

煤炭行业发展新质生产力应遵循哪些原则？煤炭高质量发展该如何去做？又该如何科学地推动煤炭行业转型发展？中国工程院院士、安徽理工大学党委副书记、校长袁亮日前就上述问题接受了《中国能源报》记者的专访。

**中国能源报：**煤炭行业应如何兜底保障国家能源安全？

**袁亮：**煤炭是筑牢能源安全、产业链供应链稳定底盘的重要基石。建设现代化煤炭产业体系是煤炭高质量发展的关键之举。加强煤炭清洁高效利用是实现煤炭产业绿色低碳转型的必由之路。要坚持先立后破、循序渐进的原则，持续推进煤炭清洁高效利用，加快构建清洁煤炭供应体系，加快煤炭绿色低碳转型，促进人与自然和谐共生、实现能源系统安全有序转型。应充分认识废弃矿井在储能开发中的重要性，将其作为推动能源转型和绿色发展的重要举措。

**中国能源报：**煤炭行业应如何实现绿色转型？

**袁亮：**煤炭行业绿色转型要从供应端、消费端、固碳端“三端”协同发力，落实好碳减排、碳替代、碳封存和碳循环四大路径。从碳减排路径来看，坚持煤炭清洁高效开采利用，这是煤炭行业绿色转型的必然选择和根本途径。煤炭开采方面，要开展智能精准开采技术攻关与装备研制，建立智慧矿山；煤炭利用方面，要推进清洁高效燃煤发电，加快燃煤机组升级改造，推进电能替代，要开展煤化工升级改造项目，推进现代煤化工示范项目建设；煤矿瓦斯全浓度开发利用方面，要攻关煤矿瓦斯高效开发利用基础理论、煤矿瓦斯煤化理论工艺、煤矿瓦斯分级分类开发利用技术、废弃矿井煤层气开发与利用技术等关键科学技术。

从碳替代路径来看，坚持煤炭与清洁能源耦合，这是煤炭行业绿色转型的有效途径。一方面，要构建新型能源体系，打造废弃矿井“抽水蓄能+”多能互补能源子系统，大力发展分布式能源和微电网工程，构建以网架结构为基础，依据能源大数据平台，打造“气油水光”多能互补分布式低碳能源智能电网生态，形成多能互补清洁能源供应格局，从而实现煤炭与新能源深度耦合发展；另一方面，加强储能与电力消纳，基于抽水蓄能、新型储能等多类型储能资源，探索多类型储能协同支撑新能源消纳和电力电量时空平衡，要利用废弃矿井新型储能+生态修复+新能源打造高质量转型新态势，构建废弃矿井的生态修复圈、新能源建设圈、电网服务圈，为煤炭工业降碳提供途径。

从碳封存路径来看，坚持煤电+CCUS，这是煤炭行业绿色转型的关键途径。一方面，要积极探索“煤电+CCUS”试点示范，加大CCUS领域产学研协同，依托示范项目，掌握煤电加装CCUS运行机理，要重视提升碳捕集能力，煤炭工业相关行业要加大碳捕集技术的研发，努力降低成本，取得技术、经济和环保的综合效益；另一方面，大力发展二氧化碳驱替煤层气技术，开展不同情景下二氧化碳驱替瓦斯增产煤层气数学模拟及实践试验研究，研制二氧化碳高效驱替煤层气抽采装置，实施枯竭煤炭田地质封存二氧化碳，提升植被固碳能力，促进非稳定性碳向土壤稳定性碳库转移，提高土壤碳储存能力，降低生态系统碳排放。

从碳循环路径来看，坚持矿山绿色生态修复，这是煤炭行业绿色转型的直接途径。重点发展煤系CO<sub>2</sub>地质驱汇、CO<sub>2</sub>矿化固定与采空区充填封存等技术。

**中国能源报：**煤炭行业如何实现高质量发展？

**袁亮：**全力做好煤炭安全稳定供应。加强煤炭资源保护，提高资源采出率。加大煤炭资源勘探与评价工作力度，增加煤炭资源储备，为资源枯竭矿区产能转移和矿井接续提供基础。深入研究我国大型煤炭基地的资源条件、开发潜力、区位优势等，科学确定大型煤炭基地开发节奏、规模和定位，建设一批安全高效智能化煤矿。

