

空分行业如何应对煤化工的崛起

杨湧源 邓 文

中冶南方工程技术有限公司上海分公司

WISDRI Engineering & Research Incorporation

Limited Shanghai Branch

2008年7月

空分行业如何应对煤化工的崛起

目录

前言

- 1, 我国煤化工的现状与发展
- 2, 煤化工对大型空分的需求
- 3, 我国空分行业的现状与发展
- 4, 空分行业如何应对煤化工的崛起
- 5, 小结

摘要：文章简述了煤化工的现状、发展及其对氧气的需求，提出了空分行业面对煤化工崛起的若干应对措施。

关键词：煤化工，煤制油，空分设备，空分行业

前言

我国化石类能源已探明可采储量中煤炭占 92.7%，加上国际油价居高不下和环境保护的严峻形势，决定了我国必须大力发展煤化工产业。

煤化工，尤其是煤制油需要大量的氧气，其量将超过钢铁工业成为最大的氧气用户，这为空分行业提供了大发展的良机，空分行业如何应对煤化工的崛起？如何抓住难得的发展良机？笔者提出一些不成熟的看法以供讨论。

1，我国煤化工的现状与发展

1.1 煤化工： 煤化工是以煤为原料，经过化学加工使煤转化为气体、液体、固体以及各种化工产品的工业。它包括煤的焦化、煤的气化、煤的液化、电石、煤制甲醇、煤制烯烃、煤制合成氨、洁净煤气化技术和多联产系统。其中：

★ 煤的焦化： 煤的高温焦化是最早的煤化工工艺，生产焦炭、焦炉煤气和其它化工产品，至今仍是冶金工业和化学工业的重要组成部分。

★ 煤的气化： 煤气化是煤化工的核心，是煤在缺氧条件下不完全燃烧产生合成气体（ $\text{CO}+\text{H}_2$ ），合成气体可以作为煤气使用，也可以作为化工原料进一步深加工得到甲醇、二甲醚等。

★ 煤的液化：

间接液化—先将煤气化成合成气 ($\text{CO}+\text{H}_2$)，然后通过费—托反应及蒸馏分离得到石脑油、柴油和汽油等终端产品。

直接液化—在高温、高压条件下使煤在溶剂中溶解，然后加入氢气，在催化剂作用下进行加氢裂化反应，通过蒸馏分离出油品。

1.2 我国煤化工的现状与发展

我国化石类能源已探明可采储量中煤炭占 92.7%，石油占 5.9%，天然气占 1.4%，即“富煤少油缺气”。在一次能源消费结构中煤炭占 73.4%，水电占 22.2%，石油和天然气占 4.4%。这就是说无论是储量或消费量我国都是以煤炭为主的国家，理应重视煤化工的发展。遗憾的是，上世纪 60 年代由于一些新油田的发现和国外较长时间的低油价，使我国的研究重心发生了由煤化工向石油化工的转移，一些研究项目被中止。与之同时，日本、德国和美国却继续煤液化的研究，有的进行到工业规模，有的在完成了工业性中试研究后作为技术储备，南非的萨索尔公司则启动建设世界最大规模的煤液化装置。

近二十年来，由于中东产油地区动乱不断和两次海湾战争，使油价飙升，而我国加入 WTO 后，随着生活水平提高和“世界工厂”的定位，又使石油消耗大增，据资料分析 2015~2020 年，我国年进口原油将达 1.8~2.0 亿吨，70 年代 20~25 美元一桶的油价由于需求增加，美元贬值和投机炒作如今已涨到 140~150 美元，居高不下并且“涨”声不断，有攀高至 200 美元的预期，而油价上升将使我国的 GDP 下降和通货膨胀率上升。这一切迫使国人再次重视煤化工的研究，寻找石油替代品迫在眉睫，而“煤制油”是目前唯一现实的选择。

“环境污染和气候变暖”是能源之外人类面临的又一严峻形势。煤炭直接燃烧会产生大量的 CO₂、SO₂ 和其它废气,它污染环境并导致温室效应,通过洁净煤气化技术产生的煤气可以作为清洁燃料,也可以作为化工原料,实现煤化工能源一体化。

