

研究与开发煤炭地下气化技术

R&D of Coal Underground Pneumatolysis

余 力

(中国矿业大学, 教授 徐州 210083)

一、煤炭地下气化的原理

煤炭地下气化是将高分子煤在地下原地用高温转变为低分子的燃气,并输送到地面的化学采煤方法,将建井、采煤、气化三大工艺合而为一。它涉及到地质、采煤、岩石力学、热工、煤化工等多门学科。煤炭地下气化技术可用以开采深部煤炭资源,提高资源利用率,减轻工人的劳动强度,减少环境破坏和大气污染。随着地下气化工艺的革新,经济效益也将不断提高。所以,地下气化越来越受到世界各产煤国的重视,被誉为第二代采煤方法。

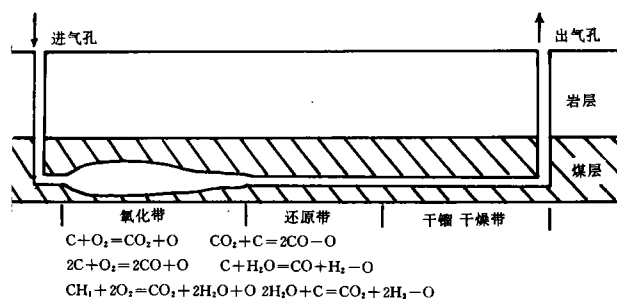


图1 地下气化原理图

地下气化与地面气化的原理相同,产品也相同,但工艺形态不同。地面气化在煤堆中进行,而地下气化在煤层通道中进行,如图1所示。将地下气化煤层点燃后,从进气孔鼓入气化剂,使煤层燃烧、气化,由出气孔排出煤气。根据煤层通道中主要化学反应和煤气成分的不同,可将气化过程沿气化通道大致分为三个带,即氧化带、还原带、干馏干燥

带。这些过程都将沿着气流方向向出气孔流动,产生的可燃气体主要为 CO 、 H_2 、 CH_4 等,其成分比例随不同的气化剂与鼓风方案而变化。

二、煤炭地下气化的优点

我国能源储量是以煤炭为主,占70%左右,估计在近期内不会有太大的变化。我国煤炭开采的方法是以回采率较低的井巷法为主,约为96%以上,因此被遗弃的煤炭资源的数量是非常惊人的,约为300亿吨以上。而目前我国煤矿的开采深度已突破千米,成本高、难度大。建国初期我国新建的矿井,都将要报废。因此,应极力采用煤炭地下气化,与气体分离技术相结合,以回收大量报废矿井中被遗弃的与不易开采的深部煤炭资源。煤炭地下气化具有如下的优点:

1. 报废的矿井地面的各种设施,如土地、道路、电网、通讯网、机电维修车间、工厂、办公楼、家属宿舍等,全部可以复用,从而大大节省地下气化站的基本建设投资。
2. 经数十年的开采过程,已将报废矿井煤层的构造调查清楚,其精确度比地面勘探工程要高得多,地下气化站的地质勘探投资,也将节省下来。
3. 经数十年的井下排水工程,已将报废矿井的地下水疏干,这笔投资也可省去。
4. 地下气化炉的通道建设,可以利用老矿井的井下设施,除了可节约建炉费外,还可生产出“工程煤”,补助投资。
5. 地下气化站可以安置一部分待转业的职工。
6. 地下气化站的煤气经分离后,按不同的气体成份,分别贮存。按不同的需要,可供发电、燃烧、作化工原料,促进一碳化学工业与以氢为主的新能源的发展与利用。可将老矿井单一产品,改造为多种产品的联合大企业,经济效益可成倍提高。

现将一碳化学工业与以氢为主的新能源体系作一简单介绍:

(1) 以氢为主的新能源体系的目的是以水电解

产氢法、液体氢化技术、氢吸留合金技术、氢运输技术和氢利用技术(氢飞机、氢汽车、氢火箭、氢热泵等)为基础,以电力为副(原子能、风力、水力、太阳能等发电),使全球获得洁净能源。如图2所示。

(2)一碳化学(C₁-chemistry)是日本首先提出的。它的研究对象是以煤制成的合成气和甲醇为主要原料,生产有机化工产品 and 合成燃料的新一代煤化工。由于地下煤气成本低于地面煤气,因此它对煤化工的发展创造了有利的条件。

