



优秀技术创新成果交流活动

绿水青山新工艺——国内自主双氧水法环氧丙烷 (HPPO) 技术

2024年8月23日

中国天辰工程有限公司

目录

CONTENTS

- 1 项目背景和意义
- 2 技术创新点和优势
- 3 项目经济社会效益

1. 项目背景和意义

以实际行动践行党的二十大精神



党的二十大报告：

- 将“人与自然和谐共生的现代化”上升到“中国式现代化”的内涵之一。
- 明确指出，坚持绿水青山就是金山银山的理念，统筹污染治理、生态保护，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，**推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。**

双氧水法环氧丙烷（HPPO）技术具有绿色、低碳、无污染等优势，代表了行业的发展方向，符合**党的二十大精神和“双碳”发展战略要求**。

1. 项目背景和意义

环氧丙烷产业链

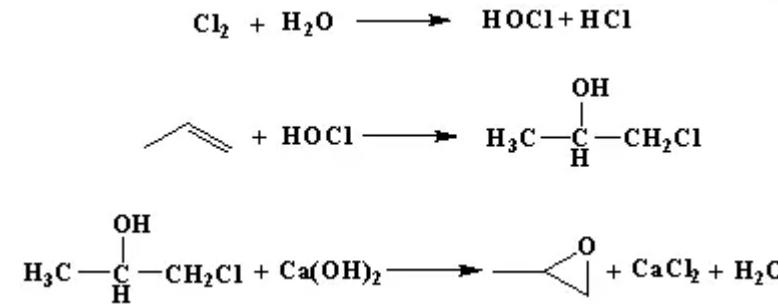


1. 项目背景和意义

环氧丙烷生产工艺

国内环氧丙烷主要生产工艺是氯醇法

- 高盐废水量大，且极难处理
- 废渣量大，处理成本高昂
- 耗氯量大、对设备腐蚀性高
涉及钛材设备



氯醇法产生的高盐废水



氯醇法产生的含氯废渣

氯醇法生产工艺，每生产**1吨**环氧丙烷，产生**50吨**左右废水、**2吨**左右含氯废渣，由于污染严重，被列入“限制类”目录，禁止新建项目。

1. 项目背景和意义

环氧丙烷生产工艺

双氧水法环氧丙烷（HPPO）技术



以双氧水作为绿色氧化剂，直接氧化丙烯，一步生产环氧丙烷

- 能耗低、原子利用率高
- 绿色环保，理论副产物只有水
- 工艺流程简单，反应条件温和
- “三废”污染少
- 主要设备为不锈钢

以**20万吨/年**环氧丙烷
工业化生产装置为例

氯醇法和HPPO法的“三废”情况对比

指标	氯醇法	HPPO 法
废水/ (万吨/年)	1000	20
废渣/ (万吨/年)	40	0.0125

1. 项目背景和意义

来源：发展改革委网站

【字体：[大](#) [中](#) [小](#)】 [打印](#)



产业结构调整指导目录（2024年本）

（2023年12月1日经国家发展改革委第6次委务会通过 2023年12月27日国家发展改革委令第7号公布 自2024年2月1日起施行）

《产业结构调整指导目录（2024年本）》已经2023年12月1日第6次委务会议审议通过，现予公布，自2024年2月1日起施行。

《产业结构调整指导目录（2019年本）》同时废止。

2023年12月27日

第三类 淘汰类

3. 氯醇法环氧丙烷和环氧氯丙烷钙法皂化工艺（2025年12月31日，每吨产品的新鲜水用量不超过15吨且废渣产生量不超过100千克的除外），单台产能5000吨/年以下黄磷生产装置，有钙焙烧

