

中国工程院院士葛世荣：

数字孪生让采矿全流程“透明化”

■ 本报记者 朱妍

编者按

智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支持，对于提升煤矿安全生产水平、保障煤炭稳定供应具有重要意义。经过前期有益探索，部分矿井已建成一批少人、无人开采工作面，但目前技术体系参差不齐，尤其是集群智能化技术尚未跟上。例如，复杂的开采环境对设备及其操作的要求严苛，井下有十几种综采设备，这些设备之间的互联度不够高、信息互通性不够强、人机交互性不够好，现有数字化手段难以动态反映采煤流程变化，进而影响对采煤工作面的实时监控。

如何全面升级？中国工程院院士、中国矿业大学（北京）校长葛世荣提出“数字孪生智采工作面”的新理念。

目前侧重矿山生产过程的自动化

“我国现有煤矿 4200 余处，其中在产约 3500 处。自 2018 年全面推行煤矿智能化以来，目前已建成 680 余个初级智能化采掘工作面，其中包括采煤工作面 430 余个、掘进工作面 250 余个，2022 年有望建成 1 千个智能化采掘工作面。”智能化技术对煤矿安全高效开采发挥了重要提升作用，葛世荣举例，截至 2020 年底，全国建成安全高效煤矿 901 处，其煤炭产量、利润总额分别占到全行业的 56%和 78%，采煤机械化程度达到 99.9%，智能化采煤工作面有 285 个。“这些矿井的百万吨死亡率约 0.0015，远低于 0.02 的国际先进水平，其中 898 处矿井为零死亡。实践证明，通过智能化改造，煤矿可以实现高程度、高效率的安全生产。”

在葛世荣看来，“智能化”是基于数据驱动的采矿设备自动化、生产数据可视化、开采过程透明化、采掘现场无人化、矿山环境低损化，能够实现安全高效、无人操作的自协作矿山系统。“既要做到采煤机、掘进机等设备单机自主运行，也要实现工作面的机群平行协作和系统数字孪生。从聚焦个体智能，到基于互联网和大

数据的群体智能，这是智能化煤矿的转型特征之一。”

按照上述标准，煤矿智能化进展如何？葛世荣坦言，处于初级智能化的矿山，建设重点多放在矿山生产过程的自动化。“高度自主化、信息化的智能矿山是未来目标，而目前的智能煤矿还缺少全系统的数字化融合。边缘计算、时延网络等矿业 IT 技术，与操作相关的采矿 OT 技术，以及智能安全监控、煤矿机器人等矿山物联网 MIOT 技术均是各自在做，智能系统化方面仍是短板。”

反过来，“各自独立”也影响着智能化的整体效果。比如，设备单元独立运行，造成数据采集量不够、信息共享不畅、数据交互困难、无法构建数字线程，矿井难以实现高效协同管控。“需要实现采煤状态实时监控，采用仿生传感技术，使智采工作面具有视觉、听觉、嗅觉、触觉、动觉等类脑感知能力。”葛世荣称。

矿山物联网是智能化的主要骨架

补齐短板，离不开新基建工程的支撑。“大数据是知识，人工智能是大脑，工业互联网是骨骼，5G 是通信神经，采矿机器人是臂膀。”据此，葛世荣提出四方面升

级路径。一是工艺升级，以数据驱动、软件定义、平台支撑、智能管理等要素，改造采矿生产流程；二是设备升级，基于人工智能和深度学习，使采掘装备具有自主运行能力，实现无人化操作；三是功能升级，对采矿业嵌入数字化功能，使采掘云流程持续保持连接和交互，提高生产效率；四是融合升级，依托大数据管理，以数据、算例、算法为核心，建立部门跨业务智能运营条件。

“煤矿智能化是在数字化的基础上，利用物联网技术和感知技术加强大数据服务，以提高生产过程可控性、减少采矿人工参与、优化生产排程。”葛世荣这样类比：人的智慧衡量维度包括观察力、记忆力、学习力、思考力及行动力等，对应的“煤矿智慧维度”应包括信息采集、信息存储、数据挖掘、数据应用及自动控制等能力。“智能化是由‘数据+算法+算力’构成的决策系统，揭开了数据蕴藏的巨大能量，在人类和机器活动中，提供生产工具、配置资源、创造价值。”

葛世荣介绍，智能化煤矿的数据结构来自于服务数据、生产数据、装备数据、管理数据等，合起来成为大数据。“矿山物联网是主要骨架，也是获得更程度采矿自动化基础条件，涵盖矿山生产过程控制数据采集、处理、交换和分析的网络系统。信息物理系统是关键平台，构建基于数据流的状态感知、实时分析、科学决策、精准执行的系统级闭环赋能体系，可提高资源配置效率，实现资源协同优化。目前，对数据获取的重视程度不够，缺少将采集数据转换为有用的信息，采矿数据反馈的智能处理还是空白，采矿的自感知、自预测、自协调能力处于起步阶段。”

