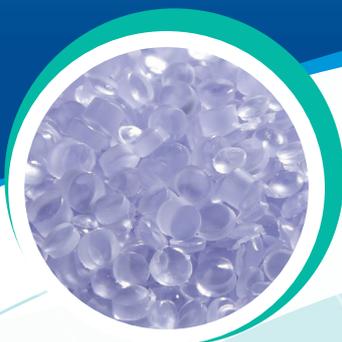


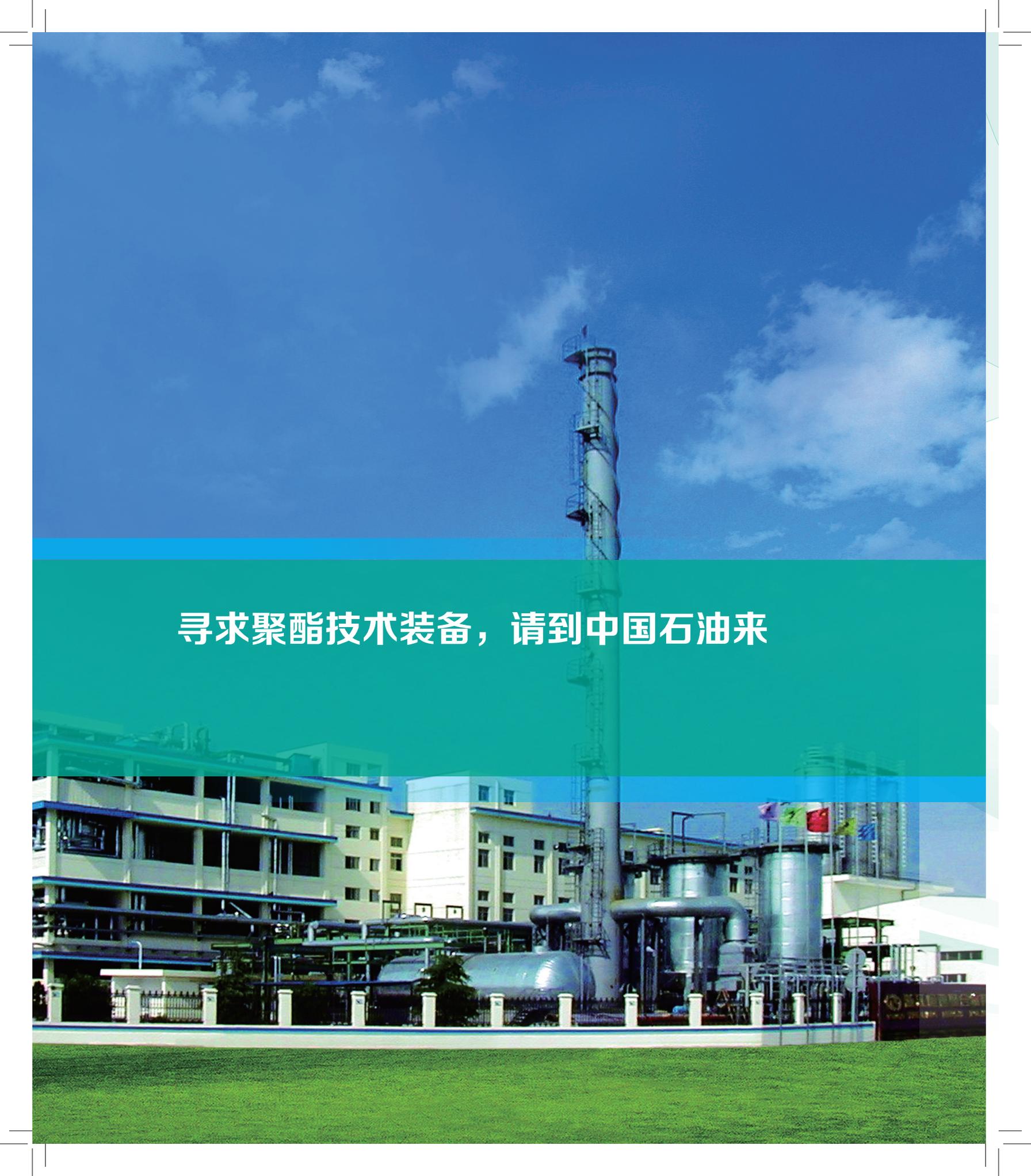


# 聚酯工艺技术及成套装备

2016年



中国石油天然气集团公司科技管理部



寻求聚酯技术装备，请到中国石油来

# 目 录

1

简介 / 4

2

特色技术 / 6

3

典型案例 / 11

4

科研装备 / 14

5

资质与标准 / 17

6

专家团队 / 21

7

服务与培训 / 24



中国石油天然气集团公司（简称“中国石油”，英文缩写：CNPC）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 2015 年国内外油气产量当量 2.6 亿吨，原油加工量 1.96 亿吨，成品油销售量 1.74 亿吨，天然气销售量 1290 亿立方米。

