

煤炭资源开发与利用新方法——煤炭地下气化技术

Progress in the Coal Underground Pneumatolysis Technology

余 力 梁 杰 余学东
(中国矿业大学 北京 100083)

虽然我国煤炭资源相对较丰富,但是煤炭资源是不可再生的。根据我国国情我国不可能像西欧国家那样将煤矿关闭,而必须利用煤炭保证我国顺利渡过资源经济的后期,因此我国必须在开发、利用与环保协调发展的原则下,解决3个无法回避的问题,即提高煤炭的回采率;最经济、最大限度地、科学地提高煤炭的利用水平;最大限度地减少燃煤污染,最终达到可持续发展的目的。

一、煤炭开发与利用的现状

不可否认,现在世界上面临的环境问题,与能源的选择有关。一个世纪前工业革命以后,采用煤炭做为能源,造成了严重的SO₂、粉尘、CO₂等污染,酸雨的形成也与燃煤有关。大气中天然的SO₂,总共只有1 100万吨,而人类的活动向大气中排放的SO₂已超过1亿吨,还有大量的粉尘。全球共有13亿人生活在SO₂和粉尘超标的地区,每年全球有大约50万人早死于粉尘造成的疾病。可以从表1看出,燃煤和使用石油致使空气中CO₂急剧增加,CO₂在大气中的增加产生温室效应,到2030年可能使全球气温上升1.5~4.5。

表1 1830年以来大气中CO₂的含量变化

年 代	1830	1970	1986	2040(预计)
CO ₂ 大气中含量(ppm)	270	320	3 455	5 400

我国的能源消费占世界的8~9%,但SO₂的排放占世界的15.1%,排放总量为世界第一位;NO_x占10.1%,CO₂占到9.6%,居世界第二位。其中由于燃煤所释放的SO₂占全国总排放量的87%,CO₂占71%,NO_x占67%,粉尘占60%。大量燃煤排放的SO₂和NO_x已经在我国形成了极大的危害。酸雨区域扩大,已超过国土面积的40%,长江以南出现了大面积酸雨,且已在向北蔓延。北京、上海、西安、沈阳、广州名列世界10大污染最严重的城市。

我国经济发展仍沿袭着高投入、高消耗、低产出、低效益的粗放型经济模式,单位产值能耗是发达国家的3~4倍,能源、矿产资源的利用率只有30%。我国煤炭储量虽然相对比较丰富,能源中的70%以上来自煤炭,但长期的掠夺性开采,使煤炭资源迅速枯竭;受回采技术的限制,回采率只有50%左右,小煤窑一般只有10~30%,造成了十分严重的浪费。据不完全统计,被遗弃在地下的呆滞的煤炭资源约300亿吨以上,油页岩约315亿吨以上。已经报废的矿井约为297处,到2000年还将有近300处以上。我国煤炭主要用于直接燃烧,使大量本可用于化工工业深加工的成分被烧掉,造成严重浪费。

因井工、露天开采造成地面塌陷,产生山体滑坡、泥石流、地表沙化、大气尘土污染等一系列问题。截止1990年,全国因煤炭开采造成约30万公顷土地塌陷,且每年新增塌陷地1.33~2.0万公顷;矸石积存达30亿吨,占地1.2万公顷,且仍以年1.3亿吨外排;矸石自然排出大量烟尘及SO₂、CO₂、H₂S等有害气体,严重污染大气环境。

二、煤炭地下气化是开发清洁能源的新技术

早在100多年前以门捷列夫为代表的一些科学家,就提出采煤的目的是提取煤中含能组分而不是采煤本身,并提出了煤炭地下气化的设想:有控制地燃烧处于地下的煤炭,使煤在热作用及化学作用下产生可燃气体,并将建井、采煤、气化三大工艺合而为一,变物理采煤为化学采煤。这种办法抛弃庞大的、笨重的采煤设备与地面气化设备,具有安全性好、投资少、见效快、污染少、效益高等优点。1979年联合国“世界煤炭远景会议”上就明确指出,发展煤炭地下气化是世界煤炭开采的研究方向之一,是从根本上解决传统开采方法存在的一系列技术和环境问题的重要途径。1992年国家科委制定的我国科技中长期发展纲要“白皮书”中明确指出:

“到 2020 年的战略目标和关键技术是完成煤炭地下气化试验研究”并“建立商业性煤炭地下气化站”。

100 多年来地下气化技术, 以其诱人的前景, 促使各国先后投入了大量的人力、物力和财力进行研究试验, 并取得了丰硕的成果。美国能源部宣称: 煤炭地下气化技术已经成熟, 一旦再出现能源危机就将启用该项技术。前苏联已气化了 15 00 万吨煤, 产气 500 亿 m³, 目前正在筹建 8 ~ 10 座日产 100 亿 m³ 以上的气化站。

