

# 煤炭行业高质量发展研究

康红普<sup>1</sup>, 王国法<sup>1</sup>, 王双明<sup>2</sup>, 刘见中<sup>1</sup>, 任世华<sup>3</sup>, 陈佩佩<sup>1</sup>,  
秦容军<sup>4</sup>, 庞义辉<sup>1</sup>, 曲洋<sup>4</sup>

(1. 中国煤炭科工集团有限公司, 北京 100013; 2. 陕西省地质调查院, 西安 710054; 3. 煤炭科学技术研究院有限公司, 北京 100013; 4. 煤炭工业规划设计研究院有限公司, 北京 100011)

**摘要:** 我国已进入高质量发展的新阶段, 随着碳达峰、碳中和目标的提出, 应加速构建绿色低碳循环的能源新发展格局。煤炭作为我国的基础能源类型, 为经济平稳运行提供了坚实保障, 但煤炭行业在效率、技术、市场、安全、环境等方面的发展不平衡不充分问题, 已不再适应能源高质量发展、积极应对气候变化的新要求。本文系统分析了煤炭行业发展面临的 3 个不平衡、6 个不充分问题, 结合新形势下能源发展的新要求, 界定了煤炭行业高质量发展内涵; 从动力变革、质量变革、效率变革 3 个方面着手, 构建了包含创新驱动、智能高效、多元经济、安全健康、绿色低碳 5 个维度共 23 个指标的三级评价指标体系, 并应用 GRA-TOPSIS 综合评价法对煤炭行业发展水平进行了评价。研究提出了煤炭行业高质量发展的重点任务: 创新驱动的绿色智能发展体系, 协同融合的绿色低碳发展体系, 竞争有序的市场体系, 合作共赢的全面开放体系, 高素质的人才队伍体系; 从顶层制度安排、推进煤炭行业碳减排、提升煤炭产需平衡能力等方面给出了发展建议。

**关键词:** 煤炭行业; 高质量发展; 行业评价; 绿色低碳循环

**中图分类号:** F426.21 **文献标识码:** A

## High-Quality Development of China's Coal Industry

Kang Hongpu<sup>1</sup>, Wang Guofa<sup>1</sup>, Wang Shuangming<sup>2</sup>, Liu Jianzhong<sup>1</sup>, Ren Shihua<sup>3</sup>,  
Chen Peipei<sup>1</sup>, Qin Rongjun<sup>4</sup>, Pang Yihui<sup>1</sup>, Qu Yang<sup>4</sup>

(1. China Coal Technology & Engineering Group, Beijing 100013, China; 2. Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an 710054, China; 3. CCTEG China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 4. CCTEG Coal Industry Planning Institute, Beijing 100011, China)

**Abstract:** As China develops toward a high-quality stage and the carbon peak and carbon neutral targets are proposed, a new green and low-carbon development pattern is urgently required. Coal is the primary energy of China and it provides a solid guarantee for the stable operation of the economy; however, the coal industry in China is unbalanced and insufficient in terms of efficiency, technology, market, safety, environment, and other aspects and it can no longer satisfy the new requirements for high-quality energy development and active response to climate change. In this article, we analyze the three imbalances and six insufficiencies that coal industry development faces, and define high-quality development of the coal industry considering the new requirements of energy development.

**收稿日期:** 2021-04-26; **修回日期:** 2021-06-28

**通讯作者:** 秦容军, 煤炭工业规划设计研究院有限公司副研究员, 研究方向为煤炭市场、技术评价、煤炭行业两化融合;  
E-mail: ccqiqin@163.com

**资助项目:** 中国工程院咨询项目“我国煤炭行业高质量绿色智能发展战略研究”(2019-XZ-14)

**本刊网址:** www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

Subsequently, we establish a three-level evaluation index system from three aspects of power, quality, and efficiency reforms. The system is also comprised of five dimensions—innovation-driven, intelligence and high efficiency, diversification and economy, safety and health, green and low carbon—and 23 indexes. Moreover, we evaluate the development level of the coal industry in China using the comprehensive evaluation method of GRA-TOPSIS. The development of an innovation-driven green and intelligent development system, a collaborative and integrated green and low-carbon development system, a market system with orderly competition, a comprehensive open system with win-win cooperation, and a high-quality talent team system has become the key task for the high-quality development of the coal industry. Furthermore, we propose suggestions from the aspects of top-level institutional arrangement, carbon reduction in coal industry, and coal production and demand balance.