2015 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 3 位，在《财富》杂志全球 500 家大公司排名中位居第 4 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。

聚酯工艺技术及成套装备就是具有代表性的重大创新成果之一。

奉献能源 创造和谐

# 1

## 简介

聚酯 (PET) 是由对苯二甲酸 (PTA) 和乙二醇 (EG) 经过直接酯化、连续缩聚的方法生成。纤维级聚酯可用于制造涤纶短纤维和涤纶长丝，涤纶作为化纤中产量最大的品种，占据着化纤近 80% 的市场份额。瓶级、膜级聚酯和工程塑料产品，广泛应用于包装业、电子电器、医疗卫生、建筑、汽车等领域，其中包装是聚酯最大的非化纤应用市场，也是增长最快的领域。



PET 产品用途

中国石油设计并建设了百余套聚酯装置，在产能的大型化、规模的系列化、操作的柔性化、产品的功能化方面持续保持国际领先地位。聚酯单线系列产能为  $(5 \sim 60) \times 10^4 \text{t/a}$ ，并可采用“一头多尾”，实现单一装置上配套生产不同品种的产品。2000 年至今，建设聚酯产能超过  $3500 \times 10^4 \text{t/a}$ ，占国内新增聚酯产能 90% 以上市场份额，占同期国外新增聚酯产能 50% 以上市场份额，经济效益显著。

聚酯技术以精对苯二甲酸 (PTA) 和乙二醇为原料，以锑系化合物作为催化剂，经过调配、酯化、缩聚、熔体输送、切粒等生产过程，最终合成聚酯 (PER) 产品。聚酯产品质量全部达到优级。



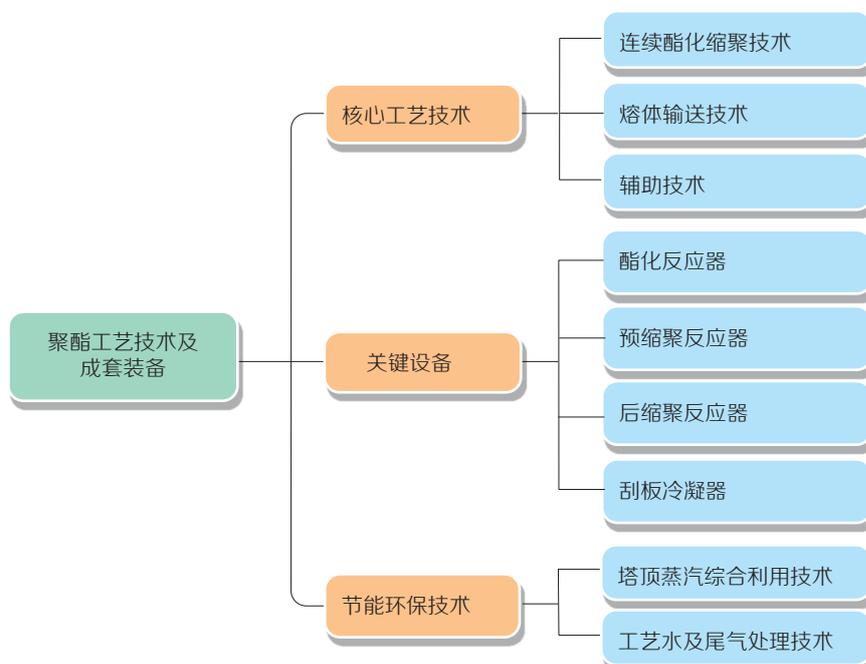
聚酯工艺流程框图

聚酯产品规格表

序号	项 目	单 位	指 标
1	特性黏度	dl/g	M1±0.008
2	熔点	℃	≥ 260
3	羧基含量	mol/t	≤ 35
4	色度 L 值	—	≥ 80
5	b 值	—	4±2
6	凝集粒子 ( ≥ 10 μ m )	个 /mg	≤ 0.4
7	二氧化钛凝集粒子 ( ≥ 10 μ m )	个 /mg	≤ 0.4
8	水分	%	≤ 0.4
9	异状切片	%	≤ 0.3
10	粉末	%	≤ 0.1
11	二氧化钛含量	%	M2±0.03
12	灰分	%	≤ 0.05

