

# 国内外煤炭地下气化技术现状及新奥攻关进展

张明<sup>1,2</sup>, 王世鹏<sup>1,2</sup>

(1. 煤基低碳能源国家重点实验室, 河北廊坊 065001; 2. 新奥气化采煤有限公司, 河北廊坊 065001)

**摘要:**介绍了国内外煤层地下气化的发展状况及最新进展, 阐明了煤炭地下气化的优越性及技术发展过程中的坎坷历程, 指出煤炭地下气化(UCG)是解决传统煤炭开采方法存在的一系列技术和环境问题的重要途径。介绍了新奥无井式煤炭地下气化技术攻关成果, 展望了地下气化采煤的前景。

**关键词:**煤炭开采; 煤炭地下气化; 无井式煤炭地下气化; 新奥集团

**中图分类号:**TD84 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)10-0014-03

**Technical Situation of Underground Coal Gasification in China and Abroad and the Study Progress of ENN/ZHANG Ming<sup>1,2</sup>, WANG Shi-peng<sup>1,2</sup>** (1. State Key Laboratory of Coal-based Low Carbon Energy, ENN Group Co., Ltd., Langfang Hebei 065001, China; 2. ENN Coal Gasification Mining Co., Ltd, Langfang Hebei 065001, China)

**Abstract:** The paper introduced the development situation and the newest progress of coal bed underground gasification in China and abroad, illustrated the advantages of underground coal gasification and the tough course of technology development. Underground coal gasification (UCG) is an important way to issue a series of technical and environmental problems in the traditional method of coal mining. The introduction was made on the improvement results of non-well type underground coal gasification in ENN Group and the prospect of underground gasification coal mining was forecasted.

**Key words:** coal mining; underground coal gasification; non-well type underground coal gasification; ENN

## 0 前言

1888年,伟大的俄国科学家门捷列夫说:“我有一个梦想,那就是让煤直接在地下燃烧而变成可燃气体”。为实现科学家的梦想,全世界的科学家进行了几十年的探索和努力。前苏联、美国、英国等许多国家相继投入了大量的人力和物力进行研究和试验,取得了丰硕的成果。我国也由实验室试验、现场试验,逐步向产业化生产迈进,初步形成了具有我国自主知识产权的煤炭地下气化技术。

煤炭地下气化(Underground Coal Gasification, UCG)是将处于地下的煤炭进行有控制的燃烧,通过对煤的热作用及化学作用而产生可燃气体,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的新技术,其实质是只提取煤中含能成分,变物理采煤为化学采煤,被誉为第二代采煤法。

UCG技术不仅可以回收老矿井遗弃煤炭资源,而且还可以用于开采井工难以开采或开采经济性、安全性较差的薄煤层、深部煤层、“三下”压煤和低品位(褐煤、高硫、高灰、高瓦斯)煤层;UCG煤气不仅可作为燃气直接民用和发电,而且还可用于提取纯氢或作为合成甲烷、二甲醚、甲醇、油品等的原料气。地下气化过程燃烧的灰渣留在地下,大大减少

了地表塌陷,煤气可以集中净化,是清洁能源的主要研究方向和符合可持续发展的环境友好绿色技术。

早在1979年的联合国“世界煤炭远景会议”上就明确指出,UCG是解决传统煤炭开采方法存在的一系列技术和环境问题的重要途径。

## 1 国外煤炭地下气化发展状况

苏联于20世纪30年代在莫斯科近郊、顿巴斯和库兹巴斯建立了5个试验区。据统计,到1965年,共建了27座气化站,到1994年,共烧掉1500万t煤,生产500亿m<sup>3</sup>低热值煤气。其中,南阿宾斯克站连续工作40年,所生产的煤气主要用于发电或工业锅炉燃烧。但随着苏联的解体及发现并使用大量的石油天然气,使煤炭地下气化技术的研究与应用日渐萎缩。目前在独联体国家只有乌兹别克斯坦安格林气化站仍在运行(该站已运行40多年),日产100万m<sup>3</sup>低热值煤气,煤气与重油掺烧发电。

美国地下气化试验始于1946年,首先在亚拉巴马州的浅部煤层进行试验,利用有井式施工,采用空气、水蒸气、富氧空气等不同气化剂进行试验,煤气热值为0.9~5.4MJ/m<sup>3</sup>,后因煤气漏失严重告终。20世纪70年代能源危机,美国组织29所大学和研

收稿日期:2010-09-10

基金项目:国际合作项目(2009DFR60180)

作者简介:张明(1962-),男(汉族),河北人,新奥气化采煤有限公司副总机械师、教授级高级工程师,探矿工程专业,博士后,从事气化采煤技术研究工作,河北省廊坊开发区。

究机构在怀俄明州进行大规模有计划的现场试验。政府资助的项目集中于两种工艺类型,控制后退进气点法(CRIP)及急倾斜煤层法(SDB)。美国能源部曾宣称,一旦再发生能源危机,美国将广泛使用该技术生产中热值煤气。