积极探索煤炭“双碳”目标发展路径。开展“双碳”目标下煤炭领域重大问题研究和顶层设计，正确认识和准确把握我国实现碳达峰碳中和目标、时间节点和实践路径，算清煤炭供需“大账”，明确煤炭资源开发节奏，健全完善促进煤炭产业健康发展的政策措施。转变发展理念和发展方式，加快推进煤炭产业由规模速度型向质量效益型转变。深入开展煤炭与新能源、可再生能源协同耦合发展的新模式研究，推动煤炭和新能源优化组合。深入研究煤炭开发利用全产业链的碳排放规律，提出煤炭开发利用环节碳减排政策措施，健全完善减排降碳的激励约束机制，促进煤炭全生命周期绿色低碳循环发展。

着力提升科技创新支撑能力。健全科技创新体系，完善研发投入机制，推进高水平煤炭科技创新平台建设，构建煤炭领域新型标准体系，支持创新技术成果转化，推动煤炭产业链供应链科技自立自强。以煤炭安全绿色智能化开采和清洁高效低碳集约化利用为主要攻关方向，加强基础理论研究和关键核心技术突破，加强核心装备自主研发，推动重大工程示范建设。鼓励开展CCUS等先进技术研发。集聚打造一批高素质人才队伍和高水平创新团队。

纵深推进煤炭产业优化升级。推动不同类型煤矿立足自身实际开展智能化改造升级，实现煤矿减人保安、提质增效；开展智能化煤矿数据治理、治理、利用等研究，培育数据要素市场，推动煤炭数据资产化和产业化。引导煤炭企业把握数字经济发展机遇，深化新一代信息技术与传统煤炭产业融合发展，加快数字化改造，以数字化变革催生新发展动能。

加快推动煤炭清洁高效开发利用。全面打好煤炭清洁高效利用攻坚战，建立国家煤炭清洁生产和高效利用协调机制，开展煤炭清洁高效利用基础理论和关键技术攻关，推动煤炭清洁高效利用示范工程建设，促进煤炭消费升级。支持煤炭深度加工、对路消费和高效利用，加大散煤综合治理力度，多途径提高煤炭利用和转化效率。推动煤炭由燃料向原料转化，有序推进现代煤化工产业发展，推动煤炭转化向高端高固碳产品发展，大力发展煤基特种燃料、煤基生物可降解材料等，建立低碳循环的现代煤化工产业体系，促进煤炭由传统能源向清洁能源战略转型。

**中国能源报：**煤炭行业应如何落实新质生产力，推动煤炭行业高水平科技自立自强？

**袁亮：**新质生产力是以科技创新为主的生产力，是摆脱了传统增长路径、符合高质量发展要求的生产力，是数字时代更具融合性、更体现新内涵的生产力。

# 加快绿色低碳技术攻关，推动煤炭产业优化升级

访中国工程院院士、安徽理工大学党委副书记、校长袁亮

本报记者 渠沛然

●推动煤炭行业高水平科技自立自强，首先要深入实施创新驱动发展战略，强化煤炭行业科技创新的主体地位。

●推进废弃矿井多能系统性、规模化、安全高效开发利用，不仅为我国新能源消纳提供广阔空间，大幅度提高新能源电力的占比，还可有效减少煤矿关井之后对生态、生产、生活带来的影响，产生巨大的经济效益、社会效益和环境效益。

●部分矿井智能化建设中存在着重平台建设，轻问题导向；重装备升级，轻数字底座；重系统升级，轻流程再造；重智能验收，轻常态运行的问题。

●保障煤矿安全生产需做到“三投入”“两改变”“一加强”。

具体到煤炭行业，可通过科技创新在智能矿山、低碳矿山、绿色生态矿山建设、煤炭与新能源耦合发展、煤炭清洁高效利用等方面支撑新质生产力发展。以解决煤炭产业“卡脖子”技术为突破口，加强原创性科技攻关，着力推动解决重大科学问题和关键技术攻坚与突破，以前瞻性、创新性科研成果推动产品质量高端化、生产过程集约化、生产效益最大化。推动传统产业转型升级，战略产业向高端迈进、新兴产业集群发展和科学布局未来产业。

