

81.62)
HGK

94
80

煤气化与液化技术

5-3

化学工业部科学技术情报研究所

一九八一年五月

编译说明

《煤气化与液化技术》是根据美国福陆公司 (Fluor) 于1980年出版的《煤气化技术》(Coal Gasification Technology) 和《煤液化技术》(Coal Liquefaction Technology) 两份资料编译而成。

这两份资料比较系统地 and 简要地介绍国外各种煤气化和液化技术, 包括已工业化的、准备工业化的和正在开发的技术, 并附有流程简图和各种方法的优缺点比较表。资料的后一部份还介绍了福陆公司的概况以及它在煤气化、液化和环保工程方面的经验。在编译过程中将后一部份全部删节, 而前面的技术部份基本上按原文译出, 供有关人员参考。

编译者 1981年5月

目 录

第一部份：煤气化技术

一、前言	(1)
二、能源需求	(1)
(一) 能源消费	(1)
(二) 能源资源	(2)
(三) 环境问题	(3)
(四) 煤炭的复兴	(3)
(五) 国家能源政策	(3)
(六) 提要(结束语)	(6)
三、煤气化方法简介	(6)
(一) 工业化方法	(7)
(二) 备工业化方法	(7)
(三) 正在开发的方法	(7)
(四) 低中热值煤气	(7)
(五) 技术考虑	(7)
1. 机械问题	(7)
2. 操作压力	(8)
3. 化学反应	(8)
4. 反应工艺	(8)
5. 典型的煤气化方法	(23)
6. 用水条件	(25)
7. 经济论述	(26)
8. 最佳条件	(29)
四、煤气化方法详述	(29)
(一) 工业化方法	(30)
1. 科柏斯—托切克法	(30)
2. 鲁奇加压气化法	(30)
3. 维尔曼—格鲁沙法	(31)
4. 温克勒法	(31)
(二) 准备工业化的方法	(40)
1. 英国煤气公司—鲁奇熔渣法	(40)
2. 萨尔巴克—奥托气化法	(42)
3. 谢尔—科柏斯法	(42)
4. 德士古法	(42)
(三) 正在开发的方法	(43)
1. 烟煤研究所法	(43)
2. 二段气化法	(43)

3. 巴布科克—威尔科克斯法	43
4. 燃烧工程公司法	46
5. 二氧化碳接受体法	46
6. COGas法	51
7. 埃克森法	52
8. 福斯特—惠勒法	52
9. Hydrane法	53
10. Ge Gas法	59
11. HyGas法	59
12. 转窑气化法	64
13. Rock Gas法	64
14. Synthane法	64
15. U - Gas法	67
16. 联合碳化物 巴特尔法	67
17. 威斯汀豪斯法	70
(四) 高物质流法	70

第二部份：煤液化技术

一、前言	75
二、美国能源前景	75
(一) 资源	75
(二) 石油供需	77
(三) 煤液化技术开发的推动力	77
(四) 合成燃料计划	78
三、煤液化工艺方法	79
(一) 背景	79
(二) 处于中试或示范装置阶段的煤液化方法简介	80
1. 直接液化	80
(1) 热裂解方法	80
(2) 溶剂萃取方法	80
(3) 催化加氢方法	87
2. 间接液化	87
(1) 费—托合成法	87
(2) 莫比尔—M合成油法	87
(三) 处于开发初期阶段的煤液化方法简介	88
1. 清洁焦炭法	88
2. 多段液化法	88
3. 氯化锌加氢裂化法	88
4. 超声波液化法	88

