

# 自主创新核心技术推动煤制清洁燃料产业化健康发展

## ——中科合成油技术有限公司煤炭间接液化核心技术科技攻关及工程化纪实

□ 梅 沁

上,达到1500吨油/吨催化剂;3.产业化项目能量利用效率可达43%—45%,形成了煤制油高节水流程技术,使吨油耗水从8—10吨降至5吨左右。

**实验室及基地建设:**公司是煤转化国家重点实验室主要组成部分,拥有国际化的表面科学实验室,承担煤炭间接液化国家工程实验室(国家发展和改革委员会)、国家能源煤基液体燃料研发中心(国家发改委委属)、煤制清洁液体燃料北京市重点实验室(北京市科委)的建设工作,并顺利完成验收。公司于2015年12月经全国博士后管委会和人力资源社会保障部联合批准设立“博士后科研工作站”,在内蒙古鄂尔多斯新建了绿色的催化剂配套生产基地,保障煤制油产业的催化剂需要。

**产业化实施与转化:**公司参与设计、服务已建16万吨级示范厂3个,累计产能50万吨,包括:内蒙古伊泰16万吨/年煤制油示范项目、山西潞安16万吨/年煤制油示范项目、神华集团18万吨/年煤制油示范项目。参与服务在建百吨级项目8个,累计产能1350万吨。已经形成了整套、全系列的50万吨/年、100万吨/年、200万吨/年、400万吨/年标准的煤炭间接液化油品合成与油品加工工艺技术开发、工程设计、工业化转化工程。

**资质认证方面:**在煤炭间接液化不断工程实施的过程中,公司资质证书不断完善、健全,升级,目前拥有化工石化医药行业(化工工程)专业甲级、行业二级工程设计资质;化工行业工程咨询甲级资质;压力管道特种设备设计许可证;压力容器特种设备设计许可证;特种设备设计许可种类越来越齐全。对外工程总承包资质实现了从无到有跨越。质量管理体系更加健全,由单一的质量管理体系认证升级为质量、环境和职业健康安全管理体系认证。

**业务承接方面:**在经营合同和企业收入方面实现较大突破,并将大部分收入有效地投入了科研开发和技术深化。业务范围与项目承接,在工程化领域,公司业务范围不断延伸,由单一的工程咨询、工程设计业务,延伸到项目申报、节能评估、反应器内件供货、项目管理、EPC总承包等各个领域。项目承接范围由传统的油品合成、油品加工装置,拓展到液体物料储运系统、净化装置、全厂给排水、全厂供配电、中央控制室等,业务领域不断拓展。

在公司成立的十年间,中科合成油先后组建了系列化的中科合成油技术有限公司、中科合成油工程股份有限公司、中科合成油内蒙古有限公司、中科合成油淮南炼化有限公司,并多次获得“高新技术企业”“清华科技园钻石企业”“百家试点创新型企业”““十五”中国石油和化工优秀民营企业”“纳税信用A级企业”等奖誉。

中科合成油从科研项目组到成立成品油品工程中心,到凝聚若干企业升级为注册资本5亿元的公司,再到融资扩股后的注册资本10亿元、总资产30多亿元的公司,这一系列的产业化改革,很大程度上提高了科研项目的成功率,加快了应用性科研成果的产业化步伐。其原因:一是科研经费不再局限于国家拨款,可以动用更多的社会资本,在物质条件上保证了项目可持续地走下去;二是科研方向更加贴近市场,因为社会资本对科研的投入更讲究“投入产出比”,更看重科研项目有助于解决实际问题的;三是可以提高科研项目的转化率,在正常的科研活动中,由于有外部力量的介入,这种无形的社会压力和项目竞争促使科研人员思路更加集中。

