



# 北京化工大学

BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

## 无卤阻燃聚苯乙烯泡沫材料改性成型技术

张 胜, 18610021239

2022.08.11



火安全材料研究中心

CENTER FOR FIRE SAFETY MATERIALS

# 目录

## Contents

01

## 背景介绍

02

## 研究内容

- 高效无卤纳米材料阻燃EPS
- 低甲醛生物基阻燃EPS
- 专用环保阻燃XPS体系开发
- 环保阻燃XPS发泡及其流变学研究

03

## 总结致谢

01

**背景介绍**

## 聚苯乙烯泡沫材料

### EPS板材-间歇发泡



### XPS板材-连续挤出发泡



#### 优点:

- ✓ 保温效果好
- ✓ 密度低, 质轻
- ✓ 优良的抗水性
- ✓ 缓冲性能优异
- ✓ 价格优势

#### 应用范围

保温, 缓冲

家电、建筑、交通、包装等

#### 缺点:

- 碳氢化合物, 极限氧指数  
仅为18.0%, 极易燃烧



02

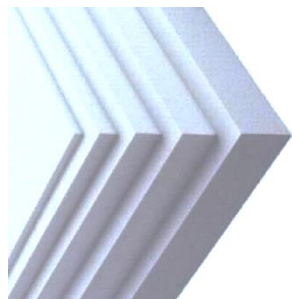
**研究内容和成果**



**第一部分**  
**EPS无卤阻燃技术**



## EPS阻燃材料开发现状

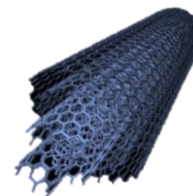


### 阻燃EPS存在问题

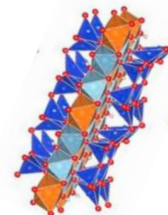
- × 燃烧生成大量有毒烟气
- × 阻燃剂影响力学
- × 甲醛含量较高
- × 阻燃剂添加量过大

