

# 碳中和的两个抓手

朱民

碳中和是天下大势，是工业革命以来人类发展方式最大的变化，它将深刻地影响未来，也剧烈地冲击着当下，所以我们称之为“范式变更”。这是一个一直持续到2060年的长期过程，因此可以用“长潮”来形容，这期间科学技术的突破，政策的突破，加上全球竞争，一定会掀起连绵不绝的大浪，这会是人类发展史中极其精彩壮阔的一个阶段。

## 碳中和是当代世界大势

2020年9月，习近平总书记在联合国大会上郑重承诺，中国将在2060年实现碳中和。同年12月份，总书记在气候雄心峰会上承诺，中国2030年的二氧化碳排放要比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重达到25%左右。

中国为什么要做出这些重要承诺？自上世纪50年代以来，人类的二氧化碳排放量急剧增加，全球平均气温也呈现同样剧烈的上升，按照目前的趋势，到2060年全球平均气温会上升两度以上，将会导致恶劣的自然灾害不断发生，极大地损害人类的健康和生存环境。这些都有明确的事实依据。因此现在越来越多的国家达成共识——碳中和是大势所趋，传统工业时代已经落幕，一个新发展时代即将开始。到目前为止全球已经有超过132个国家和地区承诺碳中和，覆盖了全球60%的人口、75%的经济总量和75%的碳排放。

碳中和是对工业革命以来人类生产和生活方式根本性的颠覆，理解这点很重要。这不仅仅是一个改变能源获取方式和生产方式的过程，它将改变人类的效用偏好和价值取向，从追求物资形态的生产方式和消费方式到追求人类福祉——人、社会和自然的

朱民，清华大学国家金融  
研究院院长、中国国际经  
济交流中心副理事长、  
IMF 原副总裁



和谐健康发展。

碳中和是工业革命以来人类发展方式和治理规则的全面变革，它已经成为全球竞争新的制高点，其中很重要的一个方面就是规则制定的竞争，因为竞争最高的层次是规则制定。作为工业革命发源地的欧洲就走在特别前面，他们意识到通过工业革命建立起的那套规则如今已经不再适用，因此欧盟推出了“绿色新政”，从方方面面进行布局，包括能源体系、生产体系、交通体系、建筑体系等等，希望主导碳中和的规则制定。欧洲现在推行的边界调节税就是用碳排放概念来改变整个市场的竞争格局。美国在拜登执政以后也立即返回《巴黎协议》，把碳中和提升为美国的国家安全问题，要让美国再一次领导世界。现在全世界很多的国家都看到，全球碳中和目标下的能源和经济向低碳转型将重塑世界竞争格局。

中国作为一个负责任的大国，不可能置身于潮流之外。目前中国的碳排放总量已经是世界第一，人均碳排放超过欧盟，仅次于美国。我们的单位GDP碳排放量也很高——每创造1美元GDP的排放量是0.69公斤碳，大概是全球水平的1.5倍，是美国的2倍，日本的3倍，所以我们在发展效率上还



朱民在“未来已来”系列讲座中发言

有很大的提升空间。没有中国的积极参与，全球减排就不可能实现，这既是国际社会的要求，也是我们实践总书记“构建人类命运共同体”的重大倡议非常重要的一个方面。

对于中国而言，我们的碳排放要在2030年达到峰值，到2060年实现“零碳”（净排放为零），下降曲线特别陡峭，用短短30年完成这个任务，本身就很艰巨。更大的挑战在于，中国仍然是一个发展中国家，这是我和发达国家很不一样的地方。欧洲早在上世纪90年代就已经碳达峰，他们的服务业比重高，工业比重较低，经济增速也很低；我们则是以制造业、工业为核心的经济体，要保持中高速增长，一次能源消耗基本持平，同时排放要减少到几乎为零，这个“缺口”就要依靠科技的力量、金融的力量、制度安排的力量来填补。