正是通过整合社会资源建立公司,以资本为纽带,通过股权分配和股权激励等政策,加快了科研成果转化的反应速度,并最终实现了科研成果转化的有效实施生产力。

**三、股权激励激发人才驱动**
科技研发与工程化实施落脚点是人,起关键性作用是领域的灵魂人物和整个科研团队。如果说煤制油项目前期坚持不懈地推进的是科研人员无私的奉献精神 and 团队意识强烈的责任感,那么,在中科合成油成立后,则依靠的是不断的体制机制创新和人才的引进吸收。

中科合成油在发展的过程中,借鉴民营企业的灵活机制,借助公司化运作,实现科技人员的股权激励,解决了科研骨干后顾之忧,激发了科技创新的技术创新动力。股权的社会化能够给予科研人员更多的权利、空间和支持,从而实现了在较短时间内的跨越式发展。中科合成油在发展壮大过程中,不断地海外吸收和引进国际、国内高精尖科研人才和高级工程师人才,凝聚了一批国际著名科学家和留学博士的科研设计人才,在国内大型设计公司工作过的资深工程设计人员。

目前,公司在册员工由1997年最初的十几个人,到2006年公司成立的60多个人,发展到目前的1000多人,包括12名研究员、50多名博士、200多名高级工程师,其中有家杰出青年基金获得者1名,海外千人学者1位,青年“千人计划”学者1位,中科院“百人计划”学者3位。公司人员数量不断壮大,人员构成日趋合理,整体素质不断提高,专业设置日益健全,工作职能逐步理顺,工作效率不断提高,打造出了一支具有丰富科学研究和工程设计开发经验的的高素质、专业化的技术团队,满足开展煤制油工程技术研发、工程化实施与转化的需要。

通过社会化的路径,不仅可以为科技成果转化提供强有力的资金支持,还促进了诸如市场管理、资本运作、融资能力等方面的能力建设,形成具有自主知识产权的煤间接液化合成油大型工程等方面起到了关键性作用。

在煤炭间接液化技术研发和产业化实施的过程中,除了承担煤炭间接液化国家工程实验室的建设任务外,公司还承担了国家发改委能源局国家能源煤基液体燃料研发中心和北京市科委煤制清洁液体燃料北京市重点实验室的建设工作。

**二、社会化实现突围**
在中科合成油先前的十年间,中科合成油先后组建了系列化的中科合成油技术有限公司、中科合成油工程股份有限公司、中科合成油内蒙古有限公司、中科合成油淮南炼化有限公司,并多次获得“高新技术企业”“清华科技园钻石企业”“百家试点创新型企业”““十五”中国石油和化工优秀民营企业”“纳税信用A级企业”等奖誉。

中科合成油从科研项目组到成立成品油品工程中心,到凝聚若干企业升级为注册资本5亿元的公司,再到融资扩股后的注册资本10亿元、总资产30多亿元的公司,这一系列的产业化改革,很大程度上提高了科研项目的成功率,加快了应用性科研成果的产业化步伐。其原因:一是科研经费不再局限于国家拨款,可以动用更多的社会资本,在物质条件上保证了项目可持续地走下去;二是科研方向更加贴近市场,因为社会资本对科研的投入更讲究“投入产出比”,更看重科研项目有助于解决实际问题的;三是可以提高科研项目的转化率,在正常的科研活动中,由于有外部力量的介入,这种无形的社会压力和项目竞争促使科研人员思路更加集中。

正是通过整合社会资源建立公司,以资本为纽带,通过股权分配和股权激励等政策,加快了科研成果转化的反应速度,并最终实现了科研成果转化的有效实施生产力。

**三、股权激励激发人才驱动**
科技研发与工程化实施落脚点是人,起关键性作用是领域的灵魂人物和整个科研团队。如果说煤制油项目前期坚持不懈地推进的是科研人员的无私奉

## 聚焦



神华中煤项目全厂夜景

问渠哪得清如许? 为有源头活水来。成绩的取得,离不开国家政策的大力支持,离不开国家部委对团队的信任与重视,离不开中国科学院的领导,离不开在地方政府的支持下,离不开中国科学院研究所的多年培养,离不开投资方的慷慨捐赠,离不开煤制油先驱者们的前赴后继,离不开同行科研工作者的鼎力相助,离不开企业界的大力支持,离不开施工单位的昼夜奋战。

