

碳中和目标下煤炭行业绿色发展的路径选择

Path Selection of Green Development of Coal Industry under Carbon Neutral Target

何辰¹, 张庆梅² (1. 兰州石化职业技术大学, 甘肃 兰州 730207; 2. 华能靖远热电有限公司, 甘肃 白银 730913)

摘要:我国碳排放量约占全球的三分之一,其中由煤炭消费产生的碳排放量占70%以上,随着碳中和成为国家的重大战略目标,那么煤炭行业的减排措施必然是重中之重。我国相关机构和学者预测,即使实现碳中和之后,煤炭的需求仍将达到12亿~15亿t/a,所以煤炭行业必须探索出一条绿色发展的道路。本文依据我国煤炭分布区域与生态地质特征的关系,提出减排应贯穿煤炭的全生命周期,即从煤炭勘查、开采、煤电与煤化工、生态修复、布局新能源、融入碳市场、创新政府监管模式等一系列措施实施减排或增加碳汇,以实现碳中和目标。

关键词:碳中和; 绿色发展; 生态地质; 煤炭行业; 碳足迹

中图分类号: TD823 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2023)02-0082-05

Abstract: China's carbon emissions account for about one third of the world's carbon emissions, including more than 70% of the carbon emissions generated by coal consumption, as carbon neutrality has become a major strategic goal of the country, then the coal industry emission reduction measures must be the most important. China's relevant institutions and scholars predict that even after carbon neutrality, the demand for coal will still reach 1.2 billion to 1.5 billion t/a, so the coal industry must explore a green development road. According to our country coal distribution area and ecological geological characteristics, the relationship between reduction should be throughout the whole life cycle of coal is put forward, that is, from the coal exploration, mining, coal and coal chemical industry, ecological restoration, layout of new energy, into the carbon market, innovating the mode of government regulation and a series of measures to reduce emissions or increase carbon sinks, to achieve carbon neutrality.

Key words: carbon neutralization; green development; ecological geology; coal industry; carbon footprint

1 前言

2016年,175个国家签署了《巴黎协定》,作为一项国际性的协定,它的长期目标是将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在2摄氏度以内,并努力将温度上升幅度限制在1.5摄氏度之内。协议的签订明确了全球实现碳中和的总体目标。研究表明:对应2摄氏度温控目标,实现碳中和的时间为2065—2080年,对应1.5摄氏度温控目标,实现碳中和的时间为2052年^[1]。

据统计,2019年全球能源碳排放量达331亿t,处于历史高位^[2]。我国2020年由化石能源消费产生的碳排放总量约为105亿t^[3],约占全球的30%左右。其中煤炭消费产生的碳排放量占70%以上,其次为石油和天然气,分别占14%和7%^[4]。从中可以看出,我国要实现碳中和目标,煤炭行业的减排

措施必然是重中之重。

美国的碳排放量约为51亿t/a,欧盟约为35亿t/a,日本约为11亿t/a,分别约占世界碳排放总量的15%、10%、4%^[5]。此3个国家(组织)主要是通过制定或修订与各种能源相关的法律法规,运用市场化手段推动节能减排,加快降低交通运输碳排放,推进高效率电动汽车技术,加快工业领域低碳技术研发与变革,建立节能减排市场机制,推动氢能研发,加快海上风能、生物质能可再生能源布局的方法去实现碳中和目标。

目前全球已有54个国家实现了碳达峰^[6],其中美国、欧盟、日本等国家(组织)均实现碳达峰。发达国家中,美国的煤电占比是全球的10.6%^[7],居世界第三位,美国的碳排放路径,对我国煤炭行业健康绿色发展有借鉴意义。美国的碳排放可以分为3个阶段,分别是碳达峰前期(1949—1999年),碳达峰平台期(2000—2008年)和碳达峰后期(2009—至今)。美国在碳达峰后期,石油消费占比为35.4%~37%,天然气的占比在2020年是33.9%,再生能源占比为12.5%,煤炭消费只占

[作者简介] 何辰(1987—),男,甘肃会宁人,从事碳中和绿色发展研究。

[引用格式] 何辰,张庆梅.碳中和目标下煤炭行业绿色发展的路径选择[J].中国矿山工程,2023,52(2):82-86.