**Keywords:** coal industry; high-quality development; industry evaluation; green, low-carbon, and circular

## 一、前言

长期以来,我国经济社会发展对煤炭的需求保持增长态势,煤炭行业快速发展。2020年,我国一次能源生产总量为 $4.08 \times 10^9$  tce,其中原煤产量高达 $3.9 \times 10^9$  t,同比增长1.3%;能源消费总量为 $4.98 \times 10^9$  tce,其中煤炭消费占比为56.8% [1]。当前,我国已进入高质量发展的新阶段,着力形成绿色生产生活方式,力争2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和。煤炭行业面临的主要问题发生重大变化,由过去的“扩能保供,满足居民用煤”转变为新形势下的“高质量地开发利用煤炭,满足居民美好生活需求”。煤炭行业发展不平衡、不充分问题日益突出 [2],粗放式发展模式已不能适应新时代要求 [3~7]。因此,煤炭行业需要加快转变开发利用方式,深入研究高质量发展的具体路径。

国内行业机构与专家学者就煤炭行业高质量发展开展了积极研究。例如,通过技术创新、要素优化配置,以更低的社会成本来满足经济社会发展对煤炭的需要 [8];煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑,代表着煤炭先进生产力的发展方向 [9];主要特征表现为“安全、绿色、高效、可持续、开放、共享” [10]。整体来看,针对这一近期提出的新命题,仍需全面、深入、系统地剖析发展内涵、要素特征、战略路径,从而为科学谋划煤炭行业中长期发展确立理论基础。

本文在深入剖析煤炭行业发展面临问题的基础上,力求准确界定煤炭行业高质量发展内涵;建立和运用相关评价指标体系与方法,进而提出发展目标和重点任务并形成对策建议,以期对煤炭行业高质量发展提供基础借鉴。

## 二、煤炭行业发展问题剖析

### (一) 行业发展的不平衡问题

#### 1. 矿井开采效率和技术水平不平衡

我国煤炭企业的生产效率相差较大,以大型煤矿为主的国有煤炭企业的平均生产效率约为 $2800$  t/(工·年),中煤平朔集团有限公司东露天矿的年均效率( $68\ 000$  t/(工·年)),处于国际领先水平;而小煤矿的生产效率通常只有 $300\sim 500$  t/(工·年),使得我国煤炭行业的整体生产效率与世界采煤发达国家(美国约为 $12\ 000$  t/(工·年),澳大利亚约为 $9000$  t/(工·年))存在明显差距 [11]。我国煤矿生产技术水平的不平衡是主要因素。

近年来,我国煤炭行业加速推进信息化、智能化建设,截至2020年建成了494个智能化采煤工作面,实现了“地面一键启动,井下有人巡视、无人值守” [12]。在大型矿井智能化取得显著进展的同时,绝大多数矿井仍维持原有状态,甚至一些落后矿井的机械化、自动化程度很低(采用炮采、炮掘等落后采煤工艺)。放炮采煤,“有人巡视、无人值守”智能化采煤并存的现象,严重制约了煤炭行业高质量发展的整体进程。

#### 2. 市场结构不平衡

我国煤炭行业市场集中度低,小企业数量众多;偏低的市场集中度易引发过度竞争,市场不规范竞争现象突出,不利于整个煤炭行业的高效可持续发展,动力变革机制薄弱。为了提升煤炭行业的安全生产与技术水平,应朝着规模化、集约化经营方向转变,加快实施煤炭行业重组。例如,2020年我国前8家大型企业的原煤产量为 $1.855 \times 10^9$  t(约占全国的47.6%,见图1),明显低于美国、俄罗

## 煤炭行业高质量发展研究

斯、印度等产煤大国（前 8 家煤炭企业产量占全国的 55%~65%，垄断型产业结构特征较为明显）。

### 3. 煤炭利用清洁化程度与质量水平不平衡

我国煤炭消费领域主要分布在电力、钢铁、建材、化工等行业，也存在一定比例的分散用煤，各类方式的清洁化利用水平存在差异。2019 年，超过 80% 的煤电实现了超低排放，具有绿色高效利用特征；钢铁用煤正在推行超低排放，污染物排放控制水平进一步提高；先进工业锅炉已在建材行业推广应用，燃烧效率超过 80%，污染物排放均符合国家标准，但应用比例仍待提高。散煤通常是灰分、硫分含量较高的劣质煤，燃烧时往往缺少脱硫、脱硝、除尘处理，因直燃直排而污染严重。分散用煤虽然通过“双代”或优质煤+高效炉具的方式进行减压替代，总量持续减少且污染排放降低约 70%（相比 2015 年），但仍是我国当前煤炭消耗污染的主要面源。

## （二）行业发展的不充分问题

### 1. 安全发展不充分

煤炭行业在实施全面安全治理、化解过剩产能等措施之后，落后产能逐步淘汰，重特大生产事故明显减少；全国煤矿百万吨死亡率下降到了 0.059（2020 年，见图 2），实现了煤矿安全形势的根本性好转 [13]。也要注意，煤炭行业工作环境差、从业人员职业健康保障不够等问题依然存在，如煤炭从业人员年死亡率为建筑行业的 2 倍，井下作业的

噪音污染、粉尘污染仍未妥善解决。实现煤炭行业安全发展仍需持续努力。

### 2. 绿色发展不充分

我国自 2010 年起实施绿色矿山建设，部分煤矿区已建成绿色矿区，显著改善了矿区周边的生态环境质量。然而大部分煤矿区还存在较为严重的环境问题，如开采沉陷造成东部平原矿区的土地大面积积水受淹或盐渍化，西部矿区的水土流失与土地荒漠化；煤炭开采过程对水资源的污染加重，进一步加剧了水资源紧缺 [14]。煤炭行业绿色发展水平距离国家要求还有差距。