M1：特性黏度中心值。  
M2：二氧化钛含量中心值。

聚酯工艺技术和成套装备包括核心工艺技术、关键设备和节能环保技术三大系列、  
9项特色技术。



# 2

## 特色技术

中国石油聚酯技术具有操作条件温和、产品质量好、原料单耗低、综合能耗低等特点，综合技术处于世界领先水平。

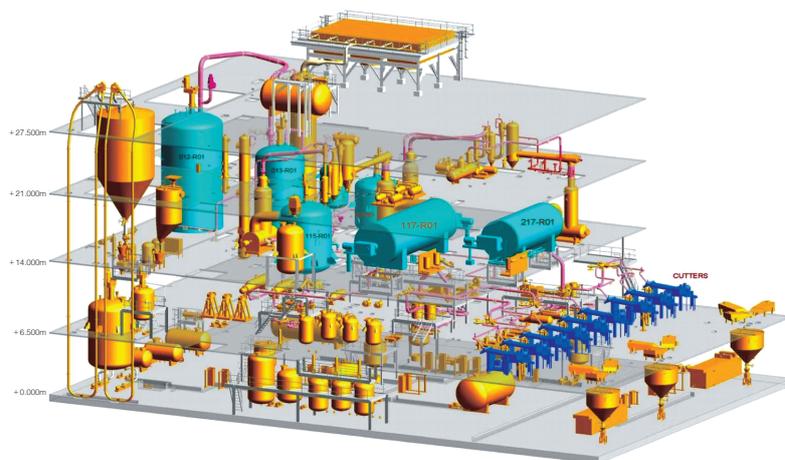
同类技术原料单耗对比表

公司		国外专利商 A (三釜流程)	国外专利商 B (五釜流程)	中国石油 (五釜流程)
原材料消耗 (每吨切片)				
项目	单位	保证值	保证值	保证值
精对苯二甲酸 (PTA)	kg	860	862	857
乙二醇 (EG)	kg	338	336	334
催化剂	kg	0.335	0.46	0.29
二甘醇 (DEG)	kg	3		

### 2.1 核心技术

#### 1. 连续酯化缩聚技术

采用四釜或五釜流程，酯化段采用盘管加热的立式全混反应釜，酯化率高，后缩聚段采用卧式组合圆盘平推流反应釜，可实现理想的聚合物分子量分布，长期运行稳定，生产可调节性强，抗干扰能力强。并可采用一条酯化段带两条以上缩聚段的形式，增加生产弹性，丰富产品种类。



典型一头两尾聚酯装置三维模型

## 2. 熔体输送技术

聚酯熔体温度、黏度高，在高温、高压条件下采用夹套管输送，输送过程中易降解，压力损失大。熔体输送技术充分利用管道的自然补偿，并使用特殊设计的管件，实现应力消除，停留时间短，剪切速率适中，压力降和黏度减小，保证了产品性能和产品质量均一性。

