

煤炭开采对环境的影响可以减小

访中国工程院院士王双明

■本报记者 朱妍

“长期以来，大家习惯于用‘富煤、缺油、少气’来形容我国能源资源禀赋，客观分析不同能源资源及其消费贡献，我认为使用‘缺油、少气、相对富煤’，更契合我国能源资源的实际情况”。近日在一场学术研讨会上，中国工程院院士王双明讲到上述观点。记者就此展开了采访。

王双明提出，“富煤”只是相较于国内油气资源而言，放眼全球范围，我国人口大约占世界总人口的20%，已探明煤炭储量却只占世界探明储量的11%，人均煤炭资源为世界平均水平的42.5%，并不能算“富”。而在非化石能源尚不能安全可靠替代传统能源的情况下，煤炭仍承担着能源安全兜底重任，认清能源资源禀赋就显得尤为重要。

◆ 实际可支撑量尚不确定

客观分析我国不同能源资源的禀赋特点，对于推进“双碳”目标稳步实现具有重要现实意义。王双明用一组数据进行了详细阐述：截至2021年底，我国石油、天然气剩余探明技术可采储量分别为36.89亿吨、6.33万亿立方米，煤炭证实储量与可信储量之和为2078.85亿吨。

“从化石能源资源总量来看，煤炭大约占到94%，相比石油2.5%、天然气3.5%，煤炭资源量的确比较丰富。”但他指出，“我们要注意，2078.85亿吨是我国煤炭资源的地质储量，从地质储量到工业储量，再到可采储量，最后采出原煤，必然会一层一层打折扣。比如，现在越来越多使用机械化、自动化方式采煤，相比过去最大不同，是厚度1.2米以下的煤层难以使用机械化设备规模化开采，这部分资源恰恰包含在2078.85亿吨中。在‘双碳’目标下，生态红线等约束进一步强化，也影响着煤炭可供开发量。考虑类似种种因素，剩余可采量到底能够支撑多久，目前还要打个问号。”

王双明提出，我国非化石能源理论总量丰富，但生产实践表明，现阶段还存在规模大、产出低、贡献小等问题，短期内难以成为主体能源。在此背景下，煤炭安全保供依然责任重大。实际数据对此也有印证，

2010—2019年，煤炭占我国一次能源消费的比重出现明显下降，每年降幅都超过1%。但从2019年起，降幅收窄到1%以内，到了2022年，浮动由前一年下降0.8%转为增加0.2%。“总体来看，煤炭消费占比一直在小幅下降，消费量却仍在高位震荡。要确保安全稳定供应，前提是客观认识我国能源资源禀赋现状。”

◆ 煤可发挥保供以外作用

在王双明看来，对煤的关注不能放松。即便实现碳达峰，煤炭消费量迎来拐点，其仍会占据一席之地。届时，煤炭将由“主体能源”向“支撑性能源”保障地位转变，作为战略性矿产资源的作用随之提升，发挥出保供以外的多重效用——



王双明

一是生产煤基特种燃料的战略性资源。“煤是生产油气的重要原料。到‘十四五’末，我国规划建设煤制油产能1200万吨，煤制气产能150亿立方米。”王双明表示，要做好煤制油气战略基地规划布局和管控，立足国内，挖掘发挥煤炭资源的油气资源潜力，以增加油气供给，降低油气对外依存风险。

二是生产煤基化工产品的重要原料。王双明称，煤化工是利用煤中的碳、氢、氧元素，与蒸汽、空气、氧气等，在一定温度及压力下组合反应生产不同的化工产品，实际上是对碳进行部分固定。“这是提高煤炭清洁高效利用的有效途径，碳达峰后效果更加突出。预测到2025年，我国化工领域耗煤年均复合增长率约2.88%，2025—2030年，煤化工年耗煤量将达到4.5亿—5亿吨。”

在更广泛的领域，煤炭还可作为短期内难以替代的钢铁生产炉料，消纳新能源的调峰能源，是具有封存二氧化碳潜力的重要层状矿产资源。王双明举例，研究二氧化碳地质封存所需的基础地质条件，据此选取适合封存的矿区，实现采煤与二氧化碳封存一体化，相当于把采煤变成构筑二氧化碳封存空间的过程，具有重大科学意义和应用前景，能够实现“煤炭从哪儿来，煤炭利用产生的固废和二氧化碳回到哪儿去”。

