

百万吨级精对苯二甲酸 (PTA) 成套技术

■ 2013 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

中国石油 PTA 技术先进实用！





目 录

1 简介	3
2 特色技术	4
3 典型案例	12
4 科研装备	13
5 资质与标准	16
6 专家团队	18



中国石油

中国石油天然气集团公司（简称“中国石油集团”，英文缩写：CNPC）是根据国务院机构改革方案，于1998年7月在原中国石油天然气总公司的基础上组建的特大型石油石化企业集团，系国家授权投资的机构和国家控股公司，是实行上下游、内外贸、产销一体化、按照现代企业制度运作，跨地区、跨行业、跨国经营的综合性石油公司，主要业务包括油气业务、石油工程技术服务、石油工程建设、石油装备制造、金融服务、新能源开发等。中国石油天然气集团公司2012年国内生产原油1.1亿吨，生产天然气798.6亿立方米，加工原油1.91亿吨，全年实现营业收入2.69亿元，实现利润1391亿元。

2012年，中国石油在美国《石油情报周刊》世界50家大石油公司综合排名中位居第4位，在《财富》杂志全球500家大公司排名中位居第6位。

中国石油天然气集团公司履行资源、市场

和国际化战略，坚持“主营业务战略驱动，发展目标导向，顶层设计”科技发展理念和“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”的指导方针，以国家科技重大专项为龙头、公司重大科技专项为核心、重大现场试验为抓手、重大装备、软件、产品、标准为载体，持续推进科技进步，提升科技创新能力，取得一大批具有自主知识产权的先进实用技术。

百万吨级精对苯二甲酸（PTA）成套技术就是具有代表性的重大创新成果之一。

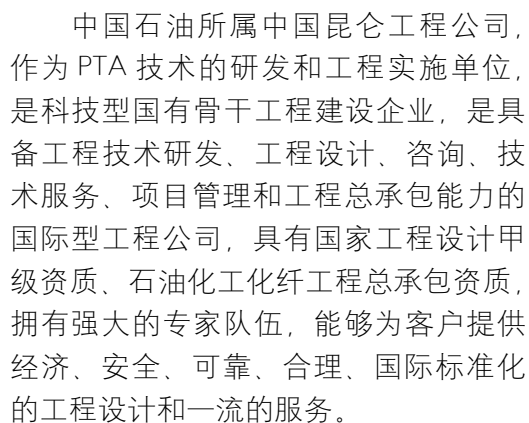
中国石油可以提供从 $60 \times 10^4 \text{t/n}$ 到 $210 \times 10^4 \text{t/n}$ 的PTA生产技术，并可提供工程咨询、工程设计、工程总承包以及技术改造等服务。

中国石油具备系列大型PTA装置（ $60 \times 10^4 \text{t/n}$ 、 $90 \times 10^4 \text{t/n}$ 、 $120 \times 10^4 \text{t/n}$ 、 $150 \times 10^4 \text{t/n}$ 、 $180 \times 10^4 \text{t/n}$ 和 $210 \times 10^4 \text{t/n}$ ）成套能力，为企业提供PTA技术的全面解决方案，与您共享PTA领域的先进技术和成功经验。

奉献能源 创造和谐

简介

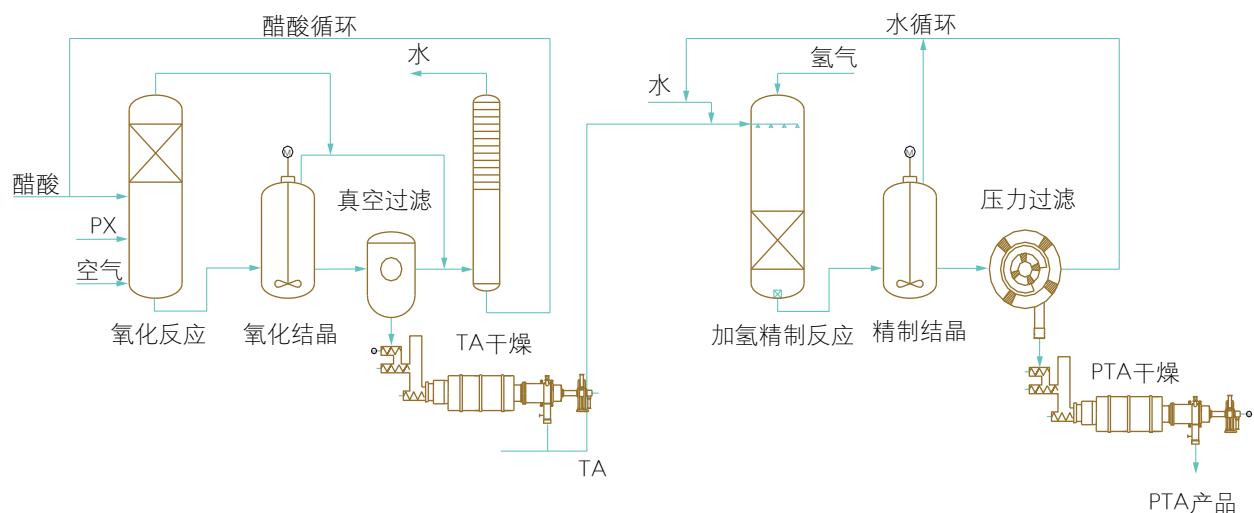
中国石油致力于 PTA 的开发研究。经过不断的探索研发改进，取得了 PTA 关键技术的突破，形成了百万吨级 PTA 的成套技术和装备，技术水平达到国内领先、国际先进。该技术具有完全自主知识产权，22 项专利，其中 4 项为国际专利。



