



位于河北承德的国网新源丰宁抽水蓄能电站是新型电力系统的重要组成部分。  
新华社记者 李贺摄

# 中国工程院院士郭剑波： 电力系统必须寻找新的平衡模式

## 院士访谈

◎本报记者 张佳星

近年来,国内外能源电力供给安全均受到了严峻考验。2021年2月,美国得克萨斯州极端寒潮天气导致新能源出力不足,全州电力负荷大增,电价飙升至每千瓦时9美元,一户居民一个月电费达到1万美元。2016年9月、2019年8月澳大利亚和美国分别发生因新能源支撑能力不足、恶劣天气导致的大停电事故。而我国东北、四川等地也陆续出现了由一次能源引起的电力短缺事件。

经济社会的发展使人类对电力供应的需求持续增加。尤其是在清洁低碳目标的前提下,“保供应、保安全、促消纳”矛盾交织,如何稳定安全地提供充足电力,成为电力系统需要积极应对的挑战。

随着新能源利用技术、智能电网技术、储能技术等多个领域的创新技术应用,电力系统正在推进的演化和变革,有望“一石三鸟”地满足经济、生态、用电安全三方面的共同要求。

中国工程院院士、国家电网有限公司一级顾问郭剑波认为,“清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能”的新型电力系统是未来的演进发展方向。那么,新型电力系统离我们还有多远?如何构建新型电力系统?目前还存在哪些难点?近日,科技日报记者就上述问题专访了郭剑波。

## 新能源发电对电力系统安全稳定有何影响

记者:“双碳”目标下,提升新能源发电比例被视为增加发电量的最优解。您如何看待这一观点?

郭剑波:从实现绿色低碳的角度出发,增加新能源的发电比例是解决人类能源问题的最佳方案之一。风、光等可再生能源近年来发展迅速。将风、光等可再生能源进行电力转化,在成本、效率方面逐渐可以满足大规模应用的要求,最近10年我国陆上风电成本下降了60%、光伏成本下降了80%左右。

从能源供应的安全角度看,大力发展新能源也将为我国能源的可持续发展开辟新的支撑路径。增加新能源发电供给有望进一步优化能源结构,提高能源自给率,保障能源安全。

但是,在认可新能源发电优势的同时,也要考量其对电力系统安全稳定的影响。当前我国电力系统有着较高的安全稳定水平,30多年来未发生大面积停电事故,保持着特大规模电网安全运行的世界纪录。这样的成绩,与传统电力系统经过100多年构建所形成的设备、系统、技术、政策、法规等方面的“自洽”密切相关。

随着新能源发电比例的逐渐增加,新能源发电波动性、弱支撑性等特点所带来的安全稳定问题逐步凸显。传统电力系统的“自洽”必须寻找新的平衡模式,逐步演进为新的“自洽”,进而保持我国电力系统一以贯之的、高水平的安全稳定。

记者:风光发电波动性、弱支撑性对电力系统的影响大吗?为什么?

郭剑波:新能源有波动性、随机性,通俗理解就是“不可靠”,风、光伏发电不能满足“一插就有电”的供电需求。更具体地说,电具有商品属性,用户购买电,对电的供应有质量标准的要求,即连续可靠,电压、频率、波形要满足标准要求,否则就是不合格的商品。“不合格的电”会带来如烧毁电机、精密仪器无法正常运行等问题,甚至造成巨大的生产损失。

此外,在极端恶劣天气情况下,国内外均有停电事故或电力供应不足事故发

生。我国近60年的气象数据表明,极端天气发生频率呈上升趋势,在长周期范围内,极端天气用电负荷与新能源发电出力也呈反调节特性,即“极热无风,晚峰无光”的特性,这无疑增加了新能源电力供电安全风险。

从电的商品角度出发,我们会发现,新能源发电在电的经济和环境成本方面贡献很大,但在电的安全质量方面贡献相对较小,这与新能源的特性密切相关。比如,为了满足用电需求,传统电厂都有备用机制,达到“即使用户多要电我也有”的效果,以防止运行预测不准确。煤电厂备用的任务已经制度化,包括备好发电用燃煤、相应机组等一系列方案。而风光光伏要形成备用机制,经济性较差。其能源基础是难以储留的太阳能、风能,目前无法形成制度化的备用方案和稳定的备用供给。

## 提高新能源发电比例需多方协调配合

记者:我国中东部风、光资源技术可开发量总计20亿千瓦以上,远不能满足当地用电需求,仍需依赖我国西北地区、东北地区的跨区输送电量。电力空间平衡的需求带来哪些挑战?

