

我国现代煤化工跨越发展二十年

徐 振 刚

(中国中煤能源集团有限公司 煤化工研究院 北京 100120)

摘 要: 为推进现代煤化工的健康有序发展,系统回顾了我国现代煤化工近 20 a 的跨越发展情况,并对我国现代煤化工产业发展进行展望。“九五”期间为我国现代煤化工从实验室走向工程化的起步阶段,形成了一批煤化工新技术实验室研发成果。“十五”期间为我国现代煤化工从实验室走向工程化的攻坚阶段,取得了一批现代煤化工核心技术中试研究成果。“十一五”期间是我国现代煤化工从工程化走向产业化的示范阶段,建成了一批现代煤化工商业化示范项目。“十二五”期间,我国现代煤化工产业进入了技术、经济、环保等全方位示范阶段,完成了一批大型商业化示范项目建设。未来应在国家政策的支持下,从资源、环境、社会可持续发展的全视角重新审视和科学谋划我国煤化工行业的发展,从原料煤资源、水资源、物流运输条件、环境承载能力、技术经济等多角度重新评估和科学决策新建煤化工项目的实施。

关键词: 煤转化; 煤化工; 煤炭深加工; 洁净煤技术

中图分类号: TD849 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2015)01-0001-05

Development history of modern coal chemical industry in recent 20 years

XU Zhengang

(Coal Chemical Research Institute, China National Coal Group Co., Ltd., Beijing 100120, China)

Abstract: In order to promote healthy development of modern coal chemical industry in China, its progress in recent 20 years was reviewed and the development was prospected. The coal chemical industry gradually developed from laboratory research to the start-up phase of industrial practice during the Ninth Five-year. Lots of achievements adopted from laboratory investigation were used in industry. The Tenth Five-year was the most critical stage. A series of core technologies were achieved. During the Eleventh Five-year, the modern coal chemical industry moved towards model phase. During the Twelfth Five-year, the modern coal chemical industry scored significant achievements in the aspects of economy, technology and environmental protection. In order to realize sustainable development, the author also gave some suggestions that the coal modern industry development should be reviewed completely and planned scientifically from the aspects of resources, environment and society. The new construction should take full account of raw coal material, water source, transportation, environment, technology and economy.

Key words: coal conversion; coal chemical industry; coal intensive processing; clean coal technology

0 引 言

煤化工是指以煤为原料生产各种化工和能源产品的工艺过程,一般由煤炭转化和后续加工 2 个主要工艺环节组成^[1]。所谓现代煤化工是相对传统煤化工而言。传统煤化工是指煤炭焦化、煤制化肥、

煤制甲醇及下游产品、煤基聚氯乙烯等,主要特点是生产规模较小、主要产品单一、环保设施简单。现代煤化工是指煤直接液化、煤间接液化、煤制甲醇转烯烃、煤制合成天然气、煤制乙二醇等能源与化工产品,主要特点是生产规模大、多个单项技术优化集成、能源与化工产品联产、节能环保设施齐全、园区

收稿日期: 2014-10-18; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2015.01.001

作者简介: 徐振刚(1960—),男,吉林梨树人,研究员,博士研究生导师,工学博士,现任中国中煤能源集团有限公司煤化工研究院院长,从事煤化工技术研究、工艺开发、工程示范、市场应用等环节的技术管理工作。E-mail: xuzheng@chinacoal.com

引用格式: 徐振刚.我国现代煤化工跨越发展二十年[J].洁净煤技术,2015,21(1):1-5.

XU Zhengang. Development history of modern coal chemical industry in recent 20 years [J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(1): 1-5.