9.9%。从中可以看出,美国能源的结构以石油天然气为主,在大力发展可再生能源,页岩气革命支撑了美国经济发展的需求,再生能源与节能带动了现代化的进程。

国内学者陈浮等认为在碳中和目标下,煤炭行业达成碳中和愿景涉及矿业、化工、生态、储能、计算机等多学科交叉,建议进一步聚合优势研究力量进行科研攻关,以低碳化技术助推煤炭开发利用“近零排放”,以负排放技术保障 CO₂ 等温室气体实现“净零排放”。王国法等^[8]认为煤炭工业需要在全面落实能源安全的基础上,煤炭产业要提升以智能化为支撑的煤炭柔性生产供给保障能力,要降低煤炭开发利用能源消耗强度,要推动煤炭从燃料向燃料和原料转变,要研发实用的碳捕集、封存和利用技术。

谢和平等^[9]将我国能源消费格局分了3个阶段:分别是缓慢过渡期(2021—2030年)、关键过渡期(2030—2050年)和过渡结束期(2050—2060年)。预测煤炭消费量分别是45~35亿t/a,35~25亿t/a,25~12亿t/a。即在实现碳中和之后,煤炭作为电力调峰、碳质还原剂和保障能源安全的兜底能源,每年需求是12亿~15亿t。

综上所述,煤炭消耗量减少是一个缓慢发展过程,“脱碳”≠“去煤”是主流观点,欧美发达国家的碳中和路线,我们只能参考,绝不能生搬硬套,我国应从实际国情和能源赋存状况出发,探索出一条适合我国煤炭行业健康绿色发展的技术路线。

2 我国煤炭赋存状况

我国煤炭资源总量丰富,根据《全国煤炭资源潜力评价》报告,我国2000m以内煤炭资源总量为5.9万亿t,其中已探获煤炭资源储量为2.02万亿t,预测资源量为3.88万亿t。全国炼焦用煤查明资源储量为2971.02亿t,基础储量为912.31亿t。其中山西拥有的炼焦煤保有资源储量是790亿t。我国煤炭资源在各省区分布不均衡,呈现“北多南少,西多东少”的特征,煤炭资源储量的前10位分别是新疆、内蒙、山西、陕西、宁夏、甘肃、贵州、河北、河南、山东^[10]。

王玥等^[11]依据我国煤炭分布特点和煤炭生态地质特征,将我国的煤田分成了9大赋煤生态区,分别是东北赋煤生态区、黄淮海赋煤生态区、东南赋煤生态区、西南赋煤生态区、晋陕蒙(西)宁赋煤生态

区、蒙东赋煤生态区、北疆赋煤生态区、南疆—甘青赋煤生态区、西藏赋煤生态区,并从煤炭类型、地理位置、气候、环境、水资源等生态环境方面分别作了阐述。

3 煤炭行业健康绿色发展的路径

煤炭行业绿色发展要以煤炭全生命周期的碳足迹为依据,向安全、高效、智能、环保的方向发展。树立能源命运共同体的理念,实施煤炭生态勘查、煤炭开采集中化与智能化、煤炭下游产业碳减排与攻关CCUS技术、矿山生态修复要因地制宜的采取自然修复与人工干预相结合等相关措施,以实现煤炭行业健康绿色发展的道路。

3.1 煤炭开采基地由分散型向区块集中型布置

我国煤炭开采省份(直辖市、自治区)达25个之多,除天津、上海、浙江、海南外,大陆地区各个省份均有煤炭开采。我国14个大型煤炭基地中,有8个分布在新疆、内蒙、山西、陕西、宁夏、甘肃,此6个省份的煤炭资源占全国煤炭资源的70%以上。晋陕蒙宁甘5省区2017年煤炭产量 2.46×10^9 t,是中国最具经济价值和开发潜力的煤炭生产区^[12]。我国绿色煤炭资源主要分布在晋陕蒙(西)宁和新疆北疆地区,绿色资源保有量达到9988.92亿t,经济可采的绿色资源储量为445.34亿t^[13]。

