

国外煤化工专辑

化学工业部科学技术情报研究所

一九八〇年三月

前 言

五十年代之前煤炭曾是主要的化工原料。

随着石油和天然气的大量开采，由于石油、天然气运输方便、价格便宜、热值高、氢碳比高，除可做极好的动力燃料外，也非常适于化学加工。以石油、天然气做为化工原料，能使化工生产工艺相对简化，投资、成本相对较低。油、气原料较之煤为原料的化工生产更为经济。这样，六十年代以后，石油化工在世界范围得到了迅速的发展，石油和天然气逐步代替煤成为化学工业的主要原料。从世界能源构成来看，1950年，煤61%，油27.0%，天然气9.8%，到1970年则为煤35.2%，油42.7%，天然气19.9%。石油和天然气从五十年代能源比重的三分之一，达到七十年代能源比重的三分之二。

七十年代以来，世界能源前景发生了新的变化。石油和天然气经过几十年的高速开发，使蕴藏量迅速下降；同时，国际石油价格自1973年后大幅度上涨。这些变化促使人们考虑和研究世界能源结构的发展趋势和发展前景。在世界自然资源方面，煤的蕴藏远比石油和天然气丰富。按1973年统计数字，如果以探明的可采储量计，石油可以开采17年，煤可以开采73年；如果以地质储量计，石油可以开采73年，煤可以开采730年。天然气资源则较石油资源储量更少。在石油价格方面，1973—74年油价暴涨，1974年石油价格较1973年约上涨300%，中东石油达每桶11美元。1978—79年，油价再次上涨，1979年7月较1978年12月的油价上涨60~70%，有的国家超过100%，中东石油每桶达17—23美元。石油价格的迅猛上涨，对石油化工产品来说，相对地降低了它的经济性；而对能源动力燃料来说，除了资源缺乏保证之外，也受到了很大程度的经济方面的冲击。基于以上两个方面的重要原因，当前世界各主要工业国家已经开始考虑和研究稍远时期的替代能源问题，考虑到的最可能和最现实的替代能源和化工原料就是煤炭。因此，一些国家对煤化学的技术开发，投入了较大的资金和力量，以求在不久的将来，用煤补充和代替日益衰减的石油、天然气，提供能源和提供化工原料。

然而，煤是否能被广泛采用为现代能源和化工原料，除决定于客观上资源蕴藏的实际状况外，其关键是它与石油、天然气在经济方面的竞争能力。七十年代煤的综合利用，从经济上的竞争性要求，已经不同于五十年代前煤的直接燃烧和加工利用。为使其达到热值高、运输方便、污染少，易于加工的要求，需要将煤转化为液体和气体，即以从煤出发的合成油和合成气供给能源和化工原料。对于煤的转化（液化和气化）以及合成气的化学加工和煤的其它化工利用，国外进行着范围较大的煤化学的研究和开发。煤化学工艺的先进程度，决定着它应用于工业上的可能性和竞争性；而同时也取决于基于石油价格上涨情况的石油与煤炭价格的对比。

国外煤化学的研究发展较快，尤其在合成油代用燃料方面。南非改进的费—托合成法开始建设第三套大型工业装置，美国正计划建设煤液化生产合成油的工业示范装置，可望在八十年代后半期转入工业生产。对于从煤制取合成氨和甲醇，一些国家在考虑和试验原料路线的转换。从合成气和甲醇生产醇、酸等有机含氧化合物，在甲醇—一氧化碳羰基合成制醋

酸工业化后，其它新的工艺正处于积极研究开发之中。合成气化学体系在八十年代后期到九十年代将构成化学工业的重要组成部分。而从煤制取乙烯，随着合成油工艺技术的进展和合成气化学的开发，在远期也将成为可能。

为对国外煤化学概况有所了解，我们搜集整理了有关文献资料，编成〈国外煤化工专辑〉，着重介绍煤化工概况和技术经济评价，以及近年来国外煤液化和气化技术在合成燃料方面的进展。

本辑资料中，技术经济评价系用当时价格，近年来，石油、天然气和煤等价格变化较大，经济分析数字仅能作为对比参数。

化学工业部科学技术情报研究所

1980年3月

目 录

前言

煤：与石油的成本差距正在消失.....	(1)
美国制订从煤合成燃料油的计划.....	(3)
美国弗卢尔公司与南非萨索尔公司合作在美国出售 Sasol 工艺技术.....	(4)
南非煤制石油的方法—Sasol 过程	(5)
道化学公司煤液化工艺.....	(9)
煤液化—替代的原料和能源.....	(16)
煤液化过程对化学工业的重要性.....	(26)
煤炭气化工艺.....	(32)
美国煤制氨与石油和天然气制氨的比较.....	(49)
目前从煤生产乙烯的投资和成本还远高于石油原料.....	(56)
煤焦油化学的现状和未来.....	(65)
煤的前景.....	(71)
西德和美国煤的利用研究（之一）	(73)
西德和美国煤的利用研究（之二）	(79)
煤化工展望—高涨的油价促进新工艺的发展.....	(84)
由煤制取化工原料的经济性.....	(92)

煤：与石油的成本差距正在消失

某些旧的技术在美国可能指出发展合成燃料的道路。弗卢尔公司的子公司弗卢尔工程建设公司（欧文，加利福尼亚）和南非萨索尔公司（约翰内斯堡，南非）同意将萨索尔的费—托法煤转化技术秘密在美国出售。

萨索尔公司自1955年起在萨索尔堡一直在利用由煤中制取一系列燃料和化学品的这一技术。萨索尔堡是离约翰内斯堡南50英里法安尔河畔的一个小镇。

在约翰内斯堡西面大约80英里绵延起伏的草原上，弗卢尔公司建设的萨索尔2号工程正在作最后的整修。这是一个占地1.5平方英里、耗资28亿美元靠近赛肯丹城的联合企业。它能使这个国家满足40%发动机燃料的需要。