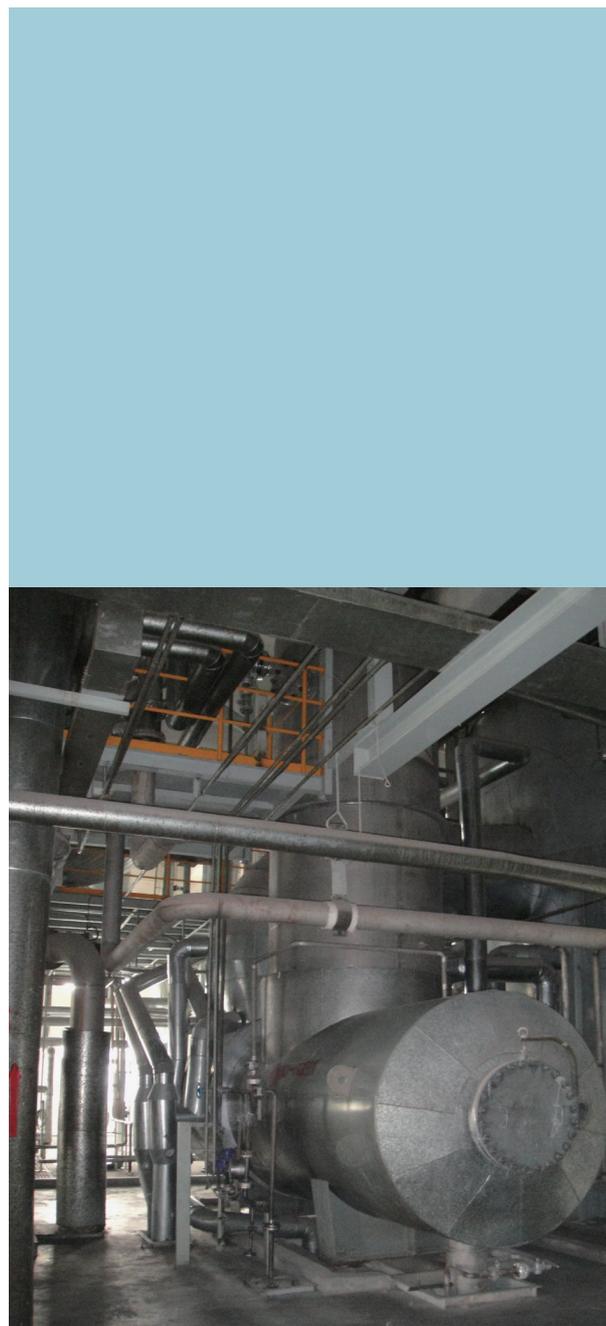
## 2.2 辅助技术

### 1. 真空系统技术

高效真空系统的创新应用，保证了负压条件下缩聚体系生成的小分子被有效脱除（称为“脱挥”），提高缩聚反应效率。大幅缩小了产品特性黏度和分子量分布的波动范围。

### 2. 热媒供热技术

大型化聚酯技术采用了一次热媒回路为二次热媒回路供热、二次热媒分别为各用户供热的方式。二次热媒采用液相热媒和气相热媒混合供热的方式，用一次热媒加热热媒蒸发器生成气相热媒，通过利用气态热媒的冷凝潜热来实现对反应器筒体夹套等部位的加热和保温。应用该技术使得生产中各单元的温度控制更加便利，并可有效减少能耗。



真空系统刮板冷凝器

## 2.3 关键设备

### 1. 酯化反应器

聚酯技术的酯化反应阶段通过第一酯化反应器和第二酯化反应器完成。

两段反应器结构类似，均为单室釜，内设盘管式加热器和搅拌器。

目前酯化反应器已形成标准化系列产品，覆盖  $(5 \sim 60) \times 10^4 \text{t/a}$  产能。

### 2. 预缩聚反应器

五釜流程预缩聚工段设有两个预缩聚反应器，第一预缩聚反应器和第二预缩聚反应器；四釜流程中，设有一个结合五釜流程两台预缩聚反应器功能的组合式预缩聚反应器。

五釜流程时，第一预缩聚反应器与第二酯化反应器结构类似，但是不设置搅拌器。利用物料在真空环境下的沸腾实现自混合。

第二预缩聚反应器是卧式夹套结构，内设多个分区，使用单轴圆盘搅拌系统进行搅拌。



第二酯化反应器



第一预缩聚反应器



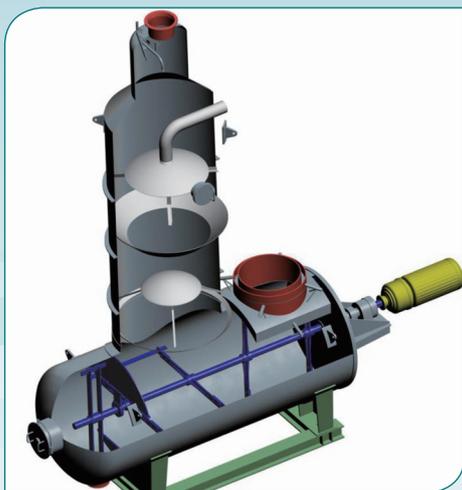
第二预缩聚反应器



组合式预缩聚反应器



后缩聚反应器



刮板冷凝器

组合式预缩聚反应器应用在四釜流程中，形式为立式釜，内部分上下两室，可实现五釜流程中的第一预缩聚和第二预缩聚反应器的功能。应用该反应器的四釜流程较五釜流程能耗更低，可节省投资。