推动煤炭行业高水平科技自立自强，首先要深入实施创新驱动发展战略，强化煤炭行业科技创新的主体地位。要加大对煤炭行业科技创新的支持力度，建立健全煤炭科技创新体系，引导企业加大研发投入，加强产学研用深度融合，推动煤炭行业技术创新、产品创新、模式创新。

其次，要加强人才培养和引进，为煤炭行业科技自立自强提供有力支撑。要深化教育改革，优化人才培养结构，加强煤炭行业人才队伍建设。同时，要积极引进高层次人才和急需紧缺人才，完善人才激励机制，为煤炭行业科技创新提供强有力的人才保障。

再次，要加强产业链协同合作，推动煤炭行业上下游企业共同发展。要建立健全产业链协同机制，促进资源要素共享、优势互补、风险共担，形成合力推动煤炭行业科技自立自强。

最后，要加强国际合作与交流，积极参与国际竞争与合作，加强国际交流与合作平台建设，推动煤炭行业国际化发展。同时，积极参与国际标准和规则的制定，提升煤炭行业的国际话语权和影响力。

**中国能源报：**如何解决煤层气开发面临的问题？

**袁亮：**煤层气作为煤炭资源的重要伴生物，主要成分是甲烷。据自然资源部2022年统计数据，我国埋深2000米以浅的煤层气地质资源量约为30.05万亿立方米，可采资源量约为12.5万亿立方米。目前，我国煤层气勘探开发面临的问题主要有：一是深部低渗煤层抽采难度大，制约了深部煤层气安全高效开发。二是低浓度抽采瓦斯占比大，利用率低，甲烷管控与减排难度大。

对于解决对策，一是积极推动深部煤层气安全高效开发，实现高水平科技自立自强。支持在深部煤层气安全高效开发领域具有领先创新能力的国家级科研平台，开展基础研究，打造国家战略科技力量。发挥国家部门作为重大科技创新组织者的作用，布局深部煤层气安全高效开发科研项目，破解深部煤层气安全高效开发领域重大科技难题。

二是加强煤矿甲烷管控的科技支撑，促进煤炭行业高质量发展。支持完善我国煤矿甲烷排放监测、报告与核查标准体系，加大支持煤矿甲烷管控关键技术攻关，加强煤矿甲烷管控领域国际合作，制定科学合理的煤矿甲烷管控目标和路径，加强财政补

贴、税收减免等政策引导。

三是继续加强顶层设计，进一步完善深部煤层气高效开发和甲烷管控制度机制。由国家部门牵头，完善法律、法规体系，建立综合协调管理机制，明确企业主体地位，鼓励支持建成一批国家级示范工程或矿井。鼓励支持高校、科研院所等教科研机构开展基础理论及技术研究、培育和建设一流学科、培养领军人才和创新团队，构建政府、企业、高校、科研院所形成“政-产-学-研-用”创新模式。

**中国能源报：**应如何开发废弃矿山的绿色资源？

**袁亮：**据不完全统计，目前我国废弃矿山达1.2万处。虽然采矿活动停止了，但仍蕴藏资源丰富，据粗略估计现有废弃矿山中赋存的煤炭资源量高达420亿吨，非常规天然气近5000亿立方米，地下空间资源超156亿立方米，采煤沉陷区面积超过6万平方公里，新型清洁能源供储潜力巨大。

此外，废弃矿山在新能源开发方面有独特优势。例如，矿山地形复杂，往往风力资源丰富，适合建设风力发电设施；矿山顶部平坦且开阔，光照充足，适合安装太阳能电池板；矿山地下还可能存有丰富的地热能资源，可用于供暖或发电。这些优势使得废弃矿山成为构建新型能源体系的理想选择。推进废弃矿井多能系统性、规模化、安全高效开发利用，不仅为我国新能源消纳提供广阔空间，大幅度提高新能源电力的占比，还可有效减少煤矿关井之后

