

# 乙烯装置规模大型化的研究与探讨

许江, 宋帮勇, 杨利斌, 孔祥冰

(中国石油石油化工研究院兰州化工研究中心, 甘肃 兰州 730060)

**摘要:**阐述了乙烯装置规模大型化的优势以及我国装置大型化的现状。对我国乙烯装置规模大型化过程中存在的问题做了逐一分析讨论, 并提出了建设性意见。

**关键词:** 乙烯装置; 规模; 大型化

**中图分类号:** TQ031.3

**文献标识码:** C

**文章编号:** 0253-4320(2011)04-0011-03

## Research and discussion on enlargement of ethylene production equipment

XU Jiang, SONG Bang-yong, YANG Li-bin, KONG Xiang-bing

(Lanzhou Petrochemical Research Center, PetroChina, Lanzhou 730060, China)

**Abstract:** The advantages of enlarging ethylene production equipment and the current status in China are reviewed in this paper. The problems in the process of enlarging ethylene production equipment in China are discussed and suggestions are put forward.

**Key words:** ethylene production equipment; scale; enlargement

面对竞争日益激烈的市场经济形势, 建设大型化乙烯装置、发展规模经济已成为世界石化行业进行产业结构调整和提高竞争力的必由之路。炼化一体化、装置大型化极大地提高了石化产业的整体技术水平和竞争力, 优化了总体布局, 降低生产成本, 有效利用资源, 减少投资, 降低能耗, 减少废物排放<sup>[1-2]</sup>。

## 1 乙烯装置规模大型化是必然趋势

乙烯工业是技术密集型的现代化工业, 其产品结构复杂, 下游装置数量多, 公用工程和辅助设施及水、电、汽消耗量大, 港口、码头、交通系统投资巨大。而规模化的乙烯装置不仅相对单位投资较低, 相对能耗较低, 公用工程系统利用合理, 而且有利于下游产品的综合利用, 有利于治理污染、保护环境, 可充分发挥炼化一体化的综合效益。世界各国在发展乙烯过程中已形成共识, 即“建设大型化装置、发展规模经济”是实现低成本高效益战略的最有效的途径。大型化和一体化也已成为各大公司乙烯投资的基本思路, 而且近年来这一趋势日益明显。

世界上在最近2年内准备投产的乙烯装置绝大多数规模在80万t/a以上, 其中伊朗建设最多, 规模也最大, 最大规模达130万t/a, 而且中东正在建设150万t/a生产装置, 一些公司还在研究建设180万t/a装置的可能性。目前全球已商业化运行的最大规模的乙烯装置, 以乙烷、丙烷、NGL(天然气凝析液)为原料的有2000年投产的加拿大130万t/a乙烯装置, 以石脑油和轻柴油为原料的有1999年建成

的位于美国得克萨斯州的120万t/a的乙烯装置。我国乙烯工业也正在实现从中、小型规模装置向大型规模装置的转变, 据统计国内有约12个新建、改扩建的乙烯项目, 如果以上项目均能如期投产, 到2012年国内乙烯至少新增产能784万t/a, 届时我国乙烯产能将达到1782.5万t/a<sup>[3]</sup>。

## 2 乙烯装置规模大型化的优势

目前, 乙烯装置大型化已成为乙烯工业发展规律的集中体现和企业竞争力的内在决定因素, 其优势主要体现在以下4个方面:

(1) 大型化可大大降低投资成本, 可以减少设备数量和占地面积, 从而降低整个装置投资, 同时也可减少操作人员数量, 降低操作费用和维修费用<sup>[4]</sup>。实践证明, 石化装置的规模扩大1倍, 人员只增加15%, 人员费用可降低42%, 单位产品投资可减少25%, 生产成本可下降4%~12%<sup>[5]</sup>。同时美国KBR公司统计分析后认为, 乙烯成本随着装置规模的增大而有较大幅度的降低, 150万t/a乙烯装置与100万t/a乙烯装置相比较可降低成本约15%, 100万t/a乙烯装置与50万t/a乙烯装置相比较, 可降低成本约25%, 150万t/a乙烯装置与50万t/a乙烯装置相比较可降低成本约40%<sup>[6]</sup>。

(2) 大型化可充分利用和依托现有设施和基础工程, 在公用工程、“三废”处理、物流系统等方面可以节约投资20%以上, 具有投资省、工期短的特点。

(3) 大型化有利于对装置进行优化控制和

管理,可提高装置运作效率,大型装置较小型装置运作更加平稳,而且抗干扰能力也更强,一定程度上延长了装置的生产周期和寿命,减少设备的维修次数和维修费用。

(4)大型化还可以有效和合理利用副产品,实现资源优化共享,有利于治理污染,保护环境,进一步降低成本,切实提高企业竞争能力。

### 3 我国乙烯装置规模大型化的现状

截至 2009 年底,中国乙烯生产企业共 21 家,25 套生产装置,乙烯生产总能力 1 222.5 万 t/a,产量 1 069.7 万 t,国内乙烯当量消费达到 2 400 万 t,自给率仅为 45%。预计 2010 年中国乙烯生产能力将达到 1 470 万 t/a,仅能满足国内需求的 50%。2012 年前后诸多新建、改扩建项目投产以后,自给率预计将提高到 60% 左右<sup>[3]</sup>。预计到 2015 年将达到 2 000 万~2 300 万 t/a,自给能力将有较大提高,当量消费自给率可提高到 70% 以上。乙烯的产能和产量加速增长仍不能满足消费的需要,这其中一个关键的原因还在于我国乙烯装置规模普遍偏小,而且缺乏大型的乙烯成套设备和关键生产技术。

