

· 联合基金总述及改革举措 ·

石油化工联合基金管理总结与展望

傅杰^{1,2} 赵志坚^{1,3} 张国俊^{1*}

1. 国家自然科学基金委员会 化学科学部, 北京 100085
2. 浙江大学 化学工程与生物工程学院, 杭州 310027
3. 天津大学 化工学院, 天津 300350

[摘要] 本文对石油化工联合基金十年(2011—2020年)的资助管理工作进行总结回顾,系统梳理了石油化工联合基金资助十年来取得的成效,并对未来工作进行展望。

[关键词] 石油化工;联合基金;管理;展望

习近平总书记提出“坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康”,为我国科技创新指明了方向。国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)正在持续深化基金管理改革,更加注重面向经济主战场和国家重大需求的导向性基础研究。联合基金旨在发挥科学基金的导向作用,引导和整合社会资源投入基础研究,推动我国相关领域、行业、区域自主创新能力的提升^[1]。

石油是现代社会运行的血液,石油化工业在我国一直处于极高的经济和战略地位,自然科学基金先后与中国石油天然气集团公司(以下简称“中石油”)、中国石油化工股份有限公司(以下简称“中石化”)设立石油化工联合基金,推动石油化工业的应用基础研究。化学工程与工业化学(B08)学科负责管理石油化工联合基金的下游部分,本文对B08学科管理的石油化工联合基金十年资助管理工作进行回顾和展望。

1 石油化工联合基金设立背景

石油化工联合基金旨在进一步提升我国石油化工业的科技自主创新能力和核心竞争力,发挥国家自然科学基金的导向和协调作用。2011年,自然科学基金委与中石油签订战略合作协议,共同设立了石油化工联合基金。2014年,自然科学基金委与中石化签订了第二期石油化工联合基金的资助协议,继



张国俊 博士,研究员。国家自然科学基金委员会化学科学部化学五处副处长兼化学工程项目主任。自2012年11月起在国家自然科学基金委员会化学科学部工作,历任工业化学项目主任、化学工程项目主任、能源化学项目主任。



傅杰 博士,国家自然科学基金委员会化学科学部化学工程流动编制项目主任、浙江大学化工学院副教授、国家自然科学基金委员会优秀青年科学基金获得者。主要从事生物物质定向化学转化方面的研究,发表学术论文100余篇,授权国家发明专利30余项,主持国家自然科学基金、浙江省自然科学基金、波音公司合作项目、中石化横向等20余项科研项目。

续资助联合基金(改名为石油化工联合基金(A类))。同年,自然科学基金委与中石化签订战略合作协议,设立石油化工联合基金(B类)。2019年,为整合优势资源,中石化和中国海洋石油集团有限公司(以下简称“中海油”)加入自然科学基金委新设立的企业创新发展联合基金,石油化工联合基金成为企业创新发展联合基金的重要组成部分。石油化工联合基金紧密结合我国石油、石化领域战略发展面临的重大技术难题和关键科学问题,开展基础性、前瞻性和创新性研究,促进政产学研用相结合,吸引和调动社会科技资源,开展相关领域的重大基础研究,推动行业的可持续发展和自主创新能力的提升,促进知

识与技术、院所与企业的协同创新,培养一批石油石化科技人才。

2 申请和资助情况

十年期间,在 B08 学科申请的各类石化联合基金项目总数为 2 656 项,资助 187 项,资助总经费为 26 026.6 万元(从 2015 年度开始基金分直接和间接费用,本文统计 2015 年以后的是直接费用)^[2-8]。石油化工联合基金(A类)分为重点支持项目和培育项目(见表 1),石油化工联合基金(B类)全部为重点支持项目(见表 2),2019 年石油化工联合基金转为企业创新发展联合基金,资助集成项目和重点支持项目(见表 3)。重点支持项目平均资助强度在 240 万~310 万元之间,培育项目平均资助强度在 42.0 万~64.6 万元之间。集成项目累计已资助 4 项,平均资助强度为 1 237.5 万元。