由此可见,无论是解决环保问题或缺油问题,发展煤化工都是大势所趋、形势所迫的正确抉择。上世纪 80 年代初,我国开始跟踪国际煤化工的新动向,建立了煤液化技术研究基地,并与日本、德国、美国开展技术合作,进行煤液化工工艺和煤液化特性的研究,购买了萨索尔公司煤间接液化的专利,目前在煤的直接液化方面我国已有了自己的专有技术,世界最大的 100 万吨/年煤的直接液化装置可望今年在内蒙神华集团建成和试生产。与之同时,作为煤化工和煤液化基础的煤气化技术我们引进了鲁奇炉、德士古水煤浆气化炉和 Shell 粉煤气化炉等先进技术,并进行了消化吸收。

经过几十年的努力,我国煤化工产业取得了长足的进步,对于缓解我国石油、天然气等优质能源供求矛盾,促进钢铁、化工、轻工和农业的发展发挥了重要作用。

有资料谈到今后十三年我国煤化工的发展计划为:

★有关煤液化的产品产量为:

	2010 年	2015 年	2020 年
煤制油 (万吨/年)	150	1000	3000
二甲醚 (万吨/年)	500	1200	2000
煤制烯烃 (万吨/年)	140	500	800

煤制甲醇（万吨/年） 1600 3800 6600

★ 计划在全国建设七大煤化工产业区，分布在我国北部、东部和云贵等广大地区。

★ 为解决煤化工产品的安全运输，规划建设连接产地和用地的四大管线，总长 4400 km。

这是一个雄伟的计划，为此国家将投资一万亿元，而煤制油、煤制甲醇、二甲醚和煤制烯烃将是投资的重点，以实现由传统煤化工向现代煤化工的转移。

2, 煤化工对大型空分的需求

煤化工的基础是煤气化，而煤气化需要氧气和水蒸汽与煤中的炭进行水煤气反应，产生 CO 和 H₂，这就决定了发展煤化工离不开氧气。氮气则作为保护气体用于密封、置换、干燥和煤粉输送。

2.1 煤化工对氧气数量的要求

煤化工是迄今为止最大的氧气用户，世界上最大的氧气厂建在南非的萨索尔公司，用于煤的间接液化，总能力约 110 万 Nm³/h，其中一台能力为 10.336 万 Nm³/h 空分也是迄今为止最大的制氧装置。

★我国 2020 年将形成约 3000 万吨/年煤制油能力，如直接液化和间接液化各占 50%，按神华和萨索尔公司的消耗定额粗略计算，需要配套的空分设备能力为 355 万 Nm³/h。

★煤气化联合循环发电（IGCC）

一个 400MW 的 IGCC 工厂需要一套 7 万 Nm³/h 空分设备，按每年增加一个 400MW 的 IGCC 工厂计，到 2020 年需增加空分设备 91 万 Nm³/h。

★煤制甲醇

我国 2020 年甲醇产量将达到 6600 万吨，新增 5800 万吨，需配套空分设备 603 万 Nm^3/h 。

★化肥

年产 30 万吨的化肥厂，如原料改变，“以煤代油”，需配套 5 万 Nm^3/h 空分，以每年改一套计，至 2020 年共需 65 万 Nm^3/h 。

由此可见，到 2020 年由于煤化工的发展，对氧气的需求为 1114 万 Nm^3/h ，平均年需求量为 86 万 Nm^3/h ，远远超过了钢铁工业的需求量。

2.2 煤化工对氧气纯度的要求

不论煤制油（直接和间接）、IGCC、化肥和煤制甲醇，氧气均用于煤的气化。煤气化工艺不需要纯氧，可以使用 90~95%纯度的氧气，只当有外供要求或提氩时才需建纯氧装置，这时可以纯氧机组和低纯氧机组共建，既满足不同需求又可节省投资与能耗。

