



# 与

# “醛”

# “

# 世界为敌

世界首创的——  
高效降解甲醛污染物解决方案

与“醛”世界为敌商业计划书

第六届中国国际“互联网+”  
大学生创新创业大赛

高教主赛道-创意组  
浙江省赛季军、最佳创意奖

## 保密协议

本商业计划书属商业机密，所有权属于艾克博士团队。其所涉及的内容和资料只限于已签署投资意向的投资者使用。收到本计划书后，收件方应即刻确认并遵守以下的规定：

- 若收件方不希望涉足本商业计划书所述项目，请尽快将本计划书完整退回，并销毁电子版本；
- 收件方自收到本商业计划书之日起，到退回本商业计划书或取得资格之日止，承担为本商业计划书保密的责任，其间如若出现本商业计划书泄密事件，责任概由收件方承担；
- 在没有取得艾克博士团队的书面同意或签订正式协议之前，收件方不得将本商业计划书的任何内容以任何形式予以复制、传递、影印、泄露或散布给他人；
- 应该像对待贵公司的机密资料一样对待本计划书所提供的所有机密资料。本商业计划书不可用作销售报价使用，也不可用作购买报价使用。

艾克博士团队

2020 年 9 月

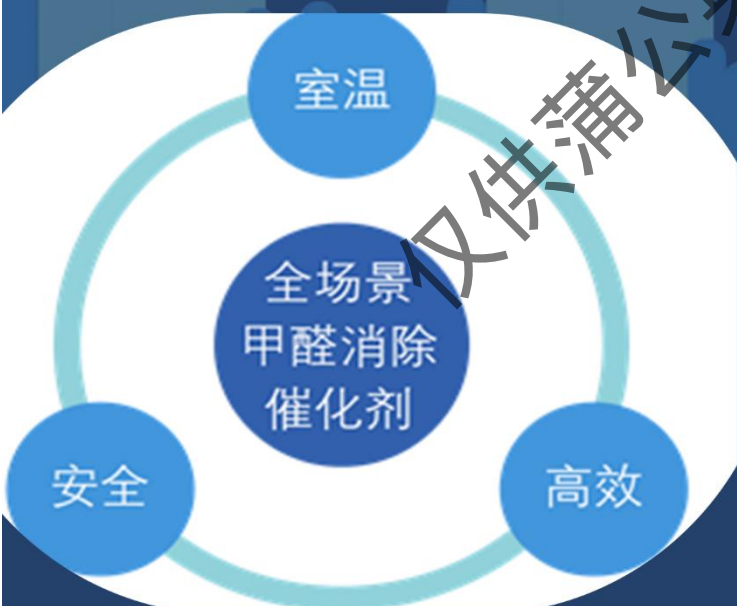
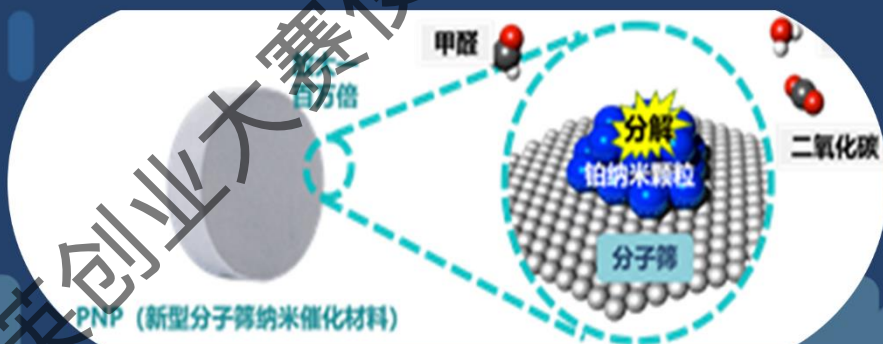
## 艾克博士 (ECO-Breath) 以全场景的新型高效降

解甲醛的纳米催化材料为核心产品，提供集研发、生产、销售、服务于一体的全链路空气净化解决方案提供商。

# 全场景核心技术

——让每一口吸进的空气都洁净

本团队以基于纳米贵金属高效催化和多孔材料的多重优点的**全场景室温**消除甲醛催化剂为核心技术竞争力。



在相对湿度0~100%，温度0~550 °C甲醛浓度为0~400 ppm的苛刻条件下均有高活性  
**适用情景十分广泛**

在分子筛领域，首次实现了仅在室温下即可将甲醛完全催化氧化成无毒无害的二氧化碳和水，无需额外的光照和加热

无毒无害，应用过程中直接将甲醛分解为无毒无害的二氧化碳和水，不造成任何二次污染。

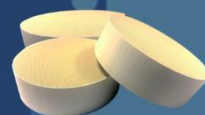
寿命稳定，使用时长可达1年；1g 本公司产品相当于1000g活性炭或400g光触媒的除醛体量性能。



# 竞品优势

本产品相比于同类型产品寿命更长、耐用性更强、不会产生二次污染，且在24小时内可将浓度为 $1.09\text{ mg/m}^3$ 的甲醛降到国标 $0.08\text{ mg/m}^3$ 以下。在同一家检测机构（广州微生物研究所），同样的检测条件下，跟市售的其他产品相比，该催化剂显示出前所未有的甲醛消除效率。

## 确保100 m<sup>2</sup> 房子一年内甲醛含量 低于国家标准所需产品量



100 m<sup>2</sup>去甲醛所需量  
所需成本

200kg活性炭  
10,000元/年

60瓶 光触媒喷雾  
15,000元/年

3块 PURA-core  
600元/年



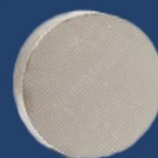
光触媒类产品  
树派

有光80%  
无光5%去除率  
数周内更换  
¥15000



活性炭类产品  
绿之源

18%去除率  
数天内更换  
¥10000



纳米颗粒催化产品  
艾克博士

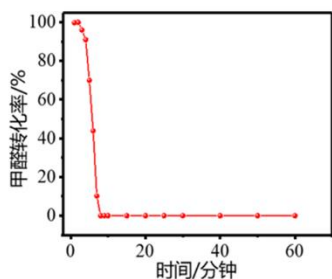
96.3%去除率  
无需更换  
¥600

无紫外光效率极低  
产品本身有毒

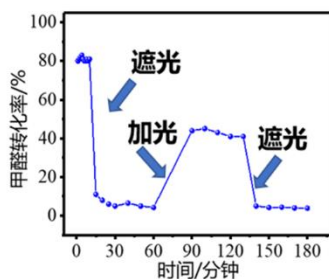
物理吸附易造成甲醛反弹  
而且本身效率差

高效，寿命长，无毒  
无使用限制

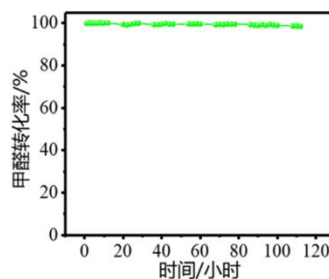
活性炭  
60分钟



光触媒  
180分钟



纳米催化剂  
120小时





# 资质与荣誉

## 院士推荐

所生产的产品获得国内环境催化领域权威，中国科学院生态环境研究中心中国工程院院士——贺泓院士的全力推荐。



“该团队设计研发的新型室温除甲醛产品，其品质处于国际先进水平，潜力巨大”

—— 贺泓

## 核心论文

本团队核心技术位于国际前沿水平，研究成果发表于环境催化领域权威期刊-ACB，IF=16.683

## 发明专利

本团队产品的核心技术成果拥有25项发明专利，构筑坚实技术壁垒



## 第三方检测报告

具有CMA和CNAS认证资格的第三方检测表明，静态条件下催化剂除醛率达**96.3%**，达国标以下；急性经口实验表明催化剂无毒无害；TVOC去除率**98.5%**。





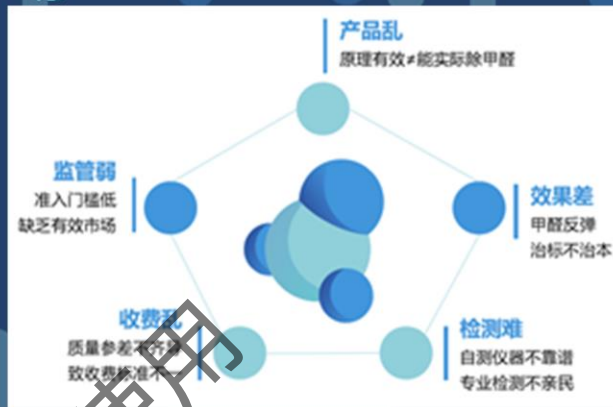
市场广阔



## 2 全链路商业运营

——有呼吸的地方就有市场

室内空气污染每年导致全球**430 万人**死亡，**远高于室外空气污染的危害程度**。人们对于室内污染治理的需求不断上涨。



根据中国室内装饰协会室内环境净化治理专业委员会数据，国内室内污染治理**市场规模已达100亿元以上**，正在以每年**30%**的速度快速增长。而面对充足的买方市场需求，室内环境检测行业的卖方市场充满了“**不具备检测资质、虚假宣传、超范围经营、价格混乱**”等问题。艾克博士的出现正可解决这一系列**行业痛点**，成为**人类室内健康福祉的缔造者**。

本项目通过“产、学、研”的合作方式，获苏州市政府200万元资助，并以苏州美吉科环保科技有限公司作为本公司代理商对外销售和宣传，自今已获得包括“美瑞德”“深圳市海维新技术有限公司”在内的全国多家企业约800万元的订单，并获得一致好评。





# 产品丰富

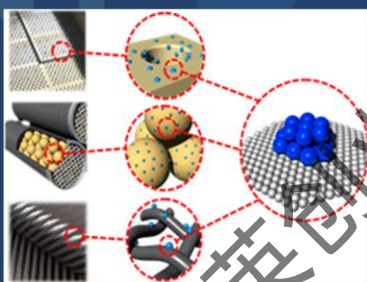


以**PNP技术**为核心，本公司搭建了**ToB、ToC**的丰富产品线，面向**室内家装、车内环境、生化防护**等领域研发设计了一系列产品，为各行各业提供专属的除醛解决方案。

## To B

### 陶瓷滤芯

可贴于橱柜内壁，置于房间角落，或在装修时嵌入地板夹层，做到持续分解室内甲醛一年以上



### 多孔硅胶过滤柱

可连接于室内空气循环系统风口上，达到长效，动态的消除室内空气中甲醛的效果



### 纤维滤膜

可作为可口罩，面具等可穿戴材料，用于福尔马林工厂板材市场等特殊环境的生化防护，也可作为纱窗等家具材料，用于家装除甲醛环境



## To C

### Pura Mask 穿戴式空气净化口罩



### Pura Home 家用室内空气净化仪



### Pura Car 车载净化器摆件





## 商业案例

### 无醛公寓

——与中国最大的地产公司万科旗下泊寓达成战略合作



自如事件对公寓行业产生了极大冲击，但“无醛公寓”为我们赢得了信任。未来，将在其他地区的泊寓进行推广。

——杭州泊寓公寓管理有限公司总经理叶忠

### 无醛装修

——与中国最大的装修公司金螳螂打造装修新范式



无醛装修为装修工人和住户都提供了健康的保障。我觉得，应该让中国所有的装修都用上这款产品。

——苏州金螳螂建筑装饰股份有限公司任副总设计师周达

### 无醛酒店

——与世界顶级的酒店集团凯悦旗下苏州柏悦营造顶级体验



无醛酒店的概念显著提升了酒店的品质，缩短了装修后的“入住空窗期”，显著提升酒店效益。

——苏州柏悦酒店总经理欧阳显勇



# 3 全方位专家支持

## ——专家大牛鼎力支持



### 肖丰收 教授

国家杰出青年基金，国内沸石分子筛领域带头人，亚洲太平洋催化理事会（APCAT）秘书长；IE&EC Research 副主编。曾获中国化学会青年化学奖；国家教委霍英东优秀青年教师化学奖；中国青年科技奖；Thomson Scientific卓越研究奖；教育部自然科学二等奖。

### 李文美 万孚生物创始人

创业板上市公司广州万孚生物技术股份有限公司创始人；承担及参与各类国家、省、市重点课题共6项。参与新药研究和新注册医疗器械产品12项，自主研发专利9项，发表学术论文2篇。胡润全球富豪榜富豪之一。



### 王小毅 教授

浙江大学管理学院营销学和数字化战略教授、博导。浙江大学MBA教育中心主任，脑神经营销学和移动大数据营销专家。研究成果获浙江省科技进步二等奖4项，全国商业科技进步奖一等奖1项。

### 赵 维 凯明催化剂副总经理

杭州凯明催化剂股份有限公司副总经理。十余年销售经验，掌握渠道网络，公司在工业挥发性有机废气（VOCs）净化环保催化剂领域内处于全国领先。



# 目录

<b>01 执行概要</b>	<b>12</b>
1.1 团队简介	12
1.2 产品技术	13
1.3 市场分析	15
1.4 市场营销	16
1.5 商业模式	18
1.6 财务分析	20
<b>02 产品与技术</b>	<b>23</b>
2.1 产品概述	23
2.2 产品创新点	24
2.3 技术优势	25
2.4 同类技术指标分析	26
2.5 生产工艺	27
2.6 催化剂研发过程	28
2.7 未来催化剂研发方向及已有发现	29
2.8 产品矩阵	30
2.9 竞品分析	37
2.10 产品发展	38
<b>03 市场分析</b>	<b>40</b>
3.1 市场分析	40
3.3 STP 分析	50
<b>04 市场营销</b>	<b>57</b>
4.1 产品策略	57
4.2 定价策略	58
4.3 渠道策略	60
4.4 促销策略	63
4.5 销售服务	63
<b>05 商业模式</b>	<b>65</b>
5.1 主营业务	65
5.2 核心资源	70
5.3 渠道通路	74
5.4 项目合作	76
<b>06 发展战略</b>	<b>85</b>
6.1 初期战略：电商联盟，实体店扩张	85
6.2 中期战略：建材平台，技术慧享	85
6.3 长期战略：生态依存，产业集聚	86



<b>07 财务分析</b>	<b>89</b>
7.1 财务现状	89
7.2 财务预测	91
7.3 财务分析	错误!未定义书签。
7.4 投资收益分析	错误!未定义书签。
7.5 财务状况	错误!未定义书签。
7.6 分析总结	错误!未定义书签。
<b>08 团队管理</b>	<b>101</b>
8.1 团队概述	101
8.2 管理架构	101
8.3 项目团队	102
8.4 人力资源管理	106
8.5 战略规划	108
9.1 技术风险及对策	109
9.2 财务风险及对策	110
<b>10 附录</b>	<b>113</b>
10.1 推荐信	113
10.2 发明专利列表	115
10.3 发明专利证书	117
10.4 论文发表	127
10.5 参与课题	130
10.6 获奖证书	131
10.7 检测报告	132
10.8 合作意向	133

仅供蒲公英创业大赛使用

# 1 执行概要

仅供蒲公英创业大赛使用

## 01 执行概要

### 1.1 团队简介

艾克博士是一家集**研发、生产、销售、服务**于一体的**全场景空气净化解决方案提供商**，主要产品是**新型高效降解甲醛的纳米催化材料**。艾克博士通过世界领先的催化技术，使得甲醛的无害转化更加简便高效，为人们消除室内甲醛，维护自身健康安全带来了新的福音。

艾克博士依托**浙江大学催化研究所催化材料课题组**，课题组在沸石分子筛和纳米孔材料的合成、表征与催化性能研究等领域已开展了多年的基础研究工作，取得了一系列突破性的成果。课题组成员有**国家教育丰收教授**和**国家优秀青王亮研究员**，拥有**授权专利 50 余项**，**申请专利 40 余项**、发表**SCI 论文 400 余篇**；参与**国家高技术研究发展计划(863 计划)**一项，**国家科技部重点研发计划课题二项**，**国家自然科学基金面上项目**一项。

本团队拥有甲醛消除领域**专利 25 项**，发表**SCI 论文 12 篇**，其中，**室温催化氧化甲醛技术**在哈尔滨工业大学第一届国际创新创业大赛创业组一等奖，所生产的产品获得国内环境催化领域权威，中国科学院生态环境研究中心中国工程院院士——**贺泓院士**的全力推荐。

艾克博士以新型高效降解甲醛的纳米催化材料为技术核心，研发设计了 PURA 系列产品，可应用于家用、车载、公共建筑、特殊场所等各类场景，并根据项目需求提供技术解决方案，以**高性价比**解决市场痛点。

在生态文明建设加快，产学研创深度融合的背景下，艾克博士始终怀揣着科技报国的热忱，作为全场景空气净化解决方案提供商，志于为**维护人类健康事业**做出贡献。本团队因为全球领先的去甲醛技术获得苏州市人民政府 **200 万**



元政府资助。艾克博士将基于现有的**技术储备**、**研发能力**和**商业前瞻性**，迅速扩大生产，整合价值链，以浙江为起点，辐射全国，走向大规模产业化之路。

## 1.2 产品技术

### 1.2.1 产品介绍

我们的主要产品是由团队首创并已实现量产的**全场景室温消除甲醛催化剂**。产品技术基于纳米贵金属高效催化和多孔材料的多重优点，首次结合沸石分子筛特有的优点与纳米尺度的贵金属，制备出**高活性纳米催化剂**，具有**长效**、**绿色环保**和**适用范围广**等优点。

我们着眼于解决**室内甲醛超标**问题，针对目前市售产品无法实现长久高效消除甲醛的不足，设计研发了这款高效纳米催化剂，该纳米催化剂能够实现**室温下长效**、**无间断**地消除室内甲醛污染。只要空气中的甲醛分子接触到催化材料表面，就能分解为无毒无害的水和二氧化碳，**无需额外的光照和加热**。即便在较苛刻的条件，如**高湿度**或者**极低的温度**下，我们的催化剂依然能够将甲醛完全降解，**适用情景十分广泛**。

### 1.2.2 产品性能

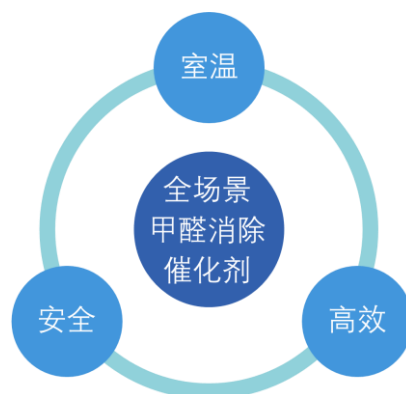


图 1-1 产品性能图

1. 室温消除：在分子筛领域**首次实现室温催化消除甲醛**。
2. 高效除醛：相较市面产品，消除甲醛**效率极高**。
3. 安全无害：消除过程**安全，不产生任何二次污染**，彻底解决家居甲醛污染问题。



### 1.3 市场分析

#### 1.3.1 市场痛点

室内空气污染可导致上呼吸道感染、肺癌，90%的白血病发病和室内空气污染有直接关联，其中又以甲醛引发的室内污染问题最为严重，近几年持续曝光的“自如甲醛房事件”更集中体现了这一市场痛点。当前人们虽然对于甲醛的危害有清醒的认识和明确的除甲醛需求，但是除甲醛市场混乱，各类产品鱼目混珠，存在**产品低效、二次污染、甲醛“反弹”**等问题，导致消费者花费精力却治理无门。在诸多缺陷中，行业迫切期待一款高效清洁甲醛的产品出现。



图 1-2 甲醛危害的媒体报道

#### 1.3.2 市场容量

——“有呼吸的地方就有市场”

室内空气污染治理行业作为与人类健康息息相关的重要组成部分已经提到前所未有的高度。“室内环境监测治理”是一项蕴藏巨大商机的朝阳产业，是一个全社会性的大市场。



数据来源：中国室内装饰协会

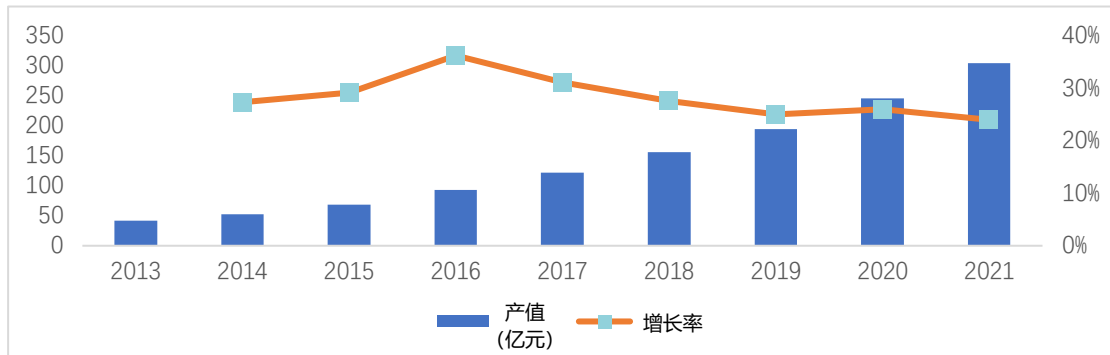


图1-3 人居环境室内空气污染治理行业产值及增长率

根据中国室内装饰协会室内环境净化治理专业委员会数据，国内室内污染治理市场规模已达 100 亿元以上，并正以每年 30% 的速度快速增长

#### 1.4 市场营销

##### 产品 (product)

- 1) 本团队实行产品线宽度与长度同步拓展战略。初创时期以生产**纳米催化剂颗粒及模块**为主，针对不同需求开发不同使用场景的模块；成熟时期，主要生产 Pura 系列除醛产品：**室内空气净化器、车载空气净化器、防护口罩**
- 2) 对这些产品进行**差异化**设计与生产，打造全方位的品牌架构

##### 价格 (pricing)

- 1) 跟随发展阶段制定不同的定价策略：初期凭借技术优势采用**撇脂定价法**以攫取利润；中期采用**满意定价法**占领市场；后期以**利润最大化原则**制定产品价格
- 2) **价格调整措施**贯穿于产品销售的每一阶段，包括差别定价、饥饿营销等

##### 渠道 (placing)

- 1) 采用线上线下相结合的模式进行产品的宣传推广，包括 **SEM 营销、APP 平台推广、媒体推广、展会展览**以及通过**客户网络**进行品牌推广的方式

2) 构建具体的销售渠道，B 端通过**代理商渠道、供应商渠道、物业合作、门店合作**来推广 PNP 技术及模块产品，C 端通过**直销门店与主题商城**的方式销售 Pura 系列成熟产品

### 促销 (promotion)

根据不同的产品及其销售情况采取多样化的促销方式，包括**价格折扣与补贴、组合销售**，最大化产品的销售额

### 服务 (service)

构建起**完善的服务体系**，不仅提供托运、产品维修、零件供应等普通销售服务，还提供升级服务，包括**维修保养、产品升级换代、甲醛检测**。

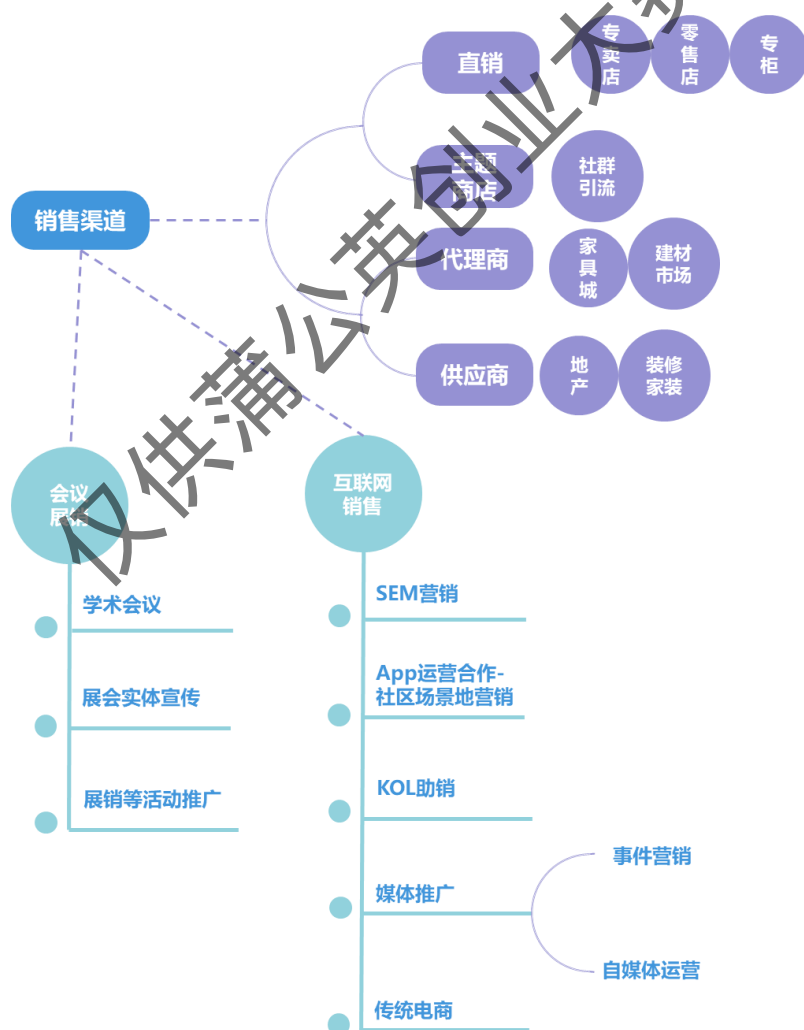


图 1-4 营销模式

## 1.5 商业模式

### 1.5.1 产业链与价值链

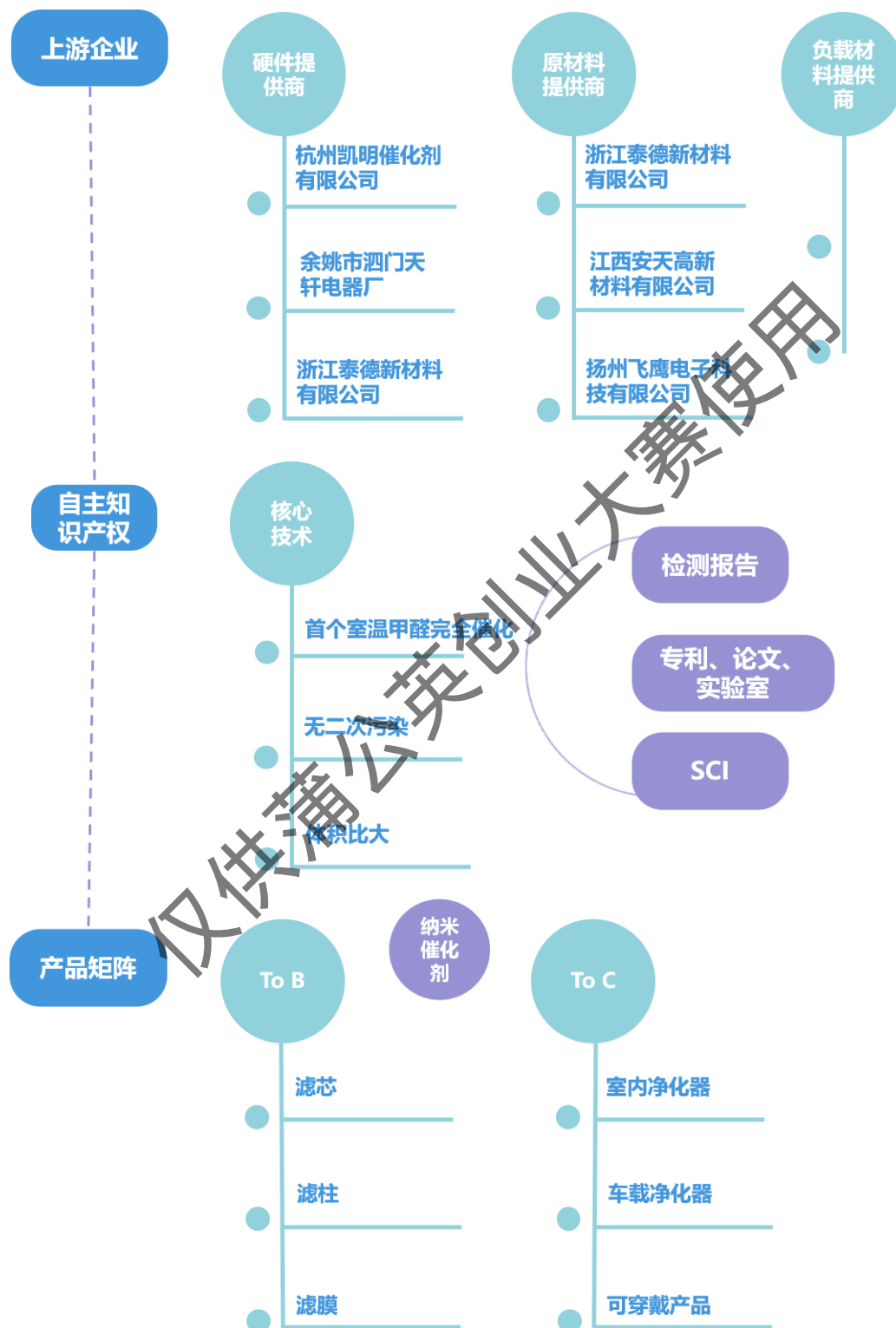


图 1-5 产业链与价值链



### 1.5.2 盈利模式与价值服务体系

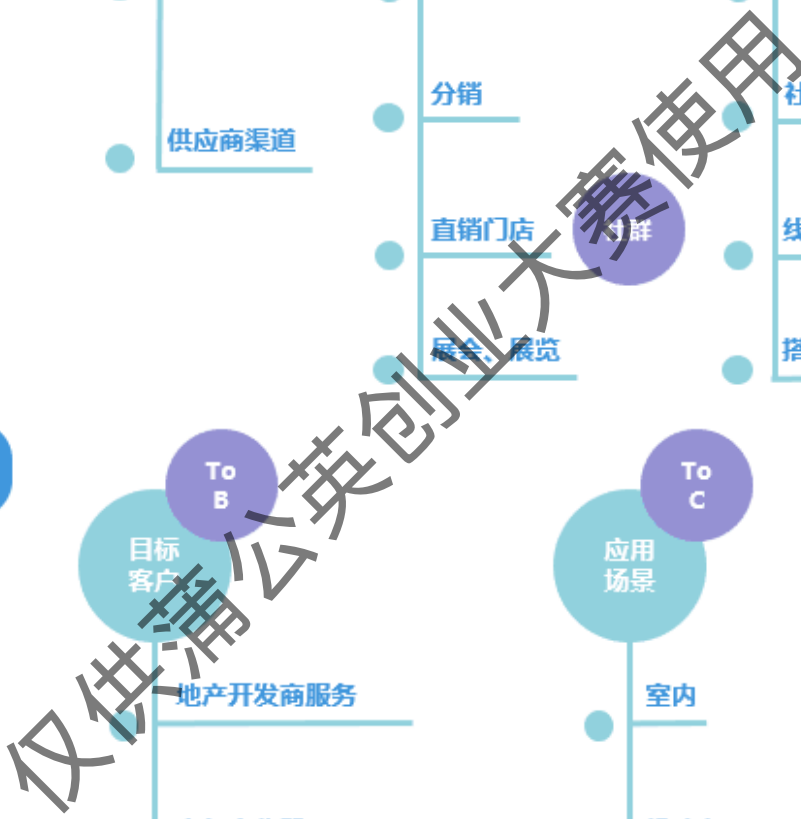


图 1-6 盈利模式与价值服务体系

### 1.5.3 盈利预期收入结构

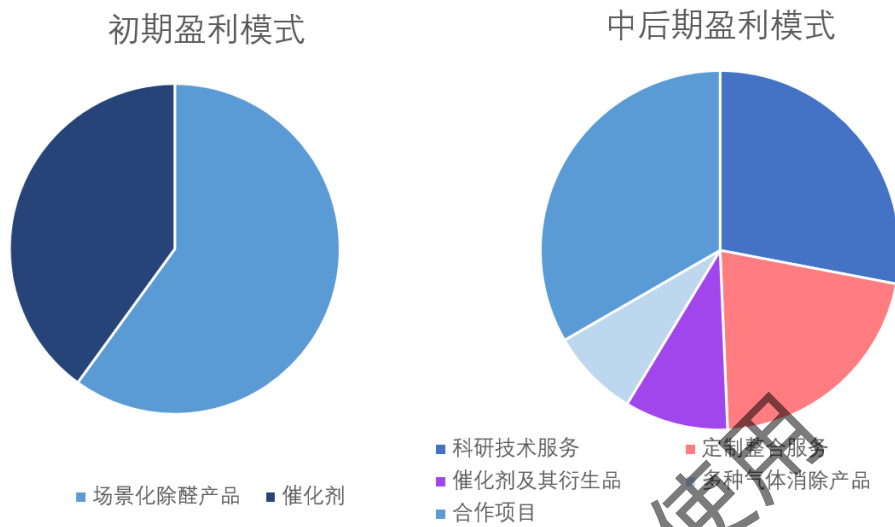


图 1-7 盈利预期收入结构图

## 1.6 财务分析

### 1.6.1 股权结构与融资计划

艾克博士拟成立有限制企业，CEO 章凌持 55% 的股份，具有实际控制权，预留 10% 股权引进投资者。团队目标于 2020 年融得外部投资 500 万用于完善生产线、技术迭代和推广宣发；2023 年融资 1000 万，用于企业培训和研发，并建设个人级产品生产线。



### 1.6.2 营收预测

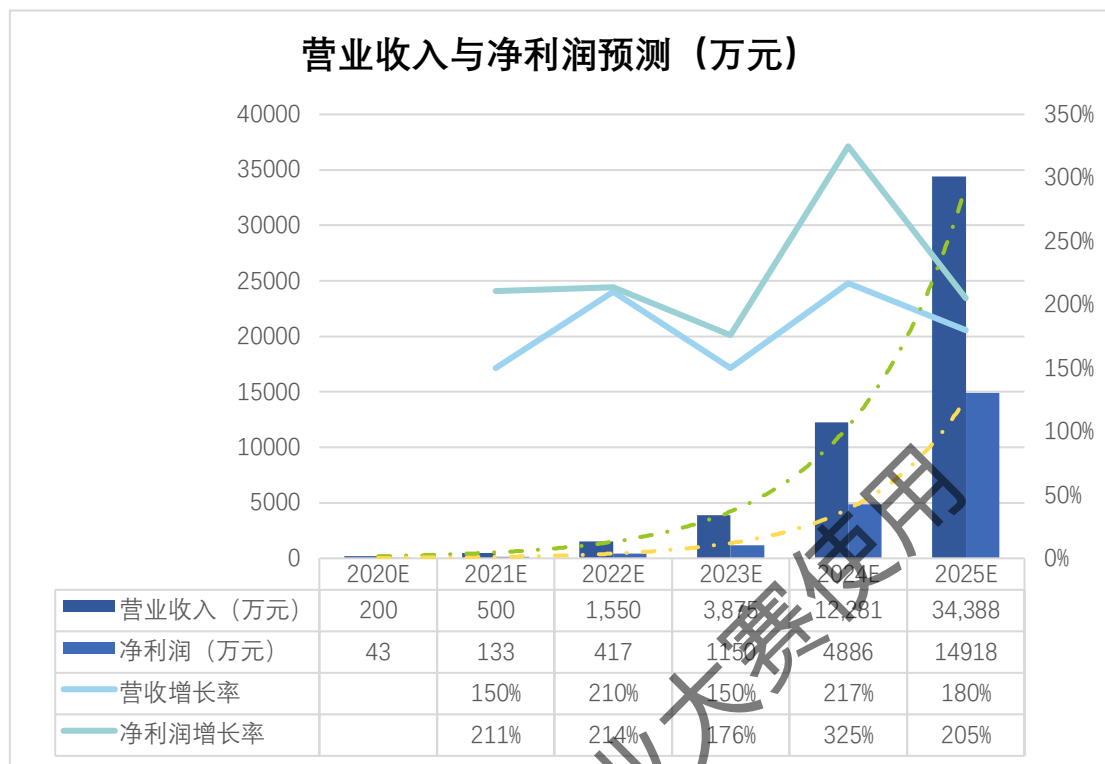


图 1-8 营收预测图

公司营业收入和净利润稳步上升，2024 年实现 **12281 万元营收和 4886 万元净利润**，毛利率总体稳定在 79% 左右。以 **“Pura-core”**、**B 端企业合作**和 **C 端 “Pura” 家用家装系列**为**三大支柱**的业务布局创收能力强大，2024 年三支柱收入分别占比 **22%，51%，27%**。

### 1.6.3 投资收益

团队未来五年预计总**投资净现值达到 4208 万元**，投资收益十分可观。

# 2 产 品 技 术

仅供蒲公英创业大赛使用



## 02 产品与技术

### 2.1 产品概述

我们的产品主要针对**室内甲醛超标**问题，设计研发一种新型高效降解甲醛的纳米催化剂。该材料实现了在**室温、长效、无间断地**消除室内甲醛污染，只要空气中的甲醛分子接触到催化材料表面，就能分解为无毒无害的普通空气成分水和二氧化碳。大量实验研究和权威机构的产品认证表明，该纳米催化剂（化学反应，长效永久消除）消除甲醛的效率和市售的活性炭（物理吸附，寿命极其有限）以及光触媒材料（需要光源，产生二次污染）相比有着革命性和历史性的提高。同时，该纳米催化剂具有**无毒无害、无二次污染、可皮肤接触、绿色环保、消除寿命长**等特点。

