

环氧乙烷生产技术进展及市场分析

□ 北京 燕 丰

摘要:介绍了国内外环氧乙烷的生产技术及其进展,分析了国内外环氧乙烷的生产消费现状及发展前景,针对存在的问题,提出了我国环氧乙烷今后的发展建议。

关键词:环氧乙烷 生产技术 供需分析

环氧乙烷(EO)是乙烯工业衍生物中仅次于聚乙烯和聚氯乙烯的重要有机化工产品,主要用于生产聚酯纤维、聚酯树脂和汽车用防冻剂的原料单乙二醇(EG)以及二乙二醇、三乙二醇和聚乙二醇等多元醇类。此外,环氧乙烷还可用于生产非离子表面活性剂乙醇盐(羟乙基盐)类,生产乙氧基化合物、乙醇胺类以及乙二醇醚等,在洗染、电子、医药、纺织、农药、造纸、汽车、石油开采与炼制等方面具有广泛的用途,开发利用前景广阔。

1 生产技术及其进展^[1-4]

目前,世界上EO工业化生产装置几乎全部采用以银为催化剂的乙烯直接氧化法。全球EO生产技术主要被Shell公司、美国SD(科学设计公司)、美国UCC三家公司所垄断,90%以上的生产能力采用上述3家公司生产技术。此外拥有EO生产技术的还有日本触媒公司、美国Dow公司以及德国赫斯公司等。

Shell、SD和UCC三家公司的乙烯氧化技术水平基本接近,但技术上各有特色。例如在催化剂方面,尽管载体、物理性能和制备略有差异,但水平比较接近,选择性均在80%以上;在工艺技术方面,都有反应部分、脱CO₂、环氧乙烷回收组成,但抑制剂选择、工艺流程上略有差异。目前国内环氧乙烷生产厂均采用乙烯氧气氧化法生产技术,基本为引进技术。

1.1 催化剂

目前,国外能提供催化剂技术的公司主要有Shell、SD、UCC和日本触媒公司,此外三菱化学、ICI(英国帝国化学公司)、BASF、DOW化学、赫斯公司和我国北京燕山石化公司研究院也进行了这类催化剂开发与生产。

近年来,新型高性能催化剂不断被开发与应用。三菱化学公司研制出带有细孔分布、表面酸碱性适中的高表面积载体,在银中添加碱性成份,使选择性增加,并研究出利用过热蒸汽进行干燥的方法,使银与添加组分均匀地附在载体上,大幅度降低反应温度,提高催化剂选择性和寿命,这种产品已在该公司的两套装置上顺利运行。

Shell公司高活性催化剂的产品为S-860、861、862、863,其特点是初始温度低(218~225℃),初始选择性为81.0%~83.5%,活性与选择性下降速度慢等。这一系列催化剂已经用于包括我国3套装置在内的20余套EO生产装置上。该公司还开发出高选择性系列催化剂的新产品S-880、881、882、883,其选择性为88%~89%,初始反应温度为245℃,使用寿命为2年左右。这类高性能催化剂一经推出便受到生产企业青睐。目前Shell公司正从多方面着手对该催化剂进行改进与完善,以降低催化剂末期反应温度,从而延长使用寿命。

近年来,我国环氧乙烷用银催化剂的研究开发进入世界先进水平行列,其性能达到国际先进水平。继中石化上海石油化工研究院开发的银催化剂在引进的空气法装置上使用以后,中石化北京燕山石化公司研究院在原有YS-4/5催化剂基础上推出更高性能的YS-6催化剂,并相继在燕山石化、扬子石化、上海石化、天津石化等多家公司装置上应用成功。初始选择性达86%~88%,起始反应温度低于235℃的YS-7催化剂也通过了鉴定,并在国内装置上应用。目前,国内所有的环氧乙烷/乙二醇装置(不含合资企业)已经全部选用燕山石化公司研制生产的银催化剂。另外,与30万吨/年环氧乙烷/乙二醇工艺包配套的新型YS-8500型银催化剂也通过了技术鉴定,并在北京东方石化公司应用成功。

