

中国科学院院士周孝信：

构建新型电力系统 助力实现“双碳”目标

院士访谈

◎本报记者 陈瑜

“双碳”目标下，风电、太阳能发电等各类新能源项目建设正加速推进，诸多新要素的加入使电力系统复杂性成倍增长，给电力系统的安全稳定运行带来挑战。

新型电力系统新在哪？建设新型能源系统的背景是什么，有什么特殊意义？记者日前就此采访了中国科学院院士周孝信。

我国正处于第三代电力系统初级发展阶段

记者：您曾经做过一个关于世界电力系统发展阶段的调研，提出我国电网的发展历程和世界电网的整体发展历程类似。根据您的调研，新型电力系统在我国电网发展历程中处于什么阶段，为什么要提出新型电力系统概念？

周孝信：新型电力系统的概念是2021年3月中央财经委员会第九次会议上首次提出的，此后，《2030年前碳达峰行动方案》《“十四五”现代能源体系规划》，进一步将“构建新型电力系统”作为重点工作任务。回顾19世纪末以来国内外100多年的电力系统发展历程，可以发现电力系统的发展具有明显代际演化特征。20世纪50年代之前，全球电力系统均以小机组、低电压、小电网为特征，电压等级一般在220千伏及以下水平，可以称之为第一代电力系统；20世纪50年代后，发电机组单机容量大幅提升，输电电压等级升高至330千伏至750千伏的超高压水平，电力系统的规模快速扩张，逐步形成交直流混合大规模互联电网，到20世纪末，以大型机组、超高压、大电网为主要特征的电力系统在主要发达国家基本形成，可以称为第二代电力系统。

我国第二代电力系统的建设始于国内首座容量超过百万千瓦的甘肃刘家峡大型水电站，配套建设的330千伏超高压输电线路将电力送往甘肃、陕西、青海、宁夏4省区，形成了我国首个超高压跨省区域电力系统。通过20世纪末期25年的持续努力，我国已在全国范围建成超高压、交直流输电的特大规模互联电网，形成第二代电力系统。

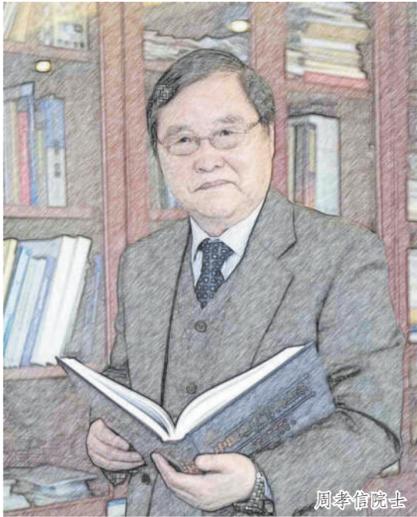
20世纪90年代以来，人们逐渐认识到第二代电力系统高度依赖化石能源，是一种不可持续的发展模式，从而开启了对第三代电力系统的探索和实践。

随着风、光、水等可再生能源发电快速发展，特高压输电和智能电网技术飞跃进步，我国电力系统建设进入新阶段，开始着力推进以可再生能源和清洁能源发电为主、骨干电源与分布式电源结合、主干电网与局域配网和分布式微网协调运行的综合能源电力系统，可以称之为第三代电力系统。新型电力系统就是这一阶段的最终形态，是能源转型要求下必须探求的一种可持续发展模式，当前我国电力系统处在第三代电力系统的初级发展阶段，正向着新型电力系统方向发展。

