

中国石化聚酯、涤纶生产技术研讨会

论文集

(2001年)

中石化科技委员会

二零零一年十二月 洛阳

# 目 录

大型聚酯装置工程技术研究与开发新进展 .....	( 1 )
聚酯工业如何在竞争中求生存 .....	( 16 )
中国石化聚酯的竞争环境和发展前景 .....	( 24 )
上海石化涤纶短纤维新产品开发 .....	( 39 )
聚酯/硅酸盐纳米复合材料的制备及应用 .....	( 55 )
差别化纤维开发现状及入世后对策 .....	( 71 )
国内外差别化纤维的开发现状及其发展趋势 .....	( 77 )
杜邦涤纶短纤维生产技术特点分析 .....	( 87 )
洛阳聚酯装置生产技术分析及扩瓶颈措施探讨 .....	( 95 )

# 大型聚酯装置工程技术与开发新进展

蒋士成

中国石化仪征化纤股份有限公司

**摘要:**介绍了国内聚酯工业工程技术开发的情况以及实施和成功的经验并提出建议

**关键词:**聚酯 科研 开发 建议

## 1 $10 \times 10^4$ t/a 聚酯成套技术攻关课题的由来。

聚酯工业一直是我国化纤工业发展的重点,其发展速度十分迅猛。从 1990 年到 2000 年,中国聚酯的产能年均增长率达 16.9%,而世界聚酯工业虽依然保持着快速发展的势头,同期聚酯的产能年均增长率也仅达 9.8%。亚洲是世界聚酯工业发展的重心,同期聚酯的年均产能增长率也仅为 13.5%,可见中国是世界聚酯工业发展之最。到 2000 年,中国聚酯的产能达到  $575 \times 10^4$ t/a;占亚洲远东地区(不包括日本)聚酯产能的 31.1%,占世界聚酯产能的 17.8%,跃居世界最大聚酯生产国之位。中国的聚酯工业在“十五”仍将保持较快的增长速度,据中国化纤工业协会预测,到 2005 年,我国聚酯能力将达到  $870 \times 10^4$ t/a。聚酯工业的年均增长率将为 8.7%。

中国聚酯工业主要是采取从国外引进技术和成套设备的建设模式发展起来的,全国共引进了吉玛、钟纺、伊文达和杜邦等工艺技术和设备,可谓集世界之大成。但国内的聚酯工程技术开发工作,还仅仅停留在小规模批量生产的装置上,大型聚酯装置尚属空白,急待开发。

仪化公司是国内最大的化纤和化纤原料基地,从 1982 年至 1995 年相继建成了 10 套聚酯装置,也是全部从国外成套引进,其中有 9 套  $6 \times 10^4$ t/a 规模的

聚酯装置是从吉玛公司引进,为我国的化纤工业发展做出了较大的贡献。从1992年起,为了挖掘引进装置的生产潜力,满足国内纺织工业发展的需要,仪化公司依靠积累的生产实践经验和产、学、研合作开发成果,进行大胆创新,对八单元聚酯装置实施30%的增容技术改造,将原引进装置的生产能力由200t/d提高至300t/d,实际增容能力在50%以上,并使装置的控制水平、产品质量稳定性、物耗、能耗水平都上了新台阶。并成功的在三、六、七单元聚酯装置上推广应用,装置生产能力可达330t/d(即实际增容能力在65%),实现了对引进技术的消化、吸收、创新,为全面实行技术与装备的国产化创造了良好的条件。

1996年10月,由仪化公司牵头,会同中国纺织工业设计院、华东理工大学和南京化学工业集团公司化工机械厂等单位,向原纺织总会上报了 $10 \times 10^4$ t/a聚酯成套设备攻关项目可行性研究报告。1996年10月12日由原纺织总会组织专家进行了项目可行性论证,专家一致认为该攻关项目有仪化公司聚酯八单元技术改造开发成功的经验,具有良好的基础,提出的研究方向合理,技术经济指标达到国际先进水平,有显著的经济效益和良好的推广前景。该课题于1997年8月由国家计委、国家经贸委以计科技[1997]1420号文列入“九五”国家重点科技攻关计划。仪化公司进入中国石化集团公司以后,在1999年6月份,该课题又列为中国石化集团公司“十条龙”攻关项目之一。整个攻关项目由“聚酯工艺及生产控制软件开发”、“酯化反应器研制”和“缩聚反应器研制”等三个专题组成。

