

环境可承载的气化技术应用前景分析

张洪伟, 林 静

(中国五环工程有限公司, 湖北武汉, 430223)

摘要: 我国是一个煤炭产出和消费大国, 未来几十年经济发展离不开煤炭的国情决定了我国低碳经济发展离不开煤气化技术的发展。随着科技的不断进步, 煤气化技术可谓日新月异, 但是, 并不是每一种煤气化技术均适合于中国的国情。笔者正是从此思路出发, 通过一系列的分析与论述, 认为当前及未来煤气化发展领域中最有潜力的技术莫过于粉煤气化干法除灰技术。

关键词: 环境保护; 粉煤气化; 干法除灰; 节能; 减排

中图分类号: X701

文献标识码: A

文章编号: 1006-8719(2012)-03-0045-03

1 引言

坚持资源节约和环境保护的基本国策, 事关人民群众切身利益和中华民族生存发展, “十一五”期间, 通过淘汰落后产能等举措的实施, 为我国实现节能减排目标发挥了积极的作用。未来的几十年里, 我国经济仍将高速发展, 对能源资源的需求将与日俱增, 由此而来对环境所产生的影响也是非常巨大的。因此, 我们必须寻求一种更加具有永续发展理念的经济发展模式, 力求经济发展永续, 节能减排永续, 环境保护永续。这一点就要求我们必须从现在做起, 从细节做起, 认真地去关注和对待每一件关系当代和子孙后代生存与发展的重大事宜, 实现经济真正意义上的清洁发展, 为子孙后代谋福祉。

在我国能源结构中, 煤炭占 68.7% (煤炭消费量中电力用煤约占 50%), 石油占 18%, 天然气占 3.4%, 可再生能源占 9.9%, 而世界平均能源结构中, 煤炭占 28.4%, 石油占 35.8%, 天然气占 23.7%, 可再生能源占 12.1%。这一方面说明我国经济的发展对能源消费、外延式发展的依赖很强, 另一方面说明我国化石能源, 尤其是煤炭消费比重过大。2003 年至 2009 年, 我国 GDP 平均增长率约为 10.62%, 此间一次能源消费平均增长率为 10.25%, 其中煤炭为 10.34%, 与 GDP 的增长率基本相当。

中国作为全球最大的煤炭生产国, 煤炭年产量超过 30 亿 t, 但中国同时也是煤炭净进口国。2010 年我国煤炭进口保持快速增长, 出口继续下降。据海关数据显示, 全年进口煤炭 16 483 万 t, 同比增长 30.99%; 出口煤炭 1 903 万 t, 下降 15.03%; 净进口煤炭 14 580 万 t, 较上年增加 4 237 万 t, 同比增加 29%。这也是自 2009 年我国首次成为煤炭净进口国后, 煤炭净进口继续高速增长。

笔者认为, 国民经济的发展必须从现实的资源能源国情出发, 秉承科学发展观, 立足于煤炭, 从“洁净煤技术”开始, 到整个产业链的每一个环节, 注重细节, 从一点一滴做起, 不断提升技术力量和科研水平, 加大政策扶持和导向力度, 走出一条适合中国国情且有利于经济效益与社会效益共生发展的和谐之路。

2 新型煤气化技术是低碳经济发展的关键

我国煤炭资源利用较为粗放, 以直接燃烧为主的利用方式造成了巨大的资源浪费和环境污染, 这是不争的事实。因此, 改变粗放的能源消费模式, 提高能源的利用效率, 减少二氧化碳等温室气体的排放, 迫在眉睫。

科学技术的不断进步促进了洁净煤气化技术的发展与成熟。按气化炉进料方式划分, 目前比较先进的新一代煤气化技术主要有干粉煤加压气化技术和水煤浆加压气化技术两种, 其中干粉煤气化技术包括: 荷兰 Shell 公司的 SCGP 粉煤加压气化和工艺、Krupp-Uhde 公司的 Pronflo 粉煤加压

收稿日期: 2012-01-02

作者简介: 张洪伟, 男, 1979 年 2 月生, 工学硕士, 注册咨询工程师, 主要从事与干粉煤气化有关的设计与研究。



图1 为某建设中的 SHELL 煤气化装置

气化工艺、德国西门子 GSP 气化工艺、中国五环公司的 WHG 气化工艺、德国科林 CCG 气化工艺等；水煤浆加压气化技术包括：美国 GE 公司的水煤浆加压气化工艺、美国康菲公司的 E-GAS 加压气化工艺、多喷嘴水煤浆加压气流床气化技术等。经过多年的实践，新型煤气化技术较传统燃煤技术而言，其优势已经凸显出来，具体如下：