德国拥有大量的煤炭储量,但其特点是埋藏深,且处于海底。其深层煤的储量高达1万亿t,延伸至北海的广大煤田深度>5000m,用现行的采煤方法无法开采。因此,德国特别重视煤炭地下气化技术的研究,成立了第二代采煤技术研究学会。1979年,德国与比利时在图林联合搞了一次试验,试验深度达860m,煤层厚6m,试验获得了良好效果。

英国、法国、捷克和西班牙等国也先后结合本国煤层赋存特点,对煤炭地下气化技术进行了研究。1988年,6个欧盟成员国就煤炭地下气化组织了一个工作小组,并于1991年10月~1998年12月,持续7年多在西班牙Terul地区的Ohiete Arino煤矿搞了一次野外试验,耗资1200万英镑,试验在中等深度(500~700m)煤层中进行。该试验成功地采用了钻孔后退式供风调控方案,气化总时间达301h。该试验解决了许多技术问题,同时证实了欧洲中等深度煤层实施地下气化技术的可行性。

UCG技术对未来煤炭高技术开发意义重大,因此世界各国都十分重视,目前美国、澳大利亚、英国、南非、加拿大、印度、越南、朝鲜等国重新启动了煤炭地下气化技术研究。澳大利亚已有3家上市能源公司(Carbon Energy; Linc Energy; Cougar Energy)以煤炭地下气化名义取得了国内外多处煤田资源(Blood Creek; Chinchila\ Emerald\ Arekring; Kingaroy\ Surat Bal\ Victoria),并相应建立了煤层地下气化基地。生产的煤气用于发电、民用燃气、制油、化工原料。

南非Eskom能源公司一份2008年4月的报告称:2007年1月20日点着火后,开始3000~5000Nm<sup>3</sup>/h煤气试验生产,5月31日煤气发电开始运行,正在建设7×10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>/h的中试生产线,年报称2009年底将产能推进到12.5×10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>/h,而2010年底将扩展到62.5×10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>/h,目标是运行2100MW的电站。从2007年1月20日~2008年1月20日气化消耗煤炭约3400t,产煤气1314×10<sup>4</sup>Nm<sup>3</sup>,达到80%的能源回收率(energy recovery)。

## 2 我国煤炭地下气化发展状况

我国于20世纪50年代曾在大同胡家湾矿、蛟河煤矿、鹤岗兴山矿等10余处开展过煤层地下气化技术的试验。1958~1962年,我国先后在大同、皖南、沈北等许多矿区进行过自然条件下有井式煤炭

地下气化的试验,取得了一定的成就。1984年,中国矿业大学(北京)煤炭工业地下气化工程研究中心开始进行了煤炭地下气化技术的研究,在国家“863”计划课题的支持下,建成了具有世界先进水平的煤炭地下气化综合模型试验台和测控系统,并开展了相关的理论研究、模型试验研究,得到了褐煤、烟煤及无烟煤地下气化工艺参数。先后在江苏徐州新河二号井、河北唐山刘庄煤矿、山东新汶孙村煤矿、鄂庄煤矿、山西昔阳杏丹峪煤矿等,针对不同的煤层赋存条件进行了有井式地下气化现场试验和生产。形成了具有我国自主知识产权的“长通道、大断面、两阶段”煤炭地下气化新工艺,经科研成果查新表明,该工艺构思新颖,属国内外首创。

国内外气化采煤发展情况见表1。

## 3 新奥煤炭地下气化技术攻关进展

2006年10月,新奥气化采煤有限公司和中国矿业大学(北京)签订了战略合作协议,共同进行UCG技术的开发和推广利用。2009年1月完成了乌兰察布“无井式煤炭地下气化技术”现场试验,试验首次建立一套煤气生产能力为15万Nm<sup>3</sup>/d的无井式UCG试验研究和生产系统,通过内蒙古科技厅组织的专家鉴定。为我国开展无井式UCG技术研究提供了良好的平台。

新奥气化采煤乌兰察布试验基地自2007年4月开始动工修建,至今已经完成了“L”型、“V”型炉、“单元面采炉”的无井式地下气化炉试验,实现了煤气热值800~1200kcal/Nm<sup>3</sup>稳定运行500天,生产的煤气用于燃气锅炉和燃气发电,稳步向气化采煤产业化迈进。取得的主要成果如下。

### 3.1 地质准备与水文处置

根据乌兰察布试验现场的水文地质条件,完成了新炉型的规划与炉型结构设计,顶板垮落及底板底鼓规律研究。形成了降压排水技术,气化区域水文条件综合评价。

### 3.2 无井式地下气化炉的构建技术

本着地下气化炉有控制燃烧的原则,乌兰察布试验基地构建了“L”型、“V”型炉、“单元面采炉”的无井式地下气化炉并进行了气化试验。在建设形成了以下技术:浅煤层炉井定向对接技术、燃空区定向贯通技术;热作用下的固井材料与工艺;多隙煤层钻井堵漏技术;不同功能炉井井身结构设计。