5. 合成石油法.....	(88)
6. CO 水蒸汽法.....	(89)
7. 未命名的美国能源委员会的方法.....	(89)
8. 田纳西大学的间接液化法.....	(89)
(四) 主要煤液液化方法工艺叙述.....	(89)
1. COGAS 法.....	(89)
2. IGT 提升管裂化法.....	(91)
3. 鲁奇—鲁尔气体法.....	(94)
4. 西方研究公司裂化法.....	(94)
5. 城市服务—洛克威尔加氢裂化法.....	(97)
6. Toscoal 法.....	(97)
7. CSF 法.....	(100)
8. EDS 法.....	(102)
9. NCB 超临界萃取 液化法.....	(104)
10. SRC 法的开发.....	(104)
11. SRC I 法.....	(106)
12. SRC II 法.....	(109)
13. DOW 煤液化法.....	(113)
14. GVV 法.....	(113)
15. 氢—煤法.....	(115)
16. 萨尔博格煤液化法.....	(118)
17. 费—托合成油法.....	(120)
18. 莫比尔—M 法.....	(120)
四、工业化的时间表.....	(126)
五、需要考虑的有关技术问题.....	(128)
(一) 采硫.....	(128)
(二) 设备开发.....	(128)
(三) 固体分离.....	(129)
(四) 溶剂回收.....	(129)
(五) 制氢.....	(129)
(六) 催化剂.....	(129)
(七) 反应器.....	(130)
(八) 用水量.....	(130)
(九) 环境保护.....	(130)
六、需要考虑的有关经济问题.....	(131)
(一) 基建投资.....	(131)
(二) 产品成本.....	(132)

一、前 言

《煤气化技术》1975年第一期出版以来，已经定期修订，以配合煤炭转换为煤气这一领域的新发展。但是在过去两年中，激动人心的国际能源状况的改变引起了煤转换技术的重大变化。实际上，整个合成燃料领域正被许多人看成世界未来的能源资源，其发展具有新的迫切意义。这种变化的外界因素及其对技术的影响，在这最近一期的《煤气化技术》中，用图加以反映。

过去几期中包括的一些方法已经删除。这些技术在经济上或技术上都不能证实其可行性。在本期中已由新近出现的技术或者已经达到成熟水平的技术所代替。

《煤气化技术》的基本目标并没改变。本期的资料提供煤气化技术的一般看法。为承担管理工作和技术工作的读者提供基础知识，涉及：

—鼓励发展煤气化，

—工业规模和成长中技术的细节与状况，

—福陆公司在煤转换技术与有关技术方面的经验。

虽然工业规模的煤气化开始于三十年代，可是美国有富饶而又价廉的石油和天然气，因而从煤转制合成燃料就很有经济意义。最近世界石油供应的混乱以及进口石油价格的不断上涨，已经把煤的转换推到最前线而成为候补的补充燃料，以满足我们的能源需要。就国家安全或经济价值而言，都具有重大的意义。因此在进入八十年代的十年中，煤炭转换技术已从学术界讨论的话题逐渐成为构成合成燃料工业的基础。而这种合成燃料工业在世界范围内是可行的。本资料介绍的若干方法很可能对于这种发展中的合成燃料工业产生重大的作用。

二、能 源 的 需 求

没有必要喋喋不休地谈论能源危机和天然气短缺，这一类的词句以及相应的标题在各种报纸与期刊上到处可见。我们福陆公司希望超出那些老生常谈，而报导一些国家需要的有关煤气化的基本知识。

(一) 能源消费

美国当前消耗全世界矿物燃料的35%，包括全部煤炭产量的25%，全部石油产量的40%以及全部天然气产量的70%。如表1所示，美国能源需求主要依赖石油和天然气。整个能源需求量的75%以上是靠石油和天然气来满足。

100多年以来，美国能源消费量平均每年大约增加3%，这种始终如一的增长过程中，仅有的中断是经济萧条，世界大战以及最近的石油禁运。在过去十年中美国能源消费量已经增加到每年4%以上。按这种速度继续增长，大约每十八年总的能源消费量就要加倍。这种不断增长的美国能源消费量的大部分，是由仅占美国剩余的可开采的矿物燃料资源的7.1%的石油和天然气承担的。即使卡特总统建议的每年增长2%的速度能够达到，能源消费量经过35年也要翻一番。

表 1 1978年美国能源消费量

资源	英热单位 $\times 10^{15}$	百分数
石油	38.0	49
天然气	19.8	26
煤炭	14.1	18
水电	1.2	2
核电	3.0	4
太阳能及其他	1.1	1
	77.2	100