1974年开始，一直没有透露过官方统计的需要量，因为，发表报导能源生产和消费的数字是违反南非法律的。

南非没有本国的石油生产，由于阿拉伯国家的禁运，它必须从鹿特丹港购买所需要的全部石油。因此，南非政府认为世界对它的需要知道得越少，它的处境就越好。

萨索尔2号的生产能力据估计为年产150万吨燃料、15万吨乙烯、10万吨氨和20万吨煤焦油衍生物。36座气化炉，每日消耗3万吨煤，生产10亿立方英尺合成气，合成气然后转换成液体产品。

这个厂的翻版，萨索尔3号将建设在同一地区靠近一个大煤矿的地方。那里的两个煤矿将每年生产1200万吨煤。

萨索尔公司和弗卢尔工程建设公司认为，萨索尔加工方法可以改造适应美国的情况。

适应于美国：

“我认为这种形式的工厂将在美国兴建，”弗卢尔子公司的总裁查理士·N·加农说，“当然这种技术的冒险是最小的”。

根据弗卢尔公司的分析，如果一个萨索尔型工厂马上开始建设，建设费用每年上升10%，其成本能够与一个1985年开始生产以每桶价格为48美元原油为原料的炼油厂竞争。这样，在1985年，萨索尔工厂是有竞争力的。以上是按原油价格平均每年上升20%的情况预计，而从1973年以来，原油价格平均每年上涨35%。

弗卢尔公司进一步指出，一旦工厂建成，基建费用不再受费用逐步升级的影响。如果操作成本，包括煤价每年增长10%的话，那末到八十年代后期，从煤制取燃料将比从油制取燃料便宜得多。这个方案假定油价每年至少上升10—15%。加农还说：“我们没有理由预料油价不会上涨”。

这一生产方法的南非创始者们承认要使这种工厂在美国运转，适当的关税鼓励是必要的。萨索尔本身从售出的汽油中得到每升17美分的平衡基金。加油站的售价为53.3美分。

目前，这个公司正在考虑发行股票，发行金额将为萨索尔3号工程提供5.25亿Rand（约为6.3亿美元）的建设资金。3号工程也建在赛肯丹。在预计的39亿美元的建设费用中，余下部分将由政府和出口信贷提供资金。萨索尔2号和3号工程的目标是使股票持有者

提供的资金占全部所需的资金的80%。

在计算一个项目的经济时，忘掉使用折扣现金流的方法吧！斯坦格门说。“现在作出的投资将比两年、三年或四年以后的数字少得多，因此，更现实的作法是把基建费，操作费用的通货膨胀速度以及油价涨价的速度考虑在内。假使油价上涨，产品的售价同样上涨”。

“人们在我们公司里投资”，他告诉持怀疑的人说：“我们相信我们能够向他们提供竞争性的增长。我们有许多对我们有利的东西。我们掌握这些生产方法，而且，这些方法能解决问题。我认为第二代、第三代方法的潜力强调得过头了。假使卡特总统合成燃料计划被执行，我们预计我们将参予共事，因为我们有独一无二的技术”。

为了进一步强调这一方法的生命力，他指出，萨索尔通过自己的加油站出售了一小部分自己的产品，余下的出售给南非市场上互相竞争的商人，诸如英国石油公司。

斯坦格门说：“对于萨索尔2号的产品，我们打算也这样处理”。他说，我们用竞争性价格出售产品并吸引投资者。

在税前平均价格上，萨索尔2号将竞争到这样的程度，在离海岸3.75英里的地方，售价每升14美分。

修 改：

为了适应美国的情况，这种方法要作某些修改。从根本上说，这一方法由一气化过程组成，在华氏2000度水蒸气和不低于500磅/平方英寸压力情况下用氧燃烧煤生成合成气。萨索尔采用鲁奇固定床气化路线，但其他不少方法也是可以采用的。

原料合成气经处理除去二氧化碳和硫化氢。在最新的一种方法里，含85%的氢和一氧化碳的纯气体被送往一个（费-托反应）装置，在其中生产汽油烯烃和烷烃。

产品再送到一个低温分离装置回收乙烯和付产甲烷。汽油分馏后在传统的炼油装置中生成一系列的燃料和化学品。

在萨索尔2号，付产的甲烷再转换成合成气返回过程。在美国，这部分气体很可能用作管道气。去掉甲烷转换过程将提高过程的热效率从40%到60%，这就与目前正在发展的第二代方法不相上下了。

弗卢尔公司的加农说：“我们计划准备多产燃料少产化学品”。此外，工厂还将改装以适应使用美国的煤。南非的煤含有高的灰分。在萨索尔堡燃烧的煤含有35%的灰分，在新的萨索尔2号工厂燃烧的煤含有24%灰分。而美国的煤灰分含量低。

这个方法还将改进以满足严格的环境规定。根据所处地点，可能还需增加防冻措施。另外，为了在美国出售，汽油库的辛烷值将提高到93%。

弗卢尔公司加农说，“费用增加是当然的事”，但是他相信这部分费用将由到美国工作现场的设备运输费用、材料费用比南非低而得到补偿。

在工业商品拿出数以十亿计的美元以实现卡特总统在1990年日产150万桶合成燃料的目标之前，还需要有投资的鼓励。

国会约有23项可供立法的悬案。这些提案的形式有贷款保证、直接提供经费、加快发放许可证、价格支持和税收鼓励。

如果今秋国会通过立法，那末一系列合成燃料的项目即将兴办。弗卢尔和萨索尔希望与之为力。

胡安群译自Chem. Week September 12, 1979

美国制订从煤合成燃料油的计划

美国卡特总统宣布支持合成燃料后，一些公司相继提出了合成燃料项目计划。已经确定了建设三个工业示范装置的计划，两个是煤的液化装置，一个是煤的气化装置。

空气产品—惠尔阿布拉托·弗赖伊公司（Air Products-Wheelabrator-Frye）和海湾公司（Gulf），他们的煤液化装置能力为日处理煤6000吨，生产能量当量为20,000桶/日合成油，分别采用不同的溶剂炼制煤方法（SRC法）。