化和基地化发展、煤炭价值梯级利用、循环经济绿色发展。现代煤化工是我国洁净煤技术的重要组成部分。20世纪90年代中期,我国开始明确提出要大力发展洁净煤技术,并确定了煤炭加工、煤炭转化、煤炭燃烧、污染控制四大领域10多个重点发展方向,开辟了我国现代煤化工跨越发展的新纪元。从此,我国现代煤化工走上了快速、健康、持续发展的轨道。经过20a的跨越发展,我国现代煤化工在核心技术工程化、关键设备国产化以及大型示范项目建设等方面取得了举世瞩目的成就。我国煤直接液化、间接液化制油以及煤制甲醇转烯烃等多项煤化工核心技术水平已位居世界领先地位,总体煤化工技术水平进入世界先进行列。我国已建设的现代煤化工项目之多、形成的产品生产规模之大,令世界各国为之惊叹。

1 “九五”煤化工产业进入起步发展阶段

1996年1月19日,时任国家主席的江泽民视察了煤炭科学研究总院煤直接液化技术研发实验室,并在现场做出重要指示,从此拉开了我国现代煤化工跨越发展的序幕。煤直接液化、煤气化、费托合成等一批现代煤化工核心技术开始加快实验室研发,国家和企业逐渐加大科研开发经费投入。到2000年,已经梳理并取得了一批实验室研发成果,为进入新世纪我国现代煤化工的快速发展奠定了坚实基础。在煤直接液化方面,完成了我国主要煤田生产煤炭的煤质研究与液化性能评价,筛选出十余处可供建厂考虑的候选煤田及煤种(表1),并针对在内蒙古、云南、黑龙江等省份建设商业化示范项目进行了工程建设前的可行性研究。

在煤气化方面,消化吸收从发达国家引进的典型气流床水煤浆和干煤粉气化技术,并加快自主知识产权煤气化新技术的创新研发。在费托合成方面,总结已完成研发工作取得的成果和经验教训,为开展中试研究奠定基础,并做好前期准备工作。

2 “十五”煤化工产业实现跨越发展

进入21世纪后,国家开始高度重视煤化工新技术的中试研究,在政策上大力支持相关企业作为主体发展现代煤化工,并以国家重点基础研究发展计划(973计划)、国家高技术研究发展计划(863计划)、国家科技支撑计划、国家科技重大专项研究等途径投入更多研发费用,掀起了煤化工新技术中试

项目建设的热潮,完成了煤直接液化、煤气化、合成气费托合成、煤制甲醇大型化、甲醇制二甲醚或烯烃、合成气制乙二醇、合成气制天然气等一大批现代煤化工核心技术中试研究。到“十五”末期,形成了一批具有自主知识产权的煤化工高新技术,为我国现代煤化工商业化示范项目建设提供了多种选择。

表1 适宜直接液化煤种在投煤量100 kg/d连续装置上的试验结果

原料煤	碳转化率	油品产率	H ₂ 消耗	气体产率	水产率
甘肃天祝	96.17	69.62	6.61	14.50	11.43
辽宁沈北	96.13	68.04	6.75	15.93	16.74
山东北宿	93.84	67.58	5.36	12.77	9.97
山东滕县	94.33	67.02	5.56	13.47	10.46
吉林梅河口	94.00	66.54	6.03	16.85	13.60
山东龙口	94.16	66.37	5.24	15.66	15.69
云南先锋	97.91	62.68	6.22	17.43	18.83
黑龙江依兰	94.79	62.60	5.90	16.90	12.33
内蒙古元宝山	94.18	62.49	5.63	16.42	14.91
辽宁抚顺	89.33	62.35	4.48	12.20	11.24
内蒙古胜利	97.02	62.34	5.72	17.87	20.00
辽宁阜新	95.91	62.05	5.50	14.90	14.04
陕西神木	88.02	60.74	5.46	12.90	11.05
黑龙江双鸭山	93.27	60.53	5.12	16.05	9.24
内蒙古宝日格勒	97.17	59.25	5.31	16.63	16.37

