

低碳经济背景下的煤炭地下气化技术

赵克孝,上官科峰,卢 熹

(华亭煤业集团有限责任公司,甘肃 华亭 744100)

摘要:介绍了煤炭地下气化的基本原理及气化产品的市场前景。重点分析了煤炭地下气化技术开采能耗的低碳化、开采方式的低碳化、热效率的提高以及有利于碳捕获与封存方面的特点,从而论证了其在节能减排中的重要作用。在开采方式中因为 CO₂ 的循环利用、减少井巷工程和减少报废矿井煤炭自燃和矸石山自燃、煤与瓦斯共采等优良特性证明其本身就是一种天然的节能减排采煤方式。

关键词:煤炭地下气化;技术经济;低碳经济

中图分类号:TD841

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2011)06-0001-03

发展煤炭地下气化技术是世界煤炭开采的研究方向之一。有资料显示,实施煤炭地下气化,可减少 CO₂ 排放量达 80%^[1]。

围绕中国“资源节约、环境保护”的基本国策和煤炭产业“低品位、难采矿的地下气化”的重大需求,针对现存量面广的废弃煤资源二次回收利用问题,发展新型煤炭地下气化再开采方法,是提高煤炭资源综合回采率和利用率的关键技术问题,是发展循环经济,节约资源,延长矿井寿命,老矿挖潜的一条重要途径^[2]。

1 煤炭地下气化简介

1.1 基本原理

煤炭地下气化就是向地下煤层中通入气化剂,使煤炭进行有控制的燃烧,通过对煤的热作用及化学作用产生可燃气体,然后将产品煤气导出地面再加以利用的一种能源采集方式。它是集建井、采煤、气化技术为一体的新技术,将物理采煤转变为化学采煤,即把高分子固体煤转变为低分子结构的可燃气体,抛弃了全部庞大而笨重的采煤设备与地面气化设备,并大幅度减小建井规模,具有安全性好、污染少、投资小、成本低、效率高、见效快等优点^[3]。

1.2 煤炭地下气化的产品市场

图 1 为煤炭地下气化煤气综合利用示意,由图 1 可以看出煤炭地下气化的产品用途广泛,具有广阔的市场前景。粗煤气净化过程中可获得焦油和硫产品、酸产品和苯产品等,净化后的燃气可以就近进行燃气发电或作为民用燃气。还可用于提取纯 H₂ 或作为制取合成氨、二甲醚和合成石油的原料。

朱铭^[4]研究表明在地面以上引进技术生产的合成氨、二甲醚、合成油等化工产品成本很高,没有竞争力。而煤炭地下气化产品的成本低廉,具备很强的市场竞争实力。

2 煤炭地下气化对减排的作用

相对于其它煤炭开采和利用方式,煤炭地下气化的 CO₂ 排放明显减少,是真正意义上的低碳经济背景下的绿色采矿技术。

2.1 开采能耗的低碳化

国内几个大型矿业集团统计资料表明,吨煤生产综合耗电量约 40 kWh(最高达 80 kWh),选煤耗电量约 8 kWh/t,中小型矿业集团受资源条件 and 生产设备的限制,能耗更高。煤矿区的能源消耗会直接(煤、油燃烧,坑口电站发电)和间接(外购电)排放 CO₂。资料表明,产生 1 kWh 电排放 0.872 kg

收稿日期:2011-08-27 责任编辑:宫在芹

基金项目:教育部科学技术研究重点项目(02019);国家攀登计划项目(0A090239)