(1) 煤炭利用率高。

相对于传统的煤炭直接燃烧而言，煤气化技术在煤炭的利用率上有着得天独厚的优势，碳的转化率很高（视工艺的不同，一般在 95%~99% 之间），合成气中有效气体组分含量高（ $\text{CO}+\text{H}_2$ 在 90% 以上），单位体积合成气的煤耗、氧耗量低，不含重烃，甲烷含量极低。

(2) 产品多样，易于输送

煤气化作为“煤头”，可以为产业链下游提供合格的合成气（有效组分为 $\text{CO}+\text{H}_2$ ），并通过产业链的延伸，生产出各种各样的化工产品，还可以作为居民用燃气，为大城市居民提供生活上的保障，更可以用来发展绿色发电（IGCC）。

通过煤气化技术将固体的煤炭转化为气态、液态或者电力等易于输送介质（可以借助于管道等载体），进而节省了大量的人力和物力，方便快捷，这不仅体现在经济效益上，更体现在社会效益

和环境效益上，这是一个无法估量的效益。

(3) 环境保护标准高

煤炭经过高温气化后产生的炉渣经激冷形成玻璃状颗粒以及煤炭燃烧产生的飞灰，物性稳定，气化污水中含氰化物少。飞灰和炉渣都是可以利用的宝贝，如可将飞灰直接掺入到水泥中，或制作成环保空心砖等，用途多样，节能环保。这不仅解决了废物的处理问题，更加产生了积极的社会效益和可观的经济效益，对环境保护十分有利。

(4) 脱硫脱硝一步到位

传统的干法脱硫或者湿法脱硫技术，虽然能够去除烟气中大部分硫化物（视工艺不同，脱硫率一般在 70%~95%，而实际一般低于这个值），但是无法实现硫的循环再使用。

而新型煤气化技术正好能够解决这个问题。例如在煤制甲醇项目里，来自煤气化装置经过 CO 变换工序出来的变换气中二氧化碳含量为 35.5%， $\text{H}_2\text{S}+\text{COS}$ 含量为 0.17%，此外还有微量的 HCN 、 NH_3 等。在经过酸性气体脱除工序后，富裕的二氧化碳气体和无用的 H_2S 等气体被分别剥离出来，其中 H_2S 等酸性气体性气体经过硫回收工序后，生产出了硫磺产品，可为产业链下游产品提供原料。

(5) 二氧化碳更易于捕捉、收集

众所周知，二氧化碳是导致全球气候变暖的最重要的温室气体，而我国以煤炭为基础能源发展经济的过程中，却排放出了大量的二氧化碳，这主要是由于对于传统燃煤技术而言，二氧化碳的捕捉是最昂贵和复杂的环节，但新型煤气化技术却能轻而易举地解决这个技术难题。正如前述第四条中论述，我们在酸性气体系统脱除工序即可将富裕的二氧化碳气体有效剥离，为后续工作奠定了基础。

目前，全世界的二氧化碳排放总量是几十亿吨的数量级，但在未来，如果加强二氧化碳利用系统的科研工作，发明新型的二氧化碳化工利用体系和高附加值的产品，将会大大增加二氧化碳减排量。由此可见，新型煤气化技术的环保功效是传统燃煤技术所无法比拟的。

(6) 国产化水平高

由于煤气化技术对设备、管道等材质要求较高，相对于传统燃煤技术而言，投资高成了煤气化技术发展的瓶颈。但是，随着我国制造业发展水平的提高，煤气化管道设备材料国产化明天提高，就当前两个主流煤气化技术应用情况而言，Shell 工

艺的设备国产率可以达到 85%以上,而 GE 工艺的国产化率更高,现已达到 90%以上。如果国产率进一步提高,整个项目的投资就会降下来,那么就能更好地显现出煤气化项目的经济效益,从而为煤气化的发展奠定了基础。

3 粉煤气化干法除灰煤气化技术发展前景广阔

前面已经对多种新型煤气化技术的优势进行了详尽的分析与论述,但是由于我国煤炭资源主要分布在山西、陕西、内蒙、新疆等地,此区域地质特征主要表现为煤炭资源丰富,土地沙漠化严重,常年干旱少雨,局部连人畜用水都很难满足。如果在此区域发展大型现代化煤化工项目,我们不仅要考虑二氧化碳、硫化物、氮化物等的排放问题,更要考虑当地的自然资源的承载能力,特别是水资源的承载能力。图 2 为内蒙古某煤化工项目旁的自备水库,同时,该水库周围数百里范围内的人畜用水也来自该水库。