2

特色技术

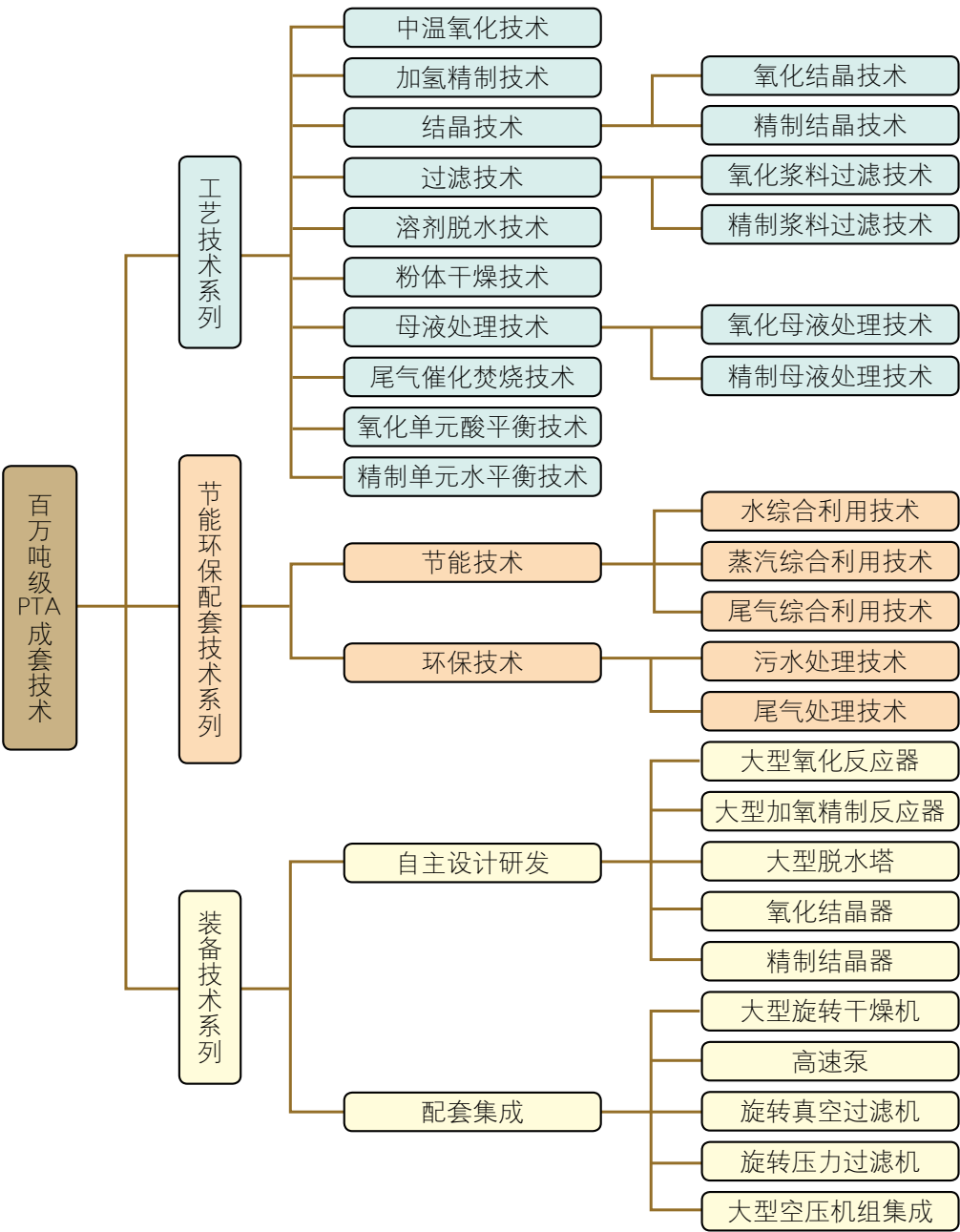
PTA 技术以对二甲苯 (PX) 为原料，醋酸钴、醋酸锰为催化剂，氢溴酸为促进剂，在中温、中压条件下生产出粗对苯二甲酸 (TA)，TA 再经加氢精制生产出产品 PTA。