如今的全球形势下，高碳高增长之路已经行不通，欧洲的低碳、低增长模式我们也不能走，因为我们还需要增长。我们只有第三条道路——在双重制约下，选择低碳和零碳的绿色技术和产业体系，实现减碳和增长双赢。

这是我们开启未来40年新长征的根本目标和

挑战，挑战中也蕴含着重大的机遇。我们提早转型就有利于降低转型的重置成本、沉没成本。相比之下发达国家的重置成本很高，比如美国每千人的汽车保有量是845辆，日本是575辆，中国则只有173辆，这个差距是巨大的，未来将由新能源汽车来填补，这就是为什么新能源汽车在中国市场如此火爆。中国较高的经济增长速度可以为绿色产品创新推广提供更多的市场需求，我们的

绿色技术和产业也因此形成了一定的积累，有些方面甚至处于并跑、领跑位置，特别是在数字技术上的优势能够助力研究发展。我们还有制度和政策优势，生态文明建设和新发展理念的提出和实践，将有助于形成统一的社会共识。利用好这些优势就能够提升我国技术和产业的竞争优势，推动一场系统性的低碳变革。

改革开放40年，中国走的是传统工业化的模式，我们是在追赶；下一个40年中国可以走绿色发展的模式，我们可以引领世界，让全球共享绿色繁荣。在今天这个时点上，我们看到了过去40年令我们极其自豪的辉煌，放眼未来，我们将迎来更辉煌的40年，那就是碳中和。

## 能源革命

碳中和的两个抓手，一是能源革命，二是金融先行。

按照2019年的数据，我们全年的碳排放约为100亿吨，占全球的28.9%，其中电力占40%，工业30%，建筑15%，交通15%；我们的能源结构里化石能源占84%，其中煤占57.7%，石油占18%，

天然气占 8.2%，相比之下非化石能源只占 15.3% 左右，这个比重要继续扩大。

中国分四步走的碳中和路线。

第一步是“两个替代”：一是清洁能源替代化石能源，二是能源的电气化。

第二步是“两个脱钩”：先是电力与碳排放脱钩，接着是经济发展与碳排放脱钩。

第三步是达峰：电力的碳排放提前在 2025 年达峰，能源消费和全社会的碳排放都在 2028 年达峰。

第四步是中和：2055-2060 年实现净零排放。

有了这个路径以后，重要的一环就是减煤去煤。中国拥有丰富的煤炭资源和充足的产能，因此形成了偏煤的能源结构，我们每年的煤炭消费量达 40 亿吨，占全球 50% 以上，其中能源消费占比接近 60%；在此基础上我们形成了独特的工业结构，燃煤发电量和钢铁、水泥产量均占全球的 50% 左右。这也正是我们能源利用效率不高的原因——2020 年中国 GDP 占全球的 18%，能源消费量占 25%，二氧化碳的排放量占 30%。

按照规划，减煤的技术路径也分成四步走，2025 年、2030 年、2035 年、2050 年，非化石能源的占比分别达到 20%、25%、35%、65%，煤炭的相应占比分别降至 50%、45%、30%、15%。“十四五”期间煤电的建设会逐渐放缓；“十五五”期间煤电建设要完全停止；2030 年开始煤电替代，非化石能源发电提高至 50%；2035 年以新能源为主的电力系统基本建成，非化石能源发电进一步提高至 65%；2050 年基本实现电力系统的净零排放。

用什么来代替煤炭？第一个是光电。我国有 128 万平方公里的荒漠和戈壁，只要在其中十分之一的土地上安装光伏发电设备，年发电量就可以达到 20 万亿度。此外，如果我们在居民楼和写字楼屋顶全部安装光伏发电系统，年发电量可以达到 3~4 万亿度，基本上相当于我们 2020 年全国用

