

中国动力煤应用现状及碳捕集与封存展望

邵世康 朱书全 李宇琦

(中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院 北京 100083)

摘要: 为提高动力煤利用效率, 分析了中国不同牌号动力煤和各大产区动力煤的煤质特性, 阐述了中国动力煤的应用现状。针对动力煤燃烧过程中 CO₂ 排放量逐年增长现状, 提出了碳捕集与封存战略, 并介绍了目前中国运行中的碳捕集项目。结果表明, 中国动力煤中以弱黏煤灰分最低为 13.10%, 发热量最高为 29.59 MJ/kg; 贫煤灰分、硫分最高, 但水分、挥发分较低; 褐煤硫分、发热量最低, 水分和挥发分最高。动力煤主要用来发电, 其次是锅炉燃烧。褐煤主要用作发电燃料, 部分用于气化和合成气; 长焰煤多为电厂、机车、窑炉燃料, 也可为气化用煤; 不黏煤、弱黏煤除用于发电外, 还可作为动力及民用燃料。最后提出开展碳捕集与封存技术(CCS)是降低燃煤 CO₂ 排放, 缓解温室效应的重要措施。

关键词: 动力煤; 煤质; 碳捕集与封存; 发电; CO₂ 排放

中图分类号: TD984 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2014)05-0066-04

Steam coal utilization and carbon capture and storage in China

TAI Shikang ZHU Shuquan LI Yuqi

(College of Chemical and Environmental Engineering China University of Mining and Technology (Beijing) Beijing 100083 China)

Abstract: To improve the utilization of steam coal, analyze the coal properties of different types and the main coal-producing areas. Provide the carbon capture and storage (CCS) strategy to reduce the increasingly CO₂ emissions caused by coal combustion. Introduce some CCS projects in China. The ash of weakly caking coal is the lowest with 13.10%, the calorific value is the highest with 29.59 MJ/kg. The ash and sulfur of meager coal is the highest, while its moisture and volatile is lower. The lignite, with the lowest moisture, calorific value and highest moisture and volatile, is mainly used to generate power, then gasification and synthesis. The steam coal is mainly used to generate power, then boiler combustion. The long flame coal provides energy for power plant, locomotive and furnace. Non-caking coal and weakly caking coal generate power and provide fuel for civil use. The CCS is an important method to reduce the CO₂ emissions and mitigate the greenhouse effect.

Key words: steam coal; coal property; carbon capture and storage (CCS); power generation; CO₂ emission

0 引言

随着国内经济的发展, 中国煤炭产量逐年上升, 动力煤作为主要消费商品煤尤为突出。2007 年中国动力煤产量 18.4 亿 t, 到 2009 年增至 20.67 亿 t。整合煤炭资源后, 2010 年达到 25.52 亿 t; 此后煤炭产量增速有所放缓, 2013 年达到 29.6 亿 t。动力煤作为燃料煤, 在中国经济发展、基础建设、民生日用

等方面发挥重要作用。中国动力煤储量丰富, 占中国煤炭保有资源储量的 76% 左右, 主要集中在华北和西北地区, 分布广泛, 煤种齐全。华北地区动力煤资源储量占全国动力煤查明资源储量的 46.09%, 西北地区也高达 39.98%, 而工业发达的华东地区仅占 1.77%, 东北和中南地区的动力煤也仅为 5.02%^[1]。全国生产动力煤中以无烟煤最多, 占动力煤产量的 36%; 其次为长焰煤, 大约为 16%; 弱黏

收稿日期: 2014-06-04; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.05.016

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划) 资助项目((2012CB214900)

作者简介: 邵世康(1991—), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 从事洁净煤技术的研究工作。E-mail: 252020600@qq.com

引用格式: 邵世康, 朱书全, 李宇琦. 中国动力煤应用现状及碳捕集与封存展望[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(5): 66-69.

TAI Shikang, ZHU Shuquan, LI Yuqi. Steam coal utilization and carbon capture and storage in China[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(5): 66-69.

