

# 行业观察

2020年12月9日

## 中国实现2060碳中和目标的三步走路径 ——基于能源转型的分析

未来40年，中国经济持续增长对能源的需求与碳减排的压力将加速中国能源转型革命。中金公用能源组预测，要实现2060年碳中和目标，以非化石能源为主的电能将成为一次能源主体，能源消费中电气化率将达到100%，二次能源中氢能将达到30%。而中国多年来在新能源领域的技术创新、规模效应带来成本的大幅下降将推动这一目标的实现。在此基础上，中金公用能源组提出中国能源发展“高碳-低碳-零碳”的三步走路径，即：1、现在至2028年新能源平价时代来临，煤炭、石油消费量达峰，碳排放在2028年达峰；2、2028-2040年，非电领域以天然气替代石油煤炭，电力领域新能源从增量替代逐步转向存量替代，中国碳排放从高碳走向低碳；3、2040-2060年，随着发电成本进一步降低、氢能迈向平价，完成能源碳中和。而在这一过程中，实现新能源、储能及氢能等平衡成本的持续下降将是关键。

**关键词** | 碳中和 非化石能源 氢能

**研究员** | 刘俊 李南南

本文参考2020年12月4日中金研究部刘俊、杨鑫、陈彦、曾韬、王雷和孙扬发布的《碳中和，离我们还有多远》

今年9月22日，习近平主席在第75届联合国大会上提到：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。这不仅是中国首次对碳减排提出明确目标，也是自巴黎协定签订以来中国提出的最远期的减碳承诺。

## 一、实现碳中和，对中国意味着什么？

碳中和，是指在大气中碳排放和碳吸收完全抵消，实现二氧化碳的净零排放<sup>1</sup>。2019年我国碳排放规模约在115亿吨二氧化碳当量，约为美国58亿吨的2倍、欧洲35亿吨的3倍。结构上，我国目前碳排放主要来自能源（占比77%）、工业过程（15%）、农业活动（7%）、废弃物处理（2%）。

据中金公用能源组报告，2060年中国人均GDP水平有望达到4.8万美元，带来的能源需求有望达67.3亿吨标煤，若仍保持目前的能源结构，将会产生每年160亿吨二氧化碳的排放量，比当前规模增长近40%。因此，2060年碳中和目标的提出意味着未来40年中国经济增长、能源需求增加、碳减排将同时发生，而这个过程只有通过中国经济和能源结构加速转型才能实现。

## 二、能源结构转型，供给侧与需求侧双管齐下

在供给侧，如前所述，能源是二氧化碳排放的第一大来源，而目前能源结构中，煤炭、石油、天然气分别占比57%、19%和8%。往前看，一方面，电力领域可再生能源发展将有望大幅降低碳排放；另一方面，电能在终端完全零排放的特性，也使得电能替代成为诸多终端应用上实现碳中和的主要手段。因此，推动非化石能源比例提升和电气化率提升将是实现电力碳中和的必经之路。中金公用能源组预计，2060年我国以非化石能源为主的电能将成为一次能源主体，能源消费中电气化率将达到100%。

当然，很多领域的能源需求无法全部通过电力来替代，比如交通长距离运输（航空和航运）的能源使用难以通过电能实现，对于部分工业（化工、金属

<sup>1</sup>注：欧洲议会（European Parliament）对碳中和的定义：Carbon neutrality means having a balance between emitting carbon and absorbing carbon from the atmosphere in carbon sinks.

和非金属冶炼、造纸等行业)需要通过燃烧能源的使用形式也难以被电能所满足。预计在2060年,30%的能源消费仍将以非电的形式存在,而这需要由氢能或者碳捕捉来完成净零排放。

从需求侧,大力推动各地区、各行业节能减排也更具备现实意义。一方面,逐步建立和完善碳排放监测、额度管理、额度交易等碳排放相关体系,推动政策有的放矢;另一方面,鼓励提高生产能效、加强区域能源消费、加快高耗能产业的转型升级也将是全面推动碳中和的重要手段。

### 三、中国能源结构转型具备一定的现实基础

一方面,近年来我国新能源发展迅速,规模效应、技术创新推动成本快速下降,十年间新能源装机成本平均下降70%-90%,风力、太阳能发电装机量年均实现40%以上的增长。2019年中国非化石能源占能源供给比重提高至16%,提早完成2020年15%的目标。同时,多年来在实践中形成的促进新能源发展的法律体制、技术体系、制度体系不断完善,这为未来新能源的发展提供了保障。

另一方面,在“青山绿水就是金山银山”的政策引导下,中国对环境保护的重视程度持续增强,积极推进供给侧结构性改革及建设资源节约型、环境友好型社会,我国经济结构已逐步由高耗能向低耗能转型。交通、汽车、建筑、农业等领域均实现了不同程度的低碳发展,新型基础设施建设也在如火如荼推进,这些均为我国能源结构转型提供了坚实基础。