以数字孪生工作面模拟实际采煤

什么样的工作面才能达到理想效果？

葛世荣提出利用数字孪生搭建智能化新平台。

“数字孪生智采工作面是一个数据可视化、人机强交互、工艺自优化的高逼真采煤工作面三维镜像场景，包括物理工作面、数字工作面和数据信息交互三部分。”葛世荣强调，数字孪生是以数字化方式创建物理实体的虚拟模型，通过虚实交互反馈、数据融合分析、决策迭代优化等手段，为物理实体提供更加实时、高效、智能的运行或操作服务。换言之，其不是传统仿真模型，而是动态反馈的数字化工作面镜像体，基于设备运行的感知数据，以数字映射的智采工作面来逼真地模拟实际采煤状况。

葛世荣表示，基于设备和工作面数字孪生，实现透明化的采矿生产、运维和服务，可分为四个步骤：一是实现离散数字孪生的连接和可见。“离散”即一个来一个来做，实现设备、人员等单一资源的数据连接、数字可视，比如一台采煤机、一台掘进机，率先实现数字化设备、流程和系统的诊断、描述性分析预测。目前，煤矿智能化发展多数处于这一阶段。

“二是实现复合数字孪生互联与数据驱动。一个采煤或掘进工作面、一条主煤流运输线，基于内部离散数字孪生和外部数字资源复合而成的数字孪生体，这是智能化建设的主要努力方向。下一步是面向采矿全流程，通过数据孪生监测和驱动的业务运行，形成一种可持续自动采集、自动分析、自主执行、自主决策的数据驱动闭环，最终实现数字孪生的生态服务与价值共生，除了单个矿井，还包括选煤厂、输配系统、甚至用户在内，也就是集合产业上下游数字孪生组织，成为以链主为核心的产业数字孪生。”葛世荣表示，数字孪生技术将推动智能化采矿进入新时代，实现全要素、全流程、全数据的集成和融合，达到矿山生产系统最优配置、装备自主协同、开采安全高效的目的。

国内首套 20 万吨聚丙烯(FMTP)科技示范项目投料一次成功



图片新闻

2021 年 12 月 31 日，在中国华能集团华亭煤业公司，随着 20 万吨聚丙烯(FMTP)科技示范项目反应再生装置反应器温度不断升高，火炬系统蓝色火焰燃起，标志着项目投料一次成功，这也是我国第一套聚丙烯(FMTP)科技示范项目实现工业生产应用。

据介绍，该项目通过对甲醇进行深加工，就地转化为高附加值的固体聚丙烯产品，实现煤炭资源的安全、洁净、高效利用。王世勤 赵丽萍/图、文

盲目布局焦化项目，“两高”企业违法问题突出——

生态环境部点名贵州六盘水

本报讯 记者姚金楠报道：2021 年 12 月 29 日，生态环境部通报中央第二生态环境保护督察组督察典型案例。通报指出，贵州省六盘水市盲目布局焦化项目，“两高”企业违法问题突出。

督察发现，六盘水市突破产业发展规划盲目布局焦化项目。按照国家有关部门《关于抑制部分行业产能过剩和重复建设引导产业健康发展的若干意见》规定，对焦炭产能要实施等量替代。《贵州省煤化工产业发展规划(2019—2025 年)》也明确提出，到 2025 年全省焦炭产能控制在 950 万吨以内，不再新增产能，新建项目按等量或减量原则进行产能置换。但近年来，六盘水市未严格执行焦化产能控制要求，

违规为六盘水威箐焦化有限公司、贵州旗力新能源有限责任公司等 5 家企业办理焦化项目备案手续，备案总产能达到 1080 万吨。如果上述项目在“十四五”期间全部建成，加上拟保留现有 320 万吨产能，2025 年该市焦化总产能将达到 1400 万吨，远超全省 950 万吨的规划限额，造成“一市超过全省”的怪现象。

通报同时指出，六盘水市一些“两高”企业存在明显污染扰民问题。部分“两高”企业污染防治设施建设管理不到位，噪音、粉尘、异味污染问题突出，严重影响周边群众生产生活环境，群众反映十分强烈。现场督察发现，盘州市宏盛煤焦化有限公司部分煤炭物料、粉焦露天堆放，噪

音、粉尘、异味扰民问题突出。六盘水市旗盛煤焦化有限责任公司粉尘、异味污染问题也令周边群众苦不堪言、意见极大。2021 年 9 月，前期暗查发现，该公司焦化室无组织排放严重，厂区烟雾弥漫、气味刺鼻。

此外，督察还发现，六盘水市部分“两高”企业能耗统计数据严重失真。企业上报数据不实，统计部门审核不严，能耗统计数据严重失真。宏盛煤焦化公司长期不如实统计上报能源消耗情况，2018—2020 年均未如实统计上报柴油和电力使用量，2021 年 1—11 月又漏报洗精煤使用量 3.6 万吨，折算能源消耗量 3.24 万吨标准煤。根据国家相关规定，计算焦炭单位产品能源

