

过氧化氢环氧化丙烯制环氧丙烷的研究新进展

史春风, 朱 斌, 林 民, 龙 军

(中国石化石油化工科学研究院, 北京 100083)

摘要:综述了过氧化氢与丙烯环氧化反应的研究新进展, 主要包括商品过氧化氢与丙烯环氧化、过氧化氢制备与丙烯环氧化的集成、氢氧原位一步法丙烯环氧化的研究。并分析了我国环氧丙烷生产面临的挑战, 指出我国环氧丙烷清洁生产势在必行, 国内研究应立足环境友好新工艺, 关键是高活性、高选择性催化剂的开发。

关键词:环氧丙烷; 丙烯; 环氧化; 过氧化氢

中图分类号: TQ032.4

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2007)09-0017-05

Research progress in reaction of propylene epoxidation with hydrogen peroxide

SHI Chun-feng, ZHU Bin, LIN Min, LONG Jun

(Research Institute of Petroleum Processing, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: The new research progress in epoxidation of propylene with hydrogen peroxide as an oxidant, including propylene epoxidation with hydrogen peroxide for sale, process integration for propylene epoxidation and hydrogen peroxide production, and propylene epoxidation with hydrogen peroxide in-situ synthesized in the presence of hydrogen and oxygen. The challenge in propylene oxide production in China is also analysed. It is indicated that cleaner production of propylene oxide be imperative under the situation and the domestic research should be based on the environmental benign process, while the key is to develop highly active and selective catalysts.

Key words: propylene oxide; propylene; epoxidation; hydrogen peroxide

环氧丙烷(PO)是丙烯衍生物中产量仅次于聚丙烯和丙烯腈的第三大有机化工产品,因其具有张力很大的含氧三元环,化学性质十分活泼,主要用于生产聚醚、丙二醇、异丙醇胺、丙烯醇、非聚醚多元醇等^[1],进而生产不饱和聚酯树脂、聚氨酯、表面活性剂(油田破乳剂、农药乳化剂及润湿剂)、阻燃剂等重要原料。目前工业上生产 PO 主要采用氯醇法、间接氧化法(共氧化法)和异丙苯法^[2]。但氯醇法的主要缺点是使用有毒氯气,设备腐蚀严重并产生大量污染环境的含氯废水,不符合绿色化学和清洁生产的要求,因此随着环境保护要求的日益提高,该工艺将最终被淘汰;间接氧化法虽克服了氯醇法的污染环境和腐蚀设备等缺点,是比氯醇法相对清洁的生产工艺,但缺点是对原料质量要求高,且需平衡大量联产品,工艺冗长,投资规模大,成本高。异丙苯法工艺采用过氧化氢异丙苯(CHP)为氧化剂,该工艺在技术和经济上具有优越性,但其实质仍是一种共

氧化法工艺,开发应用时间短。

鉴于目前工业上制备 PO 工艺路线存在的弊端,近 20 多年来研究者一直致力于流程简单、副产物少和绿色无污染的 PO 绿色清洁生产工艺的研究,直到现在世界各大公司还在积极开发新技术并不断改进现有技术,其中丙烯直接氧化法成为研究热点,尤其是过氧化氢氧化工艺日趋成熟,展现出良好的工业化前景,目前关键是廉价高效的催化剂设计与制备。自意大利 EniChem 公司 1983 年首次合成选择氧化催化剂 TS-1 以来,由于其优异的选择氧化性能以及温和的反应条件而成为氧化催化剂的研究热点。过氧化氢(H₂O₂, HP)是公认的绿色氧化剂,其氧化副产物只有水。以 HP 为氧化剂,钛硅分子筛可以较高的转化率和选择性催化丙烯环氧化反应合成 PO。该过程具有条件温和,原料无毒、无腐蚀性,使用相对廉价而安全的稀 HP 水溶液作氧化剂,原子利用率高(76%),反应速度快,选择性高,过