近年来,世界乙烯技术的不断发展成熟和国外通用计算软件的引进,以及中国的制造业的较快发展,为我国乙烯装置规模大型化提供了良好的契机,而且中国经济的高速发展又为大型乙烯装置提供了更广阔市场,我国乙烯工业不但在生产技术有了较大发展,装置规模和单炉装置产能也有了很大提高,乙烯工业呈现出跨越式发展,乙烯产能数据如表 1 所示。而且我国乙烯工业发展开始注重规模效益,大型化已成为发展主流,新建装置规模一般都在 70 万 t/a 以上,其中独山子石化、天津石化、镇海炼化、茂名石化乙烯单套装置规模已达到 100 万 t/a,预计

表 1 中国炼化企业乙烯产能一览表

项目	乙烯产能/万 t·a <sup>-1</sup>	单套装置规模/万 t·a <sup>-1</sup>
独山子石化	122	100
天津石化	120	100
镇海炼化	100	100
茂名石化	100	100
上海赛科石化	120	90
抚顺石化	100	86(在建)
齐鲁石化	80	80
福建联合石化	80	80
武汉石化	80	80(在建)
中海壳牌	80	80
上海石化	84.5	70
燕山石化	71	71
吉林石化	85	70

2011 年我国将形成 11 个百万吨级乙烯生产基地。

不仅乙烯装置向规模化发展,我国石化其他炼化装置规模也在向规模化演进。据统计,30 万 t/a 的聚丙烯装置较 20 万 t/a 装置成本将减少 2%~3%,因此近年来我国新建的聚烯烃装置规模均超过了 20 万 t/a,其中独山子石化新建的聚乙烯装置单套规模已达到 60 万 t/a,中国聚烯烃装置的大型化水平已达世界水平。预计“十二五”期间,国内聚烯烃装置的大型化仍将延续,届时中国聚烯烃装置规模将达到国际先进水平<sup>[7-8]</sup>。

### 4 我国乙烯装置规模大型化过程中存在的问题

实现乙烯装置规模大型化,可以促进我国石化工业的快速、健康和可持续发展,切实提高国际竞争力。近几年来,由于现有乙烯装置的继续扩能和新建大型乙烯装置的不断投产,乙烯装置规模不断扩大,我国乙烯产能已稳居世界第 2 位。但是无论是在设计、采购、施工方面,还是在项目管理以及生产操作等方面,我国乙烯装置大型化总体水平与国外先进水平还存在一定差距。

在设计、施工、工程方面,我国缺乏足够的大型乙烯工程项目技术储备和项目数据以及公用工程系统如火炬、污水处理等统一的标准和排放要求,而且装置规模大型化后其施工顺序、施工方案的制定以及对项目工期、工程质量的监控难度均大大提高,以至于应对设计和施工 2 个方面的总体统筹不完善,不能保证项目如期完成。而且装置大型化后工程成本的构成和比例发生了变化,施工成本多按照经验数据确定,缺乏统一的控制标准。

在设备、项目管理方面,工程大型化后大型设备技术要求高、制造质量控制面广量大,就会出现单元设备的设计和制造难点,系统工程包括管道、网络和工程上的一系列难点,还有超大设备制造和其他限制因素<sup>[6,9]</sup>,而且项目大型化后项目管理的优化变得更加重要,应在合理确定设计工期、采购工期、安装调试工期并严格执行的基础上确定合理的生产试车进度。然而我国装备生产企业在高端领域的技术水平上与国外水平存在着一定差距,而且设备规模扩大后稳定性会有所降低,因此要从技术规格、性能保证、产品价格和售后服务等方面综合考虑确定设备引进或国产化。同时,多个单元设备选型的匹配设计及多个系统逻辑控制的综合优化也已成为我们急需解决的问题。

在生产、操作方面,随着装置大型化,装置直径变大后打压、吹扫、干燥困难,还会出现干气密封故障、压缩机反转以及原料的品质与数量与设计不匹配,乙烯收率偏低、乙烯原料供应不足等一系列问题。裂解炉大型化涉及原料组分、能耗、收率、经济性等问题,而我国大型乙烯裂解及其后处理成套工艺设计滞后,因此乙烯装置的改扩建必须符合客观实际的要求,在追求技术创新的同时,使装置的可操作性达到最大。同时由于大型乙烯停车损失太大,操作过程中应加强非计划停车控制,保证装置长周期运行<sup>[10]</sup>。