新型电力系统主要具有6个技术特征

记者：相对传统电力系统，我国提出构建的新型电力系统主要有哪些特征？

周孝信：“双碳”目标下，我国新型电力系统主要具有6个技术特征。一是高比例可再生能源电力系统。这是最显著的特征，是电力系统升级换代的重要标志。二是高比



周孝信院士

例电力电子设备。传统的电力系统以电磁变换装备为主，随着超大规模交直流输电及大量新能源机组接入系统，电力电子设备数量会不断提升、范围不断扩大，系统运行特性可能发生很大改变。三是多能互补综合能源电力系统。未来的电力系统不仅具有传统的电能生产传输的单一功能，还要实现风、光、水、煤等资源协同互补，电、热、冷、气综合利用。四是数字化智能化智慧能源电力系统。随着技术高速发展，先进传感测量、信息通信等手段将与电力系统深度融合，形成高效运行、用户友好的智慧能源系统。五是清洁高效低碳零碳电力系统。这一点是“双碳”目标对电力系统发展的必然要求，即实现清洁能源开发利用规模增加、系统总体能源利用效率提升、二氧化碳排放有效控制，为能源转型奠定基础。六是高韧性本质安全可靠电力系统。集中分布并举的生产供应和消费是未来电力系统重要结构模式，这种特征下的电网形态和电源布局，将会从结构设计层面，增强系统应对不确定性的能力，这是电力系统应对突发事件的必备条件。三是稳定性，即系统承受各类扰动后保持暂态和动态稳定的能力，这是电力系统正常和扰动后安全稳定运行的基本条件。四是可靠性，即系统不间断地向用户供电能力的度量，这是电力系统安全运行的基础条件。五是经济性，即建立在市场或非市场基础上，系统能量损失最小或经济社会效益最大化的运行机制体现，是电力系统为社会提供优质服务的

前提条件。

记者：目前新型电力系统建设还面临哪些挑战？

周孝信：在灵活性方面，新型电力系统可再生能源占比高，而这类电源具有较强的间歇性、波动性和随机性，调节能力也相对较弱，系统面临巨大的灵活调节需求。在韧性方面，风电、太阳能、水能发电对气候较为敏感，加之全球气候变化加剧，电力系统对在极端气候条件下快速恢复供电的韧性需求更为频繁和迫切。在稳定性方面，新型电力系统将面临系统低惯性、频率电压稳定、宽频振荡，以及信息物理系统、多能耦合系统稳定性等多重挑战。

记者：我们提出了一种“综合能源生产单元”的设计，融合

煤电机组碳捕集、生物质混燃、可再生能源电解水制氢、甲烷/甲醇/氨合成等技术，期望能将其作为煤电转型路径的一种备选方案。一方面，它可充分利用并发挥煤电资源的基础性保障和调节能力，为高比例新能源电力系统提供灵活性支撑；另一方面，它生产的氢气及其衍生物，可作为绿色燃料或化工原料产品，为化石能源替代提供一定的来源补充，并可作为未来新型电力系统的一种储能介质，在保证短期及中长期能源电力可靠供应中发挥重要作用。

在稳定性方面，新型电力系统将面临系统低惯性、频率电压稳定、宽频振荡，以及信息物理系统、多能耦合系统稳定性等多重挑战。



近年来我国新建与计划建设煤电机组的节能减排、灵活调节等方面性能优异，而且具有较强的有功调节和电压支撑能力，同时可为电网提供必要的转动惯量，对电力系统安全运行有不可替代的支撑作用。若采用简单关停方式处理，既可能造成大规模存量资产闲置浪费，也不利于一定时期内能源供应平稳过渡，需要寻求合理的措施手段推进煤电机组转型。

在可靠性方面，电力电子设备过载能力弱、抵御故障能力差及新能源发电的不确定性，均影响风电、太阳能发电入网设备和系统供电的可靠性。

在经济性方面，“双碳”目标下，能源转型过程中需有效化解电力成本的提高，建立有利于系统经济高效运行及绿色低碳转型的市场化机制。

燃煤发电是我国电源结构的劣势也是优势

记者：为应对这些挑战，我国未来电力系统需要重点关注和发展哪些关键技术？

周孝信：我们认为未来可能有10类具有全局性影响的关键技术需求，包括：可再生能源发电和综合利用技术、燃煤发电提高灵活性和CCUS技术、新型电力电子设备装置和系统技术、新型储能技术、绿色氢能生产储运转化和应用技术、新型输电和超导综合输电技术、新型电力系统理论体系及运行控制技术、综合能源电力系统技术、数字化智能化能源互联网技术、综合能源电力市场技术。