## 2 研究工作。

以基础理论研究作为核心,院校科研力量为主体,并有设计单位及生产厂工程技术人员参与,根据工程技术开发的要求,对聚酯的工艺技术,按酯化、预缩聚及终缩聚三个主要过程,开展基础理论及工程技术研究,突破了技术难点和技术关键,掌握了聚酯生产的反应过程规律,建立了相应的数学模型,推出反应器适宜的结构及相关的参数,开发了聚酯仿真系统,为工程技术开发形成聚酯工艺技术软件包和基础设计提供了必要的条件。所取得的主要科研成果为:

## 2.1 对 PTA 与 EG 直接酯化过程的分析。

将酯化这个包括溶解 - 反应 - 分解并涉及气、液、固三相复杂的联合过程, 分解为几个独立的简单过程进行研究, 且根据实际生产工艺条件确定实验研究的参数范围。具体进行了对酯化过程 PTA 溶解规律清晰点的研究; 对反应动力学规律中反应时间、温度、压力、EG/PTA 摩尔比对酯化率和 DEG 的影响进行研究, 建立酯化反应动力学模型以及 DEG 生成副反应动力学模型。同时再采用在工业生产装置上不同生产负荷的实际数据对模型修正和考核, 计算值与实际工业产值相比, 酯化率最大相对误差为 1.52%, DEG 最大相对误差为 8%, 完全可以满足工程设计计算的要求。此外也对水和 EG 的分离传质规律进行研究。通过冷模试验研究对反应器流动模型分析, 通过停留时间分布测定, 提出套筒结构两室流动模型, 开展酯化釜桨型(螺旋桨、翼型轴流桨、五叶螺旋桨、透平桨)选择与混合性能研究, 确定翼型轴流桨具有排量大功耗省的优点作为首选桨型, 根据功率准数与 Re 关联计算功率结合传热确定桨叶的转速、直径和功率, 为酯化反应器设计提供了设计依据。

## 2.2 对 PET 预缩聚过程分析。

采用静止膜法和搅拌法分别进行实验研究, 观察了反应时间、温度、压力、传质(搅拌程度、膜厚), 对特性粘度、端羧基的影响以及 DEG 的生成等, 建立了预缩聚动力学模型, 端羧基变化动力学模型, 以工业生产数据对模型进行修正和考核, 端羧基的计算值与工业生产实际值误差  $< 10\%$ , 特性粘度值则基本一致, 因此该预缩聚动力学模型可以很好地应用到工程设计工艺计算中。对第一预缩反应器鼓泡搅拌进行冷模实验, 确定充分搅拌以及激烈搅拌的通气率, 得出第一预缩聚反应器逸出的小分子鼓泡已完全能满足充分搅拌的条件, 无需设置搅拌器。

## 2.3 对 PET 终缩聚过程进行分析。

PET 终缩聚过程是反应——脱挥串联过程, 过程速率由反应和脱挥共同决定。采用静止膜法对反应动力学进行实验研究。对小分子的界面浓度, 反应动

力学方程、端羧基变化规律等反应动力学规律进行研究,建立反应动力学模型。此外还对 PET 终缩聚过程中传质规律进行实验研究,考察了不同压力、不同温度下膜厚的影响,并采用搅拌法考察了搅拌转速的影响,确定临界特性粘度。

#### 2.4 圆盘反应器中的 PET 缩聚过程实验研究。

采用降膜反应器冷模及热模以及小型圆盘反应器热模实验,验证过程速率模型在圆盘反应器中的适用性以及检验冷模实验确定的圆盘反应器上成膜和更新状况。考察温度、压力、转速、圆盘数等因素对特性粘度随时间变化的影响。同时还进行  $\varnothing 350$ 、 $\varnothing 574$ 、 $\varnothing 2000$ mm 的圆盘反应器冷模实验研究,对圆盘上膜的形成、更新以及成膜转速进行量化研究。考虑影响传质的圆盘反应器的成膜、更新状况随反应器直径变化,又对圆盘反应器进行中试研究。反应器规格为  $\varnothing 1200\text{mm} \times 2200\text{mm}$ ,圆盘直径  $\varnothing 1160\text{mm}$ ,盘环宽度为盘径的  $1/10$ ,全套共分四个室,每个室 6 个圆盘。实验考察了温度、压力、转速、加料量等因素,对特性粘度随时间变化的影响,通过以上研究建立了 PET 终缩聚过程模型,可对反应器圆盘反应器中粘度、反应速率、脱挥速率、过程速率分布,逐盘进行计算,并用实际工业生产数据对模型计算结果校核,模型计算值与工业生产值相吻合,可以用于反应器计算。