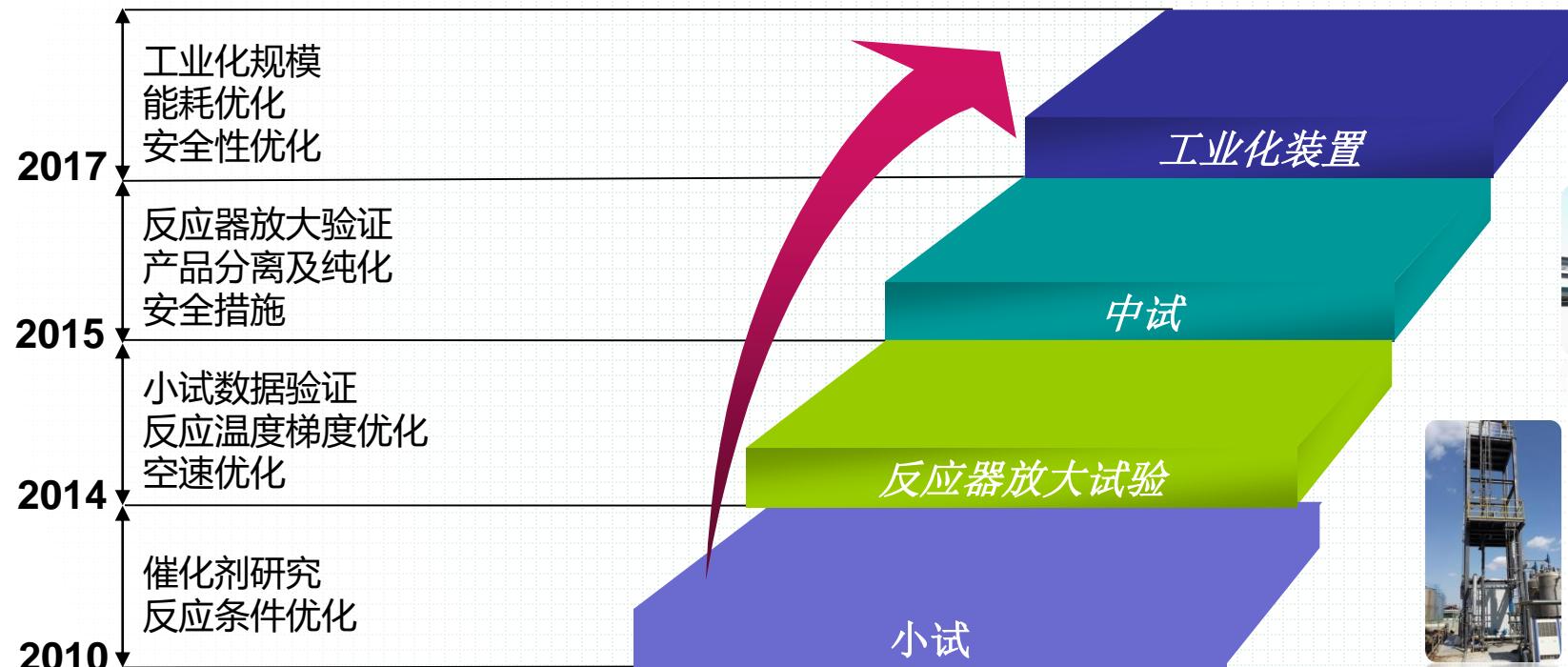
国家发改委公布 《产业结构调整指导目录（2024年本）》

氯醇法已列入[淘汰类](#)产能

HPPO法环氧丙烷生产技术被国外企业掌握、垄断、且不对外技术转让或转让条件极为苛刻。受技术限制，目前全球具备HPPO法环氧丙烷工业化的企业较少。

2. 技术创新点和优势

双氧水法环氧丙烷（HPPO）技术研发历程



HPPO工业化装置



2000吨/年中试装置



反应器单管放大试验



自主研发高性能HPPO催化剂、微型固定床反应器

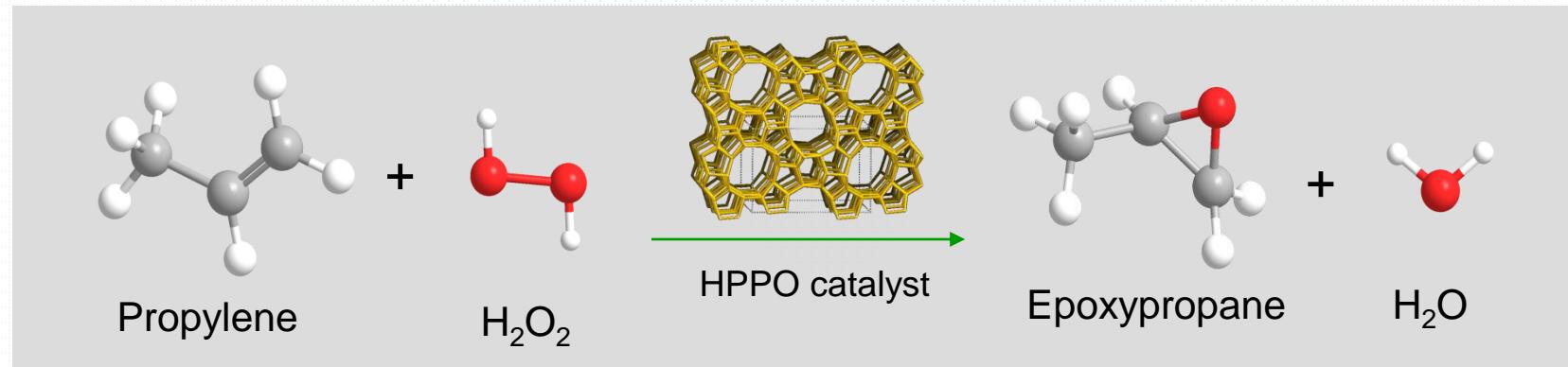
2. 技术创新点和优势

具有
行业示范性

掌握催化剂生产技术+全套环氧丙烷工艺生产流程

实现关键核心设备国产化，所有设备均可在国内采购

4个创新点



催化剂
生产
制造

反应
单元

丙烯
分离
单元

丙烯
回收
压缩
单元

产品
分离
精制
单元

溶剂
回收
单元

废水
预处理
单元

副产品
精制
单元

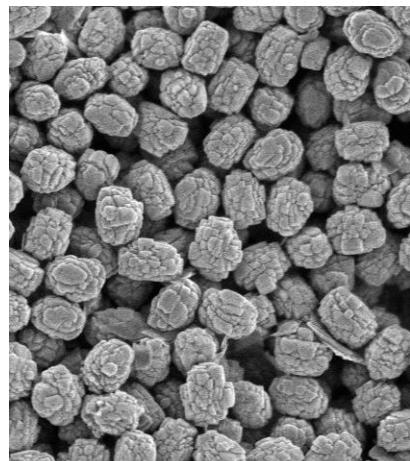
2. 技术创新点和优势

创新点1：通过调控催化剂的孔道结构和活性位点，自主研发具有特殊孔结构和性能优异的新型TS-1分子筛催化剂，且实现了催化剂的工业化生产

实验室小试

百公斤级放大

连续生产



HPO催化剂电镜照片



HPO成型催化剂



HPO工业化催化剂

工业化催化剂：

- 颗粒尺寸均一
- 高强度 $> 100\text{N/cm}$