相比油气资源，煤的固体属性让其便于存储。存煤成本优势明显，在遭受自然灾害、战争等影响时，还具有安全优势。王双明表示，煤炭也是可实现经济、安全存储的能源资源，其战略储备力度未来将加强。

◆ 推动减损开采至关重要

煤炭重任在肩，但不可否认，其开发过程会对生态环境造成扰动。在发挥作用的同时，减损亦是现实压力。

“例如我国14个大型煤炭基地，有6个分布在黄河流域中下游，这部分原煤产量占全国总产量的70%左右。这些地区最大短板是降雨量少、蒸发量大，生态环境脆弱是最大制约。再如目前，我国煤炭产能主要集中在晋陕蒙地区，开发西部煤炭资源已成为保障能源安全的重大需求。但西部地处干旱、半干旱地区，水资源匮乏，地表植被稀少，生态环境本就脆弱，采煤与环境保护矛盾突出。”王双明坦言，考虑到煤炭开发产生的采动损害及碳排放，如何适应绿色低碳大势，已成为必须破解的重大技术难题。

致力于鄂尔多斯盆地矿区地质环境保护工作20多年，王双明提出“减损开采”理念。简单来说，就是减少煤炭开采对环境的影响。

“我们多年调研发现，地表生态系统与地下水位关系密切，地下水埋藏既不能太深，也不能太浅，否则会带来盐渍化、沙化等一系列问题。在这样的区域采煤，主要环境目标就是保护好地下水位，最大程度降低对地下水的影响。”王双明解释，减损开采首先分析制约煤炭绿色开发的地质因素，研究维系矿区生态环境的主要地质条件。在此基础上，揭示采煤对地质条件的损害机理，构建分类减损地质工程技术体系。

王双明还告诉记者，在煤层与地下水之间，原本存在着一部分隔水层，可起到保水作用。煤炭开采的主要特点是会形成地下空间并引发应力场变化，从而损害隔水层的隔水性，维系生态系统的地下水流向采空区，导致水位下降和生态退化。“减损开采正是以防止隔水层岩层损害为目标，以煤与水共生地质特征研究为基础，实现保水采煤。”

率超过70%。”中石油管道局国际公司副总经理单旭东说。

不仅是华为的电子设备，项目建设所需的2.9万吨钢材全部来自中国宝钢。在叻叻府施工现场，记者看到钢管上写着“宝钢制造”，并标注了钢管的生产批次、规格、型号等。“中国材料很好，达到国际标准。”质量控制工程师尼蓬说。

泰国管道项目业主有一套完整的供应商短名单，承建商需要严格按照范围进行招标、询价采购。“为了能将更多的中国产品引入泰国，推广‘中国制造’，我们向业主阐述中国产品性能优质、供货周期短等诸多优势，力挺钢管、大型设备等物资由国内制造商生产供货。”单旭东说。

得益于中国产品自身质量提升和国际认可度增加，一大批“中国制造”使用到

泰国东北部成品油管道项目中。更重要的是，可以形成一种良性循环。“甚至可以在项目投标阶段，就直接拿这个更有竞争力的设备价格，作为项目投标总价的组成部分，增加中国公司竞争海外市场的竞争力。”单旭东表示。

契合“一带一路”倡议，加强泰国、老挝、中国等相邻国家的互联互通

泰国东北部地区毗邻老挝，孔敬府终端罐区油库至老挝首都万象仅250公里，距沙湾那吉280公里，距巴色400公里。东北部成品油管道项目除了为泰国东北部地区供应成品油外，还将辐射至老挝相关

地区。

老挝国内市场消费的汽柴油依靠进口，其中从泰国进口量占比约90%。目前从泰国进口石油产品的方式是通过卡车从曼谷运送到万象，两地距离约700公里。泰国东北部成品油管道项目完工后，油品将被运输到孔敬油库，而从这个油库至万象仅250公里，将极大缩短交货周期，节约物流成本。

在“一带一路”共商共建共享的原则下，中泰两国在能源合作方面取得了丰硕成果。横跨泰国中部和东北部地区的成品油管道不仅对促进当地经济社会发展具有重要意义，还有利于加强泰国和老挝、缅甸等东南亚国家的互联互通。该项目被国家开发银行列入“一带一路”专项贷款及国际业务重大项目库，也是国家开发银行牵头