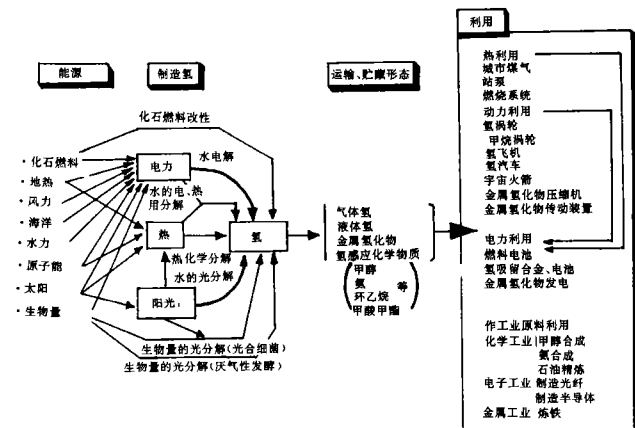


图2 氢能体系

- 7. 可减轻煤炭燃烧时对环境的污染。
- 8. 大大改善工人在井下的劳动条件与减少伤亡事故。

根据以上的论点,1984年我国在徐州马庄矿进行了煤炭地下气化现场试验。事实证明,当生产矿井采取了有效的安全措施后,安全是有保证的。中国矿业大学与徐州矿务局合作从1991年开始在徐州新河二号井进行了煤炭地下气化半工业性试验。经过三年的准备与施工,完成室内试验、培养人才、方案制定后,在1994年3月23日现场点火成功。目前已燃烧了150余天,在正常条件下煤气热值波动在1200大卡/立方米上下,流量为2000~4000立方米/小时。实践证明,在提高煤气热值与降低成本方面,所采取的以下措施是有效的,如长通道、大断面、二阶段、供风点移动、辅助通道、正反向鼓风、返流燃烧等,并在工艺理论上有所突破。在今年7月上旬由煤炭部科教司组织了采矿、煤化工、气化等专家在本校进行了考查与参数测试,一致认为已具备了召开鉴定会的条件。

三、煤炭地下气化的科学理论主要是以煤化学与有机化学为基础

煤的结构是以炭原子为核心,与若干不同的官能团相结合的高分子化合物。它在高温条件下分子键被断裂,而形成了若干低分子结构的气体,如H₂、CO、CO₂、CH₄等。在进行基础研究工作时,必须掌

握诸如测定化合能、反应速度等基本理论。此外,煤气中各种元素分离后,按不同产品的要求将CO与H₂合成种类繁多的有机化合物时更需要掌握物质分子结构的理论,制定出不同的化工工艺流程,从而获到许多化工产品,使煤深加工后升值。

四、地下气化是多学科的联合体,建炉的方案分为无井式与有井式

无井式就是地下一切工程都在地面上进行,工人不下井。这样进出气孔之间的贯通技术可采用火力法、电力法、定向钻孔法,其中定向钻孔最有发展前途。目前我国正在研制无钻杆多功能智能型的定向钻机,并希望在钻进过程中即时将钻头的运动参数及钻头位置的标定参数,反映在地面荧光屏面上,加以记录并能反馈控制操作。

有井式是采用无人驾驶全自动煤巷掘进机来完成进出气孔间的通道,其断面可介于2.5平方米左右,比定向钻孔可大百倍,产气量大,耗电少,并允许在通道中设置煤堆、催化剂等措施来提高煤气的质量。因此,必须掌握煤田地质、地下水疏干、采煤方法、高温岩石力学、空气动力学、矿山机械(压、通、排)、有机化学等系统知识,来处理建炉与气化过程中一切技术问题。

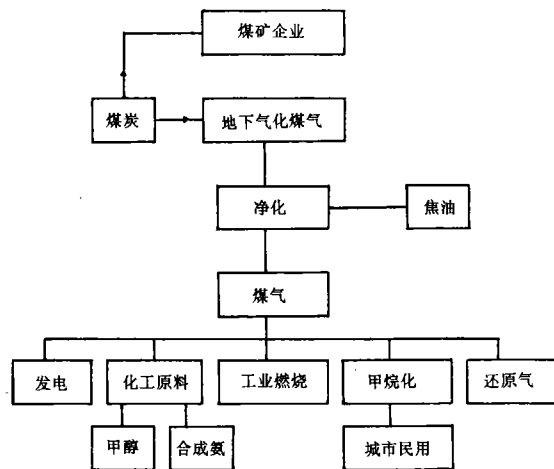


图3 综合利用地下气化煤气示意图

五、煤炭地下气化工艺理论的研究

它的目标是如何提高煤气的质量、数量与降低成本,满足市场的要求并具有竞争力。具体地说,就是采用什么样的工艺,在指定的煤层条件下,选择合理的炉型、尺寸、设备与气化剂,使气化剂有效地参与煤层燃烧,所产出的热能能全部满足CO₂与H₂O还原产气与煤的干馏作用的需要,并能控制全过程最终达到稳定产气的目的。长通道、大断面工艺在新河二号井已证明是合理的。关键问题是如何

根据井下燃烧状况适时地将供风点移动,防止因冒顶严重导致供风系统中断。为此,要建立地下气化燃烧的数学模型,能在电脑上即时反映出地下气化炉的动态变化,如温度的高低、通风量的大小、堵与通等,并能自动反馈控制地下气化的全过程。

