

面对时间紧、任务重的碳达峰、碳中和目标，该如何提高认识、更新观念？能源行业应如何作为，需要哪些具体抓手？本刊日前采访了国家能源咨询专家委员会副主任、中国工程院原副院长、中国工程院院士杜祥琬。他认为，实现碳达峰、碳中和目标是全球大势、时代命题，能源低碳化事关人类未来，历史需要我们考出好成绩；应从蓝天保卫战、节能提效、循环经济、发展碳汇等多方着手，并以能源、交通、工业、建筑等行业减排为抓手，推动中国碳减排进程。

实现碳中和需要有力抓手

——访中国工程院院士杜祥琬

文 / 本刊记者 王伟

近年生态环境部 关于碳排放权交易的 公开表述

2018 >

04.25

中欧市场对话与
合作项目发布会



● 加快碳市场管理制度建设，加快推动出台全国碳排放权交易管理条例和配套管理办法。

● 推动碳市场基础设施的建设，包括注册登记、交易系统，以及管理机构的组建，尽快具备上线交易的条件。

● 推动重点单位碳排放权交易配额总量设定和配额方案的发布，尤其是发电行业配额分配技术指南。

历史需要我们考出好成绩

《能源评论》：近来碳达峰、碳中和成为社会各界高度关注的话题，您认为碳中和的要素和碳减排举措有哪些？

杜祥琬：如果碳排放能够降到等于碳汇的数量，或者碳汇足以抵消剩余的碳排放，就可以称为碳中和。碳中和的三要素包括节能提效、低碳能源替代、增加碳汇（包括各种移除碳的技术）。在以化石能源为主的今天，碳减排的主要举措包括以下三个方面：首先是“提能效、降能耗”，主要集中在建筑、交通、工业、电力节能领域；其次是“低碳能源替代”，应高比例发展非化石能源，特别是可再生能源；最后是“碳移除”，包括增加碳汇、大力发展

CCUS（碳捕集、利用与封存）等技术。

《能源评论》：您曾表示，实现碳达峰、碳中和目标是全球大势、时代命题。您认为，中国应该如何作为？

杜祥琬：欧盟2020年提出了绿色复苏计划，决定投入1.82万亿欧元，努力成为第一个碳中性大陆；美国新一届政府已经宣布了重返《巴黎协定》；德国宣布2050年要实现温室气体净零排放。企业层面，近期国内外众多能源公司纷纷发布碳中和目标、行动方案。

从工业文明时代走向生态文明时代，这是人类文明的赶考。碳达峰、碳中和是全球参与的大考，中国不能落后，历史需要我们考出好成绩，需要大家的共同努力。

《能源评论》：对于从碳达峰到碳中和的时间，发达国家的计划是45~70年，而中国只给自己预留了30年，您如何看待这一挑战和机遇？

杜祥琬：实现碳中和绝非易事。这个挑战不仅是对中国，对全球也同样存在。我们面临的挑战确实有一些特点，比较突出的问题就是煤炭消费占比较高。如何稳步地减少化石能源消费，用非化石能源替代，实现公平、公正的能源转型，都是很大的难题，但也正因为如此，一旦实现清洁低碳转型，我们所获得的效益也会更多，将使我们的能源结构得到优化、能源效率得到较大提高。

《能源评论》：在推进碳达峰、碳中和的进程中，您认为应该如何看待能源行业的作用？

杜祥琬：全球气候变化的主因是

Q&A

06.13 2018年全国低碳日 碳市场经验交流活动

进一步完善试点碳市场制度设计，在保持试点碳市场稳定运行的基础上，在条件成熟后逐步向全国市场进行过渡。

09.05

发电行业参与 全国碳排放权交易市场动员部署会

● 以发电行业为突破口率先在全国开展交易，逐步扩大参与碳市场的行业范围和交易主体范围，增加交易品种和市场活跃度，同时防止过度投机和过度金融化。

● 将加快建立完善全国碳市场制度体系。推进温室气体自愿减排交易机制改革，创造条件，尽早将国家核证自愿减排量纳入全国碳市场，发挥市场机制对林业碳汇等领域的支持作用。