### 3 工程技术开发工作。

以工程技术开发工作为核心,设计单位为主体并有科研单位和生产厂工程技术人员参与,在科研工作基础上提出工艺流程、工艺条件、控制方案、物料平衡、热平衡、原料规格及消耗定额、产品质量指标、公用工程规格及消耗定额等工艺软件,对酯化、预缩聚、终缩聚五台主反应器的结构、材质以及制造、检验和安装提出技术规定,完成全流程配套的设备选型等,形成  $10 \times 10^4\text{t/a}$  聚酯国产化成套技术基础设计,使各项技术经济指标达到国际先进水平。所取得的工程技术开发主要成果为:

#### 3.1 成功完成了大型聚酯装置的基础设计。

基础设计是把装置的专有技术转化为生产力的桥梁。国内虽然先后引进

了世界上各个公司的聚酯技术和成套设备,但国外工程公司为把持对聚酯技术的垄断,均把其基础设计作为技术秘密部分。因此,能否独立开展基础设计是具有自主知识产权和有无能力自主进行装置建设的标志。

在课题攻关中,工程设计单位首先根据开展装置工程设计的需要,对这一聚酯工艺技术开发的内容和目标提出具体要求。比如,要求定量计算酯化、缩聚过程速率;要对缩聚过程中反应速率控制和脱挥速率控制作出判定;定量计算后缩聚过程聚合物粘度的变化等等。这样使技术开发的科研工作和装置设计的要求紧密结合。在科研工作开展过程中,设计人员深入到实验工作中。每当科研工作取得阶段性成果时,设计、科研和生产人员在一起对成果作研讨,使得设计人员能理解和掌握开发的技术成果,也为科研工作的进一步深入明确方向。

在基础设计开展过程中,同时消化、吸收了引进装置的工艺技术和生产经验,运用课题开发的研究成果,在对酯化、缩聚过程内在规律分析的基础上,通过定量计算优选装置的工艺参数,开展反应器的工艺设计,完成了装置的基础设计。

本基础设计工艺技术具有以下先进之处:

### 3.1.1 酯化工艺优化。

在计算不同工况条件下的平衡酯化率基础上,选择确定第一酯化反应器达到的酯化率(高于90%),实现控制酯化率稳定。另外,我们采用较低温度、较低摩尔比的工艺条件,其效果一是降低酯化过程能量消耗,与高温(285℃)、高摩尔比(2.0)工艺相比,降低能耗30%;二是可以减少副产物乙醛的生成,而乙醛则是需要严格控制排放大气的污染物。

### 3.1.2 在明确缩聚过程速率控制步骤基础上优化缩聚工艺。

通过确定不同工况条件下缩聚过程速率控制步骤(反应速率还是脱挥速率),明确温度、压力、停留时间、催化剂以及比表面积等条件在缩聚过程不同阶段中的作用。比如,在反应速率控制阶段,温度和停留时间对提高聚合度是敏感参数;在脱挥速率控制阶段,比表面积是提高聚合度的关键;而压力是决定能

达到的极限特性粘度大小的关键参数。在此基础上,对缩聚过程工艺作优化。

根据对速率控制步骤的判别,分配三个缩聚反应器间的负荷,进行反应器设计。比如,在计算 280℃、1mbar 条件下反应速率控制临界特性粘度的基础上,通过提高第二预缩聚反应器出口的聚合度,减小后缩聚反应器的工作负荷,并可充分发挥圆盘转子在脱挥上的功能。