对生态、生产、生活带来的影响，产生巨大的经济效益、社会效益和环境效益；而且可以激活废弃矿井天然清洁能源主体潜力，为国家提供清洁能源，推进能源行业高质量发展。

然而，废弃矿井多能互补低碳绿色开发利用涉及多学科交叉领域，内容错综复杂，利用废弃矿山构建“多能互补”新型能源体系时，需要解决诸多科学问题，如数字工程地质、多场时空耦合演化、功能地层空间维稳、风险超前精准预警、智能应急抢险救援等方面均面临挑战。

首先，从政策上，要建立健全政府主导、企业主体、社会参与的废弃矿山绿色资源治理体制机制。要将废弃矿山绿色资源开发利用作为“新型能源体系”建设的重要内容，支撑“源网荷储”系统建设，鼓励支持企业修复和开发利用废弃矿山资源，并建立废弃矿山能源资源综合协调管理机构。可将废弃矿山资源化利用纳入地方政府绿色GDP核算体系，创新废弃矿山绿色资源开发利用数据收集监测技术与管理机制，统一数据统计口径，推动数据互联互通，建设能源大数据平台。

其次，从经济上，要引入政府与社会资本合作模式盘活废弃矿山绿色存量。加大财政补贴、减免税、专项基金等政策支持废弃矿山绿色资源开发利用力度。实施废弃矿山生态补偿机制，设立“恢复（治理）基金”支持废弃矿山修复。探索碳市场等“定价机制”，引导社会资本投入，促进绿色产业与金融资本有机结合，推动废弃矿山由“碳源”向“碳汇”转变。

再次，从技术上要加快废弃矿井多能互补体系科学研究，深入开展低浓度瓦斯抽采利用、新能源综合利用、新型综合储能、煤基多源固废利用、分布式智能电网、数字孪生全息联动等多领域原创性的基础研究、共性技术与装备攻关。破解高效生产、多能转化、减固碳关键核心技术，优化工艺技术，实现能源生产端透明化、智能化、减碳、低碳化，能源转化端电气化、氢能化、材料化、势能化、固碳端环保化、安全化、资源化、功能化，支撑净零碳数字能源供给工业。

最后，从人才培养上，推进国家级科研平台建设，强化学科专业交叉融合，依托高能级平台，培育废弃矿山绿色资源开发领域的领军科研人才，支持区域高校开展相关领域高峰学科建设和创新人才培养，打造行业所需的复合型人才队伍。

**中国能源报：**煤炭高效清洁利用有哪些突破？煤化工新项目进展和前景如何？

**袁亮：**我国现代煤化工产业具有全球领先的产业发展基础和技术优势。经过20多年的努力，我国现代煤化工无论产业规模、关键技术还是核心装备自主化都实现了重大突破。我国现代煤化工形成了包括煤制气、煤制油和煤制化工品的现代煤化工技

术体系，先后掌握了百万吨级煤直接液化、60万吨级煤制烯烃、40亿m<sup>3</sup>级煤制气、400万吨级煤炭间接液化、千万吨级煤炭分质利用、40万吨级煤制乙二醇、10万吨级煤化工CO<sub>2</sub>捕集与封存等系列技术，奠定了我国在全球煤化工产业的领先地位。

大型煤气化技术、高温费托合成技术、煤制烯烃、煤制芳烃、低温费托合成、煤制乙二醇、煤油共炼技术等均处于国际领先水平。国际首创了煤直接液化、粉煤中低温热解等技术。逐步形成了宁东能源化工基地、鄂尔多斯能源化工基地、榆林国家级能源化工基地等多个现代煤化工产业集聚区，部分化工基地已实现与石化、电力等产业多联产发展，产业园区化、基地化发展的优势初显。

现代煤化工是我国的独特优势，积累了工程化和产业化的重要经验，更为国家能源安全提供了技术储备和战略保障，因此促进现代煤化工绿色持续高质量发展意义重大。下一步应合理把握煤化工产业发展规模，不断提升发展质量，推动产业向高端化、多元化、低碳化发展。实施重大技术装备攻关工程，加快产业化技术优化升级，推进原始创新和集成创新。加快高性能复合新型催化剂、合成气一步法制烯烃等技术创新，实现煤制芳烃领域重大技术突破；加快煤基新材料、先进碳材料、可降解材料等高端产品生产技术的开发应用。因地制宜推进煤炭绿色开采技术，开展煤炭原位气化开采技术研究及示范。推动现代煤化工与可再生能源、绿氢、CCUS技术的耦合创新发展。推动现代煤化工装备数字化建设，实施一批智慧生产典型示范工程。