空气产品—惠尔阿布拉托·弗赖伊公司的示范装置，由南方公司（Southern Co.）规划，将采用SRC—I工艺。SRC—I工艺是将煤精炼过程与催化加氢过程结合的两段液化方法，得到液体燃料。示范装置将建在肯基塔州纽曼附近的埃文斯维尔南部。投资预计约7.25亿美元。空气产品—惠尔阿布拉托·弗赖伊公司与合伙的公司担负1.2亿美元投资，其余6.05亿美元向美国政府申请。按美国能源部一年前对该公司进行的可行性调查研究认为，到1990年，固体锅炉燃料应当用价格相当于19美元/桶的合成油（按现在美元值计）代替。而炼油厂从石油生产的汽油价格为31.5~35.6美元/桶（按现在的美元值计）。以上价格不包括州和联邦税，及商业利润。

海湾公司采用SRC—II工艺，示范装置在1984~85年建成。投资约7.5亿美元以上。海湾公司本身不承担投资。西德和日本提供资金的25%，其余75%由美国政府承担。这个项目建成后生产的产品和美国专利属美国能源部，海湾公司可能保持国外专利权。装置建在西弗吉尼亚州的摩根城。

海湾公司在开发其它方面的示范装置上将提供1亿美元投资。

以上两个示范装置，到1989或1990年，都将发展为工业规模的装置，以能量当量计的日产量约为10万桶油。

空气产品公司的主席爱德华·唐莱对上述建议方案的评价是，SRC—I的建议方案是对政府从事能源技术开发的一个强有力的支持。

除上面两个煤液化示范装置外，德士古—南加利福尼亚埃迪逊公司（Texaco-Southern California Edison）将建设煤气化装置。投资3亿美元。属试验性装置。将利用该装置从煤生产含氢和一氧化碳的合成气。

美国卡特总统提出一个880亿美元的合成燃料规划建议，经参议院的金融和财政委员会及能源委员会考虑，并经白宫的能源动力小组讨论，决定对该规划加以缩减。根据参议院的计划，将采用一个较为适当的200亿美元的第一阶段方案，以确定合成燃料项目的可行性。它规定在第一阶段集中力量开发从煤和油页岩生产合成燃料的工艺技术。小组委员会全面地支持能源保护计划和执行这项计划。

卡特总统对于能源计划的建议，将有力地加速在一年内建设75个重要能源装置计划实施，尽管在工艺方法上可能有所改变。

第二次世界大战期间曾建立战时委员会的橡胶小组，是为了加快当时合成橡胶工业的建设。这种情况与现在创建国内合成橡胶工业的情况相仿。但是关于如何比较这两种情况尚存

在一些问题。美国化学学会橡胶化学分会华盛顿橡胶小组，去年曾把参与合成橡胶规划的人们重新集中在一起，在记者招待会上回答了一些问题。

美国化学学会主席詹姆斯·德拉尼（前任高分子研究分会和美国橡胶保藏局的负责人）认为，对合成燃料规划和二次世界大战期间的合成橡胶规划加以比较是恰当的。他指出，1941年美国面临一个真正的危机——由于日本在太平洋地区的侵略，切断了美国天然橡胶的供应来源，而合成橡胶对于争取战争胜利是非常必需的。在这样的目标下，要求工业部门、政府和科学院紧密合作。他们行动很快，合成橡胶从1941年的8000吨/年一跃而达到1945年的100万吨/年。突击地建设了五十一个工厂，花费了约10亿美元（按1942年的美元值计算）。

德拉尼认为：从技术上讲，合成橡胶与合成燃料的情况很相似。而实际上，当前人们对合成燃料工艺技术的了解可能比当时（1941年）对合成橡胶的了解要深入得多。然而，现在发展合成燃料，尚缺乏统一认识。虽然有人认为存在能源危机，但也有人认为不存在能源危机。他结论说：“但是，如果等到所有的人都认识了能源的严重问题，就要影响了我们开展工作”。

姜俊明译自C&EN August 6, 1979

美国弗卢尔公司与南非萨索尔公司 合作在美国出售 Sasol 工艺技术

国营南非煤油气公司（Sasol）与美国弗卢尔（Flour）公司签订协议，进行联合销售萨索尔公司的从煤合成油的工艺技术，取得了在美国使用的许可证。

根据协议，弗卢尔公司与萨索尔公司将联合进行总包的咨询服务，可行性的研究，以及编制成套基础设计，供用户使用。他们还将在设计、施工和试车阶段提供技术服务。

弗卢尔公司是南非Sasol 2号和Sasol 3号联合装置施工建设的承包者。这两套装置在南非约翰内斯堡附近的赛肯达建设。每套装置能力为日产合成油50,000桶和各种化工产品。原料煤量约每年1200万吨。

这两家公司认为，Sasol工艺过程是当前工业生产上唯一的从煤合成油的工艺技术。这项工艺技术将在实现卡特总统的能源计划中发挥重要作用。按这一能源计划，到1990年，以煤为原料生产的合成燃料产量将达到100~150万桶/天（约为年产量4600~7200万吨）。

从常规的费—托合成发展的Sasol合成油方法，使用粉状铁系催化剂，以促进一氧化碳与氢气之间的化学反应， CO/H_2 的比值为1:3，催化剂呈流化床层状态。可以获得比Arge-Lurge（阿奇—鲁奇）类型的费—托合成法更高的轻汽油收率。在阿奇—鲁奇法中使用的一氧化碳与氢气的比例为3.5:1，催化剂为固定床层。

萨索尔公司拒绝透露它的工艺的经济性。甚至弗卢尔公司也拒绝涉及到关键性的数据。但是，据报导估计认为，南非的合成油价格接近每桶25美元。萨索尔公司享有每公升4美分的补贴（每桶6.3美元），这样使得它对于进口石油具有竞争性。