1.1.1 助催化剂的研究

Shell 公司经过研究发现,通过添加适当助催化剂可以提高催化剂的选择性和稳定性。该公司在含铼催化剂的基础上就促进剂(助催化剂)添加技术开展大量工作,如后浸渍助催化剂镍,添加 B 族金属元素的含氧阳离子促进剂,添加剂含钼、钨的含氧阴离子促进剂,添加剂稀土元素促进剂,添加磷、硼作为铼的协同助剂等。该公司专利认为在催化剂中加入一定量的氯,能降低催化剂的初始活性及活性上升速度,有利于反应器开车操作,而且选择性较高,其中氯以氯化铵的形式加入最好。日本专利报道,含铯、铌和氯的催化剂寿命和选择性有所改善。

1.1.2 载体改进

目前,环氧乙烷生产技术的发展重点仍是催化剂的改进,而催化剂改进的重点又在载体。由于乙烯部分氧化是强放热反应,所以载体的物化性能至关重要。目前,载体比表面积已经从 $0.1\text{--}0.3\text{m}^2/\text{g}$ 向 $0.5\text{--}2.0\text{m}^2/\text{g}$,形状已经由球形向瓷环型、矩鞍型、鞍型发展外,传统 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的组成已经转向两种粒度 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的复合型载体,传统的致孔剂也从活性炭、石油焦等转向有机聚合物。

壳牌公司载体由两种 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 组成。一种是 $0.4\text{--}4.0\text{mm}$ 的粉末,其质量分数为 40%—95%,最好为 65%—95%;另一种是通过乳胶—凝胶过程生成的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 。由该载体制得的催化剂在选择性和活性方面有所提高,而且稳定性也有所改善。此外,在载体中加入 TiO_2 还能抑制晶体的进一步增长,其加入的质量分数为 0.05%—1.0%、而 0.08%—0.25% 更好。

日本三菱化学公司研制出带有细孔分布、表面酸碱性适中的高表面积载体,在银中添加碱性成份,使选择性增加,并研究出利用过热蒸汽进行干燥的方法,使银与添加组分均匀地附在载体上,大幅度降低反应温度,提高催化剂选择性和寿命,该催化剂已在该公司四日市和鹿岛市两套装置上应用。

在致孔剂方面,传统的致孔剂如活性炭、石油焦、核桃壳等通常会留下严重损害催化剂性能的可滤出杂质(如钠、钾、钙),而且杂质含量每一批差别很大,故制得催化剂重现性较差,而加入有机聚合物就大为改观,适宜的聚合物包括烯烃聚合物和共聚物如聚乙烯、聚丙烯和乙烯—乙酸乙烯共聚物等,其粉末的粒度为 $5\text{--}400\text{mm}$,最好为 $15\text{--}200\text{mm}$ 。

长期采用的载体比表面积由 $0.1\text{--}0.3\text{m}^2/\text{g}$ 发展到 $0.5\text{--}2.0\text{m}^2/\text{g}$,有利于气体扩散和反应热去除。载体形状由粒状发展到有利于散热和降低反应、管压

降的拉西环形状,近期还开发 Intalox Saddle 和 Berl Saddle 型载体,以进一步降低反应管压力损失。采用碱土金属、碱金属、卤素预先与氢氧化铝混合的载体,提高了催化剂的稳定性,在载体上先负载碱金属,然后再负载银、碱金属、铼及铼的协同助剂,所选用的碱金属有锂、钾和铯等。采用有机聚合物粉末为致孔剂消除传统致孔剂损害催化剂性能的弊端,适宜的聚合物包括烯烃聚合物和共聚物等。