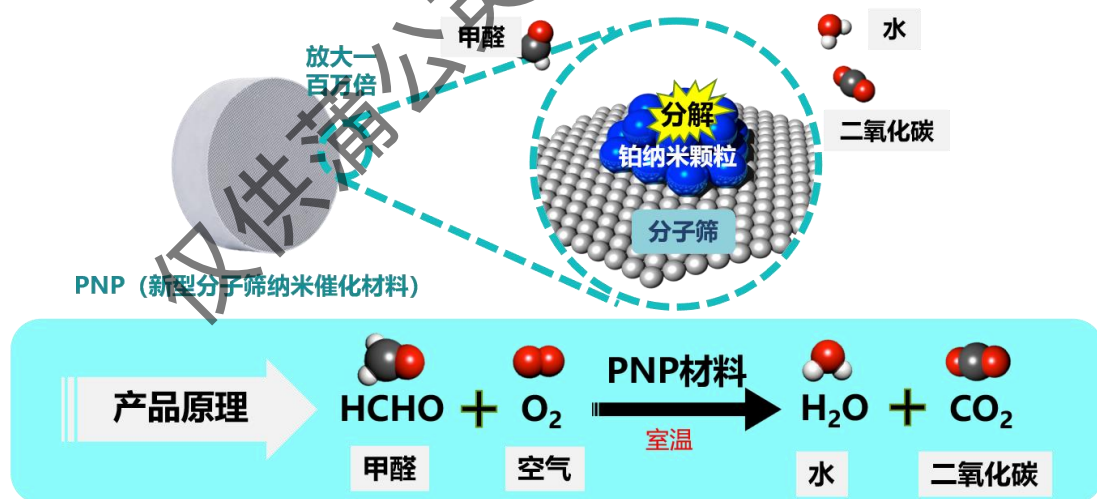


图 2-1 甲醛在催化剂表面反应降解为二氧化碳和水

## 2.2 产品创新点

开创性地利用沸石分子筛具有的“有序的孔道结构”“比表面积大”“水热稳定性好”“酸碱性可调”“亲疏水可控”等优点，与活性组分相结合，制备出**高活性**，**高稳定**，**长寿命**甲醛消除催化剂。

表 2-1 产品创新点

产品创新点		说明
<b>室温除醛</b>		在分子筛领域，首次实现在室温下即可将甲醛完全催化氧化成无毒无害的二氧化碳和水， <b>无需</b> 额外的光照和加热。
<b>安全</b>		本团队产品无毒无害，应用过程中直接将甲醛分解为无毒无害的 <b>二氧化碳和水</b> ，不造成 <b>任何</b> 二次污染，而活性炭和光触媒在应用过程中很容易造成 <b>二次污染</b> 。
<b>高效</b>	<b>寿命性能</b>	本团队产品使用寿命长 <b>1 年</b> 以上，而活性炭及光触媒使用寿命受限，短时间内失活。
	<b>除醛体量性能</b>	<b>1 g</b> 本团队产品相当于 <b>1000g</b> 活性炭或 <b>400g</b> 光触媒。
<b>稳定</b>	<b>抗湿度性能</b>	本团队产品在 <b>相对湿度 0~100%</b> 条件下均有 <b>高活性</b> ，而活性炭和光触媒在湿度较大时失活。
	<b>抗高温性能</b>	本团队产品在 <b>0~550 °C</b> 条件下均有 <b>高活性</b> ，而活性炭在 40 度以上就失活。
	<b>抗高浓度甲醛性能</b>	本团队产品在 <b>甲醛浓度为 0~400 ppm</b> 范围内均有 <b>高活性</b> ，而活性炭和光触媒在高浓度甲醛条件下失活。



### 2.3 技术优势

目前通常有二种手段来限制室内甲醛浓度。一是从甲醛产生的**源头**进行控制，即在装修过程中使用绿色环保的建筑装饰材料，从根本上减少甲醛产生。但是由于**经济状况和现有技术手段限制**，无法完全排除甲醛的产生，目前广泛使用的建筑板材，其生产过程中仍必须使用甲醛作为原料。二是**尾端**处理，通过物理或化学方法，降低室内甲醛浓度。最主要的方法有通风换气法、植物净化法、物理吸附法、以及化学降解法。通风换气法和植物净化法存在诸多**原理性局限性**，效果远远达不到净化空气的要求；物理吸附法主要通过**活性炭**等多孔材料物理吸附空气中的甲醛分子，这种方法**效率低下**，容易吸附饱和失活且只是储存而非根本上降解甲醛，很可能产生**二次污染**；化学降解法是一种从根本上消除甲醛污染的有效手段，然而这种方法一般需要特定的反应条件才能进行，如高温，低浓度，外加光源和电场等，**条件苛刻，成本高**。

表 2-2 技术优势

优势	性能	本团队产品	活性炭	光触媒	性能指数对比
高效性	寿命	>1 年	甲醛浓度大时， 10min 失活	甲醛浓度大时， 1 小时失活	寿命更长， 耐用性更强
	除醛体量	1g 催化剂至少除 100g 甲醛	1g 活性炭最多 吸附 0.1g 甲醛	1g 光触媒最多消除 0.25g 甲醛	近 1000 倍
安全性	安全	无毒无害， 无二次污染	易二次污染	易二次污染	一劳永逸无副作用
稳定性	抗湿度性能	相对湿度 100% 下，保持高活性	湿度大， 立即失活	湿度大，缓慢失活	不因湿度大而失活
	抗高温性能	保持高活性	二次污染，重新 释放甲醛	活性下降	耐高温性能优异

	抗高浓度 甲醛性能	保持高活性	立即失活	寿命变短	对抗极端浓度环境
--	--------------	-------	------	------	----------

而我们设计研发的除甲醛纳米催化材料实现了**室温、无间断、高效**地消除室内甲醛污染，只要空气中的甲醛分子接触到催化材料表面，就能分解为无毒无害的水和二氧化碳。大量实验研究和权威机构认证表明，该纳米催化剂相比市售有甲醛消除催化剂有着革命性和历史性的提高。

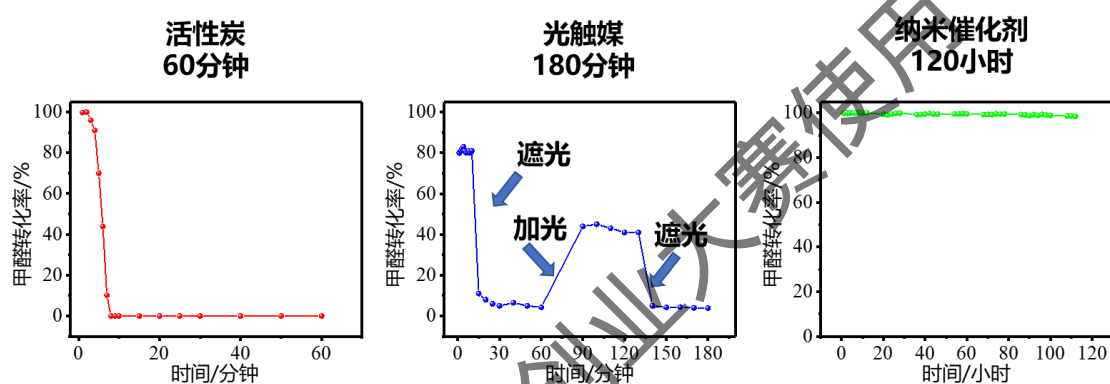


图 2-2 各去甲醛方式效果对比

同时，该纳米催化剂具有**无毒无害、无二次污染、可皮肤接触、绿色环保、使用寿命长**等特点。

后期本团队将继续研发出以该新型材料为核心的，可用于各种生活场所消除甲醛的产品，包括**空气净化器、降解甲醛陶瓷滤芯**等。

## 2.4 同类技术指标分析

除醛实验：根据国家 QB/T 2761-2006 检测依据（《室内空气净化产品净化效果测定方法》），经过具有 **CMA 资质的检测机构的检测**，本团队研发的负载型纳米催化剂，**在 24 小时内将浓度为 1.09 mg/m<sup>3</sup> 的甲醛降到国标 0.08**

mg/m<sup>3</sup> 以下（检测报告详见附件）。在同一家检测机构，同样的检测条件下，跟市售的其他产品相比，该催化剂显示出**前所未有的甲醛消除效率**。

表 2-3 气态污染物甲醛去除率（广州微生物研究所）

产品	24 h 后甲醛浓度
陶瓷催化剂	0.08 mg/m <sup>3</sup> (达标)
活性炭	0.63 mg/m <sup>3</sup> (超标)
醛击手	0.43 mg/m <sup>3</sup> (超标)
光能净光触媒	0.36 mg/m <sup>3</sup> (超标)

## 2.5 生产工艺

本团队产品制备工艺**成熟**，主要包括分子筛**制备**，**负载**活性组分，**焙烧**催化剂，**涂覆**催化剂至陶瓷等载体，**焙烧**去除胶黏剂以及最后的**还原活化**催化剂。核心工艺在于分子筛及活性组分的制备，以及涂覆过程中浆料的配置。这些核心工艺掌握在本团队。

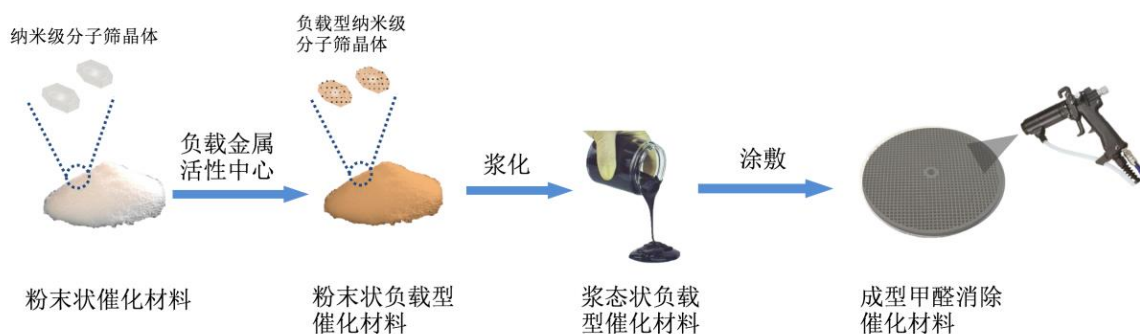


图 2-3 生产工艺流程图



## 2.6 催化剂研发过程

浙江大学催化研究所催化材料研究室主要以肖丰收教授为科研带头人，在沸石分子筛和纳米孔材料合成以及环境催化等领域取得一系列重要成果。分子筛是一种具有有序多孔结构的纳米催化材料，多项研究表明，分子筛催化材料在环境催化领域显示出独特的催化性能。本团队基于多年研发经验，创新性地将分子筛同金属活性中心相结合，制备出负载型金属纳米分子筛催化材料用于室温甲醛消除，并取得重大突破。

根据甲醛分子的尺寸大小，结合分子筛孔道结构的独特性，本团队制备了不同类型的分子筛催化材料（Y 型，MFI 型，CHA 型，BEA 型等）负载金属活性组分（金属银，钯，铂，钨等）。经过理论分析和实验表明，金属铂（Pt）更有利于催化甲醛分子转化，同时考虑到分子筛催化材料独特的孔道结构具有不同的择形催化特点，我们将金属 Pt 负载在不同的分子筛载体上，对甲醛分子消除进行了大量的实验。由于不同类型的分子筛具有不同的孔道结构以及表面特性，结合甲醛分子特定的尺寸大小，我们发现负载金属铂的 BEA 型分子筛的甲醛消除效率最高，该催化剂实现了在  $\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  的条件下完全降解甲醛分子，但这仍然不能达到室温消除甲醛的目的。进一步结合课题组对 BEA 型分子筛的深入研究和开发，本团队采用无模板法合成的富铝型 BEA 分子筛负载金属铂，并对该催化剂进行优化，结果发现，此催化剂对甲醛分子的降解活性有了突破性进展，可以实现在室温乃至  $0^{\circ}\text{C}$  的条件下完全消除甲醛分子。通过对该催化材料的表征以及反应机理研究发现，负载铂的富铝型 BEA 分子筛催化材料具有较低的硅铝比，有利于甲醛吸附及活性中心 Pt 纳米颗粒的分散，因此极大得提高了甲醛分子的分解活性。此外，对催化剂的稳定性测试发现，该催化剂

具有**长时间降解甲醛分子不失活的特性**，可以基本满足日常需求。同现有的消除甲醛的材料（活性炭，光触媒等）相比，该催化剂可从根本上消除甲醛，并且**效率高，无二次污染，绿色环保**。因此，本团队采用分子筛负载金属活性中心做催化剂，**首次实现室温完全降解甲醛**。

## 2.7 未来催化剂研究方向及已有发现

目前，用于涂覆的催化剂主要是第一代产品。但在学术上本团队已经开始深入研究。开发的第二代催化剂基于 B 分子筛强大的**疏水性**，仅在负载 0.2% 纳米 Pt 即可达到**室温完全催化降解甲醛**，大大降低了降低贵金属的使用量，在不影响优异的活性的情况下极大程度地降低了成本。由于贵金属 Pt 价格高昂，因此本团队设计研发了**第三代催化剂**，研发团队在 B 分子筛上负载 10% Ag 以及适量的 Mn，该催化剂相对于世界上其他 Ag 催化剂，具有更为优异的活性。基于以上设计，我们开发了第四代催化剂，在 **Mn 基催化剂** 的基础上直接负载 10% Ag，制备出**世界上首个能在室温完全催化降解甲醛的 Ag 基催化剂**。在大大**降低成本**的同时，依然能达到**完全降解甲醛**的效果。我们设想开发第五代催化剂，开发出世界第一个能在**室温完全降解甲醛**的**非贵金属催化剂**。该设计开发依然在研究过程中。

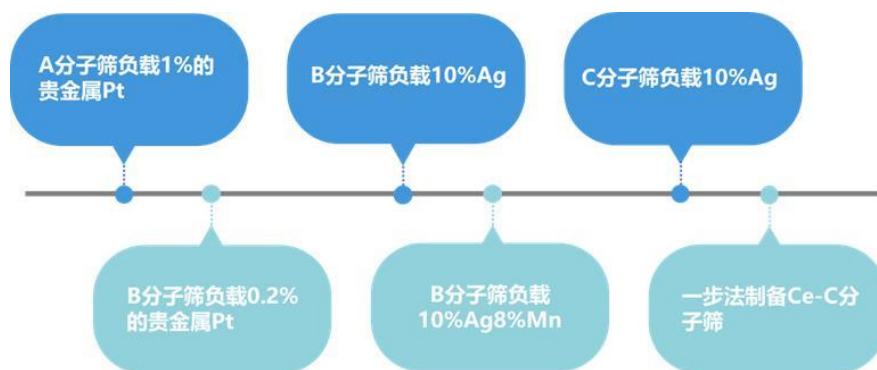


图 2-4 未来研究

## 2.8 产品矩阵

### 2.8.1 多孔材料负载纳米催化剂

团队研发的**多孔材料+纳米催化剂模块**具有无可比拟的优势，实现了温和条件下，**室温无间断地**消除室内甲醛污染，只要空气中的甲醛分子接触到催化材料表面，就能分解为无毒无害的**水和二氧化碳**。研发团队通过大量实验研究和权威机构的产品认证表明，该催化材料消除甲醛的效率比现有的材料显著提高，且该催化材料具有无毒无害**无二次污染**，可**皮肤接触**，**绿色环保**，**使用寿命长**等特点。

产品面向的市场**应用前景广阔**，由于多孔材料的**可迁移扩展性强**，可以直接应用于**贴片陶瓷等具体产品形态并贴于家居等表面**，具有美观、易清理、不易老化等特点，因此，其独特的产品形态极大简化了改装、除醛化服务的模式，可谓**流程性的连锁式创新**。

### 2.8.2 模块产品

#### 陶瓷滤芯

本产品为一款**长效、便携**的甲醛消除陶瓷滤板。是将本团队的核心科技——贵金属纳米催化剂负载于**超薄多孔陶瓷滤板**上，使其具有一定的**机械强度**，可应用于多种家用场景中，如贴于橱柜内壁，置于房间角落，或在装修时嵌入地板夹层。可持续**分解室内甲醛一年以上**，排除家装材料带来的室内空气污染，营造安全，健康的家居生活环境。



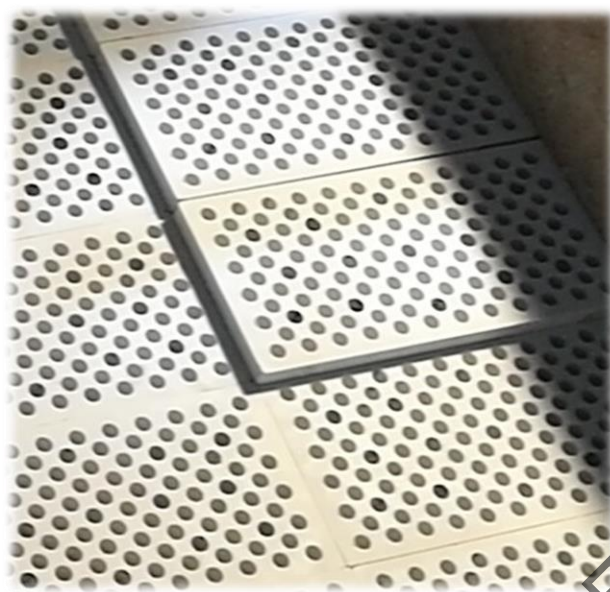
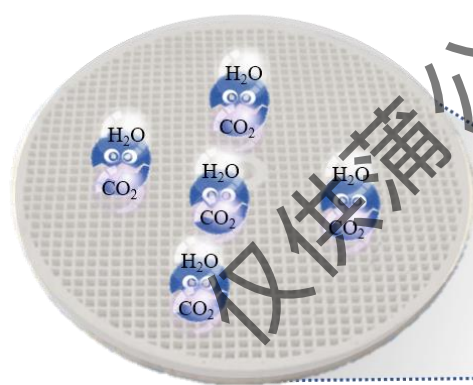
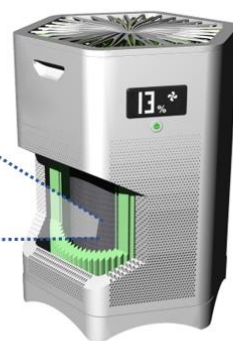


图 2-5 过滤产品及原理示意图



纳米催化材料滤芯



高效无间断，化学降解  
甲醛分子，无需光照，  
寿命长

配备纳米催化材料  
滤芯的空气净化器

图 2-6 陶瓷滤芯应用示意图

### 多孔硅胶过滤柱

本产品为一款可作为各种空气净化器，空调等电器配件的甲醛消除多孔硅胶滤柱。是将本团队的核心科技—贵金属纳米催化剂负载于**多孔硅胶微球**上，填装于玻璃柱内，使其可连接于室内空气循环系统风口上，达到长效，动态的消除室内空气中甲醛的效果，营造安全，健康的室内空气环境。

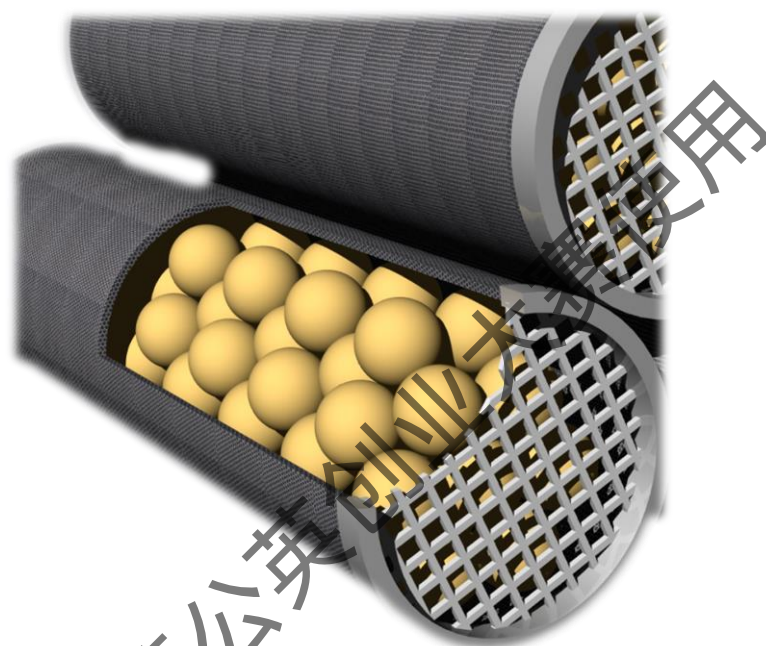


图 2-7 多孔硅胶过滤柱示意图

### 纤维滤膜

本产品为一款柔性的甲醛消除纤维滤膜。是将本团队的核心科技—贵金属纳米催化剂负载于**碳纤维薄膜**上，既可作为可口罩，面具等可穿戴材料，用于福尔马林工厂，板材市场等特殊环境的生化防护，也可作为纱窗等家具材料，用于家装除甲醛环境。

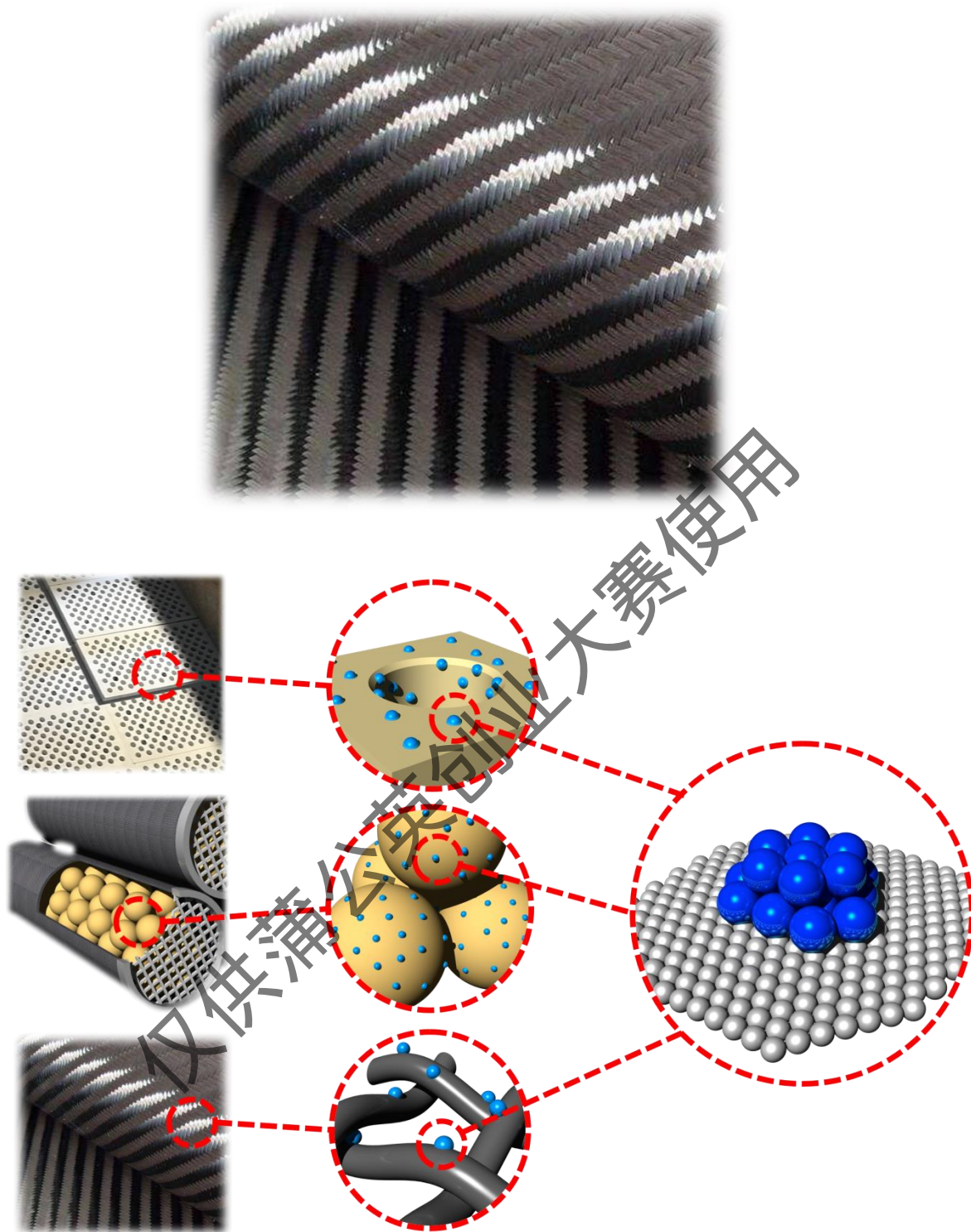


图 2-8 核心模块产品及原理示意图



### 2.8.3 穿戴产品

#### 穿戴式空气净化口罩 Pura Mask

面向有特殊防护需求人员，例如装修施工人员，车间生产人员，实验室人员等人群。产品采用高分散纳米铂分子筛核心技术，有效分解甲醛。而可穿戴产品则有效保护了人体呼吸道。



图 2.9 穿戴式空气净化口罩 Pura Mask

### 2.8.4 实用轻巧家用型产品

#### 家用室内空气净化仪 Pura Home

在购买建材、家具时，每一件产品都追求环保检测合格，但是当所有产品出现在一个空间中，整个空间污染超标非常常见。据调查数据显示城市中的人平均每天约 80% 的时间生活在室内环境中，无论是家中、办公室还是在车中，人的健康随时受到室内空气污染的威胁。

为此，团队研发面向家用的空气净化仪，产品由高分散纳米铂分子筛核心分解净化装置和智能硬件模块组成，而世界首创的**轮式设计**保证其可移动性强，灵活性大，能够自行在室内行走并不受障碍物影响。产品内含蓝牙模块，可通过手机端 APP 进行**远程控制**。



图 2-10 家用室内空气净化仪 Pura Home

#### 2.8.5 小型车载迷你产品

##### 车载净化器摆件 Pura Car

一般的新车味，通常是由隔音材料、薄膜、皮革、衬边材料、泡沫材料、地毯、密封条、聚丙烯塑胶件、脱模剂等等共同导致，来源复杂，成分繁多，难以处理。对于新车，空间狭小封闭，污染源众多，前期挥发量较大，没有有效的一劳永逸的解决办法，除了更换；对于非新车，车用 PP 复合材料等为满足强度等等指标要求，会添加无机填料、弹性体、抗氧化剂、耐划伤剂等等助剂，这些助剂以及聚合物后期氧化化学键断裂就造成了异味在以后**相当长的时间**里源源不断的产生；**新车旧车**都不可避免的存在甲醛超标的问题。

针对车内密闭性大、内循环差的特点，团队设计了车载小型净化摆件，放置于车内中控台，促进车内空气流动和净化。相比于活性炭等除甲醛设备，净化器可以直接将甲醛在室温环境下分解。而**市面上的吸附材料很容易吸附饱和而失活**；同时，夏季车内环境温度很容易升高，高温下，吸附于表面的甲醛**重新被释放到室内环境中**；雨天湿度较高时很容易**吸附水分而失活**。

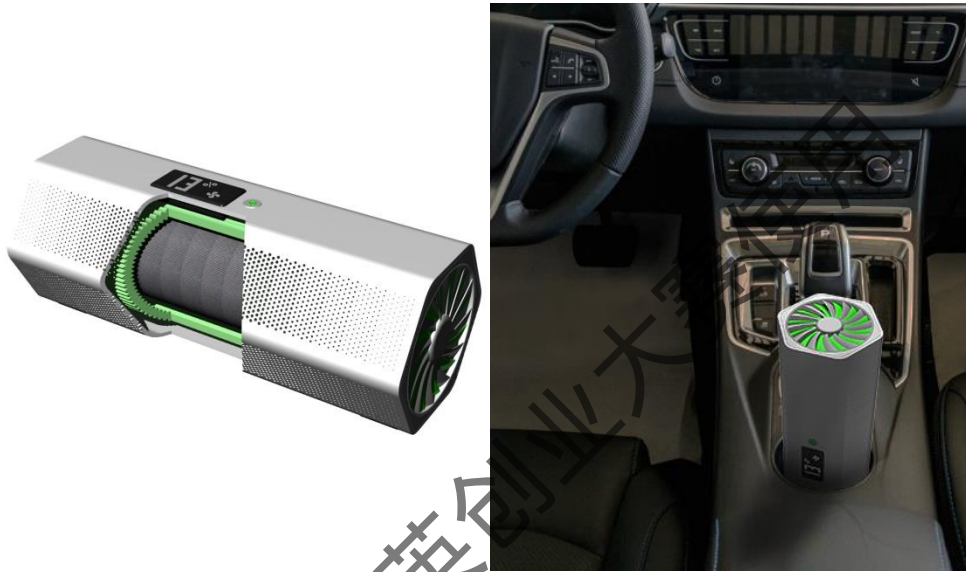


图 2-11 车载净化器摆件 Pura Car



## 2.9 竞品分析

表 2-4：竞品分析

产品类别	主要厂商品牌	一间房子 所需费用	除醛效果	优点	缺点
硅藻泥（内墙装饰材料）	兰舍、骏辉、春之元	500-1500	慢，效果差	调节空气湿度	易失活、价格高，操作频繁，容易二次污染
活性炭	快活林、蔓诗兰、山山	29-130	差	价格低	饱和后二次污染
除醛喷雾	绿之源、Lopodo、SCAN 泽康	99-625	慢，效果不佳	针对源头	化学成分对人体和环境有害
光触媒（催化分解）	MUSEN、绿驰、必酷蕾	79-1200	根据紫外线强度决定功效	易操作	容易二次污染；使用条件严格；需控制用量
空气净化器	PHILIPS、美的、小米、A.O史密斯	3000 以上	有效清除空气中游离甲醛	能除掉空气中部分污染气体	贵，需定时更换滤芯
纳米催化剂	艾克博士	300-600	速度快、完全消除	室温下起作用、适用范围广、长效、无二次污染	无

通过对比发现，中国除醛市场**鱼龙混杂**。提到除甲醛产品，大多数民众并不能想到市面上的一款产品或者一个品牌，这使我们看到了一个很大的除甲醛市场；在很多中年人老年人的认知中，新装修的房子仅靠摆放活性炭、绿色植物、通风

等方法就能去除刺鼻异味、甲醛等，尤其市面上充斥着各种号称除甲醛神器的产品，事实上仍使用活性炭作为核心过滤装置，并没有产生广告中宣称的成果。光触媒最近应用于室内甲醛较多，但也存在明显的缺陷。光触媒的本质是二氧化钛，通常需要额外的紫外灯光才能起作用，但容易引发**二次污染**。在夜晚或光线不强的白天，不发挥任何作用，但**甲醛 24h 不间断释放**。

而我们的产品主要具有**寿命长、稳定性优异**的优势，与行业内其他主要竞争产品相比，采用世界上**最先进**的室温催化氧化甲醛材料，使用周期长，适用于任何室内环境，性能优越，市场竞争力强。

因此，我们团队此时进入市场，利用产品的独特优势，着力打造品牌影响力，将具有极大的市场潜力。

## 2.10 产品发展

基于物联网的家用、商用空气净化系统，通过布局深层次、广范围的产品线，我们的核心产品在未来将更具备全线业务拓展的能力，并与**巡航硬件商、智能硬件商**等头部企业合作，完成家用空气净化系统的深层迭代。

在家用领域，通过连接我们的净化设备，即可作为家庭空气净化系统的整合硬件端使用，与配套 APP 相连接，实现实时移动并针对超标甲醛来源区域进行集中净化处理的功能。

在商业用领域，我们拟开发智能巡检设备，动态对车间、工厂、办公领域进行实时环绕式除醛，提高设备功能**可覆面积**，提供更为成熟的商用解决方案。

3

# 市场 分析

仅供薄公英包山大量使用



## 03 市场分析

### 3.1 市场分析

#### 3.1.1 市场痛点

随着社会的进一步发展，居民消费能力提高，换房和装修的频率大大增加。尽管家居装修带来的**污染与健康问题**越发受到关注，但长久以来消费市场始终**缺乏全面系统的家居健康指导方案**。



图 3-1 市场痛点

##### 3.1.1.1 室内甲醛污染威胁健康

据世界卫生组织 2016 年报告显示，**室内空气污染**每年导致全球 430 万人死亡，**远高于室外空气污染的危害程度**。另外由于室内空气污染的日趋严重，由其导致的肺癌人数以 27% 的速度递增，90% 的白血病发病和室内空气污染有直接关联，更加可怕的是因**装修污染**引起的上呼吸道感染而导致重大疾病的儿童约有 210 万人。在 18 世纪的“煤烟型”以及 20 世纪的“光化学烟雾型”空气污染期之后，人们在上世纪 50 年代左右开始正式进入“室内空气污染型”空气污染期。

室内空气污染主要由挥发性有机化合物 (VOCs), 主要包括醛类、苯类、酯类以及烃类污染物等引起, 而其中**甲醛引发的问题尤为严重**, 近几年持续曝光的**“自如甲醛房事件”**, **“南昌幼儿园甲醛中毒事件”** 等就是由甲醛引起。

主要超标气体对比

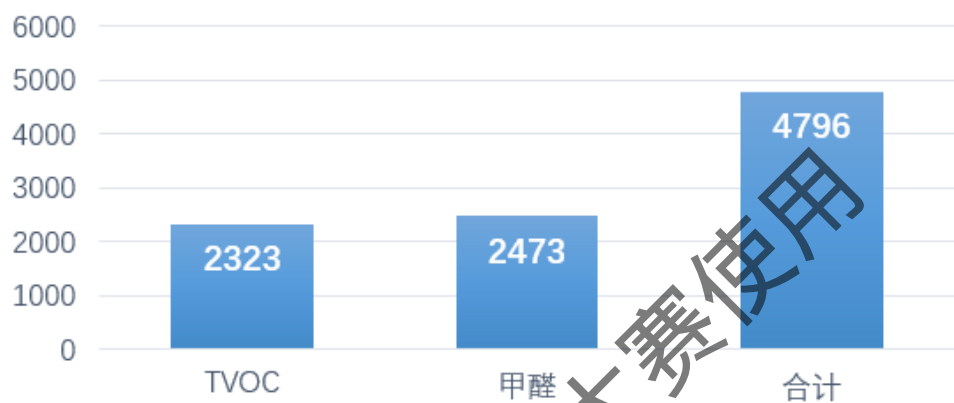


图 3-2 室内主要污染气体

不同测试场景污染物占比图

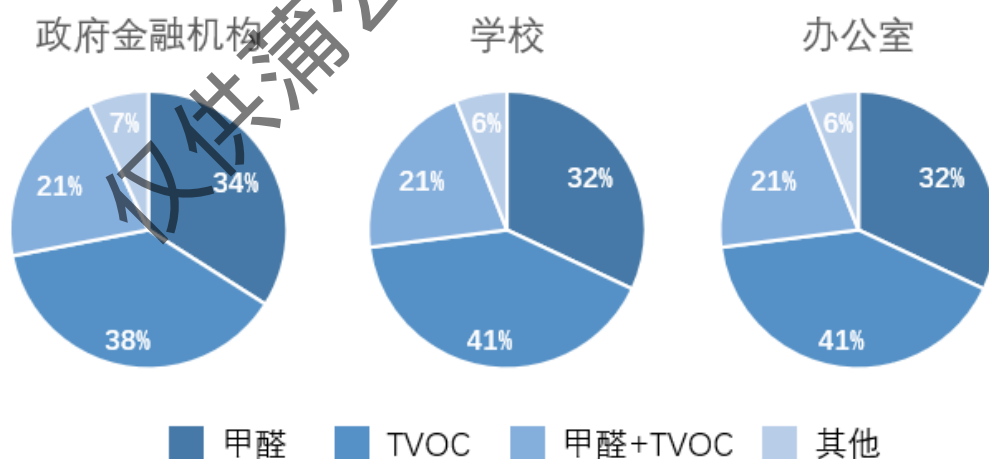


图 3-3 不同测试场景污染物占比图

甲醛超标程度分布

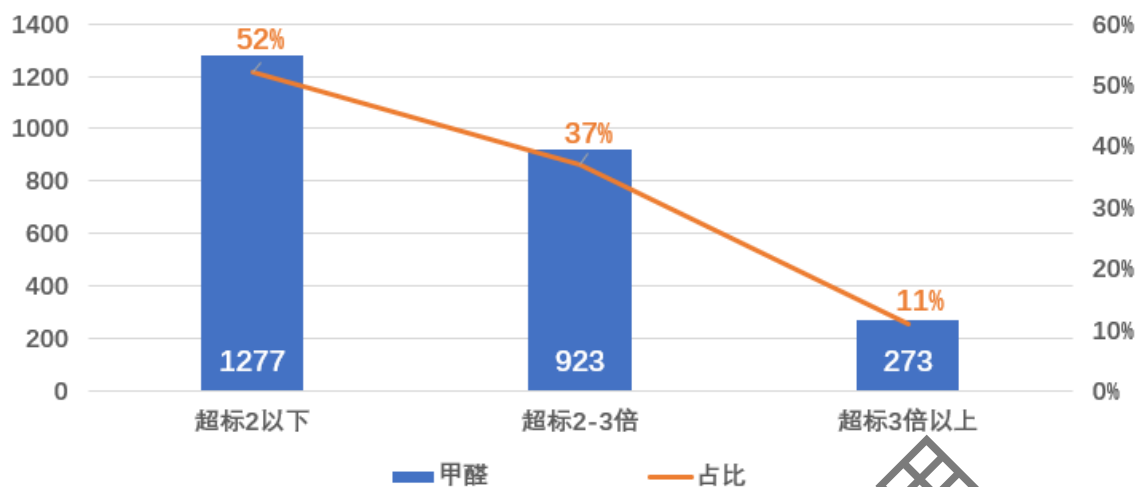


图 3-4 甲醛超标程度分布

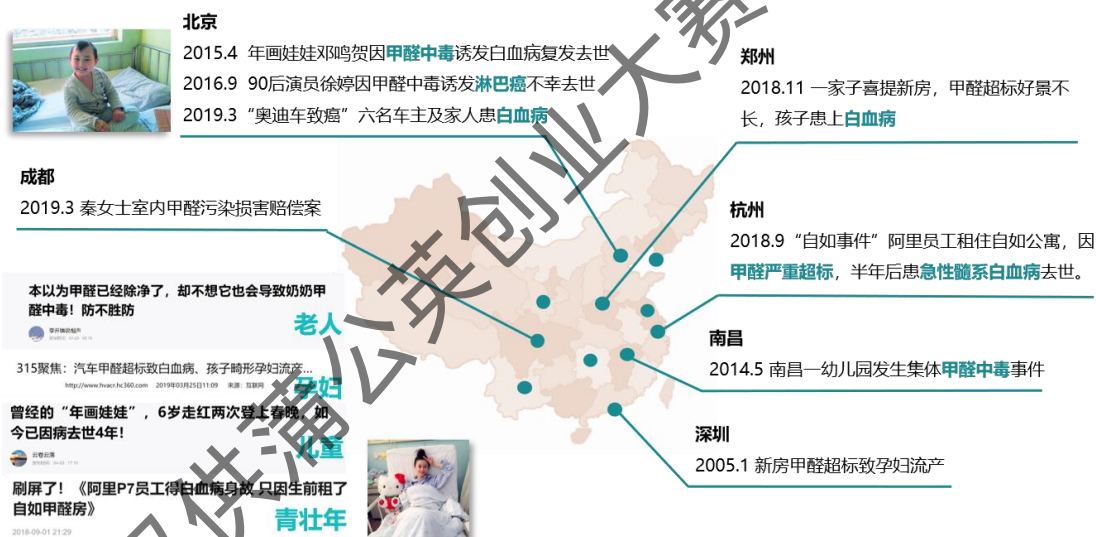


图 3-5 甲醛污染严重危害健康事件

### 3.1.1.2 除醛市场鱼龙混杂

尽管人们深知甲醛的危害并且有心去除，但是目前除甲醛**市场混乱且无人监管**，小作坊式的公司遍地开花。根据国家室内车内环境与环保产品质检中心的调查，**不具备检测资质、虚假宣传、超范围经营、价格混乱**等是室内环境检测行业的主要问题。除甲醛行业所谓较大的品牌绝大部分均以招商加盟为主，疯狂宣传