### 四、碳中和目标下,我国能源结构变化的三步走路径

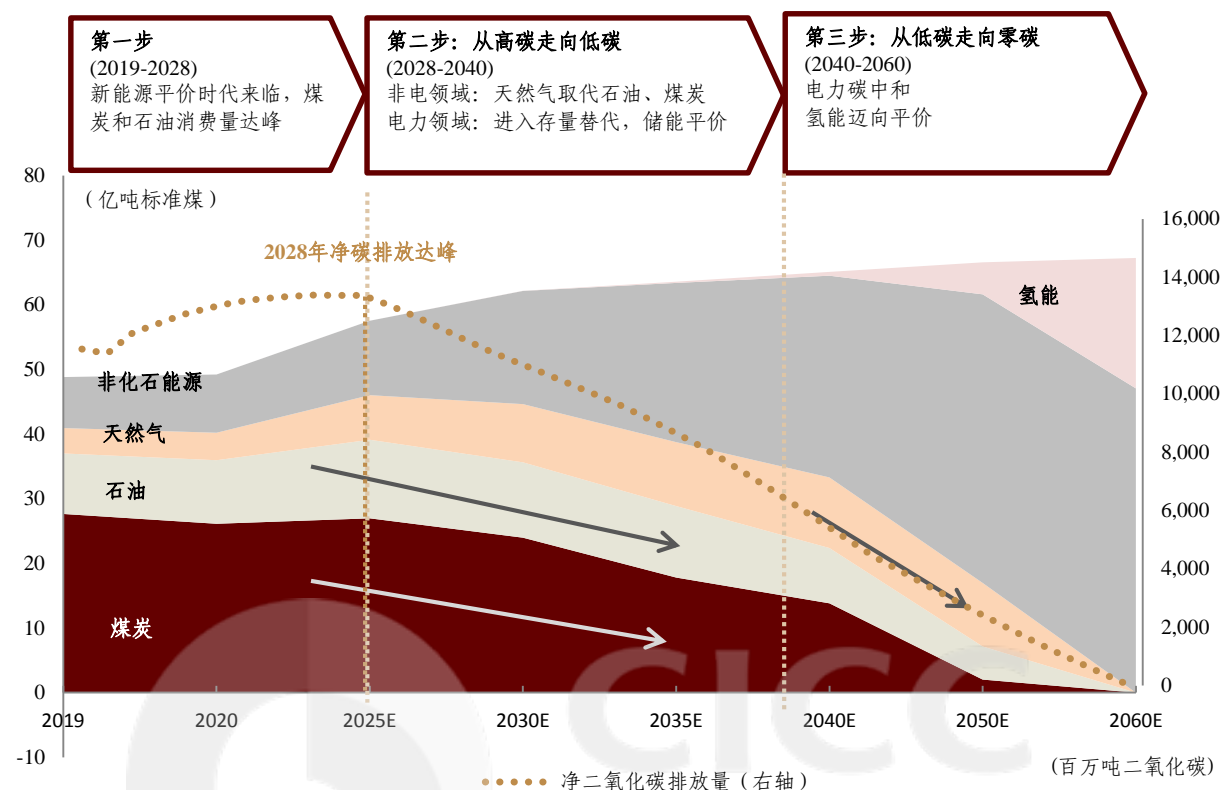
结合以上实现碳中和的目标、手段和现实基础,中金公用能源组预计未来的中国能源发展将会经历从高碳-低碳-零碳的过程,即现在至2028年新能源平价时代来临,煤炭、石油消费量达峰,碳排在2028年达峰;2028-2040年,非电领域以天然气替代石油煤炭,在电力领域新能源从增量替代逐步转向存量替代,中国碳排放从高碳走向低碳;2040-2060年,随着发电成本进一步降低、氢能迈向平价,完成能源碳中和。具体而言:

**第一步：现在至2028年新能源平价时代来临，煤炭、石油消费量达峰，碳排放在2028年达峰。**随着平价时代来临，中国新能源发展将会明显加速，但由于新能源的不稳定特性，使其在一定程度上仍依赖传统能源的辅助。因此预计在2022年左右新能源+电力系统灵活性平价将真正打开非化石能源提升的空间，完成关于储能的第一个平价阶段。另一方面，伴随新能源成本下降，传统电力企业将加速转型新能源投资，煤炭需求将会达峰；同时随着新能源车的普及，石油需求也将提前达峰，预计2028年非化石能源占一次能源的比例也将提升至24%。