### 3. 低碳发展不充分

随着碳达峰、碳中和目标的提出，我国应对气候变化各项举措将加快实施。煤炭约占世界碳排放总量的 44%，是主要的碳排放能源；控制煤炭消费总量、提高集约低碳化水平，是今后煤炭行业碳减排的内在要求。目前，我国煤炭消费总量控制取得积极进展，已进入平台期并将加快达峰，但煤炭发电、化工转换过程产生的 CO<sub>2</sub> 仍难以处置，以碳捕集、封存和利用（CCUS）为代表的碳处置技术面临技术经济性问题，短期内难以商业化推广应用；煤炭开发产生甲烷的排放控制水平偏低（2020 年井下瓦斯抽采利用率仅为 44.8%），亟待提升煤矿瓦斯及煤层气的开发利用规模和质量。

### 4. 人力资源发展不充分

目前，煤炭行业人才队伍与高质量发展的内在需求相比仍存在较大差距，主要表现在：从业人员

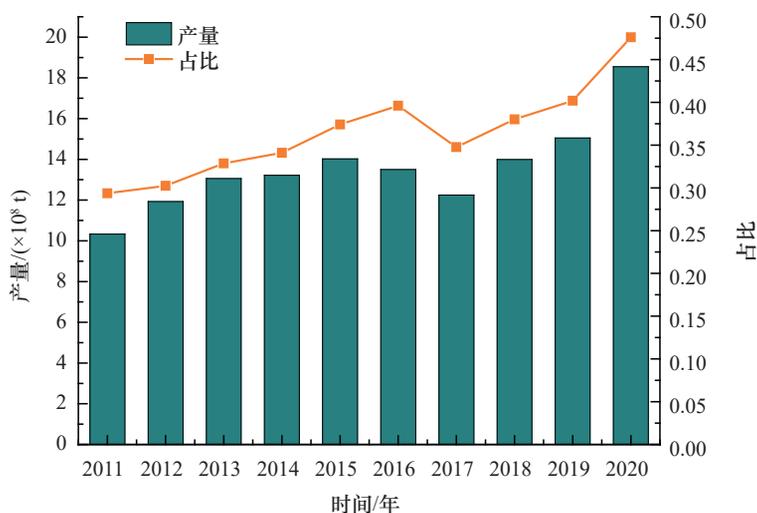


图 1 我国前 8 家煤企原煤生产情况（2011—2020 年）

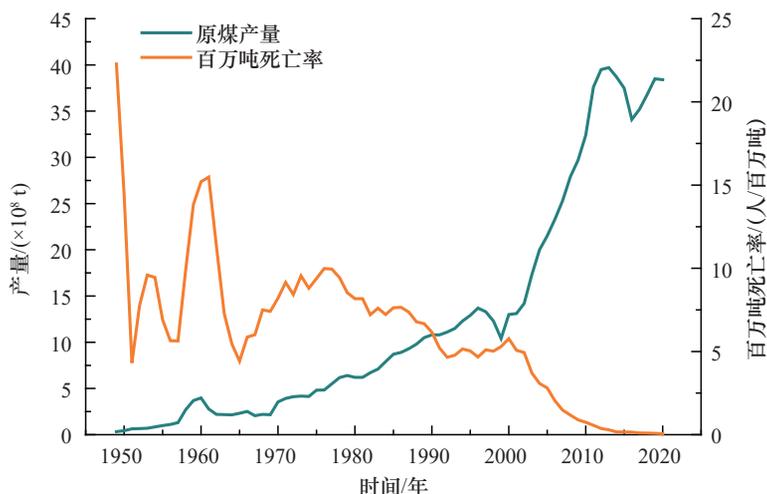


图2 煤炭工业原煤产量与百万吨死亡率的历史演变

数量众多，属于典型的劳动密集型行业；人员老龄化现象严重，后备劳动力不足，加之煤矿工作环境差、待遇低、交通相对闭塞，导致井下一线招工难；高级技术人员短缺，不能适应未来信息化、智能化矿井建设需求。与此同时，高等学校矿业工程生源日趋紧张，科研院所高水平人才流失率较高，煤炭人力资源供需矛盾愈发明显。

#### 5. 对外合作不充分

煤炭行业对外合作以“引进来”居多而“走出去”偏少；以国外企业参与国内市场竞争居多，国内企业全面参与国际市场竞争较少；以煤炭贸易居多，技术、人才、市场、资本等国际合作较少；国内企业境外投资的成功案例不多，跨国投资风险依然较高，统筹利用国际、国内两个市场及资源的能力尚显薄弱。全面提升我国煤炭工业的国际合作质量，提高煤炭行业的国际化水平，已成为必须科学应对和高效化解的重要课题。