除甲醛市场红利,吸引一批一批的进入者,然而却对加盟商所谓的支持难以兑现,更对加盟商无从监管,只要交少量钱,就可以使用其品牌授权,导致各地除甲醛加盟野蛮生长,无人监管。

另外,甲醛、苯系物、TVOC,要想除去容易,不反弹却很难。甲醛是一种挥发期很长的有害气体,时间长达 3-15 年,尤其是前三年,属于甲醛高挥发期。如若除醛时使用了无真实功效的伪劣产品,或不合法的除醛公司假治理,甚至会导致“二次污染”。长挥发期和假治理是甲醛根治难的直接原因。

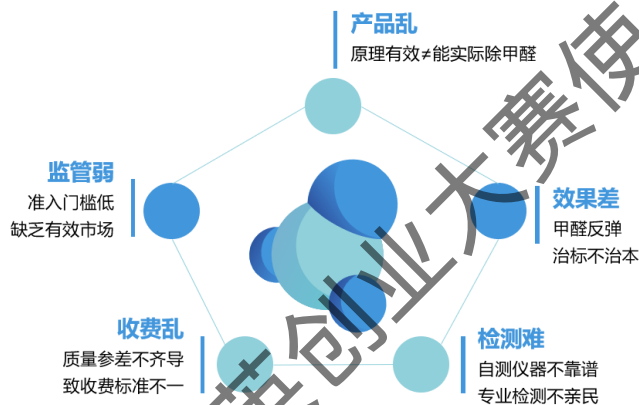


图 3-6 当前甲醛市场乱象

而我们设计研发的除甲醛纳米催化材料实现了室温、无间断、高效地消除室内甲醛污染,只要空气中的甲醛分子接触到催化材料表面,就能分解为无毒无害的水和二氧化碳。大量实验研究和权威机构认证表明,该纳米催化剂相比市售有甲醛消除催化剂有着革命性和历史性的提高。

### 3.1.2 市场规模

从市场需求来说,室内污染已经成了人类看不见的杀手,人们对室内污染治理的需求将不断快速增长;从消费意识和消费能力的角度看,住宅私有化使人民

拥有自己的住所趋于普及，而且多数会成为自己的终身居住环境，这就使消费者更加迫切地关注自己居住环境的环保问题，拥有一个长久的健康居住环境将是消费者的一大需求，在满足这个需求的消费上，只要不是非常昂贵的支出，多数消费者都愿意做有意义的投入。

美国《财富》杂志将健康产业列为**未来10年增长最快的10个行业之一**，而且排在**第一位**。而室内空气污染治理行业作为与人类健康息息相关的重要组成部分已经提到前所未有的高度。目前，在社会各界的催生下，市场迅速火爆起来。**“室内环境监测治理”**是一项蕴藏巨大商机的朝阳产业，是一个全社会性的大市场，被誉为二十一世纪是最有前途的投资项目，被誉为**十大朝阳行业之一**。

尽管行业在飞速的发展，但目前中国环保消费在国民生产总值中所占的比重仅为**3.5%**左右，室内空气污染治理在国民生产总值中所占比重仅为**0.5%**（美国、日本、英国等发达国家均达到**20%**左右）。

### 3.1.2.1 市场容量估计

数据来源：国家统计局

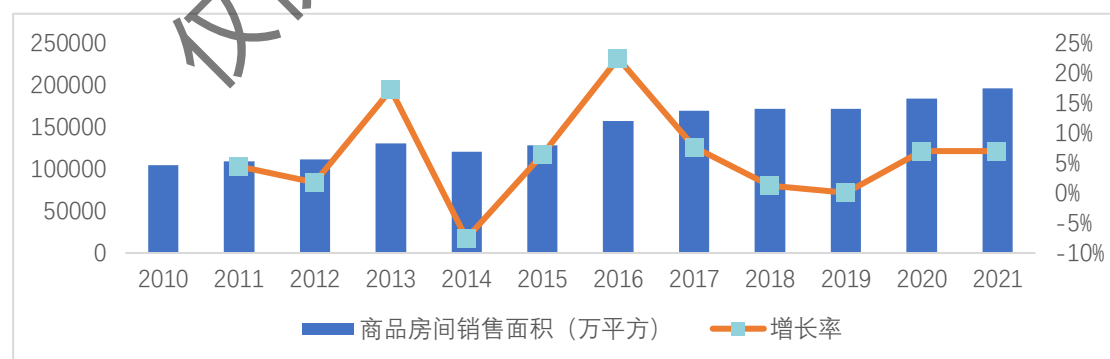


图3-7 2010-2021年全国商品房销售面积及增长率

### ● 室内除甲醛产品市场规模预估

2012-2020年全国商品房（包括商品住宅、办公楼、商业营业用房、其他商品营业用房）成交面积CAGR计算约为7%，预估2021年全国商品房成交面积为**196,416万平方米**，约为200,000万平方米，预估市场渗透率为30%，产品平均作用面积约为30平方米，产品单价约为500元人民币，由

$$\text{商品房成交面积} \times \text{市场渗透率} / \text{平均作用面积} \times \text{单价}$$

预估产品市场规模为  $200,000 \times 30\% / 30 \times 500 = 1,000,000$  万元=100 亿元。

- 室内环保行业市场容量预估
- 我国家装市场容量已超过 4 万亿元规模，预估消费者可接受的室内环保支出约占家装总费用 3~4%，由此，室内环保行业市场容量已达**千亿**。

### 3.1.2.2 人居环境室内空气污染治理行业市场规模分析

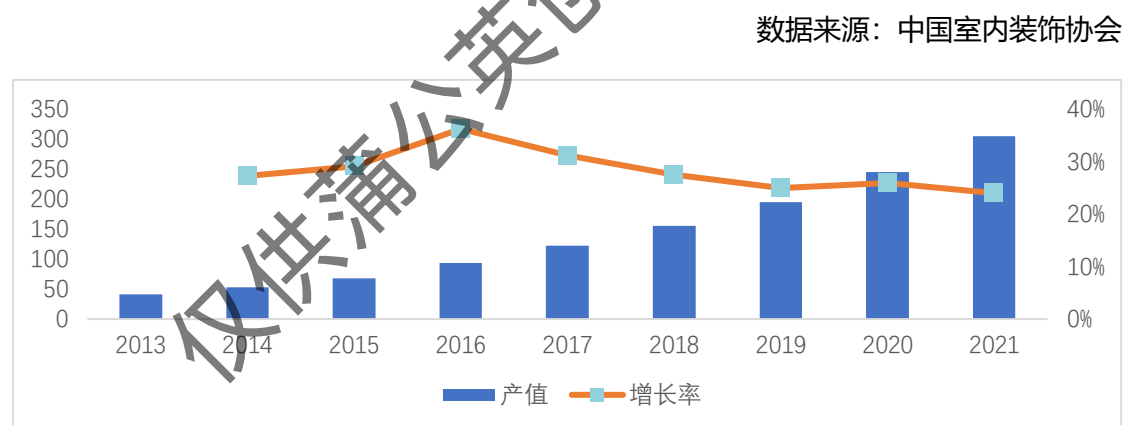


图3-8 人居环境室内空气污染治理行业产值及增长率

根据中国室内装饰协会室内环境净化治理专业委员会数据，国内室内污染治理市场规模已达**100亿元以上**，正在以每年**30%**的速度快速增长。

### 3.1.2.3 车载除醛市场产品市场规模估计



自1995年以来，我国的汽车保有量保持年均10%的增长速度增长，截止2018年末全国汽车保有量已达2.4亿辆，有望在2020年超越美国成为全球第一大保有量市场。如此庞大的市场规模具有较大的开发潜力。

数据来源：2019 汽车行业白皮书

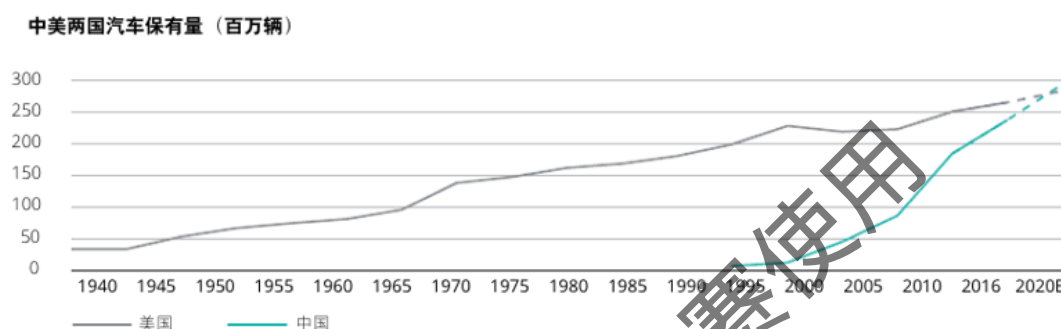


图 3-9 中美两国汽车保有量

在深圳某车展上，一家权威机构对现场在售的新车做了一项甲醛超标检测。随后出炉的报告显示：55 款首批测试新车只有一款车达标，有些车型甚至超标十倍以上，这显示了汽车除醛市场的巨大漏洞，在目前乱象频出的除醛市场，我们的产品具有强大的竞争力。

### 3.1.3 政策背景

环境污染问题已成为发展中国家的共性问题，对环境保护尤其是空气污染的整治已成为**国家战略层面的规划**，绿色环保产业的快速发展才刚刚起步。环保产业属于**弱周期性行业**，与宏观经济相关性较小，基本不会随宏观经济的周期起落而相应变动，但与国家的**产业政策**紧密相关。现阶段我国环保产业的发展仍具有很强的政策依赖性，政策是环保行业发展的主要驱动因素。围绕着**建设生态文明**、

构建美丽中国，国家在“十八大”前后密集出台了一系列的**环保政策措施**，全面推进环境治理，对环保产业支持的范围之广、力度之大前所未有，治理领域迅速拓展、需求逐步深化，环保投入力度也在不断加大，**大环保产业**发展进入黄金期。

表 3-1 室内环保行业政策分析

发布时间	政策文件	主要内容
2017-04	《国家环境保护标准“十三五”发展规划》	进一步完善环境保护体系，充分发挥标准对改善环境质量、防范环境风险的积极作用。
2017-09	《“十三五”挥发性有机物污染防治方案》	以改善环境空气质量为核心，以重点地区为主要着力点，以重点行业和重点污染物为主要控制对象，推进 VOCs、NO <sub>x</sub> 同减排，强化新增污染物排放控制。
2017-12	《汽车行业挥发性有机物削减路线图》	引导行业技术进步，制定汽车行业 VOCs 排放目标。以工艺替代、技术改造和回收及综合处理工程使得汽车及其零部件生产环节 VOCs 达到规定目标。
2018-09	《关于开展新建校舍室内空气质量（甲醛）排查、检测工作的通知》	对 2018 年以来新竣工交付使用校舍、新采购设 施设备的使用情况进行一次全面的排查，及时发 现影响校舍室内空气质量（甲醛）隐患。

2002 年国家质量监督检验检疫总局、卫生部、国家环境保护总局联合发布《**室内空气质量标准**》(GB/T 18883-2002), 并随着技术进步与检测过程中出现的问题进行了相关标准的修订。2010 年住房和城乡建设部及国家质量监督检验检疫总局联合发布了《**民用建筑工程室内环境污染控制规范**》(GB50325-2010), 对于新建、扩建和改建的民用建筑工程室内环境甲醛浓度也提了相应的要求, 要求以上民用建筑工程完成后的至少一星期后进行室内甲醛浓度检测。这些标准从我国室内环境现状出发, 参照国际标准, 结合技术发展与设备条件, 构成了我国一个比较完整的**室内污染控制和评价标准体系**, 对于保护居民健康, 促进我国检测与环境治理发展, 发展我国室内环境事业具有十分重要的意义。

#### 3.1.4 行业分析

##### 3.1.4.1 行业特点

- 用户需求大

国内室内污染治理市场规模已达 **100 亿元**以上,正在以每年 **30%**的速度快速增长

- 企业地域性强

受限于上门服务模式, 除甲醛行业经营范围大多限于省内室内

- 企业集中度低

行业未出现巨头, 小作坊式的公司遍地开花

- 服务标准化程度低

我国室内空气治理行业起步较晚, 标准缺失, 准入门槛低



#### 3.1.4.2 行业趋势

- 室内环保产业将出现大幅度的**行业整合**

室内环保是一个近年来新兴的行业，市场容量大，规模经济效应或者范围经济效应明显，产业集中度较低，市场鱼目混珠，急需中流砥柱纵向整合价值量，横向专业化发展核心技术，进而享受行业整合带来的获益。

- 环保产业相关支撑及服务产业链条将不断延长

室内环境净化治理行业经过多年的发展，产品技术需要不断**创新发展**，专业产品和服务市场的表现度非常活跃，新业态也在不断**发展融合**，室内环境净化治理行业对产业链升级提出了势在必行的要求。

- 行业标准进一步细化将推进行业健康发展

行业内一直欠缺符合当前需求、细致的产品标准，导致行业内企业鱼龙混杂，产品质量参差不齐，产品宣传言过其实，对行业健康发展有较大的负面影响，市场对行业新标准出台的呼声也越来越高。众多企业凭借多年实践总结的经验，**积极参与到行业标准的制定当中**。随着新的空气净化设备产品和室内空气质量检测标准的推出，将有效规范和促进行业的快速发展。

- 房地产行业产品升级

随着我国房地产行业逐渐褪去过去多年的快速成长光环，房地产行业已由过过去的**卖方市场转向买方市场**。房企要在当前的低迷市场中脱颖而出，对商品房、商业地产等产品的升级势在必行，而在众多因素之中，除去常规的地点、楼层、房型等因素外，健康已成为当前大中型城市消费者的最大关

注点，空气质量问题首当其冲。大部分人一生的 80%以上时间在室内，无论是新房装修还是日常生活、工作，**空气品质将成为房屋地产销售一大亮点**，甚至成为未来房产的必备条件。

### 3.3 STP 分析

#### 3.3.1 市场细分 (Segmenting)

##### 3.3.1.1 按照客户类型分：个人用户和企业用户两大部分

表 3-2 客户类型评估表

客户类型		价格敏感度	性能重视程度	可开发程度	售后服务重视程度
个人用户		◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆	◆◆◆
企业用户	政府部门	◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆	◆◆◆◆◆
	普通企业	◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆	◆◆◆◆◆
	上下游企业	◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆◆◆
	房地产开发商	◆◆◆◆	◆◆	◆◆◆◆◆	◆◆

评估结果：我们的客户主要分为**个人用户**和**企业用户**。个人用户对价格的敏感度最高，但可开发程度较低，对于性能的重视程度和售后服务的重视程度则一般。在企业用户中，政府部门和普通企业类似，由于有大量的资金支持，对于价格的敏感度不高，但重视产品性能和售后服务，这两类用户黏性较高因而可开发

程度一般。上下游企业和房地产开发商价格敏感度和售后服务重视程度一般，并不采用直接销售模式因而可开发程度较高。

### 3.3.1.2 按照应用场景分：家用空气净化、公共建筑室内空气净化、特殊场所专用空气净化

表3-3 应用场景

应用场景	示例	需求	产品特点
家用	住宅及车载	面积小，简易为主	可移动，便携
公共建筑	商业写字楼、购物中心、影剧院、会展中心、医院系统、交通枢纽建筑等	长效、作用面积大	系统化产品，集成空气净化设备
特殊场所专用	医院、实验室、博物馆、生产车间、儿童房等	空气质量要求高	持续的监测反馈

### 3.3.2 目标市场 (Targeting)

美国《财富》杂志将健康产业列为未来 10 年**增长最快的 10 个行业之一**，而且排在**第一位**。而室内空气污染治理行业作为与人类健康息息相关的重要组成部分已经提到前所未有的高度。目前，在社会各界的催生下，市场迅速火爆起来。“室内环境监测治理”是一项蕴藏巨大商机的朝阳产业，是一个全社会性的大市场，被誉为二十一世纪是最有前途的投资项目，被誉为十大朝阳行业之一。随着近年来房地产业、装修业、汽车工业的蓬勃发展室（车）内空气的污染问题亦随之而日益严重，可以说是只要有房子汽车的地方就会有污染，从而孕育了发展空间庞



大的室内装修污染检测治理的朝阳产业。尽管行业在飞速的发展，但目前中国环保消费在国民生产总值中所占的比重仅为 3.5%左右，室内空气污染治理在国民生产总值中所占比重仅为 0.5% (美国、日本、英国等发达国家均达到 20%左右)。

- 室内环境是人们接触**最频繁、最密切**的环境之一

室内空气质量的优劣直接关系到每个人的健康。尤其是老、弱、病、残、幼、孕等体弱人群，在室内活动的时间很长，室内空气质量对他们更为重要。

- 室内空气污染物的**种类日趋增多**

由于人们生活水平的提高，大量能够挥发出有害物质的建筑材料、装饰材料、人造板家具等民用化工产品进入室内。因此，人们在室内接触有害物质的种类和数量比以往明显增多。

- 建筑物密闭程度的增加，使得室内污染物**不易扩散**

随着世界能源的日趋紧张，包括发达国家在内的许多国家都十分重视节约能源，许多建筑物都被设计和建造得非常密闭，以节省耗电量，由此严重影响了通风换气。若室内的污染物不能及时排除，污染源就在室内微小环境中产生和累计有害物质，直接作用于人群，严重影响室内人群的健康。

### 3.3.3 市场定位

**人们对于室内空气净化器的主要需求源于 PM2.5 浓度超标问题凸显**，从空气净化器销售情况来看该特点尤为显著，2014-2017 年，随着各地受到不同程度的重污染天气影响，空气净化器逐渐成为不少家庭的刚需产品，市场呈现“**井喷式**”发

展，进入 2018 年，随着我国空气质量的改善，国内空气净化器行业市场销售额大幅下降，行业景气度一度下降。

**空气净化器功能狭窄是行业的发展短期内不被看好的一大原因**，实际上消费者对于空气净化器的需求还是可观的，室内污染物主要包括甲醛，苯、甲苯、二甲苯等挥发性有机化合物（VOCs），细颗粒物（PM2.5）等污染物，空气净化器不仅是应对雾霾问题，其还可有效“对抗”**多种空气污染源**。空气净化器净化空气的净化技术主要包括 HEPA、活性炭、负离子和臭氧发生器、静电除尘器等。用于除醛的空气净化器模块依靠的是活性炭过滤网，存在和活性炭一样的问题，**除醛时间短，容易饱和**，无法避免甲醛反弹，我们的技术能力为这一缺陷提供绝佳的解决方案。

**空气净化器市场高端化趋势越来越明显**。近两年来，常规空气净化器产品已经无法满足消费者越来越高的功能需求，除了最基本的除 PM2.5 性能外，产品的对甲醛等有害气体、细菌病毒等微生物的清除性能，都是消费者极为关注的问题。艾克博士在**产品设计、结构、材料、制造、工艺**等方面对空气净化器进行了全新升级，依托**坚实的技术基础**，逐步扩大我们的产品影响力，推动**消费者观念**进一步升级，从而引领空气净化器产业**破除发展藩篱**，向更高端**转型升级**。

### 3.4 市场竞争分析——波特五力模型

#### ● 供应商的议价能力

我团队**上游供应商行业未出现垄断情况**，团队拟选择信誉良好、供货能力强的上游供应商两到三家，达成友好并签订协议，届时团队的合法权益将受到协议的保证。若供应商出现缺货、抬价等情况，团队也能及时从市场其

他供应商处采购到价格合理的原材料，将损失减到最小。综合分析，**供应商的议价能力较低。**

- 购买者的议价能力

本团队产品相比较市面除甲醛产品与配套服务，**性价比高**，易于被家庭消费者、企业，政府部门接受，不会有很大的讨价还价的价格问题阻力。另外，该新型纳米催化剂之前从未在市场上出现过，市场基本表现为**供不应求**，**购买者目前不占主导地位，议价能力处于较低水平。**

- 新进入者的威胁

新进入者能否迅速进入市场并立足，**技术壁垒**是关键因素。本团队产品的核心技术成果拥有 25 项发明专利，项目的研发团队拥有国际领先的技术。无论从技术先进性还是技术影响力来看，本团队在国内外都处于领先水平。纳米催化剂制备所处化工细分领域是典型的**技术垄断行业**，行业进入壁垒极高，**新进入者威胁较低。**

- 替代品的威胁

现在市面上在售产品参差不齐，有些产品甚至实际效果并没有宣传的效果好。而我们实验室研发的催化剂有着强大的理论和技术支撑，**品质保证**，由于室温消除，不需要额外的光照和通风，具有无毒无害无二次污染，可皮肤接触，绿色环保，使用寿命长等特点，相比同类替代品占据**绝对优势**。所以**替代品威胁较小。**



- 行业内现有竞争者的威胁

表 3-4 业内主要竞争者竞争能力分析

竞争者	主要产品	背景	案例
浙江冰虫	光触媒	依托于浙江大学实验室科研力量，由来 自浙大环境与资源学院、医学院、公共 卫生学院以及中科院、日本理化学研究 院和意大利维罗纳大学的多位博士和 硕士支持创办	杭州 G20 峰会、“一带一路”标志性 建筑-敦煌文博会馆、宁夏银川中国 -阿拉伯国家博览会、乌镇世界互联 网大会、世界工业设计大会等重大 国家工程项目
树派环保	光触媒	团队与日本木の原生展开全方位合作， 引进日本先进的光触媒产品及技术	杭州市民中心、福建金砖五国会议 场所等多处政企事业单位
奥德尔	光触媒抗菌	与中科院光催化国家重点实验室、中科 院过程工程研究所、北京化工大学联合 研发掌握了室内环境污染治理的诸多 前沿科技成果	世界经济高峰论坛达沃斯会议会场 治理工程
碧华	光触媒空气净化	与中科院多个研究所、国家卫生部疾病 预防控制中心、清华大学环境质量检测 中心，北大医学部公共卫生学院等国家 科研机构建立长期技术合作关系	奥运场馆、上海世博会中国馆、人民 大会堂山西厅、人民大会堂宾馆等

现有的业内主要竞争者主要以“光触媒”技术为主，存在“容易二次污染；使用条件严格；需控制用量”等问题，而本产品采用创新的纳米催化技术，可以在室温下作用，且无二次污染风险，在技术层面优于现有竞争企业，但值得注意的是上述企业的市场规模大于本团队，已具备一定的市场占有率，因此行业内现有竞争者威胁中等。



4

市场  
营销

仅供蒲公英创业大赛使用

## 04 市场营销

### 4.1 产品策略

#### 4.1.1 产品组合规划

表 4-1：产品组合规划

产 品 线 长 度	产品组合宽度				
	ToB 产品		ToC 产品（Pura 系列成熟产品）		
	纳米催化颗粒	Pura-core	Pura-car	Pura-room	Pura-mask
	不同质量的原始 纳米催化颗粒， 以满足下游厂商 不同用量需求	不同效能、适用 于不同场景的纳 米催化剂模块： 陶瓷滤芯、硅胶 滤柱、碳纤维滤 膜	不同体 积、样式的 的车载空气 净化器	适用于不同 室内空间的 空气净化器	不同型号、 适用不同人 群的防护口 罩

#### 4.1.2 产品组合宽度策略

在业务初始阶段，将**纳米催化剂颗粒及模块**作为主要销售产品，主要面向对除醛催化剂有刚性需求的下游商家，如空气净化器生产厂商、汽车制造厂商、建材家装公司，从源头上减少甲醛的释放量。在维持前述业务稳定并取得一定利润后，团队将加大对 **Pura 系列除醛产品** 的资金与技术投入，将**室内空气净化器、车载空气净化器、便携式口罩**作为另一大主要销售产品，直接面向个体消费者，实现客户群的全面拓展。

#### 4.1.3 产品线长度策略

初创时期，我团队针对初代产品进行差异化生产：开发**不同效率、生命长度、型号（大小、形状）**的催化剂模块，根据各种不同的使用场景进行搭配组合，提供给对除醛需求不同的顾客；业务成熟时期，团队开发多种不同的高端除醛产品，并进行**差异化设计**，提升产品附加值，做到应用场景多元化、多行业覆盖。

#### 4.1.4 产品生命路线

- 1、初期：**集中生产**原始纳米催化颗粒及模块，投入特定市场，树立口碑
- 2、前期：**增大生产规模**，增加不同类型 B 端产品的生产，与厂商达成稳定长期的合作，拓展市场覆盖面
- 3、中期：**加大 Pura 系列面向消费者的产品产量**，打入 C 端市场
- 4、后期：通过核心技术与硬件升级进行模块产品与 Pura 系列成熟产品的**迭代**，保持产品市场竞争力

### 4.2 定价策略

#### 4.2.1 不同阶段的定价规划



表 4-2：不同阶段的定价规划

时期	前期	中期	后期
方法	撇脂定价法	满意定价法	利润最大化
具体描述	将价格定于高于同类产品市场平均价格的水平，以除醛滤芯为例：传统催化剂市场价为 300，我团队滤芯生产成本为 90，定价 500，实现 455%的毛利率	将产品价格定于稍高于市场均价的水平，如将成本为 3000 的室内空气净化定价于 6000，实现 100%的毛利率，高于同业水平	凭借质量领导地位形成一定的垄断，制定能使利润最大化的产品价格，通过降低成本提升利润率，如将 Pura-home 定价于 6500，成本降至 2000，毛利率达 225%
目标	依靠技术优势快速攫取利润，实现资本积累，并取得市场地位，为后续研发提供资金支持	凭借先进技术和合理的价格达到市场份额最大化，成为除醛产品市场的主要供应商	实现团队的利润最大化，并保持竞争优势，延长产品的生命周期

#### 4.2.2 价格调整策略

##### 1、实行差别定价

依据 PNP 及其衍生品的不同应用模式**销售不同品种、规格的产品**，考虑开发产品定制服务，从而取得差别定价的议价能力；对购买同类产品的客户实行**价格歧视**，如将 Pura-car 以低价出售给汽车制造商，较高价出售给个人车主。

## 2、实行饥饿营销

当团队业务已在市场达到相当份额后可以适当**控制产量**，营造“供不应求”的现象，从而大幅提升对下游厂商的议价能力。

### 4.2.3 相关成本与费用情况

表 4-3：相关成本与费用情况（单位：元/个）

成本/费用 产品	生产成本	制造费用	管理费用	销售费用
Pure-core	90	10	120	60
Pura-car	400	20	200	90
Pura-room	3000	60	380	120
Pura-mask	30	5	50	20

### 4.2.4 当前产品定价与盈利情况

表 4-4：当前产品定价与盈利情况（单位：元/个）

产品	Pure-core	Pura-car	Pura-room	Pura-mask
定价	500	1220	6000	200
利润率	74.8%	69.4%	67.8%	77.6%

## 4.3 渠道策略

### 4.3.1 宣传推广渠道

表 4-5： 线上宣传渠道

SEM 营销	将“艾克博士”官网作为主要的网络宣传阵地，通过优化网页设计与产品渲染图与效果图的投放提升表现层；与中国甲醛治理网、汽车之家、安居客网站合作，插入产品链接以增加浏览量，提升存在层；利用关键词广告，在“甲醛”、“室内环境”等关键字段的搜索界面拔高官网链接位置。
APP 平台 推广	与APP运营商协作，在APP内植入相应的除醛产品广告：于“装修管家”APP推广Pura-home，于“汽车之家”APP推广Pura-car，于“健康资讯”APP推广Pura-mask；在京东、淘宝等购物平台首页增加Pura系列产品的曝光频次。
媒体 推广	运用自媒体渠道将产品与健康、车载、室内环境等主题相结合撰写软文，推送到“室内环境协会”、“丁香医生”公众号，并结合H5营销模式，开发认知类小程序等；在《建筑师》、《Houses》、《名医》等杂志上宣传产品，同时我们将争取得到人民网、南方周末、CCTV等主流媒体的报道。
品牌 推广	在中国国际室内环境、空气净化及新风系统展览会、中国空气净化展中展示Pura系列产品，充分展现产品优势，使产品进入环保主流视野客户网络推广品牌；通过现有的客户，如大连理工齐旺达化、苏州金螳螂、宁波方太等创造产品声誉，凭借庞大的客户网络形成下游厂商产业内、产业间与散户之间的宣传渠道。

#### 4.3.2 销售渠道

##### 1、ToB 销售渠道

(1) 代理商渠道：前期与杭州代理商达成协议，产品销售主要集中在长三角地区；凭借高利润吸引更多代理商加盟，逐步形成以北京、上海、广州等大城市为中心的全国分销网络。

(2) 供应商渠道：与金螳螂、方太、齐旺达化、科创环境工程等下游签订合作意向书，作为他们的**长期合作供应商**，并实现渠道共享。我们也将争取与CSCEC、一汽达成合作。

(3) 物业合作：除醛检测治理服务进驻**物业服务列表、物业展示中心、物业电梯消毒防护贴**，为物业提供 PNP 技术及模块产品，形成高渗透率、可快速复制的物业合作模式。

(4) 门店合作：与**商场、餐饮店、早教中心、汽车网点、家装建材市场**合作，以低价将颗粒及模块产品销至各门店，帮助门店构建无醛绿色环境，同时也通过增加产品在各网点使用的频率扩大宣传。

## 2、ToC 销售渠道

(1) 直销门店：前期，采用**上门卖货**形式，在小地域经营范围内，培养专门的销售团队，在小区、门店进行产品推销；后期，与杭州富鼎等物流公司达成合作，建立全国**直销网络**。

(2) 主题商城：**开发“无醛世界”主题商城**，构建大型全线产品销售中心，并举行**线下体验活动**，如用 VR 模拟展现甲醛危害性以及产品优越性，并可设置有奖任务等游戏进行销售



#### 4.4 促销策略

表 4-6：产品促销策略

B 端促销		C 端促销
价格折扣	<b>合约降价</b> ：对签订合同约定长期内会有稳定的、数目可观的产品或服务交易的厂商，给予低价购买资格。	<b>数量折扣</b> ：对于一次性大批量购买产品的顾客给予价格优惠，如一次性订购 1 万只除醛口罩可打八折。
组合销售	将畅销品与新产品 <b>组合销售</b> ，将平均价格定于畅销品价格之下，促进新产品销售；将畅销品与滞销品组合销售，比如原滞销品价格为 1000，畅销品价格为 3000，将组合产品定价为 3400，以解决滞销问题。	

#### 4.5 销售服务

表 4-7：销售服务

普通服务	服务升级		
	维修保养服务	升级换代服务	甲醛检测服务
托运服务 产品维修服务 零件供应服务	建立全国范围内的维修网点体系，为客户提供 Pura 系列成熟产品的保修服务	当 Pura-core、Pura-car 等实现产品迭代时，及时以以旧换新等形式向现有顾客推出新产品	通过建立大城市检测站点以及委托检测的方式定期为客户提供驾管监测服务，来保证产品的除醛效率



5

商业  
模式

仅供薄公创业大赛使用

## 05 商业模式

### 5.1 主营业务

我们的主营业务在前期主要由**面向 B 端的前装服务**与**面向 C 端的除醛服务**构成。在项目逐渐成熟后，我们将会提供更多的**除醛增值服务**与**科研增值服务**。

#### 5.1.1 面向 B 端的前装服务

##### 5.1.1.1 价值内涵

空气污染问题一直是困扰人们的重点问题之一，近年来，室内的空气污染问题尤为严重，已经成为了威胁人们的最主要的污染问题之一，由其导致肺癌，白血病的病例逐年上升，导致儿童重大疾病发生的案例屡见不鲜。除了装修后的室内，汽车也是空气污染的重灾区之一，汽车封闭性强、甲醛污染难散出，长期驾驶汽车很容易对人对健康造成负面影响。而目前除甲醛市场乱象频出且无人监管，如果能很好地解决这类空气污染问题，房产供应商和汽车供应商将获得强大竞争力。

##### 5.1.1.2 实现路径

通过将 PNP 颗粒经过加工直接混合于建材、家具中，或者房屋硬装结构中，汽车内饰装饰中，以达到将甲醛**从根源去除**的目的，即混合 PNP 材料的装潢、家具和车内饰无甲醛排放，并可以稳定持续控制甲醛释放。

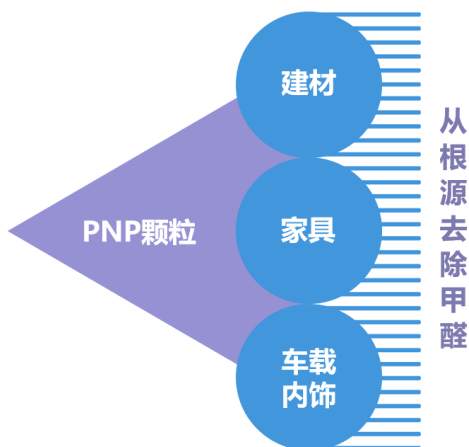


图 5-1 混合 PNP 材料实现无甲醛排放

### 5.1.1.3 解决方案

#### 1、面向地产：

房地产服务面向的是精装修期房等优质房源，地产企业将前装后的房屋贴以“无甲醛排放”等宣传标签，拉动消费者购买率并刺激新需求，即后期的更新升级维护保养服务以及居所内相应的配套除醛设备及净化设施。

#### 2、面向建材：

与建材生产商合作，从生产总源头防治甲醛排放，并直接批量生产，结合建材生产商品牌打造，凭借其本身自有的知名度打开市场。与建材生产商强强联合，通过进一步宣传“无甲醛”建材+建材品牌背书质量保证拓展低中高端不同细分层次市场。

同时帮助建材品牌拓展绿色无甲醛环保生产线，通过核心除醛实现方案等定制技术支持、技术授权互利合作解决方案等模式，为建材市场提供技术源头支持服务。

#### 3、面向汽车行业内饰：

针对汽车封闭性强、甲醛污染难散出的特点，与汽车行业紧密合作，预先在汽车出厂前对汽车内部进行源头上除醛控制，确保用户到手的车辆是无甲醛排放的。

### 5.1.2 面向 C 端的除醛服务

#### 5.1.2.1 价值内涵

C 端用户会比 B 端用户更关注室内环境的安全与宜人。近些年，由于室内污染加剧，安全事故频发，用户对室内空气污染问题的关注显著上升。然而在



技术匮乏的市场中，假冒产品横行，用户很难找到适宜自身使用的空气精华产品。

经大量市场调研和消费者消费意愿调查反馈，有 78.86% 的用户在入住一定时间后，由于用户对前期前装服务的真实体验，对品牌和服务内容、服务质量产生了一定的信赖，品牌效应发挥作用，因此会发生不同程度、不同形式的复购和回购行为。

#### 5.1.1.2 实现路径

通过与大型知名空气净化器企业（如 A.O. 史密斯、小米、格力等公司），获得订单提成盈利，面向不同层次的用户，能够直接购买并直接放置于家中，销售占比 60% 左右。

