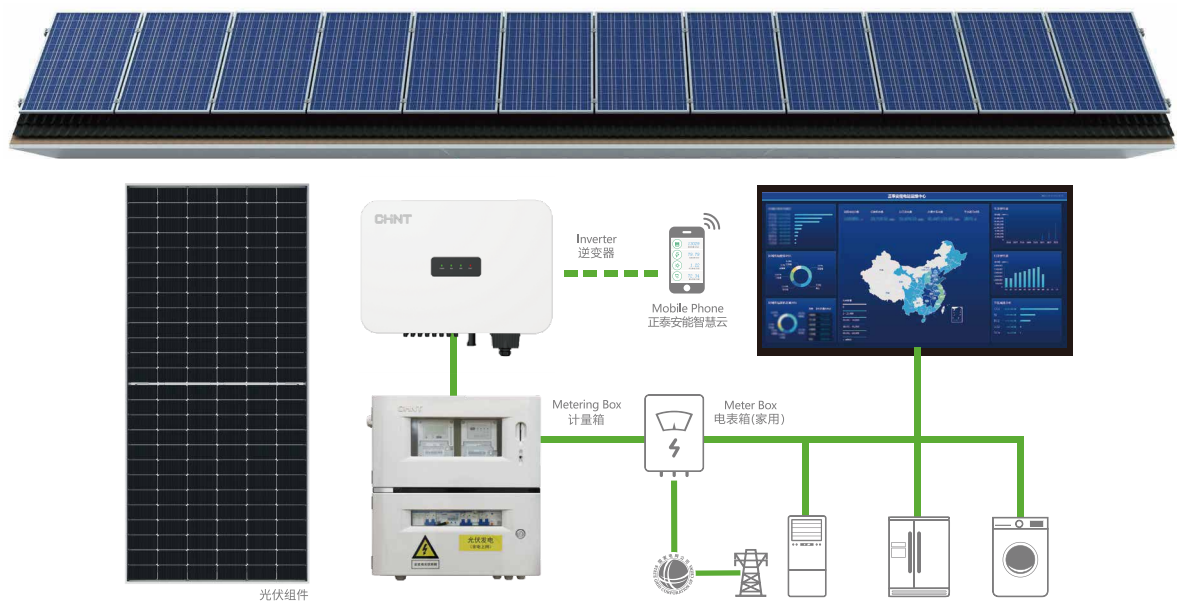
(1) 光伏+解决方案

可为各种大中型地面、分布式工商业光伏电站以及多种光伏+电站提供一站式解决方案，是业内唯一具备系统集成和技术集成优势的服务商。多年光伏领域开发建设经验，国内外总装机容量超过10GW。

(2) 户用光伏解决方案

在家庭住宅或附近建筑物上建设、利用光伏板及系统将太阳光能直接转变为电能的新型发电方式。产生的电量可自发自用，多余电量上网出售，或全部出售。正泰可为户用提供系统勘测、设计、安装和运营维护的一条龙服务。已在全国建设户用光伏电站累计100余万座，是行业内首家荣获“浙江制造”品牌认证家庭屋顶光伏系统企业。



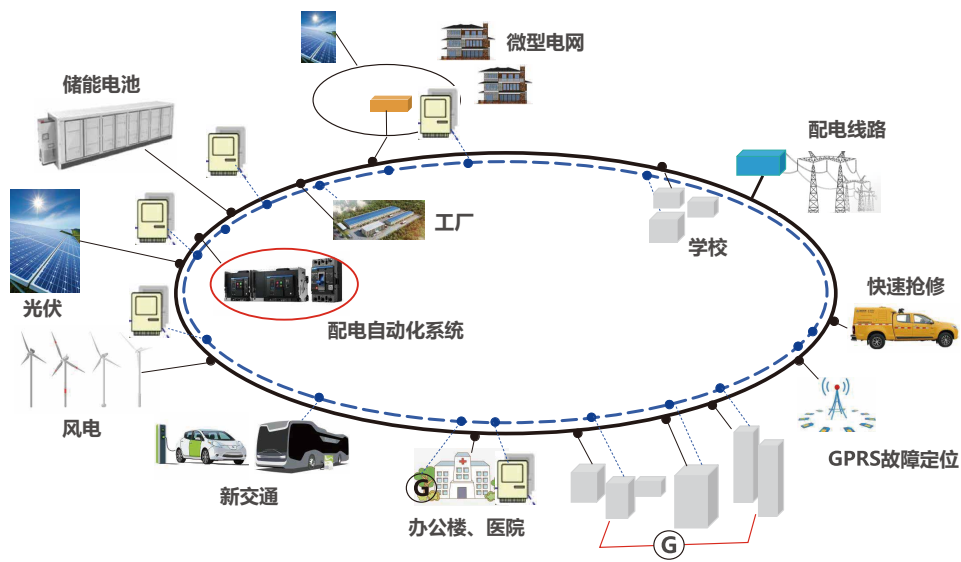


图：正泰户用光伏解决方案

2 “智网”——数智化技术助力新型电网系统建设

随着新能源大规模开发、高比例并网，电力电量平衡、安全稳定控制等将面临前所未有的挑战，正泰致力于推动新一代信息技术、电力电子技术与能源互联网技术融合发展，支撑新型电力系统建设。