东北、黄淮海赋煤区煤炭开采久远,煤炭资源面临枯竭,煤炭开采造成优质土地资源的损坏和地下水资源的破坏,且该区域人口密度大,土地资源宝贵,经济较为发达,适宜有序退出煤炭开采产业。东南、西南赋煤区煤质较差,煤层多为薄煤层,地质构造复杂,煤矿灾害和水污染严重,自然灾害频发,人口密度较大,经济较为发达,资源城市转型容易,也适宜有序退出煤炭开采产业。青海西藏赋煤区生态环境脆弱,地表植被稀少,是我国重要的水源涵养地带,采矿造成的生态破坏极难修复,应优先退出煤炭开采产业。

为了实现碳达峰碳中和目标,我国煤矿的关停会继续增加。截止2020年,我国已累计关闭矿井数量12000处。以此大环境之下,国家可以将煤炭的开采只布局在晋、陕、蒙(西)、宁、新、甘6个省份中。此6个省份,一是煤炭资源储量丰富、煤质优良、地质构造简单、开采已成规模;二是能源所占经济比重较大,且处于内陆地区,城市转型困难。2018年内蒙古、山西、陕西、宁夏4省份的煤炭消费量占

能源消费总量的比重均已超过本省总量,新疆煤炭消费量占能源消费总量的88.0%,甘肃煤炭消费量占能源消费总量的62.3%^[14],由此可见,煤炭为以上6省区的经济发展做出了重大贡献。对于各自省内的煤矿的分布,也应当集中布局,以甘肃省为例,省政府需规划整合靖远、华亭、窑街三大矿业公司,将煤矿的开采布局在陇东地区,使生态修补与环境保护在一个相对集中的范围内进行。

3.2 煤炭勘查向生态勘查转变

随着我国煤炭地质理论研究的成熟,勘查技术的不断进步,我国由“煤炭地质勘查”发展成“煤炭地质综合勘查”,这两种勘查只是针对煤炭资源的勘查。近年来,在综合勘查的基础上,针对煤系地层共伴生矿产资源种类多、分布广的特点,逐步确立了煤炭与煤层气、煤铀兼探、煤水共探共采的“多资源协同勘查”理念^[15]。进入新时期,王佟等^[16]在考虑了环境约束条件,同时吸收大数据、人工智能等技术理念的基础上,又提出的煤炭生态地质勘查。生态勘查是利用先进的理论方法、设备、工艺,最大化减少勘查全过程对生态环境的影响与破坏,并对已破坏的生态环境进行修复。

我国部分煤层中含有铀、锆、镓、锂、稀土、高岭土等珍贵矿产资源,在针对煤炭勘查的基础上,应对上述金属和稀土资源进行协同勘查。我国在此理念指导之下,在鄂尔多斯侏罗纪煤系地层中发现了世界级铀矿,在内蒙古准格尔发现了超大型镓矿床,在平朔矿区发现了超大型煤伴生锂镓矿床,在内蒙古锡林郭勒盟胜利煤田发现煤层中锆金属含量达1 600 t。

有研究机构估算,我国2 000 m以内的煤层气资源约30.05万亿 m^3 ,煤系砂岩气初步估算资源量30.95万亿 m^3 ^[16],国家应该倡导煤与煤层气协同勘查开发。2020年,美国的天然气占比达到了33.9%,而我国天然气占比为7%。为尽快实现碳中和,我国应当加强煤层气的勘探与开发利用。

3.3 煤炭开采实现绿色开采

我国2020年煤炭的开采量是39.02亿t,据中国工程院预测,2030年我国煤炭需求量为45~51亿t^[13],煤炭持续的高强度开采会造成大气污染、环境破坏、地质灾害等问题。煤炭的绿色开采可以减少采煤对环境的破坏,绿色开采是煤、瓦斯、水、土地资源与环境相互协调的开采技术。