电量的一半，可见中国是拥有丰富太阳能资源的。现在光伏发电的成本已经低于煤电，阿联酋的光伏发电上网电价，一度电最低只要 1.35 美分，青海光伏发电的上网电价已经降到 0.24 元一度，青海的光伏发电输送到河南驻马店落地成本已经低于驻马店当地煤电价格。四川甘孜州光伏发电的上网电价在去年已经达到 0.15 元以下。

我们也有巨大的风能资源，从西藏到东北，再到东南沿海，我国的风能资源分布广泛，陆地总储量高达 3400 吉瓦（注释：1 吉瓦等于 100 万千瓦），另外还有 500 吉瓦海上风能资源。

未来几年中国的光电和风电将迎来大发展。

“十四五”期间光伏发电的年均新增装机容量预计可以达到 70 至 90 吉瓦，2030 年之前平均年增 73 吉瓦，2030~2050 年平均每年新增 83 吉瓦。2030 年之前，风电将年均新增 76 吉瓦，2030~2050 年平均新增 65 吉瓦。

与此同时，氢能的需求也将快速上升。氢的能量密度虽然低于汽油，但远远高于锂电池，而且氢是重要的化工材料，也将成为钢铁、水泥、重型交通等领域重要的化石燃料替代品，未来每年的消费量可以达到 8100 万吨。目前氢的生产主要来自工业副产和煤气化，随着大规模电解水制氢技术走向成熟，未来其生产结构将会发生巨大变化，成为一种特别重要的能源。

能源革命还有一个不可忽视的领域就是储能，它可以为提升能源系统的调配灵活性提供极大的帮助。我国目前的抽水蓄能装机容量为 30 吉瓦，位列世界第一。此外还有其他储能手段，目前仍需要克服成本问题。发展新能源，储能和配送是两个根本问题，我们称之为“新能源替代第二阶段挑战”——光电、风电的生产成本已经快速下降，剩下就是克服储能和输送调配难题，让落地的消费成本降下来。

## 全面重塑中国经济

在绿色大变局之下，传统工业时代形成的经济体系和空间格局都将进行重构，在全面脱碳的约束下，能源、交通、建筑、农业将迎来根本性的变化。

中国全面脱碳的结构和路径，概括起来就是对电、氢、氨、生物质、合成燃料、碳捕捉六种不同手段的综合运用，根据它们在不同行业的适应性，将形成不同的技术和应用。

例如交通运输脱碳的关键是电气化，再以氢、氨、生物质燃料为辅助。具体来看，在 2050 年的交通能源消费结构中，轻型车将以电驱动为主，氢燃料电池为辅；重型卡车则以氢能为主，小部分是电驱动；铁路要实现全面电气化；航空将主要依靠生物燃料，因为有能量密度和稳定性方面的要求；航运的主要燃料则是氨。整个能源结构相比现在会发生巨大变化。2021 年全国汽车销量是 2800 万辆，其中新能源汽车销量已经达到 300 万辆。到 2030 年，我们的新能源销售预计将超过 1600 万辆，占汽车总销量的 40%，这是个了不得的发展。

重工业则是利用电气化、氢能、碳捕集和封存以及生物能源来实现完全脱碳。例如随着炼钢技术改进，使用零碳电力直接还原铁，总排放的强度会下降得很快。再比如化工行业，目前我们的合成氨、甲醇生产都以煤为主要原料，北美和欧洲则主要是天然气和石油。未来氢不但将成为化工行业主要的生产原料，也将作为生产过程中的主要能源，实现“从煤到氢”的根本性转变。

在建筑部门，预计到 2050 年中国人均住宅面积会高于欧洲水平，这是个了不起的成就。目前建筑业的能耗结构，采暖和制冷占了大头（采暖 34%，制冷 5%），生活热水占 23%，烹饪占 21%；建筑业的能源结构仍以化石燃料为主——20% 的煤，11% 的石油，9% 的天然气，加上 28% 的电。未来建筑部门的能源结构将基本实现全电化，

