

# From Coal Quality Control to Carbon Neutrality: The Green Transformation Path of the Coal Industry

Dongsong Li

Etouke Qianqi Changcheng Coal Mine Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia, 017000, China

## Abstract

With the deepening understanding of the impact of climate change and the tightening of international environmental regulations, the coal industry is facing an urgent need for green transformation. Coal fired power plants are the main source of global greenhouse gas emissions, exacerbating the challenge of global warming. The public's attention to environmental issues is increasing day by day, and their expectations for sustainable development and environmental protection are also growing. With the advancement of renewable energy technology and the reduction of costs, the coal industry is facing fierce competition from clean energy sources such as wind and solar power. Therefore, the green transformation of the coal industry is not only an environmental demand, but also a survival strategy for the industry to adapt to the future energy market. The urgency of industry transformation, from clean and efficient utilization of coal to green upgrading of the coal industry chain, is increasingly prominent. It is related to global environmental protection and the long-term development of the industry.

## Keywords

coal quality control; carbon neutrality; coal industry; green transformation

# 从煤质控制到碳中和：煤炭行业的绿色转型之路

李东松

鄂托克前旗长城煤矿有限责任公司，中国·内蒙古鄂尔多斯 017000

## 摘要

随着对气候变化影响的认识加深，以及国际环保法规的收紧，煤炭行业面临着绿色转型的迫切需求。燃煤发电厂是全球温室气体排放的主要源头，加剧了全球变暖的挑战。公众对环境问题的关注度日益提升，对可持续发展和环境保护的期望也日益增加。随着可再生能源技术的进步和成本的降低，煤炭行业面临着来自风能、太阳能等清洁能源的激烈竞争。因此，煤炭行业的绿色转型不仅是环保诉求，也是行业自身适应未来能源市场的生存策略。从煤炭清洁高效利用到煤炭产业链的绿色升级，行业转型的紧迫性日益凸显，它关乎全球环境保护，也关乎行业的长远发展。

## 关键词

煤质控制；碳中和；煤炭行业；绿色转型

## 1 引言

煤炭，作为人类最早使用的化石燃料之一，其开采和使用历史可追溯到工业革命时期。煤炭因其高热值和广泛分布的特点，长期以来一直是全球能源供应的重要支柱。尤其是在 20 世纪，煤炭的广泛开采和使用极大地推动了工业化进程，为全球经济的快速增长提供了强大动力。然而，煤炭的开采和使用也带来了环境问题，包括空气污染、水土流失和温室气体排放，对全球气候产生了深远影响。在 21 世纪，煤炭行业已经成为全球气候变化讨论的焦点。

【作者简介】李东松（1988-），男，中国山东新泰人，本科，助理工程师，从事煤矿煤质发运研究。

## 2 煤质控制：基础与前提

### 2.1 煤炭质量的评估标准

煤炭质量的评估是煤炭行业管理和交易的核心环节，其标准主要包括以下几个方面：热值（发热量），灰分，硫分，水分，挥发分，固定碳含量以及有害元素如汞、砷等的含量。热值是衡量煤炭燃烧效率的重要指标，灰分和硫分则直接影响燃烧后产生的污染物数量，水分和挥发分影响煤炭的运输和储存条件。国际和国内都有相应的煤炭质量标准，如国际煤炭贸易的 ISO 标准和中国的 GB/T 标准，这些标准确保了煤炭贸易的公平性和环境保护的要求。

### 2.2 煤质控制技术发展概述

煤质控制技术的发展经历了从手动检测到自动化、智能化的转变。早期，煤炭的品质检测主要依赖于实验室分析，费时费力。随着科技的进步，现场快速检测技术如 X 射线

荧光分析、近红外光谱分析等被广泛应用，大大提高了检测效率。煤炭洗选技术的进步，如重介质选煤、浮选等，能有效去除煤炭中的杂质，提升煤质。近年来，借助大数据和人工智能，煤炭质量预测和控制正迈向新的高度，通过实时监控和数据分析，可以优化生产过程，减少低质量煤炭的产出。

