

开发导向

精馏技术发展方向和过程强化的有效途径

——“2008 全国精馏技术交流与成果展示大会”分析总结

精馏作为应用最为广泛的工业分离技术,对化工生产过程的经济和资源效率具有举足轻重的影响,其技术水平不但关系到产品的质量和产量,对生产过程的整体能耗具有决定性。目前,我国精馏技术发展很快,正在步入世界先进行列。在《现代化工》承办的“2008 全国精馏技术交流与展示大会”期间,来自全国的 250 多名专家、学者和企业代表交流和展示了精馏领域的新技术和新设备,探讨了精馏技术的发展情况和过程强化的有效途径。

1 复合技术成为精馏技术的发展方向

近年来我国精馏技术发展很快,催化精馏、膜精馏、吸附精馏、反应精馏、萃取精馏等新型复合分离技术的研究和应用都有了很大的发展。正像我国精馏领域著名专家余国琮院士在大会发言中所说:复合技术已成为今后精馏技术的发展方向。

费维扬院士在报告中介绍:耦合分离技术综合了 2 种分离技术的优点,具有独到之处。一个突出的例子是 Eastman 公司开发的高度集成的乙酸甲酯生产过程。该公司采用乙酸甲酯复合塔,把精馏、萃取精馏和反应精馏等过程耦合在一个塔中,大大简化了流程,减少了设备数目,降低了成本。

中国石化工程建设公司专业副总工程孙希瑾展望了复合精馏新技术在大型乙烯装置中的应用及前景,她在报告中指出:石化企业为追求低投资和低成本,要求生产装置规模大型化,从而促进了石化工程技术的进步。为实现装置大型化,需要解决一系列工程问题。应用过程设计模型化、塔内件高效化、匹配最优化、工程设计合理化的复合精馏新技术,实现大型塔设备达到高效率、大生产能力、稳定操作和降低压降的目标,从而可降低装置的能耗和成本。

萃取精馏是近年发展起来的新的复合精馏方法,适用于近沸点物系和共沸物的分离,常应用在炼油、精细化学品、医药及环保应用领域中。萃取精馏按操作方式可分为连续萃取精馏和间歇萃取精馏,其关键是溶剂的选择,以往萃取精馏采用的溶剂是单一溶剂,近年来人们开始研究使用混合溶剂并取得了良好效果。南京师范大学化学与环境科学学院副院长顾正桂教授在其报告中介绍了萃取精馏技术在混合氯化苯分离过程、以及在甲缩醛和乙醛酯合成与分离过程中的应用,并与传统生产方法进行了对比分析。

隔壁精馏塔采用了过程耦合技术,可以较大幅度提高热力学效率,降低能耗,减少设备投资,已成为节能技术的一个研究热点。中国石油大学化学化工学院化工系副主任孙兰义副教授在大会报告中介绍,早在 1933 年,因裂解气分离问题,Luster Eric W 就提出了隔壁塔概念,并申请了美国专利。但由于隔壁塔工艺计算及控制的复杂性,直到 1985 年第一座用于回收精细化学品的隔壁塔才投入工业运转。目前,大部分运营的隔壁塔均为德国巴斯夫(BASF)公司拥有,并由德国 Montz 公司提供塔内件。近年来,瑞士 Sulzer 公司,美国 Koch-Glitsch、Kellogg、UOP 公司,德国 Linde、Uhde 公司,日本 Sumitomo 公司

等巨头纷纷开始隔壁塔技术的开发与应用,隔壁塔工业化塔器也由 2000 年时全世界不足 20 座发展到 2006 年 9 月时的近 100 座。生产实践表明,隔壁塔的应用已经产生极大的经济效益。近年来,研究者们已着眼于将隔壁塔技术应用于特殊精馏体系,如反应精馏隔壁塔、萃取精馏隔壁塔、共沸精馏隔壁塔等。

上海化工研究院国家高效分离塔填料及装置技术研究推广中心唐善宏高级工程师介绍的精细化工高真空连续精馏技术以及天津大学化工学院制药工程系副主任白鹏教授介绍的制药与精细化工的精馏技术和装备,均不同程度上采用了不同技术的耦合。在本次会议期间提交的大会论文中,还介绍了催化精馏、分子精馏、热泵精馏、结晶精馏等新型耦合精馏技术。