“十五”期间具有代表性的煤化工单项技术的中试装置如图1—图4所示。



图1 投煤量6 t/d的煤直接液化制油中试装置



图2 产油1000 t/a的煤间接液化(合成气费托合成)中试装置

3 “十一五”煤化工产业实现商业化发展

进入“十一五”后,在国家相关政策的引导和鼓励下,先后建设了多个现代煤化工商业化示范项目,包括煤直接液化制油、合成气费托合成、甲醇制烯



图 3 投煤量 750 t/d 的多喷嘴水煤浆气化中试装置



图 4 处理甲醇 50 t/d 的甲醇制烯烃(DMTO)中试装置

烃、甲醇制汽油、合成气制天然气、合成气制乙二醇、甲醇制芳烃等^[2]。其中,煤直接液化和煤制烯烃是世界上首次实现大规模商业化的示范项目。

3.1 世界首个煤直接液化商业化示范项目

神华鄂尔多斯煤直接液化项目是世界首套煤直接液化制油大型工业化示范工程。项目以煤炭为原料,通过化学加工生产油品和石油化工产品。项目总建设规模为年产油品和石油化工产品 500 万 t,分 2 期建设。一期工程由 3 条生产线组成。建成投产后,每年用煤 970 万 t,年产油品和石油化工产品 320 万 t,其中汽油 50 万 t、柴油 215 万 t、液化气 31 万 t、苯和混合二甲苯 24 万 t。

为有效回避和降低风险,工程采取分步实施方案,先建设 1 条生产线,待装置运转平稳后,再建设其他生产线。第 1 条生产线包括煤直接液化、煤制氢、溶剂加氢、液化产物加氢改质、催化剂制备等 14 套主要生产装置。工程总投资 123 亿元,年产油品和石油化工产品 108 万 t。此外,作为煤液化示范项目,工厂还建有 1 套年产油品 18 万 t 的间接液化(合成气费托合成)示范装置。项目于 2005 年 4 月开工建设,2007 年底建成。经过 1 a 的调试开车,于 2008 年 12 月 31 日打通全流程,生产出合格的石脑油和柴油等目标产品。神华产油能力 100 万 t/a 煤直接液化商业化示范项目如图 5 所示。

神华煤直接液化商业化示范项目试车成功,标志着我国煤直接液化制油技术发展实现了里程碑式的跨越,使我国成为全球首个掌握百万吨级煤直接



图 5 神华产油能力 100 万 t/a 煤直接液化商业化示范项目液化工程关键技术的国家,对增强我国科技创新能力和能源自我保障能力具有深远意义。

3.2 世界首个煤制烯烃商业化示范项目

神华包头煤制甲醇转烯烃项目是世界首套煤制甲醇转制烯烃大型商业化示范工程。项目以煤炭为原料,经煤气化、合成气净化、甲醇合成与精馏、甲醇制烯烃、烯烃分离、聚乙烯、聚丙烯等工艺过程,生产聚烯烃等产品。项目集成了美国 GE 公司水煤浆气化技术、德国 Linde 公司低温甲醇洗合成气净化技术、英国 Davy 公司世界级甲醇合成技术、中国科学院大连化学物理研究所自主开发的世界领先的甲醇制低碳烯烃技术(DMTO)、美国 ABB Lummus 公司烯烃分离技术、美国 DOW 化学公司聚丙烯(PP)技术、美国 Univation 公司聚乙烯(PE)技术等,主要建设合成气($\text{CO}+\text{H}_2$)产量 53 万 m^3/h (标准状况下,下同)煤气化装置、合成气处理量 76 万 m^3/h 低温甲醇洗装置、180 万 t/a 甲醇合成装置、甲醇制 60 万 t/a 烯烃(MTO)装置、30 万 t/a 聚乙烯装置、30 万 t/a 聚丙烯装置、4 套制氧能力 6 万 m^3/h 空分装置、3 台 480 t/h 燃煤蒸汽锅炉、2 台 50 MW 自备发电机组、12 万 m^3/h 循环水装置以及配套的公用工程、辅助设施、厂外工程等。