### 3. 后缩聚反应器

后缩聚反应器为卧式带组合圆盘型反应器，圆盘式搅拌器采用变频调速对高粘度物料进行搅拌，在高温、高真空条件下，使聚酯熔体的聚合度达到要求。

### 4. 刮板冷凝器

刮板冷凝器是一台集乙二醇的喷淋冷凝和低聚物刮除的特殊结构设备，利用乙二醇的循环喷淋，将缩聚系统反应生成的副产物和夹带的小分子聚合物捕集下来，以保证真空系统正常工作。

## 2.4 节能环保技术

### 1. 工艺塔顶蒸汽余热综合利用技术

酯化工段工艺塔顶常压饱和蒸汽可直接被利用于制冷或发电。用于制冷时，塔顶蒸汽用于制冷机热源或设立气液换热的水热板式换热器作为冷凝器，吸收热量的热水被送入溴化锂制冷机制冷，所制得 7 ~ 12℃ 冷冻水可返回使用。用于发电时，塔顶蒸汽直接接入郎肯发电装置，通过蒸汽对低沸点有机物加热，产生蒸汽膨胀做功发电，每吨蒸汽可发电量约为 60kW · h。

### 2. 工艺水及装置尾气处理技术

在尾气处理塔中，利用空气或蒸汽对工艺废水进行解吸，脱除其中的乙醛、乙二醇等有机物，可使工艺废水的 COD<sub>Cr</sub> 降低到 3500g/L 以下，解吸尾气与各工段排放尾气送入热媒炉焚烧。该技术减轻了污水预处理站负荷，降低了污水处理设备投资，尾气作燃烧还可节省热媒炉燃料。

## 3

## 典型案例

中国石油在聚酯工程建设领域取得了骄人的成绩，在大型化、系列化、柔性化、功能化方面持续保持国际领先地位。2000—2014年，采用中国石油自主开发专有技术设计建成投产和在建的聚酯产能占国内新增聚酯产能90%以上市场份额，占国外同期新增聚酯产能50%以上市场份额。

中国石油聚酯技术总投资只有引进技术的10%~15%，累计为国家节省外汇超过150亿美元，并带动了国内外与之配套的装备制造业的发展。

中国石油旗下的中国昆仑工程公司现已建成百余项聚酯项目。

### 3.1 中国最大化纤基地——中国石化仪征化纤股份有限公司

中国石化仪征化纤股份有限公司是中国最大的现代化化纤和化纤原料生产基地，世界第四大聚酯生产商，年产 $90 \times 10^4$ t PTA、 $60 \times 10^4$ t 涤纶、 $140 \times 10^4$ t 多功能切片。

在中国石化仪征化纤股份有限公司生产基地的建设中，中国昆仑工程公司承担了所有工程的规划和聚酯装置的设计，为国家的化纤工业做出了极大的贡献，并获得了三项国家科技进步奖和多项国家设计特奖等殊荣，经济效益和社会效益显著。

中国石化仪征化纤股份有限公司



## 3.2 印度 JBF 工业有限公司聚酯工程

印度 JBF 工业有限公司 (JBF Industries Ltd.)，是印度聚酯切片行业的领导者及印度 POY 纺丝的前五大公司之一。中国石油为 JBF 工业有限公司提供了聚酯技术，以 EPC 方式建设了三期共  $66 \times 10^4 \text{t}$  的聚酯工程。其中一期  $18 \times 10^4 \text{t}$  聚酯工程，是聚酯工艺技术及成套装备第一次进军海外市场。

2006 年在阿拉伯联合酋长国建立了年产  $30 \times 10^4 \text{t}$  PET 切片的二期聚酯工程，使 JBF 工业有限公司成为第一家在阿拉伯联合酋长国建厂，并向美国、欧盟及海湾地区国家销售其产品的印度公司。JBF 工程项目荣获中国勘察设计协会工程总承包银钥匙奖等数项殊荣。



签约仪式



JBF 工业有限公司聚酯工程

### 3.3 江苏兴业聚化有限公司薄膜聚酯工程

江苏兴业聚化有限公司薄膜聚酯工程作为中国石油总承包的全球最大连续拉膜聚酯生产线，年产  $30 \times 10^4$ t 聚酯薄膜及膜级切片聚酯工程。拥有世界上最为先进的熔体分配、在线添加、废膜回收及直接拉膜技术与设备，是当今全球产销规模最大和具有世界一流技术水平的双向拉伸聚酯薄膜（BOPET）生产线之一。