外国煤炭地下气化多以无井式工艺为主。但该工艺始终未能解决炉型小、热值低、热稳定性差、成本高等问题, 难以走上工业化生产的道路。我们研究总结了各国煤炭地下气化工艺, 结合我国报废煤炭资源逐年增多的国情, 采用“长通道、大断面、两阶段”地下气化新工艺, 采用有井式气化炉。该工艺利用煤与水蒸气的热解反应, 生产热值为 12.56MJ/m³ 以上的水煤气, 含 H₂ 量 60% 左右, 除供直接燃烧使用外, 还可以提取大量纯 H₂, 成本为 0.5 元/m³。该工艺通过了专家鉴定。它构思新颖, 属国内外首创, 在唐山刘庄煤矿工业性试验中, 被证明是非常有效、可靠的, 可以认为是现阶段提高煤炭利用水平的高科技, 具有较好的经济与环境效益, 为进入再生能源时代建起了桥梁。

在现有煤矿建煤炭地下气化炉, 在投资方面有明显的优越性。以往, 国家在煤矿建设过程中投入了大量资金, 一旦矿井报废固定资产也将随之报废。而报废矿井实际上均具备完备的基础设施, 如土地、道路、电网、通讯网、机电维修、办公楼、宿舍等; 经过长期开采地质资料十分详细, 煤层构造十分清楚, 其精确性和可靠性是任何地质勘探无法比拟的。在报废矿井或传统采煤工艺所遗弃的煤炭资源中, 实施煤炭地下气化技术, 既可盘活存量资产又可开发废弃资源, 可谓一举两得。

表 2 报废矿井地下气化基建、生产成本与地面气化比较

	地面煤炭气化	老矿井地下煤炭气化
基建投资	500~ 600 元/m ³	120~ 150 元/m ³
生产成本	0.3~ 0.5 元/m ³	0.15~ 0.2 元/m ³

煤炭地下气化与地面气化相比, 煤炭不需要开采运输, 无需建地面气化炉。建设产生热值为 12.56MJ/m³ 以上的煤气系统, 其成本与地面气化相比(见表 2), 基建投资为地面气化的 1/4 左右, 生产成本为地面气化 1/2 左右。其下游产品, 如甲醇、醋酸、化肥、合成汽油等成本也将降低。据美国专家对地下与地面气化进行的经济分析, 生产相同的下

游产品, 地下气化比地面气化生产成本下降比例为: 生产合成气为 43%, 生产天然气代用品为 10~ 18%, 发电为 27%。据前苏联列宁格勒火电设计院计算, 地下气化热力电厂与燃煤热力电厂相比, 厂房空间可减少 50%, 锅炉金属耗量可降低 30%, 运行人数可减少 37%, 发电成本可降低 28%。它是煤炭开采和利用技术中成本最低、污染最少的(见表 3)洁净煤技术。

表 3 各种煤气的杂质含量(g/Nm³)

杂质名称	煤干馏气	发生炉煤气及水煤气	两段炉煤气(水煤气)	地下气化煤气(烟煤)
苯	25~ 40	—	—	0.08~ 0.3
萘	10~ 15	—	—	0.05~ 0.18
氢	7~ 12	—	0.12~ 0.5	0.03~ 0.17
硫化氢	3~ 10	1~ 5	2~ 5	1.1~ 1.19
氰化氢	1~ 2	—	—	—
焦油	80~ 120	10~ 30	10~ 15	3.5~ 5
氧化氮	0.2~ 0.7	6~ 8	—	—

1997 年 2 月, 在日本东京召开的温室气体集中处理国际会议上, 提出将一切矿物燃料转变为甲醇和氢的新计划。一旦该计划得以实施, 可以有效地控制温室效应。该计划与我们多年所致力的工作——煤炭地下气化的研究、开发的目的是高度一致的。我们始终主张: 将一切在使用过程中产生污染的能源, 都转变为洁净的电或氢能(甲醇), 再由电与氢直接为人类服务。

我们的实践证明, 在高温和煤层中注入水蒸汽, 可获得 H₂ 含量高达 60% 以上的水煤气, 经过分离后可得到大量廉价的氢。另外还具有以下几方面的作用: (1) 可充分回收和利用报废煤炭资源, 提高煤炭资源利用水平; (2) 燃后的灰渣、氧化物、放射物和矸石都留在地下, 避免了地面的废渣堆积, 减少了采煤空间, 减少了对地面的污染; (3) 煤气在地面集中净化和进行脱碳处理, 既可用脱除的硫、焦油、二氧化碳等副产品作为化工原料, 又实现了洁净燃烧, 减少了大气污染; (4) 为燃煤联合循环、燃料电池发电系统研制开发提供了关键技术; (5) 为国家节省大量的能源基础项目投资。

三、煤炭地下气化新工艺的特点

“长通道、大断面、两阶段”的煤炭地下气化新工艺从以下几个方面解决了国内外长期未能解决的问题:

- (1) 为气化炉迅速提高炉温创造了条件, 提高了气化炉的蓄热能力。
- (2) 由于炉内蓄集了足够的热能, 提高了还原

过程产生可燃气体的能力,使煤气热值提高。

(3) 改用纯氧作气化剂,惰性气体 N_2 被减少到最低限度。

(4) 增加了干馏干燥区域的反应面积,可以使更多的 CH_4 等可燃气体析出,提高了煤气热值。

(5) 第二阶段用水蒸汽作气化剂,炉内发生了水煤气反应,提高煤气热值 $12.6 \sim 14.8 MJ/m^3$ ($3000 \sim 3500$ 大卡/ m^3),也减少了 CO_2 对大气的污染。

