

# 龙口劣质煤的洁净利用

吴 枫 阎承信

(烟台化工设计院, 山东烟台 264001)

**摘要:**对低质的褐煤,可以通过煤气化生产化工产品、电力等多联产系统,使褐煤得到洁净合理的利用。在当今世界石油涨价、中国天然气价格较高的情况下,用煤生产甲醇车用燃料及其他化工产品等在经济上是有竞争力的,也是现实可行的。介绍了龙口煤的利用方案,对其必要性进行了论述。

**关键词:**劣质煤;气化;清洁生产

中图分类号:TQ54

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2003)04-0005-05

## Clean use of low quality coal from Longkou

WU Feng, YAN Cheng-xin

(Yantai Design Institute of Chemical Engineering, Yantai 264001, China)

**Abstract:** Lignite of low quality can be used cleanly by gasification to produce chemicals or electric energy. Using coal to produce car fuel methanol and other chemicals is a competitive and practical way under the condition of current global rising oil prices and China's high natural gas prices. The plan of all-around use of low-quality lignite in Longkou area is introduced, and the necessity of this plan is also discussed.

**Key words:** low quality coal; gasification; clean production

山东龙口煤矿是我国沿海地区惟一的大型煤矿,现矿井能力约 400 万 t/a,但龙口煤的煤质较差,主要是褐煤和长焰煤,水分和灰分的质量分数一般均在 10%~35%,热值为 15 900 kJ/kg 左右,因而这种煤不适于远程运输,同时由于煤矿的地质条件较差,开采成本较高,在工业上的应用也受到一定的限制。如何合理利用龙口煤,将龙口煤的资源优势转化为产业和经济优势,以形成龙口地区新的经济增长点,笔者就此谈几点看法。

## 1 龙口煤的利用方案

龙口煤适于气化,可在坑口附近建设以煤气化为龙头的多联产工厂。在此以就地气化 200 万 t/a 煤炭考虑提出 2 个方案。

### 1.1 煤气化生产甲醇联产电力

煤气化生产甲醇联产电力工艺流程如图 1 所示。

#### (1)产品及规模

甲醇 40 万 t/a,电力 200 MW。

#### (2)工艺路线

采用 Lurgi 干灰气化法将煤气化为粗煤气,然后经冷却和低温甲醇洗净化为合成气,再经压缩进入甲醇合成装置合成甲醇,未转化的尾气作为燃气轮机的燃料用于发电。该方案的工艺路线与国内哈尔滨依兰气化厂的流程基本相同。气化炉可以采用国产化的 Mark-IV 型炉(或 PMK-3600 炉)。甲醇合成采用国内成熟的林达低压均温型合成塔或用 Lurgi 技术,燃气轮机拟引进国外技术解决。

#### (3)原材料及动力消耗

工厂所需要的电力及蒸汽全部由燃气发电机组及余热锅炉供给,正常生产时不需外供动力,但为开车的需要应设置 1 台 35 t/h 的循环流化床开工锅炉。该方案需空分装置能力为 42 300 m<sup>3</sup>/h。

采用低热值为 15 900 kJ/kg(高热值 17 290 kJ/kg)的褐煤为气化原料,规格为 4~50 mm,年用量为 203 万 t,耗新鲜水约 600 t/h。