我国2 000 m以内浅煤层中煤层气(主要成分

为 CH_4)地质资源量约为30.05万亿 m^3 ,甲烷的温室效应是二氧化碳的21倍,若能在煤炭开采前或开采过程中将煤层气抽采出并加以利用,这也是碳减排的重要举措。

现阶段,我国煤矿绿色开采的核心是智能化开采。智能开采是以云计算、物联网、大数据等信息技术为基础,通过各种传感器,对矿山实现数字化、网络化、可视化和智能化管理,对井下的“人-机-环-管”信息进行全面感知和自主分析、决策、操控的技术^[17]。智能化开采一是可实现对采煤沉陷区的精准控制,减轻因开采引起扰动,进而防止破坏生态环境;二是通过精准分类、精细采掘,解决共伴生资源的开发,实现煤炭及共伴生资源的协同开发。

绿色开采能够实现对伴生金属资源、煤层气、水资源、煤矸石的收集再利用,能够减缓地表的沉陷,实施地表生态的修复,这些都是减排的重要措施。

3.4 煤炭绿色清洁利用与二氧化碳捕集再利用

我国煤炭生产与消费约占世界的一半,煤炭相关的碳排放约占排放总量的70%~80%,电力、供热、化工、冶金等耗煤占比达90%,其中电力与供热占了60%^[7]。我国是世界工厂,钢铁、炼焦、电解铝、水泥等高耗能产品占全球50%以上,经济结构导致我国煤炭碳排放主要源自煤电、煤化工等下游利用环节。所以煤炭的清洁高效利用和二氧化碳的再利用是当前发展的主要方向。

煤炭绿色清洁利用是现阶段我国能源发展的核心方向,我国要继续推进清洁高效热电联产技术、特殊煤种超临界循环流化床技术、二次再热先进高效超超临界煤电技术,这些技术的应用可以提高燃煤效率,达到与天然气相同的碳排放水平,但缺点是并不能脱碳。此外,我国散煤燃烧问题仍然没有得到有效控制,散煤燃烧量约占煤炭消费总量的10%^[18],排污量是火电排放的5倍以上^[7],国家应科学规划“煤改气”、“煤改电”等项目。

在现代煤化工技术的发展之下,煤炭可以实现清洁利用,通过煤化工可以减少煤炭中的碳排放,实现低碳发展。我国要继续做好煤制油、煤制气、煤制烯烃、煤制乙二醇等煤化工升级示范工程。神华宁煤化工在2018年实现了煤制油的工业生产,每年可将2 046万t的煤炭转化成400万t柴油、液化石油气等油品,实现了煤炭资源的转化与与清洁利用。

煤电、煤化工产业是碳排放的最大来源,对此来源的二氧化碳,我国已经开始试点二氧化碳捕集封

存与利用(CCUS)技术,将捕集的二氧化碳封存在盐/咸水层或用于驱油驱煤层气。中国石化已建成长三角地区首个CCUS项目,达到了年回收二氧化碳20万吨的能力,2021年又启动了我国首个百万吨的CCUS建设项目。此技术当前阶段的最大缺点是能效与成本较高,需解决的技术问题较大,但随着时间的推移和科技的攻关,CCUS技术是目前为止在碳排放领域最值得期待的措施。陈浮等认为大力发展CCUS减排技术是未来40年的必由之路。

3.5 实现废弃矿井的利用和采矿区的生态修复

我国煤矿井巷和地下采空区体积超过156亿 m^3 ^[8],煤矿井巷落差大,可用于储水、蓄能发电和矿井水循环利用^[19]。巨大的地下空间,经过改造之后可用于仓储、防空、地热开发等用途,采空区的残煤对二氧化碳吸附能力强,有利于井下碳吸附、碳储存。