3 资助领域和依托单位分布

石油化工联合基金的资助领域涵盖石油和天然气资源转化过程中的关键领域,如炼油过程中的分子管理工程基础、劣质重油分子结构与转化规律、炼油化工催化新材料、超低硫清洁汽油新技术、天然气

与合成气高效转化的科学基础、炼化污水难降解有机物深度处理新技术、新型廉价制氢、新型碳一(合成气)化工、高附加值合成树脂材料、高性能合成橡胶、清洁生产新技术、酚酮高值联产绿色成套工艺的基础科学及工程问题、聚烯烃溶液聚合的基础科学、新型高效微通道换热器扩散连接控制、重质油催化转化机理与规律、海洋原油资源高效利用基础理论与规律、富碳天然气合成化学品反应过程基础理论、智能炼化建设中智能感知、知识关联与动态建模技术等领域。

石油化工联合基金获批项目的依托单位共 59 个,大多数单位拥有化学工程优势学科,其中 2019 年开始资助的集成项目 4 项,重点支持项目 50 项,重点支持项目的依托单位和资助类型如表 4 所示,分别为中国石油大学(北京)(7 项)、天津大学(6 项)、清华大学(4 项)、浙江大学(4 项)、北京化工大学(4 项)、中国石油大学(华东)(4 项)、华东理工大学(3 项)、大连理工大学(3 项)、南京工业大学(2 项)、福州大学(2 项)、常州大学(2 项),以及复旦大学、上海交通大学、南京大学、中山大学、太原理工大学、中国科学院化学研究所、武汉理工大学、青岛科技大学、中南民族大学各 1 项。

表 1 石化联合基金(A类)申请和资助情况

年度	申请总数	立项总数	资助总额(万元)	重点*申请数	重点*立项数	重点*资助强度(万元)	培育**申请数	培育**立项数	培育**资助强度(万元)
2011 年	948	37	3 000	54	6	250.0	894	31	48.4
2013 年	42	18	2 278	9	5	294.6	33	13	61.9
2014 年	558	36	3 722	45	6	310.6	513	30	62.1
2016 年	522	39	2 520	/	/	/	522	39	64.6
2018 年	556	27	2 520	51	7	240.0	505	20	42.0

* 重点指重点支持项目

** 培育指培育项目

表 2 石化联合基金(B类)申请和资助情况

年度	重点*申请数	重点*立项数	重点资助强度(万元)
2014 年	36	10	300
2016 年	82	10	252

* 重点指重点支持项目

表 3 企业创新发展联合基金申请和资助情况

年度	申请总数	立项总数	资助总额(万元)	重点*申请数	重点*立项数	重点*资助强度(万元)	集成**申请数	集成**立项数	集成**资助强度(万元)
2019 年	21	4	2 028.6	20	3	256.2	1	1	1 260
2020 年	9	6	4 438.0	5	3	249.3	4	3	1 230

* 重点指重点支持项目

** 集成指集成项目

表 4 2011—2020 年间石油化工联合基金重点支持项目依托单位列表

依托单位	石化联合基金 A	石化联合基金 B	企业联合基金	总数
中国石油大学(北京)	5	1	1	7
天津大学	2	2	2	6
清华大学	2	2	/	4
浙江大学	3	1	/	4
北京化工大学	2	1	1	4
中国石油大学(华东)	4	/	/	4
华东理工大学	2	1	/	3
大连理工大学	1	2	/	3
南京工业大学	/	1	1	2
福州大学	1	1	/	2
常州大学	/	2	/	2
复旦大学	/	1	/	1
上海交通大学	/	/	1	1
南京大学	/	1	/	1
中山大学	/	1	/	1
太原理工大学	/	1	/	1
中国科学院化学研究所	1	/	/	1
武汉理工大学	/	1	/	1
青岛科技大学	1	/	/	1
中南民族大学	/	1	/	1
总计	24	20	6	50