电的占比将达到 75%，剩下的则是工业余热、太阳能热、生物质等。

长期低碳转型会推进中国发展范式转变和科技发展。我们是通过深度脱碳来改变生产方式，同时发展科技创新，其实质是通过数字化和电气化来推动脱碳。用清洁低碳的新型能源生产和消费体系，形成全新的零碳能源体系，然后用新能源体系支撑新的工业体系。这就需要整个的体制机制改革，需要建立完善碳价机制和碳市场，来为长期低碳化转型营造良好的政策环境、制度环境和市场环境。这是一个层层递进的过程，从减煤去煤逐渐推动整个生产体系的变化，再推动消费体系的变化，然后推动整个技术体系的变化，最终形成中国的零碳经济全球竞争力。

## 科技创新是最根本的力量

回顾近几十年的科技发展史，从上世纪 90 年代的电脑主机，到后来的 PC 互联网，再到移动互联网，然后是数字化技术、人工智能、大数据，代表性的公司也从 IBM、微软、苹果、谷歌变成了亚马逊和众多芯片公司。在这个过程中每一个阶段领跑的科技代表者都得到了资本市场的认可和支持。

今天，科技发展已经步入碳中和技术阶段，领头的公司是谁？是特斯拉和宁德时代。因为市场意识到碳中和的大潮已经势不可挡，只有追随碳中和技术才能跟上潮流，这正是资本市场追捧特斯拉和宁德时代的原因所在。碳中和将是一个去技术中心化的过程，还会涌现出诸多新技术和新的大型企业。如果太阳能光伏的转化效率能够从 20% 提升到 30%；如果电解水制氢的初始投资成本能够从每千瓦 850 美元降到 200 美元；如果氢燃料电池的成本能进一步下降，效率能进一步提升；如果我们最终攻克了可控核聚变技术；如果热泵的性能可以提高再提高 4 到 8 倍。这其中蕴藏着巨大的科技发展和创新空间。

当科技一次又一次地颠覆、改变世界，从最终产品向上追溯的整个生产过程都将被重塑。比如汽车的“零碳”并不是能源从燃油变成电驱动那么简单，而是整个产业链的共同减碳——6%的碳在产业链内循环，提升原材料加工效率占16%，能源替代占39%，采用可再生加热系统占19%，生产效率提升占7%，通过全产业链每个生产过程和环节的科技创新和效率提升，才能最终生产出一辆碳排放为零的汽车。

未来的无碳能源体系将完全是靠数字化系统来运营、配售、运输和调节，用数字化、智能化来提高效率、降低成本。“十四五”期间，国家提出了一系列绿色技术推广建议，比如微电网技术、工业余热集中、中深层地热利用、氢能源车、智能充电，建筑立体绿化。

中国的技术发展在很多方面已经走到前面，特别是新能源的研究和创新。在太阳能领域，中国的论文发表量和优质论文数量都排名全球第一，是美国这方面论文的两倍。我们在风能领域、地热领域的论文发表量也是世界第一，生物质能方面的论文发表量仅次于美国，全球第二。可见我们的基础科学研究也在向前迈进。

## 金融先行，投资未来

碳中和的两个抓手——能源和金融，两者相互关联，甚至金融动得更快。随着碳中和进程启动，从全球范围看，对石油、煤炭的投资已经开始下降。比如2021年煤炭行业的发债量下降了60%。我们说



江苏淮安：发展乡村风电致力碳中和（图片来源：中国新闻图片网）

金融先行，投资未来，这对金融业其实是一个很大的挑战，因为碳中和涉及到大量的技术创新和应用。

截至2021年上半年，我们的绿色贷款规模达到13.92万亿元，位列全球第一；绿色债券存量规模8132亿元，全球第二；我们的绿色企业股权融资和再融资合计200多亿元；此外还有绿色发展基金、绿色PPP产业投资基金等金融创新。而且我们构建了一套绿色的指引、统计、激励、监管机制，这些都是走在前面的。