煤矿智能化标准体系建设正在加速完善

—访中国工程院院士、中国矿业大学(北京)校长葛世荣

■本报记者 仲蕊

近日，国家矿山安全监察局公布《矿山智能化标准体系框架》(以下简称《框架》)，内容包括基础通用、数据与模型、生产系统与技术装备、决策与应用等四大类标准子体系。

当前，全国多地已发布煤矿要全面实现智能化的发展目标，智能化成为煤矿未来发展的必然方向。中国工程院院士、中国矿业大学(北京)校长葛世荣在接受记者采访时指出，目前国内煤矿智能化建设仍处于初级阶段，标准体系亟待更新完善，《框架》将进一步加强矿山智能化建设顶层设计，充分顺应矿山智能化新技术发展。

◆ 标准建设需求迫切

中国能源报：目前，煤矿智能化建设进展如何？进一步完善标准对行业而言有什么作用？

葛世荣：近年来，我国矿山智能化建设蓬勃发展。截至2023年7月底，全国智能化采掘工作面已达1395个，其中智能化采煤工作面724个，智能化掘进工作面671个，有智能化工作面的煤矿达到714处，占全国正常生产建设矿井数量的27.43%；煤矿产能21.79亿吨，占全国核定产能的59.49%；非煤矿山228处核心生产环节实现智能化和机器人化改造。

但需要注意的是，当前矿山智能化建设还处于初级阶段，制约其高质量发展的一个重要问题是相关标准还不健全、不规范，甚至缺失，与标准应当发挥的基础性、引领性作用差距较大，亟需从顶层设计层面标准化工作进行系统谋划，建立完整的矿山智能化标准体系，实现矿山智能化领域的“书同文、车同轨”，推动矿山智能化高质量发展。

中国能源报：面对煤矿智能化发展现状，标准体系建设应遵循哪些原则？

葛世荣：煤矿智能化标准体系建设应坚持统筹规划、需求导向、融合创新、开放合作、动态完善的基本原则。

此次《框架》的编制广泛汇集政府部门、企业、科研院所等各方力量，充分吸纳了各方意见和建议，持续动态修订。同时，《框架》按照国标《标准体系构建原则和要求》(GB/T 13016-2018)的相关要求编制，与当前主流的工业互联网架构和内容保持一致。

整体上看，《框架》具备开放性、科学性、指导性、系统性、前瞻性。将煤矿和非煤矿山智能化纳入同一体系，充分考虑其共性和特色，构建了我国乃至世界上矿业开采历史上首个系统性的矿山智能化标准体系框架。面向矿山智能化建设过程中的实际标准需求，坚持融合创新，充分考虑大数据、人工智能、机器人等新技术的应用。

◆ 与现有标准规范充分衔接

中国能源报：近年来，煤矿智能化领域陆续发布了有关政策文件、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准，在此背景下，此次《框架》如何实现和现有标准规范的互补？

葛世荣：《框架》编制过程中，专家组系统梳理了近年来矿山智能化领域发布的有关政策标准，充分吸收了现已发布且相对成熟的具体标准规范，例如，在“数据与模型标准子体系”的“数据标准”部分，完整采纳了国家矿山安全监察局于2023年6月26日发布的《智能化矿山数据融合共享》的全部内容，明确了数据编码、采集、治理、安全、应用各环节的具体规范要求，同时在此基础上，还增加了诸如“感知数据”、“元数据管理”和“参考数据管理”等方面的标准研制方向。

对于目前标准研制尚处于空白的领域，《框架》仅规划了未来标准研制方向。例如，在“数据模型”方面，规划了地质测量、生产作业、监测预警和经营管理等方面的数据模型技术规范。