11.31 生态环境部 新闻发布会

建设全国碳排放权交易市场是利用市场机制控制和减少温室气体排放，推动绿色低碳发展的一项重大制度创新。

人类活动排放的温室气体。在温室气体中，二氧化碳占比达到73%，而九成二氧化碳来自化石燃料，也就是煤炭、石油、天然气的燃烧。

对于能源行业的发展，要从人类文明形态进步的高度来认识能源转型和能源革命。人类文明形态要不断进步，这是历史的必然，而能源革命是它的基础和动力。当年，化石能源包括煤炭、石油、天然气的发现和利用极大地提高了劳动生产率，使人类文明由农耕文明进入工业文明，这是一轮全球性的能源革命。200多年来，工业文明在带来巨大进步的同时也产生了日益严重的环境问题、气候变化问题和不可持续性问题。

现在，非化石能源的巨大进步正在推动人类文明由工业文明走向生态文明，这是又一轮深刻的能源革命。新冠肺炎疫情引发反思，人类是否需要一场自我革命，而气候变化是另一

种全球性的非传统安全问题，从这个角度来看，能源革命势在必行、能源低碳化事关人类未来，这些已经是全球高度的共识。

《能源评论》：有人认为，实现碳达峰、碳中和会对经济发展产生负面影响，您怎么评价？

杜祥琬：实现碳达峰、碳中和不仅不会限制经济社会发展，而且会推动新兴经济的发展、新型发展方式的出现。因为推动碳达峰、碳中和会带来新的投资、新的技术、新的工业、新的交通、新的建筑、新的能源，还会创造一个有中国特色的新型发展方式，带动经济社会的进步，实现可持续发展。

实现目标需要有力抓手

《能源评论》：在您看来，实现碳达峰、碳中和目标，从宏观层面有哪些抓手？

49.1%

截至2020年年底，我国全口径煤电装机容量为10.8亿千瓦，占总装机容量的比重为49.1%，首次降至50%以下。

杜祥琬：首先，碳减排和蓝天保卫战有高度的协同性，应将二者统筹考虑、同步推进。随着我国碳达峰、碳中和目标的逐步实现，空气质量的指标比如PM2.5，将首先达到国家标准35微克/立方米，并进一步达到世界卫生组织公布的目标15微克/立方米，甚至是10微克/立方米。这个指标，美

12.20 “新环境下的国家碳市场：
回顾与展望”研讨会

> 2019 >

06.19 第七届
全国低碳日主场活动

> 08.30

2019年8月
例行新闻发布会 >

生态环境部正持续推动全国碳市场相关基础设施的建设，将加快推出全国碳排放权交易市场条例。目前条例草案已经形成，并已经过多轮修改，正在和相关部门积极沟通协调，加快推进条例的出台进程。同时，初步组建了各个企业的碳排放系统，下一步将进一步优化并跟地方的数据排放系统进行一个对接。

2017年12月启动碳市场建设以来，全国碳市场的制度体系、基础设施、人员队伍等建设初见成效。下一步，将加快推动全国碳市场建设，积极推动地方和行业的打通行动。开展适应气候变化工作，发挥应对气候变化对高质量发展的引领作用，对生态文明建设的促进作用和对环境污染治理的协同作用。

重点推动《碳排放权交易管理暂行条例》尽早出台，为碳市场建设奠定法律制度基础，同时加快印发《全国碳排放权配合总量设定和配额分配方案》《发电行业配额分配技术指南》和重点排放单位温室气体排放报告管理办法、核查管理办法、交易机构管理办法。

丽中国必不可少。

其次，节能提效是降低碳排放的一大举措。2019年，我国的能源强度是世界平均水平的1.3倍，比英国、德国、法国、日本这些国家要高出更多。如果将能源强度降到世界平均水平，就意味着同样的GDP下我们将少用近10亿吨标准煤。在当前消费水平下，能耗每降低1%，可以减少0.5亿吨标准煤、减排1亿多吨二氧化碳。

节能提效包括结构节能、管理节能、技术节能和文化节能，这些都很重要，可以从很多方面努力推进。比如，目前煤电的度电煤耗（标准煤）全国平均水平是307克/千瓦时，如果能降到289克/千瓦时，就能节约超过1亿吨标准煤；燃煤工业锅炉如果采用高效低排放煤粉炉，热效率可以由65%上升到90%；钢铁建材等产品的能耗如果达到国际先进水平、居民服