中国现在及可预计的未来采煤沉陷区面积将达到60 000 km^2 ,涉及27个省(市、自治区),沉陷区造成耕地面积减少超过20 000 km^2 ,影响城乡建设用地4 500 km^2 左右^[20]。对于采煤沉陷区生态的修复,是实现二氧化碳固定的重要措施之一。

传统的矿山生态修复以重塑地貌、重构土壤、恢复植被和重建景观为主。卞正富等^[1]依据气候差异与生态退化的可逆性,提出在湿润-半湿润矿区宜减少过度的人工干预,以自然恢复为主;半干旱矿区宜前期采取适度人工引导,后期以自然恢复为主;寒旱矿区生态必须实施矿山生态保护与修复工程等措施。

矿山生态修复应根据当地经济发展状况、社会民生保障和生态气候环境,最大限度的实现区域环境与经济的可持续发展。对于降水较多、地下水位较高的区域,矿区如无法恢复耕地等功能的,可通过景观整治建立矿山公园或发展水产养殖等;对于气候干燥,环境生态脆弱,煤炭开采后植被恢复困难,且对当地经济建设、耕地与人口影响较小的区域,可利用大片的矿区土地发展光伏发电、风力发电等项目,达到矿区的环境治理与转型发展^[21]。

笔者认为各矿区可根据所处矿区的实际情况,采取一矿一个修复策略或一个区域一个修复策略的方针,实施矿山生态的保护与修复。尤其在西部干旱地区,要重点利用好矿井废水,实施好矿山环境的治理工作,实现矿区增加自然碳汇的能力。

3.6 积极拓展新能源市场、融入碳市场

煤炭开采区拥有大量的土地、风、光等资源,尤其我国的晋、陕(北)、蒙(西)、宁、新、甘等省份,光照时间长,风能优势突出,矿区交通便利。有研究预测,2030—2050年是煤炭行业生死存亡的关键期^[7],在此严峻形势下,煤炭企业应积极布局新能源产业,使煤炭生产、燃煤发电与新能源发电协同发展,将行业间竞争转化内部协作,为以后企业长远健康发展提供路径,实现碳排放的减少。

2021年2月,生态环保部正式实施《碳排放权交易管理办法(试行)》,标志着全国碳市场建设步入正轨。据预测,我国碳排放权交易市场体量将达到每年近千亿的规模^[4]。碳排放市场的建立,将倒逼煤炭资源消耗过度的企业发展低碳技术,促使煤炭行业碳排放的降低。日本采取了依据碳排放量向企业和家庭收费的措施,值得我国借鉴。

3.7 政府企业间创建监督新模式、加强科技与人才保障

我国碳排放量较大的企业众多,涉及采煤、煤电、煤化工等行业,企业为了利润的最大化,往往存在偷排乱排现象,由于涉及企业众多,政府相关机构监督困难。构想一种政府与企业之间的监督模式:碳排放较大的相关企业成立环保部门,环保部门的人事权归企业,但是领导权直接归政府相关部门,这样既可以解决政府人员短缺问题,又有专业人员监督企业的碳排放问题。

煤炭行业要加强低碳和负排放技术的创新,政府部门要给予相关行业政策性扶持,加强对优势科研机构 and 团队的支持。在碳中和背景下,煤炭相关行业的人才势必会大量流失,高校相关专业已现招生困难,以笔者所在的职业学校,地矿类各专业招生人数很难达到一个班规模,且对口就业人数不断下降。对人才的吸引力不足,将是减缓碳排放的又一难题。

当前全球经济增速放缓,国内某些行业失业人数增加,这将给煤炭相关行业培养与引进人才、发展科技提供了良好的契机。实现碳中和是一项长期的目标,高端科技人才和持续的人才培养在碳中和进程中起着举足轻重的作用,国家和相关机构应建立可持续发展的人才库与人才培养机制,以强大吸引力的措施来保障科技人才的加入与发展。