工程采用了中国石油自主研发的生产双向拉伸聚酯薄膜（BOPET）的连续酯化缩聚技术、熔体输送技术和直接拉膜工艺技术。



连续拉联聚酯生产线



双向拉伸聚酯薄膜

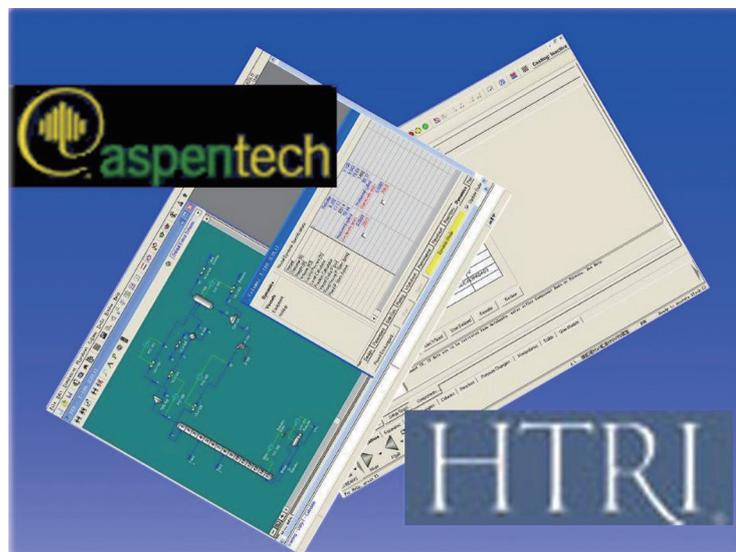
# 4

## 科研装备

中国石油具有强大的工程开发能力和较完备的实验装备，与高校和科研单位合作进行应用基础研究，与专业制造企业合作进行核心关键设备的研制，通过试验研究、工程流程模拟、设备研制开发和中试放大研究相结合构建了完善的科研工程放大体系。

### 4.1 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。



工程开发软件

## 4.2 共享资源平台

多年来与国内多个研究机构和知名高校的研发团队密切合作，充分利用其科研装备，共享资源平台，积极开展关键技术和工程开发，持续引领聚酯技术发展方向。

### 1. 联合化学反应工程研究所

联合化学反应工程研究所是由浙江大学、华东理工大学、中国石油化工股份公司组建的科研机构，中国石油与联反所下属化学工程联合国家重点实验室合作，进行了聚酯反应动力学的反应流体力学的研究，建立了酯化和缩聚动力学模型，为自主聚酯技术的机理研究和升级优化奠定了坚实基础。

### 2. 中国科学院化学研究所

与中国科学院化学研究所工程塑料实验室合作，进行高温酯化动力学研究，完善了酯化反应动力学模型，提升了产品品质，并将在聚酯新品种开发方向上持续合作。

### 3. 北京服装学院材料科学与工程学院

与北京服装学院材料学院合作开发新型功能性聚酯产品，如阻燃、抗静电和抗静电阳离子等聚酯品种。



聚酯反应动力学研究设备



高温酯动力学研究设备



新型功能性聚酯产品研究设备

# 5 资质与标准

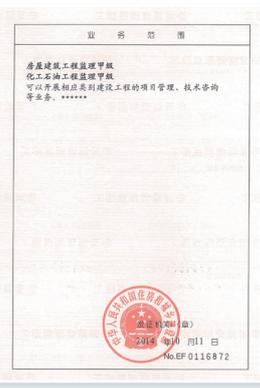
中国石油旗下的中国昆仑工程公司是科技型国有骨干企业，是集咨询、研发、设计、采购、施工管理、开车指导和工程监理、工程总承包、项目管理承包、技术服务等多功能于一体的国际工程公司。拥有多项资质及认证，建有先进的计算机网络平台和应用体系，拥有国际先进的工程设计、项目管理及办公自动化等应用软件和数据库。享有国家授予的对外经营权。

## 5.1 资质

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。



企业名称	中国昆仑工程公司		
详细地址	北京市海淀区增光路21号		
成立时间	2009年11月24日		
注册资本	30000万元人民币		
营业执照注册号	10000000005251		
经济性质	国有企业		
证书编号	E111007731-4/1		
有效期	至2019年10月11日		
法定代表人	周华堂	职务	总经理
单位负责人	陈少明	职务	主任
技术负责人	韦佳	职称/职业资格	注册一级建造师