- 活性高、寿命长，双氧水转化率达99%，环氧丙烷选择性达98%。

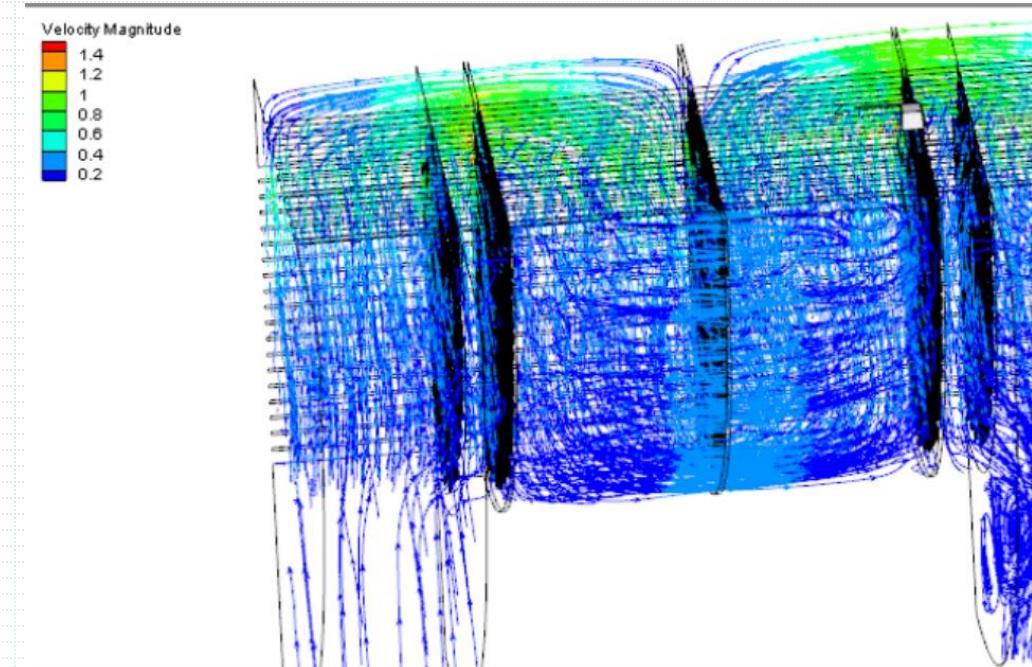
2. 技术创新点和优势

创新点2：创新性地开发了用于列管式反应器的多相液体分布器，实现了反应过程中各相液体均匀分布

计算流体力学仿真模拟

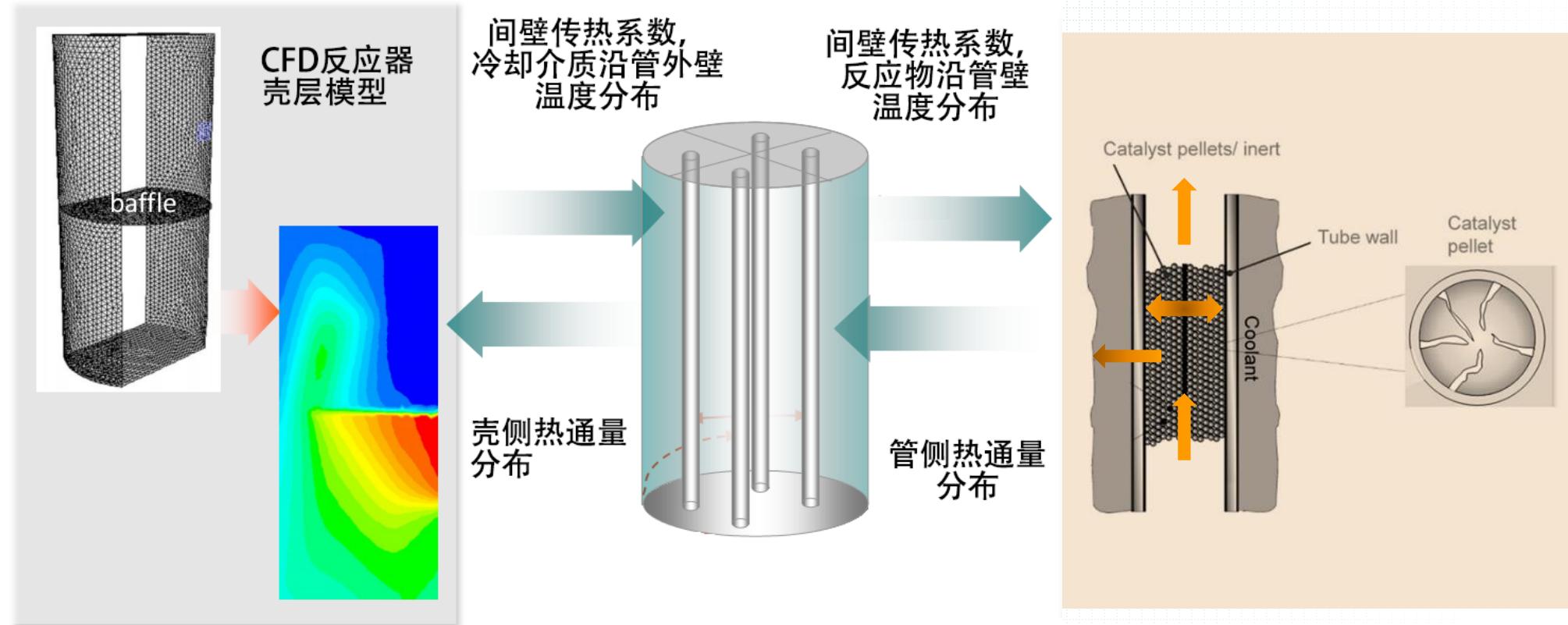
冷模试验

创新性地开发了用于列管式反应器的多相液体分布器，实现了反应过程中各项液体均匀分布，降低了轴向温度梯度及列管间反应效果的差异，实现了反应特性均一化。



2. 技术创新点和优势

创新点3：系统考虑反应器内2维非均相传质及反应模型，优化反应器温度场



2. 技术创新点和优势

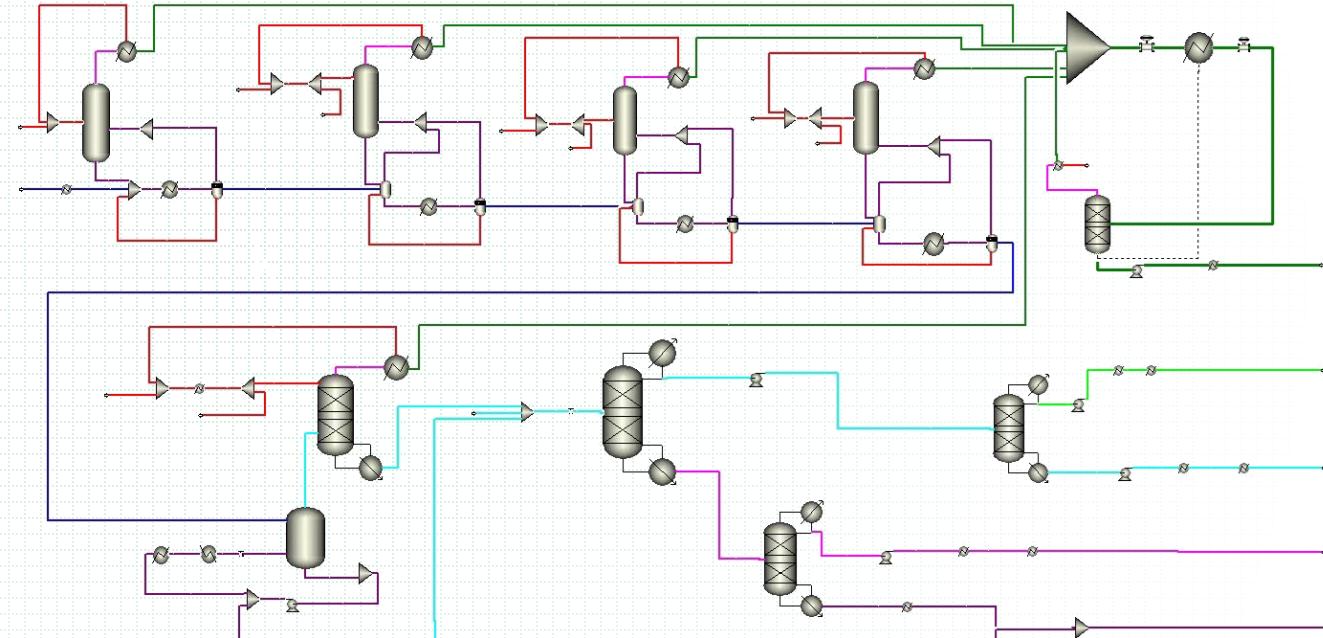
■ 创新点4：开发了完整的生产工艺流程，能量集成度高、能耗低

梯级分离

热耦精馏

低品位热源再利用

提高能量集成度，
将工艺过程能耗降至最低



2. 技术创新点和优势

具有自主知识产权的全流程双氧水法环氧丙烷工艺技术

已授权专利

专利号	专利名称
CN208717190U	一种从环氧化产物中回收烯烃的低能耗装置
CN208803004U	环氧化工艺中能量集成型丙烯分离回收装置
CN106496163A	一种环氧丙烷的分离提纯方法
CN205269603U	一种用于列管式反应器的多相液体分布器
CN205269604U	一种用于列管式反应器的多相液体分布结构
CN103818921B	一种使用复合模板剂制备TS-1分子筛的方法