中国能源报：《框架》包括了基础通用、数据与模型、生产系统与技术装备、决策与应用等四大类标准子体系，共265个具体标准研制方向，可解决哪些行业痛点问题？

葛世荣：从横向来看，《框架》覆盖开采工艺、技

术装备、数据治理、安全保障等智能化矿山全部业务领域；从纵向来看，考虑矿山设计、建设、运行全生命周期的标准化需求。

不同标准子体系的构建有利于全行业在同一标准框架下构建不同应用场景深度互联的智能化生态。其中，基础通用标准子体系集中了矿山智能化系列标准的共性内容，主要用于统一矿山智能化相关概念与术语定义，明确各类新技术在矿山智能化建设中的基本要求，规范智能化矿山设计、建设和评估验收标准。数据与模型标准子体系主要用于统一矿山智能化各环节的数据和模型标准化要求，包含数据标准和数据模型标准两部分。生产系统与技术装备标准子体系明确了智能化矿山具体生产过程的标准化要求。决策与应用标准子体系包含矿山智能化建设的分析决策和平台应用两大方面的标准内容，从“人、机、料、法、环、管”多维度，规范矿山智能化所涉及的生产管理、经营决策、资源配置等内容。

◆ 顺应智能化新技术发展

中国能源报：煤矿智能化发展是煤炭行业的重要发展趋势，面对新技术、新形势，煤矿智能化相关标准建设过程中需要考虑哪些因素？

葛世荣：煤矿智能化相关标准应充分考虑智能化新技术在矿山行业的应用。比如《框架》在“基础通用”部分，提出了矿山人工智能、数字孪生、大数据、云计算、机器人、新材料等通用技术的基本要求，在后面的具体模块中又规划了矿山不同生产系统的新技术应用标准研制方向。

以矿山无人驾驶为例，我国矿山无人驾驶研发和应用刚刚起步，缺少统一的规划组织和标准规范。矿山无人驾驶包括井下和露天两种工况，其中，井工矿山无人驾驶技术难度相对较大，而露天矿山工作场景相对封闭、运行路线及工作流程相对固定，是无人驾驶技术落地应用最适合的场景之一。

此次《框架》专门在“露天生产”部分设置了独立的“无人驾驶”板块，除了基础的通用技术要求外，还从车辆性能、车载传感器与环境感知、地图采集与制作等方面进行了完整细致的标准规划，有利于矿山、装备等企业在统一的标准下，开展产学研联合攻关，尽快固化最优技术路线，研发新型一体化前装无人车辆，提升算力和算法水平，形成可持续发展的商业模式，全方位推动露天矿山机器人化无人驾驶技术的大规模落地应用。

中国能源报：《框架》将如何指导矿山智能化标准规范制修订？

葛世荣：各行业协会、学会等标准化组织可将《框架》作为矿山行业智能化建设相关标准规范制修订的基本依据，组织开展具体细分领域的标准规范立项和制修订，矿山企业、装备企业、通信企业、系统集成和平台企业、设计院、科研院所可以成立研发应用联盟，开展相关领域的团体标准研制和推广应用。

此外，随着矿山智能化技术的不断演进和智能化建设水平的不断提高，《框架》本身还需要持续迭代，希望各有关方面继续凝聚共识、发挥各自优势，持续修订和完善《框架》，共同提升矿山智能化领域的标准研制水平，推动矿山智能化建设高质量发展。

上接1版

泰国能源部部长苏帕塔纳蓬表示，该项目对提升泰国能源安全，改善泰国东北部地区的成品油供应状况，促进当地经济社会发展具有重要意义，泰方愿进一步加强同中方在能源领域的互利合作。泰中两国能源合作，不仅惠及当地，还将推动在湄公河次区域的互联互通和可持续发展。

展现国际竞争力，项目核心物资和主要机械设备国产化率超过70%

在终端罐区的变电所控制室内，记者看到很多设备标有“华为”标志。“采办团队力争‘中国制造’，项目主要机械设备国产

务组国际银团融资支持的首个在泰能源基础设施建设项目。

“未来管道规划将继续向泰国东北方向延伸，接入老挝，加强泰国、老挝、中国等相邻国家的能源互联互通。”泰国管网有限公司董事会主席帕努表示。

共建“一带一路”倡议提出10年来，各领域合作成果丰硕，给各国人民带来实实在在的好处。泰国《今日曼谷报》总编辑普瓦纳表示，中泰共建“一带一路”带动了泰国经济社会发展，“一带一路”实现互利共赢，实现真正的发展，就像泰国东北部成品油管道一样，惠及大量普通民众。随着经济快速发展，各国对能源的需求不断提高，能源合作是共建“一带一路”的重要领域，将推动参与国家实现高质量可持续发展。