务业燃煤炉灶如果采用热效率70%的新型炉灶，每一项都能节约超过1亿吨标准煤。大数据中心耗能非常可观，也应努力节能。

此外，现在中国的高耗能产业已经饱和甚至超饱和，依靠其带动GDP是不符合中国现实的，不能再让其发展。现代化的美丽中国，必须是一个节能的国家、高能效的国家。

《能源评论》：分行业来看，您认为有哪些领域值得关注？

杜祥琬：电力行业的碳减排非常重要。我国电力行业二氧化碳排放量占总排放量的近一半。现在电力装机中煤电占比仍接近一半。来自中国电力企业联合会的数据显示，截至2020年年底，我国全口径发电装机容量为22亿千瓦，其中全口径煤电装机容量为10.8亿千瓦，占总装机容量的比重为49.1%，首次降至50%以下。

可再生能源是本国可以掌控的、

更经济、更安全的能源，除了可以提供绿色电力，还可以用来制备“绿氢”、供热、供冷。因此，要大力开发非化石能源电力，高比例发展可再生能源，特别是光伏和风电。2010~2019年，我国光伏发电、光热发电、陆上风电和海上风电项目的成本分别下降约82%、47%、39%、29%，且还在进一步降低中。2019年，我国非化石能源占一次能源消费比重为15.3%，根据国网能源研究院的预测，“十四五”末（2025年）这一数字将达到20%，到2050年、2060年分别可以达到70%、80%。

同时，需要推动煤电高效、洁净化利用和灵活性改造，发展热电联产、生物质掺烧，逐步、有序地减少煤电占比，实现公平、公正的能源转型。如此，美丽中国将来会拥有一个以非化石能源电力为主的新能源电力系统。



12.11

联合国马德里
气候大会

截至2019年10月底，中国碳交易试点地区的碳排放配额成交量达3.47亿吨二氧化碳当量，交易额约76.8亿元人民币。

2020

01.12

2020年

全国生态环境保护工作会议

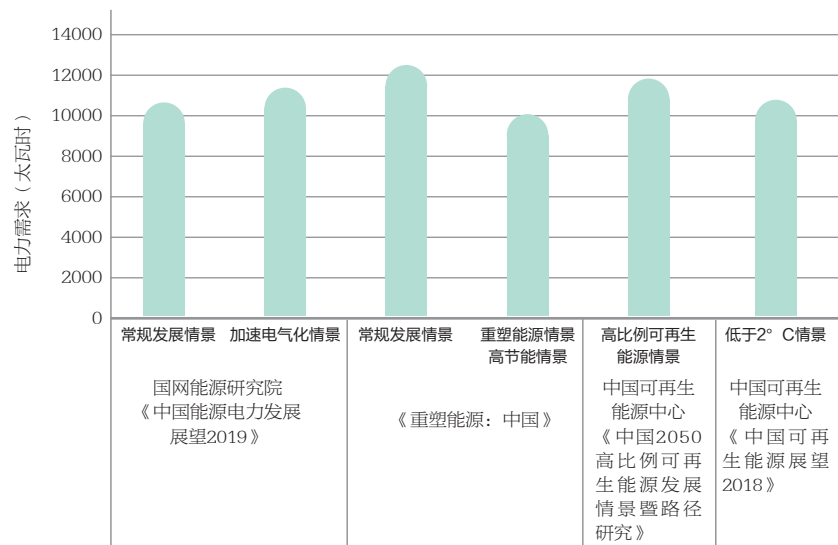
进一步加大非重点区域治污力度，在部分地区和重点行业启动二氧化碳达峰行动，加快推进全国碳排放权交易市场建设。

09.25

生态环境部
新闻发布会

我国7个试点碳市场从2013年陆续启动运行以来，逐步发展壮大。初步统计，目前共有2837家重点排放单位、1082家非履约机构和11169个自然人参与试点碳市场。

2030年中国电力需求预测比较



<< 数据来源：根据公开资料整理

杜祥琬：对以风电、光伏为代表的
新能源而言，10年以前，可以说是“微
不足道”；10年以后（2030年）要达
到12亿千瓦的装机规模，可谓“举足轻
重”；未来，将有更多的电力由非化石
能源承担，必将“担当大任”。

同时，新能源企业要经常反思不
足、做好自己，才能赢得未来。我们
不仅要增加新能源电力的装机容量，
而且要增加电力输出；不仅要增加电
力输出，而且要做好高质量的电力输
出；在提升新能源发电效率的同时，
还要与电网、储能更好地结合，在现
阶段应与化石能源配合好。