### 3.3 无井式地下气化炉点火技术

针对乌兰察布地区煤层含水的具体情况,研发了焦炭点火、燃烧弹点火、带压控水电点火等多种点火装置与工艺方式并获得专利。

表1 各国煤炭地下气化技术实施情况

国家	地点	煤的类型	深度/m	倾角/(°)	煤层厚度/m	工作年限	气化剂	国外合作
前苏联	莫斯科近郊	褐煤	50		4	1947~1962	空气	
	里希查	长烟煤		30~40	0.14~1.5	1948~1962	空气、氧气	
	南阿宾斯克	次长烟煤		60~70	2~9	1955~1995	空气	
	安格林	褐煤	120~250		3~20	1961~1999	空气	
	沙特斯	褐煤	40		2	1965~1974	空气	
比利时	Bois-la-Dame	无烟煤		87	1	1948	空气	
西班牙		褐煤	500~700		2	1991~1998	空气、氧	
中国	徐州新河煤矿	烟煤		极倾斜		1994	空气	
	唐山刘庄煤矿	烟煤		55~60		1996~1999	空气、富氧、水蒸气	
	乌兰察布	褐煤	280	1~3	12	2007~	空气、富氧、水蒸气	
澳大利亚	Blood Creek					2008.1.8~		
	Chinchila\ Emerald\ Arckringa					2007.8.31~		越南 Vinacomin\ Song Hong - Tonkin, 美国 Gas Tech Inc
	Kingaroy\ Surat Bal\ Victoria		250~300		4~13	2009.7~		巴基斯坦 Tar Coal Field, 印度 Essar Exploration and production, 加拿大 Ergo Exergy, 中国节能集团
南非	Ma juba					2007.1.20~		澳大利亚 Cougar Energy, 新西兰 UCG

### 3.4 测控技术

完成氦探测和数据解释,实现半定量分析;井下测温试验对燃烧区进行井下测温;建成数据平台与专业数据库;实现气化炉状态三维动画反演。

### 3.5 环境保护技术

完成建设项目环境影响评价,形成燃空区污染监测体系与污染物防控处理处置技术。

### 3.6 工艺运行与稳定技术

实现单元炉规模气化,空气煤气产量 25 万 m<sup>3</sup>/d;完成富氧气化试验,富氧煤气热值达到 1800 kcal/Nm<sup>3</sup>。

### 3.7 煤气应用

(1) 地下气化炉生产的煤气通过地面初净化,一部分供现场蒸汽锅炉燃烧,用于取暖和水蒸气供应。

(2) 初净化后的煤气一部分直接供 3 台 500 kW 燃气发电机发电。至今已发电 1770881 kW/h。

## 4 前景与展望

UCG 技术在世界上已有几十年的研究经验,由工业性试验进入到实现产业化还需要一段时间,但随着科学技术的迅猛发展一定会缩短这段进程,特别是可供开采的石油天然气资源在今后将逐渐减少,作为一次性能源煤炭的合理利用,在环境保护要求洁净煤技术高度发展的今天,煤炭的地下气化与综合利用更具有现实意义。

UCG 技术可大大提高煤炭资源的利用率和利用水平,对充分发挥我国煤炭资源的优势、生产清洁

能源、调整我国能源结构与保障能源安全供应具有十分重要的战略意义。

新奥集团作为一个负责任的民营企业敢“啃”这块骨头,具有深远的前瞻性、民族自信心和为人类做贡献的勇气。新奥煤炭地下气化工作得到了党和国家的大力支持,前国家主席江泽民题词:“中国矿业大学煤炭地下气化实验对煤炭资源的定位利用以及经济效益来讲值得进一步研究”。科技部国际合作项目、“863”重点攻关等项目已将给予重点支持。新奥气化采煤有限公司与中国科学院、华东理工大学煤气化教育部重点实验室、华中科技大学煤燃烧国家重点实验室、中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室建立了战略合作关系,并以技术输出的形式同波兰、巴基斯坦等国建立了合作开发联系;与国内襄矿集团已实施合作开发合同,与太原、鸡西、新疆、河南、云南等省、市煤矿集团签订了合作开发意向书。气化采煤的春天已经来临,相信不久的将来,一座座气化采煤的新城将雨后春笋般的拔地而起,我们再也听不到因煤矿瓦斯爆炸、透水事故而引起的哭声……。

### 参考文献:

- [1] 张祖培. 煤炭地下气化技术[J]. 探矿工程, 2001, (1): 6-9.
- [2] 赵守国, 等. 我国煤炭地下气化试验的进展与反应过程[J]. 煤气与热力, 2000, (3): 212-213.
- [3] 国家高技术研究发展计划(863计划)重点项目立项可行性论证报告[Z]. 新奥气化采煤有限公司, 2010.