引入纳米材料，提高阻燃效率，  
减少阻燃剂用量

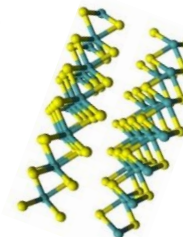
MWNT



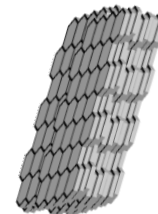
MMT



MoS<sub>2</sub>



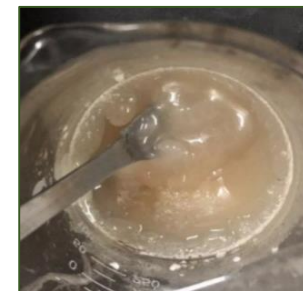
EG



开发低甲醛生物基阻燃胶



淀粉



SPC阻燃胶



## EPS常用阻燃方法

### 聚合阻燃

- 在PS合成阶段嵌入阻燃片段
- **反应条件严苛**

### 浸渍阻燃

- 发泡剂混合阻燃浸渍液浸入珠粒
- **阻燃剂粒径受限**

### 涂层阻燃

- 阻燃剂涂敷于成型泡沫板表面
- **涂层易剥落**

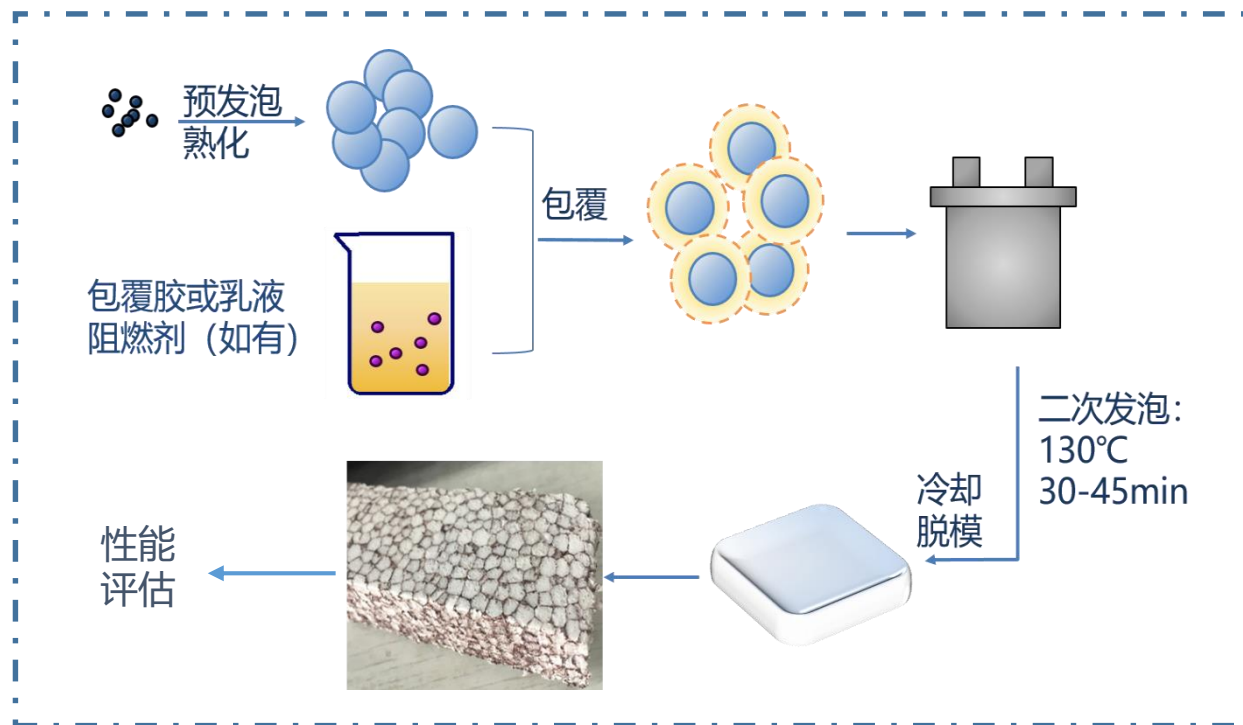
### 包覆阻燃

- 阻燃剂、胶黏剂包覆于预发泡珠粒，后续二次发泡
- **常用，种类宽泛**

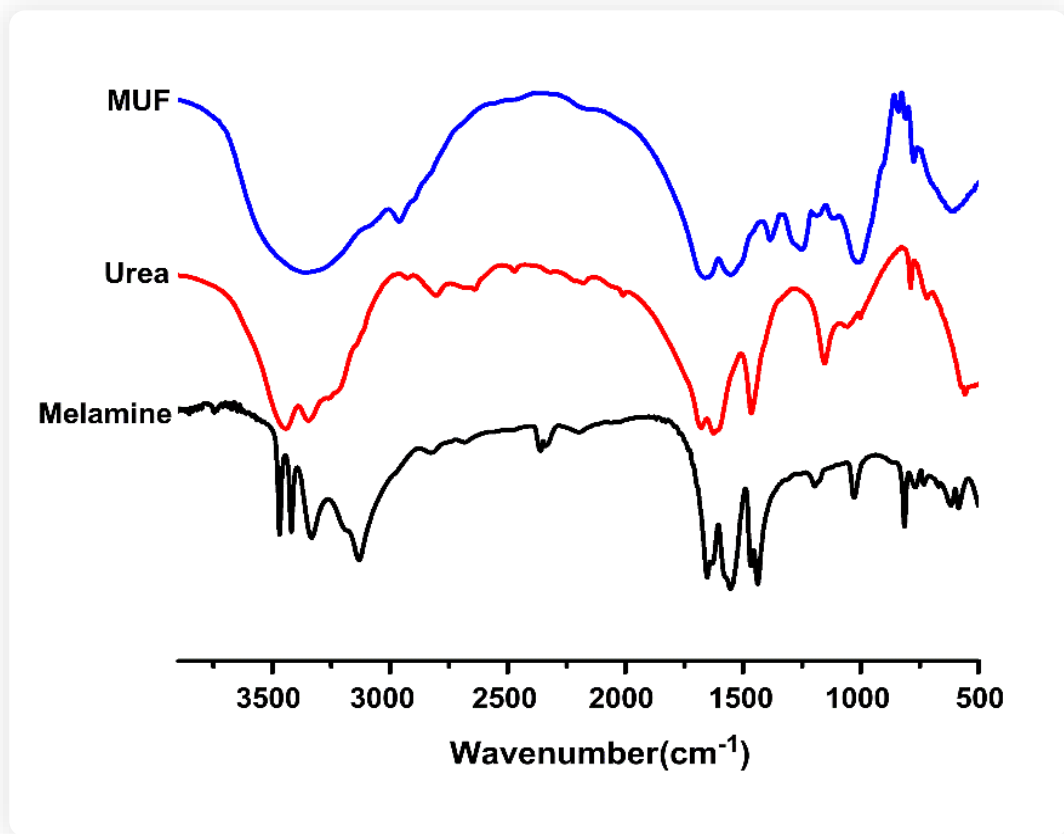




## EPS包覆阻燃工艺探索



## 低甲醛MUF树脂的合成及表征



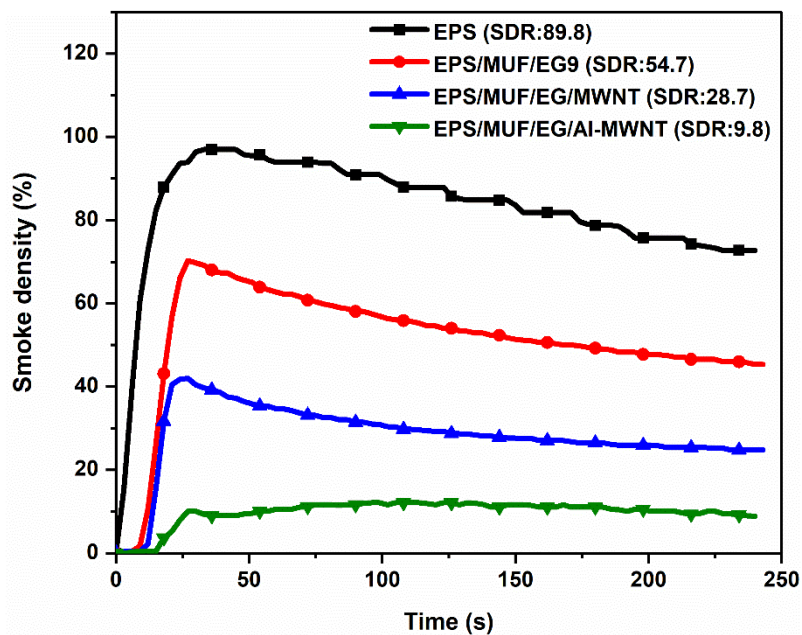
### 红外分析

树脂	游离甲醛含量 (%)	固含量 (%)
UF	1.43	62.3
MUF	0.15	66.2

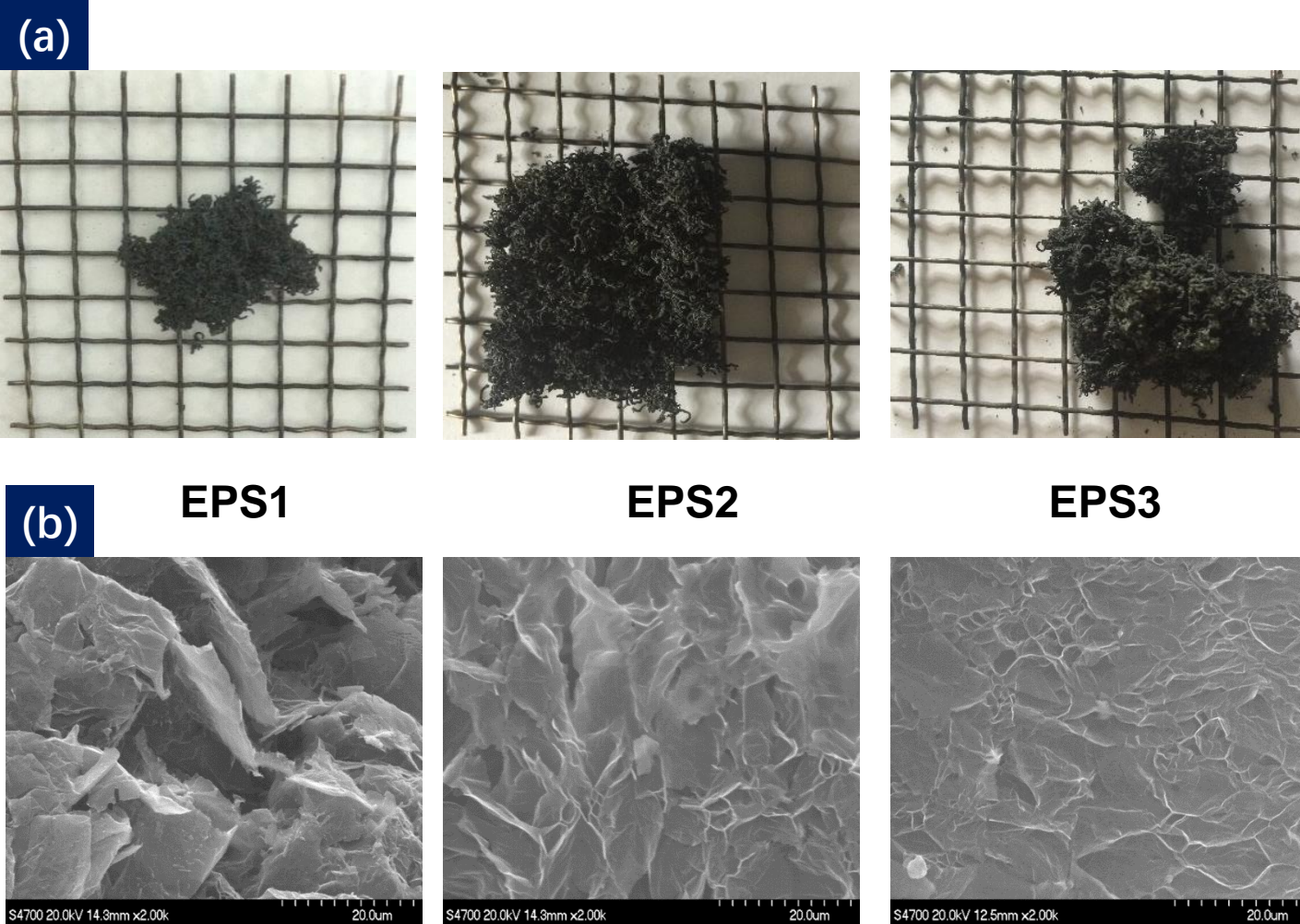




## 改性无机阻燃剂对EPS阻燃行为研究



不同EPS泡沫的烟密度曲线