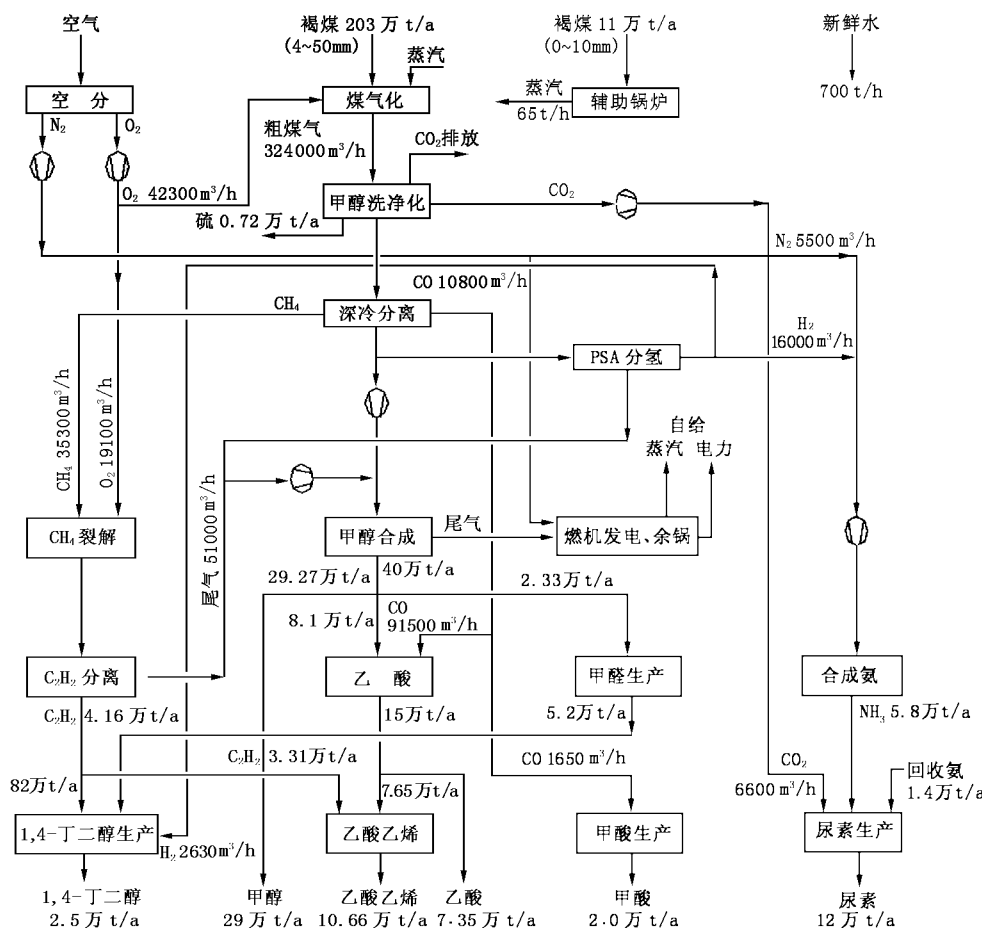


图2 煤气化多联产产品工艺流程图

(2) 工艺技术路线

该方案的煤气化及净化工艺同方案1。经低温甲醇洗净化后的煤气进入深冷分离装置,将煤气中的CH<sub>4</sub>及部分CO分离出来。CH<sub>4</sub>送去制乙炔,CO则用于生产乙酸和甲酸,经深冷分离后的主流气体主要含H<sub>2</sub>和CO,再经加压并与乙炔尾气混合送甲醇合成装置生产甲醇,甲醇合成的尾气用于燃气轮机发电。从深冷装置出来的主流气体部分送入PSA提氢装置,分离出的氢气供合成氨及1,4-丁二醇加氢使用。

该项目的深冷分离装置与现上海太平洋公司的装置类似,甲醇合成装置亦可采用太平洋公司的Lurgi副产蒸汽合成塔。

甲烷裂解制乙炔及其分离装置同现四川维尼纶厂,乙酸采用羰基化法,其装置及乙酸乙烯装置也与该厂装置类似。

1,4-丁二醇装置与山西维尼纶厂相同,只是该厂用电石乙炔,该项目采用甲烷制乙炔,并用自产的甲醇制甲醛、自产氢气供应1,4-丁二醇生产需要,

因而其生产成本会大大低于山西维尼纶厂。

甲酸采用甲酸甲酯法,与目前济南化工二厂的装置相同,但该装置的原料CO是副产品,比该厂用纯氧气化焦碳制CO要经济。

(3) 原材料及动力消耗

该项目的燃气发电规模约为120 MW,只能满足工厂自用电,不外输。余热锅炉所副产的蒸汽量不足,尚需设2台35 t/h的循环流化床锅炉,该2台锅炉也可作为开工锅炉。