4 典型成果介绍

石油化工联合基金围绕分子炼油、催化转化、系统工程等石油、石化重要领域进行了相关布局 and 重点资助,取得了丰硕成果,下面介绍三个典型成果。

4.1 重质油分子组成表征及在针状焦制备新工艺中的应用

我国每年加工重质油约 2 亿吨,其清洁高效加工利用具有非常重要的意义。长期以来重质油的加工利用都是基于本体和组分层次的认识,严重制约重质油加工技术的发展。在石油化工联合基金重点项目“重质油分子化学组成结构及其扩散和反应行为研究(U1463207)”“重质油特征分子集及其加工转化规律的研究(U1162204)”的资助下,中国石油大学重质油国家重点实验室徐春明院士研究团队围绕重质油分子组成及其转化行为开展系统研究,从分子层次认识并模拟了加工转化过程,建立了复杂分子体系的组成及转化模型。

将这一研究成果用于重质油制备针状焦高附加值炭材料,取得了重要突破。针状焦是制备电炉炼

钢超高功率电极的一种战略性材料,也是目前锂电池负极的重要原料,我国优质针状焦长期完全依赖国外进口。通过对催化油浆复杂性质与化学组成结构的高精度表征,研究团队发现油浆中富含平均芳环数在 3~5 之间、带短侧链结构的芳烃组分,经超临界分离后,芳烃组分分段富集,且基本脱除沥青质、杂质灰分及金属等非理想组分,据此提出了油浆超临界流体分离“拔头去尾”制备针状焦的总体思路(图 1);开发了分段逆流大规模超临界连续萃取分离成套技术,获得油浆超临界分离优化工艺参数及其与分离产物收率性质规律深化认识,建立了萃取过程的状态方程模型,指导编制了 20 万吨/年工艺包,成功实现了针状焦生产的分离-反应工艺的集成创新。研究团队与山东益大新材料有限公司合作,建成 20 万吨/年油浆超临界连续萃取装置(图 2)和年产 6 万吨高性能针状焦的焦化装置,并于 2017 年 8 月投产。研究成果获 2018 年中国石油和化学工业联合会技术发明一等奖。

4.2 绿色高效循环流化床烷烃脱氢制烯烃 ADHO 技术

丙烷脱氢是重要的丙烯生产路线,我国目前产能接近 1 000 万吨/年,到 2030 年预计将达到 3 000 万吨/年。在石油化工联合基金重点支持项目“新型烷烃脱氢制烯烃催化剂及循环流化床反应器基础研

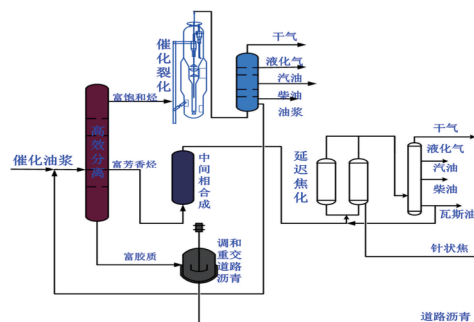


图 1 催化油浆拔头去尾工艺示意图



图 2 20 万吨/年超临界萃取分离装置图

究”(U1362201)支持下,中国石油大学(华东)李春义教授团队与中石油华东设计院有限公司联合攻关,开展了非 Cr 非 Pt 烷烃脱氢催化剂及配套工艺开发,对负载型 WO_3 催化剂进行优化和放大生产。团队配套开发了可连续反应再生长周期运行的高效并流循环流化床反应再生系统。采用高流化密度并流输送床反应器,解决了流化床因气固接触效率低、返混严重导致的转化率低、烯烃选择性低的问题。在正压、不引入稀释剂的条件下,丙烷脱氢单程转化率达到 45%以上,丙烯选择性接近 90%。濮阳市远东科技有限公司 15 万吨/年丙烷脱氢制丙烯工业示范装置即将建成投产(图 3),中国石油呼和浩特石化公司 5 万吨/年丙烷脱氢制丙烯装置也已开始建设。