收稿日期:2007-06-29

基金项目:国家重点基础研究“973”资助项目(2006CB202508)

作者简介:史春风(1978-),男,博士生,010-82368754,shicf@ripp-sinopec.com;林民(1958-),男,博士,教授级高工,从事氧化催化材料及反应工程研究,通讯联系人,010-82368801,linmin@ripp-sinopec.com。

程环境友好无污染等优点,符合绿色化学和原子经济发展理念的要求,因此被认为是生产 PO 的绿色新工艺。

本文就极具应用前景以及即将工业化的 PO 制备工艺,来评述以 HP 为氧化剂的丙烯环氧化工艺方面的研究进展。

1 以商品 HP 为氧化剂的 PO 制备工艺

以 HP 为氧化剂,钛硅分子筛可以较高的转化率和选择性催化丙烯环氧化反应合成 PO。HP 生产环氧丙烷工艺(HPPO)的吸引力在于装置设计简化,是环境友好的清洁生产系统,并且无副产物。HPPO 技术在经济性、环保和未来的发展机遇方面有独特的优势,同时还使原材料一体化,并且不产生联产品。近年来用 HP 直接环氧化丙烯制 PO 的方法受到关注,并取得令人瞩目的研发成果。德国 BASF 公司、Degussa 公司和 Krupp-Uhde 公司以及 Enichem 公司等均在开发使用 HP 催化丙烯环氧化生成 PO 的新工艺,并大都建有中试装置。

德国 BASF 公司^[3]开发的 HPPO 工艺使用管式反应器,在中温、低压和液相条件下在甲醇溶剂中用 HP 催化丙烯环氧化生产 PO。2000 年 BASF 公司在路德维希港(Ludwigshafen)投运了 100 t/a HPPO 工艺中试装置,并用工业原料和全集成的过程回路验证了该工艺过程。BASF 公司和美国 Dow 化学公司于 2002 年开始合作开发 HPPO 工艺,已决定联合使 HPPO 技术推向工业化,已于 2006 年在 BASF 公司的 Antwerp 生产地投入建设 30 万 t/a HPPO 装置,将于 2008 年初建成,BASF 公司将以非常优惠的价格向 PO 装置供应约 20 万 t/a 的丙烯原料。

与此同时,德国 Degussa 公司与 Uhde 公司也联合开发 HPPO 工艺^[4],2 家公司在 Degussa 公司的德国汉诺威(Hanau-Wolfgang)地区建有一套中试装置。该工艺投资费用较低,生产成本也低于现有技术。在 HPPO 工艺中引入含氮碱性化合物,还可以提高产物选择性,延长催化剂寿命。该催化剂的机械强度和选择性均得到了优化,PO 反应器在足以使溶剂处于液相状态的高压和 100℃ 以下的温度下进行操作。该工艺的关键是管式环氧化反应器,其创新的设计将有效的热传导与近似理想的活塞流特性结合在一起。该 HPPO 工艺已向南非 Sasol 公司技术转让,Sasol 公司将在南非 Midlands 联合企业建设 6 万 t/a PO 装置。该装置也将第一次使用 Uhde 公司和 Degussa 公司开发的新工艺,采用 HP 为丙烯氧

化剂。Degussa 公司将建设和运行 HP 装置,以向 PO 装置提供 HP。

为了与 BASF 公司竞争,Degussa 公司也正在开发自有的 HPPO 技术,重点开发直接由氢和氧利用纳米催化剂制取 HP 的技术,预计该方法可大大降低 HP 的生产费用,使整个 PO 生产工艺成本更低。Degussa 公司另一关键开发是其推出可再生的硅酸钛催化剂^[5]。Degussa 公司和美国 Headwaters 公司还组建合资公司合作研发由氢、氧直接合成 HP 的工艺(称作 DSHP 工艺),并建有试验装置,目标是开发和建设大型的低成本 HP 生产装置,生产的 HP 将用作 PO 等生产装置的原料。目前 Degussa 公司与 Headwaters 公司联合开发的氢、氧直接合成 HP 中试装置已与 Degussa 公司与 Udhe 公司联合开发的用 HP 进行丙烯环氧化的中试装置成功地进行了集成耦合,并用所得 HP 成功制备出 PO。与传统的蒽醌法相比,该 DSHP 工艺可使大型 HP 装置的投资费用下降 30%~50%,从而大大降低 PO 生产成本,且对环境无污染,提高了经济效益和社会效益。