工艺流程简图

百万吨级 PTA 成套技术在氧化技术、结晶、溶剂回收、尾气及副产蒸汽的综合利用、废水处理、催化剂的回收等方面具有独特的技术特点。

PTA 成套技术包括工艺、节能环保配套和装备等三大系列，共 28 项特色技术。各单项技术不仅适用于 PTA 项目，也可用于类似 PTA 产品的生产过程。



PTA 成套技术

采用中国石油百万吨级 PTA 技术生产的产品质量达到优级品，其规格如下：

PTA 产品规格表

序号	项目	指标
1	外观	白色粉末
2	酸值 (mg-KOH/g)	675±2
3	灰分 (μg/g)	≤ 9
4	总重金属 (Mo, Cr, Ni, Co, Ti, Mn, Fe) (μg/g)	≤ 4
5	对羧基苯甲醛 (4-CBA) (μg/g)	≤ 25
6	对甲基苯甲酸 (PT 酸) (μg/g)	≤ 150
7	水分 (%)	≤ 0.2
8	色度 (APHA)	≤ 10
9	b 值	≤ 1.2
10	典型产品平均粒度 (μm)	110±20

通过工艺优化，严格控制对二甲苯、醋酸、催化剂及其他原料的消耗，有效降低生产成本。

2.1 中温、中压氧化工艺

世界上主要 PTA 生产工艺技术有三类，分别为高温、中温、低温生产技术，三类工艺各有特点。中国石油 PTA 技术综合各种工艺的优点，取其长而避其短，氧化工艺采用中温、中压条件进行反应，拥有较大的优势。既避免了高温技术压缩机和反应器投资大、HAc 消耗高的缺点，同时也避免了低温技术中母液处理、催化剂回收流程复杂的缺点。

与其他工艺技术相比，中国石油的 PTA 技

术具有操作条件温和、产品质量好、PX 等原料单耗低、综合能耗低等特点，综合技术达到了世界先进水平。

2.2 鼓泡塔式氧化反应器

采用具有创新理念的无搅拌式氧化反应器——鼓泡塔式反应器，钛—钢复合板制造，采用两段组合塔式结构，上部为脱水填料段，下部为气液反应段，采用创新设计的压缩空气组合进气分散结构，替代大型机械搅拌器。

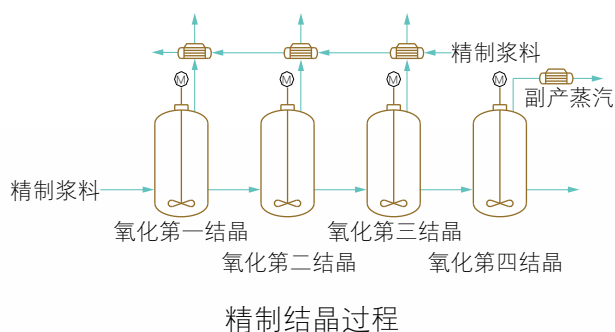
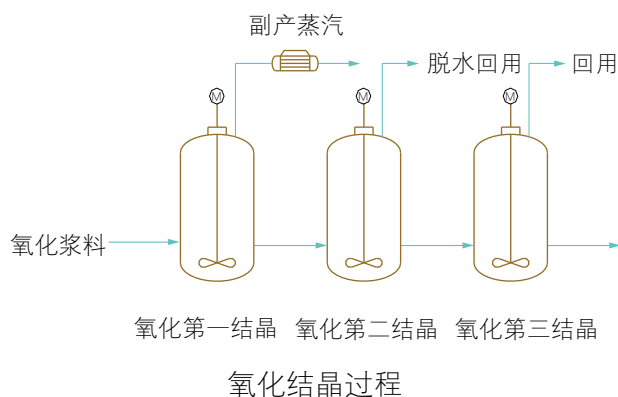