2001年,中科合成油技术有限公司与中国科学院山西煤炭化学研究所、内蒙古伊泰煤制油有限公司、山西潞安煤基合成油有限公司联合完成的“高温聚态床煤制油关键技术研发及工业示范应用”项目获得了国家能源科技进步一等奖。公司承担的“863”课题“10—100万吨级合成油技术”通过了验收。同时中科合成油内蒙古有限公司成立,专业开展催化剂生产和销售,分析检测、实验室技术有放大的产业化支撑体系。在此期间,公司启动了内蒙古伊泰化工有限责任公司120万吨/年煤制油项目的工艺包与设计工作。神华宁煤400万吨/年煤制油项目总体设计和基础设计工作全面展开。多家企业百万吨级煤制油项目前期工艺包设计和总体设计开始启动。

2013年,采用中科合成油自主研发的煤制油技术的神华宁煤400万吨/年煤制油工程在宁夏宁东能源化工基地举行开工奠基仪式,首批煤托合成反应器出厂并吊装成功。同时工程公司承担的第一个EPC总承包项目——山西潞安100万吨/年煤制油项目的油品合成装置和油品加工装置开工建设。为保障百万吨级煤制油工程建成催化剂的供应,公司在内蒙古准格尔大路新区启动了4.8万吨/年煤制油催化剂项目(一期工程1.2万吨/年)的建设。

2014年,国家能源局在中科合成油技术有限公司设立“国家能源煤基液体燃料研发中心”,“煤制清洁液体燃料北京市重点实验室”通过了北京市科学技术委员会的验收。4月份,国家能源局委托国家能源局华北能源监管局和中国石油和化学工业联合会组织的油品合成装置和油品加工装置开工建设。为保障百万吨级煤制油工程建成催化剂的供应,公司在内蒙古准格尔大路新区启动了4.8万吨/年煤制油催化剂项目(一期工程1.2万吨/年)的建设。

**技术先进性方面:**中科合成油开发的煤炭间接液化技术具有明显的先进性,体现在:1.新一代费托合成技术可以在较高温度(260℃—290℃)下的聚态床中运行,使低温费托合成副产蒸汽压力提高到高温费托合成副产蒸汽压力(3.0MPa),解决了低位能利用问题,提高了过程综合集成效率;2.催化劑生产技术为独创工艺,反应活性大幅提高,产能能力比低温聚态床提高了3倍以上。

识创新工程重大项目“煤基合成液体燃料聚态床工业化技术”的研究工作,并启动了千吨级聚态床合成油的工业中试实验平台的建设工作。

2002年,千吨级聚态床合成油中试装置试运转,打通了全部工艺流程,实现了连续22天运行,费托粗油品经加工后生产出高品质清洁柴油。2003年,多次对聚态床合成油中试装置进行技术改造和升级,批量生产出I型低温聚态床费托合成铁基催化剂,解决了中试装置上的合成反应器换热、催化剂剂过滤、费托粗油品质量稳定等技术难题,生产出高品质柴油的批量样品。

2004年,实现了千吨级聚态床费托合成中试装置上千小时的连续稳定运转,形成了成熟的低温聚态床费托合成技术与催化剂生产技术,达到了国际同期先进的技术水平。以中科院山西煤炭所合成油品工程研究中心为基础,联合国内多家大型煤炭企业成立了合成油品工程中心理事会,为技术的产业化和技术开发的公司化运作奠定了基础;同时,自主开发的低温聚态床合成油技术通过中国科学院和山西省组织的技术鉴定。