记者：我国目前还有很大规模的存量传统煤电机组，如何科学合理地推动煤电转型升级，更好服务新型电力系统建设？

周孝信：燃煤发电是我国电源结构的劣势也是优势。我国煤电机组服役年限普遍较短，随着技术水平提升，近年来新建与计划建设机组的节能减排、灵活调节等方面性能优异，而且具有较强的有功调节和电压支撑能力，同时可为电网提供必要的转动惯量，对电力系统安全运行有不可替代的支撑作用。若采用简单关停方式处理，既可能造成大规模存量资产闲置浪费，也不利于一定时期内能源供应平稳过渡，需要寻求合理的措施手段推进煤电机组转型。

我们提出了一种“综合能源生产单元”的设计，融合煤电机组碳捕集、生物质混燃、可再生能源电解水制氢、甲烷/甲醇/氨合成等技术，期望能将其作为煤电转型路径的一种备选方案。一方面，它可充分利用并发挥煤电资源的基础性保障和调节能力，为高比例新能源电力系统提供灵活性支撑；另一方面，它生产的氢气及其衍生物，可作为绿色燃料或化工原料产品，为化石能源替代提供一定的来源补充，并可作为未来新型电力系统的一种储能介质，在保证短期及中长期能源电力可靠供应中发挥重要作用。

在稳定性方面，新型电力系统将面临系统低惯性、频率电压稳定、宽频振荡，以及信息物理系统、多能耦合系统稳定性等多重挑战。

热点追踪

国家级专精特新“小巨人”企业 已累计培育近9000家

科技日报（记者崔爽）6月26日，在以“激活专精特新新动能，增进亚太人民福祉”为主题的亚太经合组织（APEC）专精特新中小企业国际合作论坛上，工业和信息化部副部长徐晓兰介绍，截至目前，工业和信息化部已累计培育近9000家国家级专精特新“小巨人”企业，带动地方认定专精特新中小企业8万多家。“小巨人”企业以专注铸专长、以配套强产业、以创新赢市场，平均研发投入占比达到8.9%，平均研发人员占比达到28%，累计参与制修订国家标准6000余项，获得授权发明专利14万余项。

徐晓兰表示，亚太是全球经济最活跃、潜力最大、合作最紧密的地区，中小企业是亚太经济体中数量最庞大、创新最活跃、带动就业能力最强的企业群体。

“我们常用‘56789’来形容中小企业对经济和社会的贡献。中小企业贡献了50%以上的税收、60%以上的GDP、70%以上的技术创新、80%以上的劳动力就业和90%以上的企业数量。”工业和信息化部中小企业局局长梁志峰表示，为引导中小企业专精特新发展，工业和信息化部构建了优质中小企业梯度培育体系。在这一体系中，广大中小企业是坚实底座，底座上面是创新型中小企业，再上面是专精特新中小企业，最上面是专精特新“小巨人”企业。专精特新“小巨人”企业以占全国规模以上工业中小企业2%的数量，贡献了5%的收入和近10%的利润。

“到2025年，我们将力争培育一百万家创新型中小企业、十万家专精特新中小企业、一万家专精特新‘小巨人’企业。”梁志峰表示，专精特新中小企业的蓬勃发展得到了资本市场的认可青睐。截至2023年5月底，已累计有1420多家专精特新中小企业在A股上市，占A股上市企业总数的27%，2023年1至5月新上市的企业中，专精特新中小企业占56%，成为上市主力军。

工业和信息化部将进一步引导金融机构加大对中小微企业的支持力度，推动持续提高信用贷、首贷和中长期贷款比例。开展“一链一策一批”中小微企业融资促进行动，实施专精特新中小企业上市培育工程，完善融资担保降费奖补政策，发挥国家中小企业发展基金政策引导作用，促进中小企业融资。