氧化反应器

与其他 PTA 氧化工艺相比，该技术无需配置大型机械搅拌器，而且搅拌效果更好、操作更方便、介质分散均匀、能耗低、转化率高、运行成本低、产品质量稳定。

2.3 分段结晶技术

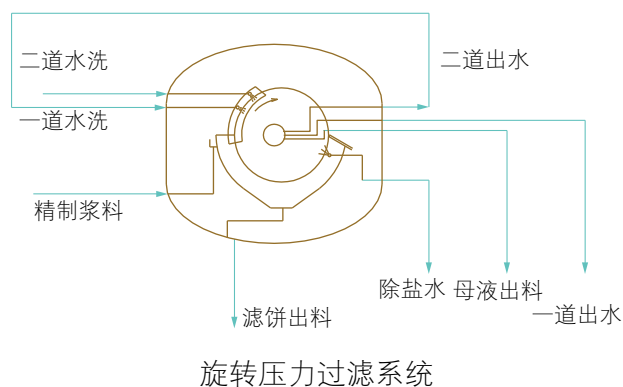
氧化结晶采用三段闪蒸结晶技术，精制结晶采用四段闪蒸结晶技术，通过温度、压力和停留时间等工艺参数的调整，控制成品晶体的粒径，并将闪蒸出来的蒸汽进行热量回收利用，有效地降低装置的能量消耗。



其中，精制结晶技术采用四段流程，与其他工艺五段流程相比，流程更短、设备投资更节省、更易于操作、运行成本更加低廉。

2.4 旋转压力过滤技术

PTA 浆料采用旋转压力过滤技术，通过分区多级洗涤、脱湿、吹落等实现浆料固、液物料分离，同时实现了母液和洗液分类收集。



旋转压力过滤技术获得国家发明专利，已经在精制浆料的处理中得到了应用，还可应用于氧化浆料的处理过程。

2.5 粉体干燥技术

采用旋转干燥技术，通过蒸汽间接加热和干燥机旋转使粉体受热均匀，并由惰性气体将粉体内的醋酸或水分带出。

通过实验研究，调整操作条件，将氧化干燥机设备的材质由双相钢降为 316L，大大地节省了设备投资。

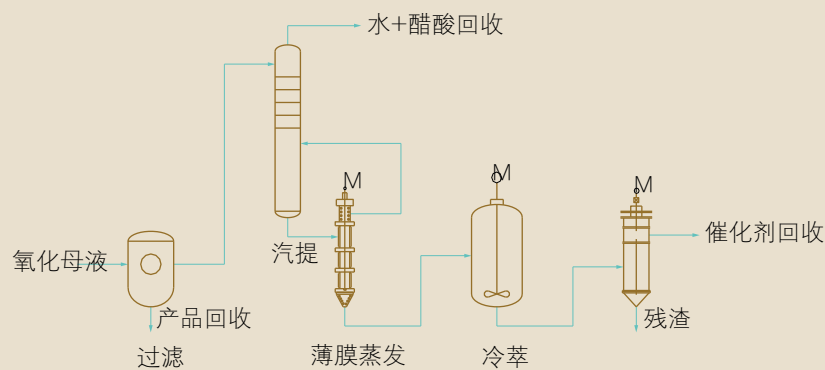


旋转干燥机

2.6 母液处理技术

母液处理技术包括氧化母液处理和精制母液处理。

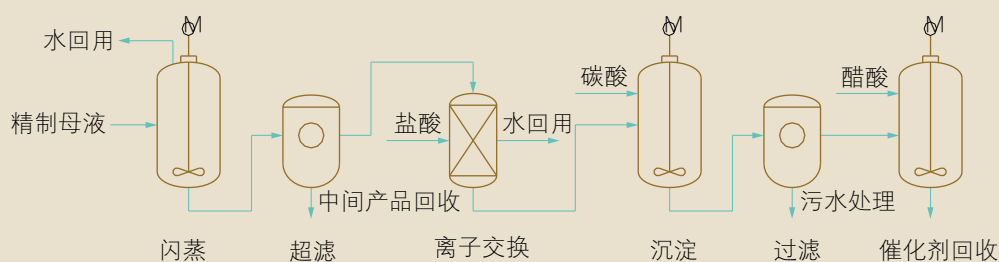
氧化母液 95% 直接回用，5% 采用过滤、汽提的方式浓缩，将大部分醋酸、水与非挥发性组分分离；浓缩母液由薄膜蒸发器蒸发回收溶剂，底部残液进行分离处理后，残渣送界外统一处理，液相进行催化剂提浓后回用。