煤产量占 15%; 贫煤、褐煤产量最少, 只占 8%^[2]。动力煤煤质好坏对电厂等用煤机构有很大影响。优质动力煤可提高燃烧效率、降低煤耗、缓解运输矛盾, 提高煤炭出口竞争能力。众所周知, 煤炭燃烧后产生大量 CO₂, 对大气环境造成巨大威胁。为保护不可再生资源, 减轻大气污染, 提高碳资源利用率, 结合电厂用煤燃烧特点, 碳捕集与封存技术(CCS)应运而生。碳捕集与封存是指将大型发电厂产生的 CO₂ 收集起来, 并用各种方法储存以避免其排放到大气中的技术, 这种技术被认为是未来大规模减少温室气体排放, 减缓全球变暖最经济、可行的方法。笔者从动力煤煤质和电厂用煤指标角度全面深入分析了中国动力煤煤质及应用情况, 阐述了中国运行中的碳捕集项目, 为之后开展相关研究提供参考。

1 动力煤煤质分析

中国不同牌号动力煤煤质分析^[3]见表 1, 中国各大产区动力煤煤质分析^[4-5]见表 2。

表 1 中国不同牌号动力煤煤质分析

煤种	水分/ %	灰分/ %	挥发 分/%	硫分/ %	发热量/ (MJ·kg ⁻¹)
褐煤	26.50	26.32	48.08	0.51	16.89
长焰煤	13.10	23.99	42.46	1.18	22.32
不黏煤	9.80	14.26	32.58	0.67	26.79
弱黏煤	7.70	13.10	31.32	0.74	29.59
1/2 中黏煤	7.30	30.64	27.92	0.61	26.17
贫瘦煤	5.00	20.79	17.19	1.26	25.18
贫煤	5.70	31.55	16.34	2.20	24.37
无烟煤	5.70	20.76	8.68	1.07	26.46

表 2 中国各大产区动力煤煤质分析

区域	水分/ %	灰分/ %	挥发 分/%	硫分/ %	发热量/ (MJ·kg ⁻¹)
华北区	9.20	20.85	23.46	0.93	24.20
东北区	10.30	27.15	39.06	0.56	21.70
华东区	7.90	26.64	34.74	1.22	23.40
中南区	7.00	26.15	25.06	1.48	23.50
西南区	6.40	27.56	23.41	2.56	23.20
西北区	6.10	16.84	26.74	1.34	23.90
全国	8.40	23.85	28.71	1.09	23.20

由表 1 可知, 中国不同牌号动力煤中以弱黏煤灰分最低为 13.10%, 发热量最高为 29.59 MJ/kg;

贫煤灰分、硫分最高, 但水分、挥发分较低; 褐煤硫分、发热量最低, 水分和挥发分最高, 主要与其变质程度低有关。

由表 2 可知, 中国各大产区动力煤特点各不相同, 西北区动力煤以高变质烟煤为主, 水分、灰分低; 华北区动力煤发热量高, 灰分、硫分较低, 其中有相当一部分为炼焦煤选煤厂的混煤、末煤、中煤等, 其水分、灰分较高, 煤质有所降低; 东北区动力煤水分高、发热量低, 主要是因为其低阶气煤、长焰煤和褐煤等所占比例较高; 西南区则是高灰、高硫和高挥发分动力煤。

2 动力煤的应用现状

动力煤主要用来发电, 满足各行业电力需求, 其次是锅炉燃烧满足工业及民用, 也有一部分用于建材、冶金及化工等领域^[6]。褐煤主要用作发电燃料, 部分用于气化和合成气, 年轻褐煤甚至可用于有机肥料; 长焰煤多为电厂、机车、窑炉燃料, 也可为气化用煤; 不黏煤、弱黏煤除用于发电外, 还可作为动力及民用燃料。

目前, 国内燃煤电厂普遍采用配煤燃烧, 所用煤种较复杂, 装机容量大的电厂更是如此。实际电厂所用煤种绝大多数与设计煤种不符, 煤种混杂, 煤质差异大。电力用煤的主体是烟煤(占 90%), 烟煤变质程度高于褐煤而低于无烟煤, 挥发分范围较宽, 不同类别烟煤黏结性差别较大, 故诸多煤质特性指标会对电力生产产生不同程度的影响。