科技类岗位 让残疾人就业更加体面

◎本报记者 都芑

山东省代表团参赛选手庞天宇在完成3D打印项目最后一个步骤时，比赛时间刚好用完。肢体三级残疾给他行动带来一些不便，但这并没有影响他的发挥，他对自己的作品基本满意。“如果时间再充裕一点，我可以做到更好。”6月28日，在山东济南举办的第七届全国残疾人职业技能大赛竞赛阶段项目全部完成。本届大赛新增3D打印、无人机操控、电气安装、网络信息安全等9个项目，科技含量显著提升。

随着我国迈入高质量发展阶段，残疾人就业质量显著提升、就业形式更加多元。尤其是大量科技类岗位的出现，为残疾人提供了更加体面、更有尊严的就业机会。

在山东省残疾人就业指导中心主任孙勇看来，残疾人正从科技驱动的社会发展中得到实实在在的好处，分享更多的发展红利。“现代信息技术等科学技术的进步，为残疾人就业提供了无限可能。山东省残联近年来结合残疾人的劳动意愿、兴趣爱好、伤残类别，开展了数据标注、网络信息安全等科技类就业岗位培训，显著提升了残疾人就业质量。”孙勇认为，衡量残疾人就业质量，主要看就业的适合度、稳定性、收入可预期。“参与科技类岗位就业的残疾人，这三个维度指标都有显著提升。”

产业转型升级同样给残疾人带来更多高质量就业机会。山东天河科技股份有限公司是一家集高端矿用装备研发、生产和销售为一体的国家级高新技术企业，该公司招聘主管岳东芳告诉记者，公司目前共有130余名残疾人职工，其中不乏本科、硕士等学历较高的残疾人职工。近年来，公司在信息化、智能化生产制造领域发力，这也为残疾人提供了更多高质量就业机会。“我们公司十几个部门，每个部门都有残疾人员工。一些信息技术类、工业设计类等技术岗位非常合适残疾人员工，他们的工作效率与健全员工没有差别。”岳东芳说。

中国残联就业服务指导中心职业能力建设处处长王宁告诉记者，为了让残疾人的职业技能提升跟上社会经济发展潮流，全国残疾人职业技能大赛格外注重对残疾人就业的高端引领和示范带动作用。“我们每个竞赛项目的增城，都是对国家产业转型升级、经济结构优化调整所产生的就业需求进行仔细研判后做出的决定。比如本届大赛我们立足先进制造业、新一代信息技术产业发展的实际需求，着眼于数字经济时代发展，增加了3D打印、无人机操控、网络信息安全等科技类竞赛项目。”

为了避免“为赛而赛”，真正实现从比赛到培训到就业全流程提升残疾人职业技能，本届大赛也对竞赛项目的具体内容进行了精心设计。例如本届大赛的机电一体化项目，就从先进制造业的实际发展需求出发，在要求选手熟悉基本的机器操作基础上，加入了虚拟仿真环节。

“现在很多制造业企业开展大型生产作业时，并非直接在生产线上进行，而是要先通过虚拟仿真技术开展模拟、预测、辅助决策等。我们希望残疾人如果从事这一职业，也要紧密契合行业主流的发展特征，不能落后。”王宁表示，每一届大赛的举办都将明晰各省未来3—5年内残疾人职业培训的方向，以此发挥大赛的高端引领、示范带动作用，不断提升残疾人就业水平。

就读机械专业的庞天宇两年后将走出校园，他相信，凭借学到的真本领，残疾人同样可以为社会经济发展作出独特贡献。

孙勇表示，未来山东省残联将推动“选手”变“能手”，形成“种子效应”，让参赛选手带动更多残疾人实现高质量就业。王宁告诉记者，中国残联将依托全国500余家国家级残疾人职业培训基地，借助社会力量，开展更加广泛、深入的残疾人职业培训，真正引领一批残疾人朋友加入国家高质量发展进程中。