然而，由于美国劳动力和环境保护费用较高，美国煤价约15~20美元/吨。南非煤价则仅5~7美元/吨。煤的价差将使得在美国生产的合成油品成本可能高达30~40美元/桶。

但是，南非波来托雷亚的南非燃料研究所开发的一种新的煤转化工艺，它能从每吨煤中获取比Sasol工艺多50%的油品。Sasol法生产1吨油品约需6吨煤，而这种新的方法则可能达到生产1吨油品只需4吨煤。

这项工艺技术称之为“加氢热裂解”。如果加热速度很快，亦可称之为“急骤加氢裂化”。这种方法在美国也已经进行了几年时间的试验研究。

第一阶段的小型试验计划，已经在研究所完成。第二阶段将对南非的煤在1公斤/时连续性小型试验装置上进行试验。如果这些试验获得成功，则这项工艺技术的工业化生产示范时间可能还需进行10~15年。

南非宣称，用DAF煤可获得40%的合成原油收率。在某些情况下可高达50%。这表明能量转化率介于64~80%之间。

姜俊明译自ECN September 10, 1979

南非煤制石油的方法——Sasol 过程

摘要：对于缺油国家新的巨大的联合企业是基于现代化的费托技术，这个技术可能在美国及其他地方找到应用。

这套设备是巨大的。到1983年完成时，它将投资70亿美元。目前在那里有二万名建设者，最多时达二万五千名。它在正在进行建设的工业项目中，如果不是最大也是很大的项目之一。当全部投产时，它将供应南非绝大部分的运输燃料——汽油、柴油和喷气燃料。预定在明年春天投产。

南非煤、石油、天然气公司（Sasol）正在约翰内斯堡（Johannesburg）以东94英里的赛肯丹（Secunda）建设煤制石油的装置。正在建设的是两个完全相同的装置，萨索尔（Sasol）II和萨索尔III。萨索尔II已完成80%以上，萨索尔III处于准备阶段。这些新设备是该公司自1955年以来在约翰内斯堡以南50英里的萨索尔堡（Sasolburg）建成投入运转的萨索尔I装置的改良和放大的装置。

对于迄今还未发现大量石油和天然气，但煤藏量丰富的在政治上孤立的南非来说，赛肯丹的装置的含意是显而易见的。对于美国和其他有能源问题的煤藏量丰富的国家，它的含意虽不明显，但是，它们仍可能被证明是重要的。

南非的这三套装置是世界上仅有的由煤制石油的工业规模的装置。它们是以历史比较悠久的经过考验认为完善的费托间接液化技术为基础。这包括煤的气化，接着由反应产物合成气——一氧化碳和氢气进行催化反应，生成结构比较简单，完全不含硫和氮化合物的烃混合物，然后精制这个混合物。

萨索尔II和III比任何其他煤制石油的方法领先十年。使用更先进技术，在理论上更复杂更有效的直接液化法的类似规模的装置，最早到1980年底以前不会开车。

首先，由于这个大项目的开车，正在赛肯丹从事建设的费卢尔公司（Flour Corp.

California)和其他公司主张,生产58,000桶/天运输燃料的萨索尔装置可能在美国起一定的作用。事实上,如果美国实行由卡特总统和国会提出的到1990年每天由煤和页岩生产200万桶合成燃料的能源计划对于美国是重要的话,那末它们也将成为重要的。

费托法是50年前的老方法。最初由德国人在二十和三十年代开发。在第二次世界大战期间,在德国被广泛地用来生产航空燃料和其他燃料。但是现在萨索尔在技术上具有了独特的地位,这是由于萨索尔公司从萨索尔 I 的运行中得到相当可靠的专门技术所导致的。现在,该公司通过与费卢尔公司的共同努力,试图将它的专门技术出售给美国。德克萨斯·东方公司(Texas Eastern)是第一个表示兴趣,要求对装置的可行性进行研究。

萨索尔 I 装置在最初开始运转时有一些重大的问题,它生成的产物比后来在赛肯丹建设的第二代装置复杂得多。这套装置有两套平行的费托反应器系统。一个是西德鲁奇公司(Lurgi)开发的固定床系统。它生产包括固体石蜡在内的高沸点烃类。这个系统自开车以来运转良好。

困难的是另一个称作“合成燃料”(Synthol)的流动床反应器的反应系统。这个系统主要是生产汽油和柴油范围的轻质烃。它们是由凯洛格公司(M.W.Kellogg)和西德伍德公司(Uhde)共同设计,并由凯洛格公司制造的。

第一次开车时,它们运转不好。许多问题涉及到催化剂,催化剂是以某种铁矿石为基础的。但是,这些铁矿石的组成发生了变化。起初产品的组成也发生变化,仅能进行低负荷的不经济的生产。萨索尔公司用了五年时间开发了一个完全新的,也是以铁为基础的催化剂,并且研究如何将最初的两个“合成燃料”(Synthol)反应器投入实际的工业生产。第三个反应器是后来加的。

萨索尔公司现在完全相信这些“合成燃料”反应器。整个赛肯丹的联合企业都仅仅以此为基础。每一个萨索尔 II 和 III 装置有七个“合成燃料”反应器。每个反应器的能力是萨索尔反应器能力的两倍半。

在技术上可行与否已不再是决定建立萨索尔型煤制石油装置的主要因素。因为萨索尔 I 装置在开车时遇到一些问题,但是以后的运转一直是可靠的。因此毫无问题,萨索尔 II 和 III 在技术上也会同样成功。今天作出这样一个决定的关键因素将是战略上的,政治上的和经济上的。

如果不是强制性地对萨索尔 II 和 III 装置进行及时地和相当巨大的资助的话,在南非最近几年中这些因素就不能与国内能获得的技术相结合。

对一个国民生产总值只有美国的 2.2% 国家来说,70亿美元投资确实是一笔巨大的款项。按它们国民生产总值的规模来说,相当于在美国使用约 3,000 亿美元的投资。在1973年石油危机以后,1974年12月就决定资助建设萨索尔 II 号装置。关于增建萨索尔 III 号装置的决定是在今年 2 月份作出的,恰好在伊朗—在这以前,是南非石油的主要供应国—政治大动荡到达危机关头的数月之后。