六、地下气化煤气的利用

地下煤气可用于联合循环发电、工业燃烧、城市民用及制造化工原料和冶金工业还原气等,详见图3。

地下气化煤气净化可得到相当数量的煤焦油,从煤焦油中得到200多种产品。地下气化煤气用燃气—蒸汽联合发电是常规法,也可用煤气机直接发电,并能随地下气化炉址移动而转移,并可供气化站所需的电力。当地下气化煤气中 $(\text{CO} + \text{H}_2)/\text{N}_2 >$

3.1时,可作为合成氨的原料;当地下气化煤气中 $(\text{H}_2 - \text{CO}_2)/(\text{CO} + \text{CO}_2) > 2.1$ 时,可作为生产甲醇的原料。而甲醇又可衍生出许多化工产品,如醋酸、醋酐等,对我国一碳化学工业与以氢为主新能源应用都将产生促进的作用。地下煤气成本比地面煤气低,因此煤化工又可得以发展。同时又可将我国煤矿企业改造成生产多种产品的联合企业,以提高煤矿企业的经济效益,改变煤矿企业长期亏损的局面。这是一举两得的好事,对煤矿、对国家都有利。如仅仅将地下气化煤气简单地用于工业燃烧与民用,往往难以充分发挥其经济效益。

总之,煤炭地下气化在技术上可行、经济上合理、客观上需要,并能以高利润的特征向外延伸、拓宽,建立多种产品的联合企业,为巩固一碳化学事业的发展与以氢为主的新能源体系的开发作出贡献。
(责任编辑 肖庆山)

(上接第41页)

1. 解放思想、转变观念。到海外找油,必须首先改变几十年形成的石油勘探开发对象仅限本土的观念,建立起在全球范围内按经济效益选择勘探开发对象的思想。

2. 政府应积极支持中国石油天然气总公司跨国经营,授予其投资权与经营权。具体地说,一要简化投资决策程序。石油项目具有很强的时间性,若按现有法规(如“关于在国外开设非贸易性合资经营企业的审批程序和管理办法”和“境外投资外汇管理办法”)执行,报批周期太长,很难抓住时机。建议国家有关部门负责审批年度计划,具体项目由中国石油天然气总公司自行决策。二要在税收方面给予优惠,使因在国外风险勘探失利而损失的资金可由税收优惠得到一定的补偿。

3. 在起步阶段须集中力量,统一规划、统一组织、集中决策。

4. 建立机构要先选项目后设点,人员必须精干。油公司应与专业服务公司分离。

(责任编辑 王宏章)

(上接第51页)

3. 从线粒体DNA序列分析追踪;

4. 从组织相容复合基因方面追踪;

5. 人类化石材料及现代人类体质等的研究;

6. 语系及考古等。

吴仲义教授还建议联合美国、台湾及大陆的学者进行合作,以期取得最佳效果。探索中华民族起源的重大意义不言自明,至少不亚于国内正在进行中的“水稻基因组工程”。此外,纵观苏联、东欧之变,除经济、政治因素外,长期的民族矛盾也是重要因素,若能以同宗同祖的科学根据激发民族大义,宏扬爱国主义,加强对成人和中小学生的教育,对巩固和促进中华民族的团结必将产生深远的意义。探索中华民族的起源是一个重大的项目,势必会引起港台同胞和世界广大华裔的关注和介入。这对中国21世纪的全面振兴亦有重大意义。

[此建议得到下列中国科学院院士的签名支持(按签名先后为序):谈家桢、吴旻、吴汝康、周明镇、贾兰坡、费孝通、吴阶平、梁植权、卢嘉锡、钱学森]

(责任编辑 蔡德诚)

新书《科学系统论》内容介绍

在国家科学技术委员会、中国科学院和国家自然科学基金委员会的共同资助下,李喜先等9名研究员经过5年的研究,形成了专著《科学系统论》。全书分上、中、下三篇,共15章,约40万字。中国科学院周光召院长向中国科学院出版基金专家委员会写了推荐信,现由科学出版社出版。

本书主要运用现代系统概念、系统理论和系统观,从普遍存在的种类纷繁的系统中,抽象出一个极其复杂的科学系统,并视其为一个自组织系统,以进一步确立科学系统观。在理论篇中,论述了科学系统的特性、结

构、功能、进化和环境;在模型篇中,主要论述了统一的科学系统建模及数学科学、自然科学、社会科学、交叉科学和哲学科学模型;在应用篇中,论述了学科分类、科学发展趋势、科学发展战略、政策和管理等。本书基于系统认识论和方法论,为现代系统理论研究开拓一个新的分支领域。可以说,这是一种创造性的探索。

本书献给广大科技和教育工作者,特别是科技领导者,系统科学、科学哲学和科学社会学等研究者,科技发展战略、科技政策和科技管理研究者。