氧化母液处理流程图

精制母液经闪蒸浓缩、超滤回收中间产物后，再经离子交换脱除铁、镍金属离子杂质后，对钴、锰金属离子进行选择回收；离子交换出水部分直接回用，其余经反渗透系统降低 COD 后回用。

通过对氧化、精制母液处理，实现了酸、水、催化剂等不同有用物质分类回收利用，酸溶剂的回用率可以达到 95% 以上，水的回用率可以达到 50% ~ 70%，催化剂的回用率可以达到 80% ~ 90%，并将固体、液体废物处理后达标排放，既降低了生产成本，又保护了环境。



精制母液处理流程图

2.7 水综合利用技术

氧化反应过程中副产的水主要用作放空塔喷淋，喷淋液经污水处理进行净化后回用，回用率可达到 98%；精制结晶闪蒸凝液通过精制反应浆料的加热、喷淋洗涤、浆料浓度调节等应用，从而实现水在系统内自循环。

通过对水综合利用，结合先进的精制母液处理技术，使装置中水的用量大大降低，每吨除盐水单耗可以控制在 1.2 ~ 1.6t/t。

2.8 能量综合利用技术

对装置内所需蒸汽采取了分压级、分量的副产技术，根据热源品质和用户需求，副产不同等级的蒸汽，并将多余的蒸汽用于驱动空压机组和发电机组做功、发电以平衡系统内的能量利用。

将部分氧化焚烧处理后的氧化尾气干燥，用于装置内惰性气体使用，多余部分送入尾气膨胀机驱动压缩机做功，实现能量回收利用。通过对能量的综合利用，实现了年产 $140 \times 10^4 \text{t/a}$ 的 PTA 装置发电量达到 $18000 \text{kW} \cdot \text{h}$ ，不仅平衡了主装置内的用电消耗，还可对外净发电 $35 \text{kW} \cdot \text{h/t}$ (PTA)，大大节约了能源。



大型空压机组

2.9 污水处理技术

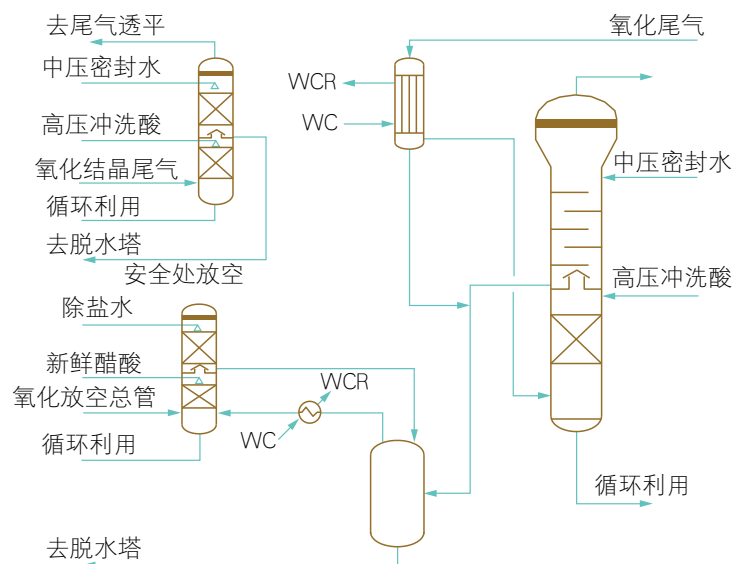
生产过程中的污水通过沉淀、pH 值调节、厌氧、好氧、膜分离和反渗透等综合处理，处理后的水返回至装置作为循环冷却水补水，可以实现了 70% 以上水的回用，降低了对新鲜水的需求，节约了成本。



污水处理站

2.10 尾气处理技术

针对装置内排放气体含有酸、固体颗粒、有机物等不同成分，采取酸、除盐水、碱等不同方式进行喷淋洗涤。并根据排放气体的压力不同，分别采用高压吸收塔、中压吸收塔、常压洗涤塔进行差别化处理，以实现排放气体达到环保要求，并将有用产品回收利用。



尾气处理流程图

3

典型案例

中国石油百万吨级 PTA 技术已在国内多家企业得到应用，并同多家国内外企业进行技术洽谈，应用前景不断拓宽。

3.1 重庆蓬威石化有限公司年产 90 万吨 PTA 工程

重庆蓬威石化有限公司年产 90 万吨 PTA 装置于 2009 年 11 月投产，产品质量、物耗和能耗都达到国际先进水平，是国内首套使用拥有自主知识产权技术的 PTA 装置，具有里程碑式的意义。

