



# 泛能源大数据，开启新型能源体系

## ——专访青岛能源所泛能源大数据与战略研究中心主任田亚峻

■本报记者 廖洋 通讯员 尤琪

田亚峻

近日,第一届泛能源大数据学术研讨会在青岛召开,研讨会由中国科学院青岛生物能源与过程研究所(以下简称青岛能源所)泛能源大数据与战略研究中心主办,这是泛能源大数据理论问世以来第一次围绕该主题展开学术研讨。

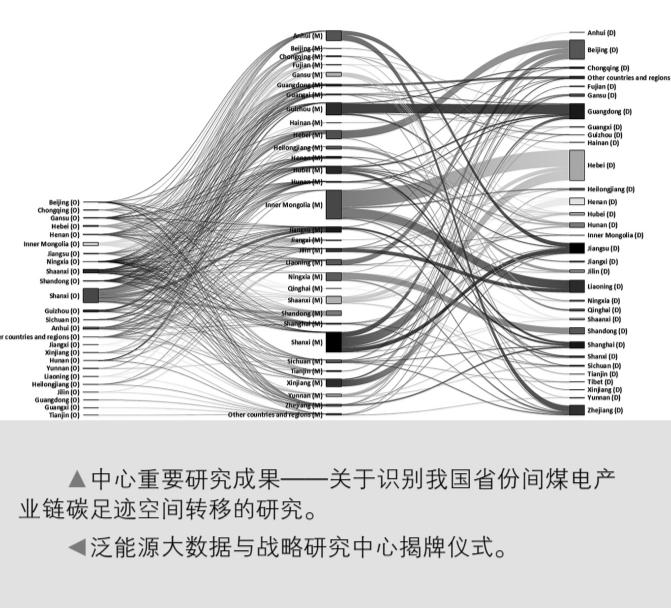
与会专家、企业高管对泛能源大数据的科研和应用前景给予了充分肯定。会上签署了科研合作、项目合作、成果转化、人才培养等9项合作协议。

泛能源大数据理论(EEBD, Extended Energy Big Data)的问世吸引了多学科科研人员的关注,该理论由中国工程院院士谢克昌、青岛能源所研究员田亚峻团队首创。为此,《中国科学报》专访了泛能源大数据与战略研究中心主任田亚峻。

《中国科学报》:泛能源大数据作为创新理论,是如何应运而生的?

田亚峻:从2011年开始,在谢克昌院士的带领下,我们从事国家能源战略研究,2013年提出用大数据的手段解决在发展中遇到的各种能源问题,譬如决策的“顾此失彼”“合成谬误”等。在此基础上,我们注意到,传统的关于能源的研究方法与理论并不能全面地描述能源广泛关联现代社会的客观现实。能源被誉为“现代社会的血液”,经济、社会、政治、生态、环境、气候、安全、工程等维度都与能源有不同程度的密切联系,这些联系相互耦合,牵一发而动全身。这是一个以能源为中心的复杂关系体,只有深入洞察能源以及能源与这些维度之间的相互作用机理,才能完成能源高质量转型。

泛能源大数据理念的核心是不能孤立地看待能源以及能源各个维度出现的问题,解决能源问题需要跳出能源去研究能源。2020年,相关文章《能源大数据如何加速创新》发表在《能源评论》。迄今,泛能源大数据理论已经形成较为自洽的初步论述:现代能源对社会、经济、生态、环境、气候、国家安全、粮食、健康甚至政治等主要维度均有重要影响,处于关键核心;现代能源是联系现代社会诸多维度的共同节点,任一维度的变化都能够通过能源传导到



▲中心重要研究成果——关于识别我国省份间煤电产业链碳足迹空间转移的研究。

◀泛能源大数据与战略研究中心揭牌仪式。

其他维度;通过研究现代能源与诸多维度、维度间的内在关系,可以揭示现代社会运行的内在规律;大数据、人工智能等先进技术手段有助于揭示以上关系。

可见,泛能源大数据打破了狭义的能源边界,将现代社会主要活动因素以能源为中心联为一体,囊括了现代社会活动的主要信息,蕴藏着现代社会运行的密码,通过挖掘和研究探索泛能大数据,可为破解在社会发展中遇到的能源问题以及能源革命、永续发展提供智慧方案,具有广阔的研究和应用前景。

泛能源大数据理论的根本优势在于具有广泛性与一般性,而这恰是基础理论追求的东西,中国工程院院士陈清泉、黄维和均对该理论的原创性给予了充分肯定。国务院发展研究中心2021年发布的一篇题为《探索泛能源大数据发展,有效服务“双碳”战略》的调查研究报告,肯定了泛能源大数据的科学性。

《中国科学报》:你来到青岛建设泛能源大数据与战略研究中心的契机和初衷是什么?