但是与碳中和的重要地位相比，绿色融资的比重还比较低，截至2020年末只占社会总融资额的4.6%，而且超过90%都是来自银行贷款，资本市场发挥的作用还远远不够。因为银行在支持绿色融资方面存在天然短板：一是期限错配；二是风险偏好不匹配；三是目前缺乏完善的激励机制，绿色投资回报不稳定、回报周期长。从绿色金融走向零碳金融，金融业面临巨大的挑战，因为“零碳”是比“绿色”更广、更深、更大的概念。

金融对碳中和的关键作用，首先是做好碳中和所需的巨量、长期和高风险投资。关于整体的投资规模，各方面有不同的预测。清华做的分析，预计



安徽芜湖：光伏发电助力“碳达峰、碳中和”（图片来源：中国新闻图片网）

到 2050 年大概需要 100 万亿至 135 万亿人民币能源基础设施投资，具体取决于 2 度还是 1.5 度场景。欧洲有一个预测说是需要 238 万亿人民币投资。还有更高的预测说需要 500 万亿。

国家在“十四五”规划中提出了一系列投资计划，累计达到 446 万亿元，涵盖信息基础设施、可再生能源友好的能源 / 电力系统、绿色低碳城镇化和现代城市、传统产业的数字化升级和绿色改造、扩大和重塑绿色消费、创新基础设施六大领域，特别是在数字化升级和绿色改造领域，投资高达 16.5 万亿元。可见在开启后 40 年阶段的第一个五年，我们非常重视投资。

在做好增量投资的同时，金融业还要管好现有的金融存量。根据国家资产负债表研究中心公布的数据，中国金融总资产规模在 2019 年已经达到 900 万亿元；中国居民的金融资产规模，存款、债券、保险、股票投资、基金投资加在一起，已经达到了 325 万亿元。在碳中和过程中一定会发生资产价格的变化，高碳资产的价格会下降，低碳资产价格会上升，甚至出现泡沫，整个金融资产存量会发生根本的变化，这是一个更大的挑战。

现在已经可以看到这样的趋势。有一项研究表

明，如果以 2050 年全球气温升幅控制在 2 度以内为目标，全球 35% 的石油储备、52% 的天然气储备，88% 的煤炭储备将成为搁浅资本。清华大学绿色金融发展研究中心的研究表明，在碳价上升和新能源价格下降的冲击下，国内煤电公司的银行贷款违约率在 10 年内会从 3% 攀升到 20% 以上。

脱碳过程中的价格变化将对金融存量造成最直接的影响。从

重工业来说，水泥价格会上涨 30%，钢铁价格上涨 20%，塑料上涨 50%，船运价格上涨 110%，成本上升企业的经营利润将受到挤压，进而影响企业的估值，迫使企业进行脱碳的技术改造。

2020 年，我国煤炭、石油、冶炼和电力、热力、燃气、水生产供应等高碳行业的企业总资产达到 40.35 万亿元，四大国有商业银行对“五大门类”的贷款为 3486 万亿元，占公司贷款总额的 53% 左右。脱碳将影响这些金融资产的估值，不良率和违约率也会变化，所以金融机构管理好存量的任务很重、很大。

金融机构的贷款导向会推动经济结构改变。未来 30 年，中国的用电需求会急剧上升，从 2016 年的 6 万亿度增至 2050 年的 14 ~ 15 万亿度；发电结构也会发生巨大变化，2016 年主要是煤和水，2050 年没有煤，主要是风电、水电和太阳能。这个过程离不开银行贷款的支持——煤电设备、燃煤发电机没有了，变成各种各样的水电、光电、核电设备。

碳中和还会引起大宗商品的需求结构变化。2021 年全球大宗商品价格上涨的累计价值达到全球 GDP 的 2%，这是巨大的成本增加，也是一场巨大的财富转移——从制造品的生产和消费国向资源生