南非总的能源需要大量的的是由它自己的煤炭资源来得到满足。对石油的依赖是相当低的,只有大约 20%。但是除了从萨索尔 I 每天生产 9000 桶石油以外,全部石油都是进口的。没有理由期待在什么时候会立即找到国内的石油或天然气资源。

南非孤立的形势会使靠进口石油的弱点恶化,造成中断或削减进口石油。在萨索尔堡的炼油厂的股份为伊朗、萨索尔公司和法国部分所有,最近,由于伊朗的局势在恶化,伊

朗切断了对它的石油供应。今天，南非正不得不在价格很高的市场上购买他的石油。

南非石油形势的确切状况已不能获得。关于石油的供应，贮存和生产的统计是国家的机密。泄露这些统计是犯罪的。在最近几年内，南非已建立起二至三年的库存量。运输燃料每天的需要量大约为18万桶。由于这项法律，萨索尔公司和弗卢尔公司也不能清楚地预计萨索尔Ⅱ和Ⅲ的能力。但是，萨索尔Ⅱ的最初计划是每天生产3.5万桶运输燃料，萨索尔Ⅲ将生产略为多一点的燃料。现在好象在较低规模之下生产3.5万桶/天。

从纯经济因素来考虑，萨索尔型的装置在南非比在其他地方更为有利。首先，萨索尔公司在最近几年中确实是赚钱的企业，并且将保持这个方法。去年在国民总收入10亿美元中，在除去税收以后该公司的净收入为8,800万美元。这种利润率反映了现在萨索尔堡装置总的来说价值降低。它制得的汽油不宜与每桶原油2美元加工费的汽油相竞争。但也看出这几年从强制利用萨索尔堡装置生产化学品，城市煤气和其他各种产品所得到的利润。然而，股票行情的上涨形势也反映出正在建设的萨索尔Ⅱ和Ⅲ的基础工艺的可靠性。

萨索尔公司已经经常在严格经营的基础上生产运转。政府对于原来的部分提供了贷款，并向新企业投资，对于赛肯丹装置政府也提供大部分的资金。这个公司到现在才允许私人投资，上月公开的最初购买价值达6亿美元的股份迅速超过了认购额。

已经提出的对私人投资的保护措施的一个鼓励是在南非由本国原料生产的运输燃料，每加仑津贴19美分。另一个鼓励是由政府确定石油产品的销售价格，通过以世界原油价格基础调节南非的实际价格。因此，南非为石油支付的钱越多，赛肯丹装置得到的收益也越多。目前，南非汽油的价格大约为每加仑2.50美元。

萨索尔公司预计，赛肯丹建设项目将比萨索尔堡更快地变为有利可图，萨索尔堡自开车以来15年直到1970年这段期间一直不赚钱。技术秘密将使这些装置顺利地开车。萨索尔Ⅱ预定在1982年，萨索尔Ⅲ预定在1984年满负荷运转。

萨索尔公司表示确信南非商业共同体的兴旺发达。现在南非正从1977年非常坏的衰退中恢复出来，1977年对于南非这个每年人口增长率为2.5%的国家，当时国民生产总值未能增长。今年南非国民生产总值将增长3.5~4%。而且，预计八十年代将增加更多。这个信念是以几个主要因素为基础的，包括显著改进贸易平衡，改善仍未开发的潜在能源。预计到1985年南非将成为纯粹的能源出口国。它也确信，由于南非早已具有很多由煤制化工产品的经验，它将可能成为基本化学产品的主要出口国。

在南非以外的萨索尔型装置的建设者也需要政府的鼓励，至少暂时需如此。例如，弗卢尔公司指出，1973年开始在美国建设的这样一套装置，今天刚刚投入生产，并且能与一个使用33美元/桶原油新的普通炼油厂竞争，它低于今天小批量的价格，但是实际上高于石油输出国组织（OPEC）官方每桶20美元的价格。

更为现实一些来观察经济性，弗卢尔公司进一步宣称，目前美国开始搞的萨索尔型装置，到1985年投入运转时可能要与新的使用每桶48美元的原油的普通炼油厂进行竞争。这意味着，如果世界石油价格继续以自1973年以来保持的每年35%的增长率增长的话，萨索尔装置将具有直接的优点。如果石油价格的上涨率下降到每年最多15%，那末萨索尔装置与从原油来生产的油品，大约要到1987年才互相平衡。当原油价格每年上涨10%，到1990年才能达到这个互相平衡。

但是，在明年内，在美国开始搞萨索尔型装置的可能性是不大的。环境保护和制定规章

的考虑只能阻碍这样快速的行动。弗卢尔公司的观点,在1984年开始建设一个装置比今天开始建设一个装置投资将高出60%以上。这个差别将更多地为在1980年中期开始建设一个直接液化装置的理论上的66%热效率,与在1979年或1980年开始建设一套萨索尔型装置的60%的热效率之间的差额,在经济上得到补偿。

弗卢尔公司的观点是,如果美国必须努力提高各种各样的合成燃料,以达到现在提出的1990年的目标,那末萨索尔型装置将起一定的作用。可能只起暂时作用的是给予采用成熟的煤为基础的技术和页岩油项目的更多的时间,以证实它们在工业规模上的价值。费托合成提供了一个技术上风险最小的方法。