《资料来源：工程学会的能源委员会1979年10月》

(二)能源资源

如表2所示，美国剩余的可开采的矿物燃料的四分之三以上是煤炭。但是，煤炭在美国消费的能源中仅占14%。

表 2 美国剩余的可开采的全部资源估计量

资源	英热单位 $\times 10^{15}$	百分数
煤炭	35,700	79.1
页岩油	5,950	13.2
原油	2,100	4.7
天然气	1,200	2.7
天然气凝析油	150	0.3
	45,000	100.0

不可能设想占美国能源生产量将近30%的天然气，在美国能源生产中继续维持这样大的比例。图1是美国天然气的国内产量、储存开采量和进口量的预测图。

从七十年代后期起，美国(来自现有储量)天然气的国内产量曲线与总的用量曲线(最上一条)以惊人的速度逐年加宽。间隙加宽的后果是：限制了经济成长；天然气严重短缺；以及继续依靠国外供应。美国联邦能源署(Federal Energy Administration)最近认为，为了保持目前天然气的生产速度，到1985年有必要在美国州与州之间的市场上，将天然气的当前价格增大五倍。

天然气的供应有限，就需要利用其它能源资源。由于石油是美国使用的主要燃料，天然气不足就得由石油补充。但是当前接近50%的石油需求量是进口石油满足的，显然用一种供应不足的资源代替另一种供应不足的资源是毫无意义的。

煤炭与核动力是满足美国能源需求仅有的可靠能源来源。煤炭是美国剩下的最富饶的矿物燃料，因此，不言而喻应该最大限度地利用煤炭以满足美国国内日益增长的能源需要。

现已查明美国大约有2,150亿吨煤炭储存在厚度和深度可用现有技术经济地进行采掘的岩层里。这2,150亿吨还不到美国地质勘测局(US Geological Survey)估计的美国煤炭

总储量18,000亿吨的15%。因此,这部份储量是适应增长的需求提供本国能源的最好的可靠资源。

(三)环境问题

最近强调生态学问题,对于露天采矿已经有了若干限制。若是相当于美国目前天然气产量的10%左右是以SNG形式来自煤气化厂,则每年的额外用煤量将为2.2亿吨。假定所有这些煤炭来自露天煤矿所开采的褐煤或半烟煤,这将需要剥离大约2.2亿立方码的煤炭。平均煤层厚度以15英尺计,每年就要破坏大约9,100英亩的土地。这样的面积相当于14.2平方英里——或者一块略小于4英里长4英里宽的面积。或许经过五年之后,可以相当的速度进行土地开垦工作。这意味着最后随时仅有70平方英里的土地处于剥采状态,这不过是48州总面积的十万分之一。

可供露天采掘的煤炭资源有限,同时环境又不允许破坏这样大面积的地表土。这就迫使适当增加地下开采煤炭,以满足日益增长的能源需要。

采掘地下矿藏有关的生态代价包括土地下沉,水文地表排水方式的干扰,酸性水进入水系以及矿工安全之类的社会开支。

(四)煤炭的复兴

若是煤炭对于满足美国能源需要能起更大的作用,必须在深埋煤炭的产量方面做出改进。这些改进必须(1)配合包括火灾、陷井(entrapment),劳动人员暴露在煤炭粉尘等在内的社会开支的降低;(2)减少对矿区外的影响,主要指酸性水的形成和分布;以及(3)减少矿区内的下沉。

可能解决这些采煤问题的办法是回填(Backfilling)和长壁采掘(long Wall mining),但是这些仍在发展中。采掘机械自动化(automation of facing equipment)的惊人进展,将会大大减少采掘对工人的危害。不过直到这些技术进展出现,煤炭的回收与运输是一项需要考虑的重大因素。