中国石油 PTA 团队克服了没有国内技术先例可参考，大型设备国产化程度高，工程设计、施工难度大等困难，通过自主创新、联合攻关，装置的顺利投产，标志着中国石油 PTA 技术开发成功。



3.2 绍兴远东石化有限公司年产 140 万吨 PTA 工程

绍兴远东石化有限公司年产 140 万吨 PTA 装置于 2012 年 5 月投产，是中国石油自主 PTA 技术的第三套装置，从开工到投产历时 25 个月，创造了国内 PTA 装置建设期最短纪录。

装置在已投产装置的基础上，继续优化工艺设计，进一步降低了物耗、能耗，综合能耗低于同行业 8%。标志着中国石油 PTA 技术已经成熟，并实现了产能的多元化，迈进了世界先进行列。

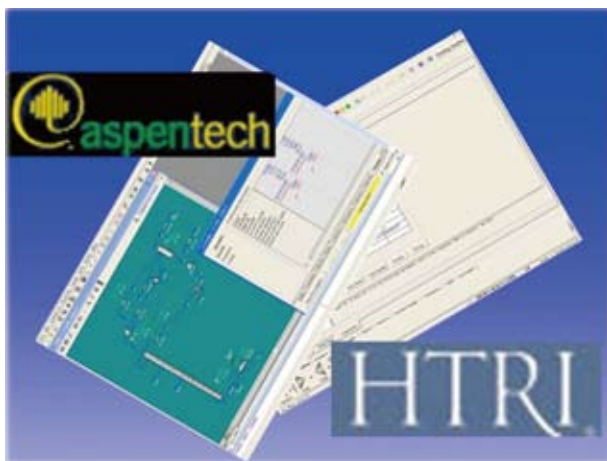


4

科研装备

4.1 齐备的工程开发软件

拥有 Aspen plus、Hysis、Pro II、HTRI 等工艺流程模拟软件，可以进行装置关键工艺设备、单元流程和整个装置全流程的分析和模拟，为工程开发和工程设计提供坚实的基础；通过能量综合利用分析，研发 PTA 装置进一步节能降耗的措施。



4.2 重点科研突破

与国内多所知名大学合作，开展工程开发关键技术研究，保持技术的先进性。

(1) 与浙江大学合作开展氧化反应研究，通过热态模拟实验建立了可靠的气液反应动力学模型；通过冷态模拟实验，对反应过程中混合与固体悬浮特性、气含率、气液传质速率、

内外构件影响进行了研究，获得了气含率与气液传质速率的计算式，明确了过程的速率控制步骤，了解了气体分布器、外循环管、脱水段的水力学性能。进而提出 PTA 生产装置鼓泡塔式反应器的工艺设计参数。



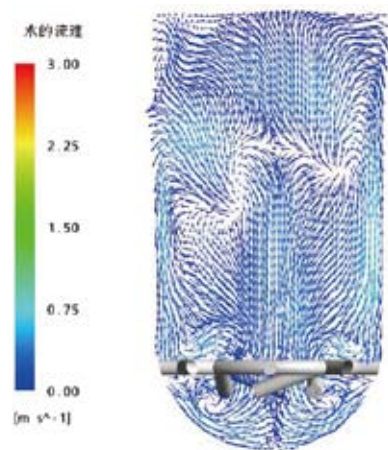
热态模拟实验装置



冷态模拟实验装置

(2) 与天津大学合作开展结晶动力学研究，通过结晶热力学的试验研究获得 TA 在氧化反应液中的溶解度和结晶介稳区宽度数据，通过结晶动力学试验研究获得 TA 在氧化反应液中的结晶动力学方程，在此基础上建立 TA 多级降压蒸发结晶过程的数学模型，完成 TA 连续多级降压蒸发结晶过程的模拟，提出 TA 结晶器的工艺设计参数。

(3) 与北京化工大学合作开展氧化反应器冷态模拟实验，对工艺设计参数进一步验证。



氧化反应器模拟实验

4.3 设备研制开发

具有大型化工装置复杂特材设备的研发和设计能力，并与国内多家专业设备制造企业开展 PTA 成套装备关键设备合作研制工作。与南京宝色股份公司合作研制氧化反应器等钛材设备，与中航黎明锦西化工机械（集团）有限公