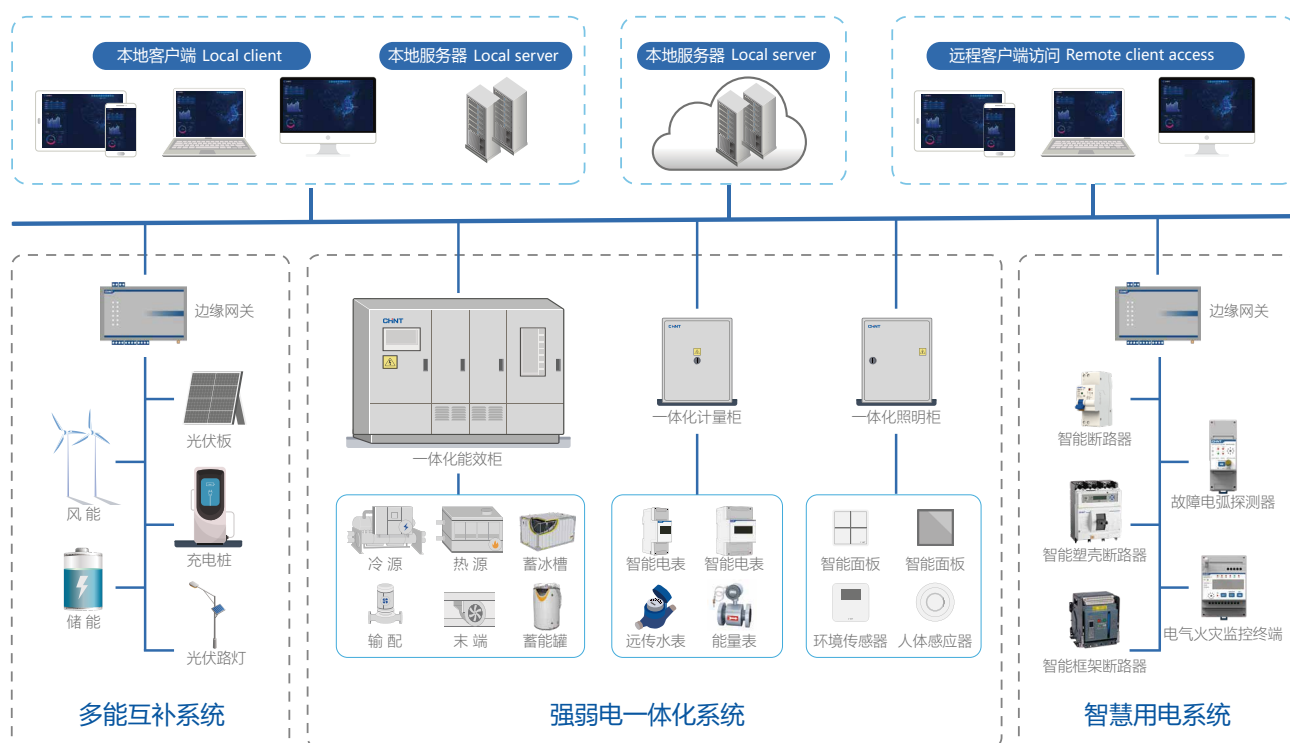
正泰倾力打造了配电物联网智能台区解决方案，融合了配电产品、电能质量产品、智能仪表及各类传感器等智能终端设备，实现了配电网的全面感知、数据融合和智能应用，满足配电网精益化管理需求。通过智能电网解决方案增强电网的稳定性和灵活性，从而消纳高比例可再生能源，保障能源电力安全可靠供应，降低企业用能成本，助力行业持续降碳。



图：正泰配电物联网智能台区解决方案

3 “降荷”——终端用户能效管理，碳资产全程管控

正泰为用户侧提供高品质的区域能源解决方案，以排碳最低为目标，根据当地能源政策以及自然资源禀赋，采用多能源互补并配备合理的蓄冷、蓄热、蓄电等储能系统，为终端用户提供热、电、冷等综合能源服务。以可再生能源为主的多能源互补，大大减轻了对化石能源的依赖；以储能为核心的冷热电协同，灵活调节，提升能源使用效率；以云平台为核心的全程能效管控，保障项目在全生命周期的高效。应用行业涵盖建筑能效、工业能效、交通能效等领域。