#### 6. 企业转型升级不充分

近年来，煤炭企业积极寻求多元化发展道路，部分大型煤炭企业通过与下游产业、新技术新业态的融合发展，初步形成了以煤为基础，煤电、煤化工、煤钢、建材、金融、新能源等相关产业协同发展格局，同步积极开拓海外市场。然而，大多数煤炭企业还是单一的“采煤、卖煤”业务模式，以煤炭外销为主，向高端产业延伸不多，导致企业盈利能力较多依赖煤炭价格，没有形成可持续发展的资源优势和风险防范能力。

### 三、煤炭行业高质量发展的内涵

面向能源绿色发展的新形势、应对气候变化的新要求，结合煤炭行业自身特点及其他能源领域的高质量发展经验，本文将煤炭行业高质量发展的内涵界定为：以安全绿色智能开采、绿色低碳高效利用为主攻方向，通过科技创新来推动煤炭行业与新能源、新技术、新产业的深度融合，不断发展和运用新业态新模式，推进煤炭行业动力变革、质量变革、效率变革；促进煤炭由高碳能源向绿色能源转变，实现煤炭开发利用全过程、全要素的高质量发展。具体来看，应具有“三高三低”基本特征。

高效率指在煤炭生产、运输、消费各环节充分运用先进技术，做到节约高效。先进产能占比大幅提升，全员工效显著改善；煤炭综合物流通道、煤炭现代物流体系基本完善；煤炭利用向发电、转化等大型用户集中，大幅提高燃煤发电效率、化工转化效率，实现煤耗大幅下降。

高安全度指实现从“低死亡”到“零死亡”再到“零伤亡”的阶梯迈进，全面提升煤矿开拓、采掘（剥）、运输、通风、洗选、安全保障、经营管理等过程的智能化水平 [15]。

高水平人才指集聚并锻炼一支适应行业新阶段发展需求、支撑并引领行业进步的高素质人才队伍；包括从事基础研究的科学家群体，从事核心技术、关键技术、共性技术研究的各类工程技

## 煤炭行业高质量发展研究

术人才，熟悉国际市场规则、具有丰富工程经验的经营管理人才。

低损害指煤矿全面实现绿色开采，最大程度降低煤炭开采对生态环境的影响，最大程度减少对空气、土地、水资源的污染和破坏，及时并高质量地恢复生态。

低排放指煤炭开发过程伴生煤层气资源的高效利用（降低瓦斯排放量），大宗固体废物全面实现资源化回用，煤炭燃烧全面实现超低排放，煤的清洁转化实现废水全循环零排放（显著降低碳流失率），开展煤炭开发利用碳处置技术攻关以实现碳减排。

低伤害指最大程度降低对员工的人身伤害，包括改善井下高温、振动、高湿的恶劣工作条件，加强矿工职业卫生教育和培训，提供健康检查、职业病诊疗等防治服务，积极干预防治井下工人心理卫

生，实现职业病病例零新增。

## 四、煤炭行业高质量发展评价

### （一）评价指标体系

以煤炭行业高质量发展的内涵为指引，从动力变革、质量变革、效率变革3个方面着手构建了三级评价指标体系，涵盖创新驱动、智能高效、多元经济、安全健康、绿色低碳5个维度、23个具体指标（见表1）。

### （二）评价模型

在进行综合评价之前，先对各项指标进行定权。客观赋权法的优点是不受人为因素的影响，只由数据分布性质决定；仅依靠客观数据得出的结果有时会偏离实际情况，而主观权重不可避免

表1 煤炭行业高质量发展的评价指标体系

指标类别	一级指标	二级指标	三级指标	指标正负向	
动力变革	创新驱动	研发投入	研发经费占比	(+)	
			国家级研发平台数量	(+)	
			研发人员占比	(+)	
		成果及转化	万人有效发明专利拥有量	(+)	
			行业科技贡献率	(+)	
			智能化水平	(+)	
效率变革	智能高效	智能	全员工效	(+)	
			高效	(+)	
		多元经济	多元	平均单井产量	(+)
				非煤产业占比	(+)
				国际营收占比	(+)
	安全健康	经济	经济	营业收入利润率	(+)
				资产负债率	(适度)
			生产安全	产业集中度	(+)
				百万吨死亡率	(-)
				供应安全	煤炭储备比
质量变革	绿色低碳	绿色	职业病人数	(-)	
			新增职业病发病率	(-)	
			原煤入洗率	(+)	
		低碳	用煤适配度	(+)	
			综合排放水平	(-)	
		绿色矿山率	(+)		
		原煤生产综合能耗	(-)		
		碳减排量	(+)		

地依赖专家打分并受到人为因素的影响；单一赋权法确定的指标权重是片面的，很难综合考虑所有因素。为此，文中首先采用熵权法计算各项指标的客观权重，进而引入主观赋权法，利用专家可信度对相关权重进行修正；据此形成组合赋权过程，即建立与已知主观权重、客观权重之间最小偏差为目标的优化模型，通过模型求解来确定优化的综合权重。