(五)国家能源政策

自从1973年10月石油输出国组织开始石油禁运以来,包括顾问委员会(advisory councils)和国会委员会在内的一系列政府人员都研究了美国的能源政策。

尼克松行政当局的自主方案(Project Independence)是设法解决能源自足的雄心勃勃的蓝图,但是没有立法机构的支持,提出之后不久就注定失败了。

其后福特行政当局组织的特别机构工作组(Interagency Task force)在能源资源委员会(Energy Resources Council)领导下仔细考虑另一方案,即到1985年每日从煤炭和油页岩取得产量相当于一百万桶原油的合成燃料,并由合成燃料工业化计划(Synthetic Fuels Commercialization Program)提供资金。但是这个建议没有得到国会批准。这段期间为了实现可行的合成燃料工业而进行的其它尝试,都没有什么成效。

吉米·卡特总统在1976年4月所做的能源报告中用了“道义上相当于战争”(Moral equivalent of War)这样的词句,表明他们的行政当局要把能源事务当做全力以赴的工作项目。可是不久人们就发现那只不过是花言巧语,实际上,并没有采取认真而积极的行动。

直到1978年才通过了国家能源法(National Energy Act)。这个法案除了天然气之外,

很少促进新能源供应的开发，而在当时天然气是供过于求的。国家能源法包括逐步减少对天然气和原油的控制，并且强制大型锅炉和发电装置从使用天然气或原油转换为煤炭。其目标到1985年生产并使用大约12亿吨煤炭。这个方案并没考虑到这些目标会抵触早先颁布的旨在保护环境的严格条例。结果，这种新的能源立法被称为“律师们的完全就业法案”（Lawyers' Full Employment Bill），虽然全体律师通过长篇大论试图在混乱的气氛中寻求幸福的办法。

1979年5月7日总统把能源组织法部门（Department of Energy Organization Act）要求的第二个国家能源计划（NEP II）提交国会。还没出版的第二卷将包括NEP II报导的能源前景有关的环境趋势的评价。

NEP II叙述美国政府的能源规划的细节，并将能源规划联系到整个国家能源问题，以及为了应付那些问题而策划的其他政策和规划。

NEP II包括五个计划范围：

（1）根据1975年能源政策和节能法案（Energy Policy and Conservation Act）制定到1981年9月30日逐步撤消对国产原油价格的控制的方案。

（2）对于解除控制的“额外收益”，建议收税。利用税收建立能源保障信用基金（Energy Security Trust Fund）帮助低收入的美人。

（3）特别重视节约能源以及开发新的本国能源资源和能源技术。能源保障信用基金也为节省大宗运输的能源提供基金，并帮助低税奖励以加速能源技术的研究与示范。

（4）寻求高效率地开发利用能源资源的途径，同时保护并美化环境。总统签署行政命令以促进作出某些认为结合国家利益的能源规定的联邦决定。

（5）为了应付危机，规定国际组织，国家能源局（The International Energy Agency）的成员参与共同承诺的任务，以便针对当前能源不足的形势而减少消耗量。

当汽油供应严重短缺，加油站排成长龙时，几乎不能把NEP II提交国会，整个国家意识到毕竟会出现能源危机。总统1979年7月做了激动人心的电视广播，他保证美国决不再用比目前数量更多的进口原油，并将做出全面努力，重点依靠合成燃料（Synfuel），以减少原油进口量。他还保证提交国会旨在加快合成燃料规划，并为其实施提供财务支援的法规。

众议员威廉·莫黑德（Willian Moorhead）提出的HR 3930法规反映了总统的目标。法规的大致内容如下：

（1）授权总统使用国防生产法（Defence Production Act）和所有其它联邦法律，以达到至少相当于日产500,000桶原油的合成燃料和化工原料的国家生产目标。这个目标必须在1979年10月1日之后的五年内实现。第二阶段的目标是在以后的十年内，至少需要日产200万桶。此外，总统的目的在于向政府提供燃料，从而向合成工业提供原料。这些对于满足美国的国防需要是切实可行的，而且是必需的。