CN103910363B	一种钛硅分子筛的改性方法及其应用
CN103787360B	一种全流程TS-1介孔钛硅分子筛的制备方法
CN103073022B	一种钛硅分子筛的改性方法
CN103818924B	一种钛硅分子筛的制备方法及应用
CN1046094408	双端氨基聚合物制备TS-1分子筛及制备方法、应用
CN1045287608	一种纳米级钛硅分子筛的制备方法
CN104528759B	一种钛硅分子筛的制备方法
CN104528758B	一种钛硅分子筛的后处理方法
CN103708494B	一种新型钛硅分子筛的改性方法及其应用
CN104528761B	一种高骨架钛含量钛硅分子筛的合成方法
CN105665002B	一种失活钛硅分子筛催化剂的再生方法
CN102553640B	一种凝胶造粒方法
CN104709921B	一种微通道反应器及使用其生产磁性钛硅分子筛的方法
CN102515193B	一种含硅分子筛的合成方法
CN107008493B	一种用于烯烃环氧化或酮肟化的含钛催化剂的制备方法
CN105481644B	一种去除有机溶剂水溶液中过氧化氢的方法
CN202023113900.7	一种含盐有机废水的除盐系统

正在申请专利

CN110104862A	一种HPO生产中产生的含盐有机废水盐析浓缩方法
CN108298618A	一种环氧丙烷废水预处理和分离的方法及分离装置
CN108623426A	一种从环氧化产物中回收烯烃的低能耗工艺及装置
CN108658720A	环氧化工艺中能量集成型丙烯分离回收方法及装置
CN202011531850.6	一种含盐有机废水的除盐系统及除盐方法



2. 技术创新点和优势

