



持续创新引领芳烃产业发展

——记国家科技进步特等奖项目“高效环保芳烃成套技术开发及应用”

杨彦强 杜诗画

芳烃是一种重要的基础化工原料,广泛用于三大合成材料及医疗、农药、建材等领域,对二甲苯(简称PX)作为用量最大的芳烃品种之一,则是现代纺织业使用最广泛的聚酯纤维(俗称涤纶)的主要原料。20世纪70年代,以对二甲苯为原料生产的“的确良”和“涤卡”,给人们的生活带来了光鲜和靓丽。

然而,芳烃成套技术是复杂的系统工程,包括原料精制与精馏、芳烃异构与转化、对二甲苯吸附分离等工艺及工程技术,系统集成度高,开发难度大,之前仅被美国和法国的两家公司所掌握。为打破国外技术垄断,自1972年起,中国石化与中国科学院及有关高校开展合作研究,为芳烃成套技术发展奠定了基础。但技术的核心——对二甲苯吸附分离工艺,因开发难度最大,一直未能攻克,致使我国芳烃生产技术长期依赖进口,技术费用昂贵,产业发展受制于人。

技术壁垒进一步激发了中国石化自主研发芳烃成套技术的雄心壮志。为突破这一最后关口,2009年,中国石化组织石科院、工程建设公司(SEI)等多家单位成立研发团队,集智攻关、协同创新,创造性地开发出

项目名片

名称:高效环保芳烃成套技术开发及应用

奖项:国家科技进步特等奖

完成单位:石油化工科学研究院、工程建设公司、扬子石化、海南炼化等

主要成效:该项目攻克了包括芳烃转化与分离等系列复杂过程的对二甲苯生产技术,率先研制了亚微米分子筛组元高性能吸附剂,创新开发了高效吸附分离工艺及专用控制系统,率先开发了具有迷宫结构的吸附塔格栅等,首次将两种新型分子筛用于芳烃高效转化过程,开发出催化脱烯烃原料精制等节能环保新技术。通过创新吸附及催化新材料、新工艺、新装备及控制系统,开发出产品分离高效、芳烃转化充分、原料精制环保的芳烃成套技术,达到国际领先水平,显著提升我国芳烃生产技术水平和国际竞争能力。

分立冲洗式模拟移动床吸附分离新工艺SorPX工艺,配套开发MCS控制系统和具有迷宫结构的新型吸附塔内构件,结合石科院研发的RAX系列对二甲苯吸附剂,成功破解了对二甲苯吸附分离工艺难题。

2011年,采用该技术在扬子石化建设的对二甲苯工业示范装置一次投料开车成功,运行关键指标达到国际先进水平,为大规模工业装置建设奠定了坚实基础。

2013年,中国石化创新集成高效吸附分离、高效芳烃转化、原料绿色精制、能量高效利用、大型关键装

备等一系列新技术,开发出第一代高效环保芳烃成套技术,在海南炼化60万吨/年芳烃联合装置应用,并实现一次开车成功,主要运行指标达到同期国际领先水平,标志着中国石化成为具有完全自主知识产权的芳烃生产技术专利商,我国成为全球第三个掌握芳烃成套生产技术的国家。凭借此技术,“高效环保芳烃成套技术开发及应用”项目获得2015年度国家科学技术进步特等奖。

近20年来,我国对二甲苯消费量持续快速增长。如今,65%的纺织原料、80%的饮料包装瓶都来源于对

二甲苯。2020年我国对二甲苯表观消费量3349万吨,利用其生产的化学纤维相当于替代3.8亿亩土地产出的棉花,有效化解了粮棉争地矛盾,守住了18亿亩耕地红线,同时保障了纺织业的原料供应和产业链完整。

创新之路永无止境。为不断提升中国石化芳烃技术的竞争力,石科院在吸附分离和二甲苯异构化领域持续创新,开发出新一代RAX-4000吸附剂、RIC-270异构化催化剂、变温模拟移动床吸附分离新工艺等,形成第二代高效环保芳烃成套技术。

2019年10月,第二代芳烃成套技术在海南炼化100万吨/年对二甲苯装置上成功应用并顺利投产,装置运行能耗较上一代技术降低25%,技术水平全面领先世界同类装置。

为进一步巩固中国石化芳烃技术的领先优势,芳烃技术研发团队步履不停,在短短的两年时间内又接连开发出单塔芳烃吸附分离工艺、RAX-4500型吸附剂、RIC-300型异构化催化剂、HAT-300P型歧化与烷基化催化剂及芳烃装置数字化控制等系列新技术,形成具有国际领先水平的第三代芳烃成套技术。利用该技术设计建设的89万吨/年芳烃联合装置于今年1月20日在九江石化高标准建成中交,装置投产将带动