2.3 煤化工对氧气压力的要求

由于煤化工中氧气用于煤的气化，因此用氧压力取决于煤气化的工艺和炉型，鲁奇、德士古和壳牌工艺的通常用氧压力为 4~6MPa，故一般选用内压缩流程。

3 我国空分行业的现状与发展

由于用量大和同时需要氧、氮产品，煤化工只能使用低温法空分设备，低温法空分设备是利用空气中各组分的沸点差，在低温下将空气液化后通过精馏分离出氧、氮、氩各组份。

我国空分行业从 1953 年哈尔滨第一机械厂试制成功两套 $30\text{Nm}^3/\text{h}$ 制氧

机至今，走过了 55 年的发展历程。其间，紧跟国际空分行业的发展步伐，新设备不断出现，工艺流程不断更新与完善，工作压力与单位能耗不断降低。一些关键事件如下：

★ 1958 年研制成功了 3350 Nm³/h 制氧机，它是铝带式蓄冷器的高低压流程。

★ 1966~1970 年制造了第一套 3200 和第一套 6000Nm³/h 制氧机，采用了石头蓄冷器的全低压流程。

★ 1975 年开始在 1500~10000 Nm³/h 制氧机上用可逆板式换热器取代石头蓄冷器，以减少温差和阻力。

★ 1978 年引进了林德公司 10000 Nm³/h 制氧机的设计制造技术。

★ 1983~1995 年在引进的 28000~40000 Nm³/h 空分上与国外著名厂商开展合作设计与合作制造。

★ 1989 年带增压膨胀机的分子筛常温净化流程 6000 Nm³/h 空分在吉林化肥厂投产。

★ 1997 年第一套填料塔和全精馏制氮的 6000 Nm³/h 空分在湖北省鄂城钢厂投产。

★ 2001 年第一套填料塔和全精馏制氮的 20000 Nm³/h 空分在济南钢厂投产。

★ 2002 年第一套填料塔和全精馏制氮的 30000 Nm³/h 空分在上海宝钢投产。

★ 2004 年第一套 40000 Nm³/h 内压缩流程空分在山东省德州华鲁恒升公司投产。

- ★ 2005 年第一套 50000 Nm³/h 空分在本溪北台钢厂投入满负荷运行。
- ★ 2006 年第一套 48000 Nm³/h 内压缩流程空分在安庆化肥厂建成投产。
- ★ 2007 年第一套 53000 Nm³/h 内压缩流程空分在河南永城煤电集团和中原大化集团建成投产。

2005~2007 年国内空分厂商与用户签定了十余套 60000 Nm³/h 空分供货合同,其中 7 套用于煤化工。如果顺利,国内第一套自主集成的 60000 Nm³/h 空分将于 2008 年 10 月在宝钢建成投产。现正着手制造 82000Nm³/h 等级的空分。

我国空分设备上世纪 80 年代出口东南亚,本世纪开始向欧洲和中东出口,出口的单机最大能力由 6000 → 10000 → 15000 → 20000 Nm³/h 不断提升,2005 年底杭氧与伊朗签定了二套 60000Nm³/h 空分出口合同,它是我国空分行业至今为止签定的最大出口合同。

目前我国大型空分与国外的技术差距在逐步缩小,氧、氮提取率和单位能耗已十分接近,也就是说,经历了 55 年的不懈努力,我国已进入了空分大国行列,并正在向空分强国迈进。

4 空分行业如何应对煤化工的崛起

4.1 煤化工的崛起是空分行业大发展的又一次机遇

像奥地利人 1952 年发明氧气转炉带动钢铁和空分大发展一样,煤化工的崛起又一次为空分行业提供了大发展的机遇。成功需要机遇,机遇属于有准备的人,我国空分行业必须为此做好心理、技术和组织上的准备。

4.2 做好设备进一步大型化的技术准备

大型空分的出现是为了满足国民经济各部门发展的需要,随着大型

氧气转炉和高炉富氧的出现以及融溶还原法（COREX）炼铁，煤气化联合循环发电（IGCC）的发展，空分设备的单机能力不断扩大，目前我国已具有60000Nm³/h空分的设计和制造能力，基本满足了上述部门的需要。

煤化工几十近百万立方米的小时氧气消耗给空分行业提出了新的课题，即必须大型化。法液空为南非萨索尔公司的煤制油项目先后提供了14套7.5万Nm³/h空分和1套10.4万Nm³/h空分，林德公司2002年给沙特提供了一套9.1万Nm³/h空分，美国空气产品公司最近向卡塔尔的萨索尔（SASOL）公司供应一套10.2万Nm³/h空分，这三家公司都声称已具有单台15万Nm³/h空分设备的设计制造能力。

对我国来讲，今后若干年6万Nm³/h等级空分仍是大型空分需求的主体，当务之急是必须集中力量确保首套6万Nm³/h空分的顺利投产并不断完善。与之同时，在煤化工项目中，如何扩大单机能力，通过减少总的台数来减少占地、投资和能耗，提升产品的竞争力已经提到议事日程。