司合作研发 PTA/TA 干燥机，与中国石化南化公司机械厂共同研发精制反应器和结晶器，与陕西鼓风机厂、沈阳鼓风机厂合作开发大型空压机机组等。



中温氧化反应器



PTA 试验干燥机



大型空压机机组

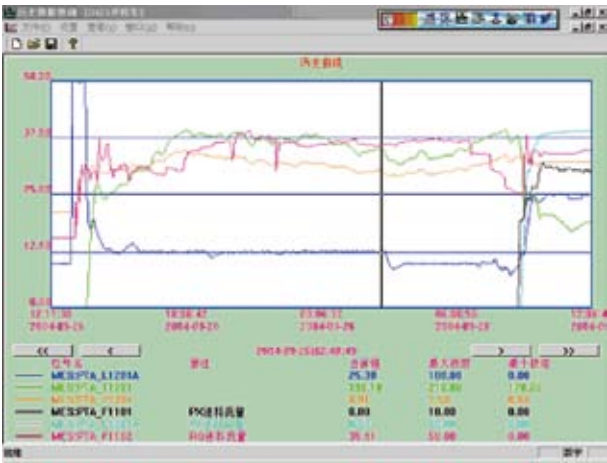
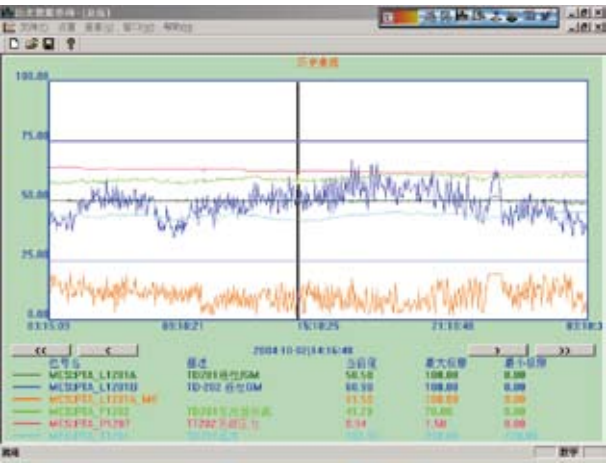
4.4 中试装置试验

在工艺流程模拟、重点实验研究和小试装置试验的基础上，开展中试装置试验，对已获得的工艺操作参数和控制方案进行验证。

2004 年和 2005 年，依托济南正昊 7.5 × 10⁴t/n 的 PTA 装置作为中试装置，对关键的中温氧化技术、精制工艺技术和结晶技术等进行了系列工业化试验，取得了突破性的实验结果和极其有价值的数 据，有效地检验了基础实验结论和计算模拟的技术能力和水平，非常成功地验证了具有自主知识产权的中温氧化 PTA 成套技术。



济南正昊装置



5

资质与标准

(1) 获得国家颁发的工程咨询、工程勘察、工程设计、工程监理和工程总承包资质证书。



(2) 获得的质量管理体系和健康安全环境管理体系认证证书。



(3) PTA 工艺技术及成套装备共申请 22 项专利，其中国际专利 4 项。



(4) PTA 工艺技术及成套装备获得中国石油天然气集团公司和中国纺织工业协会颁发的科学技术进步一等奖。



(5) 在 PTA 装置的工程设计和建设中引用美国、欧洲等国际标准和国家标准，并主编 PTA 工程技术标准。



序号	专利号	专利名称	专利类型	状态
1	ZL03142246.2	一种生产对苯二甲酸用的气升式外循环鼓泡塔氧化装置	发明	已授权
2	ZL03209727.1	用于生产对苯二甲酸的气升式外循环鼓泡塔氧化装置	实用新型	已授权
3	200710108238.6	对苯二甲酸的分离提纯方法及其装置	发明	已授权
4	200719110271.2	一种分离提纯对苯二甲酸的新方法	发明	已授权
5	200810057722.5	PTA 装置反应尾气催化氧化处理及能量综合利用系统	发明	实审
6	ZL200810103270.X	PTA 装置精制母液回收方法和系统	发明	已授权
7	200810238996.4	高效回收利用 PTA 装置精制母液的简易方法和系统	发明	已授权
8	ZL200910076703.1	生产对苯二甲酸的 PX 氧化反应器	发明	已授权
9	200920106089.4	PTA 装置精制母液回收系统	实用新型	已授权
10	200920106088.X	高效回收利用 PTA 装置精制母液的简易系统	实用新型	已授权
11	200920106087.5	生产对苯二甲酸的 PX 氧化反应器	实用新型	已授权
12	200910090509.9	精对苯二甲酸制备中 TA 分离过滤的方法及系统	发明	实审
13	200910090510.1	精对苯二甲酸装置精制单元氢气回收方法及装置	发明	实审
14	200920173002.5	精对苯二甲酸装置精制单元氢气回收装置	实用新型	已授权
15	200920173004.4	有机酸性废水处理方法与系统	实用新型	已授权
16	200920173001.0	精对苯二甲酸制备中 TA 分离过滤的系统	实用新型	已授权
17	201010160611.4	对二甲苯氧化结晶装置	发明	已受理
18	201020176237.2	对二甲苯氧化结晶装置	实用新型	已授权
19	PCT/CN2009/075363	精对苯二甲酸装置制备中 TA 分离过滤的方法及系统	发明	已受理
20	PCT/CN2009/075352	高效回收利用 PTA 装置精制母液的简易方法和系统	发明	已受理
21	PCT/CN2009/075361	精对苯二甲酸装置精制单元氢气回收方法及装置	发明	已受理
22	PCT/CN2009/075384	生产对苯二甲酸的 PX 氧化反应器	发明	已受理