### 3.1.3 两个酯化反应器共用一个浮阀塔。

采用高效的组合导向浮阀塔盘分离乙二醇和水。设计中采用了国内专利产品导向浮阀塔,属国内外聚酯装置之首创。它具有可以消除塔盘上的液面梯度和液体滞留区、液体返混很小、使用中浮阀无磨损等特点。与引进装置中传统笨重的泡罩塔相比,它的处理量大、分离效率高,生产易于控制且设备造价较低。

### 3.1.4 独立完成装置的控制系统设计。

本装置采用 DCS 控制系统,它的应用软件、组态、生成是自己独立完成的。在多年生产经验基础上编制了控制软件,例如对熔体粘度的控制软件,它成功地实现了对这一重要质量指标的准确控制,生产考核期间它的控制偏差仅在  $\pm 0.004$  之内,远远优于国外工程公司保证的  $\pm 0.01$ 。

### 3.1.5 采用乙二醇喷射真空系统

较有些引进装置的水蒸汽喷射真空系统生产能耗低且废水量大大减少,有利环保。

### 3.1.6 乙二醇在装置中全回用

降低了乙二醇的单耗。改进的乙二醇加入方式改善了后缩聚真空系统操作工况,提高了装置运转的稳定性。

### 3.1.7 设置尾气淋洗塔,使排放达到环保要求。

3.1.8 产品质量和原料及公用工程单耗与国外最新引进装置相比,国产化的聚酯装置均达到 90 年代后期国际先进技术水平,部分指标甚至优于国际先进技术水平(详见生产考核数据)。



3.1.9 大型国产化聚酯装置的投资与成套引进装置相比可节约 50% 以上。将十分有利于降低产品生产成本,大大增强产品竞争力。

### 3.2 聚酯装置工艺设备的成套国产化。

本课题研制的生产线,在工艺流程上从 PTA 的日料仓到熔体出料泵,还包括相应的辅助设施,如催化剂配制、消光剂配制、过滤器清洗。整个装置共计各类容器 42 台(其中包括五台反应器)、换热器 13 台、机泵 56 台、机械 36 台。除对反应器进行重点开发研制外,还必须对各配套设备的国产化进行分析研究,减少进口,实现整条生产线的国产化。

首先对国内设备制造厂家作调研,了解产品性能,然后先在仪化公司引进装置的增容改造中试用经过选择的设备,在此基础上再应用于本课题依托工程仪化公司 10 万吨/年聚酯装置上。这样,通过分阶段的扎实工作,最后在基础设计中,按台件数计工艺设备的国产化率达到 93%,按投资计工艺设备国产化率达到 80%。依托工程成套设备自去年十二月投产以来稳定运行,经受了生产检验,证明国产化设备是可靠的,达到了引进装置的同等先进水平。

## 4 五台主反应器的设计、制造和检验的攻关。

以五台主反应器技术攻关工作为核心,设计单位和机械制造厂为主体,生产厂工程技术人员参与,根据工艺技术确定的反应器结构方案及设计条件,研究解决不锈钢复合钢板的采用;反应器壳体强度、刚度、稳定性的计算;反应器加热系统;缩聚反应器主轴及转子等关键技术问题。制订制造、检验和安装技术规范等工作,形成大型聚酯装置主要设备国产化制造能力。攻关工作中所解决的主要技术问题和主要成果为:

4.1 五台反应器由不锈钢改为内筒用不锈钢和低合金钢复合钢板,夹套用低合金钢,以减少投资,节约不锈钢用材,并降低内筒热阻。

为保持物料清洁,反应器内筒应选用不锈钢,而夹套内为热媒,只需碳钢,但若内筒用不锈钢、外筒用碳钢,由于二者热膨系数相差很大,在操作温度下热应力无法解决,故过去内筒、夹套均用不锈钢制造,造价高昂。

为了克服这一困难,内筒改用不锈钢和低合金复合板,因复层厚度仅 3mm,

不会造成限制性热应力,顺利解决了夹套采用碳钢后的热应力问题。本攻关课题的五个反应器中,夹套用板材占全部器体用板材的 55% 以上,节约效果明显,设备费用约降低 1/4。大直径大型立式搅拌釜(第一酯化反应器 > 4000mm)采用复合板在国际上亦属先进。