当地超千亿元产业集群发展。

随着芳烃成套技术各项单元技术的不断进步,吸附剂、催化剂及工艺控制系统在洛阳石化、扬子石化、天津石化、金陵石化、上海石化等国内芳烃装置改造中均得到广泛应用,使高效环保芳烃成套技术的市场占有率不断攀升,为我国芳烃产业降本增效和提质升级作出突出贡献。

此外,石科院在基于芳烃技术攻关建立的吸附分离技术平台上持续发力,将吸附分离工艺成功拓展到其他领域,开发出多项先进的分离工艺。其中,汽油轻馏分、全馏分石脑油优化利用技术实现了根据组分结构和性质进行选择性分离,为石化企业二次加工装置提供了优化的原料;

三甲苯、甲乙苯等重芳烃综合利用技术实现了低成本分离重芳烃中高附加值的化工单体,为我国石化行业转型发展、低成本获得高附加值化工产品提供了新的技术手段。

未来,芳烃技术研发团队将立足芳烃分离与转化技术平台,紧紧围绕“一基两翼三新”产业格局,坚持不懈走自主创新之路,不断攻克关键核心技术,努力推动芳烃产业高质量发展和“油转化”“油转特”转型发展,为中国石化打造世界领先洁净能源化工公司贡献科技力量。

中国工程院院士、石油炼制催化剂及工艺专家、第五届感动石化人物 李大东

以生产对二甲苯为核心的芳烃生产技术,是代表国家石油化工发展水平的标志性技术之一。中国石化芳烃技术团队立足自主创新,注重应用基础研究和工程化开发,经过多年不懈攻关,取得了一系列具有国际领先水平的重大创新性成果和关键技术突破,成功开发出高效环保芳烃成套技术,并实现百万吨级规模的工业化应用,对于我国石油化工技术发展具有里程碑意义。

在吸附材料方面,突破了具有规整结晶形貌的高结晶度亚微米X分子筛合成和高性能吸附剂制造技术难题;在催化材料方面,开发两相共生分子筛用于重芳烃转化,研发出具有独特孔道结构和酸性质的分子筛用于二甲苯异构化;在工程化方面,创新开发了高效吸附分离工艺,复杂过程专用控制系统及具有迷宫结构的吸附塔专用格栅,推陈出新,不断取得创新成果,持续推动了自主芳烃成套技术的迭代升级。

在此基础上,芳烃技术团队还进一步拓展吸附分离技术应用领域,连续开发出多项应用于分子分离和化工单体分离的新技术,大大拓宽该技术的应用范围,为我国石化工业高质量发展提供了有力的支撑。

为打造技术先导型公司建言献策

资源奠基 技术引领 发展非常规油气



观点:进入以页岩气、页岩油为主要标志的非常规油气阶段,资源为王、技术为王、资本为王可能更加融合,越来越三位一体。不仅要拥有技术,还要抓住时机抢占优质资源,成为具有技术、资源、资本高效整合能力的支柱型企业。

苏建政

在中国石化打造技术先导型公司的征程中,如何把握新时代石油工业发展的脉搏,与时代共振,与创新共舞,是一名石油科技工作者必须关注的课题。风起风落,大浪淘沙。化石能源新的发展风口在哪里?

常规油气时代,资源为王,中东地区得天独厚的资源条件,基本秒杀其他因素,轻轻松松站在金字塔顶端。进入以页岩气、页岩油为主要标志的非常规油气阶段,技术为王的特征越来越明显,如果没有水平井和密切多段分段压裂技术的突破,就没有“页岩革命”。技术革命往往发生在资源劣质化的时候,越困难,越注重效率提升,越呼唤技术突破。困难,往往孕育着革命,孕育着突破。没有矛盾,难以进步。要不畏困难,引领发展。

随着数字化、信息化、智能化的广泛应用,多维度共同发挥作用的复杂体系建设越来越具有主导优势。资源为王、技术为王、资本为王可能更加融合,越来越三位一体。优秀技术本身具有造福全人类的本真特征,但是技术发明者不一定成为技术的最大受益者。在油气资源领域,掌握新一代技术覆盖的优质资源量尤其重要。拥有技术,占有优质资源,才真正具备了可持续发展的实力和基础,拥有了难以简单模仿复制的绝对优势。对优势资源的占有时机十分关键,需要有对引领技术的深入理解,对发展领域敏锐的战略判断力,以及雄厚的资本基础。要综合实力超群、战略眼光深邃,成为具有技术、资源、资本高效整合能力的支柱型企业。