郭剑波:从能源分布角度看,“胡焕庸线”以东属经济发达地区,“胡焕庸线”以西是资源富集地区,存在着能源逆向分布的情况。随着新能源发电量的增加,新能源发电的大容量远距离外送面临的问题更多、挑战更大。

目前对于超过1000公里的大容量远距离输电来说,最经济的方式是直流输电。但直流输电的整流和逆变过程(交流与直流电的变换过程),需要强电源的支撑。而新能源发电则是以电力电子换流器并入电网,这种方式承受过电流能力低,通过这种方式产生的是“弱电”。打个比方,直流输电的整流和逆变过程需要电源的支撑,传统技术中,电源的支撑能力可能如同3头牛、5头牛扛着这项工作,因此在系统有波动时,电源也能扛得住。而新能源并网接入的换流器如同众多“小蚂蚁”,其汇集而成的力量也要承担运送“粮草”(电力)的任务,但承受系统故障冲击的能力低,这就导致大容量远距离外送的系统安全性面临挑战。

记者:增加新能源发电比例还有哪些工作要做?需要哪些方面的协调和配合?

郭剑波:随着新能源发电比例的增加,电力行业已经开始关注新能源发电人对电力系统安全贡献薄弱的局面。例如,技术方面存在的一个瓶颈是,新能源大规模并网带来的宽频振荡问题在不同国家和地区相继发生,其振荡频率覆盖范围广,从数十赫兹到数百赫兹乃至上千赫兹,机理复杂。针对上述问题,学界和产业界均开展了相关研究。如在振荡的抑制方面,可以通过建立千万千瓦级新能源发电集群全电磁暂态仿真平台,利用仿真重现的手段,帮助预防和解决振荡事故;在新能源机组发电的安全稳定性方面,主动建立并支撑电网频率和电压的构网型技术也得到了积极的发展。

持续提升新型电力系统的稳定性不完全是个技术问题,还与体系有关。以新型电力系统解决供需矛盾,不可能一蹴而就。比方说,过去的面粉种类有“75粉”“85粉”,同样是100斤麦子,有的能打出75斤面粉,有的能打出85斤面粉,两种面粉的价格肯定是不一样的。因为前一种除去了10斤“麸糠”,进行了质量升级的工作。现在的新能源发电由于本身特点,将使得电力系统低惯量、低阻尼、弱电压支撑等特点凸显,就好像掺杂了“麸糠”的面粉,但在并网时电力安全和质量成本未能体现在相关的核算中。随着产消者的出现,需适当修订现行的《电力



郭剑波院士 田晶晶绘

法》,使其适应新型电力系统,也就是说要实现责权利对等。我们在鼓励新商业模式和商业形态兴起的同时,也应该赋予其同等的责任。

## 构建新型电力系统关键是形成新的“自洽”

记者:构建新型电力系统最大的挑战是什么?目前有哪些应对举措?

郭剑波:为解决新能源电力系统存在的问题,当前也涌现出不少技术和方案,比如,通过储能技术提高新能源发电的利用率。但当前这些技术和方案仍未能同时较好地解决安全保供、治理环境、提升经济效益三方面的问题。新能源出力具有随机性、波动性,电力电量时空分布极度不均衡,带来充裕性挑战;新能源的弱支撑性导致故障对电网造成的打击强度增加,带来安全性挑战;新能源发电成本下降,但系统匹配的调节和安全成本大幅增加,需要政策机制的引导和保障,带来经济性和体制机制挑战。安全—经济—环境“矛盾三角形”将长期存在。如何在可接受范围内给出可以普及的、最优的问题解决方案,是新能源电力系统面临的难题。

从新型电力系统的构建来看,最大挑战是如何形成新的“自洽”。我们应该意识到,构建新型电力系统的根基是安全保供,它的起点和演进过程均需要依靠传统电力系统。新型电力系统不是通过推翻传统系统重新建立起来的。新型电力系统是在能源电力系统基础上持续演进的过程,应该客观、科学地认识新能源发电的弱点,通过开发安全稳定、成本可及、可持续发展的技术弥补这些问题,逐步形成新系统的“自洽性”。

记者:如何理解新型电力系统的演进方向?如何构建各参与主体、各关键要素协同发展的生态?