1.2 工艺技术及设备改进

尽管 EO 生产工艺相对比较成熟,但是在进一步提高产品产量和质量,降低物耗和能耗及安全操作等方面仍在不断加以改进。

1.2.1 含氯抑制剂应用技术

在银催化剂上生成 EO 的反应异常剧烈,为了抑制乙烯过度氧化成二氧化碳和水,通常在反应器进料中加入抑制剂。以前,壳牌、SD、联碳等公司的专利均采用二氯乙烷作为抑制剂,目前大多改用一氯乙烷作为抑制剂。与二氯乙烷相比,采用一氯乙烷具有加入量较大,易于控制,毒性较小,在系统内形成氯化物杂质较少等优点,对设备尤其是不锈钢设备的长期使用有利,而且添加工艺更为简单,不需要泵或载气加以运输。目前我国有一些装置也选用一氯乙烷作抑制剂,获得了较好的经济效益。

1.2.2 乙烯回收技术

美国膜技术回收乙烯专利技术已应用于我国上海石化股份有限公司等多套环氧乙烷装置,乙烯回收率达到 88%。除此之外,目前 SD 公司提出利用半渗透膜从循环气体中选择抽出氩气,然后把分出氩气后的富乙烯气体循环回反应器的新乙烯回收技术,以减少乙烯损失。Dow 化学公司则提出用 1 个乙烯吸附和脱附的联合装置回收乙烯,吸附剂为高相对分子质量有机液态,如 $n\text{-C}_{12}$ 烷烃、 $n\text{-C}_{13}$ 烷烃,回收乙烯后的放空气体中乙烯体积分数仅为 0.1%—1.0%。

1.2.3 防止反应气异构化

为了降低 EO 反应器底封头和管道内温度,从而避免在这些部位达到点火温度的危险性,减少可能由于催化剂粉末的存在而发生的 EO 异构化为乙醛的反应,日本触媒公司所报道的专利中,采用来自气—液分离槽的冷却水在预热和反应区的循环的方法,防止反应气的异构化反应。

1.2.4 反应器大型化和新型化

由于 EO 生产产生大量热量,而且传统反应器存在能耗高、收率低等缺点。日本催化合成公司新近

开发并投入使用的 EO 反应器是配置有冷却罐的多管反应器,可以使反应得到的 EO 气迅速得到冷却,减少杂质生成。我国华东理工大学开发一种新型三相鼓泡淤浆床反应器,在气固相原颗粒催化剂反应动力学研究基础上,研究采用细颗粒催化剂及高沸点抗氧化溶剂作液相热载体,在 180~230°C、2.1MPa 条件下在三相鼓泡淤浆床反应器中用乙烯催化氧化合成环氧乙烷。反应结果显示,反应后环氧乙烷质量分数为 1.5%时,选择性可达 87.87%。

1.2.5 催化剂装填技术

惰性球对醛的生成具有促进作用,Shell 公司为此提出了新的催化剂装填技术,即在催化剂的顶部用催化剂代替惰性球。该技术还具有压力降易调节,催化剂装填所用时间短,废旧催化剂回收时无需分离等优点。

2 世界环氧乙烷的供需现状及发展前景^[5]