1) 挥发分。挥发分是判明煤炭着火特性的首要指标, 影响电煤燃烧性能, 特别是干燥无灰基挥发分是锅炉设计及运行中的重要参数^[7]。电力用煤干燥基挥发分多在 10%~30%, 挥发分越高, 着火越容易, 过高则易导致温度升高而发生自燃, 最终可能破坏制粉系统, 煤粉与空气混合易引起粉尘爆炸; 挥发分过低则锅炉不易着火, 着火后容易熄火, 难以保证锅炉的稳定燃烧。

2) 灰分。灰分影响火焰传播速度、着火时间、燃烧稳定性及炉温等。灰分是煤中不可燃成分, 电力用煤灰分在 10%~30%, 甚至更高。煤中灰分与发热量呈负相关性, 即煤中发热量、燃烧温度和稳定性随灰分的增加而降低。电厂多选用中灰中热值及中高热值的原煤和分选煤, 燃煤干基灰分在 20%~30%, 干基高位发热量在 23~27 MJ/kg。

3) 水分。水分在燃烧过程中吸收大量热, 对燃

烧的影响比灰分大得多。煤中水分过高,烟气体积增加,由烟气带走的热量也随之增加,使排烟热损失及排风机电消耗增大。锅炉火焰中含有水汽对煤粉的悬浮燃烧具有催化作用,且煤中含有适量水分有助于降低煤尘污染,因此煤中水分不宜过低,电力用煤水分应控制在5%~8%。

4) 硫分。硫是煤中有害杂质,虽对燃烧本身没有影响,但含量太高,会造成设备腐蚀,污染环境。燃烧产物 SO_2 是形成酸雨的主要来源,同时燃烧时伴有少量 SO_3 产生(相当于 SO_2 量的1%~2%),也会造成锅炉局部受热面的腐蚀与堵灰,易加剧锅炉结渣及原煤与煤粉的自燃倾向,煤中不可燃硫则转入灰渣中。因此,电厂用煤的硫分不能太高,一般要求不超过2.5%^[8]。

5) 发热量。发热量是锅炉设计的重要依据。由于电厂煤粉对煤种适应性较强,因此只要煤的发热量与锅炉设计要求大体相符即可。

3 碳捕集与封存展望

煤炭和其他化石燃料将继续在满足中国乃至全球未来能源需求方面发挥重要作用。由于电力需求增长,未来20~30 a中国仍将以燃煤发电为主^[9]。中国经济快速发展伴随着巨大的环境挑战,电力和工业严重依赖煤炭,导致燃煤 CO_2 排放量呈增长趋势,温室效应越来越严重,全球变暖、海平面上升等都给人类生存带来巨大挑战,减少碳排放已成为中国乃至全球保护大气的重大举措。碳捕集与封存技术是减少化石燃料使用过程中 CO_2 排放量的技术途径之一^[10]。燃煤电厂 CO_2 捕集是指将 CO_2 从燃煤锅炉尾部烟道中通过物理或化学方法分离出来并浓缩聚集的过程。投资和运行费用昂贵是 CO_2 捕集最大的障碍,因此降低投资费用和运行能耗是碳捕集与封存技术的发展方向。目前电厂主要有3种不同的捕集技术路线,即燃烧前脱碳、燃烧后脱碳以及富氧燃烧技术^[11]。

CCS在中国的发展经历了从最初的研发、对CCS技术探索到在大型试点项目中按各种规模开展技术示范的过程。虽然完整的CCS大型示范项目仍处于早期和规划阶段,但中国已通过集成各种成熟和开发中的技术,开展了CCS中试项目,积累了丰富的知识和技术经验,有助于推进CCS的技术示范和应用。其中燃烧后捕集可直接用于传统电厂,投入相对较少。CCS分支较多,可分为化学吸收法、