消耗时，折算系数值应采用企业实测值，没有实测值的采用推荐值。督察发现，部分“两高”企业在计算能源消耗时，既没有采用实测值，也没有采用推荐值，为符合能耗要求随意填报数据，但有关部门对此把关不严，导致其能耗统计数据严重偏低。其中，旗盛煤焦化公司根据经验值上报的 2018 年能源消耗量仅 1.09 万吨标准煤，而采用推荐值计算其能源消耗量应为 4.07 万吨标准煤，两者相差近 3 万吨标准煤。

究其原因，通报指出，当地对遏制“两高”项目盲目发展认识不到位、行动不自觉，违规备案大量焦化项目，相关审核监管工作不严不实。督察组也将进一步调查核实有关情况，并按要求做好后续督察工作。

关注

国家矿山安全监察局：加大地下煤层自燃整治力度

本报讯 记者仲蕊报道：近日，国家矿山安全监察局公布的《关于政协十三届全国委员会第四次会议第 1825 号(资源环境类 200 号)提案答复的函》(以下简称《答复函》)提出，将推动国家煤层自燃综合治理系统工程建设、政策制定和治理措施落实，加大投入、从国家层面开展课题攻关，健全、完善、优化煤层自燃治理体系和运行机制，持续整治煤层自燃。

针对地下煤层自燃治理领域导致的生态破坏、次生灾害等基础理论研究和技術支撑的短板，《答复函》提出，“十四五”期间，国家矿山安全监察局将会同科技部、财政部积极推进煤层自燃治理的基础理论研究和技術研发工作，研究探索煤层自燃规律，采取科学预防措施，有效防治煤矿火灾。将积极配合国家发改委、科技部、财政部等部门和有关方面，加强研究论证和对地方的工作指导，切实保护好优质煤炭资源和生态环境。同时，将继续会同财政部、科技部、自然资源部等部门加大煤层自燃相关领域课题研究和资金投入力度。

根据《答复函》，当前，国家矿山安全监察局正在研究编制《煤矿防火细则》，确立“预防为主、早期预警、因地制宜、综合治理”的原则，强化煤矿防火工作的科学性、系统性、规范性和专业性。

山西：今年能源工作聚焦七项重点任务

本报讯 日前，山西省召开能源工作会议，总结 2021 年能源工作，分析能源发展形势，安排部署 2022 年工作任务。会议要求，2022 年能源工作要抓好七个方面重点任务：

一是推进煤炭绿色智能开采，提升煤炭安全保障能力。大力推进煤矿智能化改造，稳步推进煤矿绿色开采试点，有序释放煤炭先进产能，适度布局先进产能接续。二是推进电力市场化改革，提升煤电兜底保障能力。三是推进新能源和可再生能源替代，提升新能源安全稳定供应能力。实施风电光伏倍增计划，加速建设抽水蓄能电站，有序发展其他可再生能源，多措并举提升新能源消纳能力。四是推进非常规天然气勘探开发，提升煤层气产业规模化水平。推动示范基地建设，完善内畅外达的输气管网，持续推进瓦斯综合利用。五是推进节能降碳，提升能源清洁高效利用水平。实施节能优先战略，加快重点领域节能提效，创新项目节能管理，坚决遏制“两高”项目盲目发展，加强节能监察监测，加大煤炭清洁利用管理力度。六是推进安全管理责任落实，提升能源监管效能。夯实行业安全管理基础，建设完善煤炭信息监管服务平台。七是推进能源系统自身建设，提升能源高质量发展的服务能力。坚决落实全面从严治党主体责任，优化能源营商环境，打造过硬的干部队伍。（张丽）

兖矿智慧物流首单供应链融资业务落地

本报讯 通讯员李志勇报道：日前，兖矿(海南)智慧物流与川能(海南)公司签署 3800 吨液化天然气(LNG)融资业务，融资金额 1800 万元。这是兖矿智慧物流成立以来，在海南成功落地的首单业务，正式拉开了该公司“产业供应链平台”迈入实操的序幕。

据了解，本次的产业供应链平台业务主要基于核心企业兖矿智慧物流公司在上下游企业及银行的主体信用，前期通过线上线下结合，后期主要通过平台掌握的交易数据、税务数据等大数据以及银企直连、物联网等技术手段，实现了银行对客户在线自主授信。此举大大缩短了原料采购和产品运作周期，并能根据行情波动及时锁定现款购货价格，提前囤货、备货，满足 7×24 小时提货需要及精细化货物管理。

“与传统贸易业务相比，产业供应链订单融资业务有利于核心企业迅速链接上下游客户资源，强化业务管控，减轻资金压力，增加客户粘性。”兖矿智慧物流财务总监王东表示，融资业务还同时帮助下游企业解决了资金周转难题，使其在不占用自有资金的情况下，可以从银行直接获得低成本融资，实现了资金来源多样化。