年气化原料褐煤(4~50 mm)203万t,循环流化床锅炉用煤(0~10 mm)约11万t/a,合计用煤214万t/a。

生产用新鲜水约700 t/h。

该方案需空分装置的能力为61 700 m<sup>3</sup>/h。

(4) 产品及市场

该方案的甲醇产品除作为本厂的原料外尚有29万t/a的商品量,可作为化工原料和车用燃料,或进一步加工为二甲醚作为柴油和液化石油气的替代品销售。

乙酸是一种用途广泛的有机酸,主要用于生产乙酸乙烯、聚乙烯醇、对苯二甲酸、乙酸纤维等。目前世界乙酸的生产能力约827万t/a,我国约123万t/a,年产量约86万t/a,年消费量约为97万t/a,预计到2005年和2010年将分别需要119万t/a和162万t/a。由于我国现有乙酸生产装置中采用羰基化法的仅占28%,其余为乙烯法和乙炔法,这两种方法生产的乙酸不能与国外进口的乙酸相竞争,因而开工率低,目前迫切需要淘汰部分落后的生产装置,扩大羰基化法的生产能力,估计到2005~2010年尚有35万~60万t/a的缺口。

乙酸乙烯是一种不饱和羧酸酯,可用于生产聚乙酸乙烯、聚乙烯醇、涂料、浆料、粘合剂、维纶、薄膜、乙烯基共聚物、缩醛树脂等一系列化工产品,广泛应用于轻工、造纸、纺织、建筑等工业领域。目前

世界乙酸乙烯的生产能力约为 430 万 t/a, 消费量 380 万 ~ 400 万 t/a, 预计近年来的增长率为 3.5%。我国乙酸乙烯的生产能力约为 70 万 t/a, 工厂规模一般较小, 且多采用电石乙炔法, 仅有四川维尼纶总厂一家采用  $\text{CH}_4$  乙炔法, 规模为 12 万 t/a。由于近年来应用领域不断扩大, 消费量呈逐年增长的态势, 增长率约为 4%, 预计 2005 年和 2010 年市场需求量将分别为 86 万 t/a 和 105 万 t/a。本方案年产乙酸乙烯为 10.66 万 t/a, 且成本低, 具有较强的竞争力, 在国内市场消化应无问题。

甲酸是一种重要的基本有机化工原料, 广泛应用于橡胶、医药、农药、纺织印染、皮革加工等行业, 同时也应用于青储饲料和谷物的防霉剂, 亦可代替乙酸作为天然橡胶的乳凝聚剂。目前世界甲酸的生产能力约 50 万 t/a, 我国约 6 万 t/a, 其中 30% 为污染严重的甲酸钠法。我国的甲酸主要用于医药、农药和助剂, 同时每年约有 2 万 t 产品出口东南亚、日本及欧洲。由于落后的甲酸钠法将被淘汰, 因此本方案的 2 万 t/a 甲酸产品市场将非常好, 同时随着我国畜牧业的发展, 青储饲料防霉剂的使用将会被大力推广, 这是甲酸产品很大的潜在市场。

1,4-丁二醇是重要的基本有机化工和精细化工原料, 用途广泛, 主要用于聚氨酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯、 $\gamma$ -丁内酯、四氢呋喃等领域。我国 2002 年 1,4-丁二醇的消费量可达 3.4 万 t/a, 预计到 2005 年需求将达 7 万 t/a, 因此市场将有很大的缺口。

该项目规划联产 12 万 t/a 尿素, 主要是考虑到龙口市及周围的县市均无化肥厂, 而本地区又是主要的农业区, 12 万 t/a 尿素可在本地消化, 所产尿素的生成本低于国内其他化肥厂, 并可与进口尿素相竞争。

### (5) 投资与效益估算

该方案总投资约 51 亿元, 其中基建投资约 47.5 亿元。如按煤价 230 元/t、甲醇售价 1 500 元/t、乙酸 4 000 元/t、乙酸乙烯 6 500 元/t、甲酸 4 500 元/t、1,4-丁二醇 10 000 元/t、尿素 1 250 元/t 计, 年总产值约为 21 亿元(包括副产品), 投资回收期为 8 年(含建设期 3 年), 效益较好, 抗风险能力也较强。