2.1 生产现状

近年来,世界环氧乙烷的生产能力不断增加。2007 年全世界环氧乙烷的总生产能力达到 19250kt/a,其中北美地区的生产能力为 5502kt/a,约占世界环氧乙烷总生产能力的 28.58%;中南美地区的生产能力为 394kt/a,约占世界总生产能力的 2.05%;西欧地区的生产能力为 2876kt/a,约占总生产能力的 14.94%;中东欧地区的生产能力为 922kt/a,约占总生产能力的 4.79%;中东地区的生产能力为 3176kt/a,约占总生产能力的 16.50%;亚洲地区的生产能力为 6380kt/a,约占总生产能力的 33.14%。其中世界前 10 家环氧乙烷的生产能力合计为 11764kt/a,约占总生产能力的 61.11%。其中 Dow 化学公司是目前世界上最大的环氧乙烷生产厂家,生产能力达到 2942kt/a,约占世界环氧乙烷总生产能力的 15.28%,在加拿大、科威特、荷兰、英国和美国建有生产装置;其次是 SABIC 公司,生产能力为 1840kt/a,约占世界总生产能力的 9.56%,在沙特阿拉伯建有生产装置;再次是 Shell 化学公司,生产能力为 1350kt/a,约占世界总生产能力的 7.01%,在荷兰、新加坡、美国建有生产装置。全球 EO 的生产主要呈现以下几个趋势:一是先进的核心技术仍然控制 Shell 化学公司、Dow 化学公司以及 SD 科学设计公司等少数西方发达国家和地区的跨国公司手中;二是生产装置逐渐趋于大型化,而且建设地点逐渐趋向于原材料来源丰富,价格低廉地区;三是生产装置的新建或扩建仍然以与乙二醇装置配套为主。

2007 年世界前 10 家环氧乙烷生产厂家情况见表 1 所示。

表 1 2007 年世界前 10 家环氧乙烷生产厂家情况(10kt/a)

生产厂家	生产能力	占总生产能力的比例/%
Dow 化学公司	294.2	15.28
SABIC 公司	184.0	9.56
Shell 公司	135.0	7.01
中国石油化工集团公司	129.7	6.74
BASF 公司	105.0	5.45
Formosa 塑料公司	90.0	4.67
Ineos 公司	82.5	4.28
沙特石油化工公司	53.8	2.79
Reliance 工业公司	53.2	2.76
Honam 石油化工公司	49.0	2.54
合计	1176.4	61.11

2.2 消费现状及发展前景

2007 年,世界环氧乙烷的总消费量约为 18981kt,消费主要集中在美国、西欧、中东以及亚洲地区,这 4 个地方的消费量合计达到 17746kt/a,约占总消费量的 93.49%,其中北美地区的消费量约占世界环氧乙烷总消费量的 27.92%,西欧地区约占 14.41%,中东地区约占 18.42%,亚洲地区约占 32.74%。产品主要用于生产乙二醇、表面活性剂以及乙醇胺等,其中乙二醇(包括二乙二醇和三乙二醇)对环氧乙烷的需求量为 14678kt/a,约占总消费量的 77.33%;表面活性剂的需求量为 1773kt/a,约占总消费量的 9.34%;乙醇胺的需求量为 981kt/a,约占总消费量的 5.17%;乙二醇醚的需求量为 543kt/a,约占总消费量的 2.86%;其他方面(包括聚乙二醇、聚醚多元醇,氯化胆碱,乙氧基化合物等)的需求量 1006kt/a,约占总消费量的 5.30%。预计 2007~2012 年,世界环氧乙烷的需求量将以年均约 5.5%的速度增长,到 2012 年总消费量将达到约 24800kt。其中乙二醇对环氧乙烷的需求量最大,消费量的年均增长率将达到约 5.8%。其次是乙醇胺,消费量的年均增长率将达到约 5.0%。中东地区将超过美国成为世界上除亚洲地区外的世界第二大环氧乙烷消费地区。

3 我国环氧乙烷的供需现状及发展前景^[5~6]

3.1 生产现状

我国环氧乙烷的生产始于 20 世纪 60 年代,采用以乙醇为原料的氯醇法工艺生产环氧乙烷。20 世纪 70 年代后期,随着北京燕山石油化工公司和辽阳石油化纤公司分别引进了美国 SD 公司和美国