2005年,开始规划和设计16—20万吨/年合成油示范厂的建设。提出了高温聚态床费托合成概念,实验室装置上开始研制新一代高温聚态床费托合成铁基催化剂。承担的国家科技部“863”和中科院知识创新工程重大项目“煤基合成液体燃料聚态床工业化技术”通过了国家科技部和中科院的验收。合成油技术研发团队荣获2005年中国科学院杰出科技成就奖(集体)。

**二、示范技术的放大与验证**

2006年,中国科学院山西煤炭化学研究所联合内蒙古伊泰集团有限公司、神华集团有限责任公司、山西潞安矿业(集团)有限责任公司、徐州矿务集团有限公司、连顺能源公司等,共同投资组建了中科合成油技术有限公司。为保障自主知识产权的工业化转化和催化剂的供应,相继成立了中科合成油工程有限公司和中科合成油催化有限公司。采用公司自主研发的内蒙古伊泰集团和山西潞安集团两个16万吨/年合成油示范装置相继开工建设。同时在实验室装置上研制出高活性、高抗磨损性、高油收率的高温聚态床费托合成铁基催化剂,为高温聚态床合成油技术开发奠定了基础。

2007年,公司承担了“十一五”国家863计划能源领域“10—100万吨级合成油技术”重大项目,全面开展新一代高温聚态床费托合成技术开发。同时,工程公司在工程技术开发与设计方面分别获得了国家建设部颁发的工程设计资格证书和国家质量监督检验检疫总局颁发的压力容器、压力管道资格证书。

2008年,高温聚态床费托合成催化剂实现了工业化大生产,采用高温聚态床费托合成技术实现了千吨级聚态床中试装置连续稳定2000多小时的稳定运转,形成了新一代聚态床费托合成技术。国家发改委以发改办高技[2008]1507号文件批准建立煤炭间接液化国家工程实验室,该实验室由中国科学院山西煤炭化学研究所和中科合成油技术有限公司联合建设,目标是建煤炭间接液化产业化技术开发和工程化中心、煤基合成油技术验证及产品评价检测中心、煤炭间接液化科技研发交流与合作平台。同时工程公司获得北京市高新技术企业,取得ISO9000认证证书。2009年,采用公司自主研发的高温聚态床费托合成技术完成内蒙古伊泰集团及山西潞安集团两个年产16万吨合成油示范厂,实现了成功运转,并产出高品质的柴油和石脑油。

2010年,两个年产16万吨合成油示范厂实现了“安、稳、长、满、优”的工业运行。7月份,根据国家发展和改革委员会、内蒙古自治区发展和改革委员会委托中国国际工程咨询公司,组织召开专家、院士成立考核组对伊泰年产16万吨煤制油工业化示范项目进行了第一次72小时现场性能标定。综合评价认为:“示范项目是我国首次实施并达到满负荷运行的煤制油项目,作为核心技术的高温聚态床费托合成催化剂、聚态床合成反应器及工艺成套技术已经在示范项目中成功应用,显示出突出的优越性和可靠性。

通过示范项目验证,由中科合成油技术有限公司研发的催化剂、聚态床合成反应器及工艺技术具有优异的产品选择性、良好的运行稳定性、较高的合成气转化能力和产能能力,以及良好的经济运行性。工艺成套技术已经在满负荷平稳运行条件下获得了有代表性的工程技术数据,具备了进行大型工业化煤制油项目设计和建设的工程技术基础条件,对推进我国煤炭间接液化项目的产业化奠定了较坚实的技术基础,建议国家关注和扶持这一技术的推广和应用。”

**三、百万吨级煤制油工程的跨越**

2011年,神华宁煤煤业集团有限责任公司决定采用公司研发的高温聚态床合成油技术建设世界套规模最大的400万吨/年煤炭间接液化工程项目,并由中科合成油技术有限公司负责设计和工艺包