针对多指标的综合评价方法众多，其中灰色关联分析是一种定性分析与定量分析相结合的评价方法，适用于评价指标难以量化和统计的问题；但相应的综合评价具有“相对评价”缺点，所求出的关联度总为正值。因此，本文采用 TOPSIS 方法对灰色关联分析进行修正，构建 GRA-TOPSIS 综合评价法，相应计算过程如图 3 所示。按照衡量评价对象与最优解、最劣解的距离进行排序，弥补了灰色关联分析只考虑正理想方案的缺陷，补偿了单纯采用距离来描述方案差异性的不足。

根据灰色贴近度的取值范围，结合产业发展阶段理论，将煤炭行业高质量发展划分为高水平（[0.9, 1]）、较高水平（[0.8, 0.9]）、中等水平（[0.6,

0.8]）、较低水平（[0.4, 0.6]）、低水平（[0, 0.4]）5 个等级。

### （三）评价应用

选取 2011—2019 年煤炭行业数据进行高质量发展评价，相关数据来源于国家统计局、统计年鉴、Wind 数据库等。采用 GRA-TOPSIS 综合评价模型，将标准化的数据代入模型进行测算，获得煤炭行业的发展水平评价结果（见图 4、图 5）。2011—2019 年，煤炭行业发展水平整体处于 0.4~0.7 并逐年稳步提升；2019 年行业发展得分为 0.6776，正处于中上水平的起步阶段，距离高水平阶段还有较大差距。

对于 5 个子系统，可以看出创新驱动、智能高效、安全健康、清洁绿色等指标呈现波动上升的趋势。其中，清洁绿色指标变化最快，这表明近年来煤炭行业在绿色开采、污染物排放控制等方面采取了有效措施，清洁化、绿色化水平明显提升；智能高效、多元经济仍是煤炭行业发展的短板。在下一阶段，应“补短板、强弱项”，快速提升煤炭行业特定方向的发展水平，进而改善整个行业的发展质量水平。