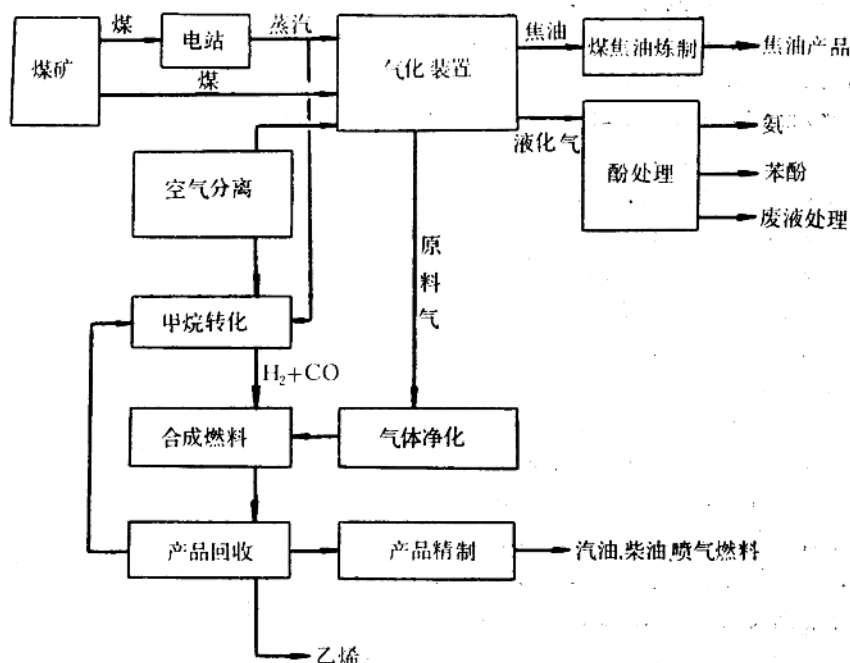


图1 每天生产4万桶燃料油的萨索尔II装置

煤矿: 煤通过运输机来自这个公司自己的煤矿。年消费量将是1400万吨。其中920万吨用于气化, 480万吨碎片煤用于生产蒸汽和所需要的三分之一的电力。次烟煤不是高质量的, 它含有大约10%的水, 25%的灰份。煤的贮量足够供应整个公司(包括实际上是萨索尔II的仿制装置的萨索尔III装置在内)至少用60年。

空分: 萨索尔II有六条空分装置生产线, 每条线生产2,500吨氧/天。气化装置每天的需氧量为9,500吨, 甲烷转化装置需3,700吨。这套空分装置将仿制一套以供应萨索尔III装置的需要。

气化装置: 萨索尔II有36台鲁奇气化炉。这些炉子将煤、氧气和水蒸汽在加压下反应, 生产含57%的氢加一氧化碳、94%的甲烷、32%二氧化碳、0.7% 硫化氢、0.3% 氮和0.5% 烃类。萨索尔公司对鲁奇气化炉具有多年的经验, 它在萨索尔堡的I型由煤制石油的装置上, 使用并发展了鲁奇气化炉已有二十五年的历史。萨索尔II的气化炉直径为4米, 略大于萨索

尔 I 装置原来的炉子。

气体净化过程: 原料气用冷的甲醇在四条生产线上进行洗涤。二氧化碳含量减少到 1.5%。硫含量也减少到 0.07PPM。最终产品是每天 10 亿立方英尺含 84% 氢加一氧化碳和 13.5% 甲烷的纯净气体。余下的组份大部分是氮。

合成燃料: 萨索尔 II 有七台 Synthol 流化床反应器。使用一种铁基催化剂, 它将使从气化装置来的被净化过的合成气和从尾气中的甲烷重整所生成的合成气生产轻质烃类, 汽油和柴油馏份的过程最佳化。这些反应器在 320℃, 325 磅/吋² 压力下操作, 生产出相当于萨索尔 I 装置上开发出来的相似的反应器两倍半的合成原油。萨索尔 III 也有七台放大的反应器, 它将消费装置产生的汽油而最大限度地生产柴油。

产品精制: 萨索尔 II 和 III 装置各有一套相当于 6 万桶/天的精馏设备。每套装置每天运输燃料——汽油、柴油和喷气燃料的产量为 4 万桶。萨索尔 II 装置其他产品每年的产量包括: 4 亿磅 (18 万吨) 乙烯、1.9 亿磅 (8.6 万吨) 其他化学品、4 亿磅 (18 万吨) 焦油产品、11 万吨氮 (以氮计) 和 10 万吨硫磺。萨索尔 III 的非燃料产品将减到最少。

陈安栋译自 C & EN Sept. 17, 1979

道化学公司煤液化工艺

提供了催化剂和固体分离技术的主要进展以及简单反应器的设计。

几年前, 道化学公司的研究者们关注着苯的另一来源的路线。探索的一种选择方案, 是得到煤衍生油的实验室样品, 然后进行催化加氢使芳香烃的产率达到最高。经发现, 转化煤衍生油成为苯相对地比较容易, 同时有很高的选择性。这种早期的发现是道化学公司煤液化工艺开发的起点。

由于从煤液化得到的产品的范围很广, 显然当这些产品各自得到最高价值的应用时, 将获得最佳的经济效果。道化学公司需很多烃类原料, 如芳香烃和液化石油气, 来满足该公司对清洁燃料、工艺蒸汽和电力的很大的需求。在道化学公司, 用 2 公斤 燃料加工成 1 公斤 烃类原料。另外, 由于电解制氯和镁消耗的大量电力是内部供给的, 因此道化学公司拥有很大规模的公用工程。

煤液化工艺的研究是从 1973 年开始的, 同时对现有技术进行评价。显而易见, 改进基本上是为了减小转化工艺的复杂性和提高经济效果。主要涉及的领域是催化体系和固体分离——循环油生成系统。

在过去的六年中, 煤液化技术的工艺操作已经在许多微型装置上进行了探索。从这些研究中, 开发了一种新型的煤液化工艺。道化学公司的实验装置规模为 200 磅煤/天, 道化学公司的工艺已有实例证明, 并以最佳的操作连续运转了 850 小时。

工艺特点

图 1 为本工艺的简化流程图。

其特点是:

1. 应用已经取得了专利的消耗性催化体系。这个体系采用乳化技术, 并提供一种高活

性、高效率的消耗性催化剂。

2. 应用水力旋流器 (hydroclone) 去除从液化反应器导出的产品中的部分固体, 同时将部分催化剂循环返回反应器。

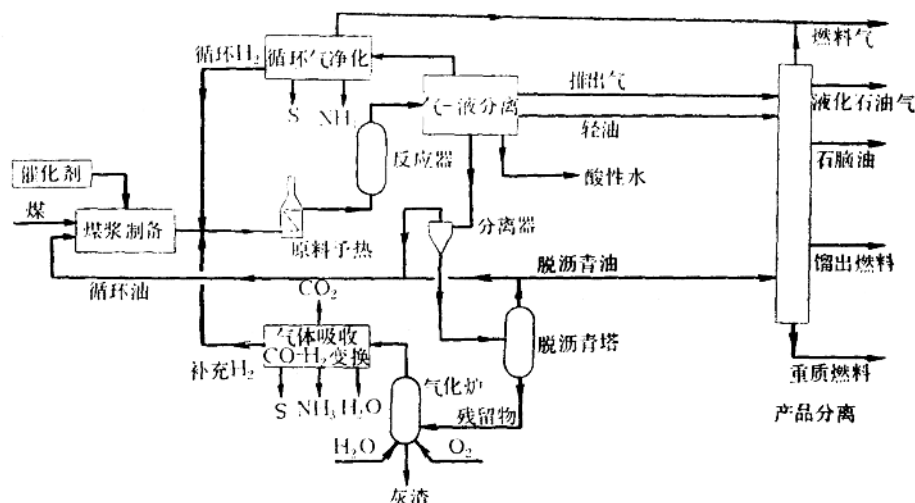


图1 道化学公司煤液化工艺流程图

3. 应用逆流液-液萃取塔分离产品, 得到基本上是无固体的低硫油和固体含量很高的循环物, 后者适合作气化器的原料。

将原煤进行洗涤、干燥、粉碎和分级。分级后的原料与从工艺中衍生的循环油混合, 制得含煤量为40%的煤浆 (Coal Slurry)。在煤浆中加入乳液状的催化剂。催化剂的制备过程是, 先将一种或几种具有催化活性的可溶性金属盐溶于水, 然后在煤衍生油中乳化得到水在油中的乳液。

将上述制得的催化剂-油-煤的淤浆用泵打到停留时间很短的预热器中, 在那里与压力为2200磅/平方吋 (表压) 的氢气会合, 并一起被预热到420℃。在预热器中, 煤软化并变成塑性物质优先进入反应器中。淤浆的预热对于煤加氢工艺来说是典型的, 同时必须严格控制热量避免煤和浆油的热分解。

在适当的温度和压力下, 煤转化为沥青和低产率的油、气是很容易和迅速的, 而且在没有催化剂的情况下也能进行。沥青和残留重油的转化显然是比较慢, 同时从动力学上来说更困难。反应器的温度大约保持在460℃, 需要足够的停留时间以便在催化剂存在下发生动力学上更困难的反应。反应器压力为2000磅/平方吋 (表压) (13.8百万帕斯卡), 煤浆进料速度为35磅/时·呎³ (0.156公斤/秒·米³)。反应器是返混式、开管的耐压容器。

从反应器导出的产品通过几个汽-液分离器, 以分离出未反应的氢气、酸性气、液化石油气、水蒸汽和轻油。分离器的底部产物中含有全部的灰分, 未反应的煤、沥青、催化剂以及大部分可蒸馏的油。

固体的预分离是用水力旋流器。水力旋流器的全部溢流作浆油循环。调节水力旋流器的分流以便从溢流得到典型组成为75%的循环浆油。水力旋流器溢流中的灰含量远低于底流中

的灰含量。但是，由于催化剂分散得很细不能有效地被分离。所以水力旋流器底流中的催化剂含量基本上等于水力旋流器进料中的含量。由于反应器的进料中加有新鲜催化剂乳液，因此催化剂的循环使反应器中催化剂的浓度增加2%或更多。

水力旋流器的底流与溶剂逆向进入脱沥青塔。在脱沥青塔中更多的极性沥青物质形成第二层液相，在这层液相中把油料中的固体物质有效地凝集在一起。凝集后的灰、未反应的煤和沥青物质以很粘稠的液体状态连续地从脱沥青塔的塔底排出。脱沥青塔的溢流经内蒸以回收工艺溶剂。

从脱沥青塔塔顶得到的产品基本上是无固体的低硫高级油。其中一部分用作含量为25%的循环油，余下的脱除了沥青的油去产品分离塔分离得到净产品。

脱沥青塔的塔底物作为气化器的进料，在气化器内与氧和蒸汽接触，残留的燃料转化为一氧化碳和氢。从气化器出来的气体经洗涤后进入变换转化器(Shift Convertor)，产生工艺所需要的氢。从汽—液分离器出来的未反应的氢经洗涤后循环。从产品分离塔得到的液化石油气和石脑油可用作燃料或者作为原料。脱除了沥青的净产品是一种高级的低硫燃料。

各种典型的加工步骤都已经在规模为200磅煤/天(100公升/天)的连续和半连续的装置上用匹兹堡8号(阿利森矿)煤进行了实验。

产品质量的规定

在如下的讨论中，用这四条规定把产品的质量量化：灰—不燃性固体残留物质，甲苯不溶性物质—不溶于甲苯的可燃性物质，沥青—溶于甲苯而不溶于己烷的油，和己烷可溶性油—溶于己烷的油。可溶性是通过试验而确定的，溶剂和样品的重量比为4:1。应该注意分析结果在某些地方不同于Soxhlet抽提物的分析结果。

用在道化学公司工艺中的乳液催化剂与传统的液化反应催化剂大大不同。水在油中形成乳液。在乳液中催化剂初级粒子(Precursor)以水溶性盐的形式作为分散的含水相的一个组分。催化剂乳液加在反应器的原料中，是为了使催化剂初级粒子在煤浆中分散均匀。当煤浆预热时，活性金属盐会发生热分解，同时与煤中原先存在的硫发生反应迅速转化为有催化活性的硫化物。单个催化剂粒子是很小的，只有几个微米或者更小。小粒子的大小对于获得高效率催化剂和提供催化剂循环的条件是很重要的。