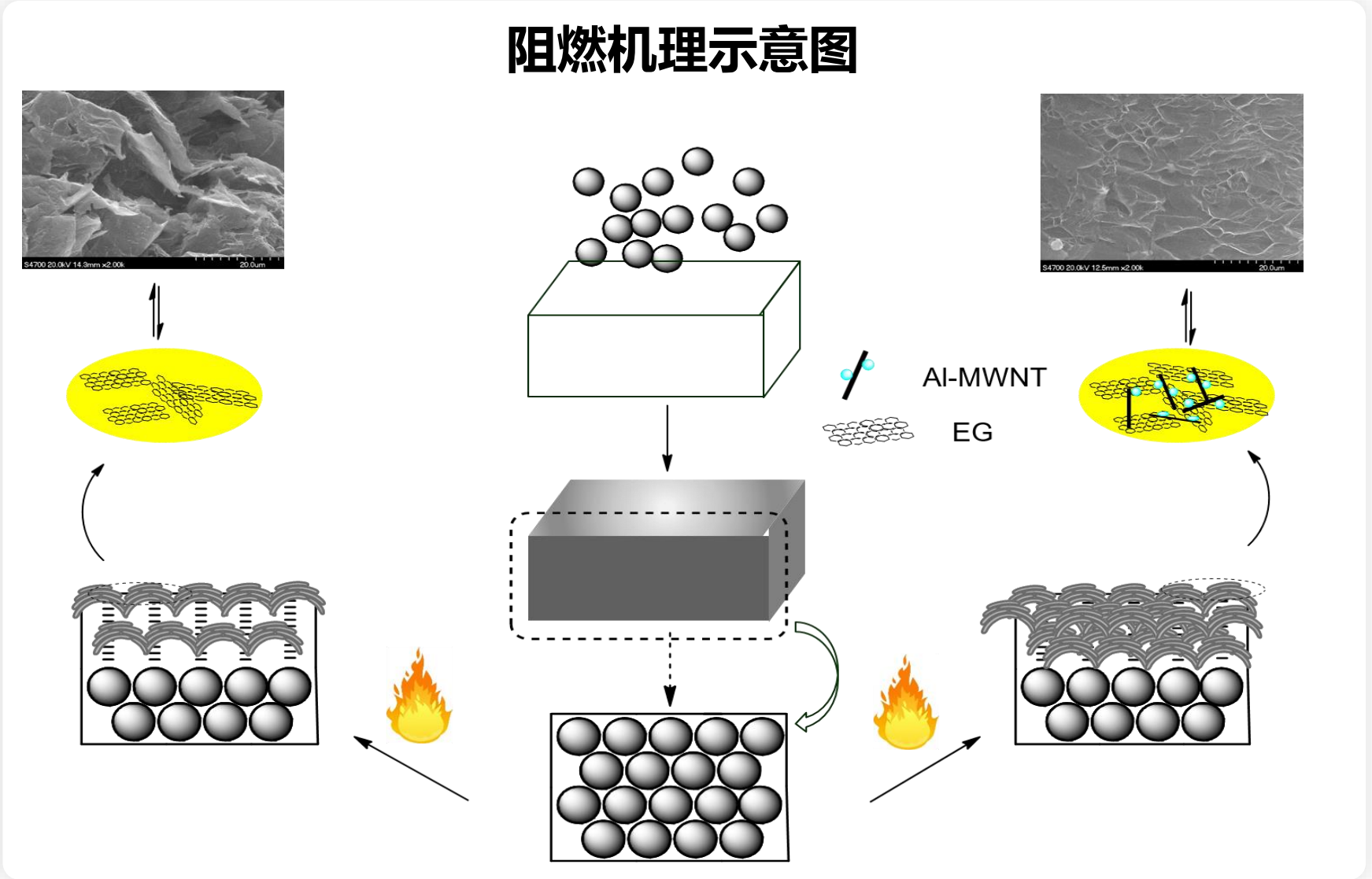


不同EPS泡沫燃烧后残炭形貌 (a) 宏观, (b) 微观



## 改性无机阻燃剂对EPS阻燃行为研究

### 阻燃机理示意图





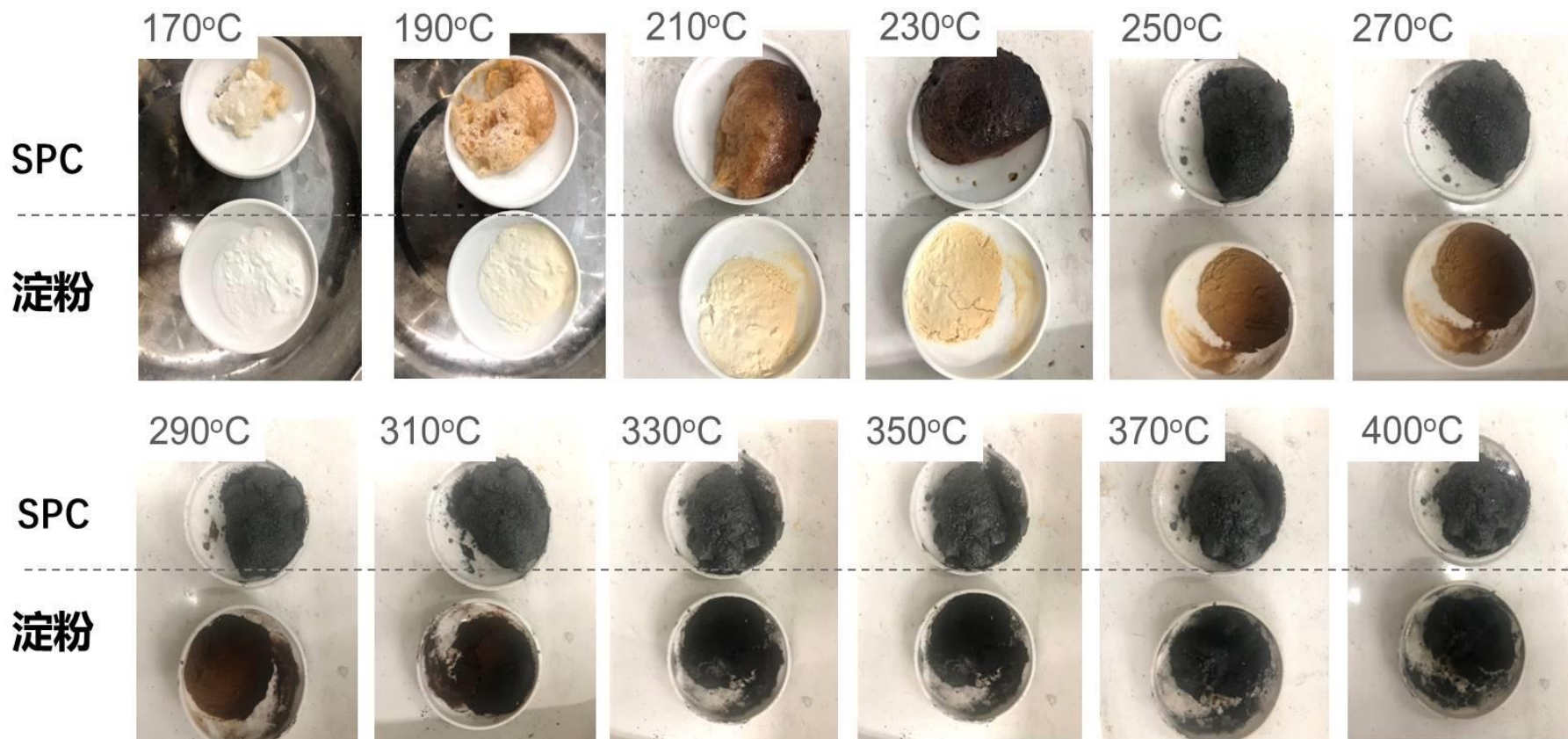
## 磷酸酯阻燃胶的合成及表征

### TG测试



Samples	1	2	3
$T_{max}$ (°C)	206.0	331.9	272.7
Residue (%)	0.26	12.78	22.01

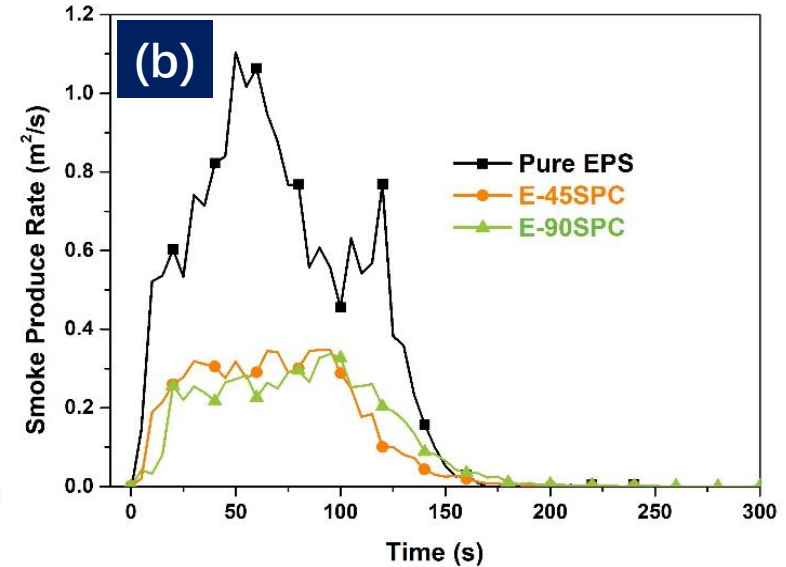
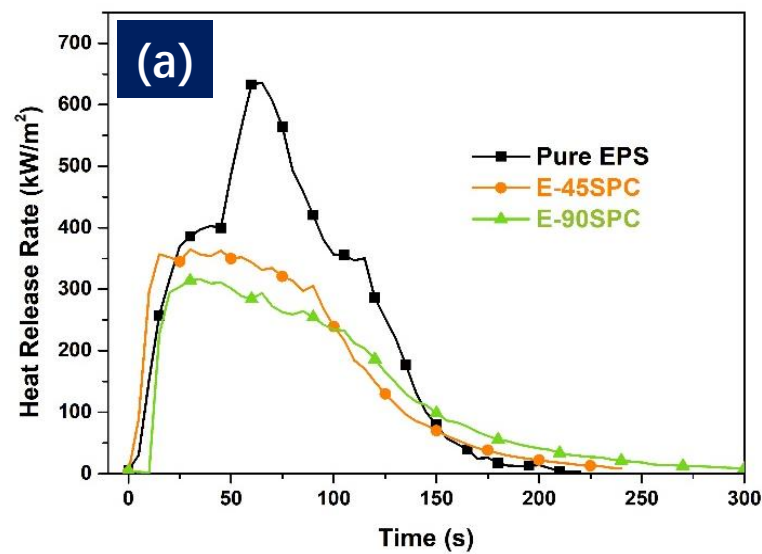
### 马弗炉高温灼烧测试