成果登记号	
登记批准日期	

科学技术成果鉴定证书

津科评鉴字[2022]019号

成果名称：双氧水法环氧丙烷技术（HPPO）

完成单位：中国天辰工程有限公司

鉴定形式：会议鉴定

组织鉴定单位：天津市科学技术评价中心

鉴定日期：2022年4月25日

鉴定批准日期：2022年4月26日

科技成果评价意见表

评价方式：■中介机构评估 □专家函审 □机构检测 ■会议评审

成果名称 双氧水法环氧丙烷技术（HPPO）	
主要完成单位 中国天辰工程有限公司 负责人 王志明	
评价指标	评价意见
科学价值和意义	<input type="checkbox"/> 重大 <input checked="" type="checkbox"/> 重要 <input type="checkbox"/> 比较重要 <input type="checkbox"/> 一般
研究开发内容	<input checked="" type="checkbox"/> 完整 <input type="checkbox"/> 比较完整 <input type="checkbox"/> 不全面 <input type="checkbox"/> 不充分
技术创新程度	<input type="checkbox"/> 很高 <input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 较高 <input type="checkbox"/> 一般
难易和复杂程度	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 较高 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较低
技术经济指标	<input type="checkbox"/> 很高 <input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 较高 <input type="checkbox"/> 一般
应用和推广程度	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 较高 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较低
经济社会效益	<input type="checkbox"/> 很大 <input checked="" type="checkbox"/> 较大 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 较小
技术辐射能力	<input checked="" type="checkbox"/> 强 <input type="checkbox"/> 较强 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 有专有技术

综合评价意见
天津市科学技术评价中心于2022年4月25日组织有关专家对中国天辰工程有限公司完成的“双氧水法环氧丙烷技术（HPPO）”项目进行鉴定。鉴定委员会听取了项目组工作报告、技术报告和查新报告汇报，审阅了有关技术材料，经质询和讨论，形成鉴定意见如下：