UCC 公司的两套环氧乙烷/乙二醇(EO/EG)联产生产装置的建成投产, 我国环氧乙烷的生产改为以乙烯为原料进行生产。目前, 我国环氧乙烷和乙二醇多为联产装置, 厂家可根据市场情况及时调整环氧乙烷和乙二醇的生产比例, 以达到最佳经济收益。中石油吉林石油化工公司(原吉联公司)有一套装置单独生产环氧乙烷而没有联产乙二醇, 另一套装置则全部用于生产乙二醇; 新疆独山子石化装置有单独生产环氧乙烷的能力, 但由于目前该地区还没有环氧乙烷市场, 因此也全部用于生产乙二醇, 没有环氧乙烷商品量。近两年, 我国有多套环氧乙烷和乙二醇装置建成投产, 2005 年 11 月, 安徽宿州丰原生物化工有限公司建成了国内唯一用玉米等淀粉为原料生产环氧乙烷的生产装置, 生产能力为 20kt/a。同年, 浙江嘉兴三江化工有限公司建成一套 60kt/a 年环氧乙烷生产装置。2006 年 3 月, 中海-壳牌石油化工有限公司一套 320kt/a 乙二醇生产装置建成投产。2007 年 3 月上海石油化工公司一套 380kt/a 乙二醇装置建成投产。2007 年 12 月, 辽阳石油化工公司 200kt/a 乙二醇装置建成投产, 使得我国当量环氧乙烷的生产能力大增。截止到 2008 年 10 月底, 我国有 10 多家企业生产环氧乙烷, 当量环氧乙烷(EOE)的总生产能力达到 2094kt/a, 商品环氧乙烷生产能力达到约 608kt/a。其中中石化上海石油化工公司是目前国内最大的当量环氧乙烷生产厂家, 生产能力为 529kt/a, 约占国内总生产能力的 25.26%; 其次是中海-壳牌石油化工有限公司, 生产能力为 256kt/a, 约占总生产能力的 12.25%。商品环氧乙烷生产能力最大的上海石油化工公司, 生产能力为 136kt/a, 约占总生产能力的 22.37%; 其次是中石化扬子石油化工公司, 生产能力为 102kt/a, 约占总生产能力的 16.78%。2008 年我国环氧乙烷和乙二醇的主要生产厂家情况见表 2 所示。

随着生产能力的不断增加, 我国环氧乙烷的产量也不断增加。2001 年我国环氧乙烷的产量为 858kt, 2002 年突破 1000kt 大关, 达到 1020kt, 2006 年达到 1514kt, 2007 年产量增加到约 1745kt, 同比增长约 15.26%。

随着我国聚酯以及表面活性剂等领域的快速发展, 对环氧乙烷的需求量将不断增加, 而目前的产量不能满足市场需求, 因而有许多厂家计划建设规模化的 EO/EG 生产装置。扬子石油化工公司拟将现有环氧乙烷装置生产能力扩建到 180kt/a, 四川乙烯拟建一套 50kt/a 环氧乙烷和 360kt/a 乙二醇装置,

计划于 2009 年建成投产; 茂名石油化工公司拟新建一套 100kt/a 乙二醇生产装置, 计划于 2008 年建成投产; 镇海炼化拟建一套 40kt/a 环氧乙烷和 65kt/a 乙二醇生产装置, 计划于 2009 年建成投产; 天津乙烯拟新建一套 40kt/a 环氧乙烷和 420kt/a 乙二醇装置, 计划于 2009 年建成投产; 武汉乙烯拟建 60kt/a 环氧乙烷和 300kt/a 乙二醇装置; 北京东方化工厂环氧乙烷在现有生产能力基础上增加 40% 的装置扩容改造, 预计 2012 年我国当量环氧乙烷的生产能力将达到约 3800kt, 将在一定程度上缓解我国环氧乙烷的供需矛盾。

表 2 2008 年我国环氧乙烷和乙二醇主要生产厂家情况
(10kt/a)