## 2 几个问题的说明

### 2.1 关于煤气化方法的选择

该项目煤气化方法选用 Lurgi 干灰气化法, 其原因主要是技术成熟, 国内有 30 多台炉在运转, 我国已掌握了该项技术并已实现了国产化。另外龙口煤

已在 Lurgi 炉上作过试验, 证明可以用于该炉, 且效果较好, 有较为完整的试验数据, 对下一步的工作较为有利。

其他世界上较为先进的煤气化法如 Texaco 法和 Shell 法, 由于龙口煤的水分和灰分的含量均较高, 因此不宜选用这 2 种炉型。

龙口煤的灰熔点在 1 230℃ 左右, 最好采用 Lurgi 液态排渣炉, 但目前我国尚未掌握该液渣炉的技术, 如能引进一台炉作为样机, 对龙口煤的气化将是十分有益的。

### 2.2 关于 Lurgi 法生产合成气的工艺技术

我国云南解化集团公司早在 20 世纪 50 年代末就采用 Lurgi 加压气化技术, 以低质褐煤为原料, 生产合成氨的原料气, 至今已有 40 多年的运转经验; 哈尔滨依兰气化厂用 Lurgi 炉生产城市煤气联产甲醇, 也已生产了 10 多年; 山西天脊集团(原山西化肥厂)用 Lurgi 炉生产 30 万 t/a 合成氨也有近 20 年的历史。这些工厂由于采用了技术成熟可靠、经济实用的 Lurgi 加压气化技术, 以及与之配套的低温甲醇洗净化技术、煤气水处理技术等, 因而产品成本较低, 效益较好, 同时也是先进的环保企业。另外国内还有兰州煤气厂及刚刚投产的河南义马煤气厂也都是采用 Lurgi 煤气化技术。

国外南非沙索尔公司现共有 97 台 Lurgi 加压气化炉, 用以生产合成油品。美国大平原工厂有 14 台 Lurgi 加压气化炉, 用低质褐煤生产合成天然气, 其配套的净化技术也都是低温甲醇洗以及相应的煤气水处理技术, 也都有成功的运转业绩和很好的经济效益及环保效果。

Lurgi 煤加压气化生产合成气的技术, 是目前世界上加工气化煤炭量最大、最成熟可靠、最适用的技术。该项目选用 8 台 Lurgi Mark-IV 型(或 PMK-3600 型)炉, 共生产粗煤气 324 000  $\text{m}^3/\text{h}$ , 其净化及煤气水处理可采用一套装置。南非沙索尔公司每系列装置为 9 台气化炉配一套甲醇洗净化装置, 处理煤气量为 415 000  $\text{m}^3/\text{h}$ 。因此, 该项目所选用的气化炉及其配套的净化装置规模都是适宜的, 也是现实可行的。

### 2.3 关于空分装置

该项目方案 I 气化需氧气(98%  $\text{O}_2$ ) 42 300  $\text{m}^3/\text{h}$ , 方案 II 由于裂解制乙炔也需要氧气, 总需氧量为 61 700  $\text{m}^3/\text{h}$ (98%  $\text{O}_2$ )。目前我国开封空分集团公司已能独立生产技术先进的带氧内压缩的空分装置, 最大装置能力为 40 000  $\text{m}^3/\text{h}$ (99.6%  $\text{O}_2$ ), 这对

本项目降低投资和能耗都是有益的。方案Ⅰ选用1套40 000 m<sup>3</sup>/h空分装置即可满足要求,方案Ⅱ可选用2套30 000 m<sup>3</sup>/h的空分装置,国内完全有能力组织配套制造和生产。

#### 2.4 关于甲醇合成装置

本项目拟生产40万t/a甲醇,这个规模在世界上不算大(现世界上单机最大能力为85万t/a),但在国内目前尚属大型装置。目前国内有2套40万t/a以上的装置正在建设中,已投产的最大装置为20万t/a,采用Lurgi副产蒸汽合成塔,操作压力为5.0 MPa。在国内低压甲醇的生产方法还有ICI法和林达均温型合成塔以及华东理工大学的低压塔等,其规模均在8万~10万t/a左右。本项目40万t/a甲醇装置拟采用Lurgi法或林达技术,国内对这2种方法在技术上均有能力放大到40万t/a,但应重视放大过程中的每一个环节,以确保开发成功。