田亚峻:2020年1月,山东能源研究院在青岛正式成立,时任山东能源研究院院长、青岛能源所所长刘中民院士代表研究所向我们递出了

橄榄枝。他站在国家角度认为,泛能源大数据的理念和方向面向国家重大战略需求和世界能源科技前沿,与我国“双碳”战略及信息技术革命的发展高度吻合。

“求知为国盛”一直是我多年潜心研修的动力,我意识到这是服务国家重大需求、知识报国的最佳契机,2021年3月从北京低碳清洁能源研究院离职后,我入职青岛能源所,开始组建泛能源大数据与战略研究中心。2021年9月29日,时任山东省副省长凌文院士、青岛市人民政府副秘书长夏正启,谢克昌院士、刘中民院士共同为中心揭牌,这让我倍感振奋。

《中国科学报》:你对于泛能源大数据理论的发展有何设计与思考?

田亚峻:泛能源大数据是开放的体系,在知识体系上实现了自然科学与社会科学的融合,在方法论上支持多学科交叉研究,在范式上可耦合大数据及人工智能新范式,因此具有非常广阔的研究前景。

首先,我们要按照泛能源大数据的理念,构建以能源为中心,包括全部能源、覆盖能源全生命周期链条、关联主要经济社会维度、跨越一定时空的泛能源大数据的数据体系;应用包括大数

据、人工智能等在内的数据分析挖掘手段揭示能源各阶段、能源与其他维度、其他维度间的内在联系,形成由理论体系、技术体系、标准体系、平台体系构成的智慧系统,并将其应用到智慧管理、智慧治理、智慧能源等领域。

泛能源大数据与战略研究中心由智慧系统组、智慧管理组、智慧治理组以及数据技术服务组四大研究组群构成,确定了11个研究方向。

中心已经开发了能源空间管理应用研究技术(ESMART)平台,并在此基础上构建了来自数百万企业涉及能源从生产到消费的数据数十亿条,为研究泛能源大数据体系中能源与多维度间的相互作用机理、多重作用的耦合机理、扰动在泛能源大数据复杂网络中的传递规律、泛能源大数据复杂网络中的涌现机理以及泛能源大数据大模型等基础科学问题奠定了坚实基础。

《中国科学报》:泛能源大数据与战略研究中心成立两年来主要做了哪些工作?

田亚峻:中心成立两年来积极推动应用落地,中心积极申请并执行科技部、中国工程院、青岛市政府、企业等科研项目20余个,服务于政

府、企业、园区。

团队成功完成了中国工程院与山东地方合作的“山东能源高质量发展战略研究”,研究成果得到山东省领导的批示;中心为当地政府和企业提供碳核算、碳预算、碳监管、碳预警以及智慧决策和系统解决方案的咨询,得到了青岛市相关部门的肯定。2023年3月26日,中心发布了《现代能源体系指数蓝皮书2022》,首次以定量的方式评估了我国现代能源体系建设的进程,在社会上引起了广泛关注,多家媒体竞相报道。

针对国家重大需求,中心积极创新,提出了适合中国国情的足迹计算方法—GIS-LCA。它是将传统LCA映射到空间的一种核算方法论,适合中国国土幅员辽阔、差异巨大的国情。该方法能兼容目前采用的欧盟制定的包括碳足迹在内的碳核算体系,并且能识别碳排放在空间上的多少,能够实现产品、服务、组织在供应链上的精细区分,为碳溯源、绿色供应链设计、碳中和等提供具体的解决方案,达到兼容和超越的效果。该方法的成功推广与应用,有助于提高中国在碳排放领域的国际话语权。