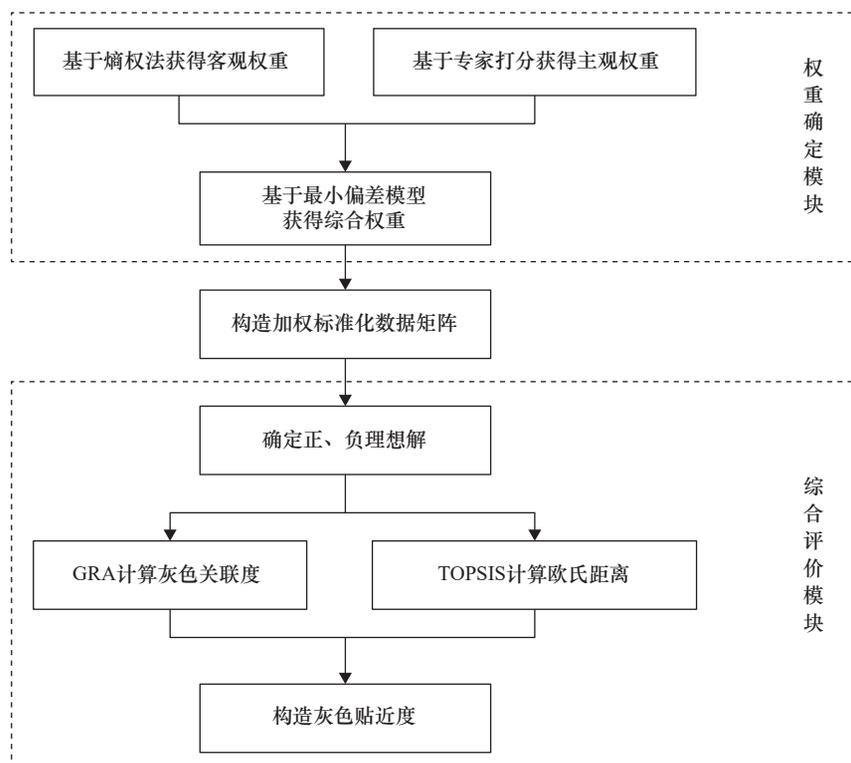


图 3 GRA-TOPSIS 综合评价过程

## 煤炭行业高质量发展研究

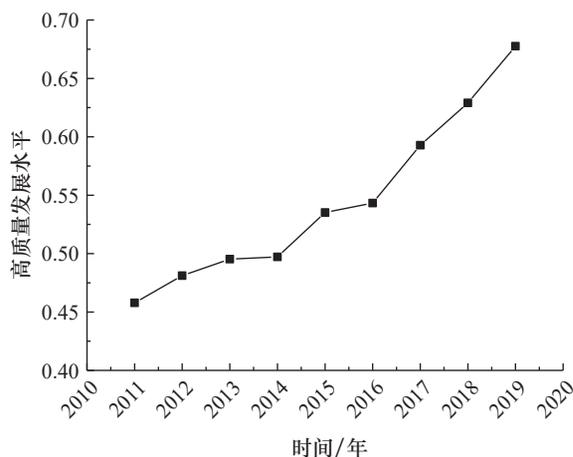


图4 煤炭行业高质量发展水平情况

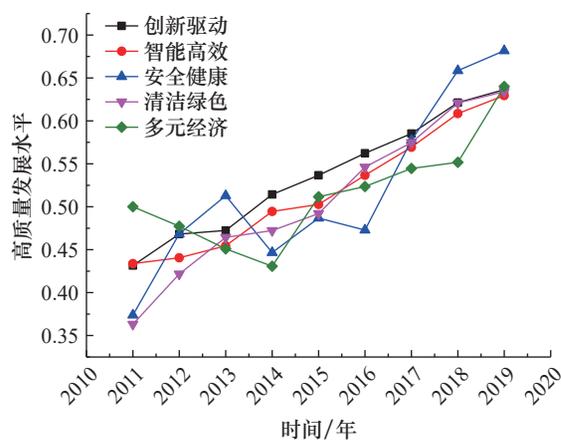


图5 煤炭行业高质量子系统发展水平情况

## 五、煤炭行业高质量发展的重点任务

煤炭行业高质量发展不是一蹴而就的，而应依托现有的基础和条件循序渐进，可按“阶段突破—重大突破”实施“两步走”战略。在“阶段突破”时期，拓展应用安全绿色智能化开采技术，进一步提高煤炭利用全过程的绿色低碳水平，为朝向高端、低碳产业转型赢得时间。在“重大突破”时期，在全国范围内全面应用智能化开采，通过技术变革使煤炭成为环境零损害、气候零负荷的绿色能源。

### （一）建设创新驱动的绿色智能发展体系

建立煤炭全生命周期的绿色发展理念。树立先进环保的绿色勘查、近零损害的绿色开采、节能低碳的绿色利用等理念，最大程度地减少煤炭生产对生态环境的损害，使煤炭资源得到高效充分利用。

形成完整的绿色勘查和绿色矿山建设技术标准体系，促进新技术、新工艺、新材料的推广应用；打造绿色开发与治理技术体系 [16]，实现绿色开采、建设生态矿山，保持绿色煤炭长效发展。

以智能化煤矿建设为行业发展的总体引领，攻关智慧煤矿关键核心技术，开创绿色、安全、智能、高效的煤矿发展新模式。健全智慧煤矿配套措施，完善智慧煤矿和智能开采的技术标准、运行管理规范、安全规程体系，推行一体化解决方案、系统维护云端服务、专业队伍市场化服务等 [17]。

### （二）建设协同融合的绿色低碳发展体系

提升煤炭利用全过程的绿色化水平，规范煤炭提质加工行业清洁生产、污染物排放、产品质量等标准，分类细化中小型煤炭加工企业的清洁生产指导目录，实现按类别的精准管理 [18]。发展煤炭清洁利用先进技术体系，提升煤炭行业生产的节能水平，健全节能监察、节能审查、节能配套等制度。

通过技术进步改善 CCUS 应用的经济性，持续降低“电、化、冶、建”等主要消费端的碳排放总量。探索建立适用不同区域煤层气开发利用的技术、工艺、装备体系，大幅提升煤层气抽采利用的规模、效率、质量，降低碳排放量 [18]。立足煤矿生产的过程特点和所在区位，推进煤炭与可再生能源生产的深度结合。

### （三）建设产需协同的煤炭供应体系

充分利用信息技术，实现煤炭供应与用户需求的精准对接，根据用户需求实行订单式生产，提升煤炭按需供应能力。完善煤炭质量精准管理机制，针对不同的技术和设备用煤规格提供定制化产品，优化煤炭供应侧与用户侧的对接模式。

建设高效、智能的“柔性煤矿”，合理降低人工使用强度，建立煤炭产量快速调节能力，增强煤炭供应灵活性与市场应变能力。持续优化煤炭行业的产业结构，发展亿吨级大型煤炭骨干企业和企业集团，将大集团建设作为行业产业组织改革的重要举措。鼓励组建跨地区、跨行业的大型煤炭企业集团，以产业集中度提升来推动行业快速变革。

### （四）建设合作共赢的全面开放体系

引进国际先进的技术装备和管理方法，提高煤

炭工业的整体生产力水平。参与国际煤炭资源开发与贸易,加快“走出去”步伐;拓展国际煤炭产业合作的广度和深度,构建投资、生产、贸易、运营等多元网络化的合作体系。

紧扣“一带一路”沿线国家和地区的煤炭工业发展需求,推动煤炭国际合作深入发展。依托现有的能源国际合作机制,高效推动与其他国家或地区建立稳定的煤炭合作伙伴关系。在国际上倡导煤炭安全绿色开发、清洁高效利用,努力成为世界煤炭行业清洁转型引领者。因地制宜开展国际合作,根据国别市场区别建立差异化、高效率的合作模式。