2016年12月28日,神华宁煤集团400万吨/年煤炭间接液化示范项目进行首批产品装车发运仪式,这标志着我国建设全球套装置最大的煤制油项目取得阶段性成果。在这项世界级煤制油工程顺利开车成功的背后,站立着一支攻坚克难、掌握全系列煤制清洁燃料技术的国家核心技术团队——中科合成油技术有限公司。

### 第一篇：荒漠上崛起世界级煤制油工程

贺兰山下,茫茫荒漠,巍巍耸立起一项世界级煤制油工程,晨曦中展现出一幅宏大壮阔的画面。公元2016年12月21日10时30分神华宁煤400万吨/年煤制油工程加氢裂化装置引精制尾油升温,19时开始裂解反应,20时30分常一、常二线、减一线产出高品质清洁柴油,23时50分各项指标分析合格,开始向成品油罐区送料,这标志着备受国内外关注的、全球单套规模最大的神华宁煤400万吨/年煤制油工程打通加工工艺流程,实现一次性技术开车成功。这是开创中国煤制油工业的历史时刻,标志着中国技术打造大国重器的又一范例。该工程的建成投产,标志着我国已经全面掌握了先进的百万吨级煤间接液化工程的核心核心技术,煤基清洁高效转化利用技术获得了重大突破。

每一项重大工程成功的背后都源于强大的科技力量的支撑和推动。神华宁煤400万吨/年煤制油工程采用的核心技术是由李永旺为首的中国科学家们的中科合成油1000多人的技术团队,历时20年自主研发的高温聚态床合成成套工艺技术,其中费托合成催化剂和大型聚态床合成反应器技术是工程取得成功的根本性、决定性因素。该技术在费托合成催化剂活性、选择性与产能能力、大型聚态床合成反应器设计、制造与控制、煤制油整体系统能效等多项关键技术指标上均处于国际领先水平。

神华宁煤400万吨/年煤制油工程是我国煤炭深加工转化重大的商业化示范工程,投资550亿元,厂区分地面积564公顷,设计产能405万吨/年,其中,清洁柴油273万吨,石脑油98万吨,液化石油气34万吨。该工程是一个系统复杂、技术高度集成的大型工程,每一个工程工序的试车成功,每一个关键时间节点顺利度过,都凝结着现场上万名参试人员的心血,更牵动着发出煤制油核心技术的中科合成油公司上千名科研和工程技术人员每一颗跳动的心。

●2016年12月5日22时16分,I系列油品合成装置费托合成反应器开始投料,正式接收上游裂化装置净化合成气。

●2016年12月6日产出费托轻质油和费托重油。

●2016年12月9日15时18分产出清洁柴油,23时03分产出合格蜡,为油品加工装置产出合格油品提供了稳定的原料供应。

●2016年12月18日凌晨3时06分,加氢精制装置引费托合成稳定重质油,上午8时产出高品质清洁柴油,上午10时柴油产品开始向成品油罐区缓流注水。

●2016年12月21日早10时30分加氢裂化装置引精制尾油升温,19时开始裂解反应,20时30分常一、常二线、减一线柴油产出,23时50分各项指标分析合格,开始向成品油罐区送料,煤制油全流程打通。

自合成反应器开始投料至产出高品质清洁柴油,前后仅用了不到16天时间,这是全体建设者共同努力的成果,是中科技术的精神演绎和完美诠释。高品质清洁柴油的产出,标志着整个油品合成装置和油品加工装置已经打通了工艺流程,标志着整个煤制油工程已经打通了全部工艺流程,实现了第一次开车成功。该工程的开车成功也印证了中科合成油是一支打硬仗、善打大仗、能打胜仗的突击队。贺兰山下鸟雀鸣啭写煤制油未来,反应室内汽流翻腾转出大好乾坤,神华宁煤400万吨/年煤制油工程试车这一合成油,打出了速度,打出了技术,打出了形象!