项目实际总投资 175 亿元,年消耗原料煤 345 万 t、燃料煤 128 万 t,年产聚乙烯 30 万 t、聚丙烯 31 万 t、副产丁烯 9.4 万 t、 C_5 以上 3.7 万 t、乙烷和丙烷 1.4 万 t。项目于 2006 年 12 月 11 日获得中华人民共和国国家发展和改革委员会(简称国家发改委)核准。2010 年 5 月 28 日,项目煤气化装置气化炉投煤成功,2010 年 6 月生产出 MTO 级甲醇,2010 年 8 月 8 日煤制烯烃核心技术 MTO 装置一次投料试车成功,实现煤制烯烃项目“打通全流程、投料试车成功、生产出合格聚烯烃产品”的目标。从 2011 年 1 月 1 日起,项目正式进入商业化运行阶段。2014 年 4 月 26 日,项目通过国家发改委委托内蒙古自治区发改委组织的项目验收。神华煤制 180 万 t/a 甲醇转制 60 万 t/a 烯烃商业化示范项目如图 6 所示。

煤制甲醇转制烯烃示范项目是我国“十一五”



图6 神华煤制180万t/a甲醇转制60万t/a
烯烃商业化示范项目

期间5个现代煤化工商业化示范工程中第一个进入商业化运行阶段的项目,实现了建成当年投料试车成功、当年试生产后立即进入商业化运行,开创了我国大型煤化工项目从建成投运到实现商业化生产运营的高速度。

4 “十二五”煤化工产业实现可持续发展

“十二五”期间,国家发改委先后制订和出台了多项鼓励并规范现代煤化工技术发展和项目建设的政策法规,有力推动了我国现代煤化工产业的快速、健康发展。国家注重统筹规划、合理布局,强化煤炭资源与水资源的统一调配和社会、经济、环境的协调发展。追求煤化工项目布局园区化、建设大型化、生产集约化、管理规范化的煤化工发展实现煤炭价值梯级利用、园区理念循环经济、技术集成多联产、节能降耗零排放。特别强调“量水而行”,尽最大努力减少煤化工项目建设与生产运行对生态环境的不利影响。近几年,我国在煤制油、煤制甲醇转烯烃、煤制合成天然气等方面形成了可观的建设规模,并倾力打造宁夏宁东煤化工基地、内蒙古大路煤化工园区、新疆准东煤制天然气项目群等现代煤化工园区和基地,现代煤化工行业雏形已基本形成。其中的部分项目已建成投运,取得了很好的经济效益、环境效益及社会效益,为国民经济的快速、健康、可持续发展提供了有力保障。

我国已投运、正在进行工程建设或列入国家规划并正式开展项目前期工作的煤制甲醇转烯烃、煤制合成天然气、煤制油项目见表2—表4。

5 煤化工产业发展展望

我国发展现代煤化工已是大势所趋。面向未来,前途光明,任重道远。在“十三五”期间,首先应认真总结我国现代煤化工近20a发展过程中的经验和教训,从资源、环境、社会可持续发展的全视角来重新审视和科学谋划我国煤化工行业的发展。

表2 已投运、在建或列入国家规划的煤制甲醇转烯烃项目

序号	项目	产能/ (万t·a ⁻¹)	投运时间
1	神华包头煤制烯烃(MTO)	60	2010年8月
2	神华宁煤煤制烯烃(MTP)	50	2010年8月
3	大唐多伦煤制烯烃(MTP)	46	2011年6月
4	中原石化甲醇制烯烃(MTO)	20	2011年10月
5	宁波禾元甲醇制烯烃(MTO)	60	2013年2月
6	惠生工程甲醇制烯烃(MTO)	29.5	2013年9月
7	陕西延长煤制烯烃(MTO)	60	2014年6月
8	中煤榆林煤制烯烃(MTO)	60	2014年7月
9	神华宁煤煤制烯烃(MTP)	50	2014年8月
10	陕西蒲城煤制烯烃(MTO)	70	预计2015年
11	中煤蒙大甲醇制烯烃(MTO)	60	预计2015年
12	神华榆林甲醇制烯烃(MTO)	60	预计2015年
13	中天合创煤制烯烃(MTO)	134	预计2016年
14	中石化织金煤制烯烃(MTO)	60	
15	中石化鹤壁煤制烯烃(MTO)	60	
16	甘肃平凉煤制烯烃(MTO)	60	
17	中煤榆林煤制烯烃(MTO)	60	
18	安徽淮南煤制烯烃(MTO)	60	
19	神华包头煤制烯烃(MTO)	60	
20	山西大同煤制烯烃(MTO)	60	