## 阻燃胶阻燃行为表征

Samples	EPS (phr)	SPC (phr)	LOI (%)	UL-94	
				$t_1/t_2$ (s)	Rating
Pure EPS	100	0	17.6±0.2	-	NR
E-45SPC	100	45	28.0±0.2	1.4/3.4	V-0
E-90SPC	100	90	35.2±0.4	0/0	V-0



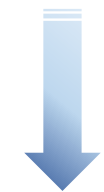
热释放速率(a)与总生烟速率曲线(b)

1 合成**低游离醛**含量树脂，氧指数最高达到**32.6%**

2 金属元素和无机改性阻燃剂复合，形成较为**完整质密的炭层**。

3 成功制备无甲醛磷酸酯**阻燃胶**，EPS/SPC样品良好阻燃性。

低  
甲  
醛



无  
甲  
醛



**第二部分**  
**XPS无卤阻燃技术**





# XPS阻燃材料开发现状

代替

六溴环十二烷

《斯德哥尔摩公约》

中国豁免期至2021

年12月

甲基八溴醚

溴化聚苯

— 环保? 健康?

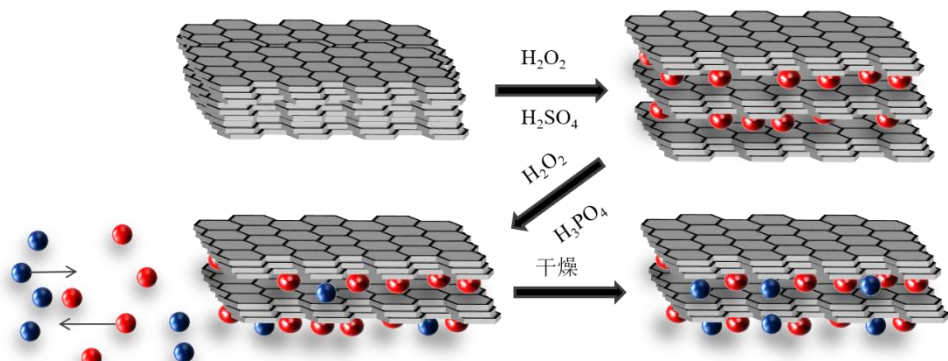
技术  
难点

XPS板材加工温度: **180~240°C**

无卤阻燃剂加入影响**发泡工艺**



## 1、XPS的无卤阻燃体系



2、应用于超临界CO<sub>2</sub>发泡, 研究流变性能, 实现小试, 计划之后放大生产。

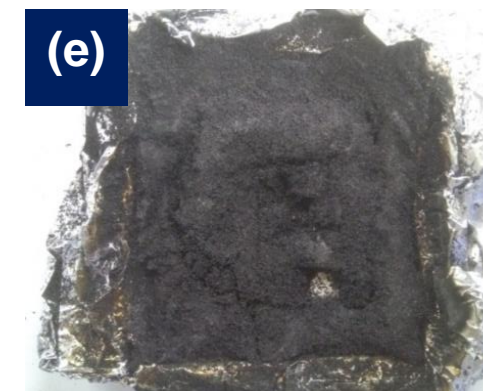
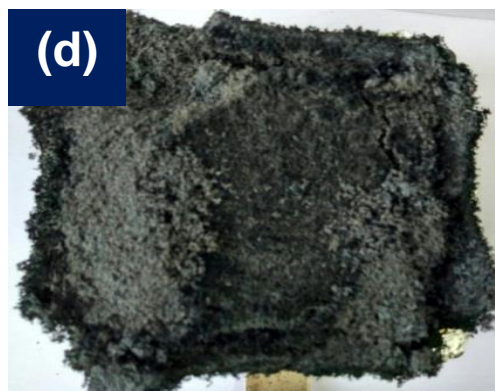
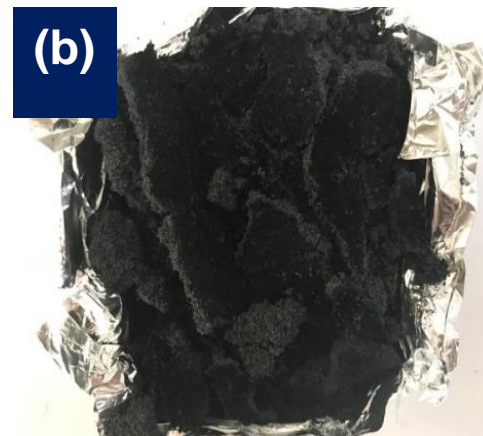