### (五) 建设高素质的人才队伍

适时调整煤炭院校的学科与专业设置,优化学科和专业体系布局。加快新兴交叉学科建设,通过专业改造等方式设置煤炭工业当前及未来所需“采矿+信息技术”“采矿+环境保护”等复合型专业。推动涉煤研究生培养模式改革,适度扩大在重要基础研究、重点科研攻关方向、重大工程技术领域的研究生教育规模,保持培育人才与行业需求的契合度。

建设国家级示范性煤炭高技能人才培养基地,实施煤炭行业高技能人才培养计划、煤炭产业调整与振兴计划、国家中长期煤炭科技发展规划,保持与重大工程项目组织实施的密切结合,使得煤炭行业高技能人才培养与项目建设发展同步。

## 六、对策建议

### (一) 推进煤炭行业碳减排,实现高碳能源低碳利用

建立和完善煤炭开发利用的碳排放计量与减排制度体系。发展煤炭开发利用全过程的碳排放计量方法、排放数据库,摸清碳排放底数与个体差异,制定相关环节的碳排放标准,引导涉煤企业主动推进碳减排。实施煤炭开发利用全过程的碳减排技术攻关,形成物理、化学、生物“三位一体”碳减排研发体系;将废弃煤矿地下空间碳封存、CO<sub>2</sub>矿化发电、CO<sub>2</sub>制化工产品、与矿区生态环保深度融合的碳吸收等新型用碳、固碳、吸碳技术列入国家级科技发展规划中的优先支持方向。落实低碳排放行

动,发布低碳排放激励措施,驱动煤矿(区)、用煤企业发挥自身优势来显著减少碳排放。

### (二) 提升煤炭产需平衡能力,灵活应对突发需求

煤炭企业积极运用大数据、人工智能、区块链等信息技术手段,升级企业生产管理系统,适应煤炭订单式生产需求。建立疫情、国际能源合作等突发事件应对机制,成立跨部门、跨区域动态联动组织;针对可能面临的突发需求,完善多元化的煤炭进口渠道与市场运作模式,常态化开展煤炭清洁转化战略储备部署与建设。建设“柔性煤矿”并形成示范效应,快速调节煤炭产量,增强煤炭供应的灵活性和市场应变能力。

### (三) 将煤炭与其他能源深度结合,形成耦合发展新模式

加强煤炭与石油、天然气的深度结合,支持煤炭与太阳能、风能、水能、生物能等新能源、可再生能源的耦合发展,发展煤炭清洁高效利用新模式,提升能源利用质量。建议在国家能源战略中,纳入新能源与煤炭、石油、天然气等化石能源的耦合利用机制,研究制定促进煤炭与新能源耦合利用的财政、税费、金融等支持方式。积极开展煤炭与风能、太阳能、生物质等新能源耦合发电、耦合燃烧、耦合化学转化的技术研发与工程示范。

### (四) 实施煤炭开发利用节能提效,显著降低煤炭消耗

在煤炭开发环节,合理限制煤矿超设计产能配置装备和能力,规避“大马拉小车”现象;倡导煤矿利用变频等节能降耗技术装备,降低生产过程的能耗;充分利用矿井水、回风等余热资源,减少煤矿燃煤消耗;推进煤矿瓦斯抽采与利用,发展废弃矿井和煤炭开采过程中甲烷收集与高效利用技术,减少甲烷直接排空。在煤炭加工和流通环节,建立精准适配的产品质量分级标准,高效对接煤炭供应与市场需求,显著改善煤炭质量与用煤设备的适配度。在煤炭利用环节,优化煤炭消费结构,减少低效分散燃煤使用;建设超高参数的高效燃煤发电机组、适应大规模可再生能源接入的宽负荷燃煤发电系统,适应复杂工况条件下的高效用能要求。

### (五) 合理提升煤炭生产集中度, 落实落后产能退出及煤矿关闭机制

鼓励通过兼并、重组以优化煤炭生产布局, 淘汰难以实现安全、高效、绿色的落后产能, 保持煤炭生产集中度的合理提升。制定煤矿关闭退出常态化的管理政策, 推动煤矿由政策性关闭转向市场化关闭, 保障从业人员再就业以实现从业人员顺利退出。建立煤矿关闭考核评估标准与办法并加强监督考核, 要求煤矿在建设阶段就明确未来的关闭/退出计划。谋划建立国家和地方的煤矿关闭专项基金, 定向用于煤炭关闭后的生态恢复、设施拆除等。