注:7 陕西延长煤制烯烃(MTO)项目为油气煤混合原料;9 神华宁煤煤制烯烃(MTP)、17 中煤榆林煤制烯烃(MTO)、19 神华包头煤制烯烃(MTO)项目均为二期工程

表3 已投运、在建或列入国家规划的煤制合成天然气项目

序号	项目	产能/ (亿m ³ ·a ⁻¹)	投运时间
1	大唐克旗煤制天然气	40	2013年12月
2	新疆庆华煤制天然气	55	2013年12月
3	大唐阜新煤制天然气	40	
4	新汶伊犁煤制天然气	40	
5	汇能内蒙煤制天然气	16	
6	中电投霍城煤制天然气	60	
7	内蒙矿业煤制天然气	40	
8	中海油大同煤制天然气	40	
9	华星内蒙煤制天然气	40	
10	北控准格尔煤制天然气	40	
11	海油准格尔煤制天然气	40	
12	河北建投煤制天然气	40	
13	中石化准东煤制天然气	80	
14	中煤准东煤制天然气	40	
15	华能准东煤制天然气	40	
16	龙宇准东煤制天然气	40	
17	浙能准东煤制天然气	20	
18	广汇新疆煤制天然气	40	
19	苏新和丰煤制天然气	40	

注:1 大唐克旗煤制天然气、2 新疆庆华煤制天然气、3 大唐阜新煤制天然气、4 新汶伊犁煤制天然气项目分别为一期13.30亿、13.75亿、13.75亿、20.00亿m³/a

表4 已投运、在建或列入国家规划的煤制油项目

序号	项目	产能/ (万 t·a ⁻¹)	投运时间
1	神华集团煤直接液化	108	2008年
2	伊泰集团煤间接液化	16	2008年
3	潞安集团煤间接液化	16	2008年
4	神华集团煤间接液化	18	2009年
5	晋煤集团甲醇制汽油	10	2010年
6	兖矿集团煤间接液化	100	
7	神华集团煤直接液化	300	
8	神华宁煤煤间接液化	400	
9	伊泰伊犁煤间接液化	540	
10	伊泰甘泉堡煤间接液化	200	
11	伊泰准格尔煤间接液化	200	
12	伊泰杭锦旗煤间接液化	120	
13	潞安集团煤间接液化	180	
14	渝富毕节煤间接液化	600	
15	延长石油合成气制油	15	

注: 1 神华集团煤直接液化项目为一期工程第一步; 7 神华集团煤直接液化项目为一期工程第二步, 其中直接液化 2×100 万 t/a, 间接液化 50 万 t/a, 并将原 18 万 t/a 扩为 20 万 t/a; 9 伊泰伊犁和 11 伊泰准格尔煤间接液化项目一期工程均为 100 万 t/a; 14 渝富毕节煤间接液化项目一期工程 200 万 t/a; 15 延长石油合成气制油项目为新技术示范

其次从原料煤资源、水资源、物流运输条件、环境承载能力、技术经济等多角度重新评估和科学决策新建煤化工项目的实施。最后国家要进一步加强

(上接第 14 页)

泡剂质量分数相同时, GF 油的黏弹模量要高于仲辛醇。因此, GF 油生成的泡沫半衰期要大于仲辛醇, 即 GF 油的泡沫稳定性好于仲辛醇。捕收剂(柴油)可提高起泡剂的起泡能力, 增强泡沫稳定性。