日本 Sumitomo 化学公司开发了基于 MWW 型钛硅分子筛的丙烯环氧化工艺^[6-8],在有机溶剂存在下,含钛的 MWW 型分子筛催化丙烯和 HP 反应生成 PO,其中 Ti 是在分子筛晶化过程中引入的,但该催化剂需要使用乙腈等作溶剂,若用硅烷化试剂处理还可以提高产能。美国 Lyondell 公司(包括原 Arco 公司)也开发了相应的工艺技术^[9-11],主要是避免了丙烷等副产物的产生。采用 Pd/TS-1 催化剂时,TS-1 采用孪生结晶体大颗粒,活性和选择性高,且机械强度好,易过滤分离。将催化剂用含氨基的多酸化合物处理,或者用水气在 400℃ 以上处理,还可以显著提高其目的产物的选择性。采用负载于含铈载体上的钨为催化剂,用 H₂/O₂ 进行丙烯环氧化反应,有较好的活性和选择性。比利时 Solvay 公司也在开发新的 PO 工艺,力求降低常规蒽醌法生产 HP 的成本,并改进丙烯与 HP 环氧化的工艺^[12]。Solvay 公司从 HP 制取 PO 的工艺采用 2 个串联的反应器,可使 HP 利用率达到 100%。

国内天津大学、中国科学院大连化学物理研究所、大连理工大学等单位也进行了相关方面的研究,并取得了一些很好的结果,特别是大连化学物理研究所开发了采用掌握核心技术的反应控制相转移催化剂的丙烯环氧化新工艺,被认为是较理想的绿色 PO 生产路线^[13],到现在已开发出第三代催化剂,它利用氧气、氢气体系,直接将丙烯转化为环氧丙烷,

催化剂可循环使用,无污染、无联产品。

2 生产 HP 与丙烯环氧化生产 PO 的工艺集成

丙烯与商品化 HP 环氧化制 PO 的 HPPO 工艺是生产 PO 具有吸引力的潜在途径,相对于 PO,HP 价格较高,且含有大量的水,给储运及分离净化增加了成本。HP 水溶液储运困难,且 HP 极不稳定^[14],具有腐蚀性,在包装、储存、运输中要采取特别的安全措施。因此受到成本和安全问题的局限,且现场生产费用很高,所以,将 HP 就地应用,或将 HP 的生产工艺与使用 HP 的下游工艺相结合,可以更有效地利用这一化工产品。将丙烯的环氧化与 HP 生产过程集成,以简化装置流程、降低生产成本、减少能耗,这也是以 HP 为氧化剂使丙烯环氧化生产 PO 实现工业化的必然趋势。

根据 HP 的制备方法不同,集成工艺也有所差别,主要是蒽醌法生产 HP 工艺与丙烯环氧化生产 PO 工艺结合,以及仲醇氧化法生产 HP 工艺与丙烯环氧化生产 PO 工艺结合方面^[15]。在这方面国内外都有研究,基本原理和思路一样,在具体工艺上可能略有差别。

2.1 蒽醌法生产 HP 工艺与丙烯环氧化生产 PO 工艺的集成

蒽醌法是 HP 的主要生产方法,包括氢化、氧化和萃取 3 个主要步骤。根据蒽醌法的生产特点,集成方案有 2 种:一是氢蒽醌氧化与丙烯环氧化的集成,二是 HP 萃取与环氧化的集成。BASF 等公司的 HPPO 工艺虽然是以 HP 为原料,但其实质也可以看作是 HP 萃取与环氧化的集成,其在同一生产区建造 HP 和 PO 装置,生成 HP 后就可直接引入生产 PO 装置。