（2）法规授权拨款30亿美元，用来保证按照政府价格采购合成燃料。这种补助只是在交货时市场价格低于政府合同价格才开始起作用。这是所谓“收入或付出法”（take or pay）用来保护工业本身和投资者不受OPEC（石油输出国组织）任何削减原料价格，破坏合成燃料工业举动的影响。此外，若是市场价格高于政府合同价格，又可以保护纳税人，那时不必支付补助金，政府在采购燃料方面可以节省资金。法规还提供贷款担保和直接贷款。两者都没有最高限额。

3)这个议案容许总统创办政府企业公司,以便建设和出租合成燃料工厂。这些工厂可以按照二次世界大战期间美国发展合成橡胶工业的模式,由私人工业租用运转。议案的特点包括,如果私人不干的话,保证政府能够顺利执行任务。

(4)莫黑德议案目前包括一个单独的快速(fast track)措施。它要求美国联邦机构和官员在申请许可、批准、寻求授权日期之后12个月内,作出决定性反应行动。

议案的其它特点包括:

—重新为国防生产法案中“国防”一词下定议,包括所有的能源生产和建设。

—采取措施,防止少数公司最初垄断合成燃料市场,吞并国家生产目标的绝大部分。即不容一家公司拥有多于每日100,000桶的国家生产目标,并且还要考核其是否按照政府保证的购买价格。

—议案并不偏爱任何特定的合成燃料技术或合成燃料原料,一切必须经过考核。充分而合理的配制合成燃料与化学原料,看来是增加国家能源任务的一项慎重目标。

原来的议案自从构思以来,已经做了修正、更改、增加段落或部份删除。

作为这项努力的一部份,美国国会设立能源动员委员会(Energy Mobilization Board)。其存在理由是为了加快取得布置和建设合成燃料装置的必要批准。同时,倡议成立合成燃料公司——一个半政府所有的组织,在私人方面不愿参与这种商业冒险的情况下,执行共同机构的职能进行合成燃料的生产。

原来指定用来支持价格的880亿美元,经过各种委员会的审核,已经消减到200亿美元左右。目前对议案加以消减的方案,最后经参议院委员会通过,正准备送交国会批准。

与此同时,宝贵的时间正在消逝,到今天为止,工业规模的煤炭制合成燃料的工厂一半也没兴建。

(六)提要(结束语)

美国本国没有足够的石油和天然气储量来满足其能源需要是很明显的。美国的煤炭储量对于补充上述燃料可以提供最可靠的国内资源。煤气化在国外工业实践已有50多年的历史,是转变煤炭成为代用天然气和液体燃料以满足能源需要的一种手段。改善采矿技术和先进的气化工艺是最大限度地利用煤炭储藏的关键。坚定而持久的政府方针(政策)则是发展富有生命力的合成燃料工业的必要条件。

三、煤气化方法简介

通过把煤转换为低、中热值煤气以代替天然气,在技术上是可行的。中热值煤气经甲烷化后可把它升级为代用天然气(SNG)。但是,用煤气化制造SNG的成本比今天规定的天然气价格高。现在美国的试验项目是为了发展可靠的方法在尽可能低的成本条件下生产低、中热值煤气和SNG。

现在,有几种从煤生产中或低热值煤气的可用的工业化方法,主要的方法是:

1. 科柏斯—托切克法(Koppers - Totzek)
2. 鲁奇加压气化法(Lurgi)
3. 威尔曼—格鲁沙法(Wellman - Galusha)
4. 温克勒法(Winkler)

目前这些方法正在广泛地用于生产合成气,以进一步通过费-托(F-T)合成法生产液态烃、氨、甲醇、工业与民用城市煤气。中热值煤气需要变换与甲烷化以生产符合美国质量要求的管道气(热值大于980英热单位/标准呎³)。

到八十年代末期,各种美国试验装置项目将完成对这些具有大型气化炉的先进的煤气化方法的验证。另一方面,现在考虑用于生产高质量管道煤气的工业方法只有鲁奇法。目前,在美国和加拿大,有八个工业化的鲁奇气化装置处于工程设计的各阶段中。