### 3 绿色开采技术探索

#### 3.1 煤炭开采的环境影响分析

煤炭开采是一个对环境影响深远的过程，其主要影响包括：

**土地退化：**采煤活动导致地表塌陷，影响土地的使用和生态平衡。

**水资源破坏：**地下水水位下降，河流和湖泊受到污染，影响人类饮水和生态系统。

**空气污染：**煤炭开采和运输过程中释放的粉尘和有害气体（如二氧化硫、氮氧化物）对空气质量造成严重影响。

**生物多样性丧失：**矿产开发破坏了生物栖息地，导致生物多样性下降。

**温室气体排放：**未燃烧的煤炭在开采过程中会释放甲烷，这是一种强大的温室气体。

#### 3.2 绿色开采技术体系构建

为了减轻煤炭开采的环境负担，绿色开采技术体系应运而生，包括以下几个关键组成部分：

**环保开采：**采用先进的露天或地下开采技术，减少对地表的破坏，例如采用充填开采技术，减少地面塌陷。

**水资源保护：**采用水循环利用系统，减少新鲜水的使用，同时处理和净化废水，减少污染。

**粉尘控制：**应用高效除尘技术，减少煤炭开采和运输过程中的粉尘排放。

**甲烷捕获与利用：**通过甲烷抽放系统收集煤矿中的甲烷，用作清洁能源，减少温室气体排放。

**生态恢复：**在开采结束后，进行土地复垦和生态恢复，恢复植被，改善土壤结构。

### 4 清洁煤技术应用

#### 4.1 清洁煤技术的种类与特点

清洁煤技术旨在减少煤炭在开采、加工、运输和使用过程中对环境的污染，提高能源效率。其中，主要包括以下几种类型：

①**煤炭洗选：**通过物理或化学方式去除煤炭中的杂质，降低硫分和灰分，减少燃烧时的有害排放。

②**流化床燃烧：**在流化床中，煤炭与气流中的颗粒混合，使得燃烧更充分，减少了氮氧化物和硫氧化物的生成。

③**煤炭气化：**将煤炭转化为合成气（主要由氢气和一氧化碳组成），用于生产化工产品或直接燃烧，减少了直接燃烧的污染。

④**煤炭液化：**通过化学反应将煤炭转化为液体燃料，

如煤制油，降低对石油的依赖并减少温室气体排放。

⑤**碳捕获与储存（CCS）：**在燃烧后捕获二氧化碳并储存，防止其进入大气，是实现碳中和的关键技术之一。

#### 4.2 技术创新与市场应用

近年来，清洁煤技术的创新不断推动着行业的进步。例如，先进的煤炭洗选技术已经能够处理更复杂的煤炭资源，提高了煤炭的利用效率。流化床燃烧技术的优化使得氮氧化物和硫氧化物排放显著降低，适合小型和中型电站使用。煤炭气化和液化技术的进步，使得煤炭能够作为原料生产高附加值的化工产品，拓宽了煤炭的应用领域。

在市场应用方面，全球范围内的大型燃煤电厂开始采用清洁煤技术，如CCS。例如，美国的FutureGen项目就是一个集成的气化联合循环（IGCC）电站，配备了碳捕获和储存设施。中国也在大力推广清洁煤技术，新建的燃煤电厂往往要求配备脱硫、脱硝设施，部分还实施了CCS试点项目<sup>[1]</sup>。

#### 4.3 对煤炭产业链的带动作用

清洁煤技术的广泛应用不仅改善了环境质量，还对煤炭产业链产生了深远影响。它推动了煤炭开采和加工设备制造业的发展，对高效率、低污染的设备需求增加，刺激了技术创新。煤炭气化和液化技术促进了化工行业的发展，增加了煤炭的附加值。CCS技术的推广需要大规模的地下储存设施，为地质工程和相关服务业带来了新的市场机会。

清洁煤技术也促进了能源服务公司的诞生和发展，这些公司提供从煤炭洗选到碳捕获的一体化解决方案，帮助燃煤企业实现环保目标。在政策层面上，各国政府对清洁煤技术的补贴和优惠政策，也进一步刺激了相关产业链的发展，为煤炭行业的绿色转型提供了有力支持。

### 5 煤炭行业的碳足迹管理

#### 5.1 碳足迹概念与计算方法

碳足迹（Carbon Footprint）是衡量一个组织、产品或活动在整个生命周期中直接和间接排放的温室气体总量的指标，通常以二氧化碳当量（CO<sub>2e</sub>，即Carbon Dioxide Equivalent）来表示。这个概念在近年来逐渐受到全球关注，因为它为量化和比较不同活动的环境影响提供了一个统一的尺度。计算碳足迹涉及识别所有相关排放源，包括燃烧煤炭产生的二氧化碳，能源生产与运输过程中的排放，以及生产与处置过程中的间接排放。计算方法包括使用生命周期评估（Life Cycle Assessment, LCA）技术，考虑从原材料提取到产品处置的全过程，确保全面评估环境影响<sup>[2]</sup>。

#### 5.2 煤炭行业碳足迹现状分析

煤炭行业的碳足迹通常高于全球平均水平，主要源于其在开采、运输、加工和使用过程中产生的大量温室气体排放。煤炭开采过程中的能耗和排放主要来自矿井的通风系统、煤炭运输车辆、选煤厂的电力消耗以及燃煤发电厂的直接燃烧。据估计，煤炭行业在全球范围内的碳组级显著，尤

其是在那些依赖煤炭为主要能源的国家和地区。例如，中国的煤炭消耗量占全球总消耗的近半，其碳足迹不容忽视。煤炭开采和利用对水资源的消耗和污染也对环境造成了额外压力。

### 5.3 碳减排策略与路径选择

为了应对这一问题，全球各地的煤炭企业与政府正在积极探索和实施一系列碳减排策略。提高能效是最直接的减排途径，如通过优化煤炭开采和加工过程，减少能源浪费。推广和使用清洁煤技术，如高效超超临界发电技术，可显著降低煤炭燃烧产生的污染物。煤炭行业的转型至可再生能源，如太阳能和风能，也逐渐被提上日程。碳捕获和储存（Carbon Capture and Storage, CCS）技术被视为减缓煤炭碳排放的关键途径，虽然目前成本高昂，但随着技术进步和规模效应，其经济性有望逐步提高。政策引导和市场机制，如碳定价和排放交易系统，也在全球范围内得到推广，以经济手段激励煤炭企业减少碳足迹。