2016年12月21日是一个值得铭记的日子。这是中国煤制油技术研发及工程化攻关历程中值得浓墨重彩的日子,是中国一代代煤制油人自强不息、为之奋斗终生的梦想实现的日子。在距离德国科学家费歇尔和托普森发现费托合成反应93年后的今天,在中国,我国自主开发的煤炭间接液化技术结出硕果,大规模工业化应用成为现实。

这一天,距离1997年中国科学院山西煤炭化学研究所李永旺团队在中国科学院“九五”重大项目的支持下开始先进的聚态床煤间接液化技术开发,已整整20年时间;距离2002年中国聚态床合成油中试装置运转成功,已整整14年时间;距离2006年中科合成油技术有限公司和工程公司成立,已整整10年时间;距离

2009年16万吨/年合成油示范装置开车成功,也已过去了7年多的时间。

从这一天开始,煤制油大规模工业化掀开了新的历史篇章,煤基清洁高效利用不再是梦想,中国人可以从容地应对云南流域的世界石油市场和“后石油时代”的能源技术革命。

### 第二篇：一项技术、百年探索

石油资源短缺是困扰中国人民的百年难题,为了解中华民

族可持续发展所面临的能源困局,一代代科学家探索、追求、接力、前赴后继、勇往直前。光阴似箭,岁月如梭,时光流转,韶华流逝。

在煤炭间接液化技术不断前进的道路上,许多人离开了工作岗位,又有许多人加入了煤制油的队伍。回望来路,不禁唏嘘感叹。

早在1924年,就有中国人开始探索煤制油的技术途径。1949年,新中国刚刚一成立,中国第一代煤合成油科学家赵宗燮接管了日本在青岛建设的常压钴基费托合成油厂,仅仅用了2年时间,就恢复和改进成功,1951年2月16日生产出新中国第一桶煤制油。1959年,由于大庆油田的发现,中国放弃了对于“人造石油”之梦的追求,大规模开展工业化的原因主要是受到上述诸多因素综合作用,未能大规模开展工业化的原因主要是受到上述诸多因素综复杂、变幻不定造成的,同时也受到当时技术发展条件的制约。

### 第三篇：二十年的追逐与超越

“九五”期间,煤炭液化技术在我国的发展受多种因素影响,技术研发一度进入“瓶颈期”。1997年,在中国科学院“九五”重大科研项目的支持下,李永旺研究员将山西煤炭所与合成油油相关的五个课题整合成一个研发团队,建立合成油品工程研究中心,总结了以前科学家的研究成果与经验教训,将煤制油技术开发方向由固定床费托合成技术转向更为先进的聚态床费托合成技术上,不屈不挠、坚忍意志,开始了煤炭间接液化技术的科技攻关与创新工作,至今已整整20年。走过往昔,辛勤的汗水刚刚沾土,回首过去,奋斗的情愫不曾消减。

**一、实验室到中试基地的突破**

1997年—1999年,在中国科学院“百人计划”的资助下,系统地开展了费托合成详细机理动力学研究,建立了基于详细机理的固定床费托合成反应动力学模型,启动了聚态床费托合成铁基催化剂的研制工作。在实验室装置上优化出高活性的聚态床铁基催化剂,构建了基于固定床和聚态床费托合成的煤制油全流程工艺模拟计算机软件,实现了对不同工艺方案的煤制油全流程的技术经济分析与评价。在实验室装置上解决了聚态床费托合成精馏催化剂分离的技术难题,实现了聚态床费托合成铁基催化剂上千小时的稳定运转与催化剂工艺技术经济瓶颈的突破。

2000年,团队建立了聚态床费托合成反应动力学与反应器模型,研制并放大制备了两种型号的聚态床费托合成催化反应器,开展费托合成清洁柴油中试取油品的实验室研究,并在山西太原中试基地开始组织规划和设计千吨级聚态床费托合成中试装置建设。2001年,承担国家科技部“863”项目、中国科学院“十五”知



神华中煤项目全景



油品合成装置



费托合成反应器



项目高清洁柴油、石脑油产品



项目首批合格油品发运