为得到质量可靠的复合板,我们曾与日本公司及我国的太原钢铁公司、西北有色金属研究院、大连爆炸研究所、四川宜宾复合钢板厂研讨,对大型高温反应器特别是负压工况下复合板的质量条件、保证办法以及复检程序、贴合率、撕裂强度等逐项进行研究,对加工和检验状况进行了调研,确定了使用国产复合板的厂家,并对有关问题制定了技术措施。国产复合板的质量优于国外产品,可保证 100% 贴合率,而国外复合板贴合率保证值一般为 98%。

#### 4.2 解决了“L”形夹套与筒体的整体强度(刚度)计算问题。

由于反应器采用液相热媒,为保证热媒有序流动,提高传热效率,同时,也为对反应器内筒予以支持,以减少内筒壁厚,设计采用了“L”型夹套。

采用“L”型夹套与筒体焊接结构,形成一种复合加强结构,夹套对内筒起了很大的支承和增强作用。但由于结构复杂,以往设计此类型反应器时,并无成熟的计算方法,若沿用国际 GB150 中的普通外压容器的计算方法进行计算,完全忽略了“L”型夹套的增强作用,因此造成内筒壁厚过大,随着反应器的容积加大,普通外压容器计算方法得出的结果使反应器的造价上升,热阻加大,且因壁厚较厚使封头旋压困难、在国内难以解决。通过与全国压力容器标准化技术委员会合作,采用应力分析设计方法,用有限元计算,正确确定了内筒和夹套的壁厚。结果使反应器用材大幅度下降,造价降低 1/4 强,同时使大型复合板之碟形封头在国内旋压成为可能。为确保计算和设计符合实际,又组织清华大学、全国压力容器标准化技术委员会对反应器实际受力状况进行了应力测试,证明计算结果与实际受力情况吻合。

现将 10 万吨/年的酯化反应器和仪化八单元增容改造的酯化反应器在不同计算方法下设计的有关参数列表对比如下:

	设计容积 m <sup>3</sup>	筒体直径 (mm)	筒体壁厚 mm 材料	夹套厚度 mm 材料	封头壁厚 mm 材料	封头夹套壁厚 mm 材料
八单元 R01	80	4200	22 1Cr18Ni9Ti	20 1Cr18Ni9Ti	32 1Cr18Ni9Ti	22 1Cr18Ni9Ti
10万吨/年 R01	92	4600	基材 16 + 复层 3 复合板	16 16MnR	基材 23 + 复层 3 复合板	22 16MnR

#### 4.3 解决了大型盘管式内加热器的设计和制造问题。

第一酯化反应器内盘管总长度达到数千米,竖向有 10 组 20 层,每组长度达到几百米,受热后沿长度方向线膨胀量很大,必须解决热膨胀应力问题和采取适应吸收此膨胀量的措施。

为了解决以上问题,盘管的支承作成了能沿轴向和径向达到刚性支持和保证限位的目的。而在圆周方向,则能使管子自由伸张,以减少热应力,并使与器体的连接结构在此变形的条件下,不会破坏。

另外,为了避免盘管系产生共振,造成设备损坏,在设计中调整了支架型式、间距,改变盘管固有频率,避开了共振区。

#### 4.4 完成了对终缩聚反应器主轴及圆盘的研制工作。

主轴全长超过 12 米,毛坯尺寸更大,材料选用按德国工业标准 DIN1.4122 (近似 3Cr17NiMo) 炼制的钢材,轴成材要经冶炼——铸锭——电渣重溶——锻造——粗车——热处理(调质)——精车——表面处理等一系列工序。如果采用单轴必需启用超大型井式炉和万吨水压机进行锻造,经与国内外多个知名厂家研究,皆由于批量少,致使轴的价格过高;另一方面,12 米长的轴,轴系挠度过大,对密封的影响难以控制。针对这两个问题,并考虑到本反应器内物料在进出口段粘度相差很大,工艺上并不需要圆盘同步转动。为此提出了单轴在适当的位置断开,改为串连的两根轴,中间加支撑、分别传动的结构,既解决了主轴制造的难题,又减少了轴的挠度,可以使传动密封更为可靠,同时由于各轴转速可根据不同粘度要求分别控速,对工艺更为有利。