4.3 乙烯装置智能制造关键技术与产业应用

乙烯工业是石油化工产业的龙头和核心,标志着一个国家石油化工发展水平,在国民经济中占有重要地位。随着我国乙烯产能稳居国际第二位,实现资源高效利用的高质量发展已成为企业提升国际竞争力最为核心的目标。

在石油化工联合基金项目“复杂化工过程资源高效利用的系统优化方法与关键技术”(U1162202)的资助下,华东理工大学钱锋院士团队针对混合特征建模、多目标动态协调控制与运行优化这两类科学问题,深度融合石化生产过程和现代信息技术,研发了化工过程行为特征分析、智能调控、系统集成优化等关键技术,并在大型乙烯装置上应用验证(图 4)。

研究团队突破了炉膛传热和炉管反应逐点耦合技术,研发的乙烯裂解炉系统模拟软件 Coilsim-Craft,已在石化工程公司、研究院和生产企业广泛应用,支撑了国产 15 万吨、20 万吨和 23 万吨乙烯



图 3 濮阳市远东科技有限公司 15 万吨/年丙烷脱氢制丙烯工业示范装置(即将建成投产)

裂解炉的自主设计制造,以及乙烯装置优化调控;乙烯裂解炉实时优化技术和系统先后在镇海炼化、上海石化、吉林石化、独山子石化等乙烯企业 30 多台裂解炉上实施,双烯收率和高附收率提高 0.2~0.5 个百分点(图 5);具有自主知识产权的乙烯装置全流程优化系统在上海石化 2# 乙烯装置应用,高附加值产品收率提高 0.48 个百分点,高附加值产品能耗降低 2.55 千克标油/吨,该技术正在独山子石化 2# 乙烯装置实施应用。上述成果对推动流程工业数字化转型和高质量发展起到示范引领作用。

5 建议和展望

2011 年设立至今,石油化工联合基金充分发挥基础与应用结合的特点,吸引和集聚全国的石油化工优秀科研人员开展高水平的应用基础研究,促进了科研院所、高等院校和石油化工企业的协同创新和实质性合作,取得了一批优秀研究成果。2021 年,中石油曾委托科技部评估中心对石油化工联合基金(A 类)做了科技评估报告。报告高度肯定了石油化工联合基金(A 类)的实施成效,尽管如此,我们认为在如下几方面仍需加强。

(1) 加强重大科学问题的凝练。“十四五”时期,我国石油行业仍然存在主力油田稳产难、对外依存度



图 4 推广应用到国际乙烯工程-泰国 MOC 百万吨乙烯装置

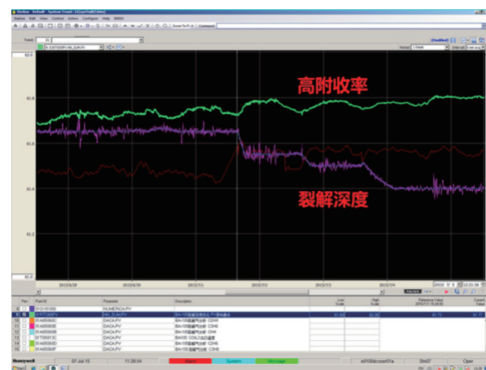


图 5 裂解深度实时优化运行效果(镇海炼化 BA105 裂解炉)

高、重大装备核心部件依赖进口等问题,同时也面临低碳化、绿色化、智能化发展的新需求。在新形势下,迫切需要推动“卡脖子”关键技术背后的重大科学问题取得原始创新和理论突破,因此,组织联合基金前瞻性战略研究和科学问题凝练,对进一步加强我国石化领域重大基础理论和战略储备技术具有重要意义。