**中国能源报：**煤矿智能化建设还面临哪些问题？

**袁亮：**这几年，煤矿智能化建设投资规模已达2000多亿元，建成智能化采掘工作面1300余处，智能化矿井700余处，实现产能每年达21亿吨。但煤矿智能化建设仍处于示范培育阶段，部分矿井智能化建设中存在着重平台建设，轻问题导向；重装备升级，轻数字底座；重系统升级，轻流程再造；重智能验收，轻常态运行的问题。

煤矿数字化升级是智能化的高级阶段，是实现智能化常态化运行和煤炭安全精准开采的技术支撑。推动不同类型煤矿立足自身实际开展智能化改造升级，实现煤矿减人保安、提质增效；开展智能化煤矿数据治理、治理、利用等研究，培育数据要素市场，推动煤炭数据资产化和产业化。引导煤炭企业把握数字经济机遇，深化新一代信息技术与传统煤炭产业融合，加快数字化改造，以数字化变革催生新发展动能。

数字化转型的关键是理念变革，成功的标准是实现行业流程再造。成功的煤矿数字化转型一定是流程更简单、系统更优化、管理更高效、操作更便捷、安全更可靠。

**中国能源报：**煤矿安全生产尤为重要，如何进一步保障煤矿的安全生产？

**袁亮：**我国煤矿安全生产形势总体向好，但随着煤炭开采深度逐渐延深，地质条件越来越复杂，开采强度加大，煤矿安全生产形势依然严峻，要绷紧安全生产这根弦。应坚持安全第一、预防为主、综合治理方针，狠抓安全生产主体责任落实，强化现场安全管理，加大安全生产投入，深入开展安全生产科技攻关，成果转化和推广应用，加强煤矿瓦斯、水、火、冲击地压、顶板等重大灾害超前治理，扎实推进安全高效矿井建设，加快煤矿安全改造升级，坚决淘汰退出不具备安全生产条件的产能，加快信息技术与安全生产深度融合，以机械化生产替换人工作业，以自动化控制减少人为操作，改善安全基础设施条件，提升煤矿安全生产治理能力和煤机装备现代化水平。

保障煤矿安全生产需做到“三投入”“两改变”“一加强”。

“三投入”：一是继续加大煤矿安全科技投入，对煤矿安全面临的共性科学问题和技术难题，需要加大科技攻关投入，系统性解决问题；二是加大煤矿安全教育投入，包括煤矿安全从业人员的培训教育，煤矿安全学校和职业教育的投入需增强；三是加大煤矿安全基本建设投入，提高煤矿安全硬件水平。

“两改变”：一是改变对煤矿安全生产的认识，将“零死亡”作为煤矿安全生产的理念和目标，树立新的煤矿安全生产观念，确保每一位矿工的生命安全；二是改变行业监管与服务脱节的现状，在进行行业监管的同时，更要对煤矿安全提供安全技术服务和指导，从监管和技术两个层面共同保障煤矿安全生产。

“一加强”是指要加强社会监督，鼓励社会公众、媒体和第三方机构参与到煤矿安全生产的监管中，形成政府、企业和社会多方参与的监督体系。

要积极推动深部煤炭安全开采高水平科技自立自强。支持在深部煤炭安全开采领域具有领先创新能力的国家级科研平台，开展多场耦合致灾机理、煤与瓦斯共采理论、瓦斯动力灾害防治、深地原位实验等基础研究，打造深部煤炭安全开采国家战略科技力量。发挥国家作为重大科技创新组织者的作用，开展有组织地科研。以率先进入深部开采、灾害特征显著的中东部典型矿区为切入点，布局深部煤炭安全开采与矿区生态环境保护国家重大专项、重点研发计划、重大科研仪器研制、自然科学基金等重点项目，支撑国家实验室煤炭深部开采领域体系建设。