生产厂家	当量 EOE	商品 EO	生产工艺
	生产能力	生产能力	
中石化北京燕山石油化工公司	6.4	1.7	SD 氧气法
中石油辽阳石油化工公司	16.0	5.5	Shell 氧气法
中石油抚顺石油化工公司	6.5	3.0	Shell 氧气法
中石油吉林石油化工公司	19.5	6.0	SD 氧气法
中石化北京东方石油化工有限公司	5.0	1.9	SD 氧气法
中石化扬子石油化工公司	24.0	10.2	SD 氧气法
中石化上海石油化工公司	52.9	13.6	SD 氧气法
中石化茂名石油化工公司	10.4	4.0	Shell 氧气法
中石化天津联合化学有限公司	7.0	3.8	Shell 氧气法
中石油新疆独山子石油化工公司	4.1	0.1	SD 氧气法
南京扬子-巴斯夫有限公司	24.0	0.0	SD 氧气法
中海-壳牌石油化工有限公司	25.6	3.0	Shell 氧气法
浙江嘉兴三江化工有限公司	6.0	6.0	-
安徽宿州丰原生物化工有限公司	2.0	2.0	-
合计	209.4	60.8	

3.2 消费现状及发展前景

我国环氧乙烷主要用于生产乙二醇, 商品环氧乙烷主要用作生产非离子表面活性剂、乙醇胺、乙二醇醚、聚氨酯原料聚醚等, 此外在医药、染料以及橡胶等领域也有一定的消费量。2007 年, 我国环氧乙烷的表观消费量约为 1750kt, 其中乙二醇的需求量为 1310kt/a, 约占总消费量的 74.86%; 乙醇胺的需求量为 47kt/a, 约占总消费量的 2.69%; 乙二醇醚的需

求量为45kt/a,约占总消费量的2.57%;非离子表面活性剂的需求量为230kt/a,约占总消费量的13.14%;其他方面的需求量为118kt/a,约占总消费量的6.74%。

由于环氧乙烷不易长途运输,所以国内环氧乙烷的进口量非常少。根据海关统计,2006年我国环氧乙烷的进口量为0.45t,2007年进口量只有6.6t,因而环氧乙烷的巨大需求主要体现在以乙二醇、乙醇胺等为代表的下游产品上。近年来我国环氧乙烷主要下游产品的进口情况见表3所示。

表3 近年来我国环氧乙烷主要下游产品的进口情况(10kt/a)

年份	乙二醇	乙二醇醚	乙醇胺	非离子表面活性剂
2000	104.97	5.05	2.56	4.64
2001	159.71	4.67	2.75	5.85
2002	214.57	7.13	3.78	7.11
2003	251.60	8.66	5.70	9.44
2004	339.10	10.18	6.71	16.99
2005	400.03	11.28	6.94	17.24
2006	406.13	11.72	7.02	17.45
2007	480.17	13.27	11.43	22.76

(1)乙二醇。乙二醇是我国环氧乙烷最主要消费领域,其消费量约占总消费量的75.0%。近年来,随着我国聚酯工业的快速发展,我国乙二醇的生产和消费发展很快。截止到2007年底,我国乙二醇的生产厂家达到10多家,总生产能力为2078kt/a,产量约为1750kt/a,表观消费量达到约6500kt/a,净进口量约为4800kt/a,以生产1t乙二醇需要环氧乙烷0.75t的单耗计算,对环氧乙烷的消费量约为1310kt/a,进口量折合消耗环氧乙烷约3600kt/a。虽然今后几年,我国有多套大型乙二醇装置将建成投产,预计到2012年我国乙二醇的总生产能力将达到约4200kt,但仍不能满足国内实际生产的需求,仍需要大量进口,乙二醇在我国发展前景广阔。乙二醇的不断发展,将推动其主要原料环氧乙烷的需求增长。届时对环氧乙烷的当量需求量将超过5600kt/a,乙二醇仍将是推动我国环氧乙烷发展的主要动力。

(2)乙醇胺。2007年,我国乙醇胺的生产厂家有10多家,总生产能力约为57kt/a,主要的生产厂家有抚顺北方化工公司、江苏宜兴银燕化工公司以及茂名石化实华股份有限公司等,2007年的表观消费量约为162kt/a,产量约为50kt/a,净进口量为112kt/a,对环氧乙烷的消费量约为47kt/a,进口量折合消耗环氧乙烷约为103kt/a。预计到2012年,我国