专家共话全球发展议题——

正视数据流通带来的新问题新挑战

◎洪恒飞 本报记者 江耘

“如今很多人通过互联网获取数据，但对数据来源却可能一无所知。这点让我一直忧心忡忡。”6月20日至21日，2023阿里巴巴罗汉堂数字经济年会在杭州举办，会上2007年诺贝尔经济学奖获得者、哈佛大学经济及数学系终身教授埃里克·马斯金

分享的这一感受，引起现场观众对数据应用的思考。

7位诺贝尔经济学奖得主、前沿学科领域带头人、企业界代表齐聚此次会议，畅谈人工智能、数据隐私等全球发展议题。其间，由罗汉堂与多位诺奖得主在内的社会科学家共同撰写的《数字经济：数字经济发展的新阶段》《理解平台价值和责任：原则与实践》两份研究报告发布。

数据隐私保护渐成行业常态

个性化推荐让数亿消费者从海量商品中轻松选择；实时仓储和物流打破了商品流通的时空限制；创业者在创业初期就拥有相当程度的市场连接和洞察能力……凡此种种，背后都离不开数据价值的发挥。

但在收获数据红利之前，需要正视数据流通带来的新问题和新的挑战。具体包括：数据的使用会不会侵犯用户隐私？数据的流通是否安全？数据会不会被滥用？数据权属和分配机制的安排，是不是能有效激发数据的生产与流转？

与会专家认为，数据治理需要协调多方利益，它应该激励数据的生产者，保护数据主体的利益，通过构建信任与合作促进

数据的生产与使用。同时，数据治理制度应当激励如隐私计算等新的数据技术的开发，构建数据可信流转的环境。

罗汉堂总裁、阿里巴巴集团战略规划副总裁陈龙分析道，苹果公司推出ATT政策，谷歌公司把隐私沙盒引入安卓手机，实质性限制了第三方应用的数据收集；国内电商和各种外卖平台对消费者的电话号码和住址等信息进行隐私保护，已经越来越成为行业常态。

《数字经济：数字经济发展的新阶段》报告指出，在技术基础设施方面，云计算和边缘计算、深度学习和大语言模型、区块链等底层技术基础设施的发展，全面提升连接能力、算力和算法，从而带来数据的大规模生产；在数据要素基础设施方面，各个要素的架构建设已初现雏形，包括数据的分权管理、确权机制、价值流转以及隐私增强技术等。这些发展为推动大规模的可信数据流通创造条件。

通过技术优化解决使用矛盾

“深入理解数据、算法之间的关系，以及它们所发挥的作用，需要更好地了解数字平台的影响力。也许在下一场数字革命

中，这会发挥重要作用。”耶鲁大学经济学教授德克·伯格曼提出，要从数字平台的底层技术入手，比如人工智能。

《理解平台价值和责任：原则与实践》报告认为，数字平台是一种以数据为关键生产要素，以信息技术基础设施为支撑，通过促进社会多方协作与互动而创造价值的组织形态新物种。充分理解其价值创造的方式，制定一套与之匹配的责任分配原则与治理框架，有助于释放数字经济的增长潜能。

在埃里克·马斯金看来，人工智能可以帮助人类提升辨别、梳理的能力，分析数据信息来源的可靠性、准确性，乃至从产生到形成影响的历史脉络。这或许对于未来社会的重大决策也能产生影响。

《数字经济：数字经济发展的新阶段》报告指出，在原有的技术条件和商业惯性下，数据的价值实现与满足消费者的隐私保护需求似乎难以并存，算法和算力还不足以支持大数据的有效使用。然而，政策、市场实践和技术的发展正打破过去的二元对立关系，使得数据的有效保护和大规模流转得以被兼顾。

该报告认为，未来，人类社会有望实现前所未有的可信数据交互与流转，催生一种新的、以可信数据为驱动的经济形态。



视觉中国供图