作者简介:赵克孝(1961—),男,甘肃泾川人,高级工程师,研究方向为煤矿井下支护。

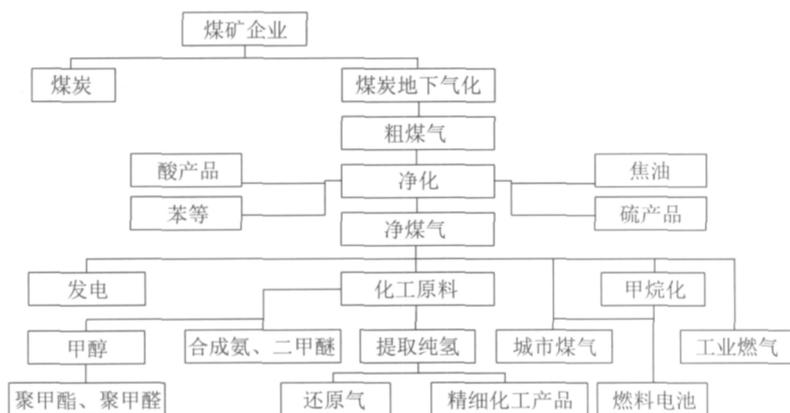


图1 煤炭地下气化煤气综合利用示意

CO₂(煤耗 350 g/kWh)。按上述大型矿业集团的能耗数据计算 2009 年、2010 年中国因煤炭生产耗能间接导致 CO₂ 排放量分别为 11022.78 万 t 和 12459.19 万 t,减排空间巨大,具体情况见表 1。

表 1 中国煤炭生产耗能间接排放 CO₂ 量

年份	项目	产量/亿 t	CO ₂ 排放/万 t	累计 CO ₂ 排放量/万 t
2009	原煤	29.1	10150.08	11022.78
	入洗	11	872.70	
2010	原煤	32.4	11301.17	12459.19
	入洗	16.6	1158.02	

在原煤生产能耗中:主通风机、主排水、主提升、压风(四大件)占原煤生产能耗的 80% 左右,四大件运行状况直接影响企业能耗。煤炭地下气化技术,尤其是无井式气化,由于无需进行井下通风和排水,也不存在煤炭、材料和人员的运输问题,更不存在复杂的建井和巷道开掘工作,能耗主要集中在制氧工艺上,如果直接鼓入空气,能耗将大大降低。因此,地下气化开采过程中能耗要大大低于传统的采煤方法。其单位耗能低于选煤的单位耗能。因此,煤炭地下气化是一种低碳采煤法^[5]。

2.2 开采方式低碳化

2.2.1 CO₂ 循环利用

近几年研究热度较高的 CO₂ 捕获和封存技术虽然前景较为广阔,但成本非常昂贵,对封存设施要求较高,技术不成熟,仍然在摸索和探讨阶段,因此,煤炭地下气化是一项降低 CO₂ 排放的首选技术。

煤炭地下气化生产的煤气燃烧产生的 CO₂ 经过碳捕获之后,可以作为气化剂注入地下气化工作面参与反应生成 CO,不仅有利于 CO₂ 的减排,而且

有利于提高气化后产品——煤气的品质和热值。因此,在煤炭地下气化过程中,CO₂ 是可以反复循环利用的,这与传统的化石能源利用方式有本质的区别,可以大大降低 CO₂ 的排放量。如果在地下气化后的产品——精煤气燃烧或者发电的过程中只注入纯氧,生成的产物中 CO₂ 不需要进行捕获就可以直接作为气化剂注入地下气化工作面,相当于节省了碳捕获的成本。同时,由于地下气化过程中一般需要制氧设备,不需要额外增加制氧设备。

2.2.2 减少井巷工程

有井式煤炭地下气化可以充分利用已有的井巷工程开采难采煤资源,相对于煤炭企业从原所在地搬迁设备、开掘新的井巷工程从而形成新的矿井,不仅节省了投资,提高了资源的回采率和设备的利用率,而且减少了碳排放。

对于无井式煤炭地下气化,只需要在地面打钻孔,即可大大减少井下井巷工程,因此无井式煤炭地下气化更充分地体现了集建井、采煤、气化工艺为一体的多学科开发洁净能源与化工原料新技术的优势,从而减少了碳排放。

2.2.3 减少报废矿井煤炭自燃和矸石山自燃

预计到 2020 年,中国报废矿井将达到 541 处。矿井废弃后,采空区自燃现象加剧,向大气排放大量的有害气体,造成大气污染^[6]。煤炭地下气化可以对这些报废矿井遗留的煤炭资源进行二次开采,从而避免采空区自燃而产生的有害气体排放。相对于传统的二次开采方式,煤炭地下气化方式井下无人生产,从而避免了因保护煤柱强度下降而导致的顶板跨落和瓦斯积聚等安全问题。