(一)工业化方法

表3中,我们比较了这四种工业化方法—鲁奇法、科柏斯-托切克法、威尔曼-格鲁莎法和温克勒法的技术特点。这些方法的工艺叙述和流程可在它们相应的表中得到。

另外两个方法已经或将要在美国建设,为工业部门生产低热值煤气。这是转窑气化法和福斯特-惠勒法。另一个工业化方法刚在西德重新使用,这就是鲁尔法,它也为工业用户生产低热值燃料气。

(二)准备工业化的方法

表4中,我们比较了三种方法的技术特点,这些方法已在示范性试验装置中验试。它们是英国煤气公司鲁奇熔渣气化法、谢尔-科柏斯气化法和德士古气化法。这些方法的工艺叙述和流程可在相应的表中得到。

(三)正在开发的方法

表5中,比较和分析了正在开发的煤气化方法。这些方法的工艺叙述和流程最后示于相应的各表中。

(四)低、中热值煤气

预计将要建大量生产中,低热值煤气的装置,以代替天然气和石油。这些煤气主要含有一氧化碳和氢,并在大多数情况下含有少量甲烷。其热值范围从125英热单位/标准呎³到450英热单位/标准呎³,这决定于气化炉使用空气还是氧气。

因为低、中热值煤气含有一氧化碳和氢,它们是剧毒的。这些气体还有宽广范围的可燃性和由于爆炸特点引起的危险性。因此,它不是一种好的民用燃料,但可迅速地用于工业和发电站。

低热值煤气最大的可能性之一是用于采用燃气和蒸汽透平的联合循环发电装置。联合发电装置可利用高硫煤并可减少空气污染,因为在电厂燃烧煤气之前就把微粒物质和硫脱除。随着高温燃气透平的出现,我们预期,所有电厂的效率将能提高。

(五)技术考虑

煤气化技术可分为三部分来考虑:机械问题,操作压力和化学问题。这些部份和一个典型的煤气化方法叙述如下:

1. 机械问题

气化过程可在高达1000磅/时²或略高于1000磅/时²的压力下操作。把煤喷入这样一个

高压系统有严重的机械问题。在鲁奇法中，解决这个问题是通过加压煤仓供给相对地较少量的煤，因而限制了气化炉的扩大。各种泵送煤/油或煤水浆液以排除机械问题的方法正在开发中。

气化炉中煤的粘结和烧结也是移动床和沸腾床的问题，如不及时改进，那就只能对“非粘结性”煤进行气化。解决的办法是安装机械设备，如水冷搅拌耙，用以打碎气化炉内的结块。另一个正在研究的解决办法是用蒸汽与氧气预处理煤以除去那些不希望的特性。

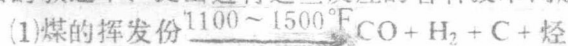
2. 操作压力

如前所述，煤气化过程可在高达1000磅/时²或稍高一些的压力下操作。但操作压力超过这个水平时，费用会迅速地增加。因为管道在1000磅/时²压力下操作和在高压下对化学反应都没有多少好处。因此没有理由要在高于1000磅/时²压力下进行。

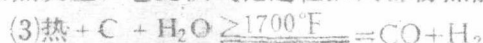
3. 化学反应

在用煤炭制造SNG中，至少有七个化学反应必须考虑。其中五个反应发生在气化炉中，另外两个发生在后阶段。在一些气化炉中，前五个中有几个反应是不重要的。

在本资料每种方法的叙述中，提出进行这些反应的各种技术问题。



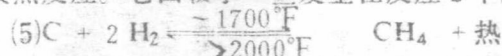
这是一个强烈的放热反应，它提供气化过程的大部份热能。



这个强吸热反应(58,400英热单位/克分子, 1700°F)是产生氢的主要来源。它也用作调节由反应2产生的反应温度。



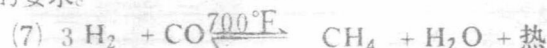
这是另一个强的吸热反应。它回收了一些发生在反应2中的高温CO₂的热量。



采用加氢气化反应时，在高压和较低温度下对生成甲烷有利。最佳收率是在1700°F下，其产生的热足以维持蒸汽与碳的反应了。一些反应器的结构试图利用这些反应以增加甲烷的含量和改进总能量利用率。适当的停留时间是必须的以使反应接近平衡。