**第二步：2028-2040年，非电领域通过天然气代替石油、煤炭降低碳排放，在电力领域新能源从增量替代开始转向存量替代，分别完成用户端储能+新能源和发电端储能+新能源平价，中国碳排放从高碳走向低碳。**随着可再生能源在供给端比例不断提升，电动汽车在需求端比例提升，电力的波动性在供给和需求端都将被加强，从而使得传统的电力平衡能力受到挑战，因此预计将有可能通过电力改革释放电力系统灵活性，并且通过数字化转型提升电网需求侧管理和调度能力，以及通过新的商业模式在经济性上加速实现新能源在分布式终端的应用将成这一阶段的主旋律。而2035年之后可再生能源在发电侧将实现加储能的完全平价，因此这一阶段可再生能源将完成用户和发电侧分别与储能平价的两个阶段，届时电力碳中和将在技术和经济上再无争议。

**第三步：2040-2060年，随着发电成本进一步降低、氢能迈向平价，完成最终能源碳中和。**考虑到一部分能源的需求对于能量密度、能源使用形式有不同的要求，无法用电满足，因此在2040年之前天然气仍然必不可少。但伴随可再生能源成本进一步下降，可再生能源制氢能逐步迈向平价，完成可再生能源最终的平价任务。而随着新的技术，包括氢能发动机（涡轮发动机），氢能冶金，氢能供热等相关终端应用也将从之前的氢能燃料电池的应用大幅提升到更多场景，最终推动能源消费终端电能、氢能占比分别提升至70%和30%。

图表1：能源结构变化的三步走



资料来源：国家统计局，中金公司研究部，中金研究院

## 五、可再生能源+储能以四个阶段来实现平价，落实能源结构变化

为了实现上述能源结构变化、完成新能源替代传统能源，中金公用能源组认为关键点在于新的能源方式仍然保证了（1）较低的成本，以及（2）较好的电网稳定性。这里需要通过新能源、储能以及氢能等跨时段、跨季节平衡成本的持续下降来实现，过程主要分为4个阶段：

**第一阶段（2020~2025）：发电侧+火电灵活性全面平价。**这一阶段，火电灵活性改造可以提供最低成本的辅助服务，光伏发电+火电灵活性的成本低于标杆电价。电力系统仍以火电为主力电源支撑，灵活性改造释放电力系统冗余，再配比少量电化学储能提升响应性能，即能满足系统的辅助服务需求。当前火电提供辅助服务的收益模式尚不清晰，企业灵活性改造积极性未得到充分调动。电网的灵活性政策会极大的影响最终电网接纳可再生能源的成本，若利好政策