2.2 仲醇氧化法生产 HP 工艺与丙烯环氧化生产 PO 工艺的集成

异丙醇氧化法和仲丁醇氧化法制 HP 统称为仲醇氧化法。大部分的集成过程采用的是异丙醇法,不同的集成方案在流程组织和环氧化溶剂的选择上各有特点,其中较理想的是异丙醇在氧化反应器中与 O₂ 反应生成 HP 和丙酮,经蒸馏分离出丙酮,含异丙醇和 HP 的流股直接进入环氧化反应器,在 TS-1 催化剂催化下与丙烯反应生成环氧丙烷。该方案的特点是以纯化的含水异丙醇作为环氧化反应溶剂。

蒽醌法工艺冗长、装置复杂、操作费用高(Pd 催化剂费用大、蒽醌多次使用会降解);异丙醇法等能

耗大、产品质量差。因此上述 2 种集成方法仍不可避免 HP 制备方面相应的缺点,虽然与购买商品 HP 的工艺相比有一定的竞争价值和应用价值,但是前景并不十分看好。

3 丙烯与 O₂、H₂ 氧化制备 PO 工艺

HP 可作为丙烯的有效氧化剂制备 PO,但需要单独的设备和循环系统,耗资较大。而且相对于 PO,HP 价格较高,含有大量的水,且容易分解,给储运及分离净化增加了成本。氢氧直接化合法生产 HP 的方法由于工艺简单、成本低、污染少,长期以来一直受到人们的关注,虽由于选择性和收率的问题,至今尚未实现工业化生产,但此方法被认为是具有前途的生产 HP 的方法。人们也进行了将氢氧直接化合法生产 HP 的工艺与使用 HP 的下游工艺相结合方面的研究,如前面提到的 Degussa 公司、BASF 公司等进行的相关研究,本文中介绍将氢氧直接化合法生产 HP 的工艺与使用 HP 的下游工艺相结合方面的其他研究,即采用一步法来实现丙烯与 O₂、H₂ 制备 PO。

在丙烯与 O₂、H₂ 氧化过程中,在双功能催化剂的作用下,O₂ 与 H₂ 原位生成 HP 活性氧物种后,再与丙烯进行反应。HP 活性氧物种的生成过程是这一反应的速控步骤,一般采用负载于含 Ti、V 或 Zr 材料上的 Pd、Pd-Pt 或 Au 催化剂,贵金属用于生成 HP,而含 Ti、V 或 Zr 材料则用于将丙烯环氧化^[16]。利用 Au 为催化剂时一般的情况是无需溶剂,而利用 Pd、Pt 时则一般需要溶剂。

Nijhuis 等^[17]以负载型 Au 为催化剂催化丙烯气相环氧化,发现只有在含钛的载体上才会发生丙烯的气相环氧化。日本 AIST 触媒公司开发的直接氧化工艺采用负载在钛硅上的纳米级 Au 催化剂,工艺中催化剂的开发重点为载体的选择、催化剂制备方法以及 Au 粒径的控制。Stangland 等^[18]研究了各种负载型 Au 催化剂制备方法对催化剂催化性能的影响,发现沉积-沉淀法是最好的催化剂制备方法,与 Au 接触的 TiO₂ 的量及其物相决定了 Au-Ti 的数量和类型,从而直接影响到环氧丙烷的生成速率。Uphade 等^[19]在利用 Au/TiO₂ 催化剂进行丙烯环氧化反应时发现,当 Au 的粒径小于 2 nm 时反应主要生成丙烷,当 Au 以粒径为 2~10 nm 的球形颗粒存在时,可选择性氧化丙烯生成环氧丙烷。