对乙醇胺的表观消费量将达到约280kt/a,届时产量仍不能满足实际生产的需求,仍需要大量进口,发展前景乐观。

加上在乙二醇醚和非离子表面活性剂等方面的需求,2007年我国对环氧乙烷的当量消费量达到约5800kt/a。预计到2012年,我国对环氧乙烷的当量消费量将达到约6800kt/a,而届时环氧乙烷的当量生产能力只有约3800kt/a,产不足需,环氧乙烷在我国的发展潜力很大,开发利用前景广阔。

4 存在的问题及发展建议

随着我国石油化学工业的快速发展,乙烯生产装置建设明显加快,国内在未来几年里将有多家企业建设规模化环氧乙烷/乙二醇装置,环氧乙烷的生产能力和产量将得到较大的发展。但目前国内环氧乙烷生产与市场呈现以下几大趋势:

(1)环氧乙烷及其主要下游产品乙二醇缺口巨大,环氧乙烷商品量将随之快速增加,发展前景看好;

(2)下游产品开发不足。尽管环氧乙烷其他下游产品消耗环氧乙烷数量相对乙二醇来说较小,但是许多产品用途广泛,国内市场需求强劲,附加值高的产品没有得到很好的开发利用,许多产品仍主要依赖进口来解决;

(3)产业地域分布不合理。国内环氧乙烷生产商主要分布在东北、华北、华东、华南四地,但我国环氧乙烷市场主要在华东,由于环氧乙烷不易运输,所以物流成本的增加削弱了下游产品同进口产品的竞争力;

(4)产业链设计不尽合理。国外环氧乙烷生产商一般都把环氧乙烷直接做成终端产品,以降低产品成本。而在我国情况刚好相反,除吉化以自用为主外,其他大都把环氧乙烷直接当商品出售。

针对我国环氧乙烷的生产现状、市场分析及未来发展趋势,对我国环氧乙烷工业今后的发展提出以下建议。

(1)在引进规模化环氧乙烷/乙二醇装置的同时,加快消化吸收国外先进技术,积极发展国内技术,开发大型环氧乙烷反应器,从规模上获取经济效益。继续加强高性能催化剂的开发,提高产品的收率,增加商品环氧乙烷市场供给量以满足我国日益增长的商品环氧乙烷市场需求。

(2)加大下游精细化工产品的开发与应用。

(下转第24页)

附等作用，逐渐由乳白色变成灰黑色，腐败变质发臭。采用静态混凝处理乳化废液，投加2g/L聚合氯化铝，2mL/L PAM(8%)，最佳pH值范围6.5~7.5，混凝时间6min，静态分离时间60min，出水清澈透明，油含量小于10mg/L，COD 800mg/L。若再经煤渣灰吸附处理，出水油含量小于3mg/L，COD<300mg/L。

4 聚合氯化铝的发展方向及建议

聚合氯化铝以其优良的性能、宽适用范围、低成本而得到广泛的使用，也促使人们对其进行深入研究，在今后较长时间内它仍将是主要的水质处理药剂。除了其基本理论的深入研究外，在使用中，由于单一药剂的使用往往受到一些制约，不同的药剂具有各异的优良性能。为了取长补短，人们对聚合氯化铝作了许多改进研究。其一是在聚合氯化铝生产中引入一种或一种以上的阳离子，在一定程度上改变其形态结构分布。其二是根据协同增效原理，将聚合氯化铝与一种或一种以上的其它化合物复合，制得一类新型高效混凝剂。第三是研究聚合铝盐-有机高分子复配体系用于水处理，大有方兴未艾之势，共聚生成的新型高聚物兼具无机、有机高分子絮凝剂的特点，既具有中和电荷作用，又具有长链大分子强烈的拖拉、网捕作用，从而成为新生代的高效混凝