图：区域综合能源管理解决方案

(1) 建筑能效

正泰深耕建筑行业多年，产品涵盖行业每一环节用电所需的各系列产品，并逐步向智能配电系统迈进，实现建筑配电系统的智能化、自动化、无人值守、实时监测等功能。可为小区变电站、配电房、公共配电系统、楼宇配电系统、家用电器系统等提供全方位的配电和自动化解决方案，有效保障用户用电的安全稳定高效运行。



住宅



酒店



商业综合体



未来社区

图：正泰建筑能效解决方案应用领域

(2) 工业能效

给行业客户提供涵盖电气设备、控制系统、仪器仪表等的自动化、信息化、数字化、智能化整体解决方案，包含方案设计、设备采购、安装、调试、售后等全生命周期一体化服务，在提升生产效率、节约生产成本的同时，有效保障生产过程安全、稳定、可靠、绿色，助力企业可持续发展。



冶金行业



食品行业



电子行业



石油化工

图：正泰工业能效解决方案应用领域

(3) 交通能效

电动汽车充电桩：正泰拥有充电站EPC总包服务能力，针对光储充一体化电站实现交钥匙工程，对交流充电桩、直流充电桩提供完整低压产品解决方案。轨道交通：为城市轨交、高铁站提供交通综合监控、电力监控、电能量监控、智能运维等一体化解决方案，集成“站-线-网”自动化和智能化系统设备，实现信息共享和信息联动，满足轨道交通高效运营的管理需求。



电动汽车充电站



地铁车站低压配电



高铁区间配电



船舶岸电系统

图：正泰交通能效解决方案应用领域

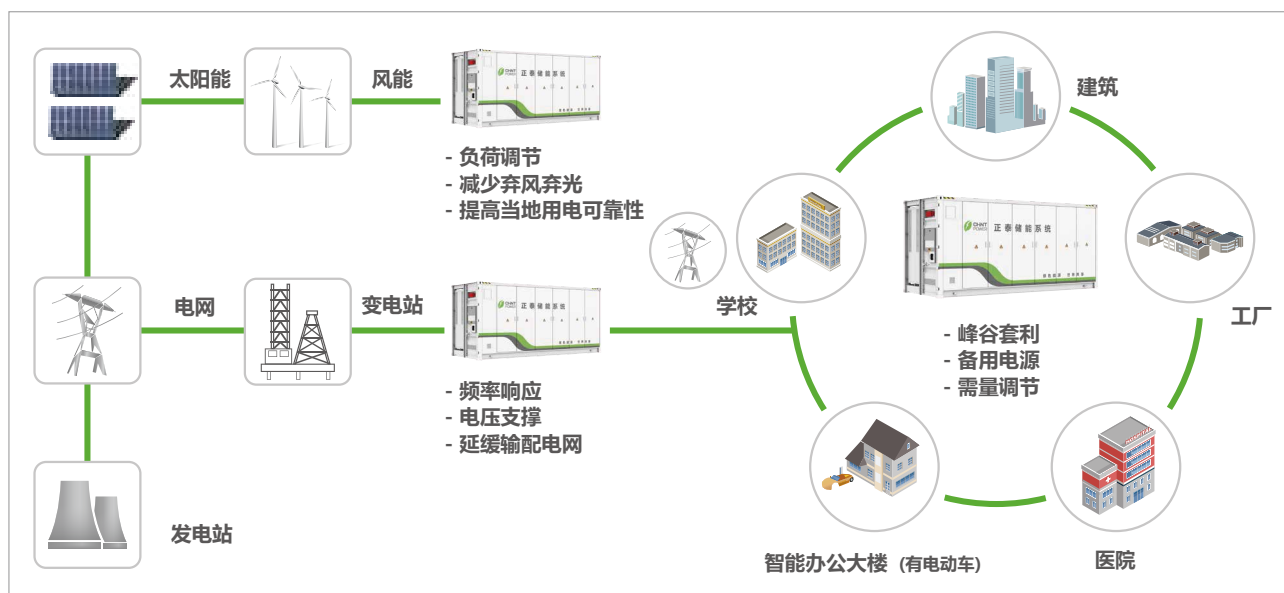
4 “新储”——新型储能技术破解新能源消纳难题

储能是清洁能源大规模应用的关键，其主要目的是为了保障新能源发电消纳，起到灵活性调节的作用，因而储能已经成为实现“双碳”战略的重要举措。

正泰储能技术与系统解决方案包括新能源消纳解决方案、用户侧削峰填谷解决方案、发电侧辅助服务解决方案和微电网解决方案。

- 新能源消纳解决方案：减少弃风弃光、配合电网调峰、新能源发电平滑输出；
- 用户侧削峰填谷解决方案：峰谷套利、需量调节、延缓系统增容；
- 发电侧辅助服务解决方案：提高AVG调节性能、减少发电机组故障率；
- 微电网解决方案：备用电源、光伏发电自发自用。