#### 参考文献

- [1] 国家统计局. 中国能源统计年鉴2020 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.  
National Bureau of Statistics. China energy statistical yearbook 2020 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2021.
- [2] 朱妍. 中国工程院院士康红普: “十四五”煤炭消费需多少产多少 [N]. 中国能源报, 2019-12-16(16).  
Zhu Y. Kang Hongpu, an academician of the Chinese Academy of Engineering: Coal production during the 14th Five-year Plan would be as much as needed [N]. China Energy News, 2019-12-16(16).
- [3] 王社教. 高质量发展阶段煤炭企业企业文化建设思考与实践 [J]. 中国煤炭工业, 2018 (7): 50-52.  
Wang S J. Thinking and practice on the construction of coal enterprise culture in high quality development stage [J]. China Coal Industry, 2018 (7): 50-52.
- [4] 袁亮. 我国煤炭工业高质量发展面临的挑战与对策 [J]. 中国煤炭, 2020, 46(1): 6-12.  
Yuan L. Challenges and countermeasures for high quality development of China's coal industry [J]. China Coal, 2020, 46(1): 6-12.
- [5] 张博, 孙旭东, 刘颖, 等. 能源新技术新兴产业发展动态与2035战略对策 [J]. 中国工程科学, 2020, 22(2): 38-46.  
Zhang B, Sun X D, Liu Y, et al. Development trends and strategic countermeasures of China's emerging energy technology industry toward 2035 [J]. Strategic Study of CAE, 2020, 22(2): 38-46.
- [6] 杨平宇, 刘昊. 构建绿色发展经济体系 推进高质量发展 [J]. 经济研究参考, 2019 (10): 59-70.  
Yang P Y, Liu H. Building a green economic system and promoting high-quality development [J]. Review of Economic Research, 2019 (10): 59-70.
- [7] 王晓慧. 中国经济高质量发展研究 [D]. 长春: 吉林大学(博士学位论文), 2019.  
Wang X H. Research on the high-quality development of China's economy [D]. Changchun: Jilin University(Doctoral dissertation), 2019.
- [8] 康红普. “十四五”迎变局, 煤炭路在何方 [N]. 中国煤炭报, 2020-01-14(02).  
Kang H P. 14th Five-year Plan to greet the change, where is the coal road [N]. China Coal News, 2020-01-14(02).
- [9] 王国法, 刘峰, 庞义辉, 等. 煤矿智能化——煤炭工业高质量发展的核心技术支撑 [J]. 煤炭学报, 2019, 44(2): 349-357.  
Wang G F, Liu F, Pang Y H, et al. Coal mine intellectualization: The core technology of high quality development [J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(2): 349-357.
- [10] 王旭东. 我国煤炭行业高质量发展指标体系及基本路径研究 [J]. 中国煤炭, 2020, 46(2): 22-27.  
Wang X D. Study on high quality development index system and basic path of coal industry in China [J]. China Coal, 2020, 46(2): 22-27.
- [11] 陈茜, 任世华. 消费平台期煤炭行业发展的国际经验借鉴 [J]. 煤炭经济研究, 2020, 40(6): 72-77.  
Chen Q, Ren S H. A reference on international experience of coal industry development in the period of consumption platform [J]. Coal Economic Research, 2020, 40(6): 72-77.
- [12] 王国法, 任怀伟, 庞义辉, 等. 煤矿智能化(初级阶段)技术体系研究与工程进展 [J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(7): 1-27.  
Wang G F, Ren H W, Pang Y H, et al. Research and engineering progress of intelligent coal mine technical system in early stages [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(7): 1-27.
- [13] 冯宇峰, 李惠云, 杜龙龙, 等. 我国煤矿安全生产70年经验成效、形势分析及展望 [J]. 中国煤炭, 2020, 46(5): 47-56.  
Feng Y F, Li H Y, Du L L, et al. 70 years' experience, effect, situation analysis and prospect of coal mine safety production in China [J]. China Coal, 2020, 46(5): 47-56.
- [14] 耿殿明, 姜福兴. 我国煤炭矿区生态环境问题分析 [J]. 中国煤炭, 2002, 28(7): 21-24.  
Geng D M, Jiang F X. An analysis of eco-environmental problems in coal mine areas in China [J]. China Coal, 2002, 28 (7): 21-24.
- [15] 任保平. “十四五”时期我国高质量发展加速落实阶段的重大现实问题 [J]. 财贸研究, 2020, 31(11): 1-9.  
Ren B P. Essential practical problems to accelerate implement of high-quality development during the period of the 14th Five-year Plan [J]. Finance and Trade Research, 2020, 31(11): 1-9.
- [16] 许家林. 煤矿绿色开采20年研究及进展 [J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(9): 1-15.  
Xu J L. Research and progress of coal mine green mining in 20 years [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(9): 1-15.
- [17] 王国法, 赵国瑞, 任怀伟. 智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析 [J]. 煤炭学报, 2019, 44(1): 34-41.  
Wang G F, Zhao G R, Ren H W. Analysis on key technologies of intelligent coal mine and intelligent mining [J]. Journal of China Coal Society, 2019, 44(1): 34-41.
- [18] 徐振刚. 中国现代煤化工近25年发展回顾·反思·展望 [J]. 煤炭科学技术, 2020, 48(8): 1-25.  
Xu Z G. Review, rethink and prospect of China's modern coal chemical industry development in recent 25 Years [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(8): 1-25.