郭剑波:环境问题、能源危机和新能源成本下降必将加速新能源的发展,而新能源比例的增加将使得新型电力系统面

## 人物档案

郭剑波,中国工程院院士,国家电网有限公司一级顾问,中国电科院名誉院长,中国电机工程学会副理事长,电力系统分析与控制专家。郭剑波长期从事电力系统分析与控制研究,主持了20世纪90年代开展的中国全国互联电网(2020—2050年)规划系列研究;组织建成了中国“国家能源大型风电并网系统研发(实验)中心”。

临的安全、经济、体制机制等挑战来得更快、更猛烈、更复杂。因此,必须加快科技创新和推广,加强社会—能源—电力系统的协同,不断完善政策法规。

政策应进一步鼓励智慧技术的应用。新型电力系统是一个物理信息社会系统,电力系统的运行与社会行为、信息交互的关系将会更加紧密。以电动车为例,新型电力系统通过交互和调度,能够在太阳光充足时,让电动车多充些电、消耗负荷,在没太阳的时候则让电动车给电网供些电。这样的交互也可以发展到温感负荷的使用中,让每个电力的使用者都能为电力系统稳定贡献“平衡力”。

政策还将平衡新能源开发利用的着力点。当前,新能源开发受到行业产业的高度重视,但新能源真正发挥效果是在应用中。发电后如何满足不同用电场景,如何更便于行业企业的应用?在这些方面,技术创新开发仍显不足。

可见,新型电力系统的形成,离不开包括政策法规作为“指挥棒”的方向引导作用。

记者:党的二十大报告指出,加快规划建设新型能源体系。如何正确理解新型电力系统与新型能源体系的关系?

郭剑波:首先,从量的关系上来说,据预估,到2060年能源消费侧的电力消费占比将是所有能源消费的50%以上,甚至可能达到70%,新型电力系统将逐步从新型能源体系的重要部分变成主要部分。其次,从相互之间的作用关系来看,能源低碳靠电力,电力安全靠能源。新型电力系统是源网荷储协同的系统。在新型电力系统演进过程中,需要迎接多能源利用、多行业发展对电力系统提出的挑战,还要兼顾解决世界能源理事会提出的能源“三难指数”(即能源安全、能源公平、环境可持续性)的矛盾。

因此,必须运用大系统观,从能源体系和社会体系的视角出发,认识新型电力系统演化趋势和发展规律。在新的历史条件下,要结合中国特有的实际情况,系统全面地考量安全经济环境因素,并引以为基础推进新型电力系统建设。

## 致青年科技人才

我们正处在一个最好的时代。对于青年人来说,这个时代大有可为。能源技术、信息技术都取得了变革式的发展,不同学科之间也正在实现更加深刻的融合,激发出的新业态、新模式令人充满期待。这些都是年轻人应该关注的,非常适合年轻人勇于探索、追求的特点,年轻人经过历练势必成为变革时代的生力军。

电力将作为未来主要的能源供给,为社会经济的发展注入源源不断的澎湃动力。人才是创新的动力源泉,因此,希望年轻一代愿意关注电力事业的发展,愿意投身于电力事业的发展中,在成就个人理想的同时,为祖国的新型能源体系构建贡献智慧和力量,为中华民族的伟大复兴而拼搏奋斗。

——郭剑波

## 热点追踪

# 中国期刊提升影响力 既要“国际化”还要“话国际”

◎本报记者 何亮

当前,全球各语种科技期刊约有10万本,有2万本进入权威数据库科技文献数据库(Web of Science,简称WOS)。然而,我国只有276本期刊进入WOS。与此同时,我国2021年发表的SCI论文数量突破60万篇,发表于国内期刊的论文为3.2万篇,占比仅为5.2%……

近日,中国科学院院士韩布兴在2023前沿科学创新大会上分享的一组数据,让与会青年科学家感慨万分:大家既为中国科研水平迅速提高感到自豪,又感到中国期刊在国际上的影响力仍有待提升。

如何培育世界一流科技期刊,让中国期刊更有国际影响力?在韩布兴看来,解决这一问题,需要不断攀升的科研实力、大量科学家的支持、公正的审稿流程、大量办刊经费的投入,还需要专业有素的编委、编辑团队。

在国际期刊界,论文刊发“一九法则”愈发凸显,即优质论文越来越向头部期刊集中。后起期刊要想“秀”出重围,稿源成为关键一环。“一份有影响力的学术期刊要有国际视野,学术期刊编委和作者的国际化至关重要。”中国科学院院士谢树成建议,邀请期刊编委等重要专家做专题,吸引国际上重要专家发表重要文章。