**初级产品线：**面向低端家用市场，通过与小型净化器等合作，打通家用小型除醛仪器市场，通过借助知名品牌渠道，进行技术性模块化合作。

**中端产品线：**面向普通商用市场，借助大型净化机、新风系统等基础设施建设，完成整体除醛系统性建设。

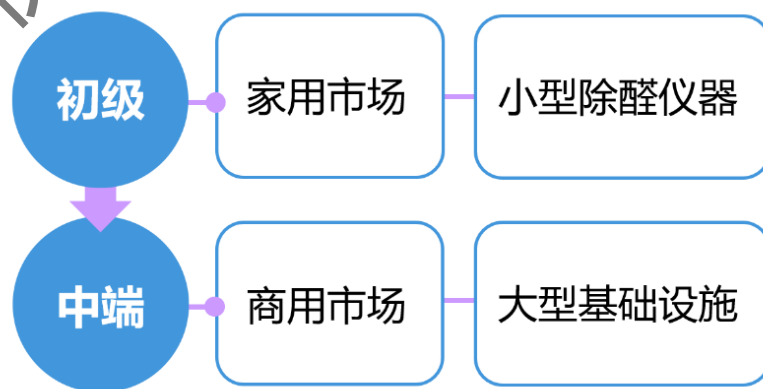


图 5-2 分阶段产品线

### 5.1.3 除醛增值服务

#### 5.1.3.1 产品增值服务

产品到达年限后，产品迭代、换新、配套服务、售后产生的增值收入。

产品迭代、换新：由于产品具有可控年限的保质期和效用期限，依次可以提供更新换代服务，利用价格折扣、加价以旧换新等方式增加用户粘性，取得稳定用户收入。

产品服务、售后：提供保养、维护等售后服务，对产品的外观形态、核心材质进行更新，创造经济效益的同时更兼顾用户权益。

#### 5.1.3.2 定制工程项目

目前家装市场产业链复杂，涉及部门繁多，牵扯业务线繁复，很少涉及专业权威集合甲醛检测、甲醛去除、维检防护的整合服务商，许多企业尚不具备此类资质。

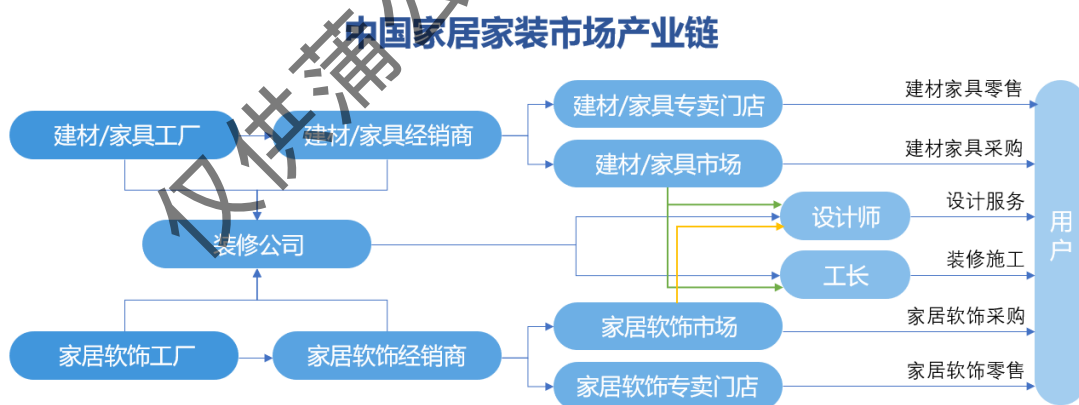


图 5-3 中国家具家装市场产业链

在室内空气污染治理行业中，存在大量非法室内环境治理公司，这类公司既没有正规合法生产资质，使用的伪劣产品也无真实功效，更有不法公司假冒行业知名品牌大肆制假贩假，并且绝大多数伪劣产品均是使用氯化铵及尿素等

**有毒有害成份勾兑而成。**经清华大学环境学院研究测试表明，氯化铵对皮肤、粘膜有刺激性，可引起肝肾功能损害，诱发肝昏迷造，成氮质血症和代谢性酸中毒等。氯化铵对金属尤其是铜有极大的腐蚀性，易造成家用电器损坏、电线短路。由此可见，**假治理**带来的这种“**二次污染**”严重威胁到我们的生命健康安全。

#### (1) 面向对象：企业级客户群体

- 建筑开发商房地产业，面向中高端楼盘的整合服务模式。
- 目标：为升级环保绿色化宜居室内环境提供**个性化**服务。

#### (2) 合作盈利模式：

- 前期调研评估咨询服务收费
  - 新楼盘：期房规划/ 写字楼 / 公司布置
  - 旧楼盘：精装修房屋租赁/ 旧房改装翻新服务
- 中期解决方案收入
  - 与下游服务型企业合作，提供绿色装修整合方案
  - **定制方案所需全套产品**，包括硬件净化设备设计生产和负载材料，根据前期评估测量定制产品形态、使用场景。
- 后期跟进和反馈
 

维修与保养，定期进行产能性能监测，提供保修服务。

后续评估，定期回访监测甲醛等指标含量。

目前我们已经与金螳螂公司达成合作，金螳螂是中国最大的装修公司之一，我们将为其提供优质的除醛建材与定制化的除醛服务，让其获得更强的市场竞争力。

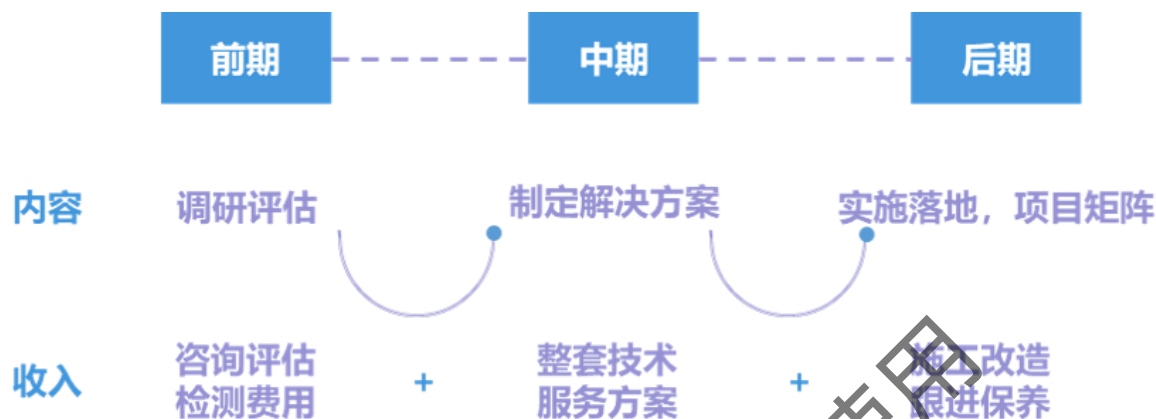


图 5-4 合作盈利模式

#### 5.1.4 科研增值服务

我们针对现有的痛点，能够评测科研服务的需求并通过实地考察场景，结合实验室科研资源进行新应用、新产品的进一步研发，产出科研技术解决方案报告并出售解决技术方案。

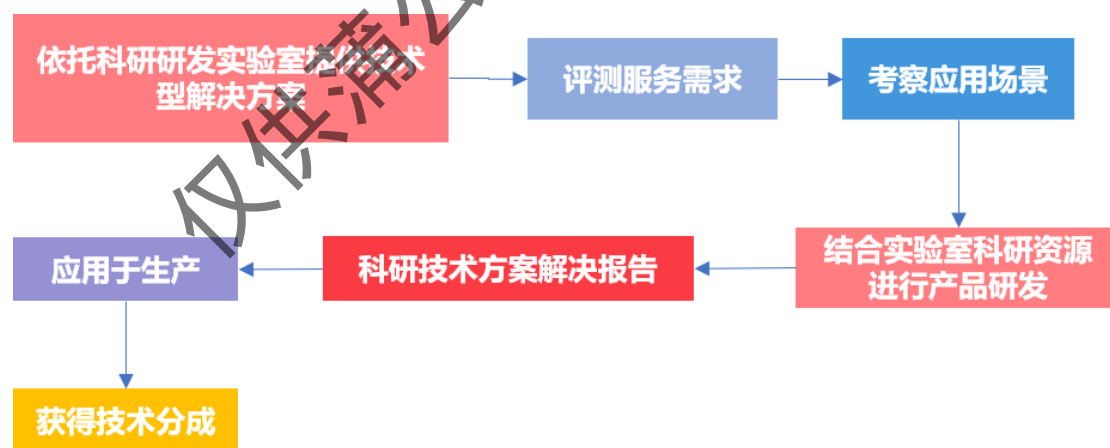


图 5-5 科研增值服务流程

## 5.2 核心资源

### 5.2.1 产业链体系



目前我团队已经成功打通了从上游原材料供应商到下游客户的整个价值链条，我们的上游硬件供应商有杭州凯明催化剂有限公司、余姚市泗门天轩电器厂与浙江泰德新材料有限公司；我们的原材料供应商有浙江泰德新材料有限公司、江西安天高新材料有限公司与扬州飞鹰电子科技有限公司；我们的负载材料提供商有上海久岳化工有限公司与上海临井贸易有限公司。这构成了我们强大的供应体系。



图 5-6 上游企业

另外，我团队在供应链中处于上游与下游的位置，这为我团队提供了强大的盈利能力。

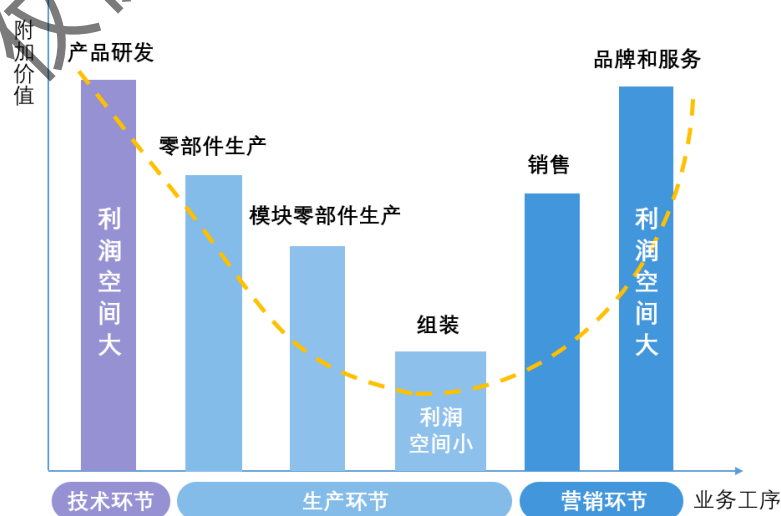


图 5-7 所处供应链位置利润空间大

### 5.2.2 自主知识产权

我们强大的产品功能是有雄厚的知识资产积淀的，我们一共有 **25 项发明专利**，**12 篇 SCI 论文**，我们的研究成果发表于环境催化领域权威期刊-ACB，IF 值 16.683。

我们的技术研发拥有强大的中建力量，指导我们的学术权威有中国化学会青年化学奖、国家教委霍英东优秀青年教师化学奖、国家杰出青年基金等众多奖项获得者**肖丰收教授**。中国工程院院士，中国科学院生态环境研究中心副主任，大气污染控制中心主任**贺泓**认为：“该团队设计研发的新型室温除甲醛产品，其品质处于国际先进水平，潜力巨大”并亲笔写下推荐信，另外还有**十余位两院院士**给予我们广泛好评。

据有 CMA 和 CNAS 认证资格的广州微生物研究所的气体检测报告显示，静态条件下，我们的产品催化剂除醛率达 **96.3%**，达国标以下；急性经口实验表明催化剂无毒无害。



图 5-8 自主知识产权

### 5.2.3 产品矩阵

团队研发的**多孔材料+纳米催化剂模块**，首次实现了温和条件下，**室温无间断地**消除室内甲醛污染，甲醛分子一步就能分解为无毒无害的**水和二氧化碳**，**不会产生二次污染**。该材料拥有可**皮肤接触**，**绿色环保**，**使用寿命长**等特点，并且具有较小的体积占比，拥有强大的竞争力。

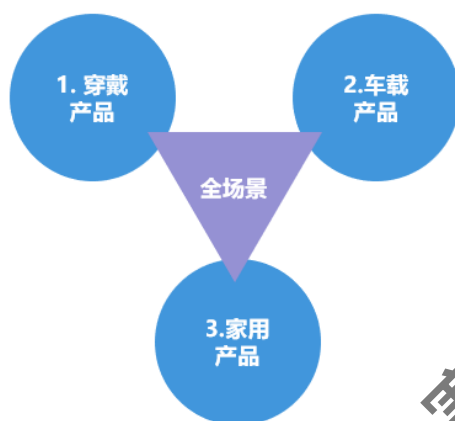


图 5-9 产品全场景

针对各种不同的空气污染场景，我们设计了不同的产品以适应不同的需求，目前我们的产品矩阵已经覆盖穿戴场景，家用场景以及车载场景，对应的核心技术有**纤维滤膜**、**多孔硅胶过滤柱与陶瓷滤芯**，以及其衍生出的产品 **Pura Mask**、**家用室内空气净化器 Pura Home** 与**车载净化器摆件 Pura Car**。这为我们提供了强大的解决需求的能力。

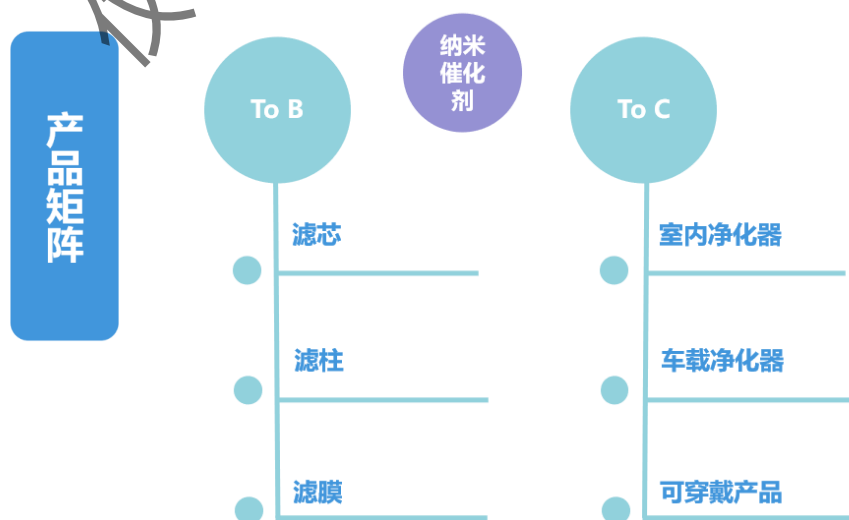


图 5-10 产品矩阵

### 5.3 渠道通路

#### 5.3.1 线上推广渠道

**社交+新零售：**我团队将借助社交网络，裂变自己的消费者及社交渠道。通过高效对运营和优质的内容，打造与用户之间紧密的联系，实现线上板块、线下板块、社交板块的无缝衔接、无界融合，帮助消费者获得更高的购物效率，更好的体验性与便捷性。

**社交分享测评+品牌 IP 打造：**当社交网络逐渐扩大，用户客群达到一定规模并稳定下来时，我们会继续输出优质的内容，并且联动线下的**体验式家具馆、家装嘉年华**等活动，让除醛品牌 IP 深入人心。

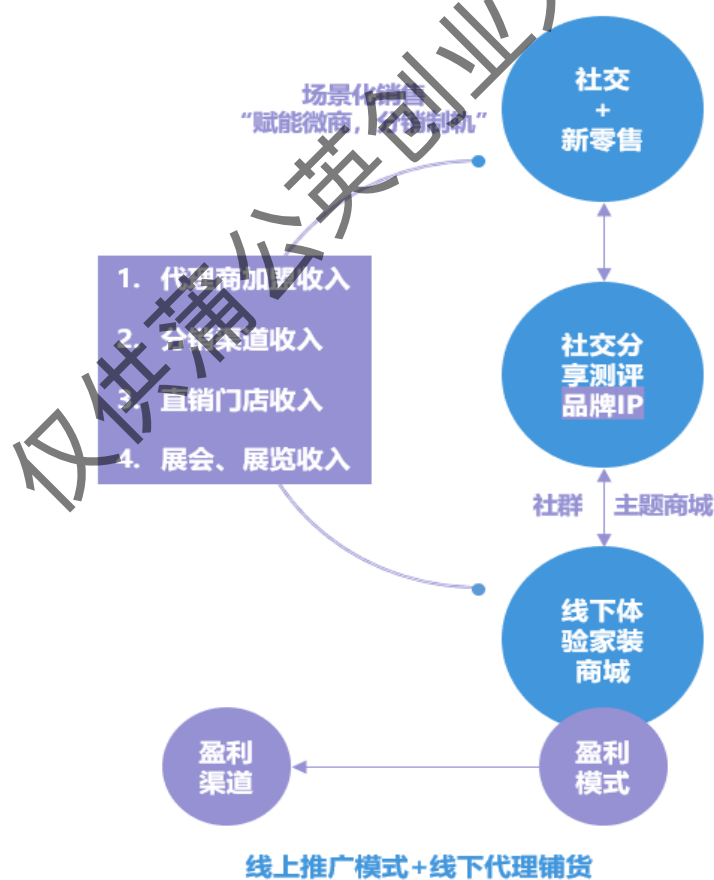


图 5-11 线上线下渠道通路



### 5.3.2 线下销售渠道

**代理商加盟收入：**通过线上发展线下的模式建立线下代理体系。通过发展线下加盟商获取中间费用。

**分销渠道收入：线上分销渠道拓展衍生。**各级代理商已经有一定的销货推广渠道，借助各级经销商的销售网络销售产品获得销售提成。

**直销收入：建立拓展品牌门店。**建立品牌门店，通过品牌化建设吸引客户流量，获得流量增收；铺货直销收入。

**展会、展览收入和开办建材博览会、家装嘉年华。**通过举办各类销售型绿色环保家居展览会、建材博览会，进行展位宣传、广告营销等方式进一步扩大品牌知名度并带来流量营收。

**体验式家具馆、主题式家具城。**与品牌门店结合，通过品牌化一体化建设吸引客户流量，获得流量增收；带来潜在盈利收入。

### 5.3.3 企业客户渠道

目前我们的 B 端客户体系已经相当完善，我们与杭州**十大装修公司**均达成了合作意向，它们分别是博瑞装饰、一号家居网、柠檬树装饰、恒彩装饰、南鸿装饰、中博装饰、良工国际设计、圣都装饰、铭品装饰等公司。



图 5-12 企业客户

未来我们将发展成熟的 IP 体系，从我们构建企业客户池向吸引企业客户加入客户体系转变，实现自我裂变。

#### 5.4 项目合作

本项目通过“产、学、研”的合作方式，完成前期市场调研，委托专注于环保领域内的技术开发、技术转让、技术咨询、技术服务，环保新材料的研发与销售，化工产品批发的知名企业——苏州美吉科环保科技有限公司作为本团队**代理商对外销售和宣传。**

美吉科为艾克博士全产品提供营销推广及对外发售平台，于 2018 年已签订代理协议，承诺将以其经商关憬及社会资源为除醛产品提供大力推广。自今，已获得包括“美瑞德”“深圳市海维新技术有限公司”在内的全国多家企业**约 800 万元的订单。**

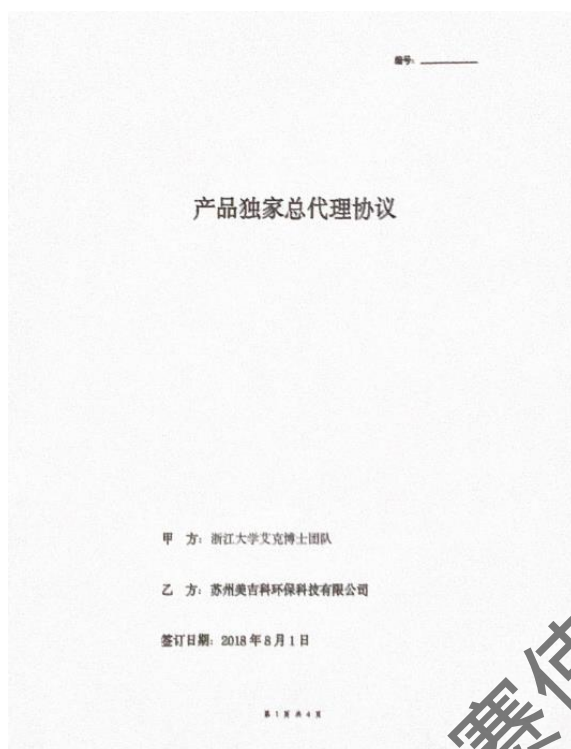


图 5-13 授权书

#### 5.4.1 合作案例

##### 5.4.1.1 中国建筑装饰行业前三甲——苏州美瑞德建筑装饰有限公司

定单金额: 202,800.00

2018 年 7 月, 艾克博士为苏州美瑞德建筑装饰有限公司提供分子筛甲醛消除催化剂, 该催化剂大量应用 **PNP 去醛技术**。目前已经过微生物研究所、CNAS 专家认证, 在空气质量及生物测试上均通过**中国认可国际互认**的微生物测试, 已由双方考核验收。首次合作订单金额超二十万。美瑞德公司用户反馈良好, 较以往, 除醛效率大幅提升, 实现在 **24 小时内去除 96.3% 的甲醛**, 至今产品无**任何性能上的失败或不稳定**。

本次合作伙伴——苏州美瑞德建筑装饰有限公司实力雄厚，为中国最大的装修公司之一——苏州金螳螂之子公司，集团已于上交所上市。公司连续十五年位列中国装饰百强企业前茅，已获得**鲁班奖、詹天佑奖、国家优质工程奖五十多项**。美瑞德被评为中国建筑业最具成长性百强企业，全国改革开放三十年建筑装饰行业发展突出贡献企业，全国建筑装饰行业信息化建设先进单位，是中国驰名商标、高新技术企业，并连续多年跻身江苏省建筑装饰行业前三甲。该公司将持续深耕酒店装饰、商业建筑装饰、交通运输设施装饰、文体会展装饰、住宅装饰等多种业务形态，并将带领我们的产品推而广之，广而用之。



图 5-14 使用场景



### 购销合同

甲方：  
乙方：苏州美吉环保科技有限公司

根据《中华人民共和国合同法》，经双方协商一致订立本合同，信守下列条款，共同遵守。

一、甲方同意从乙方购买“魔粉”（分子筛）用于空气净化，乙方同意出售下列货物：

产品名称	计量单位	数量	单价 (元/吨)	备注
魔粉	吨			最高纯度95%
合计		232,800.00		
大写	贰拾叁万贰仟捌佰元整			

二、付款方式：乙方按甲方要求将货物送至甲方指定地点，双方签字确认后，甲方在收货后10个工作日内向乙方支付货款。

三、付款方式：乙方按甲方要求将货物送至甲方指定地点，双方签字确认后，甲方在收货后10个工作日内向乙方支付货款。

四、乙方保证产品的质量，并提供相应的技术支持。

五、本合同一式二份，甲乙双方各执一份。

甲方：苏州美吉环保科技有限公司  
乙方：苏州美吉环保科技有限公司

图 5-15 购销合同




中国认可  
国际承认  
检测  
TESTING  
CNAS L6823 201719001121

检测编号: KJ20190661  
Test No.

广州市微生物研究所  
GUANG ZHOU INSTITUTE OF MICROBIOLOGY

### 检测报告 TEST REPORT

收样日期: 2019年04月17日  
Date Received

检测日期: 2019年04月22日  
Date Analyzed

样品名称 Name of Sample	样品来源 Source of Sample	送检
陶瓷催化剂	委托人	章凌
委托单位 Applicant	委托人 Client	
生产单位 Manufacturer	委托人 Client	
型号规格 Type and Specification	样品数量 Quantity of Sample	1份 (15个)
生产日期 Date of Production	样品描述 Sample description	固体
生产批号 Batch Number	样品包装 Packing of Sample	袋装
检验依据和方法 Standard and Methods	1. QB/T 2761-2006 室内空气净化产品净化效果测定方法 2. GB/T 18204.2-2014 公共场所卫生检验方法 第2部分: 化学污染物 7.2 酚试剂分光光度法	
检测项目 Items of Analysis	去除率 (甲醛)	
备注 Remarks		

\*\*\*接下一页/To be continued\*\*\*

图 5-16 测评报告

### 5.4.1.2 世界跨国饭店集团——苏州柏悦

定单金额: **202,800.00**

2018 年, 艾克博士为苏州柏悦提供分子筛甲醛消除催化剂。

苏州柏悦是世界跨国饭店集团——**凯悦酒店集团**旗下之子品牌, 在世界各地管理数百间饭店, 拥有及管理超过 140000 间客房。甲醛消除催化剂在酒店方面的投入使用, 是学校成熟的科研成果解决高新技术项目需求和企业技术难题的最好典范。使用后, **酒店装修后的开业速度大大提高, 大幅降低了除醛成本**。首次合作订单金额超二十万, 苏州柏悦反馈良好, 未来将于所有苏州连锁店同步使用及推广, 现已达成初步意向。



图 5-17 购销合同与应用场景

#### 5.4.1.3 新型装修材料技术企业—深圳市海维新技术有限公司

定单金额: **490,000.00**

2019 年 11 月，艾克博士为深圳市海维新技术有限公司提供纳米孔复合催化剂，海维新技术已成立二十年，专精于建筑、化工、建材新型材料的技术开发，着有多项专利及国家工程资质，有丰富的经验与资源，在建材行业具有一定影响力。首次合作订单近五十万，用以**广泛应用于广东省室内场景。**

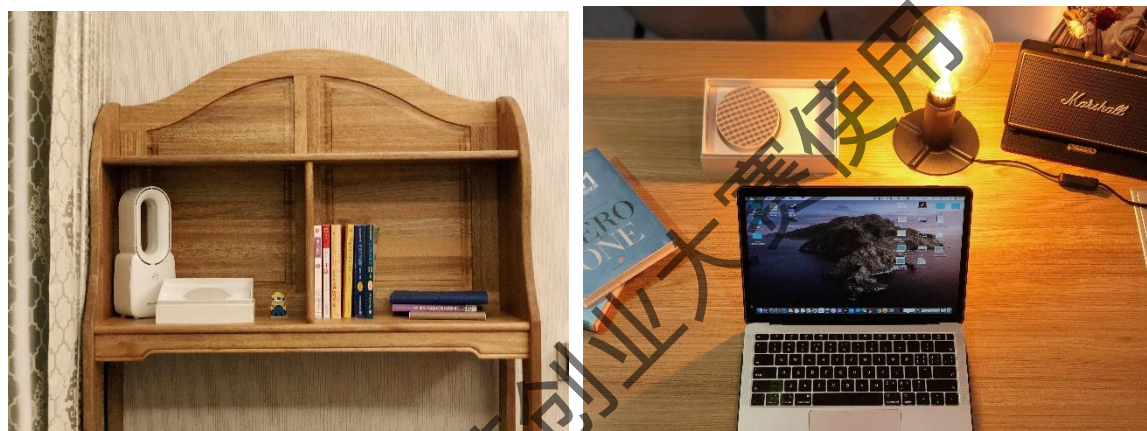


图 5-18 应用场景

本产品完美融合企业服务链，并于 30 多个海维新成品应用，该公司更以**“无醛”为口号**。PNP 技术赋能海维新后，用户反馈良好，产品被大规模应用于办公室、卧室、车内等全场景。



**购销合同**

甲方（买方）：深圳市海维新技术有限公司      乙方（卖方）：苏州美吉环保科技有限公司  
 地址：深圳市宝安区西乡街道西乡社区1201      地址：江苏省苏州市高新区竹园路99号1号楼  
 电话：0755-26499808      电话：0512-67507988  
 开户银行：深圳农行海王支行      开户银行：建行苏州竹园支行  
 账号：41010300400000525      账号：32200199734800000583

根据《中华人民共和国合同法》及有关法律、法规规定，甲、乙双方本着平等、自愿、公平、互惠互利和诚实守信的原则，就乙方购进甲方货物，双方就产品供货的有关事宜协商一致订立本合同，以便共同遵守。

序号	名称	规格型号	数量	单位	单价	小计	备注
1	鸭来氏陶瓷复合板批刮	普					
2							
3							
合 计 金 额						¥ 490,000.00	
大 写 金 额						人民币肆拾玖万圆整	

一、付款方式：  
本合同总价款为 490,000.00 元（人民币肆拾玖万圆整），本合同签订后，甲方应于 5 个工作日内向乙方指定账户支付总金额的 30% 作为定金，即 147,000.00 元（人民币壹拾肆万柒仟圆整）。在乙方将上述产品运至甲方指定地点并经甲方验收合格后，甲方应在 7 个工作日内向乙方支付剩余全部款项，即 343,000.00 元（人民币叁拾肆万叁仟圆整）。

二、交货方式：  
收到甲方订单后，乙方于 45 个工作日内按甲方需求将货物送至甲方指定地点，乙方在交货地点完成对货物的清点验收。

三、产品质量：  
1. 乙方保证所供货物产品符合相关标准和质量要求，并向甲方提供相应技术支持。  
2. 如果甲方在使用过程中，出现产品质量问题，双方协商解决。

四、违约责任：  
1. 甲乙双方均应按合同约定履行义务，任何一方违约给对方造成损失的，应承担违约责任。  
2. 甲方未按合同约定日期付款的，应按中国人民银行规定的利率支付违约金。违约金按未付款项的万分之五计算，逾期 15 日以上的，乙方有权解除合同。  
3. 甲方未按合同约定收货，应承担由此造成的一切责任和损失。  
4. 合同纠纷：双方发生合同纠纷时应先行协商解决，不能解决的，可向甲方所在地法院提起诉讼。

五、其他约定事项：  
1. 本合同未尽事宜，双方协商解决。  
2. 本合同一式两份，甲、乙双方各执一份，自双方签字之日起生效。

甲方（盖章）：\_\_\_\_\_  
法定代表人或授权代理人签字：赵志豪  
日期：2019.11.28

乙方（盖章）：\_\_\_\_\_  
法定代表人或授权代理人签字：\_\_\_\_\_  
日期：2019.11.28

图 5-19 购销合同

## 5.4.1.4 高等院校—苏州科技大学建筑学院

定单金额: 30,000.00

艾克博士陆续开展与高校合作，现已与苏州科技大学建筑学院达成战略合作伙伴关系，为院系多家教室、机房**科学除醛**，成功保障装修后的教职员工及学生安全。本次初期合作将为未来打开更大规模深入合作的大门，艾克博士将借助高校联盟链，预计可在近年内与**浙江省、江苏省的中小幼、高等院校合作**。



图 5-20 与苏州科技大学合作



#### 5.4.1.5 参加国内**最具影响力**的家居博览会之一——华夏家博会

艾克博士之代理商—美吉科，于 2020 年**成功参展华夏家博会**，于苏州国际博览中心会场家装服务区展示 3 日。华夏家博会规模盛大、且享有良好声誉，是国内最专业，最具影响力的家居博览会之一。家博会苏州展 3 日**累计到场 6 万人，日流量超 20000+**。由于目标人群多为计划装修人士，美吉科除醛技术备受参会者关注，**产品销量极好，同时与多个参展商达成合作意向**，成果丰硕。摊位主要客户为 25-45 岁男性、有宝宝的妈妈和刚进入社会的女性。



图 5-21 参加华夏家博会

The background features a repeating pattern of stylized human figures in various shades of blue. The figures are arranged in a grid-like fashion, with some appearing as simple circles and others as more complex shapes with limbs. The overall color palette is monochromatic, using different tones of blue against a dark blue background.

6

发展  
战略

仅供内部使用

## 06 发展战略

### 6.1 初期战略：电商联盟，实体店扩张

实施期为 1 到 3 年，团队主打甲醛净化产品，面向用户端，铺全、铺齐产品线，进一步研发生产、迭代更新针对**车载净化器摆件 Pura Car、家用室内空气净化仪 Pura Home、穿戴式空气净化口罩 Pura Mask**，以高甲醛净化率的比较优势和良好的售后服务逐步打入市场并分层进入细分市场。形成车载用小型空气净化系统、家用空气净化新风系统和可穿戴空气净化防护套装**生产-销售**产业链。

#### ● 解人之急——面向 C 端市场，提供优质产品及后续服务

积累客户和社会关系，初步建立销售网络，寻求各方**权威资质机构**、政府相关部门、企业等进行认证，打造良好的品牌形象。而后，团队进军家装、汽车等市场，通过与销售商合作的形式打入各领域市场。

与生产商合作，逐渐提高合作生产商的层次，扩展与制造业头部企业如家用品牌小米、方太橱柜等公司的产业合作和战略合作。

团队将健全销售和服务网络，凭借树立的品牌形象和良好口碑，逐步扩大生产规模。力争在**2 年内**进驻天猫京东商城，完成**500 万**的销售额，毛利润达**300 万元**，满足市场需求的**3%**以上，保证**5%**的国内市场占有率。

### 6.2 中期战略：建材平台，技术慧享

战略实施期为**3~5 年**，团队将针对不同的应用场景的不同需求，继续对现有产品进行优化和升级，加大对于自组装技术应用于其他材料的研发力度。

## ● 买你所需——面向 B 端市场，打造建材家装合作联盟

### ➤ 产品战略拓展：

利用品牌效应和产业合作将产品运用至其他的行业领域，通过“**以点带面，辐射全国**”的营销策略在打开新市场的同时进一步占领全国市场，在第五年完成 **1000 万** 的销售额，争取达到 **15%** 以上的市场占有率，争做行业领军企业。

### ➤ 业务模式：

#### 1、 扩展头腹部核心业务：

寻求与制造业行业头部企业的战略合作，打造**个性化下游产品**，保证 **20+** **稳定合作** 客户订单。

#### 2、 目标由产品市场占有率转向技术市场占有率：

提高市场占有率中的技术核心所占比重，减少制造业、工业自产比例，把握核心**技术生产**环节，转向轻型制造业生产模式。

#### 3、 承接整包服务：

面向 B 端市场，扩展工程项目合作模式，针对行业痛点，为企业级用户（如工厂、幼儿园等教育事业单位、培训机构、办公写字楼等）提供工程**整包化服务方案以及解决方案**。

## 6.3 长期战略：生态依存，产业集聚

战略实施期为 **5 年后**，团队主要采取市场稳定型与市场渗透型相结合战略。

## ● 用你所享——扩展服务市场，打造室内净化装修整合解决方案



在长期的发展过程中，团队将不断研发新技术、新工艺，深入挖掘产品应用空间，扩大应用领域，为客户提供更优的产品和服务，逐步挖掘国外市场。到达第十年时，使各项产品总销售额稳定在 3000 万，争取市场占有率稳定在 20%。

➤ 核心发展路径：

1、提高自身整合能力，连接上下游市场：

通过建立整合方案解决服务，团队将完善客户管理系统，加强和客户的交流与合作，以提升团队声誉和知名度。树立品牌形象，扩大服务模式和覆盖网络，形成完善的“市场 - 研发 - 生产 - 营销 - 服务”体系。

2、提高中后台建设：

完善组合销售策略，利用中后台的家装整装产品，例如橱柜、屋内家居、建材等；以及依托智能室内空气净化硬件、物联网络建立智能空气净化系统，打造完善产业链。

# 7 财务 分析

仅供薄公英创业大赛使用

## 07 财务分析

### 7.1 财务现状

#### 7.1.1 股权结构

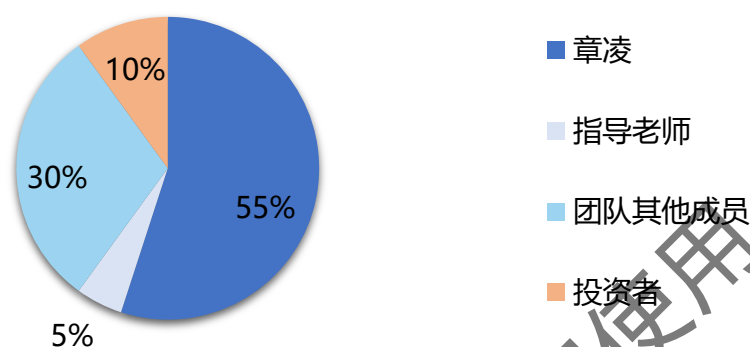


图 7-1 股权结构

艾克博士（ECO-breath）团队拟成立有限制企业，CEO 章凌作为核心技术持有者，拥有 55% 的股份，具有实际控制权。提供技术合作的指导老师及团队其他成员合计拥有股份 35%。预留 10% 股权引进投资者。

#### 7.1.2 已有专利估值

艾克博士的核心技术精准切入市场痛点，研发以需求为导向，所持有的专利能够充分地转化为收入，故采用利润分成法对已有专利进行估值。团队技术成果中包含 20 项相互增益发挥价值的发明专利，故视为整体计算价值。

利润分成法：

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha R_i}{(1+r)^i}$$

其中， $V$  表示资产价值； $a$  表示专利利润分成率，这里统一使用 20%，低于国际通用的 25%； $R_i$  表示专利第  $i$  年的预期收益； $n$  表示专利剩余获益期限； $r$  表示折现率，这里采用 15%。

团队技术成果所获得的专利用于 Pura 系列产品的工业化生产，根据预期产品的收益，估计得到产品大类相关的**专利的期初价值为 125.72 万元。**

表 7-1：无形资产预计（单位：万元）

项目	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
无形资产期初余额	125.72	151.70	205.92	310.23	504.04
研发支出资本化	40.58	73.04	131.48	236.66	425.99
摊销合计	14.60	18.82	27.17	42.86	71.70
无形资产期末余额	151.70	205.92	310.23	504.04	858.33