无论是传统能源的效能提升，还是新能源的开发利用，正泰储能系统在能源的储存和再利用上都能起到关键的作用，实现电力系统的低碳转型和可靠供应。

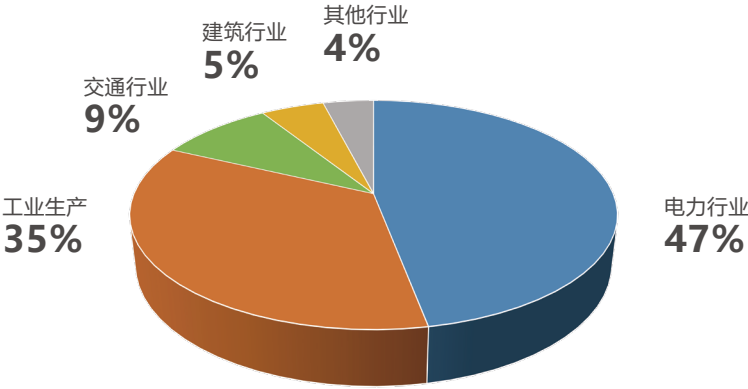


图：正泰新型储能解决方案

二、行业赋能：“电能替代+清洁替代”

从碳排放来源来看，电力、工业、交通和建筑是碳排放占比最大的四个行业，碳排放量总和占比超过90%^⑨，同时我国正加快构建碳达峰碳中和“1+N”政策体系，鼓励能源、工业、交通、建筑等重点领域制定达峰专项方案。因此电力、工业、交通和建筑将成为节能降碳的重点领域。

⑨ 数据来源：国际能源署发布《中国能源领域碳中和路线图》，2021年9月



图：2020年国民经济碳排放重点行业占比

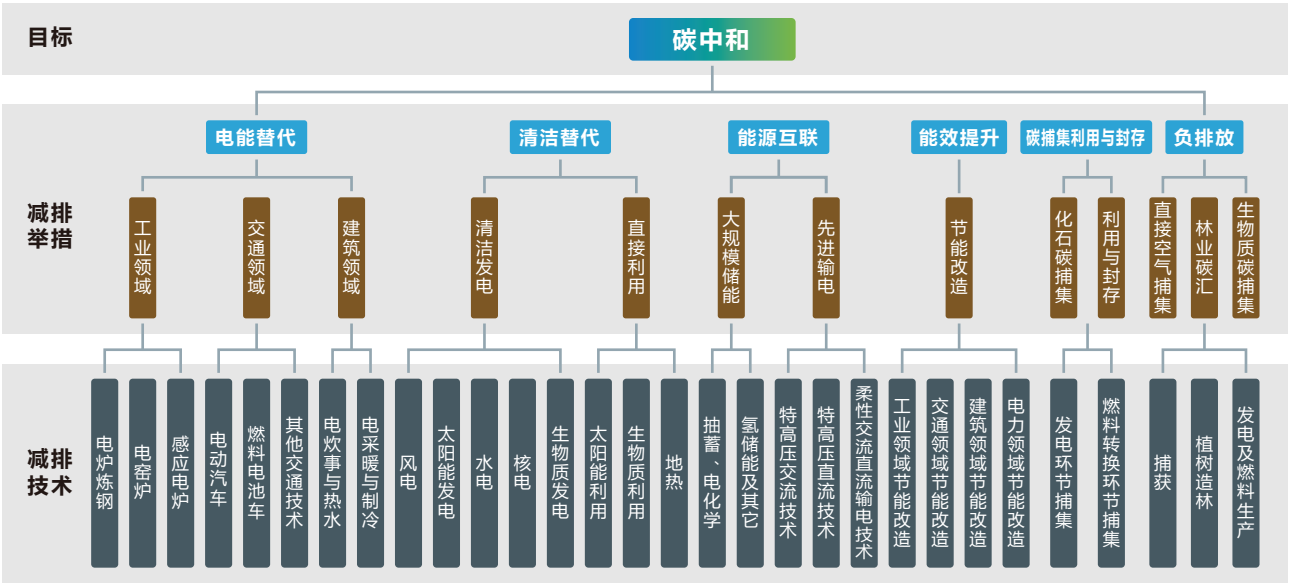
针对以上重点行业，正泰聚集绿色能源和智能电气产业集群，基于“源、网、荷、储”的整体产业布局，通过将创新技术/产品应用于行业碳减排重点场景，率先推出“电能替代”和“清洁替代”，助力燃料低碳化、能源电气化、电力清洁化，增加再生能源消纳比例，加速各重点行业脱碳进程。预计“两个替代”将实现减排贡献80%^⑨。