4 结语

碳中和目标势必会加速煤炭行业的变革,挑战

即是机遇,煤炭相关行业抓此机遇,布局煤炭产业的绿色发展。煤炭开采企业要实施生态勘查、集中开采、绿色开采的理念,并利用采煤区优越的风、光、土地等资源,积极布局新能源产业。煤炭下游行业要实现煤炭高效发电与现代煤化工的发展,实现CCUS技术的突破。政府应主导企业实施矿山生态的修复、融入碳市场、创建监督模式、加强科技与人才保障等一系列措施去实现碳中和目标。

[参考文献]

- [1] 卞正富,于昊辰,韩晓彤. 碳中和目标背景下矿山生态修复的路径选择[J]. 煤炭学报,2022,47(1):449-459.
- [2] 袁晓玲,郝继宏,李朝鹏,等. 中国工业部门碳排放峰值预测及减排潜力研究[J]. 统计与信息论坛,2020,35(9):72-82.
- [3] 李勇,高岚. 中国“碳中和”目标的实现路径与模式选择[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2021,20(5):77-93.
- [4] 宋晓波,胡伯. 碳中和背景下煤炭行业低碳发展研究[J]. 中国煤炭,2021,47(7):17-24.
- [5] 秦容军. 国外碳达峰碳中和经验借鉴及对我国煤炭行业发展的启示[J]. 煤炭经济研究,2021,41(3):23-27.
- [6] 强海洋,高兵,郭东艳,等. 碳中和背景下矿业可持续发展路径选择[J]. 中国国土资源经济,2021,4-11.
- [7] 陈浮,于昊辰,卞正富,等. 碳中和愿景下煤炭行业发展的危机与应对[J]. 煤炭学报,2021,46(6):1808-1820.
- [8] 王国法,任世华,庞义辉,等. 煤炭工业“十三五”发展成效与“双碳”目标实施路径[J]. 煤炭科学技术,2021,49(9):1-8.
- [9] 谢和平,任世华,谢亚辰,等. 碳中和目标下煤炭行业发展机遇[J]. 煤炭学报,2021,46(7):2197-2211.
- [10] 杨昊睿,宁树正,丁恋,等. 新时期我国煤炭产业现状及对策研究[J]. 中国煤炭地质,2021,33(增):44-48.
- [11] 王玥,赵欣,黄勇,等. 我国主要赋煤区煤炭生态地质特征研究[J]. 中国煤炭地质,2020,32(2):1-4.
- [12] 卞正富,于昊辰,雷少刚,等. 黄河流域煤炭资源开发战略研判与生态修复策略思考[J]. 煤炭学报,2021,46(5):1378-1391.
- [13] 孙杰. 新时代煤炭绿色发展方向思考[J]. 中国煤炭地质,2020,32(2):42-45.
- [14] 刘亢,宁树正,张建强,等. 我国煤炭资源“九宫”分区经济及生态特征研究[J]. 中国煤炭地质,2021,33(S1):1-6.
- [15] 王佟. 中国西北地区煤与煤层气资源勘查开发研究[M]. 北京:科学出版社,2017.
- [16] 王佟,孙杰,江涛,等. 煤炭生态地质勘查基本构架与科学问题[J]. 煤炭学报,2020,45(1):276-284.
- [17] 庞义辉,王国法,任怀伟. 智慧煤矿主体架构设计与系统平台建设关键技术[J]. 煤炭科学技术,2019,47(3):35-42.
- [18] 孙旭东,张蕾欣,张博. 碳中和背景下我国煤炭行业的发展与转型研究[J]. 中国矿业,2021,30(2):1-6.
- [19] 谢和平,侯正猛,高峰,等. 煤矿井下抽水蓄能发电新技术:原理、现状及展望[J]. 煤炭学报,2015,40(5):965-972.
- [20] 李佳洺,余建辉,张文忠. 中国采煤沉陷区空间格局与治理模式[J]. 自然资源学报,2019,34(4):867-880.
- [21] 肖新建,杨光,田磊,等. 2016年我国能源形势分析和2017年形势展望[J]. 有色冶金节能,2017,33(3):10-17.