2 超重力精馏作为技术前沿受到高度重视

在超重力场下,相间传质速率比传统的传质设备提高 1~3 个数量级,微观混合和传质过程得到极大强化。同时,在超重力场下,不仅是整个反应过程的加快,而且气体的线速度也得到大幅度提高,这使设备单位体积生产效率提高 1~2 个数量级。超重力技术被认为是强化传递和多相反应过程的一项突破性技术,已被列入《“十一五”化学工业科技发展纲要》。

河北工业大学刘润静教授等在提交的会议论文中介绍,世界上许多化学公司和研究部门都竞相对超重力技术进行开发研究,并进行了一系列的中试或工业运行,以求替代传统的精馏操作。其中最早的超重力精馏尝试是英国帝国化学公司(ICI)于 1983 年报道的工业规模的超重力机进行乙醇与异丙醇和苯与环己烷分离的实例;接下来该超重力技术又被应用于脱除被污染的地下水中的有机物,成功将水中的苯、甲苯、二甲苯的含量由 500~3 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 脱除到 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 左右;在美国得克萨斯州的奥斯汀大学(University of Texas at Austin)也建立了 1 套半工业化装置来考察超重力机的精馏特性,并成功分离了环己烷-庚烷体系。与此同时,美国的一些大公司如 Du Pont、Dorton 等公司也都在自行进行这方面的研究。

在国内,超重力技术同样受到了学术界的高度重视。北京化工大学的陈建峰教授及其所在的超重力工程研究中心对超重力技术在我国的发展做出了突出贡献,尤其是在纳米级超细粉体制备方面取得了显著成果;关于超重力在精馏方面的研究,主要集中在中北大学山西省超重力化工工程技术研究中心。中北大学副校长、山西省超重力化工工程技术中心主任刘有智教授在大会报告中介绍了该项目组在超重力装置结构优化设计、新型超重力场专用填料的开发、超重力装置流体力学性能研究和微观混合性能研究等方面的成果。该中心在超重力在精馏领域已处于国内领先的水平。

3 塔器大型化技术国产化程度在不断提高

规模化生产是炼油工业、乙烯、甲醇、丙烯腈(PTA)等大宗基础化工产品发展的方向,而精馏塔的大型技术是关键技术之一。以前,我国大型精馏塔技术都是从国外引进的。近年

来,在国家发展与改革委员会的国产化政策的指引下,我国塔器科技工作者在大型塔器技术的开发设计方面投入了极大热情和精力,并以原创技术和骄人的业绩展示了中华大型塔器技术成果,改变了我国大型塔器技术被国外公司一统天下的局面。

解决大型化必然面临大型分离装置的流体力学(特别是气液均布)、传质传热等技术难点及长周期运转带来的装置变形堵塞等工程难题。针对国内传统炼油技术水平低、能耗高、规模小等突出问题,天津大学精馏技术国家工程中心研究了大型装置液体流动的分布规律和受热变形不均匀等问题,开发了热补偿集油箱、多级全连通式液体分布器和塔器桁架支撑梁等专利,建立了大型蒸馏装置的设计、诊断和技术改造的工程学基础和方法,开发了大型炼油装置关键技术和多项专利技术,突破国外公司对我国大型炼油减压分离的技术壁垒、大幅度降低国外技术的价格,实现关键技术的系统集成和可升级性,解决了炼油减压装置大型化带来的放大效应和长周期运转的工程难题。该中心对甲醇精馏过程也进行了深入细致的研究,进一步提升了我国的大型高品质甲醇生产国产化设计水平。

中国昊华天大天久科技股份有限公司在大型塔器技术方面有了重大突破。在本次大会上,我国著名塔器专家、该公司名誉董事长赵汝文教授介绍了我国大型规整填料塔、大型散装填料塔和大型塔盘技术进展,展示了该公司硬件系列自主创新技术——Zupak、Dapak、Zhaopak、Zugrid 新型规整填料;增强型 IMTP 填料;槽盘、盘槽、盘槽管式液体分布器;辐散式进气初始分布器、新型双切向环流式进气初始分布器;栅梁、一梁托多盘桁架梁、空间网架梁等的结构及性能特点。同时,他还介绍了以塔器气液分布器优化设计规律、进气初始分布器与二次气体分布盘的优化设计规律、支撑装置的优化设计规律和多溢流塔盘全盘液体优流模型为代表的首创性全塔硬件优化设计规律。其技术已成功应用到中国石化燕山分公司乙烯装置 $\Phi 9\ 000\ \text{mm}$ 汽油分馏塔、中国石油兰州分公司炼油装置 $\Phi 8\ 400\ \text{mm}$ 润滑油型减压塔等多个大型装置中。