在油气领域,中高成熟度页岩油革命正在由海相向陆相发展,由异常高压区向常压低压区延伸,由美国向世界其他区域辐射。最有利开采区域的综合开采成本可以做到每桶20~40美元。与常规石油最优储量开采成本不到每桶1美元相比,单纯从经济性上也可以看出,非常规资源低丰度、低品位的特征,决定了其具有不一样的开采经济特性。由于需要开钻长水平井,开展多段分段水力压裂,导致初期投入大,最低开采成本比较高。但从实践来看,其技术能够覆盖的资源量十分巨大,与目前世界大部分区域常规石油每桶平均开采成本40~65美元相比,页岩优质资源区的开采优势明显。

目前,世界范围内的大部分页岩区域,还没有进行系统的经济技术评价,处于一个战略机遇期。在中高成熟度页岩油革命之后,中低成熟度页岩油革命、油页岩革命也很有可能在10年到15年内发生。根据我们初步研究的结果,优质资源的每桶开采成本可以到35~40美元,采收率达到50%,是新的重要资源接替领域。中国石化应发挥综合优势,及时创新技术、用战略眼光收购优质资源,继续高质量发展成为世界领先的跨国能源化工公司。

(作者系集团公司高级专家、页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室副主任)

齐鲁石化研究院专利授权量创新高

毛冬梅 朱亚菲

2021年,齐鲁石化研究院专利授权量创历史新高,共完成国内专利申请111件,获国内专利授权91件,国外专利授权4件,申报国外专利1件。有效守住了技术创新成果,助力公司在市场竞争中稳居主导地位,赢得机开新局。

“听完讲座,写专利心里更有谱了!讲座结合专利法与我们的自身情况,实用性很强,能更好地找准创新切入点。”树脂加工研究所所长王群秀指出,“每年近百篇专利申请,我们把创造性放在第一位,每一篇都认真审核,授权率高达百分之七十以上。”除提升专利的创造性外,审查中

获国内专利授权37件。”

2021年,研究院先后组织开展知识产权培训班5期,分门别类对石油炼制、制氢、催化裂化、环保水处理及合成树脂聚合工艺技术、加工等领域进行针对性的专利知识培训。通过内部培训与外请专家相结合的方式,着重解决专利审查过程中存在的问题及对策、方法。博士讲坛、课题组长论坛等渠道,与专利培训相辅相成。

“百分之九的被驳回专利创造性不足。”该院知识产权管理人员王秀丽指出,“每年近百篇专利申请,我们把创造性放在第一位,每一篇都认真审核,授权率高达百分之七十以上。”除提升专利的创造性外,审查中



新装备解水质环保分析难题

近日,安庆石化水质环保分析新装备——GMA4XX系列气相分子吸收光谱仪顺利投用。该设备覆盖近80%的水质分析项目,改变了过去以滴定分析、比色分析和重量分析为主的水质环保分析方式,其投用将极大满足现代化装置生产监控样品多、分析速度快、外报数据精准等需求。图为1月21日,员工利用新装备分析水质。

刘斌 摄 张恒敏 文

王媛 汪作庆

1月19日,中原油田普光分公司天然气净化厂完成731罐区2号罐的常规检测工作,检查结果与新技术RBI(基于风险的检验)检测结果完全一致,RBI检测较常规检测降本50%,单罐检测时间由1个多月缩减为5天,以此认证了新技术RBI在液硫储罐实现“短平快”检测应用的可靠性。

“此前,我们厂首次采用RBI技术对液硫储罐进行了检测,比起常规检测,RBI技术检测投资少、周期短、见效快,效果非常好。”负责现场监护的储运车间硫黄成型班班长李洪涛说。

普光气田作为国内最大的硫黄生产基地,共建有10台液硫储罐,单罐储存能力5000立方米,承担着每天5000吨的液硫接收储存任务。储罐在运行过程中,罐壁存在腐蚀减薄、发生硫化亚铁自燃

等风险,需要定期跟踪检测。

该厂以往采用常规检测技术检测液硫储罐,需要经过开罐、清空物料、内部清洗、喷砂去除防腐层、表面处理、检验和恢复等一系列烦琐工序,不仅工作量巨大,而且经济成本高。李洪涛介绍,储罐检测前,需用高压水枪对罐底300多吨的凝固硫黄进行切割,再人工从直径60厘米的人孔运出。

本来是优质硫黄,清理后只能按落地硫黄处理,售价只有优质硫黄的70%,罐内还要搭设10米高的“满堂”脚手架,前期准备时间长,安全管理风险大,特别是对运行中的液硫储罐检测难度更大、周期更长。