## PS最佳阻燃配方选择

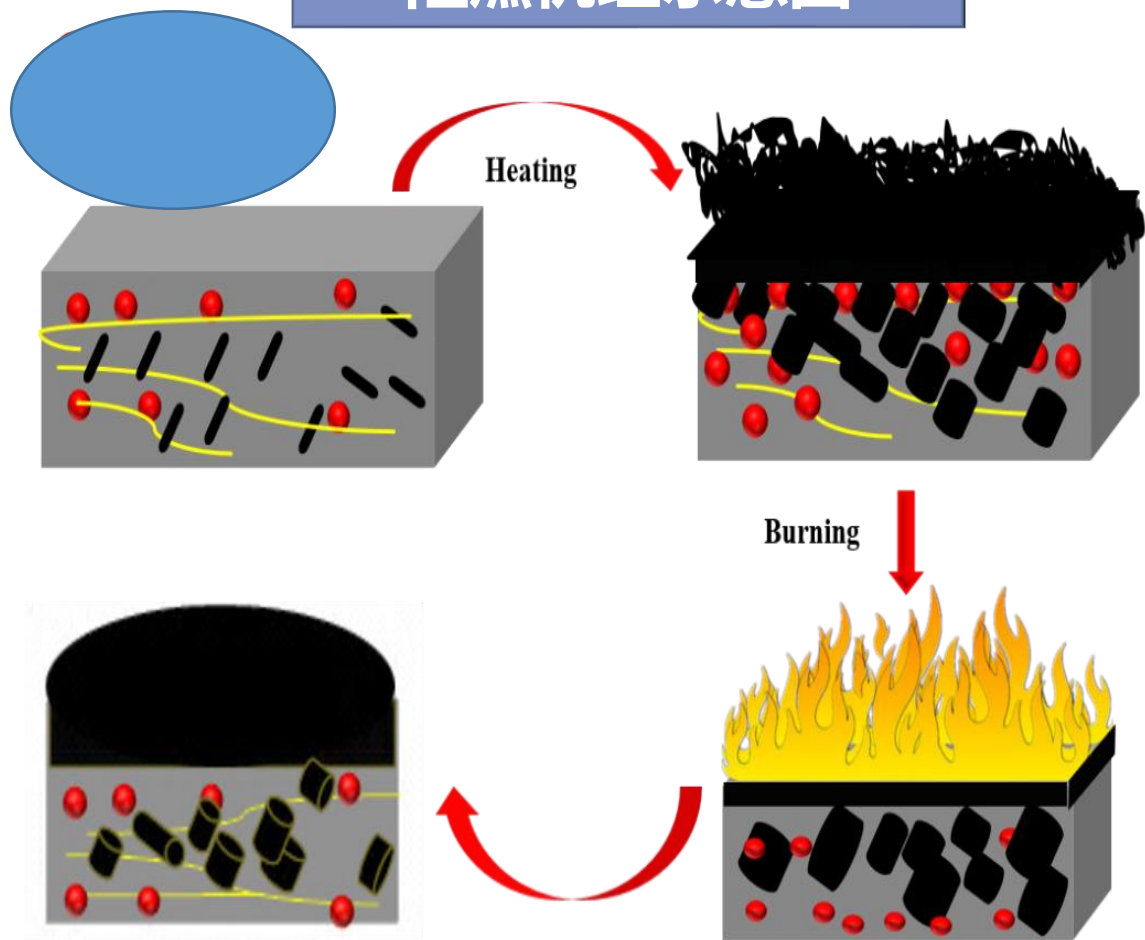
### 锥量测试后残炭照片



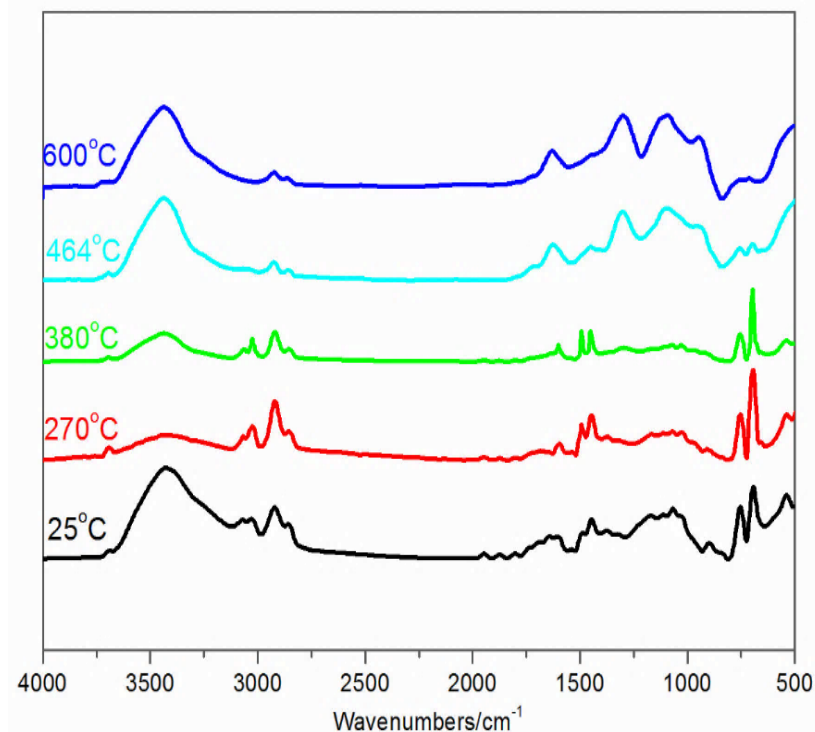


## 阻燃机理探究

### 阻燃机理示意图



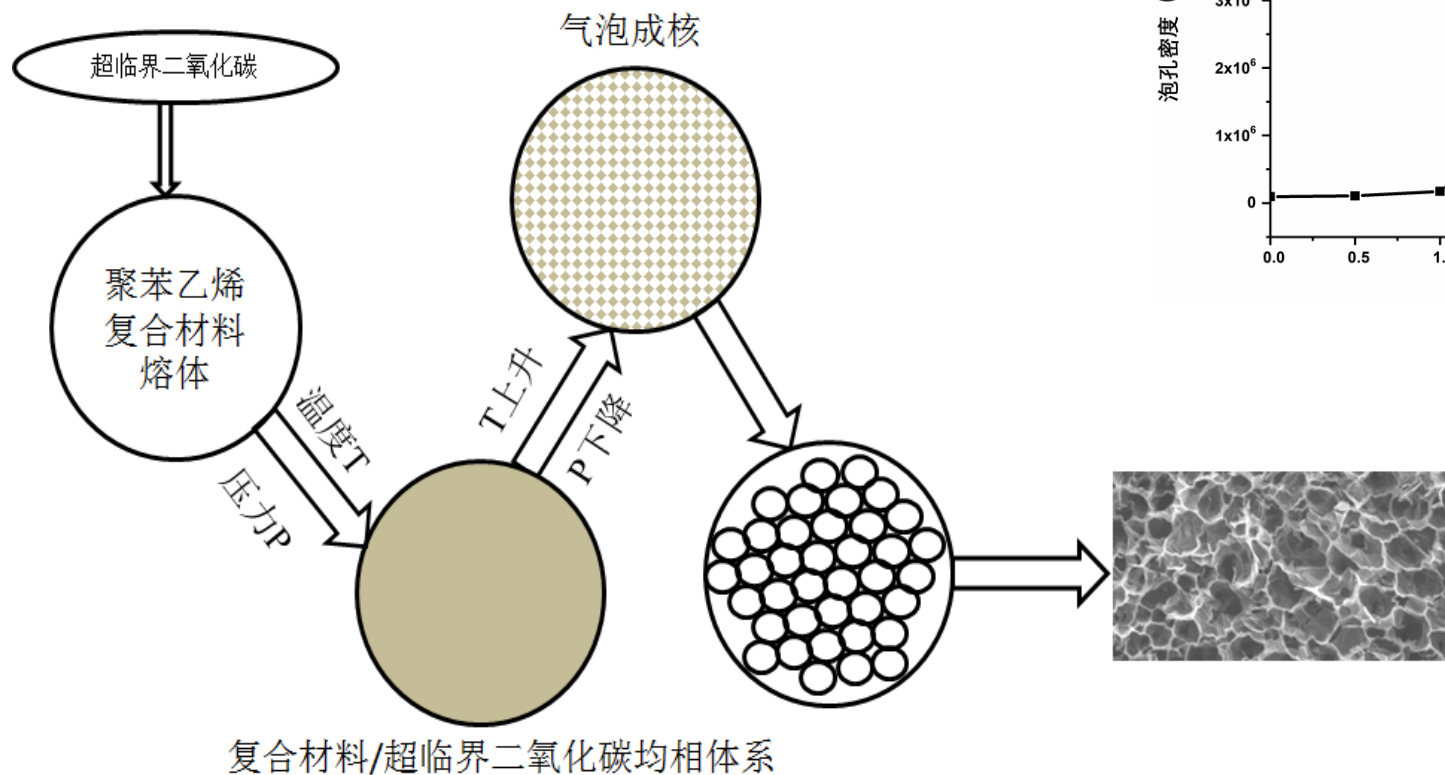