圆盘的尺寸较大,为减轻轴系的重量,所以圆盘用板很薄,按全釜物料粘度

由进料侧向出料侧逐渐加大而分区,圆盘的厚度与结构也随之不同。

#### 4.5 解决了卧式反应器转子的挠度这个反应器密封的关键问题。

早期进口的反应器曾因设计不当造成密封困难。故在本项目研制和设计中充分注意到这一问题,建立了转子挠度的计算程序。分别对光轴、轴系(包括装上电机减速机)及运转时(有物料载荷)的三种工况下发生的挠度进行了精确计算,针对轴径和挠度作了优化组合。经测试,证明计算方法是准确的。

#### 4.6 制定了反应器的制造、试验、检验技术条件。

为确保反应器的质量,课题组专门编制了反应器的制造、试验、检验技术要求,对反应器分别进行冷态和热态试验。

冷态试验要进行强度及气密(氦检漏)试验;热态试验则要求模拟实际工况,在反应器内通入热媒,按一定升温速度,升温至热试温度。经过规定的热冲击,然后按要求降温。经热冲击后,重新试压。

为了创造热试条件,还设计、建立了热试试验台(包括热媒储罐、热媒加热炉、热媒膨胀槽、控制系统和相应工作台与管线和仪表),实践证明是有效的,也是必须的,对确保反应器的质量、保证开车一次成功起到了关键的作用。

立式反应器的加热盘管,支承对位要求高、间距小、密度大,一旦出现泄漏,根本无法补救,因此在技术条件中对盘管的成形、试压、焊接接头质量及组装技术均提出了很高的要求,且组焊后的管接头焊缝进行100%射线探伤,并进行气密性试验和氦检漏,以保证制造质量。

### 5 依托工程的建设、试车、生产、考核与验收。

以生产企业为主体,采用自主开发的技术软件包和国产化设备建设一条正常生产时间不低于8000hr,产量为 $10 \times 10^4$ t/a的国产化成套聚酯装置,并开发出相应的生产运行、维修、安全、质量控制等一系列生产技术及管理软件。所取得的主要成果为:

#### 5.1 高速度、高质量的建设依托工程。

自1999年9月,仪化聚酯十一单元建设项目的初步设计通过中国石化集

团公司组织的审查后,仪化公司立即着手开展项目建设的组织工作。从 1999 年 10 月 17 日正式破土动工到设备的安装调试,通过精心组织协调、合理安排,在确保质量的前提下,多管齐下,五台主反应器吊装,电气仪表系统的安装、调试、系统的标定、冷检、热检,DCS 系统的组态和调试等关键工程都完成得非常出色。经过严密的生产准备,精心组织试车,缩短了试车周期。在开车前一次通过中国石化集团公司工程部组织的检查,整个项目的建设周期仅为 14 个月,实现了投料试车一次成功,创国内聚酯装置建设周期最短记录。

**5.2 结合国产化聚酯装置的工艺技术特点,精心编制工艺技术手册以及生产操作、安全规定、化验、检修要领等生产技术软件,在全部试车过程中,始终坚持科学严谨的工作态度,对单机和联动试车技术方案进行反复讨论和优化。**

特别是最关键的最终缩聚圆盘反应器的试车过程中,专门制定了周密的工作计划和行之有效的预案办法,既掌握了其特有的操作技巧,又增加了对双端驱动搅拌器运行经验的积累。将仪化成立以来对聚酯生产技术经验全部融入开车方案,对开车参数反复的核算和确定为装置开好开稳,为最短时间内达到生产优等品的目标打下了坚实基础。

**5.3 装置一次投料开车成功,转入正常生产并通过考核。**

仪化国产化聚酯装置于 2000 年 12 月 8 日一次投料开车成功,并转入正常生产阶段,通过近半年来的生产运行,装置的生产能力得到了验证,机械、电气、仪表及控制系统经受了考验,从 2000 年 12 月 8 日至 4 月 30 日,装置的生产负荷平均在 350t/d 以上,产品的产质耗指标达到或超过了设计值,尤其在产品的内在质量方面,用户的反映良好,在 2000 年 4 月份还组织生产了出口欧洲的半消光切片,另外还分阶段进行了装置的升负荷试验,预计通过消瓶颈后可在 400t/d 稳定运行。2001 年 3 月 21 日至 24 日,中国石化股份公司科技开发部同意并派人参加对聚酯十一单元进行了 72 小时考核,通过考核全面掌握了国产化聚酯装置的各项技术经济指标,证实了仪化国产化聚酯装置的各项指标达到或优于设计值。具体考核情况为:

### 5.3.1 生产考核情况

(1)切片产量:在 72 小时考核期间,共生产合格半消光切片 1064.08 吨,日

均 354.69 吨。

(2)原辅料消耗: PTA 消耗为 859.69kg/t, EG 消耗为 334.85 kg/t, TiO<sub>2</sub> 消耗为 3.28 kg/t, Sb(AC)<sub>3</sub> 消耗为 0.35 kg/t。而最新引进国外成套技术同类装置 PTA 消耗为 862 kg/t, EG 消耗为 336kg/t。

(3)主要工艺指标:考核期间,生产装置运行稳定,酯化、缩聚及切粒等系统均运行正常,未出现异常波动;工艺指标考核共跟踪了 28 个重要参数,其合格率与平稳率都为 100%;工艺参数平稳,控制点安全受控。

### 5.3.2 质量考核情况

考核期间,十一单元半消光切片的质量特性指标全部达到考核要求,其中铁含量、 $\geq 10\mu\text{m}$  的凝聚粒子和色值指标优于设计值。

### 5.3.3 能源消耗考核情况

72 小时考核期间,十一单元公用工程满足生产需求,综合能耗折标煤为 134.45 kg/t,优于装置设计值(138.51kg/t),而最新引进国外成套技术同类装置则为 209.83kg/t。

### 5.3.4 机电考核情况

#### (1)机械

该装置的设备选型合理,自投产以来,设备运行平稳可靠,在 72 小时考核期间,设备运行的温升、压力、振动、电流、噪声等各项指标均符合设计值,操作环境整洁,无跑冒滴漏。经过 72 小时的考核,证明机械设备技术先进,运行平稳,各项指标达到设计值,满足生产要求。

#### (2)电气

该装置电气系统的选型及技术方案是较先进的。电气设备中变压器、低压配电柜、MCC 柜和变频防爆电机均实现了国产化,其变频调速系统设计可靠,运行稳定,经受住了开车和升负荷的考验。经过 72 小时考核,证明电气设备符合设计标准,满足生产装置工艺和机械设备运行要求。

### 5.2.5 仪表考核情况

考核期间,控制系统及 DCS 运行正常,所有参数记录、报表打印、过程报警

功能齐全,能达到工艺控制要求;18个主要仪表联锁系统投用并正常运行;全部控制回路调节参数合理,调节系统全部自动运行,调节品质良好,能满足生产要求。

通过考核证明,该装置的自控仪表设计合理,选型先进,运行可靠,具有较高的自动化水平,能达到工艺控制要求。

以上各类生产考核指标达到当前世界先进水平说明,我们已成功实现把课题开发的技术成果转化为生产力,同时表明,我们开发的聚酯技术和研制的成套设备具有当前世界的先进水平。

本课题已通过国家经贸委组织的“九五”国家重点科技攻关项目的验收以及中国石化股份有限公司组织的技术鉴定。

## 6 项目实施的意义。

仪化十一单元的建成投产,不仅对仪化公司,而且对于推动我国的聚酯工业的进步有着十分重要的作用,同时对我国的石化工业发展也有深远的历史意义和重要的现实意义。

6.1 通过实施本项目,扭转了国外聚酯厂商长期垄断我国聚酯工程技术的被动局面,采用国产化工艺和设备技术建设聚酯生产装置,可以形成我国自有聚酯装置工艺设备成套技术,建立一支专业化的技术开发、工程设计、工程建设、设备制造队伍,从此结束聚酯装置技术设备成套引进一统天下的历史。