虽然上述 Au 系列催化剂有较好的气相环氧化活性^[20],无需产品与溶剂之间的分离步骤,但在通

常的反应条件下,不能通过升高反应温度来提高丙烯转化率,因为升高温度会产生大量的副产物,而且水的大量生成使氢气的消耗严重,氢气的有效利用率降低;而且因为反应温度较高,生成的 PO 和其他含氧聚合物易黏附在催化剂的表面,使催化剂的寿命变短,在数小时内迅速失活^[21]。液相反应系统中由于原料滞留时间较长,可在温和的条件下反应,从而能控制选择性,并抑制催化剂上含氧聚合物的生成,延长催化剂的使用寿命。在液相反应系统中,一般采用含有 Pt、Pd 等的双功能催化剂。由于 Pt、Pd 是 H₂ 和 O₂ 合成 HP 的有效组分^[22],因此有许多将其负载在钛硅材料上原位生成 HP 用于丙烯气相环氧化反应的报道^[23]。

直接合成法生产 HP 并将其用于直接氧化生产环氧丙烷被认为是近 10 年来丙烯环氧化方面最重要的创新之一。西班牙 Repsol Quimica 公司开发成功一种只使用氢气和氧气作环氧化剂的 PO 生产工艺^[24]:首先在第一个反应器的非酸性含醇介质中产生 HP,催化剂为负载于带有磺酸基、不含卤素的大孔酸性树脂上的 Pd,溶剂为甲醇,反应 2 h 后把 HP 转入第二个反应器中,在相应的催化剂环境中通入丙烯气体得到 PO 和水。意大利 Polimeri Europa 公司也在研发 HPPO 路线,其方法涉及通过氢和氧在基于钯、铂的双金属催化剂存在下制取 HP 的甲醇溶液^[25]。一旦生成稀的 HP/甲醇溶液,就将其从催化剂中分离后进入到含有硅酸钛催化剂、缓冲剂和丙烯的串联反应器。Sumitomo 化学公司开发其专利的无联产品工艺^[26],将氢气和氧气引入含甲醇和 PdBr₂ 的容器中,在 20℃ 下维持反应,外部冷却,2 h 后 HP 质量分数为 0.15%,将该溶液再与硅酸钛和丙烯一起注入高压釜,反应混合物在 40℃ 下搅拌反应 1 h,HP 转化率达 99%,PO 选择性为 70%。

Lyondell 公司开发的直接氧化技术将丙烯、氢气、氧气转化为 PO^[27-28],主要采用 TS-1 负载的 Pd 和 Pt 催化剂,其中 Pd 为有效催化组分,Pt 起稳定作用,并建有中试装置,以进一步将此工艺推向工业化。此工艺路线与目前任何一种 PO 生产工艺相比,都有其不可比拟的优越性,将 H₂、O₂ 和丙烯一步集成反应,无需另外建造 HP 装置,即该工艺过程仅用 1 台反应器就代替了 HP 和 PO 工艺过程中的 2 台反应器,使投资费用大幅下降,为 PO 的生产开辟了广阔前景,从而使此工艺似乎比其他新工艺更具吸引力。Lyondell 公司开发的技术与 Dow、BASF 公司和 Degussa 公司开发的基于 HP 的直接氧化法竞

争性技术相比也具有更大魅力,该技术投资费用要低得多,生产费用比现有 PO 工艺装置也要低。

根据目前相关的研发情况可以预测,即将工业化的 PO 生产新工艺将是以购买商业 HP 为氧化剂的 PO 制备工艺,接下来的可能是原位生产 HP 与生产 PO 集成在一起的 PO 制备工艺,再接下来工业化的 PO 生产工艺很可能是 H₂/O₂ 直接环氧化丙烯的一步法制备工艺。

4 我国环氧丙烷生产面临的挑战

我国是一个发展中国家,石油化工和国民经济正处于高速发展时期,随着 PO 用途的扩大和下游产物用量的不断增长,特别是汽车、建筑家居等行业的兴旺,聚氨酯以及非离子表面活性剂需求量大幅度增加,导致 PO 的市场需求旺盛。我国除中海壳牌石油化工有限公司的生产企业外其余全部采用氯醇法工艺,氯醇法产生大量污染环境的含氯废水和废渣,不符合绿色化学和清洁生产的要求,因此随着环境保护要求的日益提高,该工艺最终将被淘汰。