影响因子是衡量科技期刊影响力的一项重要指标。在今年6月科睿唯安公布的最新《期刊引证报告》中,一本由青年科学家于2020年创办的学术刊物——《创新》(The Innovation)成绩亮眼。它的影响因子达到32.1,在所类别中全球排名仅次于《自然》(Nature)和《科学》(Science),位列第三。

值得一提的是,这本期刊的出版编辑工作,大多是由青年科学家利用业余时间完成的。韩布兴表示,新时期的青年科学家,在国际科技舞台上可以有更多作为。

期刊的国际化水平与其影响力息息相关。在中国科学院院士郭华东看来,时代发展至今,中国作为一个创新大国,国内期刊要提高“话国际”的能力。

“所谓‘话国际’,是要让国际科学界看到中国科学家作出的贡献,西方国家也可以学习借鉴中国智慧、中国方案、中国经验。”郭华东表示,这一方面要求国内期刊对国际问题有足够的敏感性,不仅能追踪热点,还要能透视全球性的重要议题。另一方面,学术期刊的传播要符合科学规律,做到内容好看、善于科普、精准送达。

2008年,郭华东组织创办期刊《国际数字地球学报》。该期刊首发18个月后即被SCI-E数据库收录,影响因子在我国地球科学、信息科学类别期刊中位居榜首。“当时我很高兴,《国际数字地球学报》也成为了出版社对外介绍时的成功案例。但是近年来,这份学报的影响因子只有5点多。它为什么落后了呢?”郭华东反思,多年不变的封面、文章篇幅等,使读者难以看到期刊创新的活力。

反观《创新》,该期刊每期封面主题都配以精美的设计,使读者能够感受科学之美。此外,《创新》还为每篇论文配置了一个二维码,科普文章就“藏”于其后,可将艰深晦涩的术语“一网打尽”。这一举措很好地拉近了读者与科研论文的距离。而数字传播时代下的精准推送,更是成为《创新》一项突出的比较优势。这些举措都成为吸引国际知名科学家积极投稿的重要原因。

## 专家齐聚厦门 纵论第三代半导体发展

科技日报(记者刘垠)记者12月6日获悉,第九届国际第三代半导体论坛暨第二十届中国国际半导体照明论坛日前在厦门召开。国家新材料产业发展专家咨询委员会主任、中国工程院院士于勇指出,半导体、新材料、工艺和装备核心产业环节系统研发创新,是建立半导体产业核心竞争力的重要途径。未来应该进一步推动建设多样化的、动态的、矩阵式的创新联合体的生态群。半导体产业的全球化属性不可改变,创新对于半导体行业尤为重要,要坚持加强全球产业链、供应链的协作。

作为第三代半导体第一个成熟的应用窗口,半导体照明历经二十多年的发展,取得了历史性的成就。如今,第三代半导体发展进入新的阶段,多个领域不断创新将继续推动第三代半导体技术研究和应用的进展,未来充满着巨大的想象空间和新的可能性。

国家新材料产业发展专家咨询委员会委员、第三代半导体产业技术创新战略联盟理事长吴玲表示,近年来我国第三代半导体有了长足发展,但仍面临一定的挑战,产业健康发展还需共同努力。半导体行业是全球一体化程度最高的行业之一,产业健康发展需要世界以建设性态度加强合作,共同推动全球科技领域的合作和进步。

“双碳”背景下,产业结构将面临深刻的低碳转型挑战。人工智能等新技术的快速应用,将使半导体行业朝着高性能、低功耗的目标发展,从而带动更多应用领域的更新换代和产业升级。

国际半导体照明联盟主席、全国政协教科卫体委员会原副主任曹健林认为,半导体照明是第三代半导体第一个成功的突破口,在全球信息化及可持续发展中发挥着至关重要的作用。

中国科学院院士、厦门大学党委书记张荣指出,物理学、材料科学、量子科学等的不断发展,为半导体信息器件提供了新的发展维度,衍生出基于新原理的颠覆性器件,满足了信息科学前沿领域的创新性应用。

本届论坛由厦门市人民政府、厦门大学、第三代半导体产业技术创新战略联盟、中关村半导体照明工程研发及产业联盟主办。



图为一位工人在某半导体科技公司LED芯片生产车间工作。  
新华社记者 陈建力摄