《能源评论》：除能源电力行业
外，还有哪些行业值得关注？

杜祥琬：其一是交通行业减排。
新能源汽车无论是以电代油还是以氢
代油，实质上都是以可再生低碳燃料
（生物航空燃油、合成航空燃油和

《能源评论》：在新的目标下，
新能源电力装机容量和占比会越来越
高，您对新能源企业有何期待？

Q&A

09.29

生态环境部
应对气候变化政策吹风会

> 12.18

生态环境部
党组会议

> 2021 >

01.05

发电行业已经做好了相关准备，“十四五”
期间要进一步加强碳市场的建设，把其他重
点行业加快纳入进来，包括钢铁、水泥、化
工、电解铝、造纸等行业前期已做了很长时
间的准备工作，下一步要考虑加快纳入。

强调要坚定不移地把降碳作为促进经济社会
全面绿色转型的总抓手，抓紧制定2030年
前二氧化碳排放达峰行动方案，加快建设碳
排放权交易市场，推动绿色低碳发展。

● 对发电行业将通过行业基准法开展配额
分配，基于实际产出量，对标行业先进碳排
放水平，配额免费分配且与实际产出量“挂
钩”，体现奖励先进、惩戒落后的原则，助
力供给侧结构性改革和经济高质量发展。

氨)替代石油。通过未来几十年的努力,我们将逐渐建成美丽中国的脱碳交通能源体系。

其二是工业减排。现在我国工业能耗占全社会能耗的60%,未来这一比例要继续降低,需要依靠产业结构调整来抑制高耗能产业发展。在轻工工业方面,可以发展热泵、电加热来取代传统锅炉。

通过技术进步实现减排是美丽中国工业零碳发展的重要方向。比如,在钢铁行业,电炉炼钢技术的碳强度远低于现有的高炉生产技术,未来把长流程改进为短流程,可以大大降低碳排放强度和煤炭消耗。如果进一步以绿氢直接还原铁,还可以实现钢铁生产的零碳化。

其三是建筑(建造和运行)减排。关键是建筑电气化,包括供暖、制冷、照明、烹饪、家用电器等都可

以实现电气化。电将来主要来自可再生能源以及工业余热。建筑行业的数字化、智能化应用,智能家居、智能家用电器的普及都会加速建筑业的脱碳进程。

需要强调的是,建筑改造不仅可以节能,还可以产能。比如,利用BIPV(建筑光伏一体化)技术,家庭或者学校在用能的同时还可以产能,实现自发自用,变身为产消者(Prosumer)。据粗略匡算,我国城乡建筑的外立面面积约为600亿平方米,可利用面积约为250亿平方米,再加上其他基础设施可以利用的建筑表面,比如高速公路、高铁等,按照50%的面积可以加装光伏板计算,可以安装15亿千瓦的光伏,年发电量约2万亿千瓦时。

同时,还需要提高电源灵活性,让储能设施、电动汽车、充电桩等成

为一体化的新型建筑配电系统的组成部分。

《能源评论》:您认为,还有哪些方面的举措需要加强?

杜祥琬:发展循环经济对于碳中和很重要,循环经济——固废资源化利用不可或缺。固体废弃物分类利用的程度,是衡量一个国家现代化水平的标志和标准。减少垃圾的填埋,高比例地将其资源化利用,减少填埋垃圾产生的温室气体(甲烷),也会为我国实现碳中和目标作出贡献。

在发展碳汇的同时,鼓励CCUS等碳移除技术也不容忽视。目前我国生态系统的碳汇能力大约为年减排12亿吨二氧化碳。我国也宣布了森林蓄积量2030年将比2005年增加60亿立方米,碳汇还有增长空间。■

(崔磊磊对本文亦有贡献)

碳排放权交易 管理政策媒体吹风会



01.16

2021年
中国电动汽车百人会



01.20

第二次
中欧碳排放交易政策对话

● 未来,生态环境部将在全国碳市场第一个履约周期完成、发电行业碳市场稳定运行的基础上,逐步扩大市场覆盖行业范围,丰富交易品种和交易方式,实现全国碳市场的平稳有效运行和健康持续发展,有效发挥市场机制在实现我国二氧化碳排放达峰目标与碳中和愿景中的重要作用。

明确地方和重点行业的达峰目标、路线图、行动方案 and 配套措施,支持有条件的地方率先达峰,支持国家自主贡献重点项目建设,切实把实现国家目标转化为地方、部门和行业的实际行动。

将继续推进制度体系建设、交易基础设施建设和管理能力建设等方面工作,实现上线交易,在发电行业碳市场运行良好的基础上,逐步扩大市场覆盖行业范围,增强减排政策力度,实现全国碳市场持续发展。