随着采煤机械化程度的不断提高,采煤、洗煤过程中产生了大量的粉煤,其含量已占总采量的 50%以上。为了实现煤炭资源的充分利用,大力发展新型的粉煤气化技术成为了我国未来气化技术发展的主要方向。

对于粉煤气化技术而言,在除灰方面也存在一定的差异,即主要包括以 SHELL 煤气化为代表的干法除灰+湿法洗涤技术和以 GSP 煤气化为代表的激冷分离+湿法洗涤技术两种。虽然 SHELL 煤气化技术较 GSP 增加了除灰工序,由此相应增加了一定的投资,但是 GSP 煤气化技术由于生产过程中产生了大量的黑水,且黑水非常难处理,为此增加的水处理装置投资不亚于 SHELL 煤气化装置除灰工序的投资。同时,由于 SHELL 气化过



图 2 内蒙古某煤化工项目旁的自备水库

程无废气排放,系统排出的融渣和飞灰含碳低,可作为水泥等建筑材料,堆放时也无污染物渗出。气化污水不含焦油、酚等化学物质,容易处理,需要时可作到“零”排放。

由此不难看出,以 SHELL 为代表的干法除灰+湿法洗涤技术,是适应我国低碳经济发展,满足我国能源分布结构,能够最大限度地创造出经济效益与社会效益的气化技术,是我们未来努力提升、发展与应用的主要方向,具有广阔的发展前景。

4 二氧化碳综合开发利用前景广阔

煤气化技术之所以先进,不仅在于其自身的技术优势,更在于它在节能、环保等方面的突出优势。当前,二氧化碳的排放问题一直困扰着我们的发展,如何有效处理这个问题,将是决定未来能源发展的战略性问题。

(1) 二氧化碳综合利用的前提: CCS 技术

在煤炭转化为低碳的终端能源以及煤炭的其它转化过程中,与常规燃烧技术等一样,都会排放出 CO_2 , 只有对排放出的 CO_2 进行处置,才能真正实现将煤由高碳能源转为低碳终端能源。将 CO_2 从工业排放源捕集并永久封存的综合技术称为 CO_2 的捕获和封存,简称 CCS (CO_2 Capture and Storage)。CCS 是一项系统工程,包括将工业装置排放的 CO_2 分离、捕获、液化的工业设施,经过输送管网送至封存区的管道输送系统,在封存区加压灌注进入地下封存库,最后实现永久封存的灌注系统和安全检测系统。CCS 是未来最具潜力的能实现 CO_2 大规模处置的技术,是煤炭通过清洁转化,实现煤基低碳能源供应的重要技术组成部分,也是减少温室气体 CO_2 排放、缓解全球气候变暖的最主要手段之一。

(2) 二氧化碳的封存技术和利用

CO_2 的封存技术主要包括地质封存、陆地生态系统贮存、生物贮存、海洋贮存、矿物贮存以及资源化利用等。目前 CO_2 资源化利用,减排量微乎其微,陆地林业和湿地生态碳汇是一个长期的生态保护措施,将 CO_2 通过矿化、海洋封存等方法减排,因多种原因受到限制,不能有效或安全地大规模使用,处于探讨阶段,而地质封存被广泛认为是现实和有效的固碳方法。

二氧化碳的地质封存技术和利用主要包括以下几种:

- 一、将 CO_2 注入废弃或无商业开采价值的油
- (下转第 53 页)

图表中查出),降雨深度超过 $1.4n_0(\text{mm/h})$ 的小时数 $t_r=85(\text{h/y})$, 因此平均溢流率为 $9.2(\text{mm/h})$, 稀释率为 9.6 , 溢流量 $69.6 \times 10^6 \text{m}^3/\text{y}$ ($19.1 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$), 同时溢流期间被截流量 $48.5 \times 10^6 \text{m}^3/\text{y}$ ($13.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$), 溢流的 BOD_5 量 1309t/y (3.6t/d)

采用以上方法, 在各种截流倍数下排入某河道的年 BOD_5 量(t/y)计算。

绘出该曲线(见图 4), 可以知道不同截流倍数条件下, 年平均溢流入某河道水体的 BOD_5 污染量, 最后根据水体对 BOD_5 的自净能力, 来选择截流倍数。