► 电能替代

是指在能源消费上实施电能替代，以电能替代煤炭、石油等化石能源直接消费，提高电能终端能源中的比重，从根本上解决能源环境和气候变化等问题。

► 清洁替代

是指在能源开发上实施清洁替代，以可再生的太阳能、风能等清洁能源替代化石能源,形成清洁能源为主导的新格局。

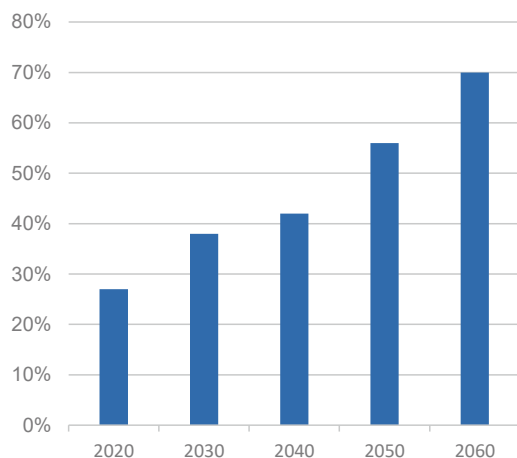


图：碳中和路径——“两个替代”预计减排贡献80%

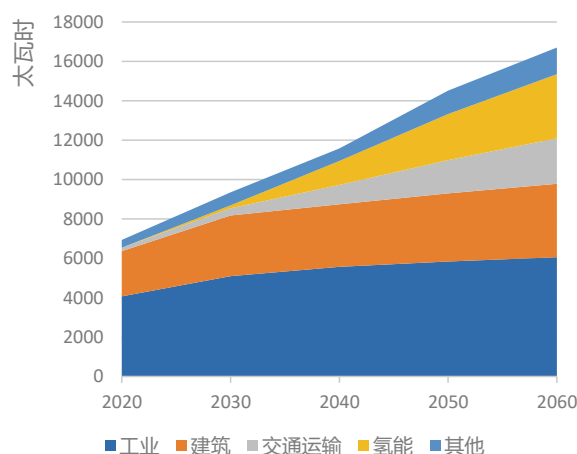
⑨ 数据来源：李明，胡殿刚，周有学.基于“两个替代”战略的甘肃新能源就地消纳模式研究与实践[J].电网技术

1 电力行业

在电能替代和清洁替代的双重举措推动下，电力在终端能源结构中的比重将不断增加，同时发电类型中的新能源比重也将不断提升。电力行业碳中和将成为总体碳中和的重中之重。根据国际能源署估计，随着电能替代的推进，电力在中国终端能源消费中的占比将从2020年的27%增长至2060年的70%，发电量在期间内将增长130%。^⑩



图：终端能源电气化占比预测^⑩



图：终端能源电气化占比预测^⑩

为了在用电规模快速增长的背景下实现减排目标，电网系统需要在“发、输、变、配、用”全链路改进基础设施，在不同环节建立不同的碳减排路径，实现全流程减排。

碳减排路径1：电力脱碳化

碳中和目标下，电力行业需要通过布局可再生能源发电实现清洁替代。正泰电器通过成熟领先的光伏发电系统，为电网企业、工商用户、个体家庭提供可靠的可再生能源供应。

在建立可再生电力供应的同时，为了克服可再生能源的波动性、随机性和间歇性问题，正泰电器着力发展储能技术和应用方案，可实现电网侧独立储能、用户侧储能削峰填谷。通过在源、网、荷各侧满足系统日内调节需求，进一步推动可再生能源的规模化、产业化发展。