未来五年内艾克博士会大量投资用于技术研发，每年计提研发支出资本化形成无形资产，预计到 2024 年，专利估值将达到 **858.33 万元。**

### 7.1.3 融资计划

艾克博士作为以高新技术为核心竞争力的企业，需要不断培养与发展产品与技术的比较优势。艾克博士将会逐步与房地产商、汽车制造销售品牌取得合作，并逐步推开前装业务。同时，本团队也将进一步按照战略布局基于 PNP 材料的 Pura 家用家装系列餐品的全自动化生产线；并建立客户需求数据库等一信息系统，指导个人级产品的研发生产。



为获取足够的资本入驻，艾克博士初期预计主要依靠银行借款以推动运营和销售，并从 2020 年开始 A 轮融资，目标于 2022 年取得外部投资融资约 500 万元，第一轮融资主要用于完善 Pura-core 的生产线以扩大生产规模，预计总资金缺口 700 万元，部分由外部融资覆盖。同时，本团队也将尽快推动产品宣发，对接房地产和家装行业开展企业级合作；并投入研发 Pura-core 的企业与个人级应用，加快 PNP 技术更新迭代。

后续，艾克博士将逐步缩小财务杠杆，保持资本结构的稳健，计划于 2023 年取得外部融资 1000.00 万，新一轮融资主要用于加强企业人员培训和研发投入，推进 B 端服务，与房地产、家装行业的巨头展开广泛合作。而在 C 端方面，融资资金主要用于逐步建设 Pura 产品生产线，铺开除醛建材、除醛家具布艺和除醛衣物首饰的生产、技术迭代和销售推广。

## 7.2 财务预测

### 7.2.1 收入预测

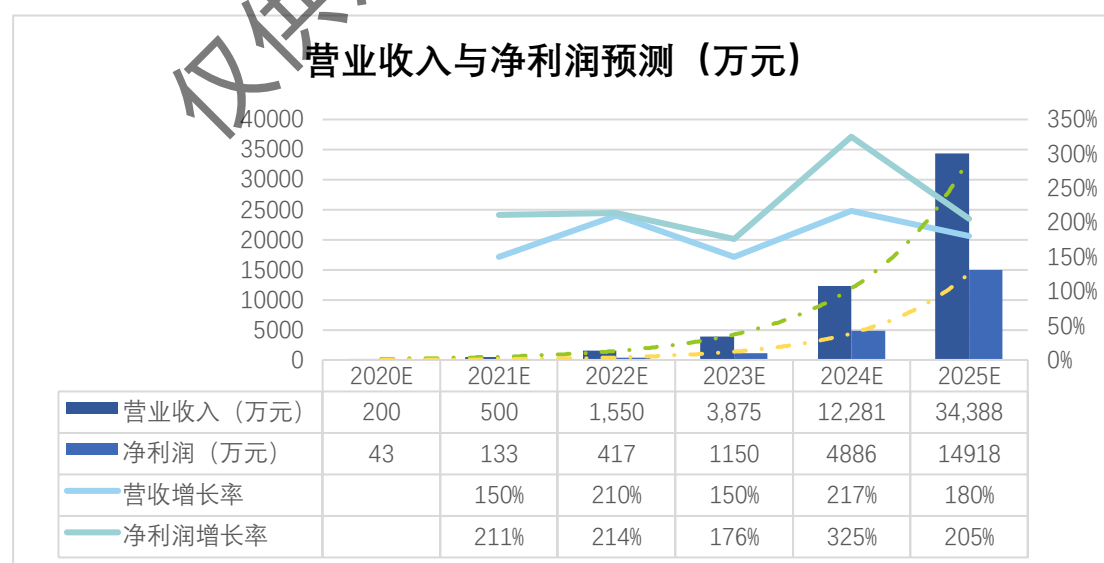


图 7-2：营业收入与净利润预测（单位：万元）

2020 年度，艾克博士凭借其 PNP 技术与 Pura-core 产品，向空气净化器、车载净化器等下游厂商销售基础产品，业务正式步入正轨，预计 **2020 年实现营业收入 200 万元，其中销售毛利率控制在 63.75%**。团队预计于 2022 年初取得融资 500 万，完善现有 Pura-core 的生产线，实现规模化高效量产。同时，团队也将进一步加大 PNP 材料在多种物理性质表面附载的研发投入，凭借 PNP 的多角度应用与房地产、家装行业展开合作，拓展前装业务。在成立之初，**团队主要依靠 Pura-core 的销售实现盈利**，而发展初期与企业、房地产、家装企业的合作将逐步为企业带来大量创收，**2021 年营收预测为 500 万元**。

引入投资后，经过一年的发展，Pura-core 实现量产，对接海尔、小米、史密斯等众多下游厂商，实现 **1150 万元的订单收入**。而在家居家装方面，利用 **PNP 为源技术的价值三角，从涂料、板材、织物三大板块切入**，建立与建材、家装企业的合作桥梁。企业级合作订单大幅翻倍，**收入达到 1400 万元**，成为团队的一大收入来源。同时，艾克博士对于个人级产品的研发成果转化为成果，**首先推出家用、车载和便携式（穿戴式）空气净化器——Pura 系列打入市场**。2022 年，未来构成收入支柱的三大业务开始推进，实现营业收入高速增长，预计共达 **1550 万元**。

而进一步的发展中，团队步入中期战略发展阶段，**与建材、家装和房地产间的企业合作成为主要收入来源**。而个人级产品也通过企业合作的服务配赠等方式打开宣传渠道，逐渐扩大影响力，为后续众多产品的研发投产营造良好开端。2023 年，**艾克博士预计营业总收入 3875 万元**，其中前装服务等 B 端合作业务收入达到 **2054 万元**，占比 **53%**。

而经过几年发展，团队与万科、绿城中国、金螳螂等行业领先者建立稳定和商务合作网络，**预计年订单达到 700+**，预计 2024 年取得 **12281 万元的订单收入**。**B 端业务作为营收主力**，为团队带来大量现金流用于技术迭代和产品宣发，个人级产品也随之逐步面市，入驻各大电商平台后推动销售收入进一步指数增长。**2024 年预计收入 12281 万元**，pura-core 销售、B 端合作、个人级产品收入分别占比 **22%，51%，27%**。

表 7-2：主要业务收入预测（单位：万元）

项目	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
<b>Pura-core</b>	200	360	589	930	2702
<b>增长率</b>	-	80%	64%	58%	191%
<b>占比</b>	100%	72%	38%	24%	22%
<b>B 端企业合作</b>	-	140	713	2054	6263
<b>增长率</b>	-	-	409%	188%	205%
<b>占比</b>	-	28%	46%	53%	51%
<b>C 端个人产品</b>	-	-	248	891	3316
<b>增长率</b>	-	-	-	259%	272%
<b>占比</b>	-	-	16%	23%	27%

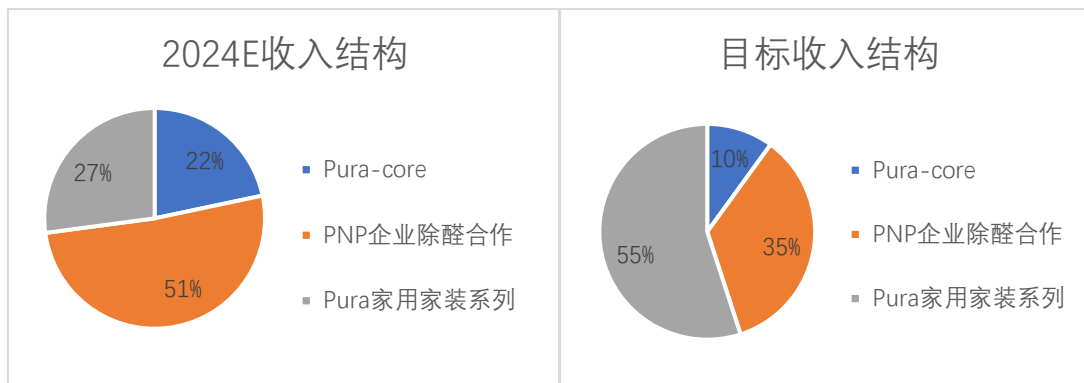


图 7-3：业务收入结构（单位：万元）

表 7-3：利润表预测摘要（单位：万元）

	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
<b>一、营业收入</b>	200.00	500.00	1,550.00	3,875.00	12,281.25
减：营业成本	68.69	138.31	363.36	844.22	2,507.85
<b>税金及附加</b>	1.60	4.00	12.40	31.00	98.25
<b>销售费用</b>	24.32	57.93	184.37	453.14	1,428.97
<b>管理费用</b>	72.68	155.06	473.58	1,075.77	3,107.91
<b>财务费用</b>	20.41	30.32	48.90	67.60	89.80
<b>资产减值损失</b>	2.00	5.00	15.50	38.75	122.81
<b>二：营业利润</b>	10.30	109.38	451.88	1,364.52	-
<b>三、利润总额</b>	30.30	129.38	471.88	1,384.52	4,925.66
减：所得税费用	0	0	55.26	234.63	20.00
<b>四：净利润</b>	42.73	132.84	416.62	1,149.89	-
<b>年末未分配利润</b>	32.05	131.68	312.10	1,074.89	5,099.16



从企业利润表可以看出，艾克博士营业收入和净利润稳步上升，销售费用和管理费用逐年上涨，但总体费用仍控制在较低水平，分别维持在总收入的11%和29%左右。

财务费用预测中**推广费**占比较高。作为一家高新技术企业，公司在以产品为主要业务的发展期，需要线上线下进行广泛宣传，并在政府招标等活动中提高曝光度，吸引更多各行各业客源，从而打造品牌效应。

管理费用中，**研发支出占比较大**，体现艾克博士对产品技术的高投入，立足于现有的甲醛催化氧化分解技术，公司进一步研发针对其他有毒有害气体、悬浮颗粒的去除技术；并进一步改进材料附着技术，展望极端环境下的空气净化材料市场。

### 7.3 财务分析

表 7-4：主要财务指标预测（单位：万元）

项目	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
<b>获利能力</b>					
<b>ROA</b>	5.37%	13.37%	18.23%	22.10%	30.87%
<b>ROE</b>	10.88%	35.37%	36.24%	43.12%	63.64%
<b>销售净利率</b>	21.36%	26.57%	26.88%	29.67%	32.15%
<b>销售毛利率</b>	65.66%	72.34%	76.56%	78.21%	79.58%
<b>偿债能力</b>					
<b>资产负债率</b>	50.60%	62.19%	49.70%	48.75%	51.49%

速动比率	1.18	0.81	1.34	1.49	1.46
营运能力					
应收账款周转率	10.53	7.52	7.96	7.52	8.00
存货周转率	-	1.49	1.97	1.73	1.72
总资产周转率	50.31%	55.92%	94.55%	103.50%	136.41%

### 7.3.1 盈利能力分析

从上表中可以看出，随着业务发展和市场影响力的不断扩大，公司的各项财务指标综合表现良好，总体盈利水平不断上升。**ROA从2020年的5.37%上升到2024年的30.87%，ROE则从2020年开始稳定在35%以上。**同时可以看出，公司销售毛利率和净利率平稳维持在高水平，可见公司资产的利用效率较高，收入快速增长，获利能力较强。

### 7.3.2 偿债能力分析

而公司初期负债水平较高，是由于主要依靠银行长期借款进行公司运营，从而实现了大额订单收入。而随着多轮融资推进，为了降低风险，公司降低了整体经营杠杆和财务杠杆水平，保持财务状况的稳健。

### 7.3.3 营运能力分析

而在营运能力方面，由于艾克博士主要根据订单需求量确定产量，产销率极高，因此存货周转率和应收账款周转率均较高。而总资产周转率也在不断增长，说明公司的营运能力不断提高。

## 7.4 投资收益分析

我们就艾克博士未来五年投入市场的产品作了投资分析，最后分析公司整体的投资收益。

### 7.4.1 总体投资净现值

净现值(NPV)，是指按设定的折现率*i*计算的项目计算期内各年净现金流量的现值之和，其计算公式如下：

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t}$$

$NCF_t$ 为企业当期净现金流； $n$ 为投资周期； $i$ 为折现率，选取根据同类竞争者（浙大冰虫等）的平均 $\beta$ 系数和财务结构等因素计算得到的加权平均资本成本12.93%。

考虑到艾克博士的现状与战略布局，我们选择以2019年为基期，考虑今后5年的现金流，计算折现至2019年年末的价值。

表 7-5：公司各年总投资净现金流量（单位：万元）

时间	净现金流量	当年净现金流现值	累计净现值
2020E	248.62	220	220
2021E	26.64	298.97	241
2022E	733.03	509	750
2023E	1800.11	1110	1858
2024E	4208.43	2294	4208

由净现值预测可知，艾克博士未来五年总投资 NPV 远大于 0，达到 3540 万元，投资收益十分可观。

#### 7.4.2 总体投资内部收益率

内部收益率(IRR)，指项目在整个计算期内净现值为零的贴现率，公式如下：

$$\sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+IRR)^t} - C = 0$$

C 为初始投资；n 为投资周期；等式成立的贴现率为 IRR。

经计算得，总投资 **IRR=202%**，远大于合计折现率 12.9%，说明艾克博士总投资的净现金流十分稳定，产品具有强大的盈利性。

#### 7.4.3 总体投资动态回收期

动态回收期是指通过投资项目所带来的年现金净流入量回收该项目初始投资所需的时间（年限）。其计算该方法为：

**融资的动态回收期 =**

**尚未收回的投资额出现正数的年数 + (尚未收回现金/当年现金净流量)**

经计算得到动态回收期为 **1.43 年**，回收期短，说明战略调整推动了公司盈利能力带来了极大的提升，能迅速回收投资成本。

### 7.5 分析总结

根据财务预测，对 2020-2024 年财务指标进行分析可以发现，艾克博士的盈利能力、偿债能力、营运能力指标随着战略推进逐步优化。从公司整体运营



和投资收益可以看出，顺应国家政策号召的战略布局、向高新技术靠拢的投资规划，对公司的效益有极大的促进作用，投资回报可观。

仅供蒲公英创业大赛使用



8

团队管理

仅供蒲公英创业大赛使用

## 08 团队管理

使 命 —— “让每一口吸进的空气都洁净”

价值观 —— “成为人类福祉的缔造者”

### 8.1 团队概述

艾克博士是一家由**技术驱动的全场景空气净化解决方案提供商**。团队以**高分散纳米铂分子筛技术**为核心，依托浙江大学催化研究所（国家重点学科实验室），先后研发了多孔材料负载纳米催化剂等模块化技术组件。团队积极与外部生产商合作，建立起面向用户端的从**车载净化、室内空净、穿戴防护产品**的产品矩阵，未来将承接整合改造净化工程项目，构建起全场景的高灵活度、自由度的室内空气解决方案体系。

### 8.2 管理架构

艾克博士拟成立科技有限公司，注册资本 200 万人民币。在发展期，拟采取扁平化组织架构，设立研发部、市场部、财务部、运营部四大部门。随着业务的扩展和规模的扩大，人员数量和部门机构将不断增加，将由扁平化的组织结构向职能式组织结构转变。

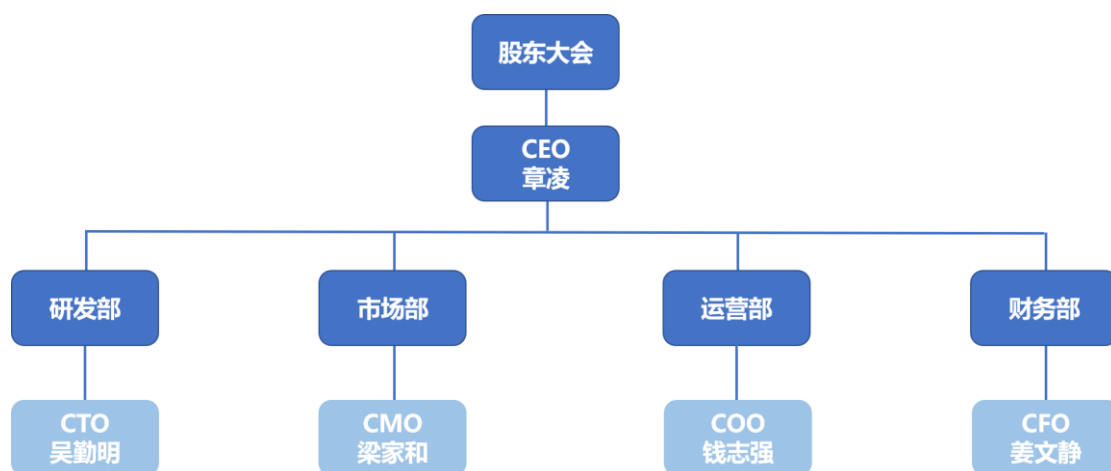


图 8-1: 管理架构

**研发部**——主要负责核心纳米催化剂技术外延的扩展，以及多类气体去除的新专利研究，并及时对产品进行更新迭代。

**市场部**——下设宣传部门和营销部门，推广部门主要负责品牌形象建设，营销部负责产品定价和营销推广。

**运营部**——负责业务布局规划和发展进度安排，推动执行运营活动方案以达成各项经营指标。

**财务部**——主要负责财务的处理，并从经营和现金流的角度对生产服务战略提供筹划意见。

## 8.3 项目团队

### 8.3.1 核心团队

**章凌**，CEO。对团队一切重大运营事项进行决策，项目创始人、技术开发者。浙江大学化工学院博士研究生，以一作身份发表跟项目有关 SCI 四篇，发明专利三项，有着雄厚的技术和理论资本。



**吴勤明**，CTO。引领核心纳米催化剂技术的研发，以及监督产品的更新迭代。浙江大学材料系博士后。在沸石分子筛催化材料的设计合成领域参与发表论文 20 余篇，参与申请专利 30 余项。

**梁家和**，CMO。负责品牌形象打造和产品营销推广。浙江大学公共管理学院行政管理专业本科生，曾实习于友邦集团运营部门、京东市场开发部门。获得第六届浙江省“互联网+”大学生创新创业大赛季军、澳门政府奖学金、浙江大学第十二届“蒲公英”创新创业比赛特等奖及最佳创意奖等荣誉。

**钱志强**，COO。负责项目运营。浙江大学农业与生物技术学院茶学专业本科生，辅修竺可桢学院创新与创业管理强化班，多次参加“互联网+”、蒲公英等创赛并取得优异成绩，曾实习于小马数据，运营经验丰富，熟悉业务逻辑以及消费者需求，对品牌运营有独到见解。

**姜文静**，CFO。负责财务工作。中国人民大学金融学硕士研究生，已获证券从业资格证、期货从业资格证。曾实习于国信证券、申万宏源证券，曾获第四届中国“互联网+”大学生创新创业大赛金奖、浙江大学优秀毕业生、优秀学生干部、优秀学生奖学金等荣誉。

**李旭峰**，研发部。浙江大学化工学院博士研究生，协助项目统筹及技术研发工作，在领域知名期刊上发表数篇 SCI 论文，曾获国家奖学金等多项荣誉。现任浙江大学科技与创新创业指导中心副主任（挂职），有丰富的赛事经验。

**唐永铨**，研发部。浙江大学化工学院硕士研究生，曾获全国“道达尔杯”化工安全设计大赛银奖，“挑战杯”省赛三等奖，曾发表 SCI 论文数篇及发明专利（授权）6 项。

**王成涛**，研发部，浙江大学博士，“博新计划”获得者，发表一区 SCI 论文 5 篇，获国家奖学金，浙江省化学会创新一等奖

**陈子丰**，研发部，浙江大学化学系博士生，曾获校级奖学金等荣誉，有丰富自媒体运营经验与优秀视频内容创作能力，承担项目科研成果可视化的工作。

**赵书琪**，市场部。浙江大学人文学院汉语言文学专业本科生，曾任浙江大学学生会融媒体中心副部长，求是潮视觉传达部门成员，曾负责十余项校级活动总宣传与平面设计工作，曾获第十七届浙江省“挑战杯”大赛银奖。

**郑滢**，市场部。浙江大学管理学院硕士研究生，拥有多次自主创业经历，曾获第四届中国“互联网+”大学生创新创业大赛季军和最具商业价值奖，获浙江大学优秀毕业生、研究与创新一等奖、优秀学生、学业奖学金等荣誉。

**计雨环**，市场部。浙江大学外语学院德语专业本科生，辅修视觉传达设计，曾实习于网易游戏平面设计，获浙江省“互联网+”大学生创新创业大赛金奖、浙江大学蒲公英创业大赛特等奖、全国移动应用创新赛华东赛区二等奖。

**杨悻恒**，运营部。浙江大学外语学院英语专业本科生，辅修竺可桢学院创新与创业管理强化班，曾获第四届全国“互联网+”大学生创新创业大赛金奖，全国移动应用创新大赛三等奖，全国高校小程序开发大赛赛区二等奖。

**蒋辰星**，运营部。浙江大学控制学院自动化专业本科生，辅修竺可桢学院创新与创业管理强化班。曾获得国家奖学金、挑战杯省赛一等奖等荣誉。

**孙艺宁**，财务部。浙江大学管理学院会计学本科生，通过国际注册会计师 F 阶段，获得 Diploma in Accounting and Business，财务科研类省创项目核心成员，曾获凯泰杯资本杯创业大赛一等奖，蒲公英创新创业大赛一等奖。

## 8.3.2 顾问团队

## 学术权威



肖丰收

在吉林大学获得理学硕士学位；1986-1990年获得理学博士学位(吉林大学、大连化物所以及日本北海道大学联合培养)。1992-1996年吉林大学副教授；1993-1994年美国加州大学Davis分校博士后；1996-2009年吉林大学教授 2009-至今浙江大学求是特聘教授。研究方向：沸石分子筛和纳米孔材料的合成、表征与催化性能研究。在该领域，发表论文SCI收录论文400余篇，包括发表在JACS上的10余篇，他引12000余次，当前H因子59，获授权专利40余项，在国际会议上做Plenary和Keynote报告20余次，包括两次美国Gorden Conference的报告。获得奖励：1992年获中国化学会青年化学奖；1995年获国家教委霍英东优秀青年教师化学奖；1997年入选国家教育部跨世纪人才计划；1998年获得国家基金会的国家杰出青年基金；1999年获得中国科协、中央组织部、团中央等部门颁发的中国青年科技奖；2000年获得劳动人事部颁发的有突出贡献的中青年专家；2008年获Thomson Scientific卓越研究奖；2009年教育部自然科学二等奖；学术兼职：亚洲太平洋催化理事会(APCAT)秘书长；中国催化学会委员；中国分子筛学会委员；Catalysis Surveys from Asia 编委；催化学报编委；物理化学学报编委；I&EC Research副主编。



王亮

1986年9月出生山东。2004-2008年在吉林大学获得理学学士学位。2008-2013年在吉林大学获得理学博士学位，导师肖丰收教授；2013-2015年浙江大学博士后，合作导师肖丰收教授；2015至今浙江大学副研究员。研究方向：能源催化，纳米催化。获得奖励：2016年国际催化大会青年科学家奖；2017年中国催化新秀奖；2018年浙江省杰出青年基金资助。

## 创业指导



王小毅

浙江大学管理学院营销学和数字化战略教授、博导，浙江大学MBA教育中心主任，脑神经营销学和移动大数据营销专家。王小毅毕业于浙江大学，获管理科学与工程博士学位；澳门大学博士后，美国天普大学访问学者，是国内首位神经营销学博士。研究领域主要涉及：新零售与商贸流通转型升级；消费者大脑认知基础研究与神经管理；移动营销与大数据田野试验（AB测试）应用等。主持了包括“消费者食品安全风险感知的脑神经机制及预防”在内的多项国家自然科学基金项目和教育部基金项目，第三期之江青年社科学家，在Marketing Science、Journal of Marketing Research、Information Systems Research、管理世界等国际和国内顶级学术期刊发表了一系列研究成果。研究成果获浙江省科技进步二等奖4项，全国商业科技进步奖一等奖1项。

胡润全球富豪榜富豪之一。创业板上市公司——广州万孚生物技术股份有限公司总经理、创始人。作为负责人承担及参与各类国家、省、市重点课题共6项，包括国家发改委产业化示范基地项目、科技部863项目、商务部优化高新技术产品进出口结构调整项目、广东省科技厅产学研项目、广州市科技计划重大专项项目。参与新药研究和新注册的医疗器械产品12项，自主研发专利技术9项（其中发明专利3项，实用新型专利7项），发表学术论文2篇，参与的“毒品五项联合快速检测技术”项目获得广东省科学技术奖励三等奖、广州市和开发区科学技术奖励二等奖。

李文美



### 8.4 人力资源管理

人才是企业的核心竞争力。目前团队员工人数 15 人，其中研发部 6 人，市场部 4 人，运营部 3 人，财务部 2 人。在人力资源管理上，制定了科学的战术计划。



#### 8.4.1 招聘制度

团队采取校园招聘和外包雇佣相结合的方式，尽可能降低成本。依托浙江大学的人才优势，在技术方面，除了聘用有专业技术背景的全职员工外，还会从大学校园中招募有一定技术背景的学生作为兼职研发人员，负责基础的实验和研发工作。此外，团队积极引进在管理学、市场营销、经济学、计算机、财务等领域有专长的人才，持续提高人才竞争力。

#### 8.4.2 考核体系

积极建立客观、公正、透明的绩效考核制度，把握住两个关键点：一是要建立科学的考核标准。以科学的考核标准指导人力资源绩效考核的发展，对不同的考核目的和考核对象制定不同的考核标准。二是注重考核环节的落实，加强对考核工作的监督。其中，考核程序应有个人述职报告、群众评议、部门领导鉴定和考核结果反馈等环节构成。

#### 8.4.3 激励体系

实行按岗位定新的岗位工资制，同时强化分配激励和约束功能的绩效工资制。以绩效考核为中心，加大对技术含量高、风险责任大、工作强度大、工作业绩明显的员工分配力度，加大对管理骨干和技术骨干的分配力度，把劳动者的能力、岗位、行为、成绩和报酬高度统一起来，拉开差距，形成员工的收入随效益高低和个人业绩好坏上下浮动的机制。对于对发展有较大贡献的员工，给与一定份额比例的股份奖励或给与奖金、实物奖励等，以激励其继续作出卓越贡献。

## 8.5 战略规划

### 8.5.1 初期战略

#### 2020 年 — 2022 年：ToB 和 ToC 业务齐头并进

核心目标：C 端业务，生产与研发并举，迅速扩展产品规模，打造完善产品矩阵；B 端业务，谋求与装修公司、地产商的合作，打造样板工程。

研发部门：加快产品研发与产品迭代，完善产品功能性与实用性，加强产品的技术占比，打造技术壁垒，提高自身的科技核心竞争力。

生产部门：负责产品线的优化、迭代生产线，落实采购原材料部门，加强与硬件供应商的合作，扩展上游合作渠道。

### 8.5.2 中期战略

#### 2023 年 — 2025 年：打造平台

核心目标：定位为整合上下游合作商和供应商的技术性平台

面向 B 端市场，通过增加技术性市场占比，打造建材家装合作联盟，通过打入家装建材市场，提高在 B 端市场的占有率，从而打造核心市场竞争力。

### 8.5.3 长期战略

#### 2026 年 — 2030 年：打造生态

核心目标：定位为解决室内空气质量问题的净化解决方案专家。

扩展服务市场，打造室内净化装修整合解决方案。加强上下游的整合能力，不断扩展自身的业务能力，成为多服务、全场景的除醛净化领域解决方案的专家，为打造行业内的标杆企业奠定雄厚基础。

## 09 风险与规避

### 9.1 技术风险及对策

- 1、人才是我们发展的**源动力**，需要营销、技术、管理、信息系统等各方面的人才，不排除出现人才培养和引进跟不上发展速度的情况，也不排除核心人员**流失**的情况，将对发展造成一定影响。
- 2、作为传统制造业，我们尚未建立相关制造运营管理制度，同时在制备产品过程中对环境有高要求，谨防**火灾**，**气体泄漏**等偶然情况，但由于管理相对复杂，对技术和日常监管的要求很高。
- 3、室内空气净化行业目前吸引了大量公司关注，产品研发及技术研发**竞争激烈**。

#### 应对措施：

- 1、人才是我们的**核心竞争力**，将制定多重人才激励政策留住每一位优秀人才。一方面重视**精神激励**，对其科研进展表示肯定；另一方面，加大对高技能人才工作经费的投入，以**股权激励**的形式提升其工作积极性。
- 2、在生产制备产品过程中，加强**安全管理监督**，落实安全管理负责人，**杜绝**任何有安全隐患的场景出现。
- 3、做好**产品需求**分析，结合具体行业任务，提供专业化的任务解决方案，提升

产品实际功效。加强**技术开发与储备**，加强与国内外科研机构，知名院校的**技术合作**，创造良好的科技工作条件。

## 9.2 财务风险及对策

### 具体风险分析：

1. 市场风险：目前除醛行业已有浙大冰虫、绿之蓝环保等相对成熟的公司，在知名度较小的情况下打入市场存在困难，也可能无法及时跟进市场需求进行快速的产品迭代，易打击市场与投资者信心，导致**资金链断裂**；
2. 违约风险：初创期由于未建立起完备的生产体系，生产规模较小，可能无法在短时间应对批量需求，从而导致**违约风险**，不利于良好商誉的建立；
3. 供应端风险：上游可能出现**原材料价格提升或断货**的风险，从而增大生产成本，影响产品的正常销售；
4. 流动性风险：业务初始阶段出于尽可能快地占领市场份额的需求，可能会产生大量的应收账款，从而导致**坏账风险**并造成较严重的营运资金的占用；

### 应对措施：

1. 打造好初期产品形象，将纳米催化剂模块的核心技术发挥到极致，并做好前期宣传，加大**口碑推广**的力度。在资金回笼后要**加大研发投入**，保持产品的竞争力；
2. 设计**合理的生产方案**，提高生产效率，缩短生产时间，同时可将部分不涉及核心技术的装配业务进行**外包**，以维持前期供应；
3. **选择信誉良好、处于行业头部的原材料供应商**，与其达成长期稳定的合作关系，并签订合约以减小原材料价格和数量的波动；



4. 建立完善的**客户信用数据库**，选择信誉良好的客户进行销售，同时制定合理的**应收账款回收策略**，采取一系列激励提早还款的措施。

仅供蒲公英创业大赛使用

# 10 附录

仅供薄公英创业大赛使用

## 10 附录

### 10.1 推荐信



中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

地址：北京市海淀区双清路 18 号  
邮编：100085

#### 推荐信

随着人们居住条件的逐渐改善，各种形形色色的装修材料用于人们房子的装饰。人造板材在带来视觉上美观的同时也带来了居住环境的逐渐恶化。室内空气污染主要由挥发性有机化合物 (VOCs) 引起，而其中甲醛引发的问题尤为严重。

囿于我国产业结构，经济状况和技术手段，现阶段使用大规模的不含甲醛的装修材料，从根本上杜绝甲醛的产生是不现实的。末端消除甲醛最主要的方法有通风换气法、植物净化法、物理吸附法，以及化学降解法，但这些方式都存在一定的局限，有的甚至造成二次污染。现有的技术和产品很难满足人们日常消除室内甲醛的需要。

该团队设计研发的新型室温除甲醛产品，甲醛消除效率显著提高，团队将贵金属和分子筛结合实现室温无间断地消除甲醛污染，其品质处于国际先进水平，潜力巨大。

该团队开发研制的新型室温除甲醛产品具有以下特点：

1. 高效——纳米铂无需光照，室温下即可完全消除甲醛。
2. 稳定——产品持续高效工作，运行时效至少 1 年。
3. 环保——使用环境友好型原材料，绿色无毒无害，无二次污染，可皮肤接触。
4. 方便——操作简单，妥善放置即可。

在产业升级，创建科技强国的时代大背景下，该团队利用政策红利和人们健康意识，加上他们较强的交叉复合背景，进行跨学科深入研究的能力，我个人深信他们定能将其设计研发的新型室温除甲醛产品推而广之，广而用之。

推荐人：贺泓，中国工程院院士

签 名：

贺泓

日 期：

2019-5-15



## 杭州凯明催化剂股份有限公司

### 推荐信

感谢您在百忙之中阅读“Pura”团队新型室温除甲醛产品推荐信。本人是赵维，杭州凯明催化剂股份有限公司销售经理。

“Pura”团队由来自不同年级不同专业的浙大人组建而成，他们的共同理想是成为全场景空气净化领跑者。他们的核心技术人员来自浙江大学催化研究所催化材料研究室。团队指导老师有国家杰青肖丰收教授，国家优青孟祥举教授以及国家优青王亮研究员。该团队在室温消除甲醛领域已展开多年的基础研究工作，取得了一系列突破性成果，这些成果已经在著名国际刊物上发表，同时申请了一系列专利发明。

该团队设计研发的新型室温除甲醛产品，相比于现有的产品，甲醛消除效率显著提高，团队首次将贵金属和分子筛结合实现室温不间断地消除甲醛污染，其价值处于国际先进水平，具有巨大应用价值和发展潜力。

“Pura”团队开发研制的新型室温除甲醛产品特点：

- 1) 高效——纳米铂无需光照，室温下即可完全消除甲醛，第三方检测表明其甲醛转化效率高达 92.7%。
- 2) 稳定——产品持续高效工作，运行时间至少 1 年。
- 3) 环保——使用环境友好型原材料，绿色无毒无害，无二次污染，可皮肤接触。
- 4) 方便——操作简单，妥善放置即可。

该团队秉承浙江大学求是创新精神，以造福人民健康为使命，致力打造绿色无“醛”世界。

产品适用于任何有醛环境，性能优越，市场竞争力强，是创建无“醛”世界的不二之选。

产品供应对象：空气净化器厂商、空调厂商、汽车制造企业或个人。

推荐人：杭州凯明催化剂股份有限公司销售经理

签 名：

赵维 市场部

日 期：

2019.5.13



## 10.2 发明专利列表

表 9-1 发明专利 (审查)

编号	专利申请号	专利名称
1	201610908571.4	在室温下用于消除甲醛的催化剂及其制备方法
2	201810143325.3	用于室温甲醛净化的全硅 ZSM-5 分子筛催化剂及制备方法
3	201810142905.0	用于室温甲醛净化的全硅 Beta 分子筛催化剂及制备方法
4	201610938025.5	以万能凝胶合成高硅沸石分子筛的方法
5	201810175883.8	采用晶种导向法合成富硅 ZSM-22 沸石分子筛的方法
6	201810176181.1	一种无钠无溶剂路线合成全硅 Beta 沸石分子筛的方法
7	201810310028.3	在强碱性体系中合成磷铝分子筛或硅磷铝分子筛的方法
8	201810413258.2	晶种辅助无氟合成富硅 SSZ-13 沸石分子筛的方法
9	201811065456.0	一种采用通用离子热法合成硅基沸石分子筛的方法
10	201710009169.7	利用吡啶基有机模板剂合成 RTH 沸石分子筛的方法
11	201910642992.0	无模板二次合成高度 b 轴取向的全硅 MFI 分子筛膜制备方法
12	202010080282.6	无有机模板剂晶种法合成高硅 KFI 沸石分子筛的方法
13	201910995540.0	一步法无碱金属固相合成金属分子筛催化剂的方法
14	202010077865.3	一种用于室温甲醛净化的固相 OMS-2 分子筛催化剂及制备方法
15	201610985123.4	以单一小分子有机模板剂合成薄片状 ZSM-5 沸石分子筛的方法
16	201610932017.X	以单一小分子有机模板剂合成雪花状 ZSM-12 沸石分子筛的方法
17	201610933017.1	以聚季铵盐模板剂合成大孔 EMM-23 沸石分子筛的方法
18	201610936682.6	以线型聚季铵盐有机模板合成 ERS-7 沸石分子筛的方法
19	202010080281.1	用于氨气选择性催化还原反应的 Cu-KFI 催化剂的制备方法

表 9-2 发明专利（授权）

编号	专利号	专利名称
1	106517233 A	无氟无溶剂路线合成 B 形体富集的 Beta 沸石分子筛的方法
2	20181 0175881.9	采用晶种导向法合成富硅 ZSM-5 沸石分子筛的方法
3	20181 0176179.4	采用晶种导向法合成富硅 ZSM-48 沸石分子筛的方法
4	20181 0176182.6	采用晶种导向法合成富硅 ZSM-23 沸石分子筛的方法
5	201910075169.6	水热合成法制备纳米片状 FER 分子筛的方法
6	201810175876.8	以镍胺络合物为模板剂一步合成 ITE 沸石分子筛的方法

## 10.3 发明专利证书

证书号第3092269号



### 发明专利证书

发明名称：以糠醛缩合物为模板剂一步合成TTE沸石分子筛的方法

发明人：吴勤明；孟祥举；肖丰收；韩世超

专利号：ZL 2018 1 0175876.8

专利申请日：2018年03月02日

专利权人：浙江大学

地址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

授权公告日：2020年02月14日 授权公告号：CN 108128785 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效，专利期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长 申长雨



2020年02月14日

第1页(共2页)

其他事项参见背面

证书号第3893393号



### 发明专利证书

发明名称：水热合成法制备纳米片状FER分子筛的方法

发明人：吴勤明；孟祥举；肖丰收；徐好；王叶青

专利号：ZL 2019 1 0075169.6

专利申请日：2019年01月25日

专利权人：浙江大学

地址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

授权公告日：2020年07月17日 授权公告号：CN 109650402 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效，专利期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长 申长雨