国内合成甲醇用催化剂产品性能优异,不亚于国外产品。

#### 2.5 关于燃气轮机技术

目前国内尚不能独立制造生产100 MW以上的燃机,该项目的燃机规格为120~200 MW,故考虑以引进为主。余热锅炉及蒸汽轮机由国内配套解决。

### 3 项目的必要性及可行性

(1)龙口煤矿已建成投产30多年,已形成400万t/a的开采能力,尚可开采近百年。虽然煤质不算太好,但处在沿海经济较发达地区,具有地域优势,同时龙口煤可以用于气化生产化工产品及煤气发电等,故该煤具有很高的利用价值。因此该项目的建设对合理洁净地利用煤炭资源,促进地方经济的可持续发展等都是必要的。

(2)该项目所规划的产品都是基础性化工原料,可进一步加工为塑料、纤维、涂料、粘结剂等多种化工产品,产值还会再翻几番,并可带动一大批地方的加工产业和精细化工,能解决几万人就业,也使煤矿有了新的发展机遇。

(3)由于该项目采用了经济实用的煤气化技术、高效的燃气发电技术和先进的化工产品生产技术,因而产品的能耗低,环保效果较好。尽管原料煤质较差、价格较高,但工厂仍有较好的经济效益和较强的抗风险能力,说明用煤气化搞多联产系统在我国是有优势的,并有较强的竞争力。如用天然气为原

料生产这些化工产品,天然气价格必须控制在0.75元/m<sup>3</sup>以下,才能与本项目竞争。而中国海洋石油公司的渤海天然气在龙口上岸后,交地方长输管网的价格为1.24元/m<sup>3</sup>,尚需经压缩、输配等,到用户的价格不会低于1.4元/m<sup>3</sup>,所以在龙口地区用天然气生产化工产品或发电,都无法与本项目相竞争。

(4)在龙口地区搞煤气化多联产项目既有地域的优势,也有不利的一面。龙口的煤质、煤价均无法与山西、内蒙古等地的煤相比,故在山西、内蒙古等地建设煤气化多联产工厂,其产品的生产成本必然很低,这是对本项目最大的威胁。但液体产品的运输费用较高,以甲醇为例,每千公里的运费至少需150元/t,这样山西和内蒙古的甲醇运到胶东地区单运费就将在200元/t以上。所以,该项目可以利用地域优势来弥补煤价上的不足,可使甲醇等主要产品在胶东的市场上保持一定的竞争力。

(5)关于甲醇的售价。目前国内市场甲醇产品的价格在2 000元/t左右,国际市场约为200美元/t,该项目按1 500元/t计,主要是考虑到甲醇用作车用燃料,其价格应较汽油低才有竞争力。目前汽油价格在3 000~3 500元/t,一般1.6~1.7 t甲醇可替代1 t汽油,这样替代1 t汽油的甲醇价格约为2 500元,与汽油相比具有价格优势。

(6)关于项目资金的筹措。本项目的一次性投资较高,但项目的效益较好,建厂条件优越,应广泛招商引资,采取多渠道解决:①上市集资;②利用国债及专项基金;③与国外的大公司财团合资合作;④利用国外政府间的贷款;⑤银行信贷;⑥地方政府出资;⑦国内大公司及个人投资参股。总之,这样一个牵动整个龙口地区和烟台市的有影响的重大项目,国家、地方政府、煤矿和有关部门都应全力以赴,千方百计地募集资金,力促项目早日上马。

该项目所采用的技术先进成熟可靠,产品市场较好,有大规模产业化装置可供借鉴。采取以自有技术为主、引进为辅的方针,建立现代化的煤气化多联产的企业,这是保证我国能源安全供应和合理洁净利用煤炭资源的较佳的途径,且能够取得较好的经济和环境效益。尽管龙口煤的煤价较高,但较天然气和石油化工仍有较大的优势。为便于实施,第一步可按方案Ⅰ建设,然后再逐渐扩大化工产品,按方案Ⅱ实施,以取得较佳的经济效益。■