获得质量管理体系和健康安全环境管理体系认证证书。



## 5.1 专利

聚酯领域及其衍生品种方面获得国际专利授权 **3** 件，国家发明专利授权 **7** 件，实用新型专利授权 **16** 件。

### 聚酯工艺技术及成套设备专利表

序号	专利号	专利名称	专利类型	申请国家
1	ZL200410046173.3	生产聚对苯二甲酸乙二醇酯的高效简化连续工艺及装置	发明	中国
2	ZL200910085293.7	混合式聚酯酯化反应器	发明	中国
3	ZL200910085294.1	高效多段式终缩聚反应器	发明	中国
4	ZL200910086415.4	连续式阳离子改性聚酯生产方法及连续生产阳离子改性聚酯熔体并直接纺聚酯纤维的系统	发明	中国
5	ZL200910085295.6	预缩聚反应器装置	发明	中国
6	ZL200910086413.5	用射流引射器抽吸聚酯装置尾气进行处理的方法及系统	发明	中国
7	ZL201210314489.0	预缩聚反应器	发明	中国
8	ZL200420064714.0	高效、简化组合式预缩聚反应器	实用新型	中国
9	ZL200420064712.1	新型圆盘反应器	实用新型	中国
10	ZL200420064713.6	混合动力外循环式聚酯酯化反应器	实用新型	中国
11	ZL200520002231.2	生产聚对苯二甲酸乙二醇酯的高效简化装置	实用新型	中国
12	ZL200920173005.9	利用聚酯工艺废蒸汽制冷的装置	实用新型	中国
13	ZL200920173006.3	用射流引射器抽吸聚酯装置尾气进行处理的系统	实用新型	中国

续表

序号	专利号	专利名称	专利类型	申请国家
14	ZL200920173003.X	连续生产阳离子改性聚酯熔体并直接纺聚酯纤维的系统	实用新型	中国
15	ZL200920173004.4	有机酸性废水处理系统	实用新型	中国
16	ZL201220436771.1	预缩聚反应器	实用新型	中国
17	ZL201220436443.1	可用于聚酯反应器的防堵式吹气液位计	实用新型	中国
18	ZL201320133307.X	熔体直纺在线添加系统	实用新型	中国
19	ZL201320133351.0	酯化反应器	实用新型	中国
20	ZL201320305715.9	三维滑动盘管装置	实用新型	中国
21	ZL201320305400.4	人孔结构	实用新型	中国
22	ZL201320305521.9	可连续生产直纺共聚酯磷系阻燃聚酯的生产系统	实用新型	中国
23	ZL201320305682.8	连续生产抗静电聚酯熔体并连续拉膜的生产系统	实用新型	中国
24	RU2397016	新型循环式酯化反应器	发明	俄罗斯
25	RU2398626	新型预缩聚反应器	发明	俄罗斯
26	RU2403968	笼盘式终缩聚反应器	发明	俄罗斯

## 5.3 标准

中国昆仑工程公司依托在聚酯工程技术的领先优势和卓越的工程业绩，主编和参编了一大批国家、行业技术标准。



## 5.4 获奖情况

聚酯工艺技术及成套装备奖项一览表

获奖项目	奖励名称	等级	获奖年份
仪征化纤工业联合公司涤纶一厂聚酯熔体夹套管道设计	国家科学技术进步奖	二等奖	1987
10万吨/年聚酯成套技术	国家科学技术进步奖	二等奖	2002
年产20万吨聚酯四釜流程工艺和装备研发暨国产化聚酯系列化项目	国家科学技术进步奖	二等奖	2006
仪征化纤公司化纤工程	全国最佳工程设计特奖	最佳特奖	1994
仪征化纤股份有限公司聚酯装置增容技术改造工程	国家优秀工程设计奖	金质奖	1999
辽阳石油化纤公司聚酯厂聚酯装置增容改造工程	国家优秀工程设计奖	金质奖	2000
仪征化纤股份有限公司年产10万吨聚酯装置	国家优秀工程设计奖	金质奖	2002
宁波康鑫化纤股份有限公司年产20万吨四釜聚酯工程	全国优秀工程勘察设计奖	金质奖	2009
滁州安邦聚合高科有限公司聚酯工程	全国优秀工程勘察设计奖	金质奖	2011
浙江恒逸聚合物有限公司聚酯装置	工程项目管理优秀奖	优秀奖	2002
浙江桐昆化纤集团恒盛化纤有限公司聚酯工程	优秀工程总承包奖	银钥匙奖	2005
印度 JBF 工业有限公司聚酯工程	优秀工程总承包奖	银钥匙奖	2008



# 6

## 专家团队



**周华堂** 教授级高级工程师，政府特贴专家，国家注册化工工程师。长期从事化工、化纤工程设计、技术开发和项目管理等工作，致力于开发自主知识产权技术，主持参与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和多项省部级奖励。