2020年07月17日

第1页(共2页)

其他事项参见续页

证书号第 3951321 号



## 发明专利证书

发 明 名 称：采用品种导向法合成富硅 ZSM-23 沸石分子筛的方法

发 明 人：吴勤明;孟祥举;肖丰收

专 利 号：ZL 2018 1 0176182.6

专利申请日：2018 年 03 月 02 日

专 利 权 人：浙江大学

地 址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号

授权公告日：2020 年 08 月 21 日 授权公告号：CN 108217683 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。

局长  
申长雨

申长雨

2020 年 08 月 21 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第 3951320 号



## 发明专利证书

发 明 名 称：采用品种导向法合成富硅 ZSM-48 沸石分子筛的方法

发 明 人：吴勤明;孟祥举;肖丰收

专 利 号：ZL 2018 1 0176179.4

专利申请日：2018 年 03 月 02 日

专 利 权 人：浙江大学

地 址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号

授权公告日：2020 年 08 月 21 日 授权公告号：CN 108217682 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。

局长  
申长雨

申长雨

2020 年 08 月 21 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第 3892505 号



## 发明专利证书

发 明 名 称：采用品种导向法合成富硅 ZSM-5 沸石分子筛的方法

发 明 人：吴勤明;孟祥举;肖丰收

专 利 号：ZL 2018 1 0175881.9

专利申请日：2018 年 03 月 02 日

专 利 权 人：浙江大学

地 址：310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号

授权公告日：2020 年 07 月 17 日 授权公告号：CN 108190913 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。

局长  
申长雨

申长雨

2020 年 07 月 17 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106517233 B  
(45)授权公告日 2018.11.09

(21)申请号 201610948890.8

审查员 孙源华

(22)申请日 2016.10.25

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106517233 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(73)专利权人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 孟祥举 吴勤明 朱龙凤 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.  
C01B 39/04(2006.01)

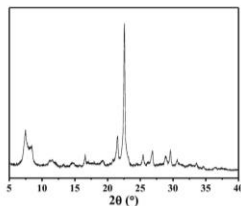
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

无氟无溶剂路线合成B形体富集的Beta沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备方法,旨在提供一种无氟无溶剂路线合成B形体富集的Beta沸石分子筛的方法,包括步骤:将碱源、模板剂和硅源置于研钵中混合,或者再添加铝源、铁源、硼源或铝源中的任意一种后继续混合、研磨;混合物进行晶化反应,产物抽滤、烘干,即得到B形体富集的分子筛原粉。本发明避免了高毒性氟物种的使用;由于没有使用溶剂,大大提高了产率,减少了压力;所合成的产品具有特殊的纳米粒子形貌的片状形貌,产品不仅保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性。整个生产过程没有使用溶剂和高毒性的氟物种,减少了在生产过程中不必要的损耗。生产所采用的无机原料均对环境友好,价格较低廉,在实际化工生产领域具有重要意义。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106540741 A  
(43)申请公布日 2017.03.29

(21)申请号 201610908571.4

(22)申请日 2016.10.19

(71)申请人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 孟祥举 章凌 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.  
B01J 29/74(2006.01)  
B01J 53/86(2006.01)  
B01J 53/72(2006.01)

权利要求书1页 说明书9页

(54)发明名称

在室温下用于消除甲醛的催化剂及其制备方法

方法

(57)摘要

本发明涉及环境催化领域,旨在提供一种在室温下用于消除甲醛的催化剂及其制备方法。该催化剂包括:通过无有机模板剂晶种法制备获得的Beta分子筛,以及负载于Beta分子筛上的贵金属活性组分;所述贵金属活性组分是指:贵金属元素铂、钯、金、钌或钨中的任意一种或者两种的混合物。本发明中催化剂的使用量小,操作方便,可有效用于室温条件下催化氧化主要污染物甲醛,没有甲酸、一氧化碳和乙酸酯等副产物,甲醛转化率可达60%以上,催化剂的用量少,具有优异的抗中毒性能,不需要特定光源,不耗电,不发热,不产生有害气体,具有优异的稳定性和抗湿性能。

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108246351 A  
(43)申请公布日 2018.07.06

(21)申请号 201810143325.3

B01J 53/72(2006.01)

(22)申请日 2018.02.11

(71)申请人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 孟祥举 肖丰收 章凌 吴勤明

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.  
B01J 29/44(2006.01)  
B01J 37/02(2006.01)  
B01J 37/08(2006.01)  
B01J 35/10(2006.01)  
B01J 53/90(2006.01)

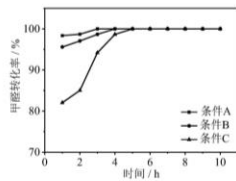
权利要求书1页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

用于室温甲醛净化的全硅ZSM-5分子筛催化剂及制备方法

(57)摘要

本发明涉及环境催化技术领域,旨在提供一种用于室温甲醛净化的全硅ZSM-5分子筛催化剂及制备方法。该催化剂是以具有三维十二元环EUA结构的全硅ZSM-5分子筛为载体,负载了离子形式的贵金属铂、钯、钌、金或银中的一种或两种为活性组分,活性组分占催化剂的重量百分比为0.1~10%;催化剂的比表面积为200~600m<sup>2</sup>/g。本发明制备过程中采用无毒无害组分,不会对人体健康和生态环境造成危害,制备方法简单可行。本发明的催化剂能在宽温度操作范围(25℃及以上温度条件)、宽空速操作范围(6,000h<sup>-1</sup>及以下空速条件)内保持100%的甲醛去除率,尤其适应于室内与固定源尾气中的甲醛完全消除,同时还具有优异的二氧化碳生成选择性。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108421559 A  
(43)申请公布日 2018.08.21

(21)申请号 201810142905.0

(22)申请日 2018.02.11

(71)申请人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 孟祥举 肖丰收 章凌 吴勤明

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.  
B01J 29/74(2006.01)  
B01J 35/10(2006.01)  
B01J 53/86(2006.01)  
B01J 53/72(2006.01)

权利要求书1页 说明书8页 附图2页

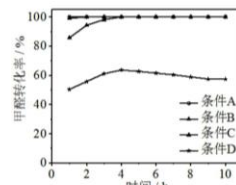
(54)发明名称

用于室温甲醛净化的全硅Beta分子筛催化剂及制备方法

方法

(57)摘要

本发明涉及环境催化技术领域,旨在提供一种用于室温甲醛净化的全硅Beta分子筛催化剂及制备方法。该催化剂以具有三维十二元环EUA结构的全硅Beta分子筛为载体,负载了离子形式的贵金属铂、钯、钌、金或银中的一种或两种为活性组分;活性组分占催化剂的重量百分比为0.1~10%;催化剂的比表面积为300~600m<sup>2</sup>/g。与现有技术相比,本发明制备过程中采用无毒无害组分,不会对人体健康和生态环境造成危害,制备方法简单可行。本发明的催化剂能在宽温度操作范围(0℃及以上温度条件)、在宽空速操作范围(12,000h<sup>-1</sup>及以下空速条件)内保持100%的甲醛去除率,尤其适应于室内与固定源尾气中的甲醛完全消除,同时还具有优异的二氧化碳生成选择性。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106542537 A  
(43)申请公布日 2017.03.29

(21)申请号 201610938025.5

(22)申请日 2016.10.25

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 孟祥举 吴勤明 朱龙凤 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/02(2006.01)

C01B 39/38(2006.01)

C01B 39/42(2006.01)

C01B 39/44(2006.01)

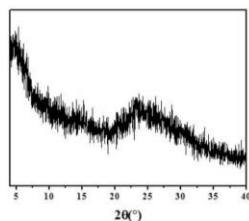
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

以万能凝胶合成高硅沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备方法,旨在提供一种以万能凝胶合成高硅沸石分子筛的方法,包括步骤:将去离子水与铝源混合均匀后,向其中加入NaOH,在搅拌下加入硅源,持续搅拌直到溶液形成硅铝凝胶;向硅铝凝胶中加入沸石分子筛晶种,搅拌后置于反应釜中,晶化反应的产物抽滤、烘干,即得到高硅沸石分子筛的原粉。本发明所得到的产品不仅保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性,整个生产过程不仅没有使用有机模板剂,通过晶种合成法可以极大缩短晶化时间,这样就减少了在生产过程中不必要的损耗。所采用的无机原料均对环境友好,价格较低廉,因而本发明对沸石分子筛的基础研究以及在工业化生产领域都具有非常重要的意义。



2θ(°)

CN 106542537 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108128785 A  
(43)申请公布日 2018.06.08

(21)申请号 201810175876.8

(22)申请日 2018.03.02

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收 韩世超

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/48(2006.01)

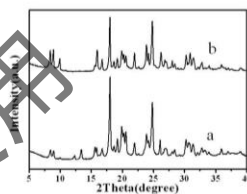
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

以镍络合物为模板剂一步合成ITE沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供以镍络合物为模板剂一步合成ITE沸石分子筛的方法。该种以镍络合物为模板剂一步合成ITE沸石分子筛的方法包括步骤:首先将镍盐溶于去离子水中,搅拌后向溶液中加入有机胺,再加入镍氧化钠固体和USY分子筛,搅拌后,装入反应釜中晶化,反应完成后,将反应产物用去离子水洗涤,并在80℃干燥12小时以上,即制得ITE沸石分子筛。本发明以镍络合物为模板剂一步合成ITE沸石分子筛的方法,以廉价的镍络合物为模板剂,并且本发明所需晶化时间较短,大大降低了生产成本,减少了生产过程中的安全隐患,在实际化工生产领域具有重要意义。



2θ(degree)

CN 108128785 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108190913 A  
(43)申请公布日 2018.06.22

(21)申请号 201810175881.9

(22)申请日 2018.03.02

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/38(2006.01)

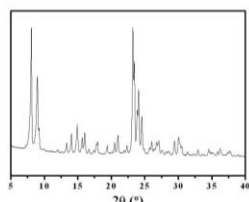
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

采用晶种导向法合成富硅ZSM-5沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供采用晶种导向法合成富硅ZSM-5沸石分子筛的方法。该种采用晶种导向法合成富硅ZSM-5沸石分子筛的方法包括步骤:将碱源、硅源、晶种、有机添加剂和R源置于研钵中混合,研磨两分钟后,将混合物转至反应釜中,在100~260℃晶化12h~7d;然后,对反应产物抽滤、烘干,即制得ZSM-5沸石分子筛原粉。本发明制备富硅ZSM-5沸石分子筛的方法,由于没有使用溶剂,大大地提高了产率,减少了在生产过程中不必要的损耗,极大地减少了污染物的排放;该方法还避免使用了价格昂贵的有机模板剂,极大地降低了合成的成本。



2θ(°)

CN 108190913 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108264054 A  
(43)申请公布日 2018.07.10

(21)申请号 201810175883.8

(22)申请日 2018.03.02

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/02(2006.01)

C01B 39/08(2006.01)

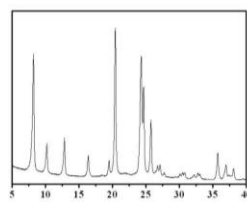
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

采用晶种导向法合成富硅ZSM-22沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供采用晶种导向法合成富硅ZSM-22沸石分子筛的方法。该种采用晶种导向法合成富硅ZSM-22沸石分子筛的方法包括步骤:将碱源、硅源、晶种、有机添加剂和R源置于研钵中混合,研磨两分钟后,将混合物转至反应釜中,在100~200℃晶化12h~9d;然后,对反应产物抽滤、烘干,即制得ZSM-22沸石分子筛原粉。本发明制备富硅ZSM-22沸石分子筛的方法,由于没有使用溶剂,大大地提高了产率,减少了在生产过程中不必要的损耗,减少了污染物的排放;该方法由于未使用价格昂贵的有机模板剂,大大地降低了合成成本,最终实现了全绿及高硅ZSM-22沸石分子筛合成的绿色化和低成本化。



2θ(°)

CN 108264054 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108217682 A  
(43)申请公布日 2018.06.29

(21)申请号 201810176179.4

(22)申请日 2018.03.02

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世波

(51)Int. Cl.

C01B 39/46(2006.01)

B01J 29/70(2006.01)

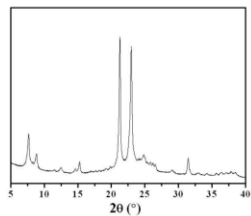
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

采用晶种导向法合成富硅ZSM-48沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供采用晶种导向法合成富硅ZSM-48沸石分子筛的方法。该种采用晶种导向法合成富硅ZSM-48沸石分子筛的方法包括步骤:将碱源、硅源、晶种、有机添加剂和铝源置于研磨中混合,研磨后,将混合物转至反应釜中晶化;然后,对反应产物抽滤、烘干,即制得ZSM-48沸石分子筛原粉。本发明制备富硅ZSM-48沸石分子筛的方法,由于没有使用溶剂,大大地提高了产率,这样就减少了在生产过程中不必要的损耗;该方法避免价格昂贵而且毒性较大的有机模板剂的使用,大大地降低了合成成本,合成过程环境友好,最终实现了全硅及高硅ZSM-48沸石分子筛合成的绿色化和低成本化。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108264056 A  
(43)申请公布日 2018.07.10

(21)申请号 201810176181.1

(22)申请日 2018.03.02

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世波

(51)Int. Cl.

C01B 39/04(2006.01)

B01J 20/18(2006.01)

B01J 20/30(2006.01)

B01D 53/02(2006.01)

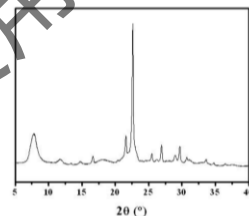
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种无钠无溶剂路线合成全硅Beta沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供一种无钠无溶剂路线合成全硅Beta沸石分子筛的方法。该种无钠无溶剂路线合成全硅Beta沸石分子筛的方法具体为:将硅源、季铵盐和全硅晶种置于研磨中,研磨十分钟后,置于反应釜中,在100~200℃晶化1h~6d,然后抽滤、抽滤、烘干,即制得全硅Beta沸石分子筛原粉。本发明采用无钠无溶剂路线合成全硅Beta沸石分子筛的方法,避免了后处理过程中的离子交换操作,制备的产品无需过滤或离心,干燥即可直接用性能研究。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108217683 A  
(43)申请公布日 2018.06.29

(21)申请号 201810176182.6

(22)申请日 2018.03.02

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世波

(51)Int. Cl.

C01B 39/46(2006.01)

B01J 29/70(2006.01)

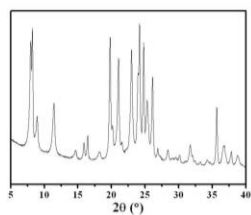
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

采用晶种导向法合成富硅ZSM-23沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供采用晶种导向法合成富硅ZSM-23沸石分子筛的方法。该种采用晶种导向法合成富硅ZSM-23沸石分子筛的方法包括步骤:将碱源、硅源、晶种、有机添加剂和铝源置于研磨中混合,研磨后将混合物转至反应釜中,在100~220℃晶化8h~8d;然后,对反应产物抽滤、烘干,即制得ZSM-23沸石分子筛原粉。本发明制备富硅ZSM-23沸石分子筛的方法,由于没有使用溶剂,大大地提高了产率,减少了污染物的排放,也减少了在生产过程中不必要的损耗;该方法还避免价格昂贵而且毒性较大的有机模板剂的使用,大大地降低了合成成本,最终实现了全硅以及富硅沸石分子筛合成的绿色化和低成本化。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108545758 A  
(43)申请公布日 2018.09.18

(21)申请号 201810310028.3

(22)申请日 2018.04.09

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 孟祥举 盛娜 肖丰收 张长胜 马野

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世波

(51)Int. Cl.

C01B 39/54(2006.01)

C01B 37/08(2006.01)

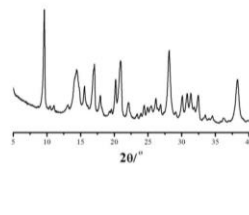
权利要求书1页 说明书16页 附图12页

(54)发明名称

在强碱性体系中合成磷铝分子筛或硅磷铝分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛的制备技术,旨在提供一种在强碱性体系中合成磷铝分子筛或硅磷铝分子筛的方法。包括:先将磷铝源AlPO4、有机模板剂和碱加入反应釜中,搅拌均匀;然后加入二氧化硅,搅拌均匀后开始晶化反应;反应完成后冷却,洗涤至中性,干燥、焙烧得磷铝分子筛或硅磷铝分子筛。本发明使用的磷源是磷酸铝而不是传统晶化反应所用的磷酸,无腐蚀性或毒性,原料易得。合成的分子筛具有很好的耐碱性,在MTO反应中不易失活。合成步骤简化,且产率及单釜利用率都有了较大的提高,能够大幅降低生产成本,节能减排,有巨大的工业应用前景。可广泛应用于多种硅磷铝分子筛或磷铝分子筛的合成。产品保持了良好的结晶度和纯度,还具有较高的比表面积。





(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108751221 A  
(43)申请公布日 2018.11.06

(21)申请号 201810413258.2

(22)申请日 2018.05.03

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 朱龙凤 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/04(2006.01)

C01B 39/04(2006.01)

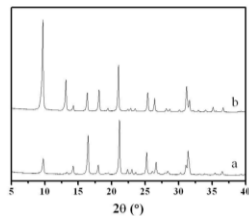
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

晶种辅助无氟合成富硅SSZ-13沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供晶种辅助无氟合成富硅SSZ-13沸石分子筛的方法。该种晶种辅助无氟合成富硅SSZ-13沸石分子筛的方法包括步骤:将水、碱源、有机模板剂、硅源、R源和晶种分别置于烧杯中,搅拌均匀,然后置于反应釜中,在100~200℃晶化2h~10d,产物抽滤、烘干,即得到富硅SSZ-13沸石分子筛原粉。本发明制备的富硅SSZ-13沸石分子筛,不仅保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性,而且整个生产过程没有使用高毒的氟物种,这样就减少了在生产过程中不必要的损耗。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109279621 A  
(43)申请公布日 2019.01.29

(21)申请号 201811065456.0

(22)申请日 2018.09.13

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 孟祥举 吴勤明 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 37/02(2006.01)

C01B 39/48(2006.01)

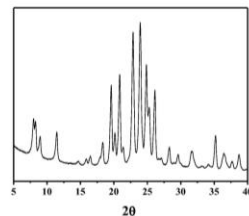
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种采用通用离子热法合成富硅SSZ-13沸石分子筛的方法

(57)摘要

本发明涉及分子筛制备,旨在提供一种采用通用离子热法合成富硅SSZ-13沸石分子筛的方法。包括:将硅源、氟化R源、碱源、有机模板剂和晶种置于研钵中混合、研磨均匀,将混合物转至反应釜中,在100~200℃晶化2h~7d;然后,对反应产物进行抽滤、烘干,即得硅基沸石分子筛的原粉;本发明通过使用离子液体消除了高压安全隐患;避免溶剂跟结晶沸石骨架的相互竞争作用;该产品不仅保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性;另外,生产所采用的无氟原料价格较低廉,因而本发明在实际化工生产领域具有重要意义。本发明在离子液体既做溶剂又做模板剂下进行合成,加入过量的氟离子使得硅能够更好溶解在离子液体中,在离子液体的导向下合成硅基沸石。





(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109650402 A  
(43)申请公布日 2019.04.19

(21)申请号 201910075169.6

(22)申请日 2019.01.25

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收 徐好 王叶青

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/04(2006.01)

C01B 39/48(2006.01)

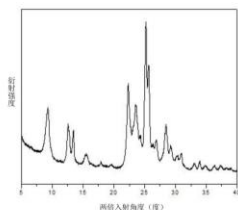
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

## (54)发明名称

水热合成法制备纳米片状FER分子筛的方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛制备方法,旨在提供一种水热合成法制备纳米片状FER分子筛的方法。该方法包括:将水与铝源混合均匀后,加入氢氧化N,N-二乙基-顺-2,6-二甲苯胺溶液和NaOH固体,在搅拌下加入硅源,继续搅拌混合溶液直到形成凝胶状,转至反应釜中,在110~150℃下动态晶化反应36~96h;对反应产物抽滤、烘干,即得到FER分子筛原粉。本发明利用水热单模板法合成的厚度为7nm左右的FER分子筛,极大降低了FER分子筛的厚度,并且合成方便、节能。与现有技术相比,整个生产过程中仅使用一种有机模板剂,得到的产品保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性,因而本发明在实际化工生产领域具有重要意义。



CN 109650402 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106745033 A  
(43)申请公布日 2017.05.31

(21)申请号 201710009169.7

(22)申请日 2017.01.06

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收 徐好 陈芳

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/04(2006.01)

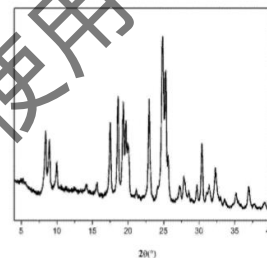
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

## (54)发明名称

利用吡啶基有机模板剂合成RTH沸石分子筛的方法

## (57)摘要

本发明涉及沸石分子筛制备技术,旨在提供一种利用吡啶基有机模板剂合成RTH沸石分子筛的方法。该方法是:将吡啶基有机模板剂水溶液加入Y分子筛中搅拌均匀后,向其中加入NaOH继续搅拌,根据原料添加量的需要加入去离子水或者蒸发除去部分水;然后置于聚四氟乙烯反应釜中晶化反应;对产物进行抽滤、干燥,得到RTH沸石分子筛原粉。本发明在合成RTH沸石分子筛的过程中使用了结构简单、价格便宜的有机模板剂,且极大地缩短了晶化时间,减少了在生产过程中不必要的损失,合成的RTH沸石分子筛保持了良好的结晶度、纯度以及热稳定性,具有良好的催化反应活性。



CN 106745033 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110372001 A  
(43)申请公布日 2019.10.25

(21)申请号 201910642992.0

(22)申请日 2019.07.16

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收 韩世超

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/04(2006.01)

C01B 37/02(2006.01)

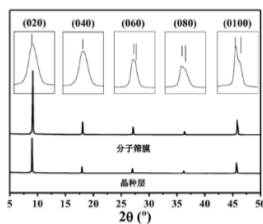
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

## (54)发明名称

无模板二次合成高度b轴取向的全硅MFI分子筛膜制备方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛膜制备方法,旨在提供一种无模板二次合成高度b轴取向的全硅MFI分子筛膜制备方法。包括:将晶种按同一方向涂到硅片表面,得到b轴取向的晶种层;然后平放在反应釜中;取钠源和硅源混合于研钵中,研磨后取出粉末状混合物,覆盖在涂有晶种的硅片上;向粉末中滴加适量乙醇溶液后封装反应釜,晶化反应后,用去离子水浸泡洗涤,干燥处理得到即得全硅MFI分子筛膜产品。本发明采用无有机模板剂的合成方法,大大降低了生产成本,并且避免了焙烧有机模板剂的步骤,从而消除了焙烧产生裂缝的可能,提高了全硅MFI沸石分子筛膜的分离效率,具有更好的疏水性,在实际化工生产领域具有重要意义。



CN 110372001 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111252781 A  
(43)申请公布日 2020.06.09

(21)申请号 202010080282.6

(22)申请日 2020.02.05

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 韩世超 王尧

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/46(2006.01)

C01B 37/00(2006.01)

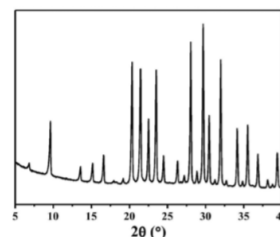
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

无有机模板剂晶种法合成高硅KFI沸石分子筛的方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛制备方法,旨在提供一种无有机模板剂晶种法合成高硅KFI沸石分子筛的方法。包括:将铝源溶于去离子水中,搅拌至澄清;然后加入含钠碱源、钾源、硅源,搅拌混合后移至反应釜中,加入KFI沸石分子筛晶种后进行晶化反应;洗涤、干燥固体产物,得到分子筛产品。本发明不涉及任何有机模板剂,仅涉及廉价的K<sup>+</sup>和Na<sup>+</sup>,大大降低了生产成本,并且避免了焙烧除去有机模板剂的步骤,减少了废气排放,在实际化工生产领域具有重要意义。最终产物的硅铝比为4~5.1,能够大幅度提高了沸石分子筛的水热稳定性;在10%水和10%空气条件下,在850℃条件下处理16小时后仍能保持78.3%的结构,且水热老化后的催化剂能具有优异的反应性能。



CN 111252781 A

(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110860308 A  
(43)申请公布日 2020.03.06(21)申请号 201910995540.0  
(22)申请日 2019.10.18  
(71)申请人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号  
(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收 马野  
(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212  
代理人 周世骏(51)Int. Cl.  
B01J 29/76(2006.01)  
B01J 29/46(2006.01)  
B01J 35/10(2006.01)  
C01B 39/48(2006.01)  
C01B 39/40(2006.01)

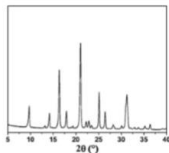
权利要求书1页 说明书10页 附图13页

## (54)发明名称

一步法无碱金属相合金属分子筛催化  
剂的方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛制备方法,旨在提供一种一步法无碱金属相合金属分子筛催化剂的方法,包括:将硅铝源、金属氢氧化物、有机胺配体、模板剂加入研磨中,室温下研磨、混合均匀;然后将混合物移至反应釜中,加入无钠的沸石晶种,在140~180℃下晶化反应3~12天;反应产物直接煅烧后,得到分子筛催化剂。本发明的整个生产过程不仅没有使用碱金属阳离子如钠离子,通过固相法极大地提高了产率和釜利用率,减少了在生产过程中不必要的损耗,产品保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性。产品同时具有较大的比表面积,对重要催化反应具有潜在的应用价值。所采用的无机原料均对环境友好,价格较低廉,在实际化工生产领域具有重要意义。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111266129 A  
(43)申请公布日 2020.06.12(21)申请号 202010077865.3  
(22)申请日 2020.02.01  
(71)申请人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号  
(72)发明人 孟祥举 肖丰收 章凌  
(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212  
代理人 周世骏(51)Int. Cl.  
B01J 29/00(2006.01)  
B01J 23/50(2006.01)  
B01D 53/86(2006.01)  
B01D 53/72(2006.01)

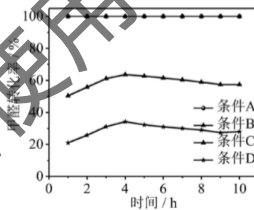
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54)发明名称

一种用于室温甲醛净化的固相OMS-2分子筛  
催化剂及制备方法

## (57)摘要

本发明涉及环境催化技术领域,旨在提供一种用于室温甲醛净化的固相OMS-2分子筛催化剂及制备方法,该催化剂是以隐钾硅铝型氧化硅分子筛作为载体,负载了离子形式的银为活性组分,活性组分占催化剂的重量比为0.01~20%。本发明制备过程中采用无毒无腐蚀性银盐,不会对人体健康和生态环境造成危害,且制备方法简单可行。能在宽温度操作范围、在宽湿度操作范围内保持100%的甲醛去除率,相对于现有贵金属室温催化氧化甲醛的催化剂而言,负载Ag的固相OMS-2分子筛催化剂价格相对较低,更加适用于大规模的推广应用。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106587100 A  
(43)申请公布日 2017.04.26(21)申请号 201610985123.4  
(22)申请日 2016.10.25  
(71)申请人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号  
(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收  
(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212  
代理人 周世骏(51)Int. Cl.  
C01B 39/40(2006.01)

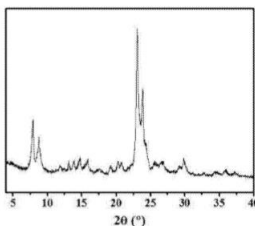
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

## (54)发明名称

以单一小分子有机模板剂合成薄片状ZSM-5  
沸石分子筛的方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛形貌调控制备方法,旨在提供一种以单一小分子有机模板剂合成薄片状ZSM-5沸石分子筛的方法,包括步骤:将水、硅源、碱源和模板剂混合,或者再添加铝源后继续混合至均匀;然后置于反应釜中,晶化反应所得产物抽滤、烘干,即得到ZSM-5沸石分子筛的原粉;本发明避免了高成本有机模板剂的使用,极大地降低了合成的成本;所合成的产品具有特殊的片状形貌,厚度20~30nm,片与片之间交叉生长,产品不仅保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性;整个生产过程中所采用的无机原料和有机模板剂均对环境友好,价格较低廉,因而本发明在实际化工生产领域具有重要意义。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106517240 A  
(43)申请公布日 2017.03.22(21)申请号 201610932017.X  
(22)申请日 2016.10.25  
(71)申请人 浙江大学  
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号  
(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收  
(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212  
代理人 周世骏(51)Int. Cl.  
C01B 39/42(2006.01)

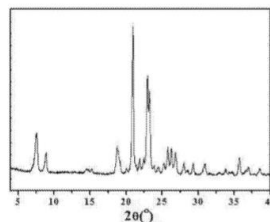
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

## (54)发明名称

以单一小分子有机模板剂合成雪花状ZSM-12  
沸石分子筛的方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛形貌调控制备方法,旨在提供一种以单一小分子有机模板剂合成雪花状ZSM-12沸石分子筛的方法,包括步骤:将水、硅源、碱源和模板剂混合,或者再添加铝源后继续混合至均匀;然后置于反应釜中,晶化反应所得产物抽滤、烘干,即得到ZSM-12沸石分子筛的原粉。本发明不仅扩展了合成ZSM-12沸石的有机模板剂的种类,而且所合成的产品具有区别于其他产品的雪花状形貌,产品不仅保持了良好的结晶度和纯度,而且所得到的产品的形貌新颖,从未见报道。本发明对于控制沸石分子筛的形貌具有启发意义。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106542539 A  
(43)申请公布日 2017.03.29

(21)申请号 201610933017.1

(22)申请日 2016.10.25

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 雷驰 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/04(2006.01)

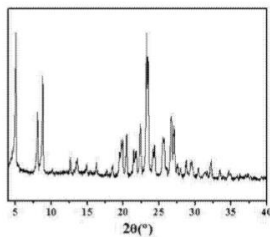
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

## (54)发明名称

以聚季铵盐模板剂合成大孔EMM-23沸石分子筛的方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛制备方法,旨在提供一种以聚季铵盐模板剂合成大孔EMM-23沸石分子筛的方法,包括步骤:将水、硅源、铝源、碱源和模板剂混合,搅拌均匀,然后置于反应釜中,晶化反应所得产物抽滤、烘干,即得到大孔EMM-23沸石分子筛的原粉。本发明不仅能大大降低有机模板剂使用的成本,而且对其合成相区能够进行很大范围的扩宽,大大地减少了合成此产品的难度。制得的大孔EMM-23沸石分子筛保持了良好的结晶度和纯度,具有良好的催化反应活性。本发明通过对有机模板剂的设计和开发来合成沸石分子筛,大大降低了沸石的合成成本,这为合成沸石提供了一种新的思路。



(19)中华人民共和国国家知识产权局



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106542540 A  
(43)申请公布日 2017.03.29

(21)申请号 201610936682.6

(22)申请日 2016.10.25

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 孟祥举 肖丰收

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int. Cl.

C01B 39/04(2006.01)

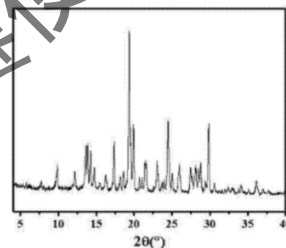
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

## (54)发明名称

以线型聚季铵盐有机模板合成ERS-7沸石分子筛的方法

## (57)摘要

本发明涉及分子筛制备方法,旨在提供一种以线型聚季铵盐有机模板合成ERS-7沸石分子筛的方法,包括步骤:将水、硅源、铝源、碱源和模板剂混合,搅拌均匀,然后置于反应釜中,晶化反应所得产物抽滤、烘干,即得到ERS-7沸石分子筛的原粉。本发明不仅能大大简化有机模板剂的合成,而且对其合成相区能够进行很大范围的扩宽,这大大地减少了合成此产品的难度,为此产品的应用奠定了一个很好的基础。产品保持了良好的结晶度和纯度,具有非常好的催化反应活性,为合成沸石提供了一种新的思路。





(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请



(10)申请公布号 CN 111266132 A

(43)申请公布日 2020.06.12

(21)申请号 202010080281.1

(22)申请日 2020.02.05

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴勤明 韩世超 王亮

(74)专利代理机构 杭州中成专利事务所有限公司 33212

代理人 周世骏

(51)Int.Cl.

B01J 29/76(2006.01)

B01J 37/30(2006.01)

B01D 53/94(2006.01)

B01D 53/56(2006.01)

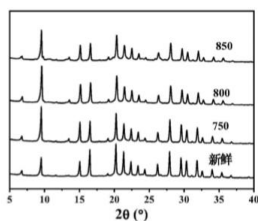
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

用于氨气选择性催化还原反应的Cu-KFI催化剂的制备方法

(57)摘要

本发明涉及环境催化领域,旨在提供一种用于氨气选择性催化还原反应的Cu-KFI催化剂的制备方法,包括:以无有机模板剂晶种法合成高硅KFI沸石分子筛;将铝源溶于去离子水中,搅拌至澄清;然后加入含钠碱源、钾源、硅源,搅拌均匀后移至反应釜中,加入KFI沸石分子筛晶种后进行晶化反应;洗涤、干燥固体产物,得到分子筛产品。然后进行铵离子和铜离子交换得到Cu-KFI催化剂,并进行水热老化处理。本发明合成方法简单,操作方便,无需高温焙烧除去模板剂,可减少有害气体排放,本发明中催化剂的水热稳定性极佳,850℃水热处理16小时后仍能保持78.3%的结构,且水热处理后的催化剂在200~400℃ NO转化率仍能达到95%以上。因此该催化剂具有极佳的水热稳定性及优异的NO<sub>x</sub>转化率。



仅供蒲公英创业大赛使用



## 10.4 论文发表

Chem

CellPress

Article

## Direct Conversion of Syngas to Ethanol within Zeolite Crystals



Chengtao Wang, Jian Zhang, Gangqiang Qin, ..., Xiangxi Meng, Carl Mesters, Feng-Shou Xiao

wangchengtao@jlu.edu.cn (C. Wang), xiao@jlu.edu.cn (F.-S. Xiao)

**HIGHLIGHTS**

- A zeolite-fixation methodology was developed to strengthen the syngas transformation.
- The RhMnS-1 nanoparticles were fixed within siliceous MF1 zeolite crystals (RhMnS-1).
- High C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH selectivity was achieved because of the fixed structure.
- The rigid zeolite framework stabilized the Rh nanoparticles.

Xiao and colleagues successfully designed a powerful siliceous zeolite support and a core-shell structure, which is achieved by fixing RhMnS-1 nanoparticles within Silicate-1 zeolite crystals (RhMnS-1), could remarkably boost the ethanol production from direct syngas conversion. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH selectivity of 88.3% in the total oxygenates was obtained at 42.4% CO conversion, decisively outperforming the previous Rh-based catalysts. This work provides a new route for design and preparation of highly efficient catalyst for ethanol production from syngas.



Wang et al., Chem, 6, 444–457  
March 12, 2020 © 2019 Elsevier Inc.  
<https://doi.org/10.1016/j.chem.2019.02.007>

Catalysis Today 339 (2020) 174–180

Contents lists available at ScienceDirect

Catalysis Today

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cattod](http://www.elsevier.com/locate/cattod)

## Exceptional activity for formaldehyde combustion using siliceous Beta zeolite as a catalyst support

Ling Zhang<sup>a</sup>, Yiqian Xie<sup>a</sup>, Yiqian Jiang<sup>a</sup>, Bing-Ring Chen<sup>a</sup>, Qian-Shi Xie<sup>a</sup>, Yaobin Li<sup>a</sup>, Chunyang Wang<sup>a</sup>, Shichao Han<sup>a</sup>, Shuxiang Fan<sup>a</sup>, Liang Wang<sup>a</sup>, Xiangxi Meng<sup>a,\*</sup>, Feng-Shou Xiao<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Key Laboratory of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou, 310007, PR China  
<sup>b</sup> Key Laboratory of Industrial Biology and Environmental Microbiology (IMB), Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China  
<sup>c</sup> Chinese Acad Sci, Inst Urban Environ, Key Lab Urban Environ, Chinese Acad Sci, Tianjin 300192, China

## ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Formaldehyde  
Complete oxidation  
Room temperature  
Siliceous Beta  
Pt loading

Formaldehyde (HCHO) emitted from widely used building-furnishing materials and decorative products, oil paints, and textiles has been regarded as one of the most dominant air pollutants in an indoor environment [1–4]. As a result, effective elimination of HCHO has been intensively investigated in the past decades [5,6]. Compared with other strategies (e.g. adsorption [1,7,8], photocatalysis [1,9,10], and plasma [11,12]), catalytic combustion [17–20] has been paid much attention due to its advantages such as excellent activity and selectivity, high efficiency, long catalyst life, low energy-consuming. Therefore, design of high efficiency catalytic materials would be a key factor for formaldehyde combustion. Conventional catalyst materials for HCHO oxidation could be classified into two types: transition-metal oxides (Ni [30], Co [31,32], Ag [33,34], and Mn [35]) and the supported noble metals (Pt [36], Pd [37,38], Rh [39], and Au [40]). Notably, supported noble metals always exhibit higher activities even at room temperature, which have been regarded as the preferred ones for HCHO oxidation in spite of their relatively high costs. The expectation of reducing the catalyst cost by lowering the noble metal loading has been desired by the fact that the catalytic activity strongly depends on the noble metal loading [41].