为了抢占国内环氧丙烷的巨大市场,国外大型跨国石化公司纷纷在我国建厂,由于最近几年不少 PO 新建和扩产项目即将建成,前几年日益扩大的 PO 的市场缺口将不复存在。我国大型石化企业新建经济规模的共氧化法 PO 生产装置,既能满足国内市场需求,还能实现 PO 生产技术跨越式发展,增强 PO 产品竞争力,有利于我国有机原料行业的发展。国外大公司竞相开发各种新工艺,对整个 PO 行业的影响正在显现,但其经济性目前还不足以使现有的 PO/SM 装置关闭,但对我国氯醇法装置威胁较大,可能在环保压力下被迫关闭。面对环保和市场竞争的双重压力,国内众多的小规模 PO 生产厂家面临巨大挑战:如果采用共氧化法,首先该工艺的专利权都为国外大公司所控制;其次经济规模投资也令各小厂难以接受。所以,开发先进的具有自主知识产权的绿色 PO 生产工艺势在必行。

5 结语

HPPO 工艺工业化的成功将是 PO 合成生产取得突破性进展的标志,但该工艺目前仍存在一些不足,如催化剂失活等。因此,基于目前的研究状况,针对现存问题,进一步研究开发钛硅分子筛催化丙烯环氧化合成 PO 工艺技术具有十分重要的现实意义,可解决现有生产工艺中的环境污染问题,适应当今绿色化学与化工生产要求,为其工业化提供理论

依据和技术支持。鉴于目前国际 PO 生产新工艺的研究现状,国内研究也应该立足于以氢气、氧气和丙烯为初始原料的绿色新工艺,可以是生产 HP 和生产 PO 的集成,也可以是丙烯与 O_2 、 H_2 的直接氧化工艺,关键是高活性、高稳定性的催化剂的研发。目前国内这方面的研发还很薄弱,须加大力度研发具有自主知识产权的绿色 PO 生产新工艺。