电话：010-68395216  
Email：watson\_chow@cnpc.com.cn



**许贤文** 高级工程师。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 PX 及芳香烃联合装置工程开发工作，参与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，获得国家优秀工程设计金奖和多项省部级奖励等。

电话：010-68395218  
Email：xuxianwen@cnpc.com.cn



**罗文德** 国家级工程设计大师。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



**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，获得中国石油优秀科技工作者及多项省部级奖励。

电话：010-68395374  
Email：li\_lijun@cnpc.com.cn



**顾爱军** 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、聚合材料（PBT、PTT、PCT、尼龙）成套技术开发，获得国家科技进步二等奖、国家优秀工程设计金奖等。  
电话：010-68395375  
Email：guaijun@cnpc.com.cn



**万网胜** 设备专业教授级高级工程师，国家压力容器设计审批员，国家注册机械工程师，全国锅容标委技术委员。长期从事聚酯、PTA 等化工设备开发工作，全面协调并主持设备专业的研发、设计等工作，获得国家科技进步二等奖和多项省部级奖励。  
电话：010-68395201  
Email：wanwangsheng@cnpc.com.cn



**邱华云** 自控专业教授级高级工程师，政府特贴专家。长期从事化工、化纤工程设计和技术开发工作。获得国家科技进步一等奖及多项省部级奖励。  
电话：010-68395285  
Email：qihuayun@cnpc.com.cn



**郑宝山** 设备专业教授级高级工程师、国家压力容器设计审批员、容委会委员。长期从事聚酯、PTA 等化工设备开发工作，全面协调并主持设备专业的研发、设计、采购、制造及现场安装等工作，获得多项省部级及以上奖励。

电话：010-68395628

Email：zhengbaoshan@cnpc.com.cn

### 特别顾问



**蒋士成** 化纤工程设计与技术管理专家，中国工程院院士。长期从事化工、化纤工程设计及技术开发、技术管理工作。作为主要设计总负责人，规划了我国最大的化纤基地—仪征化纤工程，全面负责设计、施工、安装、生产等方面的技术管理工作，为仪化一、二、三、四期工程的建成投产和生产、技术管理、消化吸收引进技术和国产化工作作出了突出贡献。曾获建设部设计金奖和特奖各 1 项，中国纺织总会科技进步一等奖 1 项、中国石油化工集团公司科技进步一等奖 1 项、国家科技进步二等奖 1 项。



**阚学诚** 教授级高级工程师，政府特贴专家，中国石油咨询中心专家，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、中国石油化工集团公司科技进步一等奖等奖项。在专业领域发表多篇学术作品。



# 7

## 服务与培训

中国石油始终秉承爱国、创新、求实、奉献的企业精神，为您提供最先进的聚酯成套技术、工程服务及专业培训，与您共享聚酯领域的先进技术和成功经验。在企业升级、节能增效及低碳环保等方面为您提供最全面的解决方案，与您共享绿色生态的前沿科技！

如您有聚酯工程 EPC 方面的相关任何需求，我们经验丰富的销售人员和工程师团队愿随时协助您！

获得更多信息，您可随时与我们联系。

地址：中国北京市海淀区增光路 21 号

邮编：100037

电话：+86-10-68395208

传真：+86-10-68348946

E-mail：CKCEC@vip.163.com

网址：<http://ckcec.cnpc.com.cn>



**中国石油科技管理部联系人：**

刁 顺 先生  
电 话：86-10-59986059  
Email：sdiao@cnpc.com.cn  
diaoshun@sohu.com

**中国石油经济技术研究院联系人：**

张 丽 女士  
电 话：86-10-62065043  
Email：zhangli024@cnpc.com.cn

**中国昆仑工程公司联系人：**

张俊宏 先生  
电 话：010-68395295  
Email：zhangjunhong01@cnpc.com.cn

**Contact of Science & Technology Management Department,CNPC：**

Mr. Diao Shun  
Tel: 86-10-59986059  
Email: sdiao@cnpc.com.cn  
diaoshun@sohu.com

**Contact of CNPC Economics & Technology Research Institute：**

Ms. Zhang Li  
Tel: 86-10-62065043  
Email: zhangli024@cnpc.com.cn

**Contact of China Kunlun Contracting & Engineering Corporation：**

Mr. Zhang Junhong  
Tel: 010-68395295  
Email: zhangjunhong01@cnpc.com.cn