碳减排路径2：电网灵活性

建立柔性灵活、智慧融合的新型电网，在提升用电效率的同时，增强系统整体对可再生能源的消纳能力。

在发电侧，正泰电器提供从硬件到系统的全方位解决方案，保障新能源电力平稳并网，提升电厂运营智能化水平和效率。

^⑩ 数据来源：国际能源署《中国能源体系——碳中和路线图》

在配电侧，正泰电器提供智慧配电解决方案和配电物联网智能台区，实现不同规模配电网的全面感知和数据融合，提升电网管理精益化。

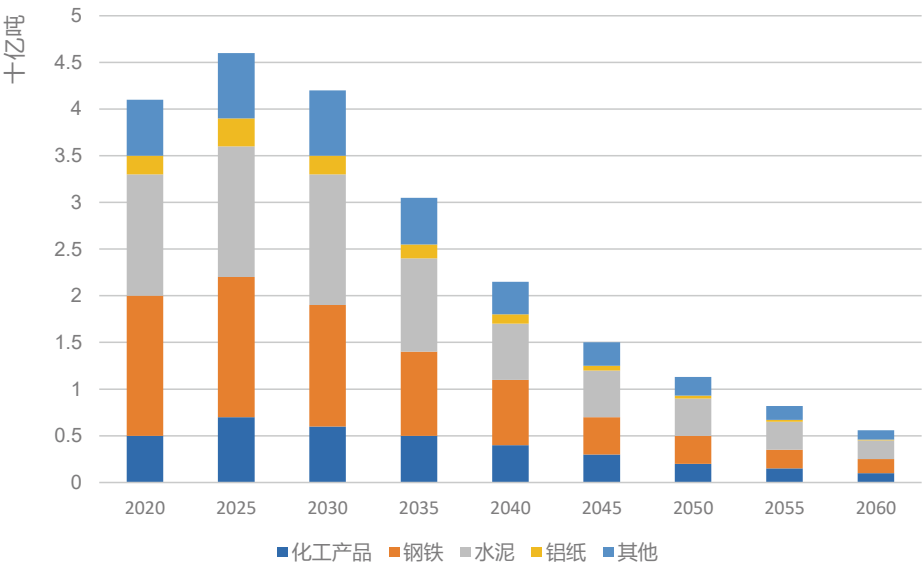
在用电侧，正泰电器的智慧安全用电管理系统基于物联网技术和智能分析平台，实时采集系统各节点的电参量数据并进行数据分析，帮助用电企业在提升能耗管理的同时预防电气安全隐患。

表：电力行业碳减排路径及正泰解决方案

碳减排路径	行动方向	正泰解决方案
电力脱碳化	可再生能源 储能技术	• 光伏发电系统 • 储能解决方案
电网灵活性	高峰能力充足性 爬坡灵活性 系统稳定性	• 配电物联网智能台区 • 光伏并网断路器 • 智慧电厂解决方案 • 智慧低压配电解决方案 • 智慧安全用电管理系统

2 工业行业

为了实现双碳目标，工业行业将产生更彻底的脱碳变革，根据国际能源署预测，工业行业二氧化碳排放量在2020年到2060年间将下降近95%^⑪。



图：中国工业领域的二氧化碳排放量预测值^⑫

⑪ 数据来源：IEA《中国能源体系——碳中和路线图》

⑫ 数据来源：国家能源局

这一趋势背后的核心推动力同样是电能替代和清洁替代，但是与电力行业侧重“发好电、输好电”不同，工业行业重点关注如何“用好电”。工业企业需要围绕电气化变革，从设备到系统布局三大碳减排路径。

碳减排路径1：工业电气化

煤炭、石油两大传统化石燃料在当前工业能源消费中的占比合计超过40%，在电气化推动下，这一比例至2060年将下降至15%。工业生产过程的电气化是推动这一进程的核心路径。以电力替代煤炭、石油等化石能源来为工业生产提供热能和动力，能有效减少二氧化碳排放。1990—2020年，我国终端电气化水平每增加1个百分点，单位 GDP 能耗下降约2.8%^⑫。

碳减排路径2：燃料低碳化

在电气化基础上，工业企业可以进一步优化用电结构、提升绿电比例来降低第二范围中的碳排放水平。此外，对于高温生产工艺等难以完全实现电气化的场景，也可以通过引入氢能作为化石燃料的替代能源，降低一次能源的碳排放。

碳减排路径3：生产数字化

提升生产数字化水平可以帮助企业在运营层面提升能效水平。将自动化、配电物联网和能耗管理平台引入生产运营，可以提升生产过程的能耗可视化和精准调控，系统性地提高能源使用效率，降低总体碳排放。

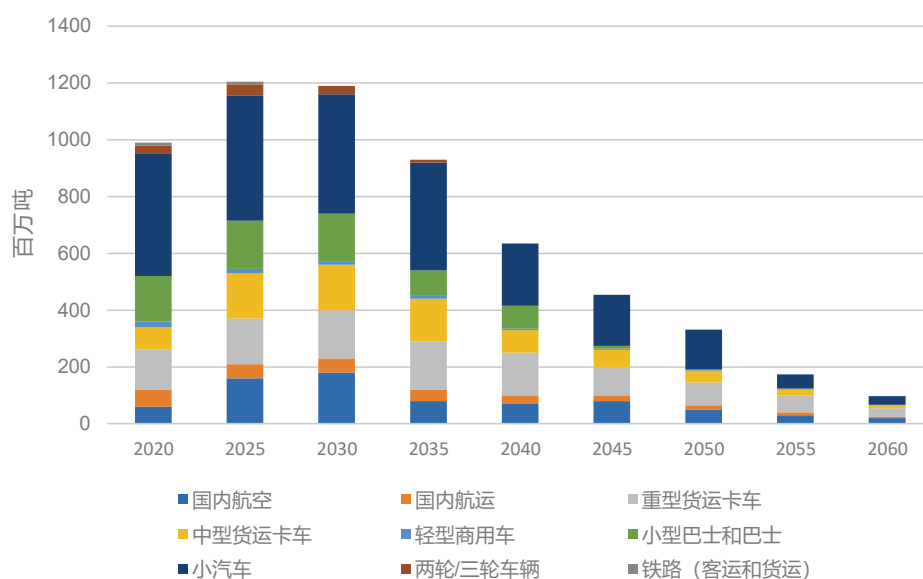
除了上述减少碳排放的措施外，新兴的创新近零排放技术的应用和普及，特别是水泥、钢铁和化工领域的氢能以及碳捕捉、利用和封存（CCUS），也将在中长期发挥越来越大的碳中和作用。