(6) 降低了风阻,提高了供风效率,减少了供风电耗,降低了生产成本。

(7) 气化炉为多孔炉型,可以移动式跟踪供风,

减少了氧的无效消耗,提高了供风效率;钻孔具有多功能,彼此可以相换,因此可以根据具体工程的炉型长度变化而变化。

(8) 压抽结合防止了煤气外泄,提高了生产的安全性。

(9) 正、反向鼓风将整个煤层,从底部反复气化至顶部。

(10) 边气化边充填的措施,使气化炉始终保持在有效断面内。

(11) 完全实现了无人、无设备、长壁式采煤工作面,并具有现代化水平。

实践证明该工艺优于其它地下气化工艺。

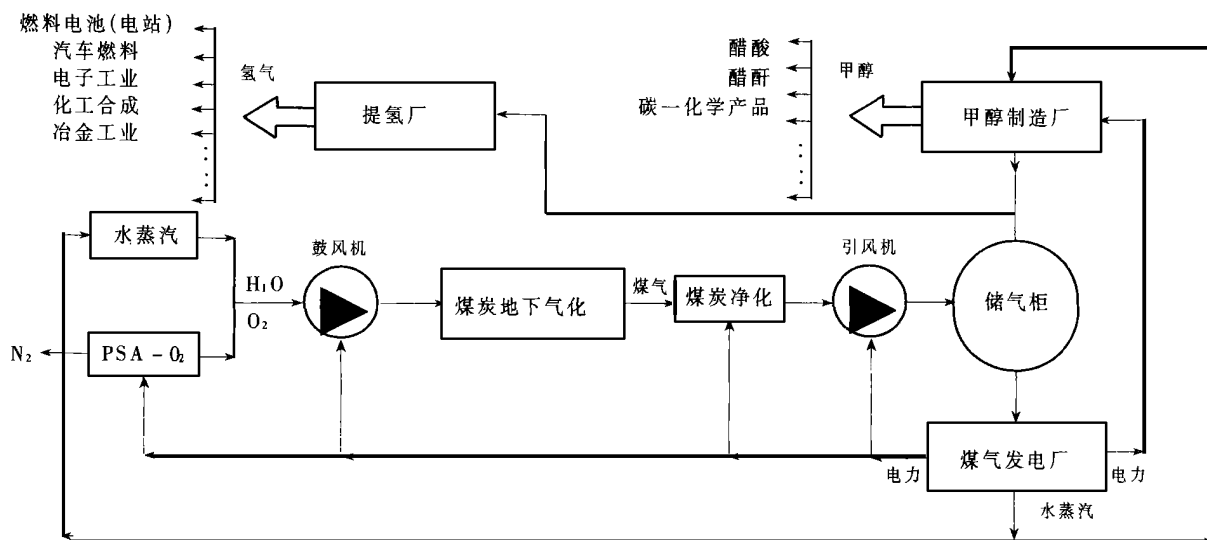


图1 煤炭地下气化煤气发电煤化工联合循环系统

四、必须刻不容缓地实施洁净煤技术

依据我国国力的现状及能源构成等特点,发展符合我国国情并具有自身特色的,便于现阶段大规模推广的洁净煤技术,能够促进国民经济和环境保护的协调发展,形成新的经济增长点。为加速其发展,近期内应该展开以下几方面的工作:

(1) 借鉴国外和我们十几年的成功经验,建立以煤炭地下气化为龙头的清洁能源与环境集约型示范工业园(见图1)。

(2) 为了进一步研究与完善在不同煤层赋存条件下,煤炭地下气化出现的相关理论与工艺等问题,建立国家级实验室。

(3) 5年内在5个矿区推广应用地下气化技术。

(4) 为配合我国氢能市场的开发,建立一座日产 $100 m^3$ 氢气的示范厂。

(5) 进行埋藏超过800m深部煤层的地下气化的试验研究。

(6) 建立煤炭地下气化学科,培养这方面的高科技人才。

随着煤炭开采强度不断增大,开采成本将越来越高,报废矿井也越来越多,煤炭行业面临着严重困难,也带来了就业、劳动安全等问题。煤炭地下气化技术的实施,将为振兴煤炭工业开辟一条新路。相信在不久的将来,以煤炭地下气化为“龙头”的大型煤电化工联合企业,将展现在世人面前。在目前资源经济的后期,该技术的实施及推广,还将对形成第二代采煤方法与新的学科,产生深远的影响。

参考文献

- [1] 吴季松, 知识经济, 北京科学技术出版社, 1998
- [2] 刘思华主编, 可持续发展经济学, 湖北人民出版社, 1997
- [3] 余力、余学东, 煤炭地下气化新技术, 煤, 1998(1)
- [4] 中国科学报社编, 国情与决策, 北京出版社, 1990
- [5] 陈丹之, 氢能, 西安交通大学出版社, 1990

(责任编辑 肖庆山)