中心开启科研与产业转化双核驱动发展模式,与山西、内蒙古、佛山、滨州、淄博等地就泛能源大数据的应用积极推动项目合作,呈现出欣欣向荣的发展势头。

《中国科学报》:请你谈谈中心未来的发展目标和建设展望。

田亚峻:中心的愿景是成为全球知名的泛能源大数据中心、研发与应用创新中心以及高端智库。

未来,中心将秉承创新的理念,积极探索泛能源大数据中所蕴含的知识,凝练发展泛能源大数据理论,努力在基础理论方面作出贡献。中心最终希望将理论、技术、标准、应用结合,打造泛能源大数据大科学设施。中心将致力于发展成为交叉学科的研究典范,以泛能源大数据理论为基础,为关联能源的各维度学科领域培养交叉学科人才,逐步建立起以能源大数据为中心的数字联盟、产业联盟、学术联盟,以大数据技术为新引擎,创新发展核心动力,为政府、企业、产业、行业、科技、教育的科学发展提供智慧方案。

# 《蓝皮书》问世 “导航”现代能源体系建设

■本报记者 廖洋 通讯员 尤琪

能源是经济社会发展的基础和动力,对国家繁荣发展、人民生活改善和社会长治久安至关重要。

日前,由中国工程院指导,中国科学院青岛生物能源与过程研究所(以下简称青岛能源所)、山东能源研究院主办的《现代能源体系指数蓝皮书2022》(以下简称《蓝皮书》)发布会暨能源战略论坛在青岛举办,全国首份《蓝皮书》与现代能源指数体系网络平台正式发布。

《蓝皮书》以指数形式量化了我国现代能源体系建设进程,定位了我国现代能源体系在全球主要经济体中的建设水平,定量评价建设清洁低碳、安全高效的能源体系的进程,全面展现我国推进能源革命的成效,反映能源发展中各种亟须改进的问题。

《现代能源体系新“生机”》

2022年3月,国家发展改革委、国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》。该规划强调,加快构建现代能源体系是保障国家能源安全,力争如期实现碳达峰碳中和的内在要求,也是推动实现经济社会高质量发展的重要支撑;明确提出要加强对本规划实施的组织、协调和督导,建立健全规划实施监测评估、考核监督机制。

在此背景下,中国工程院启动“推进现代能源体系建设进程评估及发展战略研究”战略咨询研究项目,中国工程院院士谢克昌为项目负责人,中国工程院院士刘中民、陈勇为课题负责人。

该项目引入泛能源大数据理念,采用系统分析法构建包含清洁、低碳、安全、高效四个维度的现代能源指标体系;据此开展国内外横向对比及能源发展历史纵向比较;对我国各省份建设清洁低碳、安全高效的能源体系的进程进行定量评价。

项目全面展现了我国推进能源革命的成效,并反映能源发展中存在的各种亟须改进的问题,对各省份乃至全国推进能源革命,建设清洁低碳、安全高效的能源体系具有重要指导意义。

“量体”才能“裁衣”

“开展该工作最重要的基础是泛能源大数据理论和平台。现代能源体系是实现碳达峰碳中和的基础性工程,首要条件是保障国家能源

安全。项目组将能源安全放在首位,它的分析权重占到30%,清洁、低碳和高效分别约占23%。”谢克昌介绍。

清洁是指任何一种能源从开发到利用的全过程中最大程度地减少对生态的破坏和环境的影响。从本质上讲,能源生产和消费要采取整体的预防策略,减少或消除给人类和环境带来的危害,同时考虑能源用户的基本要求,使社会效益最大化。

在清洁方面,项目组采用了五项评价指标,分别是清洁能源消费总量占比、清洁能源生产总量占比、单位生产总值二氧化硫排放量、单位生产总值氮氧化合物排放量、单位生产总值颗粒物排放量。

低碳是指任何一种能源从生产和消费过程中最大程度地减少碳排放。项目组采用了八项评价指标,分别是二氧化碳人均排放量、单位能源消耗的二氧化碳排放量、单位生产总值二氧化碳排放量、单位工业增加值二氧化碳排放、非化石能源消费占比、非化石能源发电量比重、森林面积覆盖率和人均森林蓄积量。

能源安全的重要性不言而喻,项目组采用了九项评价指标,分别为石油储备采比、天然气储备采比、单位面积非化石能源的可开发利用量、煤炭生产量和消费量比值、天然气生产量和消费量比值、石油生产量和消费量比值、电力生产量和消费量比值以及能源多样性。

高效是指能源生产和消费过程中减少对能源资源的消耗,是保障国家能源能够可持续发展的一项重要指标。项目组采用了单位生产总值能耗、能源消费弹性、电力占终端能源消费比重,以及供电煤耗和电力线损率五项评价指标。