为探索一种安全、高效的检测途径,该厂积极与国内RBI常压储罐检测机构开展技术交流。由于该机构此前只进行油罐、水罐等常压储罐检测,缺乏大型液硫储罐安全评估经验;为此,该厂专门邀请该机构人员召开现场会,到液硫罐区实地调研,了解储罐动态、静态运行工况,对接储罐介质、性质、温度、液位等参数指标,经多方研究,论证了RBI检测评价技术在液硫储罐应用的可行性。

2021年11月,以Express-96声发射检测系统、自动爬壁腐蚀检测设备、高频率波检测仪等先进设备为核心的RBI检测技术在该厂首次应用。在监测现场,该厂储运车间工艺副主任师庞自啸,

指着储罐外壁上沿着盘梯分布排列的6个A4纸大小的新铝皮说:“每台储罐的罐底、罐壁、罐顶都选有这样的检测面,每个检测面再布置5个检测点,通过检测壁厚与原壁厚对比,快速计算出腐蚀速率,这样就能全面掌握储罐腐蚀情况,实现‘短平快’高效检测,储罐正常生产运行一点不受到影响。”

据悉,此次通过宏观检查、超声测厚、沉降观测及声发射等检测方法,实施RBI在线检测及评估,识别储罐底板和罐壁的失效模式和损伤机理,分析计算存在的腐蚀和风险,确定储罐的风险等级,也为今后制订储罐检修计划提供可靠依据。

新装置现场巧施“移风易罐术”

刘丽婷 张梦瑶

1月15日,茂名石化1号汽油加氢装置净化风流程打通,全部由3号柴油加氢装置净化风罐供应,炼油分部联合八车间工艺员李超文、设备员郑剑波带领攻关团队在重芳烃轻质化新装置现场实施的“移风易罐”术,既消除了施工建设隐患,又保障了在运装置安全平稳运行。

李超文、郑剑波在检查新装置时,发现位于新装置施工区域内的1号汽油加氢装置净化风罐,会影响新装置基础建设,同时正在进行的新装置建设施工也给该罐带来安全隐患,甚至影响加氢装置的安稳运行。如何让这个罐既不影响新装置建设又能保证老装置用风?连日来,李超文、郑剑波一有空就到罐的周围观察,从不同专业角度分析问题,寻找解决问题的好方法。

将问题汇报给新装置开工领导小组后,领导小组立即成立专项攻关小组,由李超文、郑剑波共同带头攻关。他们利用业余时间翻阅大量该罐的基础资料,多次与分部专业管理室及设计单位沟通协调,经过对全装置200多个用风阀门用风总量的核算,探索出利用距离最近的3号柴油加氢装置净化风作为风源,进而拆除1号汽油加氢净化风罐的方案。

为加快进度,李超文逐条对净化风现场流程,全面进行风险评估,制定详细拆除方案;郑剑波想方设法找材料,积极主动与施工单位对接,并梳理识别出净化风切换过程中风险较大的设备。他们还共同组织车间桌面推演,不断优化方案。

经过与专业人员共同研判,他们发现进料切断阀存在风源中断误动作而引起装置非计划停工的风险。由于该阀门材质特殊,与厂家沟通后,排除了制作卡具固定阀门的办法。查阅阀门相关资料,发现该阀门自带液压油可压住阀杆防止误动作。“油压设定多少”又成了他们面临的难题。经过多次试验,与厂家不断协商,终于确定了最佳油压数据。

1月12日,李超文全程紧盯装置净化风流程每一条分支的氮气管线压力。郑剑波则蹲守在进料泵切断阀旁,并安排专门人员对各风险点全程值守。经过4个小时细致操作,最终成功切出1号汽油加氢净化风罐风源管线。1月15日,1号汽油加氢装置净化风流程打通。

普光气田首用RBI技术检测储罐效果好

该厂积极与国内RBI常压储罐检测机构开展技术交流。由于该机构此前只进行油罐、水罐等常压储罐检测,缺乏大型液硫储罐安全评估经验;为此,该厂专门邀请该机构人员召开现场会,到液硫罐区实地调研,了解储罐动态、静态运行工况,对接储罐介质、性质、温度、液位等参数指标,经多方研究,论证了RBI检测评价技术在液硫储罐应用的可行性。

2021年11月,以Express-96声发射检测系统、自动爬壁腐蚀检测设备、高频率波检测仪等先进设备为核心的RBI检测技术在该厂首次应用。在监测现场,该厂储运车间工艺副主任师庞自啸,