产国转移。到2040年，铜的需求会比现在增加1倍，镍的需求会增加3倍以上，锂的需求会上升20倍，钴的需求也会上升3~4倍。随着稀有金属需求大幅上升，大宗商品及其金融衍生品的市场价格都将发生结构性的改变。20年前不同品种的大宗商品市场是互相独立的，比如小麦价格和棕榈油价格之间，石油价格和矿石价格之间互不关联，而10年前大宗商品的泛金融化，包括粮食在内，所有大宗商品的价格都开始跟着石油价格走，而现在我们发现所有大宗商品价格都跟着稀有金属的价格走，未来碳中和将极大地带动稀有金属的需求和价格上升，这就需要金融来进行稳定和支持。

金融业还需要帮助寻找高度不确定的碳价格。特朗普执政的时候美国把碳价定在7美元/吨，奥巴马的时候是42美元，英国著名的全球气候专家尼古拉斯·斯特恩(Nicolas Stern)说碳价要到266美元才能在全球升温1.5度的场景下实现碳中和。现在也有一些碳交易市场在寻找合理的碳价格，欧洲近期是54美元/吨，我们国家还是七八美元/吨，定价差异如此巨大，需要金融业介入来帮助寻找不确定的碳价格。在推动碳中和的过程中，关键是要将市场经济的力量用起来，金融业将在其中发挥重要作用。

构建与碳中和一致的中国特色的结构性货币政策。传统的货币政策是着眼于稳定物价和促进经济增长，有了碳中和目标，我们就需要引进窗口政策，引入支持碳中和并且平衡碳中和风险的“碳中和支柱”，从过去的双支柱变成三支柱的货币政策。人民银行有丰富的普惠金融经验，我们有望在这方面实现突破，构建世界先导的结构性货币政策。

同时要重塑与碳中和一致的风险管理系统，把巴塞尔协议III的三个支柱变成巴塞尔可持续发展ESG，对最低本金的考虑、外部约束的压力测试和信息披露进行调整。欧盟有一个测试表明，因为

气候变化，欧洲银行业的资本充足率每年会降低0.3~0.8个百分点，发放给企业的银行贷款也会每年减少1.6%~5%，这当然会对经济造成不利影响，因此所有的风险模型都将发生变化。

国际竞争已经开始，特别是金融业。金融业的碳中和竞争，绿色债券市场在哪里，绿色的标准在哪里，披露的标准是什么？这些问题都需要得到解答。金融稳定委员会(FSB)下属的气候相关财务信息披露工作组(TCFD)五年前发布了气候信息披露框架，现在已经有超过2600家金融机构支持这套框架。国际银行界也成立了“格拉斯哥净零金融联盟”(The Glasgow Financial Alliance for Net Zero, 简称GFANZ)，要求运营、贷款、投资组合都要在2050年达到净排放标准，中国还没有一家银行机构参加。

我目前是国际会计准则委员会(IASC)一个名人小组的成员，我们的任务就是要构建一个新的可持续发展会计准则，以后企业不但要用已有的国际会计准则进行审核，还要用可持续发展的标准进行会计审核，这意味着公司会计模式将迎来一场巨大的变革。

## 未来已来

人类有史以来还从未发生过如此规模巨大，如此覆盖一切、穿透一切，如此完美的自我革命和自我颠覆。当科技发生变化，当生产方式发生变化，当消费方式发生变化，当社会组织发生变化，当价值发生变化，当人、生产、社会、自然融为一体，这是一场自工业革命以来人类发展的“范式变更”。

碳中和的长潮将连绵不断，在这长潮之上，技术的发展和全球竞争一定会不时掀起拍天巨浪。

所以，拥抱碳中和，拥抱未来，你别无选择。

【本文为作者在清华五道口在线大讲堂联合“未来已来——全球领袖论天下”系列讲座、清华五道口全球胜任力系列讲座上的发言，略有删改。】