物理吸附法、膜分离法、化学链分离法等。

中国华能集团公司高碑店热电厂项目是中国首个燃煤电厂 CO_2 捕集示范工程,由中国华能集团公司和西安热工研究院有限公司共同开发。该项目总投资约3000万元,自2008年投入运行以来, CO_2 回收率大于85%, CO_2 纯度达到99.9%, CO_2 售给当地饮料生产厂家。高碑店电厂每年排放 CO_2 约400万t,日捕集量最大达12t。生产每吨食品级 CO_2 的成本大约是400元。

中国华能集团公司上海石洞口第二热电厂2台66万kW的国产超超临界机组,利用自主研发的燃烧后捕集技术,年捕集 CO_2 10万t, CO_2 纯度高于99.5%。碳捕集装置于2009年投入运营,处理烟气流66000 m^3/h ,约占项目中机组额定工况总烟气流量的4%。设计年生产食品级 CO_2 10万t,售给当地企业。每捕集1t CO_2 需消耗电量75kWh。碳捕集装置投资约1.5亿元,该项目是世界上最大的火电厂捕集装置之一^[12-13]。

中国电力投资集团公司重庆合川双槐电厂碳捕集项目包括2座装机容量为300MW的机组。项目位于重庆市合川区双槐镇,始建于2008年9月,于2010年1月运行。年处理烟气流为5000万 m^3 ,年产工业级 CO_2 1万t。该项目投资1235万元,碳捕集率高于95%, CO_2 纯度高于99.5%。该流程中,每捕集1t CO_2 需消耗低压蒸汽3.5GJ和电能90kWh。双槐电厂生产液态 CO_2 成本约为400元/t,捕集后排放尾气中的 CO_2 小于1%。

4 结 语

中国动力煤的发热量普遍较高,其中绝大部分动力煤的发热量符合现行工业用煤质量标准,但个别地方动力煤未经分选,矸石含量大,灰分偏高,影响了发电效率。随着煤炭资源整合和产业结构调整,动力煤宜全部入选^[14],提高煤炭利用率,供给用户优质煤炭,保证绿色发展。动力煤燃烧发电为社会带来进步的同时,也造成严重环境污染,全国每年向大气中排放的 CO_2 高达70亿t。在化石燃料必不可少和没有太多脱碳选择的情况下,减少温室气体排放的CCS发挥着重要作用。鉴于中国能源需求在全球份额中的比例日益提高,碳排放日益增加,中国CCS的发展速度将对CCS在全球范围内的总体碳减排潜力产生重大影响。

参考文献:

- [1] 陈亚飞, 姜英. 国家“973”项目研究中动力煤样品的代表性分析[J]. 洁净煤技术, 2003, 9(1): 40-44.
- [2] 陈文敏. 中国动力煤供需现状及展望[J]. 煤炭分析及利用, 1994(3): 1-5.
- [3] 王励前. 中国的动力煤和某些困难煤种特性[C]//第九届全国电除尘学术会议暨第一届脱硫学术会议论文集. 厦门: [s. n.], 2001: 17-24.
- [4] 李文华, 翟炯. 中国动力煤的灰分硫分和发热量[J]. 煤炭转化, 1994, 17(1): 16-25.
- [5] 秦云虎, 秦勇, 李壮福, 等. 中国优质环保型动力煤类型划分及总体构成[J]. 能源技术与管理, 2006(6): 83-85.
- [6] 于健, 龚福林. 浅谈动力煤质量评价体系的建立[J]. 煤质技术, 2009(2): 8-10.
- [7] 王世昌. 中国动力煤挥发分发热量分布规律[J]. 电站系统工程, 2012, 28(3): 26-30.
- [8] 孙翠芝, 叶大武. 中国原煤及商品煤硫分分布概况[J]. 煤质技术, 2012(3): 5-9.
- [9] 张振冬, 杨正先, 张永华, 等. CO₂ 捕集与封存研究进展及其在我国的发展前景[J]. 海洋环境科学, 2012, 31(3): 456-459.
- [10] 仲平, 彭斯震, 张九天, 等. 发达国家碳捕集与封存技术的发展及对中国的启示[C]//2011 中国可持续发展论坛 2011 年专刊(一). 珠海: 中国可持续发展研究会, 2011.
- [11] 田贺永, 王万福, 王任芳, 等. 二氧化碳捕集技术研究[J]. 能源环境保护, 2012, 26(6): 39-42.
- [12] 孙欣. 燃煤电厂二氧化碳捕集与储存技术[J]. 中国煤炭, 2008, 34(4): 96-99.
- [13] 许世森, 鄒时旺. 燃煤电厂二氧化碳捕集、利用与封存技术[J]. 上海节能, 2009(9): 8-15.
- [14] 戴和武, 杜春芳. 提高动力煤质量 发挥环境和经济效益[J]. 中国煤炭, 1996(11): 32-36.