1. 项目组提供的鉴定文件资料齐全、详实可靠。

2. 本技术以丙烯、双氧水为原料，采用自主研发的催化剂体系，开发了“双氧水法环氧丙烷技术（HPPO）”，已获23项中国专利授权。技术创新性强，拥有自主知识产权。该成果环氧丙烷产品丙烯消耗相比传统氯醇法降低1.5%，废水产生量降低98%以上，废渣排放量降低80%以上。该技术符合产业政策，有利于推动环氧丙烷行业的产业升级。具有如下创新点：

(1) 通过调控催化剂的孔道结构和活性位点，自主研发具有特殊孔结构和性能优异的新型Tb-I分子筛催化剂，双氧水转化率达99%以上，环氧丙烷选择性达98%以上。

(2) 基于冷模试验和仿真模拟，创新性地开发了用于列管式反应器的多相液体分布器，实现了反应过程中各相液体均匀分布，降低了轴向温度梯度及列管间反应效果的差异，实现了反应特性均一化。

(3) 采用梯级分离，热精馏、低品位热源再利用等相结合的方式，提高了能量集成度，大大降低工艺过程的能耗。

3. 该技术首套工业化示范装置江苏强盛新材料有限公司10万吨/年装置已于2021年5月成功投产。环氧丙烷纯度99.99%以上，水含量100ppm以下，醛含量30ppm以下，指标达到国际优级品水平。单产能30万吨/年的装置正在施工建设中。该技术累计建设环氧丙烷产能55万吨，推动环氧丙烷行业实现废水减排2695万吨/年，具有显著的经济效益和社会效益。

综上所述，该研究成果总体技术达到了国际先进水平。

建议：进一步加快技术推广，促进行业进步。

综合评价 国际领先 国际先进 国内领先 国内先进 一般成果

评估或检测机构全称（盖章）：天津市科学技术评价中心
负责人或专家委员会主任（签名）： 评价日期：2022年4月25日

成果通过天津市科学技术评价中心的科技成果鉴定：
该技术总体水平达到国际先进水平！

3. 项目经济社会效益

■ 科技成果转化落地，实现多次工业化应用！



双氧水法环氧丙烷（HPPO）技术首次工业化应用-
江苏富强新材料有限公司10万吨/年环氧丙烷工业化装置(2017年许可)

3. 项目经济社会效益

科技成果转化落地，实现多次工业化应用！

成功连续稳定产出合格环氧丙烷产品！环氧丙烷纯度99.98%以上，水含量100ppm以下，醛含量20ppm以下，产品指标全方位超越国标优级品水平。

分析结果		分析结果	
2021年7月1日		2021年8月1日	
样品名称	环氧丙烷	样品名称	环氧丙烷
样品来源	仓库领用	样品来源	V91罐
执行标准	GB/T14491-2015	执行标准	GB/T14491-2015
分析项目及控制指标		分析项目及控制指标	
外观:透明液体,无固物杂质	外观:透明液体,无固物杂质	环氧丙烷 W/% ≥99.95	环氧丙烷 W/% ≥99.95
密度(15/15℃)g/cm³ 0.7993	密度(15/15℃)g/cm³ 0.7993	密度(15/15℃)(铂-钴色号)±5	密度(15/15℃)(铂-钴色号)±5
酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020
水分% ≤0.020	水分% ≤0.020	水分% ≤0.020	水分% ≤0.020
(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05
以			
备注:	试剂瓶	备注:	试剂瓶
化验员:	质检验章	化验员:	
2021年9月4日		2021年10月1日	
样品名称	环氧丙烷	样品名称	环氧丙烷
样品来源	仓库领用	样品来源	V9102B
执行标准	GB/T14491-2015	执行标准	GB/T14491-2015
分析项目及控制指标		分析项目及控制指标	
外观:透明液体,无固物杂质	外观:透明液体,无固物杂质	环氧丙烷 W/% ≥99.95	环氧丙烷 W/% ≥99.95
密度(15/15℃)g/cm³ 0.7993	密度(15/15℃)g/cm³ 0.7993	密度(15/15℃)(铂-钴色号)±5	密度(15/15℃)(铂-钴色号)±5
酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020
水分% ≤0.020	水分% ≤0.020	水分% ≤0.020	水分% ≤0.020
(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05
以			
备注:	试剂瓶	备注:	试剂瓶
化验员:	质检验章	化验员:	
2021年10月29日		样品名称 环氧丙烷	
样品来源	V9102B	执行标准	GB/T14491-2015
分析项目及控制指标		分析项目及控制指标	
外观:透明液体,无固物杂质	外观:透明液体,无固物杂质	环氧丙烷 W/% ≥99.95	环氧丙烷 W/% ≥99.95
密度(15/15℃)g/cm³ 0.7993	密度(15/15℃)g/cm³ 0.7993	密度(15/15℃)(铂-钴色号)±5	密度(15/15℃)(铂-钴色号)±5
酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020	酸度(以乙酸)W/% ≤0.020
水分% ≤0.020	水分% ≤0.020	水分% ≤0.020	水分% ≤0.020
(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05	(丙醛+丙酮)W/% ≤0.05
以			
备注:	试剂瓶	备注:	试剂瓶
化验员:	质检验章	化验员:	