## 5 我国乙烯装置规模大型化的发展建议

我国乙烯装置规模必须走大型化的发展道路,这既是乙烯工业发展规律的集中体现,也是现代科技发展的必然趋势,同时大型化带来的优势和效益也是市场竞争力的主要内在决定因素。虽然我国乙烯工业近年来呈跨越式发展趋势,装置规模不断扩大,但是我国乙烯工业布局分散、原料供应紧张、设备制造水平低、费用能耗高、环境污染大等问题对乙烯装置大型化的影响也应引起关注。

世界上乙烯装置的建设多以集中建设为主,相比之下我国乙烯工业装置布局过度分散,而且又有一批项目将在沿海和内地更广阔的地区范围内建设,使我国乙烯布局更为分散。厂址分散,公用工程、物流传输、环境保护和管理服务等成本远高于先进国家,炼化副产品难以集中利用,产品加工深度不够,严重影响了乙烯工业的整体竞争实力<sup>[6]</sup>。因此我国乙烯装置改扩建应优先在现有老基地中选择,依托建设条件好的装置或企业进行,提前开展前期工作,实施一体化、规模化改扩建。同时沿海地区相比于内陆地区在环境承载能力、水资源、原油接卸条件等方面优势明显,大型乙烯装置应尽可能选择在适宜的沿海地区布局,尽可能集中布局。

随着国内乙烯装置改扩建与大型乙烯装置的相继建成投产,乙烯原料供应不足的矛盾将日益突出<sup>[11]</sup>。同时原料的品质、数量与设计不匹配导致装置大型化后乙烯收率偏低。而且我国乙烯裂解原料以石脑油为主,与中东以乙烷为主的原料路线相比竞争力较弱,从而直接影响到我国乙烯工业的总体竞争力和发展规模<sup>[12-13]</sup>。因此在乙烯装置规模大型化过程中,要积极推进原料的轻质化、优质化、多样化,利用吸附分离、芳烃抽提、芳烃开环等技术对裂解原料进行改质,提高原料中正构烷烃的含

量<sup>[14]</sup>,还可利用 MTO/MTP、DCC、CPP、HCC、SUPERFLEX 等技术进一步丰富拓宽乙烯原料的来源,对原料进行优化配置,提高乙烯装置原料的灵活性和对市场的应变能力。同时炼化一体化发展和精细化管理也可缓解乙烯装置规模扩大带来的原料紧张问题,还能实现炼油化工双向互补,变废为优,节能降耗。

我国乙烯规模扩大的目的不再是单纯扩大生产能力,更重要的是利用先进工艺技术和设备,降低投资成本,搞好新建大规模装置建设和现有装置的改扩建,大力推进乙烯技术开发和装备国产化,实现重大装备核心技术和系统集成能力的突破,采取各种有效措施认真搞好节能降耗和长周期运行,才能切实提高乙烯行业竞争力<sup>[15]</sup>。那些规模小、能耗高、技术落后、经济效益差、改造无望的小装置则应当关闭。通过上述措施,实现乙烯装置规模大型化,促进我国石化工业的快速、健康和可持续发展,切实提高国际竞争力,使我国由乙烯生产大国成为乙烯生产强国。

## 参考文献

- [1] 陈涛. 乙烯装置趋向大型化[N]. 现代物流报, 2006-12-15 (011).
- [2] 于静. 乙烯:大型化成为发展主流[N]. 中国化工报, 2006-1-5 (B13).
- [3] 刘方涛. 乙烯:我国乙烯工业现状及发展前景[J]. 化学工业, 2010, 28(1): 1-4.
- [4] 郭珺, 王玲玲, 杨珊珊, 等. 世界乙烯生产及技术发展趋势[J]. 石油化工技术与经济, 2010, 26(1): 59-62.
- [5] 姚国欣. 世界级裂解装置和裂解技术发展趋势[J]. 现代化工, 1997, 12: 19-23.
- [6] 王松汉. 我国乙烯工业的合理规模与布局[J]. 化工技术经济, 2004, 22(8): 18-21.
- [7] 刘健. 中国聚烯烃工业 2009 年发展状况及“十二·五”展望[J]. 中国塑料, 2010, 24(4): 17-20.
- [8] 陈乐怡. 世界聚烯烃工业发展趋势[J]. 合成树脂及塑料, 2008, 25(1): 1-7.
- [9] 汪亮. 百万吨级乙烯压缩机单元设备和管道的布置研究[J]. 石油化工设计, 2009, 26(2): 42-44.
- [10] 王松汉. 乙烯装置技术与运行[M]. 北京: 中国石化出版社, 2010.
- [11] 于建宁, 章龙江, 李吉春. 中国石油乙烯工业发展现状及前景[J]. 石化技术与应用, 2010, 28(3): 258-263.
- [12] 王强. 关于乙烯原料优化的几点思考[J]. 石油化工, 2002, 31(1): 58-61.
- [13] 王基铭. 乙烯原料优化问题的探讨[J]. 石油化工, 1999, 28(5): 333-337.
- [14] 宋帮勇, 李长明, 田亮, 等. 裂解原料改质技术的研究进展[J]. 石油化工, 2010, 39: 86-88.
- [15] 吕常钦, 谢国学. 从实践性和效益性看乙烯装置的改扩建[J]. 乙烯工业, 2001, 13(2): 1-7. ■