通过这些策略的综合应用，煤炭行业有望在保障能源供应的逐步减轻其对全球气候变化的贡献，为全球碳减排目标的实现做出贡献<sup>[2]</sup>。

## 6 碳中和目标的实现路径

### 6.1 碳中和目标的内涵与意义

碳中和，即全球温室气体排放与自然界和人为活动的碳汇相平衡，达到净零排放的状态。这一目标旨在通过减少碳排放和增加碳汇来抵消剩余的温室气体排放，以应对全球气候变化的挑战。实现碳中和对于煤炭行业，尤其是以煤炭为主要能源的国家，具有深远的影响。它要求行业不仅减少直接排放，还需通过技术创新、能源结构调整和生态修复等方式，积极参与碳中和的全球行动，促进经济的绿色转型和可持续发展。

### 6.2 行业内外协同减排机制

实现碳中和目标，煤炭行业需要构建内外部协同减排机制。内部机制包括提高能源利用效率，推广清洁煤技术，如煤炭洗选、气化和燃烧技术的改进，以减少碳排放。外部机制则涉及与其他产业的协同，如发展可再生能源，如风能、太阳能，以及与碳捕获、利用与储存（CCUS）技术的结合，将碳排放转化为有价值的资源。行业间的合作也至关重要，通过碳交易市场，碳排放量低的煤炭企业可以将多余的碳排放权出售给其他企业，实现经济和环境效益的双重提升。

### 6.3 政策法规与市场机制保障

政策法规在推动碳中和目标的实现中扮演关键角色。政府应制定和执行严格的碳排放标准，设定明确的碳排放上限，以引导企业进行减排。实施碳税或碳交易制度，让市场机制在资源配置中发挥作用，通过价格信号激励企业减少碳排放。政府还需要提供财政支持和优惠政策，鼓励研发低碳技术，促进绿色金融的发展，为煤炭行业的绿色转型提供资金保障。国际层面，通过国际合作和协议，如《巴黎协定》，

共同推动全球碳减排目标的实现。

在这一过程中，技术创新是核心驱动力，政策引导是重要保障，而市场机制则是资源配置的有效手段。煤炭行业需以碳中和为目标，不断调整产业结构，优化能源利用，最终实现与环境和谐共生的可持续发展路径。

## 7 转型过程中的挑战与对策

### 7.1 技术创新与资金投入的双重挑战

煤炭行业的绿色转型离不开技术创新和大规模的资金投入。清洁煤技术、绿色开采技术的研发与推广需要持续的科研投入，这不仅限于研发新技术，还包括将新技术规模化应用到实际生产中。然而，由于煤炭行业的盈利能力受到市场波动和环保政策的双重压力，企业往往在资金投入上持谨慎态度，导致技术创新的步伐可能因资金短缺而受限。新技术的商业化应用也面临市场接受度、技术成熟度及经济可行性的挑战，这些都需要在实际运营中不断调试和优化。

### 7.2 人才短缺与培训体系构建

煤炭行业的绿色转型也暴露出人才短缺的问题。传统的煤炭工程师和操作人员可能缺乏必要的环保知识和技能，需要进行再教育和培训。建设一个完善的培训体系，以确保员工能掌握和实施新的绿色技术至关重要。然而，这需要投入大量资源，包括设立专门的培训课程，引入行业专家进行指导，并为员工提供实践操作的机会。吸引和留住具备环保技术背景的高级专业人才，也是行业当前面临的一大挑战。

### 7.3 社会认知与公众参与的引导

煤炭行业绿色转型的成功还依赖于公众和社区的理解和支持。由于煤炭开采和燃烧长期以来被视为环境污染的主要来源，因此改变公众的负面认知是转型成功的关键。通过透明的信息披露，公众教育和参与式的决策过程，可以增加社区对绿色转型的接受度。行业需要与利益相关方建立对话渠道，包括社区居民、环保组织和政策制定者，以确保转型过程的公正性和可持续性。通过建立有效的沟通机制，可以减少转型阻力，促进社区的长期参与和合作。

## 8 结语

煤炭行业正经历绿色转型，聚焦清洁利用、高效技术升级和低碳发展。未来，煤炭行业将依赖技术创新、碳捕获技术、能源结构多元化和绿色金融支持，以实现清洁、高效和低碳目标。这一转型对其他行业具有启示：技术创新是转型关键，政策与市场机制并重，产业链协同合作，企业应承担社会责任并注重公众参与，同时需有效管理变革。煤炭行业的绿色转型为其他行业提供了可持续发展的借鉴。

### 参考文献

- [1] 简冠群,刘新宇.山西省煤炭行业绿色转型绩效评价研究[J].对外经贸,2024(3):25-28.
- [2] 郭灿.绿色金融背景下煤炭行业转型的研究[J].上海商业,2023(9):87-89.