### 复合材料在不同温度下煅烧后的红外谱图



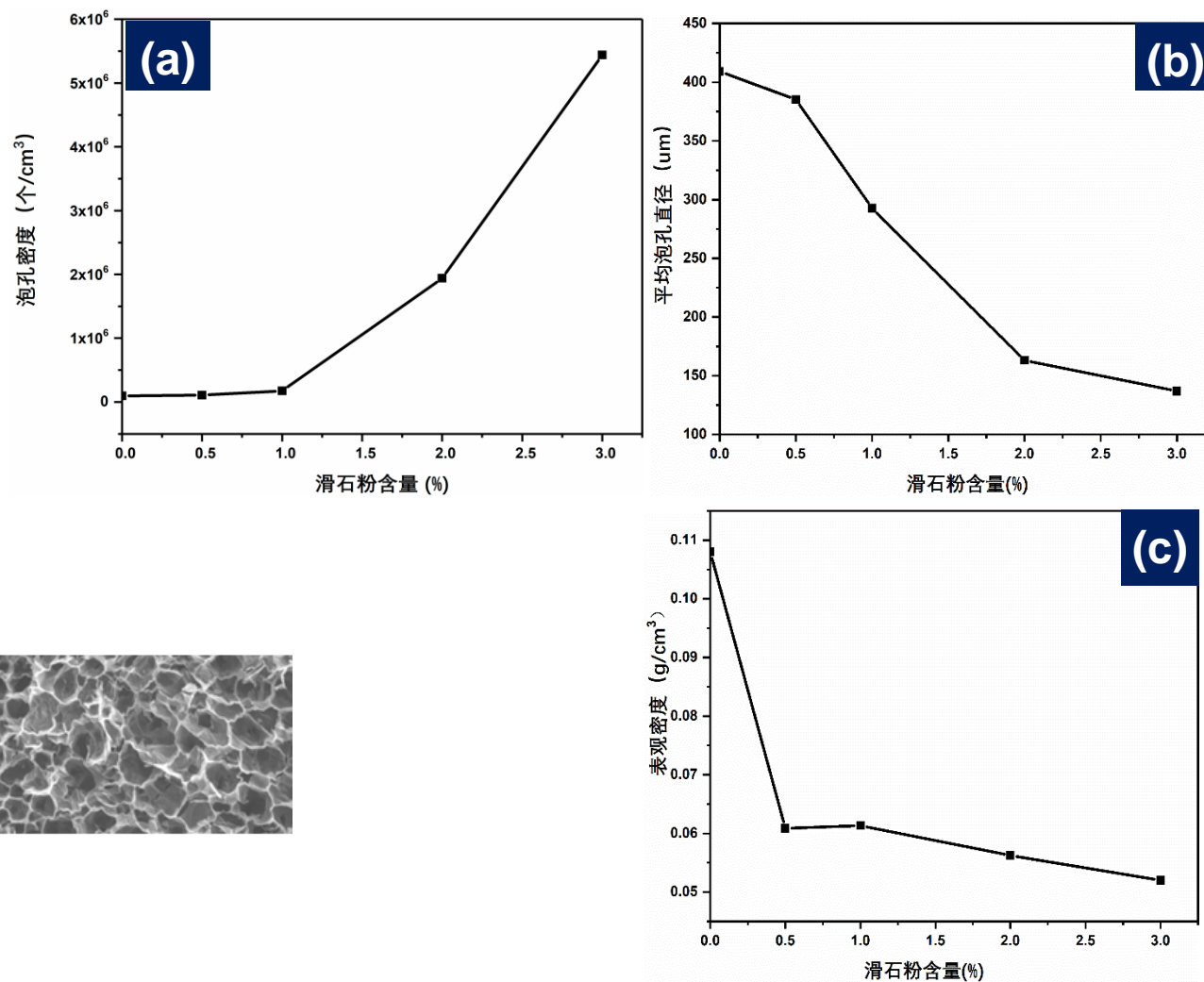


## XPS发泡原理

### 阻燃聚苯乙烯挤塑发泡原理示意图

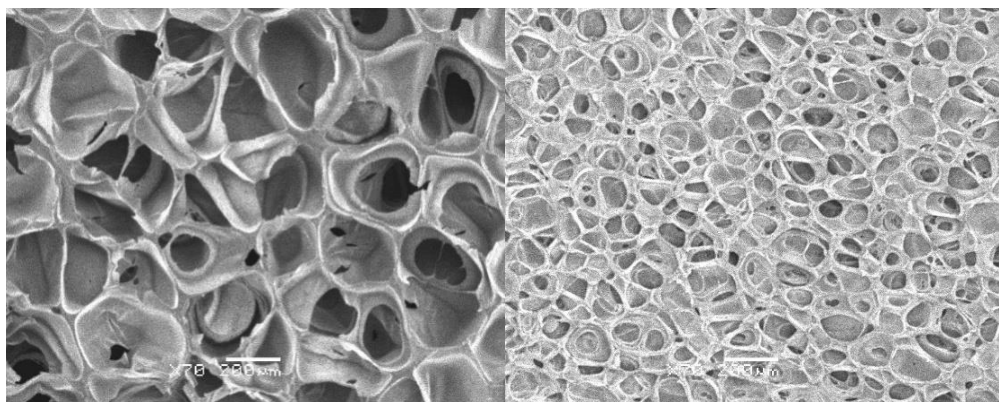


### 传统成核剂对泡孔性能影响

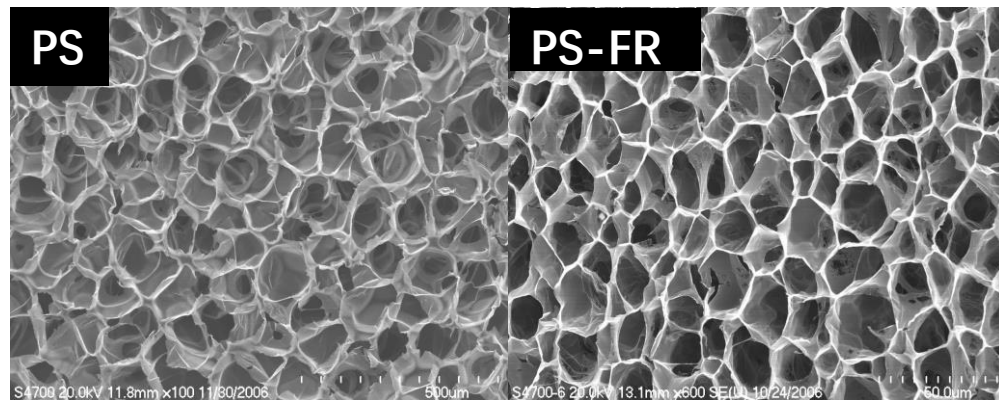