表：工业行业碳减排路径及正泰解决方案

碳减排路径	行动方向	正泰解决方案
燃料低碳化	采用可再生能源 提升能源效率 储能技术	• 屋顶光伏发电系统 • BIPV光伏停车棚 • 集中能源站（高能效机房） • 储能装置
工业电气化	从化石燃料转向电力	• 电气设备解决方案 • 配电网系统 • 电动机控制方案
生产数字化	数字化终端用能设备 加强能源监测和管理	• 自动化控制系统 • 配电物联网技术 • 全程能效管理

3 交通行业

交通作为第三大碳排放行业，据国际能源署预测，中国交通运输二氧化碳排放量在短期内将继续增长，于2030年达峰后下降至2060年的大约1亿吨，比2020年降低近90%。^⑬



图：中国交通领域的二氧化碳排放量预测值^⑭

交通行业的碳减排主要依赖低碳能源和运营提效两大动力。但由于交通运输的载具构成、运输方式都较为复杂，在不同细分领域又存在较为独立的具体碳减排路径。

细分领域1：公路交通

公路交通当前产生了交通行业约80%的碳排放。中国的新能源乘用车已经取得了令人瞩目的发展成果，为了进一步实现2035年汽车产业全面电动化的目标^⑮，还需要对电网和充电站进行大规模的基础设施建设。

细分领域2：轨道交通

随着交通运输结构的优化，轨道交通发挥越来越重要的运输角色。无论是在市内轨交，还是在城际铁路系统中，正泰电器都可以提供成熟的高/低压配电解决方案，助力电气化轨道交通的高质量发展。

细分领域3：港口航运

航运的能源低碳化进程相对处于较早阶段，未来主要减排路径包括中小型船舶电动化、LNG动力转型、港口运营提效。

^⑬ 数据来源：IEA《中国能源体系——碳中和路线图》

^⑭ 数据来源：中国汽车工程学会《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》

细分领域4：航空运输

航空运输的长期减排一方面来自生物质燃油和氢基燃料的普及，另一方面来自航站楼等配套设施的能效提升。

表：交通行业碳减排路径及正泰解决方案

细分领域	碳减排路径	正泰解决方案
公路交通	运输结构优化 交通工具电气化 提高交通能效 交通智能化	• 电动汽车充电桩解决方案 • 光伏路面技术 • 零碳交通智慧平台
轨道交通	铁路轨交电气化 公共交通能效提高	• 地铁车站低压配电解决方案 • 高铁站低压配电解决方案 • 智慧轨交系统
港口航运	内河水运电动化 LNG动力船舶	• 电网+光储一体化应用解决方案 • E-House岸电设施方案 • 江海直达电池动力船舶动力系统解决方案
航空运输	生物质燃油 氢能替代 能效提升	• 航站楼智慧能效楼宇解决方案

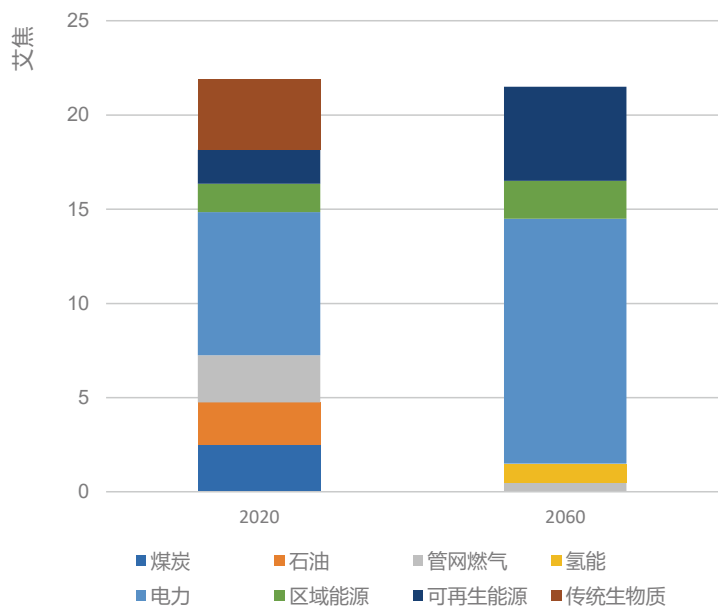
4 建筑行业

建筑行业在中国排放总量中的比重约为20%，其中约5%来自建筑业的直接用能，其余15%来自楼宇运营和住宅使用过程中的间接用能（主要为供热和供电）。碳中和目标下，建筑行业预计将进入存量时代，实现碳排放量快速达到峰值，到2050年排放比2015年减少约90%。如何提高建筑在使用过程中的能源效率、优化能源结构，是实现建筑业碳减排目标的关键环节。