“数据”中探“路径”

随着能源革命的不断推进,我国现代能源建设水平稳步提升,综合指数从2010年的38.1提升至2020年的50.09,达到世界平均水平,建设成效显著。

项目组从四个维度对我国现代能源体系进行了洞察。

清洁指数呈快速上升趋势,由2010年的8.26上升至2020年的55.75,年均增长率约18.96%,表明过去10年间我国能源清洁生产、利用成效突出。

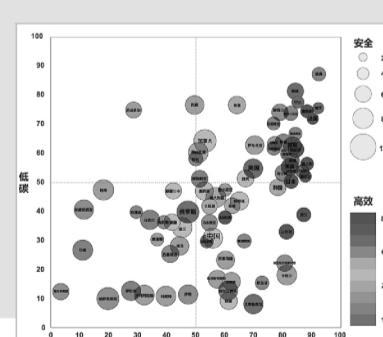
低碳指数呈逐步上升趋势,由2011年的24.51上升至2020年的30.95,年均增长率约2.63%,同期低碳指数增长速率要明显低于清



▲中国工程院院士葛世荣、刘中民、谢克昌、陈勇、凌文,青岛能源所长吕雪峰(从左至右)共同发布全国首份《现代能源体系指数蓝皮书2022》。

►《蓝皮书》封面。

▼全球主要经济体的4个维度指数(2020)。



中排名第7,中国的安全指标在四类指标中最高,所包含的大部分指标均超过50分,煤炭对于我国能源安全的贡献最大,但是对于低碳却是不利因素,我国当前低碳和安全矛盾尖锐。

中国高效指数为45.25,世界排名第42,明显落后于G7等发达经济体,在G20成员国中排名第14。这主要归因于能源强度与发达国家水平相差较大,节能增效是我国建设现代能源体系的关键所在。

项目组对我国各省份现代能源体系建设进程进行了评估与对比。

清洁指数呈南高北低态势,北京最高为88.6,内蒙古最低为17.1;低碳指数整体偏低,仅四川、云南、广东、福建和浙江超过50分;安全指数呈北高南低态势,与我国资源禀赋情况一致,新疆最高为76.4,北京最低为17.9;高效指数整体较高,北京高达87.4,说明我国电气化程度显著上升。

从现代能源体系指数看,四川最高66.4分;超过50分的有11个省份;低于40分的有4个,分别为宁夏、内蒙古、山西和辽宁。

“一些省份对国家能源贡献大,但经济相对落后,生态环境相对脆弱。因此,能源革命、能源体系建设、低碳转型都不能一刀切。”谢克昌指出。



## 建设现代能源体系需全社会行动

项目组从横向和纵向、国际和国内不同视野出发,提出了如下政策建议:要科学构建现代能源体系的评价体系和国家指数目标;要统筹制定各省份的指数发展目标,精准推进现代能源体系建设;要建立现代能源体系建设的动态统计和监督考核体系;要节能优先,及时修订提升能效标准,压减不合理能源需求。我国能源需求量大,是第一大能源生产国,也是第一大消费国,能源安全的形势严峻,要做好资源和产能储备。煤炭是不可再生资源,在释放优质产能的同时,科学规划煤炭产能“红线”,建设全国统一的能源大市场,全方位加快能源应急储备能力建设。同时,做好技术储备,支持能源领域的科技创新。

山东省科协主席、中国工程院院士凌文评价道:“《蓝皮书》对推动我国能源领域的结构调整、提高能源效率、促进绿色低碳高效安全现代能源体系建设可持续发展具有重要的指导意义。”

中国工程院院士、中国矿业大学(北京)校长葛世荣高度肯定《蓝皮书》,他指出,建设中国式现代化强国需要中国式现代化能源体系支撑、中国式能源战略保障,因此现代能源体系指数的建立极为重要。

青岛能源所泛能源大数据与战略研究中心主任田亚峻向《中国科学报》表示,为了让全社会了解我国现代能源体系的建设进程、参与现代能源体系的建设,为国家和地区的现代能源体系建设提供数据指导,项目组将研究成果通过《蓝皮书》形式,向全社会分享,对“导航”我国现代能源体系建设,助力我国能源革命、“双碳”战略乃至新型能源体系建设具有重要意义。

(本版图片均由青岛能源所泛能源大数据与战略研究中心提供)