物料交验通知（证明）单		
交验部门: 环氧丙烷厂	送交验人:	2021
物料交验通知（证明）单		
交验部门: 环氧丙烷厂	送交验人:	2021
交 验 物 料 （注明供货单位）	检（化）验标准或项目	检（化）验员
环氧丙烷	外观:透明液体,无可见机械杂质 环氧丙烷% > 99.95 色度(Pt-Cu)号 ≤ 5 酸度(以乙酸计)% ≤ 0.003 水分% ≤ 0.020 (乙醛+丙醛)% ≤ 0.005	合木 99.95 5 0.003 0.014 0.000
取样员:	检（化）验员:	

执行标准	GB/T 14491-2015
批号	2024080601
取样地点	TK-1101B
取样时间	2024-08-06 <input type="button" value="00"/> <input type="button" value="45"/> <input type="button" value="▼"/>

环氧丙烷检验报告单

执行标准		GB/T 14491-2015		
批号		2024080101		
取样地点		TK-1101B		
取样时间		2024-08-01 01:00:00		
项目	指标		检验结果	
	优等品	合格品	优等品	√
外观		透明液体、无可见机械杂质		透明液体、无可见机械杂质
环氧丙烷ω/%		≥ 99.95	99.80	99.98
乙醛+丙醛, ω/%		≤ 0.005	0.020	0.0014
色度/Hazen单位(铂-钴色号)		≤ 5	10	2
酸度(以乙酸计), ω/%		≤ 0.003	0.006	0.0002
水分, ω/%		≤ 0.020	0.050	0.0087
结论		合格		
备注		偏度: 1.9kg/kg		
主检		审核	其	批准

3. 项目经济社会效益

已投产装置

3套，总70万吨/年环氧丙烷产能

正在建设装置

3套，合计55万吨/年环氧丙烷产能

- 山东民祥15万吨/年装置（2019年许可）正在施工建设，预计2024年底投产。
- 中化学泉州30万吨/年装置正在建设（2022年许可），预计2024年底投产。
- 陕西榆林精细化工有限公司10万吨/年装置正在设计（2023年许可），预计2026年投产。



3. 项目经济社会效益

- 助力环保事业发展：累计建设环氧丙烷产能125万吨（其中，三套在建工业化装置），全部投产后将推动环氧丙烷行业实现**废水减排6125万吨/年，相当于每年减排4个杭州西湖水量，废渣减排300万吨/年。**
- 助力环氧丙烷行业技术革新，产业绿色升级：相比氯醇法，吨环氧丙烷产品丙烯消耗降低1.5%，废水产生量减少98%以上，废渣产生量减少80%以上。
- 助力国有技术发展，摆脱国外技术限制：掌握催化剂及工艺流程全套技术，所有设备均可国内采购。增强产业链自主权。



经济发展
产业绿色升级

谢谢，请各位专家批评指正！

用工程智慧创造美好生活——双氧水法环氧丙烷技术（HPPO）