表一表示了在催化剂的研制过程中测定的某些变量和相应的最佳操作条件。

表1 乳液催化剂可变量的研究

可变量	范围	最佳
活性金属	Va、Fe、Co、Ni、Mo、W	Mo
Mo/H ₂ O	1/5 ~ 1/30	1/25 ~ 1/30
加入淤浆中 的Mo含量, ppm	80 ~ 1300	100

在所有测定的单个或几个组合在一起的金属中，钼对煤转化为油的催化性能最好。把金属盐水溶液稀释到一定浓度以减小催化剂粒子的颗粒度。制备乳液的油一般用煤转化的循环油。用乳化器可以达到稳定化处理的作用，但通常不需要。

如表2所示，钼的催化活性的增加与其含量不成正比。因此，钼的含量低至100ppm时与远高于这个含量相比对煤转化的催化活性几乎是相同的。假如不从付产品中回收钼，1吨煤大约消耗0.5磅钼，这样催化剂的费用与已报导的其它催化液化工艺差不多。

表2 循环操作中催化剂含量的影响

(100磅MAF煤)

	加入淤浆中的 钼含量, ppm		
	216	108	0
净产品:			
气体和轻油	33.3	32.6	17.6
己烷可溶性油	22.2	26.6	5.4
沥青	23.4	21.1	50.3
甲苯不溶性物质	14.0	11.6	19.1
氢气消耗, 磅H ₂ /100磅煤(匹兹堡8号)	6.1	6.1	4.4

消耗性催化体系在煤的加工中具有很大的优点。除了经济方面以外, 催化剂制备过程简单。反应器的设计也是简单的, 象一根开口的管子。由于粒子很细, 在反应器中不需要很高的循环速率就能使催化剂处于悬浮状态。催化剂的寿命不是一个关键的参数, 因为消耗性催化剂的停留时间相对比较短。系统中催化剂的总量很小, 因此从反应器出口回收迅速而且所耗费用不多。同时不需要催化剂回收和再生设备。

固体物质的分离

用在煤液化工艺中的固体物质分离技术必须能将从反应器出来的产品分离成为: 1) 富灰残留物质, 2) 低灰油产品, 3) 灰含量保持在适当性的浆油。一般地, 液化反应器产品的三分之二必须作为浆油循环。确定最佳的固体分离方案对液化工艺的总效率是关键性的。

作为小装置试验程序的一部分, 探索了各种单元操作。其范围很广, 现有单个使用的, 也有组合在一起的, 其中包括过滤、超临界抽提 (supercritical extraction)、真空蒸馏、脱沥青、和水力旋流分离。如图1所示, 水力旋流分离和脱沥青单元组合是最佳的技术。

表3是典型的水力旋流器的数据。水力旋流器溢流中的灰含量一般为3~4%(重量)。溢流产品不经加工直接作浆油用。

表3 典型的水力旋流器的数据

水力旋流器的内径, mm	10		
进料温度, °C	250		
进料速度, 磅/分	10.4		
公斤/秒	0.079		
分流 (溢流/底流)	55 : 45		
压力降, 磅/平方吋	110		
百万帕斯卡	0.76		
馏分分析:			
	原料	溢流	底流
粘度, 厘泊 25°C	380	370	540
沥青 % (重量)	29.8	30.1	26.0
甲苯不溶性物质 % (重量)	7.9	6.8	9.9
灰, 重量%	6.6	3.3	11.2
分离率, α (底流中灰含量/溢流中灰含量) - 3.4			

对水力旋流器分离催化活性粒子所能达到的程度进行了相当详细的研究。得到的数据的一部分用图 2 表示。水力旋流器进料中的钼是作为催化剂乳液而导入液化反应系统的，而铁是煤灰的一个组份，如图所示，水力旋流器不能大量地去除溢流中高度分散的催化剂粘子。一般地，水力旋流器溢流中的催化剂浓度等于进料中浓度的 95%。相反，除生铁比除其它组分更容易。

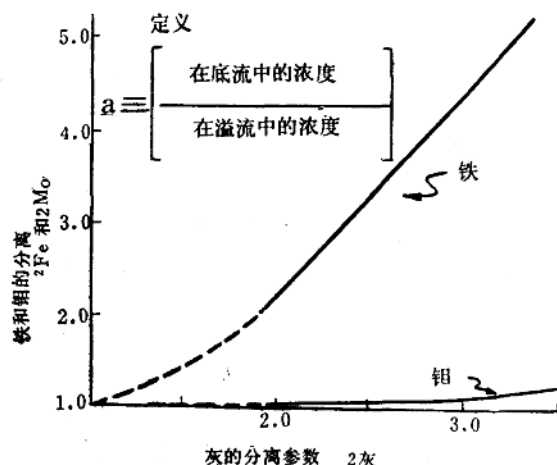


图 2 铁和钼对灰的水力旋流器分离参数

如上所述，水力旋流器的底流与溶剂逆向进入脱沥青塔作进一步加工。用于脱沥青步骤的溶剂是工艺中衍生的 $C_6 \sim C_8$ 馏分。脱沥青塔脱除了沥青物质和水力旋流器底流中的几乎全部的灰分。表 4 是典型的脱沥青塔的数据。

表 4 典型的脱沥青塔的数据

温度, $^{\circ}\text{C}$	160~200		
压力, 磅/平方吋	200		
百万帕斯卡	1.38		
溶剂	混合 C_6 馏分		
溶剂/油	0.8		
底流, 占进料量的 %	23.5		
	进料	溢流	底流
灰, % (重量)	9.12	0.02	40.68
甲苯不溶物质, % (重量)	10.78	0.72	
沥青, % (重量)	19.82	15.09	
计算的脱除物质, % (重量)			
灰			99.83
甲苯不溶物质			94.82
沥青			40.90