碳减排路径1：建筑电气化

建筑电气化是建筑减排的主要路径。采暖、制冷、烹饪在建筑能耗中的占比约80%。随着以上三个主要耗能领域的电气化推进，建筑能源消费中的电力占比将从2020年的约40%提升到2060年的约60%^⑮。

⑮ 数据来源：国际能源署《中国能源体系——碳中和路线图》



图：中国建筑领域终端用能预测

碳减排路径2：能源零碳化

在建筑建设过程和使用过程中提升可再生能源占比。通过提升设计标准和存量建筑改造，在建筑空调系统及热水系统中普及可再生能源机组、分布式光伏、太阳能热泵等技术，通过优化自身能源结构来降低碳排放。

碳减排路径3：建筑能效提高

通过提升电器能效和运营智能化程度，降低建筑使用过程中的整体能耗，从而降低碳排放。正泰电器针对商用建筑和个人住宅推出针对性的智能建筑方案，结合楼宇自控、室温水温检测回传、智能阀远程控制、能耗计量、智能照明与家具系统，实现楼宇的智能调控和高能效能源利用。

表：建筑行业碳减排路径及正泰解决方案

碳减排路径	行动方向	正泰解决方案
建筑电气化	建筑系统 供暖系统 制冷系统	- 热源自动化整体解决方案 - 换热站自动化整体解决方案
能源零碳化	光伏建筑一体化 工程机械电气化 热泵太阳能替代	- 光储充+智能配电一体化解决方案 - BIPV光伏建筑一体化解决方案 - 光储直柔解决方案
建筑能效提高	绿色建筑 智慧建筑 高能效电器	- 智能家居解决方案 - 智能楼宇阀控解决方案

第七章：专家寄语



Prabhu Ramkumar

TÜV南德意志集团北亚区副总裁兼可持续发展主管

气候变化是全人类的共同挑战。TÜV南德意志集团在与正泰开展全面合作的过程中，见证了正泰作为绿色低碳发展的先行者、探索者和实践者，成功将ESG理念融入企业发展战略。正泰以行动及决心，积极与利益相关方共同努力，为中国实现碳达峰、碳中和，为全球应对气候变化贡献出了自身的力量。

作为核查方，TÜV南德严格遵循核查标准，按照PAS2060和ISO14064-1标准要求，对正泰此次CIMF大会进行了碳排放核查。我们非常高兴地看到正泰的各项减碳行动，包括呼吁参会嘉宾自愿采取行动，取得了显著的减碳效果。我们也期待着正泰借由此碳中和白皮书，实现全面碳中和的那一天。

未来，TÜV南德将继续助力正泰在碳中和道路上稳步前行。我们将继续与正泰紧密合作，共同创造一个更可持续的未来。

Er. Say Leong LIM

全球标准专家和前IEC大使（2018-2021）

这本白皮书是正泰电器代表企业界在全球范围内做出的有力呼吁，敦促加速推进基于全球标准下的一系列脱碳举措，涵盖清洁电力、电动化交通、智慧城市等各个领域，以助力各行业向联合国可持续发展目标（SDG）共同迈进。

李 政

清华大学气候变化与可持续发展研究院院长

碳中和之路道阻且长，但我坚信行则将至。

应对碳中和之路上各个挑战的关键所在是“创新”与“协作”：创新需要企业界与学术界锐意进取，用更绿色高效的新产品新技术为双碳的实现奋楫笃行，而协作则需要各行业秉持开放共赢的态度，用自身的平台与技术赋能其他行业，协手共探双碳之路。

正泰电器本次发布碳中和白皮书是在“创新”与“协作”领域的有力倡议，希望能够为各行业的企业界与学术界提供契机，助力全行业行而不辍、共赴碳中和。



浙江正泰电器股份有限公司

地址：浙江省乐清市北白象镇正泰工业园区正泰路1号

邮编：325603

电话：0577-62877777

传真：0577-62875888

400-817-7777

<http://www.chint.net> | Email: services@chint.com



正泰电器微信公众号



正泰电器客户服务

“CHNT”、“正泰”系中国驰名商标,属正泰电器(CHINT ELECTRIC)所有

正泰电器 (CHINT ELECTRIC) 版权所有 采用环保纸印刷 2023.10