此外,我国在丙烯腈、乙烯等大型装置中的精馏技术国产化技术都有所突破。

4 信息技术的发展将极大促进精馏技术的发展

费维扬院士在报告中指出:信息技术对化工分离过程的强化也起着极其重要的作用。分子模拟大大提高了预测热力学平衡和传递性质的水平,分子设计加速了高效分离剂的开发。化工模拟软件的商品化和 CAD、AI 在化工中的应用大大推动了分离过程和设备的优化设计和优化控制。非平衡级模型改进了传统的“平衡级-级效率”模式,直接用传质、传热速率方程表征两相间的传递过程,避免引入级效率、等板高度等难以确定的量,适用于多元物系的分离过程。功能齐全的 CFD(计算流体力学)软件可以对分离设备内的流场进行精确的计算和描述,加深了人们对实际传递过程机理的认识,并对设备强化和放大提供了重要信息。先进测试技术如 LDV(激光多普勒测速仪)和 PIV(激光成像测速仪)等的应用使研究从宏观、平均向微观、瞬时发展,为化工多层次、多尺度的研究提供了条件,为化工过程的强化提供了新的有力的工具。此外基于互联网的过程模拟系统也正在迅速发展,具有深远的

意义。

天津大学在精馏系统模型化研究、塔及其内件可视化设计等基础研究方面取得一系列成果。天津大学化学工程联合国家重点实验室主任袁希钢教授在大会报告中介绍了精馏过程模型化研究现状与发展,指出计算传质学为精馏过程模拟提供了重要的方法,精馏过程模拟经历了从简单到严格、从经验向理论的发展,利用严格模拟可以对精馏塔复杂传递过程中的规律进行定量的理论预测和分析。

此外,在提交的大会论文中,有 11 篇文章介绍了不同产品生产过程中精馏系统的模拟优化,浙江中控软件公司在会上介绍了其精馏过程的先进控制方案。

5 塔内件的技术创新将有效推动节能降耗

通过塔内件的技术创新,可有效实现设备改造,不用更换设备即可达到节能、增效的效果。作为精馏领域的开发热点,塔内件的技术创新历来受到广泛的关注和足够的重视,尤其是新型高效填料、塔板的开发。在本次大会上,塔内件生产、设计单位踊跃参加了技术交流和新产品展示。

南京大学分离工程研究中心主任张志炳教授介绍了超级浮阀塔板(SVT)的开发新思路及其在精馏中的应用。该塔板处理量同比(F_1)提高 32% 左右,压力降同比下降 40% 左右,操作弹性同比提高 1 倍左右,塔板效率平均提高 58%,已成功应用到多家企业的装置中。

天津衡创工大现代塔器技术有限公司名誉董事长、河北工业大学塔器技术研究所所长杜凤衡教授介绍了喷射型立体连续塔板及其在精馏技术的应用。他们在新型垂直筛板(New-VST)技术的基础上开发出梯矩形立体连续传质塔板(LLCT)技术,继而在 New-VST 与 LLCT 技术基础上从帽罩构造、尺寸参数及塔盘帽罩排布上进行多方精巧的构思与严谨的设计后,进一步开发出 3 项国家发明专利——超高速、高通量($F_T \geq 3.4$)、高操作弹性(5~6 以上)塔板技术,并在工程中得到成功应用。

浙江大学针对现有塔板的各种不足,开发出具有我国自主知识产权的大通量高效 DJ 系列塔板。姚克俭教授在大会上介绍了其大通量 DJ 系列塔板技术。该塔板继承了现有塔板的优点,并在结构型式、处理能力、塔板效率和制造成本等方面有所创新和突破,已成功地在炼油、石化、化肥、精细化工、制药等行业 100 多座塔中推广应用。

此外,无锡雪浪化工填料有限公司董事长朱夏霖高级工程师介绍了其近年来开发的网孔波纹填料、拖盘式液体收集再分布器产品;天大北洋化工设备有限公司副总经理余旭峰高级工程师介绍了其主导产品 CJST 塔板的开发和工程应用情况;江西省萍乡市车田工业瓷厂厂长刘裕秋高级工程师介绍并展出的陶瓷谷峰规整波纹填料,引起了与会代表和专家的关注。

化工分离过程具有多样性、复杂性,面临新的挑战,人们对化工分离过程的强化也提出了更高目标,化工过程强化已成为全球化工界关心的热点之一。新的精馏技术的开发应用将有助于我国顺利实现节能减排的目标,保证我国过程工业的可持续发展。

(《现代化工》编辑部 张立萍,杨瑞影)