这是水煤气变换反应，在1700°F下每克分子大约放出14000英热单位。需要调整H₂/CO为3:1以满足反应(7)的要求。



这个强烈的放热反应(大约为94200英热单位/克分子甲烷)必须在规定的较低温度下进行。良好的工艺设计应回收这一反应和反应(6)所放出的大部份热能。

4. 反应工艺

在一些方法中，碳与蒸汽吸热反应(反应3)所需的热是通过部份煤(或炭)与纯氧的燃烧(反应2)获得。当然，氧是昂贵的，因此现在开发的一些项目考虑利用外部加热而不用氧来促进反应发生。如用空气，结果由于氮的稀释，常常只产生低热值煤气。

一氧化碳和氢在气化反应中产生并能在一种催化剂上互相反应生成甲烷。为了消耗所有的一氧化碳，氢和一氧化碳的克分子比必须是3:1。但是，煤、氧与蒸汽一起反应产生的煤气其氢与一氧化碳的比例很低。通过加蒸汽到离开气化炉的煤气中，然后再进行上述反应式(6)的典型水煤气变换反应，这个比例可增加至要求值。

表 3 已工业化的煤气化方法

名称	开发与 创始单 位	工业装 置	将来计 划	原料	产品	气化炉 型式	氧化剂	操作压 力	煤气热 值	优点	缺点	出气化 炉的煤 气成份 (体积%)	生产2.5 亿 ³ 天 的SNG 所需的 气化炉	备注
科柏斯 托切 克法 (Kop- To- Tzek)	科柏斯 公司 (西德)	自1952 年来已 建22套	为工业 应用进 行工程 研究	各种煤、 焦油、 沥青、 焦炭和 其他含 炭物质	合成气 和硫	气流床	氧	常压	中/高	1. 除炉 渣和硫 外无其 他副产 品 2. 原料 范围广 泛 3. 开停 车快 1. 原料 可改变	1. 低压 常压 2. 需制 氧装置 3. 高温、 气化炉 操作温 度为 3000 F 1. 制管 道需加 大甲 烷化 负荷 3. 制管 道需加 大压 缩机 负荷	CH ₄ 0 H ₂ 36 CO 56 CO ₂ 6 H ₂ S — N ₂ —	需18~ 20个气 化炉能 力为 85吨 煤/天	

续表

名称	开发与 创始单位	工业装 置	将来计 划	原料	产品	气化炉 型式	氧化剂	操作压 力	煤气热 值	优点	缺点	出气化 炉的煤 气成份 (体积%)	生产2.5 亿吨 每天 的SNG 所需的 气化炉	备注
鲁奇法 (Lurgi)	鲁奇公 司(西 德)	目前已 建成许 多工业 化装置	在美国 和加拿 大、八 个装置 已处于 各种建 设阶段	除强粘 结性煤 外,可 处理各 种煤	适用于 制SNG 副产油 和硫	移动床	空气 氧	中压 中压	低 中/高	1.唯 有长期 操作经 验的加 压气化 炉	1.如生 产SNG 需制氧 装置 2.需压 缩产品 气 3.需一 定规格 的煤	CH ₄ 10 H ₂ 38 CO 24 CO ₂ 28 H ₂ S — N ₂ —	需25~ 30台气 化炉 操作压 力为 400~450 磅/时	可用空 气生产 低热值 煤气
温克勒 法(Winkler)	温克勒 公司 (西德)	已建24 个工业 化装置	为工业 装置准 备新的 工程研 究	大多数 煤种	合成气 和硫	沸腾床	空气 氧	常压 常压	低 中/高	1.无焦 油产生	1.生产 高热值 煤气时 需制氧 装置 2.常压 3.需要	CH ₄ 2 H ₂ 35 CO 48 CO ₂ 15 H ₂ S — N ₂ —	需10~ 20台气 化炉	可用空 气生产 低热值 煤气