扩大单机能力不是简单的几何放大，必须用技术作支撑，否则在运输、结构和气流分布上都会出现问题。

日前，荣程联合钢铁集团向开封空分集团订购了一套82000Nm³/h空分，包括空压机和增压机均为国产设备，这是国内迄今为止最大的空分设备，和宝钢一样，荣程集团以企业家的眼光和魄力为国内空分行业提供了展现实力的舞台，如果成功，将使国产空分设备的单机容量大大提高了一步。

4.3 了解煤化工工艺，努力实现空分工艺与煤化工工艺的结合

笔者曾在“空分设备与IGCC的结合方式与流程选择”（深冷技术2004.No2）一文中，谈到空分工艺与IGCC工艺的结合以得到最高的综合效率，在

煤化工中或许也能找到与其工艺和介质流相结合的空分工艺，提高包括用户在内的总效率，以降低能耗。对此应予以重视和探讨。

4.4 研发低纯度制氧机

用于煤化工中煤气化的氧气可以使用低纯度制氧机，南非 SASOL 公司已经为此提供了证明，低纯度制氧机的最佳纯度是多少？德、日、美、法各国看法各异，但普遍认为在 80~95% 范围。根据以往的工作数据，由于塔高、压力和电机容量的下降，低纯度制氧机的设备投资和能耗与纯氧设备相比均下降约 10%。这是一笔相当可观的费用，笔者曾尝试在高炉富氧鼓风机处使用低纯度制氧机，由于不能与转炉等用户的纯氧设备互为备用而未能实现，而煤化工行业情况有所不同，采用低纯度制氧机的可行性更大些。

为此，空分行业应开展低纯度制氧机的研究，以便给用户提供更多的方案选择。

4.5 做好全程跟踪服务

全程跟踪服务是指贯穿于制造-运输-安装-试车-投产-使用全过程的跟踪服务，其目的除了用户至上外，还在于及时反馈信息，改进工艺与设备。它是一项用户与制造商双赢的措施。法液空之所以能独家拿下 SASOL 公司总量 110 万 Nm^3/h 全部 15 套大型空分，而且时间跨度长达 30 年之久，我想该公司必然做好了全程跟踪服务，取得了用户的信任。为此付出的人力物力对于煤化工这样的大用户是完全值得的。

4.6 加快大型压缩机的国产化进程

相对于静设备而言，我国动设备的设计、制造水平较低，大型空分的空压机、增压机、氧压机大部引进，这既增加了投资，长达 20 个月以上

的交货期也影响了建设进度。最近几年，沈鼓和陕鼓加快了国产化的步伐，在 48000Nm³/h 和 52000Nm³/h 空分上配套国产空压机和增压机，最近陕鼓还为 82000Nm³/h 空分配套大型空压机和增压机，这是一个可喜的进步，今后应进一步加速自主创新，不断提高质量和效率，逐步取得用户的信赖，尽快实现大型空分压缩机的国产化。

5 小结

5.1 我国化石类能源的结构现状和国际油价的居高不下，加上环境保护的严峻形势，决定了我国必须大力发展包括煤制油在内的煤化工产业。

5.2 煤化工将代替钢铁工业成为空分行业的最大用户，在继奥地利人发明氧气转炉之后，煤化工又一次为空分行业提供了大发展的良机。

5.3 我国空分行业 55 年的发展已经适时地为煤化工的发展进行了技术贮备，当前应抓住机遇，全力以赴，在煤化工的发展中求得我国空分行业的大发展。

5.4 面对煤化工的崛起我国空分行业应该：

抓住机遇；加速设备大型化和大型压缩机国产化的步伐；开发低纯度制氧机和与煤化工相结合空分新工艺；做好全程跟踪服务。

参考资料

- 1、2007 年中国煤化工产业布局变化及发展前景展望 中国化工网
- 2、煤化工产业现状及发展趋势分析 中国化工网
- 3、中国空分行业的十年展望 杨湧源 邓文 气体分离 2006.8
- 4、低温法空分设备和常温法空分设备的 杨湧源 邓文

历史、现状与发展展望

中国气体 2007 年年会专刊

注：本文 2007 年 12 月载于“煤化工配套大型空分设备技术交流会”论文集，这次发表，作了一些删改和补充。