(上接第37页)

加大下游精细化工产品的开发与应用不仅可以满足国内相关行业的发展需要，还可以加快环氧乙烷消费结构的调整，形成环氧乙烷下游化工产业链，获取较高经济效益，保证我国环氧乙烷工业健康稳定发展。根据我国的开发研究与生产应用现状，借鉴国外的发展模式，我国环氧乙烷的下游精细化工产品加工的方向应为：深挖环氧乙烷后加工产品乙氧基化合物、乙醇胺、乙二醇醚、乙二醛等装置的潜力；加大乙二胺、哌嗪、乙烯碳酸酯、羟乙基纤维素等产品的研究开发力度。加快以环氧乙烷和乙二醇为原料进行1,3-丙二醇和2,6-萘二甲酸乙二醇酯产品的研究与开发。加快环氧乙烷在石油、纺织、农药、医药、建材和日用化学品等领域中的新技术应用和推广，尤其是油田强化采油剂、农药乳化剂、特殊功能乳化剂等高附加值产品的开发和生产。

(3) 下游装置宜与环氧乙烷配套建设。由于环氧乙烷不易运输，因此，今后国家在加强规模化环氧乙烷装置建设布点的同时，应该考虑生产商分布与我

剂。今后须关注的产品主要有聚合氯化硫酸铝(PACS)、聚合氯化铝铁(PAFC)以及聚合硫酸氯化铝铁(PAFCS)等。

聚合氯化铝是我国常见的应用广泛的絮凝剂品种之一，今后除了继续扩大生产规模，提高产量外，应该进一步关注新生产工艺的研究开发，不断开发出新的多原料来源的生产工艺，以满足实际生产的需求，实现原材料的多元化，产品系列化。同时积极开发新一代的改性产品，以进一步提升聚合氯化铝类产品的性能，更好地发挥其作用。

参考文献

- [1] 初永宝,高宝玉,岳钦艳等.聚合氯化铝中Al₁₃形态水解稳定性的研究[J].环境科学与技术,2007,30(12):8~11.
- [2] 何丽莉.聚合氯化铝的基础理论及制造方法[J].辽宁师学报,2005,7(1):15~16,28.
- [3] 陈志强,程相春.聚氯化铝的生产及应用[J].化学工程师,2008,(5):46~47.
- [4] 张志明.聚合氯化铝对造纸废水的混凝处理研究[J].环境科学导刊,2007,26(4):39~40.
- [5] 孙嘉彦,毕媛媛,邓剑萍等.聚合氯化铝的合成及应用[J].南通职业大学学报,2005,19(4):10~12.
- [6] 杨永强,杨大令,蹇锡高等.聚合氯化铝的制备及其在废水处理中的应用[J].水处理技术,2005,31(10):52~55.

国环氧乙烷目标市场分布的合理性，环氧乙烷下游产业也应主动向环氧乙烷产地集中以节省物流成本。另外应该合理安排表面活性剂、乙醇胺等下游精细化工项目，以提高我国环氧乙烷深加工企业的国际竞争力。

参考文献

- [1] 李天文,杨帆,张玉玲等.环氧乙烷的技术进展及产品装置分析[J].天津化工,2007,21(2):13~15.
- [2] 朱建芳,钱伯章.环氧乙烷的技术进展与市场分析[J].化工科技市场,2007,30(7):1~7.
- [3] 戴厚良,姚虎卿,欧阳平凯.环氧乙烷/乙二醇生产技术现状及发展建议[J].现代化工,2005,25(12):11~14,16.
- [4] 沈菊华.国内外环氧乙烷生产技术及市场分析[J].化工技术经济,2005,23(11):20~27.
- [5] 吕海利,王瑞卿.环氧乙烷市场将保持供销两旺格局[J].中国化工信息,2008,(36):24~25.
- [6] 白海丹.环氧乙烷将进入产能高速增长期[J].中国化工信息,2007,(48):7.