此外,井下矸石在地面堆积形成矸石山占用大量农田,矸石自燃还会产生大量 CO₂ 及有害气体。

煤炭地下气化后灰渣仍留在地下,可大大减少地面下沉量,必要时辅之以充填措施,保证地面建筑物不受影响。地下气化技术尤其是无井式气化在开采过程中不产生矸石,可避免传统采煤和地面气化过程中造成的废气、废水、废渣等污染,从而达到减排的目的。

2.2.4 煤与瓦斯共采

2006年—2010年全国煤矿瓦斯抽采量增加了60亿 m^3 ,2010年全国煤矿瓦斯排放总量超过225亿 m^3 ,但中国煤矿瓦斯抽采利用绝大部分只是针对中高浓度瓦斯,而占煤矿瓦斯排放总量90%的低浓度瓦斯利用较少,尤其是浓度低于1%的矿井乏风瓦斯基本没有利用,2010年煤矿瓦斯利用量仅为36亿 m^3 左右,其余瓦斯则被直接排入大气中。瓦斯的主要成分 CH_4 对臭氧层的破坏能力相当于 CO_2 的7倍,产生的温室效应相当于 CO_2 的21倍^[7-8]。

传统的采煤过程中,瓦斯是一种危险源,因此在开采过程中要采取措施进行排放。在瓦斯浓度高的矿井需要进行预先抽放,增加了投资,导致额外的能量消耗和碳排放。最新的煤与瓦斯共采技术虽然比较先进,但是较复杂,依然存在高投资、高排放问题。

而煤炭地下气化是一种化学采煤法,变传统的物理采煤为化学采煤,开采过程中煤层中的瓦斯对开采没有影响,可以作为气化的产品——煤气的组成部分通过钻孔导出到地面。2005年,中国矿业大学在重庆中梁山北矿进行的煤炭地下气化试验首次实现了在高瓦斯矿井进行地下多煤层联合气化,这一试验的成功对今后煤炭开采过程的碳排放量控制具有重要意义。

地下气化过程不需要增加任何设备和投资,也不会消耗额外的能量和导致新的碳排放。所以,地下气化技术实质就是一种不会导致新的碳排放的煤与瓦斯共采技术。

2.3 提高热效率

传统的煤炭消费方式利用率低。各类燃煤设备技术及制造水平较低,使用能耗高、排污量大。2009年全国在用锅炉总数59.52万台,工业锅炉约58.48万台,其中燃煤锅炉约48万台^[9],平均热效率仅有60%左右,工业窑炉平均热效率约为40%,城镇居民生活燃煤热效率平均仅为22%左右。而采用合适的煤炭地下气化技术,热效率可高达

87%。这一方面节约了不可再生资源,另一方面意味着单位热值的碳排放降低,从而达到减排的目的^[10]。

2.4 有利于碳捕获与封存

煤炭地下气化形成的燃空区为碳封存提供了良好的场所,在地下深部进行煤炭地下气化不仅有利于地下气化炉的密封,而且其高压环境还有利于 CO_2 的封存。煤炭地下气化技术的环境可以作为碳捕获与封存的首选试验环境。

3 结 语

煤炭地下气化技术相对于传统的物理采煤来说从开采能耗的低碳化、开采方式低碳化、提高热效率和有利于碳捕获与封存等几个方面对节能减排都将起到无可替代的作用,正是低碳经济背景下节能减排的首要手段,在今后的节能减排中将扮演越来越重要的角色。同时政府应加深对此项技术重要性的认识,并制定相关的优惠政策,支持煤炭地下气化和相关产业链的发展。

参考文献:

- [1] 徐建培,司千字,张兆响,等.煤炭地下气化技术经济评价体系研究[J].煤炭经济研究,1999(9):57-59.
- [2] 余力.煤炭地下气化学术论文选集[C].北京:中国矿业大学出版社,2003:1-2.
- [3] 王作棠,付振坤,焦景立,等.地下气化火焰工作面位置微地震探测[J].采矿与安全工程学报,2008,25(4):394-399.
- [4] 朱铭.低碳经济看煤地下气化[J].知识就是力量,2010(3):20-22.
- [5] 黄温钢,辛林,吴俊一等.从低碳经济看我国煤炭地下气化的前景[EB/OL].中国科技论文在线,2010-08-02.
- [6] 初莱,李华民,余力,等.煤炭地下气化-回收报废矿井中煤炭资源的有效途径[J].中国煤炭,2001,27(1):22-29.
- [7] 申宝宏,杨丽.煤矿区低碳发展途径探讨[J].中国能源,2010(2):5-7.
- [8] 王一淑.推进煤矿环保 构建和谐绿色矿山[J].洁净煤技术,2011,17(4):104-107.
- [9] 黄温钢,王作棠,段天宏,等.华亭煤空气、富氧及纯氧地下气化特性研究[J].洁净煤技术,2011,17(3):10-12.
- [10] 曹会玲,陈贵锋,吴立新,等.中小用户用煤现状分析及政策建议[J].洁净煤技术,2011,17(5):1-4.

(下转第6页)

为: $(52\% - 35\%) / (52\% - 10.5\%) \times 100\% = 41\%$ 。

2010年煤泥产量为4.89万t,与2009年相比,2010年少产煤泥: $4.89 \text{ 万 t} / (1 - 41\%) \times 41\% = 3.40 \text{ 万 t}$,减少的煤泥全部转化成精煤。精煤价格1500元/t,煤泥价格500元/t,则浮选系统改造后增加经济效益: $3.40 \text{ 万 t} \times (1500 \text{ 元/t} - 500 \text{ 元/t}) = 3400 \text{ 万元}$ 。

5 结 语

梁北选煤厂通过增加粗煤泥处理系统,实现了

处理量从90万t/a到120万t/a的跨越;通过调节各系统入料粒级,处理量从120万t/a提高到150万t/a。梁北选煤厂的成功扩能说明了重选系统、粗煤泥系统和浮选系统的入料粒级调配在扩能中的重要作用,也为其它选煤厂的扩能改造提供了理论基础。

参考文献:

[1] 谢广元. 选矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.

Capacity expansion reform of Liangbei coal preparation plant

HAN Heng-wang¹, ZI Tao^{1,2}, LU He-de¹, LIU Shi-li¹

(1. Liangbei Coal Preparation Plant Henan Shenhua Group Co., Ltd. Xuchang 461000, China;

2. School of Chemical Engineering and Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Primary technical reform and the secondary capacity expansion reform have been made to solve the problems existed in washing process in Liangbei coal preparation plant. Thanks to the coarse coal slime processing system, the production capacity is improved from 0.9 million t/a to 1.2 million t/a, separation precision of cyclone is also improved. The medium consumption is reduced from 3 kg/t to less than 1 kg/t. By adjusting size fraction of coal slime, the processing capacity is up to 1.5 million t/a, the quantity of raw coal feed and ash content of gangue are improved, the product quality is easier to control. In 2010, the coal preparation plant has created 266.43 million yuan benefit more than in 2009. The successful capacity expansion reform identifies that the size fraction adjustment plays an important part in reform and this reform also provides theoretical basis for other coal preparation plants.

Key words: gravity separation; flotation; coarse coal slime; size fraction; processing capacity; raw coal feed quality

(上接第3页)

Green mining technology under the background of low-carbon economy—underground coal gasification

ZHAO Ke-xiao, SHANGGUAN Ke-feng, LU Xi

(Huating Coal Industry Group Co., Ltd. Huating 744100, China)

Abstract: Describe the basic principle of underground coal gasification and market prospect of its products. Emphasize the low carbon feature of this technology, which specifically manifests in mining energy consumption, mining methods, increase of thermal efficiency. This feature is benefit for carbon capture and sequestration. It also plays an important part in energy conservation and CO₂ emission reduction. The recycling of CO₂, reduction of shaft engineering, CO₂ emission of scrap mines as well as gangue hills' spontaneous combustion, simultaneous mining of methane and coal all illustrate that underground coal gasification is a natural, energy-saving and low-emission mining method.

Key words: underground coal gasification; technological economics; low-carbon economy