2) 煤泥浮选试验表明, 起泡剂用量相近时, GF 油作起泡剂的煤泥浮选精煤产率和精煤灰分均高于仲辛醇。这是由于 GF 油起泡能力强, 单位体积产生的泡沫多, 且泡沫稳定, 泡沫产品较多, 精煤产率较高。由于 GF 油在泡沫层中的二次富集作用比仲辛醇差, 精煤灰分要高于仲辛醇。

参考文献:

- [1] 吴大为. 浮选选煤技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2004.
- [2] 谢广元. 选矿学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2005: 449-451.
- [3] 黄建平, 卢毅屏, 赵刚, 等. 浮选起泡剂及其研究新进展[J]. 金属矿山, 2012(12): 66-74.
- [4] 郑伟. 我国浮选起泡剂的研究进展[J]. 有色金属, 2004(1): 37-40.

对我国现代煤化工行业发展和项目建设的统筹规划、合理布局、科学决策、政策引导, 保证煤化工产业更加有序、健康地发展。

6 结 语

我国现代煤化工跨越发展了 20 a, 在核心技术工程化和关键设备国产化以及大型商业化示范项目等方面取得了举世瞩目的成就。经过“九五”从实验室走向工程化起步, “十五”从实验室走向工程化取得一批核心技术中试研究成果, “十一五”从工程化走向产业化示范并有多个项目取得成功, “十二五”进行技术、经济、环保等全方位示范并建成一批大型商业化项目, 现代煤化工行业雏形已基本形成^[3]。煤直接液化、间接液化制油以及煤制甲醇转烯烃等多项煤化工技术水平已位居世界领先地位, 总体煤化工技术水平已进入世界先进行列。

参考文献:

- [1] 周溪华. 我国现代煤化工技术发展路线探讨[J]. 中外能源, 2008, 13(3): 25-34.
- [2] 李志坚. 现代煤化工进展及发展关注重点[J]. 化学工业, 2013, 31(6): 9-14.
- [3] 刘立麟. 我国现代煤化工发展的影响因素分析[J]. 煤炭经济研究, 2012, 32(3): 34-38.
- [5] 朱建光, 朱一民. 2009 年浮选药剂进展[J]. 有色金属, 2010(3): 48-56.
- [6] 李彦君, 崔广文, 王加强, 等. 煤泥浮选药剂现状与发展[C]//2010 年全国选煤学术交流会议论文集. 唐山: 《选煤技术》编辑部, 2010: 154-156.
- [7] 崔广文, 王京发, 杨硕, 等. 细粒难浮煤泥浮选试验研究[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(6): 1-4.
- [8] 侯鹏辉. 煤泥浮选起泡剂的优化试验[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 13-15, 29.
- [9] 徐振洪, 朱建华, 张荣曾. 浮选起泡剂泡沫稳定性的评价方法研究[J]. 化工学报, 1999, 50(3): 399-403.
- [10] 张珂, 桂夏辉, 丁起鹏, 等. 充气法测试起泡剂的起泡性能试验研究[C]//2009 中国选矿技术高峰论坛暨设备展示会议论文集. 北京: 《中国矿业》杂志社, 2009: 94-99.
- [11] 王莉娟, 张高勇, 董金凤, 等. 泡沫性能的测定和评价方法进展[J]. 日用化学工业, 2005, 35(3): 171-173.
- [12] 吴文祥, 徐景亮, 崔茂蕾. 起泡剂发泡特性及其影响因素研究[J]. 西安石油大学学报, 2008, 23(3): 72-75.
- [13] 唐金库. 泡沫稳定性影响因素及性能评价技术综述[J]. 舰船防化, 2008(4): 1-8.
- [14] 黄波. 煤泥浮选技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2012.
- [15] 龚明光. 泡沫浮选[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011.