参考文献

- [1] Nijhuis T A, Michidl M, Jacob A M, *et al.* The production propene oxide: Catalytic processes and recent developments[J]. Ind Eng Chem Res, 2006, 45: 3447 - 3459.
- [2] 钱伯章. 环氧丙烷生产的技术进展[J]. 化工技术经济, 2006, 24(8): 36 - 43.
- [3] Dow Global Technologies Inc. Process for the continuous production of an olefinic oxide: US, 7138534[P]. 2006 - 11 - 21.
- [4] Degussa AG, Uhde GmbH. Process for the epoxidation of olefins: US, 7141683[P]. 2006 - 11 - 28.
- [5] Degussa AG, Uhde GmbH. Process for the epoxidation of propene: US, 6878836[P]. 2005 - 04 - 12.
- [6] Sumitomo Chemical Company Limited. Process for producing epoxide compound: US, 7074947[P]. 2006 - 07 - 11.
- [7] Sumitomo Chemical Company Limited. Method for producing propylene oxide: US, 7153986[P]. 2006 - 12 - 26.
- [8] Sumitomo Chemical Company Limited. Method for improving crystalline titanosilicate catalyst having MWW structure: US, 7081426[P]. 2006 - 07 - 25.
- [9] Arco Chemical Technology. Process for direct oxidation of propylene to propylene oxide and large particle size titanium silicalite catalysts for use therein: US, 6960671[P]. 2005 - 11 - 01.
- [10] Arco Chemical Technology. Polymer-encapsulated titanium zeolites for oxidation reactions: US, 6958405[P]. 2005 - 10 - 25.
- [11] Arco Chemical Technology. Propylene oxide process: US, 6884898[P]. 2005 - 04 - 26.
- [12] Solvay. Method for producing oxirane: EP, 1299369B1[P]. 2005 - 03 - 30.
- [13] Xi Z, Zhou N, Sun Y, *et al.* Reaction-controlled phase-transfer catalysis for propylene epoxidation to propylene oxide[J]. Science, 2001, 292: 1139 - 1141.
- [14] Steen Research LLC. Method and apparatus for use of reacted hydrogen peroxide compounds in industrial process waters: US, 7112309[P]. 2006 - 09 - 26.
- [15] 王莅, 古玲, 陈四海, 等. 丙烯环氧化与 H_2O_2 生产的集成[J]. 石油化工, 2003, 32(6): 525 - 529.
- [16] BASF. Method for the production of propylene oxide: US, 6756503[P]. 2004 - 06 - 29.
- [17] Nijhuis T A, Huizinga B J, Makkee M, *et al.* Direct epoxidation of propene using gold dispersed on TS-1 and other titanium-containing supports[J]. Ind Eng Chem Res, 1999, 38: 884 - 891.
- [18] Stangland E, Stavens K B. Characterization of gold-titanium catalysts via oxidation of propylene to propylene oxide[J]. J Catal, 2000, 191: 332 - 337.
- [19] Uphade B S, Okumura M, Tsubota S, *et al.* Effect of physical mixing of CsCl with Au/Ti-MCM-41 on the gas-phase epoxidation of propylene using H_2 and O_2 : Depression of H_2 consumption[J]. Appl Catal A: General, 2000, 190(2): 43 - 50.
- [20] Dow Global Technologies Inc. Method of preparing a catalyst containing gold and titanium: US, 6984607[P]. 2006 - 01 - 10.
- [21] Dow Global Technologies Inc. Method of increasing the lifetime of a hydro-oxidation catalyst: US, 7122491[P]. 2006 - 10 - 17.
- [22] Olivera P P, Patrito E M, Selloers H. Hydrogen peroxide synthesis over metallic catalysts[J]. Surf Catal, 1994, 313: 25 - 40.
- [23] Lyondell Chemical Technology. Separation process: US, 7084284[P]. 2006 - 08 - 01.
- [24] Repsol Quimica. Integrated process for selective oxidation of organic compounds: US, 6822103[P]. 2004 - 11 - 23.
- [25] Polimeri Europa. Integrated process for the preparation of olefin oxides: US, 6888013[P]. 2005 - 05 - 03.
- [26] Sumitomo Chemical. Process for producing epoxidized product of olefins: EP, 0812836B1[P]. 2005 - 03 - 16.
- [27] Lyondell Chemical Technology. Direct epoxidation process: US, 7138535[P]. 2006 - 11 - 21.
- [28] Lyondell Chemical Technology. Propylene oxide purification and recovery: US, 7105687[P]. 2006 - 09 - 12. ■

Pavilion 科技公司在上海举办石化产业研讨会

Pavilion 科技公司于 2007 年 9 月 6 日在上海举办了主题为“实现一流生产性能”的研讨会。

中国石化企业一直在寻求各种方法来增加产量,降低成本,提高生产质量以获得更多的市场份额。一些领先的石化化工生产商,如中石化、赛科、台塑、联合利华、三井油化、三星道达尔和雪佛龙-菲利普斯等公司都采用了 Pavilion 科技公司新一代的模型预测控制(MPC)解决方案来提高生产效率并获得了更大的生产能力。

为了提供第一手的资料来了解 Pavilion 的客户是如何

通过实施 MPC 解决方案来增加产量、提高产品质量一致性并降低原材料消耗, Pavilion 科技公司举办了这个面向石化化工产业的免费研讨会。

Pavilion Technologies NV/SA 总经理 Rob Kranz 先生出席了此次上海研讨会,并发表主题为“为全球石化产业的领先企业提供技术成果”的演讲。

在研讨会上还介绍了中国石化扬子石化分公司和上海赛科石油化工有限公司的成功案例,对 Pavilion 产品进行了展示。(魏岚)