6.2 实施本项目,可以带动国内相关产业的发展和技术进步,振兴我国民族工业,提高综合国力水平。

6.3 实施本项目经济效益明显,为提高仪化公司盈利水平奠定良好的基础。

(1)节省建设投资。本依托工程的投资约为15000万元,与同等规模引进装置的投资相比有较大的节省。

(2)缩短建设周期。国产化装置的建设周期在19个月以内,本依托工程聚酯装置建设期仅14个月。

(3)按2000年底原料和产品价格测算,装置年创经济效益将达到1.7亿元。

采用国产化的技术设备建设聚酯装置和对老聚酯装置实施增容技术改造,可以降低投资成本,进一步挖掘老聚酯装置的潜力,提高企业的国际竞争力。

## 7 国产化工程技术开发工作的体会。

根据中国石化仪化股份公司组织国产化聚酯工程技术开发的经验和总结,有几点体会可供其它项目借鉴。

7.1 以企业为创新主体,组织工厂、院校、设计单位、制造厂等为一体的产、学、研相结合的形式,进行重大装备和技术的攻关是一种有效的方式。

7.2 树立技术创新的观念,在消化吸收引进技术设备的基础上瞄准世界先进水平,在高起点、高标准的前提下组织实施。

7.3 以工程技术开发为核心,在工艺软件包及重大工艺装备攻关方面软硬件并重,形成自主知识产权的技术和工程化能力。

7.4 采用先进的、科学的方法,如对各工艺过程进行分析,建立有效实验设施(包括冷模、热模试验及必要的中试),建立过程模型并采用计算机模拟和仿真技术以及采用工业生产装置实际运行操作数据进行验证校核模型等,以满足工程设计上各有关计算的要求。

7.5 从对现有装置的技术改造入手,将开发的国产化聚酯技术和装备分步实施,逐步完善并形成成套工程化技术。

7.6 有国家计委、国家经贸委、中国石化集团公司、国家纺工局以及企业领导的大力支持。如列入国家“九五”重大装备国产化攻关项目以及中国石化“十条龙”攻关项目,在人、财、物等方面到位,依托工程落实等才得以全面完成攻关任务。

## 8 对国产化聚酯工程技术应用的展望和建议。

8.1 以中国石化仪征化纤股份有限公司为主体开发的国产化聚酯工程技术,在仪化老聚酯装置技术改造增容以及产品结构调整中已见成效,并已在四套装置上推广应用。此外,在辽阳石油化纤  $20 \times 10^4 \text{t/a}$  聚酯装置改造增容到  $30 \times 10^4 \text{t/a}$  工程项目中取得成功。最近又成功地技术转让给国家计委批准立项的浙化联以及齐鲁化纤  $400 \text{t/d}$  聚酯装置。该技术具有巨大的发展前景。如能在



全国聚酯装置技术改造及扩建中推广应用,将对调整我国聚酯产业结构,增强竞争力起很大的作用。

8.2 目前全国正在兴起新一轮新建聚酯热,建议政府除对总量进行控制外,还应对盲目成套引进聚酯技术和装备进行限制,支持和鼓励应用国产化大容量聚酯工程技术及装备,国内完全有条件进行工程总承包。今后也可以参加聚酯装置国际工程承包竞争。

8.3 在现有成果的基础上,建议进一步组织对规模 600t/d ~ 900t/d 聚酯装置进行成套工程技术和装备的开发工作,并进一步拓展,开发大容量共聚酯(CP)及固相增粘瓶级聚酯(SSP)技术和设备。

8.4 应用本项目开发的经验,在聚酯工业的相关产品如大容量直纺涤纶短纤维、直纺涤纶长丝以及原料 PTA 的国产化成套工程技术的装备的开发,以免再重复引进国外成套聚酯装置之错误。

#### 参考文献

- (1)潘勤敏.聚合物系质量传递[M].杭州:浙江大学出版社,1996
- (2)张 伟.高粘物系脱挥反应器开发及其在聚酯工业中的应用[D].上海:华东理工大学,1996
- (3)王良生.旋转圆盘上的滚膜运动与物质传递[D].上海:华东理工大学,1999
- (4)赵 玲.聚酯缩聚反应与脱挥[D].上海:华东理工大学,1999
- (5)朱中南,戴迎春,赵玲等.聚酯引进装置的增产改建[J].聚酯工业,1995,4:2
- (6)祖荣祺.聚酯酯化、缩聚反应器机械设计分析[J].聚酯工业,1996,2:13 ~ 44
- (7)蒋士成.加强工程技术开发,发展中国聚酯工业[J].中国工程科学,2001,3:27 ~ 33