名称

续表

名称	开发与 创始单位	工业装 置	将来计 划	原料	产品	气化炉 型式	氧化剂	操作压 力	煤气热 值	优点	缺点	出气化 炉的煤 气成份 (体积%)	生产2.5 亿吨/天 的SNG 所需的气 化炉	备注
低能力气化炉:														
维尔曼-格魯沙法 (Wellman-Galusha)	迪拉瓦公司 (美国)	已有20个工业化装置操作	老厂扩建的改建建设	非粘性煤或焦炭	低热值煤气 副产油和硫	移动床	空气	常压	低	1. 小型规模 (适用于各种工业装置)	1. 干燥煤的干煤 2. 70%的炉灰从炉顶带出	CH ₄ 3 H ₂ 15 CO 29 CO ₂ 3 H ₂ S N ₂ 50	小型操作不适用于大型装置	加压操作正在中间试验

表 1 准备工业化的煤气化方法

名称	开发与 创始单位	中试装 置	将来计划	原料	产品	气化炉 型式	操作压 力	煤气热 值	氧化剂	优点	缺点	出气化 炉煤气 组成 (体积%)	备注
鲁奇熔 渣法 (BCL Lurgi)	在15个 美国公 司发起 下,由 英国煤 气委员 会和鲁 奇公司 共同开 发	在苏格兰 的 West- field, 一台鲁 奇气化 炉改造 为熔渣 炉操作	与美国 俄亥俄 州 Noble County 设计 1200吨 天装置 正在进行	除高灰 份、高 水份的 煤外, 大多数 煤都可 用	适用于 SNG 的燃料 气和硫	移动床	中压	中高	氧	1. 高效 率 2. 高煤 气产量 3. 低蒸 汽消耗 4. 产品 煤气 CO ₂ 含 量低	1. 需要 制氧装 置 2. 制管 道气时 产品气 还需压 缩 3. 要求 一定规 格的煤	CH ₄ 8 H ₂ 28 CO 60 CO ₂ 3 H ₂ S N ₂ 1	能力为 标准鲁 奇气化 炉的 3 倍
谢尔 科柏斯 法 (Shell- Koppers)	谢尔国 际研究 公司 (荷 兰海牙)	荷兰阿 姆斯特 丹的试 验装置 能力为 600吨 天	计划在 荷兰建 1000 吨天 的装置	所有煤 种	合成气 和硫	气流床	中压 中压	低 中	空气 氧	1. 原料 不需预 处理 2. 除炉 渣和硫 外, 无 副产品 3. 采用	1. 需制 氧装置 2. 制管 道气时 产品气 需再压 缩 3. 高压	CH ₄ 1 H ₂ 30 CO 67 CO ₂ 1 H ₂ S 1 N ₂ —	比标准 K T 法能力 大, 并 减少气 体压缩 的需要

续表

名称	开发与 创始单位	中试装 置	将来计划	原料	产品	气化炉 型式	操作压 力	煤气热 值	氧化剂	优点	缺点	出气化 炉煤气 组成 (体积%)	备注
德士古 法(Texaco)	德士古 开发公司	1.5吨/天 的试验 装置于 美国 150吨/天 装置已 在西德 运转	为美国加州Cold water设计的 1000吨/天(90,000 千瓦联合循环发 电装置正在进行 计划建2900吨 (煤)天的 甲醇汽油工厂和 2,500吨(煤)天 的氨 1000吨(煤)天生 产醋酸酐的装置 正在设计1983年 投产	所有煤 种	合成气 和硫	气流床	中压 中压	低 中 高	空气 氧	1.原料 不需预 处理 2.气化 炉为气 流床 3.无副 产焦 1.浆液 供料	干的固 体给料	CH ₄ 1 H ₂ 45 CO 45 CO ₂ 9 H ₂ S N ₂	基于德 士古部 份氧化 的经验