6

专家团队



罗文德 工程设计大师，长期从事化工、化纤工程设计、技术开发及技术管理工作，主持完成了聚酯四釜流程工艺和装备研发暨国产化聚酯装置系列化，PTA 成套技术开发等研究项目，获得国家科技进步二等奖，国家优秀工程设计金奖等。
电话：010-68395202
Email：luowende@cnpc.com.cn



阚学诚 教授级高级工程师、政府特殊津贴专家、长期从事石油化工技术开发工作，获得国家科技进步二等奖、中国石化科技进步一等奖。



李利军 教授级高级工程师，长期从事化工、化纤工程设计及技术开发工作，参与了聚酯工艺和装备研发、PTA 成套技术开发等研究项目，担任首套自主化 PTA 示范工程项目经理，获得多项省部级奖励等。
电话：010-68395374
Email：li_lijun@cnpc.com.cn



姚瑞奎 教授级高级工程师、政府特殊津贴专家，长期从事化工工程设计及技术开发工作，主导了 PTA 成套技术研发工作，获得多项省部级奖励等。

电话：010-68395289

Email：yaorui kui@cnpccom.cn



张 莼 教授级高级工程师、政府特殊津贴专家，长期从事化工设备开发工作，参加了 PTA 成套重大关键设备研制工作，获得一项国家科技进步二等奖和多项省部级奖励等。

Email：zhang_chun@cnpccom.cn



万网胜 教授级高级工程师、国家压力容器设计审批员、国家注册机械工程师，长期从事聚酯、PTA 等化工设备开发工作，获得一项国家科技进步二等奖和多项省部级奖励。

电话：010-68395201

Email：wanwangsheng@cnpccom.cn



邱华云 教授级高级工程师、政府特殊津贴专家，30 多年来一直从事化工、化纤工程设计和技术开发工作。参与完成了年产 45000 吨黏胶工程系统化研究和 PTA 成套技术开发等科技研发工作，获得一项国家科技进步一等奖及多项省部级科技奖励等。

电话：010-68395285

Email：qiuhuayun@cnpc.com.cn



郑宝山 高级工程师、国家压力容器设计审批员、长期从事聚酯、PTA 等化工设备开发工作，在重庆蓬威、江苏海伦项目中担任设备负责人，全面协调、主持设备专业的研发、设计、制造及现场安装等工作，获得多项省部级奖励等。

电话：010-68395628

Email：zhengbaoshan@cnpc.com.cn



许建明 教授级高级工程师、美国 PMP 执业资格证书、国家高级项目经理，长期从事工程项目管理工作。近年来，先后承担了 10 多项大型 PTA 和聚酯装置的项目管理工作，获得多项省部级奖励等。

电话：010-68395323

Email：xujianming@cnpc.com.cn



汪英枝 教授级高级工程师、全国压力管道技术委员，长期从事化工工艺技术开发、工程咨询和工程设计工作，参与完成PTA 成套技术研发工作，获得多项省部级奖励等。

电话：010-68395283

Email：wangyingzhi@cnpc.com.cn



刘 凤 高级工程师、注册自动化系统工程师、TÜV 功能安全工程师，长期从事化纤及化纤原料生产工艺的自控设计及其控制技术研究和开发，参与大容量聚酯和大型PTA 装置等工程自动控制技术研发和设计工作，获得多项省部级奖励等。

电话：010-68395240

Email：liu_feng@cnpc.com.cn



联系人：刁顺 先生
电 话：86-10-5998-6059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

Contact: Mr. Diao Shun
Tel: 86-10-5998-6059
Email: sdiao@cnpc.com.cn