《矿业安全与环保》2015 年征订启事

《矿业安全与环保》杂志是属国家煤矿安全监察局主管, 由中煤科工集团重庆研究院有限公司与国家煤矿安全技术工程研究中心共同主办, 面向国内外公开发行的国家级科技期刊, 是煤炭行业具有较高学术影响力的知名期刊之一, 系全国中文核心期刊、中国科技核心期刊, 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊, 中国知网、中国学术期刊(光盘版)全文收录期刊, 万方数据数字化期刊群全文上网期刊, 中文科技期刊数据库原文收录期刊。以报道煤矿及非煤矿山安全技术、矿山环境保护技术为宗旨, 包括矿井瓦斯、煤与瓦斯突出防治技术与装备; 矿井通风防火技术与装备; 工业粉尘及可燃性气体、粉尘爆炸防治技术与装备; 矿山救援技术与装备; 矿井水害防治技术; 矿山压力与井巷支护技术; 安全与环境监测、控制技术; 物探与岩土工程技术; 煤矿安全管理与评价; 矿山热害、污染治理及综合利用等环保技术; 兼营广告业务。

《矿业安全与环保》为双月刊、国际标准大 16 开本、112 页, 2015 年定价 18 元/册, 全年 6 期共 108 元。本刊刊号为 ISSN 1008-4495、CN 50-1062/TD, 邮发代号 78-35, 欢迎广大读者到当地邮局订阅, 也可随时直接汇款到杂志社订阅(邮局和银行汇款请注明“订刊款”字样)。

地址: 重庆市九龙坡区二郎科城路 6 号中煤科工集团重庆研究院有限公司内 邮政编码: 400039

电话/传真: 023-65239221 电子邮箱: bianjibu@cqceri.com(投稿) kyaqyhbagg@163.com(广告、发行)

开户名: 中煤科工集团重庆研究院有限公司 账号: 3100034119100029382 开户银行: 中国工商银行重庆石新路支行

《粉煤灰》2015 年征订启事

《粉煤灰》期刊为双月刊, 邮发代号 4-639, 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司主管, 上海市建筑科学研究院主办。为适应我国建材市场的发展及对固体废物再生利用的重视, 满足我国推广环保经济、发展生态建材的需求, 《粉煤灰》期刊近年来在办刊宗旨上进行了调整, 在重点介绍粉煤灰综合利用的同时, 将内容延伸至整个工业、农业、城市固体废物综合利用领域, 以此适应我国社会经济、科学发展的需求, 在固体废物再生利用上做深、做实、做透, 使期刊成为学科领域重要信息载体。

主要内容包括: 尾矿、赤泥、钢铁渣、煤矸石、粉煤灰、工业副产石膏、城市污泥、建筑垃圾等大宗工业、农业、城市生活中所产生的固体废物综合利用的政策、标准、技术、信息、设备、调查报告等。全年订价 60 元, 可从邮局订阅, 也可汇款至编辑部订阅。

银行汇款方式:

汇入地点: 上海 汇入银行: 招商银行上海徐家汇支行

汇入单位: 上海市建筑科学研究院(集团)有限公司 汇入账号: 212886285710001

邮局汇款方式:

地址: 上海市西区徐家汇宛平南路 75 号 单位: 《粉煤灰》编辑部 邮编: 200032

联系人: 李春霞 电话: 021-64640711、64390809-355 传真: 021-64694510