(2) 强化项目指南的目标导向性。联合基金作为衔接基础和应用的载体,指南撰写应加强对企业需求和研发目标的调研,以提升指南的目标导向性。同时,应考虑由自然科学基金委牵头组织中石油、中石化、中海油等相关企业统筹协调、共同凝练关键科学理论问题和重大技术难题,避免重复资助,实现联合基金资助效益的最大化。

(3) 提升企业专家的参与度。企业专家长期处于生产第一线,了解工业需求,联合基金的通讯评审和会议评审阶段邀请涉及整个产业链的企业专家参与,将更有利于石化联合基金项目的关键科学问题和应用目标的和谐统一。

(4) 积极推动研究成果对接落地。基础研究和工业应用的对接落地是联合基金项目实施的重要目标。未来应探索和推动灵活、多样的对接模式,例如,企业人员更多地参与到高校、科研院所主持的联合基金项目研究,形成企业和科研院校之间的联动,激发企业人员和科研院校研究人员之间的“化学反应”,推动基础研究成果的落地。

(5) 构建多方共赢的知识产权共享机制和权责明晰的管理体制,在管理过程中,石油化工企业特别

注重知识产权,如何构建多方共赢的知识产权共享机制,仍需各方积极沟通和努力。此外,应进一步厘清联合资助方在基金管理中的权责,完善管理体制,为更好实施联合基金保驾护航。

致谢 感谢钱锋院士、徐春明院士、李春义教授团队提供研究工作素材。

参 考 文 献

- [1] 国家自然科学基金委员会. 2021年度国家自然科学基金项目指南. 北京: 科学出版社, 2020.
- [2] 朱旺喜, 杨晓伟, 赵志坚. 2020年度国家自然科学基金委员会“化学工程与工业化学”科学基金项目申请和评审工作总结. 化工进展, 2021, 40(1): 559—564.
- [3] 朱旺喜, 赵志坚, 杨晓伟. 2019年度国家自然科学基金委员会化学科学部化学科学五处科学基金项目申请和评审工作总结. 化工进展, 2020, 39(1): 413—416.
- [4] 朱旺喜, 张国俊. 2018年度国家自然科学基金委员会化学科学部五处科学基金项目申请和评审工作总结. 化工进展, 2019, 38(1): 707—710.
- [5] 孙宏伟, 张国俊. 2016年度国家自然科学基金委员会化学科学部五处科学基金项目申请和评审工作总结. 化工进展, 2017, 36(1): 391—394.
- [6] 孙宏伟, 张国俊, 梁文平. 2014年度国家自然科学基金委员会化学科学部五处科学基金项目申请和评审工作总结. 化工进展, 2015, 34(1): 289—294.
- [7] 孙宏伟, 张国俊, 梁文平. 2013年度国家自然科学基金委员会化学科学部五处科学基金项目申请和评审工作总结. 化工进展, 2014, 33(2): 516—520.
- [8] 孙宏伟, 张国俊, 梁文平. 2011年度国家自然科学基金委员会化学科学部五处科学基金项目申请和评审工作总结. 化工进展, 2012, 31(3): 705—709.

Summary and Perspective on Management of the NSFC Joint Fund for Petrochemical Engineering Research

Fu Jie^{1, 2} Zhao Zhijian^{1, 3} Zhang Guojun^{1*}

1. Department of Chemical Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085

2. College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027

3. School of Chemical Engineering and Technology, Tianjin University, Tianjin 300350

Abstract Ten-year (2011-2020) funding management of the NSFC Joint Fund for Petrochemical Engineering Research is summarized and reviewed, the achievements of the NSFC Joint Fund for Petrochemical Engineering Research in the past ten years are systematically concluded, and the future work is perspected in this article.

Keywords petrochemical engineering; Joint Fund; management; perspective

(责任编辑 吴征天)

* Corresponding Author, Email: zhanggj@nsfc.gov.cn