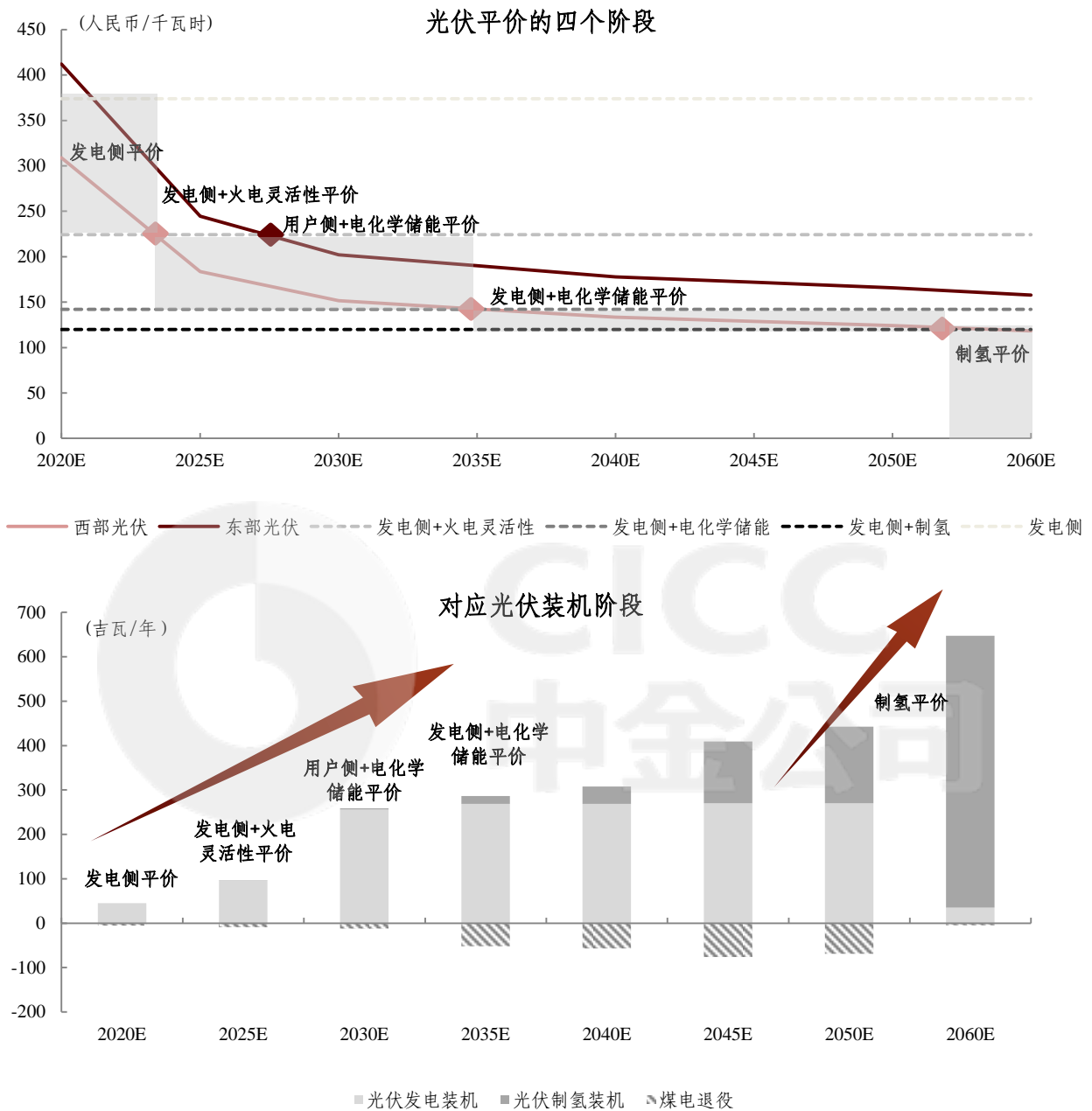
出台，电力系统冗余得到释放，可再生能源的装机和消纳空间有望快速打开。

**第二阶段（2025~2035）：用户侧+电化学储能全面平价。**这一阶段，由于零售端电价高于发电上网电价，光储在用户侧有望较发电侧更早达到平价条件，在用户端直接满足新增电力需求，而不需要电网增加电力供应能力。发、用电边界模糊，创造出新的电力供给形式。且即使用户侧平价，不同模式下储能成本也会存在差异，因此可通过数字化的更高效配置和调度在用户侧进一步拓展应用场景。

**第三阶段（2035~2050）：发电侧+电化学储能全面平价。**这一阶段，可再生能源渗透率提升+火电机组到期退役，而光伏+储能成本继续下降至发电侧平价空间完全打开，光伏扔掉拐杖成为主力电源。基于此，2060年的电力结构预测光伏多于风电，而非落在多能互补的最优配比，本质是光伏降本的更大潜力，使得光储达到完全平价条件。

**第四阶段（2050+）：光伏制氢平价打开新的装机空间。**2050年以后，光伏度电成本降到0.12元/度左右的水平，实现氢能在工业领域较传统能源的平价，打开非电领域碳中和、氢能替代、以及可再生能源装机的新机遇。考虑到电气化率的极限，预计2050年后仍有1/3的能源消费没有电气化，这部分需要绿氢替代，因此带来的新能源装机需求和发电侧的装机在一个数量级，是具备爆发潜力、可能超预期的一个市场。

图表2: 光伏平价上网与装机增长的四个阶段



资料来源: BP Energy, 部分核电、光伏、风电公司年报, 中金公司研究部

## **法律声明**

本文章由中金研究院基于公开信息及/或中国国际金融股份有限公司已发布的研究报告（以下简称“研究报告”）制作而成。中国国际金融股份有限公司及其关联机构（以下合称“中金公司”）对这些信息及观点的真实性、准确性、时效性及完整性不作任何保证。

本文章中的信息、意见等均仅供贵方参考之用，其中的信息或观点不构成对买卖任何证券或其他金融工具的出价或征价或提供任何投资决策建议的服务。该等信息、意见在任何时候均不构成对任何人的具有针对性的、指导具体投资的操作意见。贵方如使用本文章，须寻求专业顾问的指导及解读。贵方应当对本文章中的信息和意见进行评估，根据自身情况自主做出决策并自行承担风险。对依据或者使用本文章所造成的任何后果及风险，中金公司及/或其关联人员均不承担任何责任。

本文章所载意见、评估及预测为本文章出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，中金公司研究部可能会发出与本文章所载意见、评估及预测不一致的研究报告。中金公司的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本文章意见不一致的市场评论和/或观点。

本文章不构成任何合同或承诺的基础，中金公司不因任何单纯接收、阅读本文章的行为而将接收人视为中金公司的客户。

本文章的版权仅为中金公司所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式转发、转载、翻版、复制、刊登、发表、修改、仿制或引用。