## 1. Introduction

Formaldehyde (HCHO) emitted from widely used building-furnishing materials and decorative products, oil paints, and textiles has been regarded as one of the most dominant air pollutants in an indoor environment [1–4]. As a result, effective elimination of HCHO has been intensively investigated in the past decades [5,6]. Compared with other strategies (e.g. adsorption [1,7,8], photocatalysis [1,9,10], and plasma [11,12]), catalytic combustion [17–20] has been paid much attention due to its advantages such as excellent activity and selectivity, high efficiency, long catalyst life, low energy-consuming. Therefore, design of high efficiency catalytic materials would be a key factor for formaldehyde combustion. Conventional catalyst materials for HCHO oxidation could be classified into two types: transition-metal oxides (Ni [30], Co [31,32], Ag [33,34], and Mn [35]) and the supported noble metals (Pt [36], Pd [37,38], Rh [39], and Au [40]). Notably, supported noble metals always exhibit higher activities even at room temperature, which have been regarded as the preferred ones for HCHO oxidation in spite of their relatively high costs. The expectation of reducing the catalyst cost by lowering the noble metal loading has been desired by the fact that the catalytic activity strongly depends on the noble metal loading [41].

It is well known that the metal dispersion, mass transfer, support properties, and metal-support interaction strongly influence the catalytic performance in HCHO combustion, and lots of research has been done about these properties [42]. For example, metal oxides (e.g. γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [43], Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [44], TiO<sub>2</sub> [45], SnO<sub>2</sub> [46], and CeO<sub>2</sub> [47]) have been used as supports to obtain strong metal-support interaction in the current catalysts. However, the catalyst wettability, which is strongly related to the mass transfer (reactant adsorption and product desorption), has been ignored for a long time [48]. As a typical water-formed reaction (HCHO + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O), the catalyst wettability plays a critical role for the desorption and transfer of water product. Recent results highlight the importance of the catalyst wettability for the catalytic performances [49–52].

As an important kind of supports with high surface area, tailorable porous architecture, controllable acidity, and adjustable wettability, zeolites have always shown a dominant role in petrochemical process [53–55], but the use of zeolites in HCHO combustion is not popular, because of their relatively low activities. Recently, Al-rich Beta zeolite (Beta-SiO<sub>2</sub>) supported Pt (1 wt.%) catalyst (Pt/Beta-SiO<sub>2</sub>) exhibits good

\* Corresponding authors.  
E-mail addresses: [mxm@jlu.edu.cn](mailto:mxm@jlu.edu.cn) (X. Meng), [fxs@jlu.edu.cn](mailto:fxs@jlu.edu.cn) (F.-S. Xiao).

<https://doi.org/10.1016/j.chem.2019.02.007>  
Received 26 September 2018; Received in revised form 4 December 2018; Accepted 3 January 2019  
Available online 07 January 2019  
0920-5861/© 2019 Published by Elsevier B.V.

Applied Catalysis B: Environmental 219 (2017) 200–208

Contents lists available at ScienceDirect

Applied Catalysis B: Environmental

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apcatb](http://www.elsevier.com/locate/apcatb)

## Complete oxidation of formaldehyde at room temperature over an Al-rich Beta zeolite supported platinum catalyst

Ling Zhang<sup>a</sup>, Long Chen<sup>b</sup>, Yaobin Li<sup>a</sup>, Yuexin Peng<sup>a</sup>, Fang Chen<sup>a</sup>, Liang Wang<sup>a</sup>, Changbin Zhang<sup>a</sup>, Xiangxi Meng<sup>a,\*</sup>, Hong He<sup>c</sup>, Feng-Shou Xiao<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Key Lab of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou, 310007, PR China  
<sup>b</sup> Faculty of Chemistry Biology and Materials Science, East China Institute of Technology, Pinghu 314000, PR China  
<sup>c</sup> Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shuangqing Road 18, Beijing, 100085, PR China

## ARTICLE INFO

**Article history:**  
Received 17 January 2017  
Received in revised form 4 July 2017  
Accepted 7 July 2017  
Available online 8 July 2017

**Keywords:**  
Formaldehyde  
Complete oxidation  
Room temperature  
Al-rich Beta zeolite

## ABSTRACT

For human health and environmental protection, removal of formaldehyde (HCHO) has become a hot topic, and completely catalytic oxidation at room temperature has been identified as one of the efficient routes for solving this problem. Recently, it has been reported that zeolite-supported Pt catalysts are active for HCHO oxidation at low temperatures, but they are still unable to completely oxidize HCHO at room temperature. To enhance the activity, it has been suggested to increase the Pt dispersion and acidic density in the zeolite-supported Pt catalysts. We therefore chose Al-rich Beta as a zeolite support because abundant aluminum species in the zeolite framework are advantageous for increasing acidic density through the charge of protons and for improving Pt metal dispersion through the metal-zeolite interface charge of the zeolite framework with positively charged metal ions. As a consequence, the Al-rich Beta zeolite supported platinum catalyst is very active, giving complete oxidation of HCHO at room temperature. To the best of our knowledge, this is the first time that the complete oxidation of HCHO at room temperature over a zeolite-supported noble metal catalyst has been achieved. In addition to its extraordinary activity, this catalyst is also very stable and selective. The strategy of choosing zeolite-supported noble metal catalysts might offer an alternative way to develop highly efficient heterogeneous catalysts for the removal of air pollutants.

© 2017 Published by Elsevier B.V.

## 1. Introduction

Formaldehyde (HCHO) emitted from building materials and indoor air pollutants has been regarded as one of the most dominant air pollutants in an indoor environment [1–4]. As a result, effective elimination of HCHO has been intensively investigated in the past decades, and a series of techniques such as adsorption [1,7,8], photocatalysis [19–25], plasma treatment [26–28], and catalytic oxidation [30–32] have been developed. Among them, complete catalytic oxidation has been identified as one of the most efficient routes for HCHO abatement due to its non-toxic by-products and high activity at low temperatures [33–35]. Supported transition metal oxides and noble metals are the most useful catalysts for HCHO oxidation [30,38–55]. Compared with supported transition metal oxides, supported noble metals exhibit high activity

[30,38–43,45,48–51,53,54]. Normally, titania [53,56–59], alumina [60–62] and silica [63–65] have been applied as supports for preparation of these noble metal catalysts, but recently, zeolite supports have received much attention for this oxidation, owing to their large surface area, intricate channels, high adsorption capacity, adjustable acidic property, and high thermal and hydrothermal stabilities [66–70]. Notably, zeolite-supported noble metal catalysts still show lower activities in the complete oxidation of HCHO than titania-supported noble metal catalysts modified with alkali cations [43,45,48,49,51,53,54,65]. Therefore, it is strongly desirable to develop highly efficient zeolite-supported noble metal catalysts for the complete oxidation of HCHO at low temperatures, particularly at room temperature.

It has been reported that the presence of acidic sites is favorable for the oxidation of oxygenates at low temperatures [71] and enhancement of the metal-support interaction is helpful for high dispersion of the metal on the support [72,73]. Therefore, design strategies for improving activity in the complete oxidation of HCHO involve in increasing metal dispersion and acidic density in the zeolite-supported noble metal catalysts.

\* Corresponding authors.  
E-mail addresses: [mxm@jlu.edu.cn](mailto:mxm@jlu.edu.cn) (X. Meng), [fxs@jlu.edu.cn](mailto:fxs@jlu.edu.cn) (F.-S. Xiao).

<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.07.015>  
0926-3376/© 2017 Published by Elsevier B.V.

Applied Catalysis B: Environmental 368 (2018) 118461

Contents lists available at ScienceDirect

Applied Catalysis B: Environmental

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/apcatb](http://www.elsevier.com/locate/apcatb)

## Mn-promoted Ag supported on pure siliceous Beta zeolite (Ag/Beta-Si) for catalytic combustion of formaldehyde

Ling Zhang<sup>a</sup>, Yiqian Xie<sup>a</sup>, Yiqian Jiang<sup>a</sup>, Yaobin Li<sup>a</sup>, Chunyang Wang<sup>a</sup>, Shichao Han<sup>a</sup>, Huimin Lian<sup>a</sup>, Xiangxi Meng<sup>a,\*</sup>, Feng-Shou Xiao<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Key Lab of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou, 310007, PR China  
<sup>b</sup> Key Laboratory of Urban Pollutant Conversion, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, PR China

## ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Formaldehyde  
Catalytic combustion  
Complete oxidation  
Hydrophobicity  
Siliceous Beta  
Mn addition

## ABSTRACT

Catalytic combustion at low temperature has been considered as an effective route for removal of indoor HCHO pollutant, and conventional catalysts are supported noble metal nanoparticles, which are costly for wide applications. Solution of this issue is to use relatively low metal catalysts. Herein, we report that Mn-promoted Ag catalyst supported on pure-silica Beta zeolite with a good hydrophobicity is very active for catalytic combustion of HCHO. By optimizing the loading of Ag and Mn, it is found that 10 wt% Ag with 8 wt% Mn (10 wt% Ag/Mn/Beta-Si) exhibits highest activity, giving the complete HCHO conversion at around 45 °C, which usually outperforms the temperature (70–145 °C) for full oxidation of HCHO reported previously. The choice of Ag loading with 10 wt% is due to the highest exposed surface of Ag sites, and the use of Mn loading with 8 wt% is assigned to the balance of density and mobility for active oxygen species in the catalyst. The strategy combining the hydrophobic supports with optimized active oxygen species might offer an alternative way to develop highly efficient heterogeneous catalysts for the removal of air pollutants in the future.

## 1. Introduction

Formaldehyde (HCHO) is a major indoor air pollutant released from building materials, decorative products, and household products [1–3]. Long-term exposure to formaldehyde (even ppm level) may cause great damage to human health [4–6]. Therefore, enormous efforts have been intensively put to eliminate indoor formaldehyde. Up to now, a series of techniques for eliminating formaldehyde have been well developed, such as adsorption [7–9], photocatalysis [10–12], plasma [13–15], and catalytic oxidation [16–18]. Among the above methods for HCHO elimination, catalytic combustion has been attracted considerable attention since it can completely convert HCHO into harmless H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> at low temperatures. For instance, a series of catalysts for the complete oxidation of formaldehyde at low temperature have been successfully prepared, such as 1 wt% PtO<sub>2</sub> [20–22], 2 wt% Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [23], 1 wt% PdO<sub>2</sub> [24], 0.3 wt% Pd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [25], 0.34 wt% NiO<sub>2</sub>/LMO [26], 3 wt% MnO<sub>2</sub>/Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [27], 0.8 wt% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [28], 2 wt% Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [29], 1 wt% Pd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [30], 1 wt% Pd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [31], 1 wt% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [32], 1 wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [33], 1 wt% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [34].

Recently, it has been reported that zeolites are excellent supports for preparation of the catalysts for the HCHO combustion at room

temperature due to their advantage for adsorption of HCHO by uniform and controllable micropores as well as designed wettability [35–37]. For example, Al-rich zeolite (Beta-SiO<sub>2</sub>) supported Pt (1 wt%) catalyst can completely oxidize HCHO at room temperature [50]. Pure silica Beta zeolite supported low loading Pt (0.2 wt%) catalyst displays high catalytic performance in formaldehyde oxidation even at the temperature of -20 °C [37]. Despite much effort in the past decades, it still remains a challenge for developing cost-effective catalysts for complete oxidation of formaldehyde at low temperature, due to a relatively high price of noble metals (Pt, Pd, and Au) for wide applications.

More recently, Ag-based catalysts have aroused great interest due to the relatively low cost and high catalytic activities for HCHO oxidation at low temperature [38–40]. For example, Li et al. [38] prepared Ag<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> nanosphere catalysts by a one-step hydrothermal method, which could reach complete HCHO oxidation above 110 °C; but et al. [39] prepared three-dimensional (3D) ordered mesoporous Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> catalyst by impregnation method and 8.9 wt% Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> catalyst could completely oxidize HCHO at 110 °C. He and Zhang synthesized Ag-based catalysts with different supports (TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and CeO<sub>2</sub>) and they found that Ag/TiO<sub>2</sub> catalyst shows the distinctive catalytic performance

\* Corresponding authors.  
E-mail addresses: [mxm@jlu.edu.cn](mailto:mxm@jlu.edu.cn) (X. Meng), [fxs@jlu.edu.cn](mailto:fxs@jlu.edu.cn) (F.-S. Xiao).

<https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.118461>  
Received 2 October 2018; Received in revised form 12 November 2018; Accepted 23 November 2018  
Available online 25 November 2018  
0926-3376/© 2019 Published by Elsevier B.V.



## Solvent-Free Synthesis of Zeolites: Mechanism and Utility

Qinming Wu,<sup>1</sup> Xiangxiu Meng,<sup>1,2</sup> Xiongshou Gao,<sup>1</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>1,\*</sup><sup>1</sup>Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China  
<sup>2</sup>Petrochemical Research Institute, PetroChina Company Limited, Beijing 100195, China

**CONCEPT:** Zeolites have been extensively studied for years in different areas of chemical industry, such as shape selective catalysis, ion-exchange, and gas adsorption and separation. Generally, zeolites are prepared from solvothermal synthesis in the presence of a large amount of solvents such as water and alcohols in sealed autoclaves under autogenous pressure. Water has been regarded as essential to synthesize zeolites for fast mass transfer of reactants, but it occupies a large space in autoclaves, which greatly reduces the yield of zeolite products. Furthermore, polluted wastes and relatively high pressure due to the presence of water solvent in the synthesis also leads to environmental and safety issues. Recently, inspired by great benefits of solvent-free synthesis, including the environmental concerns, energy consumption, safety, and economic cost, researchers continually challenge the rationale of the solvent and reconsider the age-old question "Do we actually need solvents at all in zeolite synthesis?"

In this Account, we briefly summarize our efforts to rationally synthesize zeolites via a solvent-free route. Our research demonstrates that a series of silica, aluminosilicate, and aluminophosphate-based zeolites can be successfully prepared by mixing, grinding, and heating starting solid materials under solvent-free conditions. Combining an organotemplate-free synthesis with a solvent-free approach maximizes the advantages resulting in a more sustainable synthetic route, which avoids using toxic and costly organic templates and the formation of harmful gases by calcination of organic templates at high temperature. Furthermore, new insights into the solvent-free crystallization process of zeolites have been provided by modern techniques such as NMR and UV-Raman spectroscopy, which should be helpful in designing new zeolite structures and developing novel routes for synthesis of zeolites. The role of water and the vital intermediates during the crystallization of zeolites have been proposed and verified. In addition to a significant reduction in liquid wastes and a remarkable increase in zeolite yields, the solvent-free synthesis of zeolites exhibits more unprecedented benefits, including (i) the formation of hierarchical micro-, meso-, and macrostructures, which benefit the mass transfer in the reactions, (ii) rapid synthesis at higher temperatures, which greatly improve the space-time yields of zeolites, and (iii) construction of a novel catalytic system for encapsulation of metal nanoparticles and metal oxide particles within zeolite crystals synergistically combining the advantages of catalytic metal nanoparticles and metal oxide particles (high activity) and zeolites (shape selectivity). We believe that the concept of "solvent-free synthesis of zeolites" would open a door for deep understanding of zeolite crystallization and the design of efficient zeolite catalysts.

## 1. INTRODUCTION

Zeolites, as one of the most important catalysts types, have been widely applied both in the energy industry and for environmental applications.<sup>1–3</sup> Normally, the synthesis of zeolites is carried out under hydrothermal conditions, which involves the use of a large amount of water as a solvent in sealed autoclaves. This typically leads to safety and environmental issues such as the formation of polluted waste, dissolution of silica-based species in alkaline media, and consequent reduction in zeolite yield, together with high pressure.<sup>4,5</sup>

It has long been regarded that a large amount of water solvent is essential in zeolite synthesis, because it is a requirement for efficient transport of reactants in hydrothermal synthesis.<sup>6</sup> Besides water, other solvents, such as alcohols and ionic liquids, have also been used in zeolite synthesis.<sup>7–10</sup> In particular, the unique features of ionic liquids have effectively solved the safety issues related to high autogenous

pressures and the competition between template-framework and solvent-framework interactions.<sup>11–19</sup>

Pioneering research to challenge the essentiality of water in zeolite synthesis has been performed using dry-gel conversion (DGC) and vapor-phase transport (VPT) routes, where a sodium aluminosilicate gel suspended above a liquid was treated with a mixed vapor of water and amine at elevated temperature and autogenous pressure in a sealed autoclave.<sup>10</sup> It is worth noting that in this case a large amount of water is necessary for the preparation of the gel. Later, Schüth et al. reported the synthesis of zeolites via a gas phase transport in the presence of  $\text{NH}_4\text{F}$ .<sup>11,12</sup> The mobile species are likely formed by the transformation of the amorphous  $\text{SiO}_2$  precursor according to reaction 1.<sup>13</sup>

Received: February 2, 2018  
Published: May 8, 2018

ACS Publications | © 2018 American Chemical Society

1296

DOI: 10.1021/acs.accounts.8b00077  
Acc. Chem. Res. 2018, 51, 1222–1242

## Zeolites

## A Cationic Oligomer as an Organic Template for Direct Synthesis of Aluminosilicate ITI Zeolite

Chi Lei,<sup>1</sup> Zhuoyu Dong,<sup>1</sup> Cristina Martinez, Joaquín Martínez-Triguero, Wei Chen,<sup>1</sup> Qinming Wu,<sup>1</sup> Xiangxiu Meng, Andrei-Nicolae Parvulescu,<sup>2</sup> Trees De Baerdemacker,<sup>2</sup> Ulrich Müller, Annin Zheng, Yanhang Ma,<sup>3</sup> Weiping Zhang, Toshio Yokoi, Bernd Moller, Dirk E. De Vos, Ute Kolb, Avelino Corma,<sup>1</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>1,\*</sup>

**Abstract:** There are a large number of zeolites, such as ITI, that cannot be prepared in the aluminosilicate form. Now, the successful synthesis of aluminosilicate ITI zeolite using a simple cationic oligomer as template is presented. Key to the success is that the cationic oligomer has a strong complexation ability with aluminum species combined with a structural directing ability for the ITI structure similar to that of the conventional organic template. The aluminosilicate ITI zeolite has very high crystallinity, nanoscale-like crystal morphology, large surface area, fully four-coordinate Al species, and abundant acidic sites. Methanol-to-propylene (MTP) tests reveal that the Al/ITI zeolite shows much higher selectivity for propylene and longer lifetime than conventional ZSM-5. FCC tests show that Al/ITI zeolite is a good candidate as a shape-selective FCC additive for enhancing propylene and butylene selectivity.

## Introduction

Zeolites, as a typical family of microporous materials, have shown important roles in the process of oil refining and fine chemicals production because of their uniform channel distribution, high surface area, and large micropore volume.<sup>1–3</sup> As an important type of zeolites, germanosilicate-based zeolites provide many new structures, exhibiting

excellent performance in various reactions.<sup>20–26</sup> For example, BEC zeolite is used as a catalyst for the isomerization of ethylene to propylene.<sup>27</sup> ECNU-21 zeolite is an excellent catalyst for ethylene oxide hydration.<sup>28</sup> ITI zeolite shows excellent performance in the catalytic cracking of methyl to propylene (MTP) reaction.<sup>29</sup>

ITI zeolite, firstly discovered by Corma's group,<sup>30</sup> has a special framework structure (three-dimensional 9 × 10 × 10 nm<sup>3</sup> cage-like structure; aperture size of 4.0 × 4.8, 4.8 × 5.1, and 4.8 × 6.0 nm<sup>2</sup>) that can be prepared in the form of silicate and borosilicate but it was tough to synthesize the aluminosilicate form owing to competitive growth of EUO when aluminum is present in the synthesis gel.<sup>31–33</sup> To incorporate aluminum in the structure of ITI zeolite to extend the catalytic applications, the addition of germanium species in the ITI zeolite synthesis was always required.<sup>34–36</sup> This addition not only greatly increases the synthetic cost, but also significantly reduces the hydrothermal and thermal stabilities of the ITI zeolite.<sup>37</sup> The drawbacks mentioned above strongly limit its catalytic application. To avoid the use of germanium, a post-synthesis route was developed through ammoniation of borosilicate ITI zeolite synthesized by ITI zeolite.<sup>38</sup> Up to now, it was still a challenge to directly synthesize aluminosilicate ITI zeolite.

<sup>1</sup>Key Laboratory of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Zhejiang University, Hangzhou 310027 (P. R. China)  
E-mail: qinmingwu@zju.edu.cn

<sup>2</sup>Z. Dong, Y. Ma,  
School of Physical Science and Technology, ShanghaiTech University  
Shanghai 201210 (P. R. China)  
E-mail: mzh@shanghaitech.edu.cn

<sup>3</sup>Dr. C. Martinez, Dr. J. Martínez-Triguero, Prof. A. Corma  
Instituto de Tecnología Química, Universidad Politécnica de Valencia  
Campus Superior de Investigaciones Científicas  
Avenida de los Naranjos s/n, 46100 Burjassot (Spain)  
E-mail: acorma@itq.upv.es

<sup>4</sup>Dr. W. Chen, Prof. A. Zheng  
Wuhan Institute of Physics and Mathematics  
Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071 (P. R. China)  
Dr. A. N. Parvulescu, Dr. T. De Baerdemacker, Dr. U. Müller  
BASF SE, Process Research and Chemical Engineering  
67056 Ludwigshafen (Germany)  
E-mail: andrei.nicolae.parvulescu@basf.com

<sup>5</sup>Prof. W. Zhang  
State Key Laboratory of Fine Chemicals  
Dalian University of Technology, Dalian 116021 (P. R. China)  
Prof. T. Yokoi  
Chemical Resources Laboratory, Tokyo Institute of Technology  
Yokohama 226-8503 (Japan)

<sup>6</sup>Prof. B. Moller  
Department of Geology, Mineralogy and Geophysics  
Ruhr University Bochum, 44780 Bochum (Germany)  
Prof. D. E. De Vos  
Centre for Membrane Separations, Adsorption, Catalysis, and Spectroscopy for Sustainable Solutions, KU Leuven  
Celestijnenlaan 2001, 3001 Leuven (Belgium)

<sup>7</sup>Prof. U. Kolb  
Institute of Organic Chemistry and Analytical Chemistry  
Johannes Gutenberg University Mainz, 55128 Mainz (Germany)  
[\*] These authors contributed equally to this work.

Supporting Information and the ORCID identification number(s) for this article can be found under:  
https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00082.

Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 1242–1255

© 2018 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Wiley Online Library

15649

DOI: 10.1002/ange.201800082  
Acc. Chem. Res. 2018, 51, 1222–1242

Received: February 2, 2018  
Published: May 8, 2018

15649

## Zeolites | Hot Paper

## Sustainable Synthesis of Pure Silica Zeolites from a Combined Strategy of Zeolite Seeding and Alcohol Filling

Qinming Wu,<sup>1</sup> Longfeng Zhu,<sup>1</sup> Yueying Chu, Xiaolong Liu, Changsheng Zhang, Juan Zhang, Hao Xu, Jun Xu, Feng Deng,<sup>2</sup> Zhaochi Feng, Xiangxiu Meng, and Feng-Shou Xiao<sup>1,\*</sup>

International Edition: DOI: 10.1002/ange.201806559  
German Edition: DOI: 10.1002/ange.201806559

**Abstract:** Currently, the synthesis of pure silica zeolites always requires the presence of organic structure-directing agents (OSDAs), which direct the assembly pathway and ultimately fill the pore space. A sustainable route is now reported for synthesizing pure silica zeolites in the absence of OSDAs from a combined strategy of zeolite seeding and alcohol filling, where the zeolite seeds direct crystallization of zeolite crystals from amorphous silica, while the alcohol is served as pore filling in the zeolites. Very importantly, the alcohol could be fully washed out from zeolite pores by water at room temperature, which completely avoids calcination at high temperature for removal of OSDAs in the synthesis of pure silica zeolites.

Zeolites have been widely used in industrial processes such as shape-selective catalysis and gas adsorption and separation.<sup>1–3</sup> As an important class of zeolites, pure silica zeolites in particular have extensive applications as adsorbents, catalyst supports, and low dielectric constant materials.<sup>4</sup> Generally, the synthesis of pure silica zeolites must be performed in the presence of organic structure-directing agents (OSDAs)<sup>5,6</sup> where OSDAs play important roles in both crystallization directing and micropore filling.<sup>7</sup> Removal of these OSDAs in zeolite micropores are normally calcined at high temperatures, giving a large amount of polluted gases, which is energy-consuming and environmentally unfriendly.

In recent work, an organotemplate-free synthesis of zeolites from zeolite seeding has been successfully developed.<sup>8,9</sup> In these syntheses, the zeolite seeds play similar roles to the OSDAs for directing zeolite crystallization from the amorphous phase. Notably, in these cases, it is always obtained Al-rich zeolites, and it is still not successful for synthesis of pure silica zeolites yet. One possibility is assigned to that the organotemplate-free synthesis of pure silica zeolites is shortage of cation filling in the micropores due to neutral zeolite framework.<sup>10</sup>

It is worth noting that alcohols could be effectively filled into the zeolite micropores.<sup>11</sup> For example, when 1,6-hexanediol is added into the synthetic gels, the Si/Al ratio of the zeolite products is significantly enhanced (ca. 50), where the micropores is partially occupied by alcohol.<sup>12</sup> Therefore, it is suggested to synthesize pure silica zeolites in the absence of OSDAs by a combined strategy of both zeolite seeding and alcohol filling.

To understand the alcohol filling in zeolite pores, theoretical simulation has been carried out through choosing silicic acid-1 as a model zeolite and ethanol as a filler. Figure 1 shows position of ethanol adsorbed in the channel of silicic acid-1 zeolite, and the Supporting Information, Table S1 presents the simulated values. In the calculation, sixteen of ethanol molecules are fitting per unit cell based on molecular mechanics simulations for the framework pore space filling (Figure 1a; Supporting Information, Table S1). The isodensity surfaces colored by potential for ethanol in MFI structure (Figure 1b) exhibits the distribution of ethanol in both straight and zigzag channels of ten membered rings. Interestingly, the strong adsorption sites for ethanol exist in the cross-channel. In contrast, only four of TPAB molecules are fitting per unit cell (Supporting Information, Figure S1 and

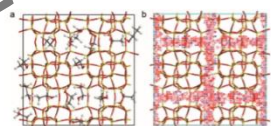


Figure 1. a) The position of ethanol adsorbing in the channel of silicic acid-1 zeolite, and b) isodensity surface colored by potential energy for ethanol in silicic acid-1 zeolite. Blue represents low potential energy.

[\*] Dr. Q. Wu,<sup>1</sup> Dr. L. Zhu,<sup>1</sup> C. Zhang,<sup>1</sup> J. Zhang,<sup>1</sup> H. Xu, Dr. X. Meng, Prof. F.-S. Xiao  
Department of Chemistry, Zhejiang University  
Hangzhou 310027 (P. R. China)  
E-mail: qinmingwu@zju.edu.cn

<sup>2</sup>Dr. L. Zhu,<sup>1</sup>  
College of Biological, Chemical Sciences and Environment  
Jiangsu University, Jiaxing 314001 (P. R. China)  
Dr. Y. Chu, Dr. X. Liu, Dr. J. Xu, Prof. F. Deng,  
State Key Laboratory of Magnetic Resonance and Atomic and Molecular Physics, Wuhan Center for Magnetic Resonance, Wuhan 430071 (P. R. China)  
E-mail: dengf@wmr.cn

Prof. Z. Feng,  
State Key Laboratory of Catalysis,  
Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023 (P. R. China)  
E-mail: zhangfeng@dicp.ac.cn

[†] These authors contributed equally to this work.

Supporting Information and the ORCID identification number(s) for this article can be found under:

https://doi.org/10.1002/ange.201806559.

12135 | Wiley Online Library

© 2018 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 1242–1255

## Sustainable Synthesis of Zeolites without Addition of Both Organotemplates and Solvents

Qinming Wu,<sup>1</sup> Xiong Wang,<sup>1</sup> Guodong Qi,<sup>2</sup> Qiang Guo,<sup>3</sup> Shuxiang Pan,<sup>1</sup> Xiangxiu Meng,<sup>1,2</sup> Jun Xu,<sup>3</sup> Feng Deng,<sup>2</sup> Fenglan Fan,<sup>2</sup> Zhaochi Feng,<sup>2</sup> Can Li,<sup>2,3</sup> Stefan Maurer,<sup>4</sup> Ulrich Müller,<sup>4</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>1,\*</sup><sup>1</sup>Department of Chemistry, Key Lab of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Zhejiang University, Hangzhou, 310027, P. R. China<sup>2</sup>State Key Laboratory of Magnetic Resonance and Atomic and Molecular Physics, Wuhan Center for Magnetic Resonance, Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, 430071, P. R. China<sup>3</sup>State Key Laboratory of Catalysis, Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian, 116023, P. R. China<sup>4</sup>Process Research and Chemical Engineering, BASF SE, 67056 Ludwigshafen, Germany

## Supporting Information

**ABSTRACT:** The development of sustainable and environmentally friendly techniques for synthesizing zeolites has attracted much attention, as the use of organic templates and solvents in the hydrothermal synthesis of zeolites is a major obstacle for realizing green and sustainable synthesis ways. Recently, the introduction of the organotemplate-free synthesis method allowed avoiding the use of organic templates, but water as solvent was still required; solvent-free routes on the other hand seemed to be a promising way to significantly reduce the amount of polluted wastewater, but organic templates were still present. In this work, we have demonstrated a combined strategy of both organotemplate- and solvent-free conditions to synthesize aluminosilicate zeolites Beta and ZSM-5 (S-Beta and S-ZSM-5), two of the most important zeolites relevant for industry. The samples are thoroughly characterized by XRD patterns, SEM images, N<sub>2</sub> sorption isotherms, UV-Raman spectra, and <sup>29</sup>Si and <sup>27</sup>Al MAS NMR spectra. The results demonstrate that S-Beta and S-ZSM-5 zeolites exhibit almost the same textural parameters (e.g., BET surface area and pore volume) and catalytic performance in cumene cracking and m-xylene isomerization as those of conventional Beta and ZSM-5 zeolites synthesized under hydrothermal conditions (C-Beta and C-ZSM-5). The organotemplate- and solvent-free syntheses of S-Beta and S-ZSM-5 take place at a low-pressure regime and are free of harmful gases as well as give high product yields together with highly efficient consumption of the starting raw materials. These advantages plus the very simple procedures opened the pathway to a highly sustainable zeolite synthesis protocol compared to conventional methods currently employed for C-Beta and C-ZSM-5. Very interestingly, this simple synthesis is a good model for understanding zeolite crystallization. The detailed characterizations indicate that the S-Beta crystals are formed from the assembly of zeolite building units, mainly SMRs, while the SMRs in the framework are just formed in the crystallization of S-ZSM-5, rather than existence in the starting solid mixture. During the crystallization processes, small traces of water play an important role for the hydrolysis and condensation of silica and/or aluminosilicate species.

## 1. INTRODUCTION

Zeolites, especially aluminosilicates, have been widely used as catalysts in the industrial processes of oil refining and production of fine chemicals due to their high surface area, large pore volume, uniform microporous channels, and excellent thermal and hydrothermal stabilities.<sup>1–10</sup> In general, zeolites are made in a so-called solvothermal synthesis in the presence of toxic and costly organic templates and large amounts of solvents such as water and/or alcohols, often in sealed autoclaves under autogenous pressure.<sup>10,11</sup> The use of expensive organic templates not only increases the zeolite cost but also results in the production of harmful gases for removing the organic templates by combustion at high temperature.<sup>12–17</sup> The presence of solvents in the solvothermal synthesis is to ensure efficient transport of

reactants, but the solvents occupy a large space in autoclaves, which strongly influence the product yield.<sup>18–22</sup> In addition, high autogenous pressure and polluted wastes from the solvents also results in safety and environmental concerns.<sup>23–27</sup>

Recently, to overcome the drawbacks brought from using toxic and costly organic templates, an organotemplate-free synthesis route was successfully developed based on a seed-directed route for synthesizing aluminosilicate zeolites, where the zeolite crystals are grown from the induction of zeolite seeds in the absence of any organic templates.<sup>28–44</sup> Later, this synthesis has been quickly scaled up by BASF (Ludwigshafen, Germany).<sup>45</sup>

Received: January 6, 2018  
Published: February 19, 2018

DOI: 10.1021/acs.accounts.8b00082  
Acc. Chem. Res. 2018, 51, 1222–1242

Received: February 2, 2018  
Published: May 8, 2018

15649

ACS Publications | © 2018 American Chemical Society

4019

doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00082 | Acc. Chem. Res. 2018, 51, 1222–1242



## Solvent-Free Synthesis of Zeolites from Anhydrous Starting Raw Solids

Qinming Wu,<sup>†</sup> Xiaolong Liu,<sup>†</sup> Longfeng Zhu,<sup>†</sup> Lihong Ding,<sup>†</sup> Pan Gao,<sup>†</sup> Xiong Wang,<sup>†</sup> Shuxiang Pan,<sup>†</sup> Chaoqun Bian,<sup>†</sup> Xiangju Meng,<sup>†</sup> Jun Xu,<sup>†</sup> Feng Deng,<sup>†</sup> Stefan Maurer,<sup>‡</sup> Ulrich Müller,<sup>‡</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>\*,†,§</sup><sup>†</sup>Key Lab of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310007, P. R. China<sup>‡</sup>State Key Laboratory of Magnetic Resonance and Atomic and Molecular Physics, Wuhan Center for Magnetic Resonance, Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, P. R. China<sup>§</sup>College of Biological, Chemical Sciences and Engineering, Jiaxing University, Jiaxing 314001, P. R. China<sup>¶</sup>Process Research and Chemical Engineering, BASF SE, 67056 Ludwigshafen, Germany

## Supporting Information

**ABSTRACT:** Development of sustainable routes for synthesis of zeolites is very important because of wide applications of zeolites at large scale in the fields of catalysis, adsorption, and separation. Here we report a novel and generalized route for synthesis of zeolites in the presence of NH<sub>4</sub>F from grinding the anhydrous starting solids and heating at 140–240 °C. Accordingly, zeolites of MFI, BEA, EUO, and TON structures have been successfully synthesized. The presence of F<sup>−</sup> drives the crystallization of these zeolites from amorphous phase. Compared with conventional hydrothermal synthesis, the synthesis in this work not only simplifies the synthesis process but also significantly enhances the zeolite yields. These features should be potentially of great importance for industrial production of zeolites at large scale in the future.

Zeolites, a family of microporous silica-based and aluminosilicate-based crystals, have been widely used as catalysts and adsorbents in industrial processes of oil refining and production of fine chemicals due to their high surface area, large pore volume, uniform micropores, and good thermal and hydrothermal stabilities.<sup>1</sup> Usually, zeolite synthesis is performed under hydrothermal, solvothermal, and ionothermal conditions, where a large amount of solvents such as water is necessary.<sup>2–5</sup> The use of the water solvent leads to losses of the nutrients of silicates, aluminosilicates, and aluminophosphates dissolved in the wastewater. As a result, the zeolite yields per given reactor volume are significantly reduced. To overcome this issue, dry gel conversion<sup>6</sup> and dry synthesis<sup>6a</sup> have been successfully developed by Xia's group and Schütt's group. Both routes significantly increase zeolite product yield, but the preparation of starting precursor in the synthesis still requires a large amount of water solvent. The removal of the water solvent in the synthesis still produces polluted wastes. More recently, it has been reported a solvent-free route for synthesis of zeolites, in which the water as solvent could be completely avoided. This route not only effectively increases the zeolite yields but also greatly reduces the production of polluted wastes. However, it is worth

noting that this solvent-free synthesis has to use the hydrated form of the solid silica sources.<sup>6</sup> This feature strongly limits industrial applications of conventional anhydrous silica sources in the synthesis of zeolites.<sup>6d</sup> Currently, it still has a challenge for solvent-free synthesis of zeolites from anhydrous starting raw solids.

Initially, hydrothermal synthesis of zeolites was carried out in alkaline media.<sup>7</sup> With the employment of fluoride as mineralizing agent, the hydrothermal synthesis of zeolites was extended to nearly neutral aqueous conditions.<sup>8</sup> In addition, the use of fluoride turned out to be also helpful for the synthesis of silica-rich zeolites.<sup>9</sup>

Here we report a solvent-free synthesis of zeolites from anhydrous starting raw solids in the presence of NH<sub>4</sub>F. When tetrapropylammonium bromide (TPABr), tetraethylammonium bromide (TEABr), hexamethonium bromide (HMBBr), and 1-ethyl-3-methylimidazolium bromide (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ImBr) were employed, pure silica zeolites with MFI, BEA, EUO, and TON structures can be obtained, respectively. Compared with hydrothermal synthesis, this synthesis route has obvious advantages from a sustainability point of view with respect to simple procedures, high zeolite yields, conventional silica sources, and low-cost organic templates with bromide form.