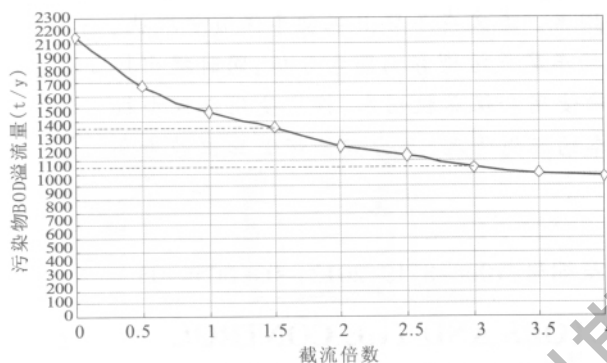


图 5 截流倍数与溢流污染物 BOD_5 量

(上接第 47 页)

气田, 永久封存。

二、将 CO_2 注入开采中的油气田以提高采出率, 待完成开采后实现永久封存。

三、将 CO_2 注入沉积盆地内的咸水蓄水层实现永久封存, 只要有沉积盆地, 就有地下咸水蓄水层, 贮存容量巨大, 将成为最有效的封存方式之一。

四、将 CO_2 注入无商业开采价值的深层煤层, 开采煤层气, 以提高煤层气的采出率, 待煤层气开采完毕后实现永久封存。

五、经压缩、净化、液化和精馏提纯后, 制取食品级液体二氧化碳。

(3) 未来研究方向: 二氧化碳的分解

CCS 技术为 CO_2 规模化、工业化发展奠定了基础。目前, 已有的二氧化碳分解技术都是依靠电力等高品质能源来完成的, 一方面, 二氧化碳被分解成为了 C 和 O_2 , 而另一方面分解二氧化碳所需要的能量却产生了大量的 CO_2 和其他污染物, 此种做法根本不能满足时代的需要, 不仅没有经济效益, 更谈不上社会效益和环境效益。

可以想象, 如果我们能够利用太阳能将 CO_2

采用同样方法可以计算出其它污染物的年平均溢流量, 计算出截流倍数与溢流量的关系, 再根据水体的自净能力, 选择合适的截流倍数。

4 结论

截流倍数的选择, 通过年平均溢流次数及年平均 COD_{Cr} 、 BOD_5 、 TN 及 TP 溢流量的研究及计算, 选择 $n_0=2$ 倍时, 年平均溢流次数约 13 次, 溢流出的 BOD_5 量约为 1309t/y , 其余指标依此类推; 选择 $n_0=3$ 倍时, 年溢流次数约 7 次, 溢流出的 BOD_5 量约为 1145t/y , 其余指标依此类推。由此与某河道、某河该段的自净能力比较(略), 得出某河道段截流倍数为 2, 某河段为 3。

从以上算例可以看出, 合流制截流倍数应综合考虑合流水量、截流规模、排放污染物总量、水体排放要求及水体自净能力等, 最终通过计算比较后确定。

参考文献

- [1] 孙勇. 我国城市人均综合用水量预测方法研究[M]. 同济大学工学博士学位论文, 2003.
- [2] 陈春茂. 截流式合流制排水系统改造应注意的问题[J]. 中国给水排水, 2003, 19(2): 83-84.

低成本、高效分解成 C 和 O_2 的话, 同时利用太阳能将 H_2O 低成本、高效分解成 H_2 和 O_2 , 那么, 这将是一个划时代的能源革命, 届时全人类的能源需求与能源安全就可以得到充分的保障, 笔者相信, 这一天一定会到来。

5 结论与建议

煤炭的利用效率得到大大提高, 环境得到更好的保护, 人类需求的产品更加丰富多样, 二氧化碳 CCS 技术可以得到更好更快地发展, 这一切都是基于煤气化技术的发展与应用。因此, 笔者认为我国政府应该加大资金投入力度去开发具有自主知识产权的新型煤气化技术, 特别是粉煤气化干法除灰煤气化技术, 在设备材料方面力争尽可能地国产化, 减少投资, 提升煤气化项目的竞争力, 逐步抑制燃煤电厂的投资与建设, 大力发展绿色煤电 IGCC 技术、核电以及新能源产业, 逐步使我们国家从产煤用煤大国向新能源利用大国转变, 走出一条适合我国国情的低碳经济发展之路。