In a typical run, the solvent-free synthesis of silicalite-1 (S-silicalite-1) from anhydrous starting raw solids in the presence of NH<sub>4</sub>F was performed by mechanically grinding of solid silica gel, TPABr, and NH<sub>4</sub>F, followed by heating in an autoclave at 180 °C for 15 h. Figure 1a shows the X-ray diffraction (XRD) pattern of the as-synthesized S-silicalite-1, exhibiting the typical peaks associated with MFI-type structure. Figure 1b shows the scanning electron microscopy (SEM) image of the as-synthesized S-silicalite-1, exhibiting almost perfect crystals with uniform morphology. Thermal analysis (TG-DTA) of the as-synthesized S-silicalite-1 displays major exothermic peaks at 250–500 °C accompanied by a weight loss at about 12.37%, which is related to the decomposition of TPABr molecules in the framework (Figure S1). After calcination at 550 °C for 5 h, the calcined S-silicalite-1 shows a typical Langmuir adsorption curve

Received: December 5, 2014

Published: January 9, 2015

ACS Publications

© 2015 American Chemical Society

1052

DOI: 10.1021/jacs.5b00051

J. Am. Chem. Soc. 2015, 137, 1052–1058

Product Selectivity Controlled by Nanoporous Environments in Zeolite Crystals Enveloping Rhodium Nanoparticle Catalysts for CO<sub>2</sub> HydrogenationChengtao Wang,<sup>†,§</sup> Erjia Guan,<sup>†,§</sup> Liang Wang,<sup>†,§</sup> Xuefeng Chen,<sup>†</sup> Zhiyi Wu,<sup>†</sup> Jian Zhang,<sup>†</sup> Zhiyuan Yang,<sup>†</sup> Yiwen Jiang,<sup>†</sup> Ling Zhang,<sup>†</sup> Xiangju Meng,<sup>†</sup> Bruce C. Gates,<sup>‡</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>\*,†,§</sup><sup>†</sup>Key Lab of Biomass Chemical Engineering of Ministry of Education, College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China<sup>‡</sup>Key Laboratory of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China<sup>§</sup>Department of Materials Science and Engineering and Department of Chemical Engineering, University of California, Davis, California 95616, United States<sup>¶</sup>Key Laboratory of Architectural Cold Climate Energy Management, Ministry of Education, Jilin Jianhu University, Changchun 130118, China<sup>||</sup>Beijing Advanced Innovation Center for Soft Matter Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China

## Supporting Information

**ABSTRACT:** Supported rhodium nanoparticles (NPs) are well known for catalyzing methanol in CO<sub>2</sub> hydrogenation. Now we demonstrate that the selectivity in this process can be optimized for CO production by choice of molecular sieve crystals as supports. The NPs are enveloped within the crystals with controlled nanoporous environments that allow tuning of the catalytic selectivity to minimize methanol and favor the reverse water-gas shift reaction. Pure silica MFI (S-1)-fixed rhodium NPs exhibited maximized CO selectivity at high CO<sub>2</sub> conversions, whereas aluminosilicate MFI zeolite-supported rhodium NPs displayed high methane selectivity under the equivalent conditions. Strong correlations were observed between the nanoporous environment and catalytic selectivity, indicating that 5–11 minutes hydrogen spillover and favors fast desorption of CO to limit deep hydrogenation. Materials in this class appear to offer appealing opportunities for tailoring selective supported catalysts for a variety of reactions.

## INTRODUCTION

Supported metal nanoparticle (NP) catalysts continue to draw the attention of catalyst scientists because of their widespread applications in energy conversion and environmental protection.<sup>1–3</sup> Nanoparticle sizes and morphologies are crucial to the catalyst performance in numerous processes, in part because they affect the structures of the NP surfaces and thereby their reactivities.<sup>4–10</sup> Improved catalysts have emerged from efforts to (i) synthesize ultrasmall metal NPs (nanoclusters) and even isolated single atoms,<sup>11–17</sup> (ii) prepare nanocrystallites with selected and unique facets,<sup>18–20</sup> and (iii) select the compositions and structures of the supports.<sup>21–23</sup> Thus, the focus has been on tuning the NPs and the metal oxide/hydroxide interfaces they reside on.<sup>16,17</sup> Significantly, recent results show that, in reactions with liquid-phase reactants, the local environment of the metal NPs strongly influences the catalyst performance, illustrated by a significant enhancement of catalytic properties resulting from adjusting the hydro-

phobicity of the support.<sup>16,17</sup> There is still much to be learned about how the local environment of a metal NP affects catalyst performance, in particular, for challenging high-temperature reactions of gas-phase reactants such as in CO<sub>2</sub> hydrogenation. There are, we posit, opportunities for new approaches to tuning the local environments of metal NPs, and we address one of them here.

Attention has been focused on increasing selectivity for CO formation relative to methane formation in CO<sub>2</sub> hydrogenation,<sup>18–22</sup> because CO is a widely used feedstock for manufacturing chemicals and fuels in, for example, the Fischer–Tropsch process,<sup>23–25</sup> and some success has been achieved, exemplified by improvements in CO selectivity resulting from metal–support interactions between the rhodium, iridium, and ruthenium NPs and oxide sup-

Received: February 10, 2015

Published: May 7, 2015

ACS Publications

© 2015 American Chemical Society

8462

DOI: 10.1021/jacs.5b00151

J. Am. Chem. Soc. 2015, 137, 8462–8468

## Product Selectivity Controlled by Zeolite Crystals in Biomass Hydrogenation over a Palladium Catalyst

Chengtao Wang,<sup>†</sup> Liang Wang,<sup>†,§</sup> Jian Zhang,<sup>†</sup> Hong Wang,<sup>†</sup> James P. Lewis,<sup>‡</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>\*,†,§</sup><sup>†</sup>Key Lab of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China<sup>‡</sup>Department of Physics, West Virginia University, Morgantown, West Virginia 26506-6315, United States<sup>§</sup>Key Lab of Biomass Chemical Engineering of Ministry of Education, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

## Supporting Information

**ABSTRACT:** This work delineates the first example for controlling product selectivity in metal-catalyzed hydrogenation of biomass by zeolite crystals. The key to this success is to combine the advantages of both Pd nanoparticles (highly active sites) and zeolite micropores (controllable diffusion of reactants and products), which was achieved from encapsulation of the Pd nanoparticles inside of silicalite-1 zeolite crystals as a core–shell structure (Pd@S-1). In the hydrogenation of biomass-derived furfural, the furan selectivity over the Pd@S-1 is as high as 98.7%, outperforming the furan selectivity (5.6%) over conventional Pd nanoparticles impregnated with S-1 zeolite crystals (Pd/S-1). The extraordinary furan selectivity in the hydrogenation over the Pd@S-1 is reasonably attributed to the distinguishable mass transfer of the hydrogenated products in the zeolite micropores.

Selective transformation of renewable biomass-derived feedstocks plays a key role in sustainable production of biofuels and fine chemicals.<sup>1–10</sup> Up to now, many economically viable processes have been developed for the conversion of biomass.<sup>11–19</sup> For example, pyrolysis or hydration of biomass, which contain more than 30% of the organic carbon on earth, to produce various platform chemicals of phenol, levulinic acids, and furanals has been deemed to be promising alternatives to crude oil.<sup>11–12</sup> In these processes, it is notable that the biomass-derived chemicals are relatively rich in high oxygen content, which strongly impede their applications.<sup>13–15</sup> Therefore, upgrading the biomass-derived chemicals by hydrogenation to selectively remove the oxygen groups in the chemicals is strongly desired, but it is still a challenge to control the product selectivity in biomass hydrogenation yet because of the reaction pathways with many undesirable reactions competing.<sup>16–19</sup>

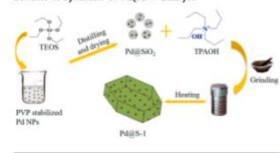
The transition from biomass-derived chemicals to biofuels has been widely applied in the hydrogenation of biomass.<sup>20–22</sup> In these cases, it is not easy to control the product selectivity because the hydrogenation directly occurs on the exposed metal active sites. On the other hand, it is well-known that the mass transfer in catalytic conversion of hydrocarbons is very sensitive to the product selectivity.<sup>23–25</sup> Typically, introduction of mesoporosity in zeolite crystals and modification of catalyst wettability significantly changes the diffusion of reactants and products,<sup>26–28</sup> thereby enhancing the product selectivity in catalytic

conversion. However, rare efficient strategies exist so far, which allow for rationally controlling the diffusion of reactants and products in metal-catalyzed hydrogenations.

Here we report a generalized strategy for preparation of excellently selective and highly active catalysts by encapsulation of metal nanoparticles inside of microporous silicalite-1 (S-1) zeolite as core–shell structures (metal@zeolite), where the metal nanoparticles serve as catalytically active sites and the zeolite micropores control the product selectivity by changing molecular diffusion. Considering that Pd nanoparticles are highly active but poorly selective in the biomass hydrogenation and that S-1 zeolite is easily synthesized, a Pd@S-1 was successfully prepared from solvent-free crystallization of a solid mixture including Pd nanoparticles, amorphous silica, and organic structure directing agent.<sup>29</sup> As expected, the Pd@S-1 is highly active and excellently selective in the hydrogenation of biomass-derived furfural, giving furan selectivity as high as 98.7% with furfural conversion of 91.3%. In contrast, conventionally supported catalysts show relatively low furan selectivities, which are due to the complexity of reactive pathways and difficulty in controlling the selectivity (Scheme S1).

Scheme 1 shows the procedure for synthesis of the Pd@S-1. At first, the Pd nanoparticles were encapsulated with amorphous silica obtained from controlled hydrolysis of tetraethyl orthosilicate in polyvinylpyrrolidone-stabilized Pd nanoparticle solution, followed by addition of tetrapropyl ammonium hydroxide solution. After grinding at room temperature in air, the solid mixture was transferred into an autoclave for

## Scheme 1. Synthesis of Pd@S-1 Catalyst



Received: May 13, 2016

Published: June 16, 2016

ACS Publications

© 2016 American Chemical Society

780

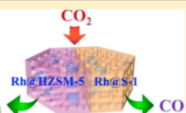
DOI: 10.1021/jacs.6b00051

J. Am. Chem. Soc. 2016, 138, 780–788

Product Selectivity Controlled by Nanoporous Environments in Zeolite Crystals Enveloping Rhodium Nanoparticle Catalysts for CO<sub>2</sub> HydrogenationChengtao Wang,<sup>†,§</sup> Erjia Guan,<sup>†,§</sup> Liang Wang,<sup>†,§</sup> Xuefeng Chen,<sup>†</sup> Zhiyi Wu,<sup>†</sup> Jian Zhang,<sup>†</sup> Zhiyuan Yang,<sup>†</sup> Yiwen Jiang,<sup>†</sup> Ling Zhang,<sup>†</sup> Xiangju Meng,<sup>†</sup> Bruce C. Gates,<sup>‡</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>\*,†,§</sup><sup>†</sup>Key Lab of Biomass Chemical Engineering of Ministry of Education, College of Chemical and Biological Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China<sup>‡</sup>Key Laboratory of Applied Chemistry of Zhejiang Province, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China<sup>§</sup>Department of Materials Science and Engineering and Department of Chemical Engineering, University of California, Davis, California 95616, United States<sup>¶</sup>Key Laboratory of Architectural Cold Climate Energy Management, Ministry of Education, Jilin Jianhu University, Changchun 130118, China<sup>||</sup>Beijing Advanced Innovation Center for Soft Matter Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China

## Supporting Information

**ABSTRACT:** Supported rhodium nanoparticles (NPs) are well known for catalyzing methanol in CO<sub>2</sub> hydrogenation. Now we demonstrate that the selectivity in this process can be optimized for CO production by choice of molecular sieve crystals as supports. The NPs are enveloped within the crystals with controlled nanoporous environments that allow tuning of the catalytic selectivity to minimize methanol and favor the reverse water-gas shift reaction. Pure silica MFI (S-1)-fixed rhodium NPs exhibited maximized CO selectivity at high CO<sub>2</sub> conversions, whereas aluminosilicate MFI zeolite-supported rhodium NPs displayed high methane selectivity under the equivalent conditions. Strong correlations were observed between the nanoporous environment and catalytic selectivity, indicating that 5–11 minutes hydrogen spillover and favors fast desorption of CO to limit deep hydrogenation. Materials in this class appear to offer appealing opportunities for tailoring selective supported catalysts for a variety of reactions.

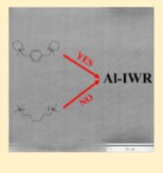


## Direct Synthesis of Aluminosilicate IWR Zeolite from a Strong Interaction between Zeolite Framework and Organic Template

Xin Hong,<sup>†,§</sup> Wei Chen,<sup>†,§</sup> Guanqun Zhang,<sup>†</sup> Qinming Wu,<sup>†</sup> Chi Lei,<sup>†</sup> Qiyan Zhu,<sup>†</sup> Xiangju Meng,<sup>†</sup> Shichao Han,<sup>†</sup> Amin Zheng,<sup>†</sup> Yanhang Ma,<sup>†</sup> Andrei-Nicolae Parvulescu,<sup>‡</sup> Ulrich Müller,<sup>‡</sup> Weiping Zhang,<sup>†</sup> Toshiyuki Yokoi,<sup>§</sup> Xinhe Bao,<sup>§</sup> Bernd Marler,<sup>¶</sup> Dirk E. De Vos,<sup>||</sup> Ute Kolb,<sup>||</sup> and Feng-Shou Xiao<sup>\*,†,§</sup><sup>†</sup>Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310028, People's Republic of China<sup>‡</sup>State Key Laboratory of Magnetic Resonance and Atomic and Molecular Physics, National Center for Magnetic Resonance in Wuhan, Key Laboratory of Magnetic Resonance in Biological Systems, Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, People's Republic of China<sup>§</sup>School of Physical Science and Technology, ShanghaiTech University, Shanghai 201210, People's Republic of China<sup>¶</sup>BASF SE, GCC/PZ, Ludwigshafen 67056, Germany<sup>||</sup>State Key Laboratory of Fine Chemicals, Dalian University of Technology, Dalian 116021, People's Republic of China<sup>||</sup>Chemical Resources Laboratory, Tokyo Institute of Technology, Yokohama 226-8503, Japan<sup>||</sup>State Key Laboratory of Catalysis, Dalian Institute of Chemical Physics, Dalian 116023, People's Republic of China<sup>||</sup>Department of Geology, Mineralogy and Geochemistry, Ruhr University Bochum, Bochum 44780, Germany<sup>||</sup>Centre for Surface Chemistry and Catalysis, KU Leuven, Kasteelpark Arenberg 23, Leuven 3001, Belgium<sup>||</sup>Institute of Inorganic Chemistry and Analytical Chemistry, Johannes Gutenberg University Mainz, Mainz 555128, Germany

## Supporting Information

**ABSTRACT:** A large amount of zeolite structures are still not synthetically available or not available in the form of aluminosilicate currently. Despite significant progress in the development of predictive concepts for zeolite synthesis, accessing some of these new materials is still challenging. One example is the IWR structure as well. Despite successful synthesis of Ge-based IWR zeolites, direct synthesis of aluminosilicate IWR zeolite is still not successful. In this report we show how a suitable organic structure directing agent (OSDA), through modeling of an OSDA/zeolite cage interaction, could access directly the aluminum-containing IWR structure (denoted as COE-6), which might allow access to new classes of materials and thus open opportunities in valuable chemical applications. The experimental results reveal that the COE-6 zeolites with a SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ratio as low as 30 could be obtained. Very interestingly, the COE-6 zeolite has much higher hydrothermal and thermal stabilities than those of the conventional Ge–Al–IWR zeolite. In methanol-to-propylene (MTP) reaction, the COE-6 zeolite exhibits excellent selectivity for propylene, offering a potential catalyst for MTP reaction in the future.



## 1. INTRODUCTION

Zeolites, a class of porous silica-based materials, have been widely applied in various areas such as catalysis, ion exchange, adsorption, and separation.<sup>1–10</sup> Germanosilicate-based zeolites, as a typical family of zeolites, play an important role in shape-selective catalysis due to their unique micropore structures.<sup>11–15</sup> For example, IUCV-21 zeolite shows high catalytic conversion and excellent selectivity for desirable products in catalytic hydration of ethylene oxide;<sup>16</sup> ITH zeolite is an efficient catalyst for methanol-to-olefins (MTO) reaction;<sup>17</sup> IWR zeolite displays a good performance in allylation reactions.<sup>17,18</sup>

As a typical IWR structure, ITQ-24 zeolite discovered by Corma et al., was first synthesized in the presence of

germanium species using hexamethonium as an organic template.<sup>19</sup> Because of its unique three-dimensional 12 × 10 × 10-membered ring pore structure (aperture size of 5.8 × 6.8, 4.6 × 5.3, and 4.6 × 5.3 Å), it has attracted much attention recently.<sup>20–22</sup> However, when a large amount of germanium species exist in the IWR framework, its thermal and hydrothermal stabilities are remarkably reduced. In addition, the use of germanium species in the synthesis is costly, which strongly hinders the applications of IWR zeolite in industrial chemical processes.<sup>23,24</sup> To solve this problem, alternatively Ge-free synthesis routes were developed for

Received: September 12, 2019

Published: October 23, 2019

ACS Publications

© 2019 American Chemical Society

18318

DOI: 10.1021/jacs.9b08051

J. Am. Chem. Soc. 2019, 141, 18318–18324

## 10.5 参与课题

表 9-3 参与课题

编号	单位
1	国家高技术研究发展计划(863 计划)课题, 2013AA065301, <b>重型柴油车用分子筛 SCR 催化材料开发</b>
2	国家科技部重点研发计划课题, 2017YFC0211101, <b>柴油车 NO<sub>x</sub> 后处理关键技术</b>
3	国家重点研发计划课题, 2017YFB0702803, <b>绿色高效化工催化新材料的高通量开发和应用</b>
4	国家自然科学基金优秀青年项目, 21422306, <b>沸石催化材料绿色合成的新策略</b>
5	国家自然科学基金面上项目, 21673205, <b>高效消除挥发性有机物的沸石分子筛基材料的设计合成和性能研究</b>
6	浙江省自然科学基金杰出青年项目, LR15B030001, <b>多孔催化材料的设计策略</b>
7	国家自然科学基金面上项目, 51678518, <b>壁面均匀受热的竖向矩形通道的自然通风研究</b>



## 10.6 获奖证书



## 10.7 检测报告



中国认可  
国际互认  
检测  
TESTING  
CNAS L0623



检测编号: KJ20190514  
Test No.

广州市微生物研究所  
GUANG ZHOU INSTITUTE OF MICROBIOLOGY

## 检测报告 TEST REPORT

收样日期: 2019 年 04 月 01 日  
Date Received

检测日期: 2019 年 04 月 09 日  
Date Analyzed

气态污染物去除率的试验方法:

### 1. 试验条件

- 1) 环境温度:  $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$
- 2) 环境湿度:  $(50 \pm 10) \% \text{RH}$

### 2. 试验设备

试验舱 ( $1.5 \text{ m}^3$ )、智能恒流大气采样器、紫外可见分光光度计

### 3. 测试步骤

- 1) 样品的准备: 将待测样品 (规格:  $137 \text{ g/块}$ ) 放置在样品托盘上。
- 2) 释放源的准备: 将缠有 5 层纱布的 2 根玻璃棒分别直立放入 2 个  $500 \text{ mL}$  试剂瓶中, 分别装入  $200 \text{ mL}$  的污染物 (甲醛  $0.2 \%$ ), 贴上标记  $A_1$ 、 $A_2$ 。
- 3) 将未放样品的托盘放置在空白试验舱 A 中, 再将放有样品的托盘置于试验舱 B 中。
- 4) 把释放源  $A_1$ 、 $A_2$  分别放入空白试验舱 A 和样品试验舱 B 中, 立即关闭舱门。
- 5) 开启 A 舱和 B 舱的风扇搅拌  $1 \text{ min}$ , 关闭风扇。
- 6)  $24 \text{ h}$  后, 分别对 A 舱和 B 舱进行采集样品测试分析, 浓度分别记为  $C_A$  和  $C_B$ 。

### 4. 计算公式

$$\text{去除率 } y(\%) = \frac{C_A - C_B}{C_A} \times 100 \quad (C_A \text{ 为空白舱浓度}, C_B \text{ 为试验舱浓度})$$

检测结果:

样品编号	污染物	作用时间 (h)	空白舱	试验舱	去除率 (%)
			作用后浓度 $C_A$ ( $\text{mg/m}^3$ )	作用后浓度 $C_B$ ( $\text{mg/m}^3$ )	
KJ20190514-1		24	1.09	0.08	92.7

\*\*\*报告结束/End of report\*\*\*

编制:  
Editor

审核:  
Checker

签发:  
Issuer

签发日期 (公章):  
Date Reported



第 3 页 共 4 页

## 10.8 合作意向

表 9-4 合作单位

编号	单位
1	大连理工齐旺达化工科技有限公司
2	科创扬州环境工程科技有限公司
3	宁波喜乐高分子材料有限公司
4	宁波中领新材料有限公司
5	上海临井贸易有限公司
6	扬州市飞鹰电子科技有限公司
7	扬州松德电器科技有限公司
8	余姚市泗门天轩电器厂
9	浙江泰德新材料有限公司



原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

#### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

#### 五、协议的生效变更与解除

1. 本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;
2. 本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;
3. 协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;
4. 甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

除协议,违约方要承担违约责任;

4. 执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6. 本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方:大连理工大学工程技术学院

课题负责人签字: [签名]

单位公章: [盖章]

日期: 2019.5.14

乙方:

课题负责人签字: [签名]

单位公章: [盖章]

日期: 2019.5.14

业进行成果转化和产业化。

4. 帮助甲方进行新产品开发、新技术、新工艺、新材料、新设备的推广应用帮助企业进行质量攻关。

5. 协助甲方企业人才的培养、为企业人员提供再教育机会。根据甲方的要求,在可能的条件下,派出有丰富实验经验的教师,参与企业的生产管理和技术工作。

6. 先为甲方提供优秀的毕业生,推荐企业急需人才,配合甲方定向培养学生。

7. 在产业业务工程方面,在相关产业工程业务,优先牵引甲方为合作伙伴。

#### 三、双方的权利

1. 甲乙双方积极开展科研与教学合作,申报项目时,本着互惠互利,优势互补,互相支持的原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

#### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

#### 五、协议的生效变更与解除

1. 本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;

2. 本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;

3. 协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;

4. 甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

5. 执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6. 本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方:大连理工大学工程技术学院

课题负责人签字: [签名]

单位公章: [盖章]

日期: 2019.5.14

乙方:

课题负责人签字: [签名]

单位公章: [盖章]

日期: 2019.5.14

业进行成果转化和产业化。

4. 帮助甲方进行新产品开发、新技术、新工艺、新材料、新设备的推广应用帮助企业进行质量攻关。

5. 协助甲方企业人才的培养、为企业人员提供再教育机会。根据甲方的要求,在可能的条件下,派出有丰富实验经验的教师,参与企业的生产管理和技术工作。

6. 先为甲方提供优秀的毕业生,推荐企业急需人才,配合甲方定向培养学生。

7. 在产业业务工程方面,在相关产业工程业务,优先牵引甲方为合作伙伴。

#### 三、双方的权利

1. 甲乙双方积极开展科研与教学合作,申报项目时,本着互惠互利,优势互补,互相支持的原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

#### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

#### 五、协议的生效变更与解除

1. 本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;

2. 本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;

3. 协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;

4. 甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

5. 执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6. 本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方:大连理工大学工程技术学院  
课题负责人签字: [签名]  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.15

乙方:

课题负责人签字: [签名]

单位公章: [盖章]

日期: 2019.5.15

业进行成果转化和产业化。

4. 帮助甲方进行新产品开发、新技术、新工艺、新材料、新设备的推广应用帮助企业进行质量攻关。

5. 协助甲方企业人才的培养、为企业人员提供再教育机会。根据甲方的要求,在可能的条件下,派出有丰富实验经验的教师,参与企业的生产管理和技术工作。

6. 先为甲方提供优秀的毕业生,推荐企业急需人才,配合甲方定向培养学生。

7. 在产业业务工程方面,在相关产业工程业务,优先牵引甲方为合作伙伴。

#### 三、双方的权利

1. 甲乙双方积极开展科研与教学合作,申报项目时,本着互惠互利,优势互补,互相支持的原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

#### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

#### 五、协议的生效变更与解除

1. 本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;

2. 本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;

3. 协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;

4. 甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

5. 执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6. 本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方:大连理工大学工程技术学院  
课题负责人签字: [签名]  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.15

乙方:

课题负责人签字: [签名]

单位公章: [盖章]

日期: 2019.5.15



业进行成果转化和产业化。

4、帮助甲方进行新产品开发、新技术、新工艺、新材料、新设备的推广应用帮助企业进行质量攻关。

5、协助甲方企业人才的培养、为企业人员提供再教育机会。根据甲方的要求,在可能的条件下,派出有丰富实验经验的教师,参与企业的生产管理和技术工作。

6、先为甲方提供优秀的毕业生,推荐企业急需人才,配合甲方定向培养学生。

7、在产业业务工程方面,在相关产业工程业务,优先牵引甲方为合作伙伴。

### 三、双方的权利

1、甲乙双方积极开展科研与教学合作,申报项目时,本着互惠互利,优势互补,互相支持的原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

### 五、协议的生效变更与解除

1、本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;

2、本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;

3、协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;

4、甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

5、执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6、本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方: 扬州飞鹰电子科技有限公司  
课题负责人签字: 陈斌  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13

乙方: 江都经济开发区  
课题负责人签字: 李俊  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13

业进行成果转化和产业化。

4、帮助甲方进行新产品开发、新技术、新工艺、新材料、新设备的推广应用帮助企业进行质量攻关。

5、协助甲方企业人才的培养、为企业人员提供再教育机会。根据甲方的要求,在可能的条件下,派出有丰富实验经验的教师,参与企业的生产管理和技术工作。

6、先为甲方提供优秀的毕业生,推荐企业急需人才,配合甲方定向培养学生。

7、在产业业务工程方面,在相关产业工程业务,优先牵引甲方为合作伙伴。

### 三、双方的权利

1、甲乙双方积极开展科研与教学合作,申报项目时,本着互惠互利,优势互补,互相支持的原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

### 五、协议的生效变更与解除

1、本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;

2、本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;

3、协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;

4、甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

5、执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6、本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方: 扬州市飞鹰电子科技有限公司  
课题负责人签字: 陈斌  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13

乙方: 江都经济开发区  
课题负责人签字: 李俊  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13

业进行成果转化和产业化。

4、帮助甲方进行新产品开发、新技术、新工艺、新材料、新设备的推广应用帮助企业进行质量攻关。

5、协助甲方企业人才的培养、为企业人员提供再教育机会。根据甲方的要求,在可能的条件下,派出有丰富实验经验的教师,参与企业的生产管理和技术工作。

6、先为甲方提供优秀的毕业生,推荐企业急需人才,配合甲方定向培养学生。

7、在产业业务工程方面,在相关产业工程业务,优先牵引甲方为合作伙伴。

### 三、双方的权利

1、甲乙双方积极开展科研与教学合作,申报项目时,本着互惠互利,优势互补,互相支持的原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

### 五、协议的生效变更与解除

1、本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;

2、本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;

3、协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;

4、甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

5、执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6、本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方: 扬州飞鹰电子科技有限公司  
课题负责人签字: 陈斌  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13

乙方: 江都经济开发区  
课题负责人签字: 李俊  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13

业进行成果转化和产业化。

4、帮助甲方进行新产品开发、新技术、新工艺、新材料、新设备的推广应用帮助企业进行质量攻关。

5、协助甲方企业人才的培养、为企业人员提供再教育机会。根据甲方的要求,在可能的条件下,派出有丰富实验经验的教师,参与企业的生产管理和技术工作。

6、先为甲方提供优秀的毕业生,推荐企业急需人才,配合甲方定向培养学生。

7、在产业业务工程方面,在相关产业工程业务,优先牵引甲方为合作伙伴。

### 三、双方的权利

1、甲乙双方积极开展科研与教学合作,申报项目时,本着互惠互利,优势互补,互相支持的原则,可以由一方为主申报单位,另一方为协作单位,具体项目根据具体情况另行商定。

双方在开展科研活动时优先将对方列入合作单位,在组织研发团队人员时,优先安排对方研究人员。

### 四、成果分配

本项目研究形成的论文及研究成果双方共享,甲方为主持单位。

### 五、协议的生效变更与解除

1、本协议生效期间为项目获得之日至项目结题申请通过之日;

2、本协议仅限于此次项目申报,如需申报其他项目,需另行签订协议;

3、协议双方中任何一方变更、解除本协议,必须采取书面形式,口头无效;

4、甲乙双方中任何一方未履行协议条款,导致协议不能履行,对方有权变更、解除协议,违约方要承担违约责任;

5、执行合同中如遇不可抗拒的因素导致协议不能顺利履行时,双方各自承担自己的损失,双方应尽快通知对方以将损失控制在最小范围。

6、本合同未尽事宜,双方应本着互惠互利、友好协商的原则另行约定并以备忘录或附件的形式体现。

甲方: 扬州市飞鹰电子科技有限公司  
课题负责人签字: 陈斌  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13

乙方: 江都经济开发区  
课题负责人签字: 李俊  
单位公章: [盖章]  
日期: 2019.5.13



## 10.9 财务状况

### (一) 预算假设

#### 1、成本费用预算假设

- (1) 固定资产除计算机外的折旧年限为 10 年, 按直线法计提折旧, 期末无残值, 包括办公用品以及后期购置的装配用设备; 计算机折旧年限为 5 年。
- (2) 无形资产摊销年限为 20 年, 按工作量法摊销, 期末无残值。
- (3) 假设公司销售时没有销售退回、现金折扣及销售折让。产品预计销售收入的 80%在当期收现, 20%在下一年度收现。坏账准备按应收账款的 5%计提。
- (4) 材料采购等各项费用支出的 80%在当年付现, 20%在次年付现。
- (5) 期末产成品库存量按照下年销量的 30%估算。
- (6) 存货采用先进先出法计量。
- (7) 我公司主要采用成本导向与竞争导向相结合的定价方法。通过成本导向的定价方法和行业价格水平制定出基础价格, 依据成本变动、需求变动和市场竞争状况等以基础价格为标准上下波动。
- (8) 公司前三年企业所得税率为 25%; 计划三年之后申报高新技术企业, 享受 15%优惠税率。
- (9) 营业成本主要为生产成本, 主要包括: 直接材料费用、直接人工费、制造费用、以及相关的水电费用等。
- (10) 公司于 2022 年开始分配利润。

#### 2、财务报表预算假设

- (1) 办公用固定资产除计算机外的折旧年限统一为 10 年, 按直线法计提折旧,



期末无残值。

- (2) 坏账准备按应收账款的 2% 计提。
- (3) 假设公司销售时没有销售退回、销售折扣及折让。销售产品的收入 80% 在当年收回, 20% 在次年收回。
- (4) 按照净利润的 10% 计提法定公积金, 按照 10% 的比例提取任意公积金。
- (5) 公司预计在 2020 年收到投资 500 万, 2022 年收到投资 1000 万。
- (6) 公司为产学研实践高新技术企业, 预计会收到政府补助 100 万元, 分五年进行递延。
- (7) 公司前三年企业所得税率为 25%, 计划三年之后申报高新技术企业, 享受 15% 优惠税率。
- (8) 公司预计在 2022 年起对投资者进行利润分配。

仅供蒲公英创业大赛使用



## (二) 财务预测

### 1、成本费用

表 1：人员配备及工资明细表（单位:万元）

项目	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
管理层	15.60	31.20	62.40	93.60	140.40
市场部	3.24	6.60	17.52	38.75	122.81
生产车间	4.00	10.00	77.50	193.75	621.94
(财务部)	0.72	1.36	3.82	4.53	5.69
技术研发部	5.40	13.50	41.85	104.63	331.59
工资总额	28.96	62.66	203.09	435.26	1,219.34

管理层包括 CEO 与若干管理人员，其工资与企业业绩挂钩。市场部负责市场调研和产品宣发推广，2022 年 Pura 系列正式上线后公司增加了市场部人员。而营业初期，公司的高分散纳米铂分子筛主要由实验室合成，公司技术人员兼任生产；2022 年完成产品生产线后，生产车间人员大幅增加。而公司财务主要采用外包形式，以月租金的形式付给财务公司，内部财务由市场部一位员工兼任。技术研发部包括公司核心研发团队，是工资的主要支出部分。

表 2：销售费用预测（单位：万元）

年份	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
销售人员工资	3.24	6.60	17.52	38.75	122.81
运费	1.20	3.00	20.15	50.38	159.66
推广费	11.00	27.50	85.25	213.13	675.47
折旧费	1.28	1.83	2.56	3.64	4.35
差旅等其他	7.60	19.00	58.90	147.25	466.69
合计	24.32	57.93	184.37	453.14	1,428.97

表 3：管理费用预测（单位：万元）

年份	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
管理人员工资	16.32	32.56	66.22	98.13	146.09
物业水电	10.00	35.00	186.00	465.00	1,473.75
办公费用	3.36	5.81	12.27	25.76	48.16
折旧费	7.40	10.56	14.77	20.99	25.08
摊销无形资产	14.60	18.62	25.38	35.78	51.60
研发费用	12.00	30.00	93.00	232.50	736.88
交通费	3.60	9.00	29.45	73.63	233.34
其他	5.40	13.50	46.50	124.00	393.00
合计	72.68	155.06	473.58	1,075.77	3,107.91

## 2、财务报表

表 4：利润表预测摘要（单位：万元）

	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
<b>一、营业收入</b>	200.00	500.00	1,550.00	3,875.00	12,281.25
减：营业成本	68.69	138.31	363.36	844.22	2,507.85
<b>税金及附加</b>	1.60	4.00	12.40	31.00	98.25
<b>销售费用</b>	24.32	57.93	184.37	453.14	1,428.97
<b>管理费用</b>	72.68	155.06	473.58	1,075.77	3,107.91
<b>财务费用</b>	20.41	30.32	48.90	67.60	89.80
<b>资产减值损失</b>	2.00	5.00	15.50	38.75	122.81
<b>二：营业利润</b>	10.30	109.38	451.88	1,364.52	-
加：营业外收入	20.00	20.00	20.00	20.00	-
<b>三、利润总额</b>	30.30	129.38	471.88	1,384.52	4,925.66
减：所得税费用	0	0	55.26	234.63	20.00
<b>四：净利润</b>	42.73	132.84	416.62	1,149.89	-
加：年初未分配利润	-	42.73	132.84	416.62	-
<b>可分配利润</b>	42.73	175.57	549.47	1,566.51	-
减：法定公积金	4.27	17.56	54.95	156.65	4,945.66
<b>投资者可分配利润</b>	38.45	158.01	494.52	1,409.86	996.39
减：任意盈余公积金	6.41	26.34	82.42	234.98	3,949.27
<b>利润分配</b>	-	-	100.00	100.00	1,149.89
<b>年末未分配利润</b>	32.05	131.68	312.10	1,074.89	5,099.16

表 5：资产负债表预测（单位：万元）

项目	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
<b>资产</b>					
货币资金	248.62	275.26	1,008.29	2,808.40	7,016.83
交易性金融资产	-	-	-	-	-
应收账款	38.00	95.00	294.50	736.25	2,333.44
存货	96.00	90.00	279.00	697.50	2,210.63
流动资产合计	382.62	460.26	1,581.79	4,242.15	11,560.89
长期股权投资	-	-	-	-	-
固定资产	260.73	330.95	423.36	561.18	636.94
在建工程	-	-	-	-	-
无形资产	151.70	202.07	280.16	399.61	580.83
非流动资产合计	412.43	533.01	703.52	960.78	1,217.77
资产总计	795.04	993.27	2,285.30	5,202.93	12,778.66
<b>负债</b>					
短期借款	224.58	420.04	872.17	2,130.07	5,672.30
应付账款	13.74	27.66	72.67	168.84	501.57
应交税费	4.00	10.00	31.00	77.50	245.63
其它流动负债					
流动负债合计	242.32	457.70	975.84	2,376.42	6,419.49
长期借款	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00



递延收益	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
非流动负债合计	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
负债合计	402.32	617.70	1,135.84	2,536.42	6,579.49
所有者权益					
实收资本	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
资本公积	150.00	-	500.00	1,000.00	1,000.00
盈余公积					
法定公积金	4.27	17.56	54.95	156.65	509.92
任意公积金	6.41	26.34	82.42	234.98	764.87
未分配利润	32.05	131.68	312.10	1,074.89	3,724.37
所有者权益合计	392.73	375.57	1,149.47	2,666.51	6,199.16
负债及权益合计	795.04	993.27	2,285.30	5,202.93	12,778.66

表 6：现金流量表预测（单位：万元）

年份	2020E	2021E	2022E	2023E	2024E
项目					
期初现金余额	-	248.62	275.26	1,008.29	2,808.40
一、经营活动产生的现金流量					
销售商品提供劳务现金流入	160.00	400.00	1,240.00	3,100.00	9,825.00
减：购买商品、接受劳务支付的现金	18.15	45.37	140.65	351.63	1,114.45
支付的税费	-7.58	0.38	47.36	185.94	766.25
销售和管理费用	97.01	212.99	657.96	1,528.91	4,536.88
经营活动产生的现金流量净额	52.43	141.26	394.03	1,033.52	3,407.43
二、投资活动产生的现金流量					
购置厂房、设备	73.40	84.30	112.10	165.80	109.20
投资活动产生的现金流量净额	-73.40	-84.30	-112.10	-165.80	-109.20
三、筹资活动产生的现金					
吸收权益性投资所收到的现金	150.00	-	500.00	1,000.00	1,000.00
长期借款	140.00	-	-	-	-
支付利息费用	20.41	30.32	48.90	67.60	89.80
利润分配	-	-	-		
筹资活动产生的现金流量净额	269.59	-30.32	451.10	932.40	910.20
期末现金余额	248.62	275.26	1,008.29	2,808.40	7,016.83