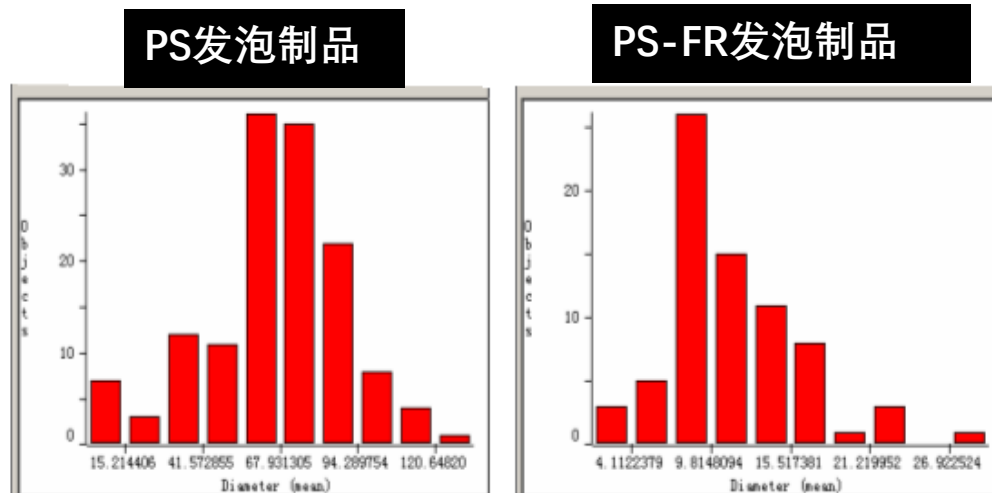
## PS超临界CO<sub>2</sub>发泡研究



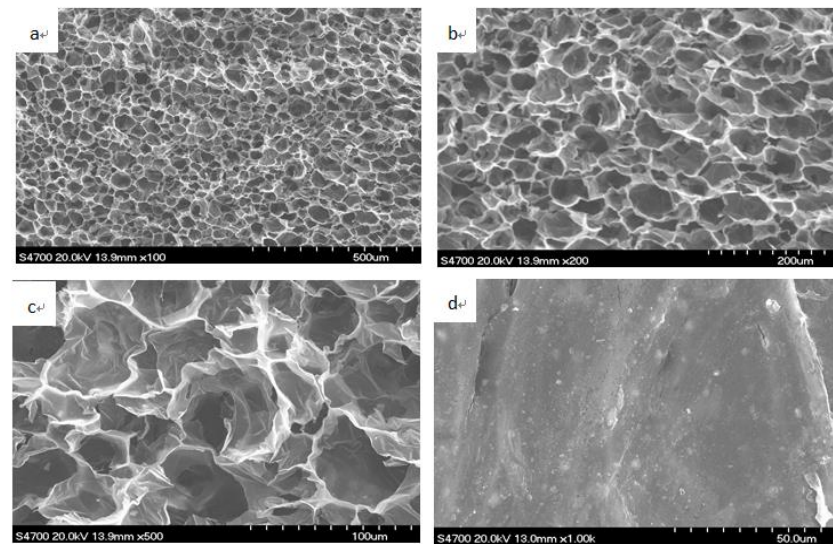
PS超临界CO<sub>2</sub>发泡中SEM分析



两种物料挤出发泡制品的SEM照片



发泡制品的孔径分布图 (机头压力: 17MPa)

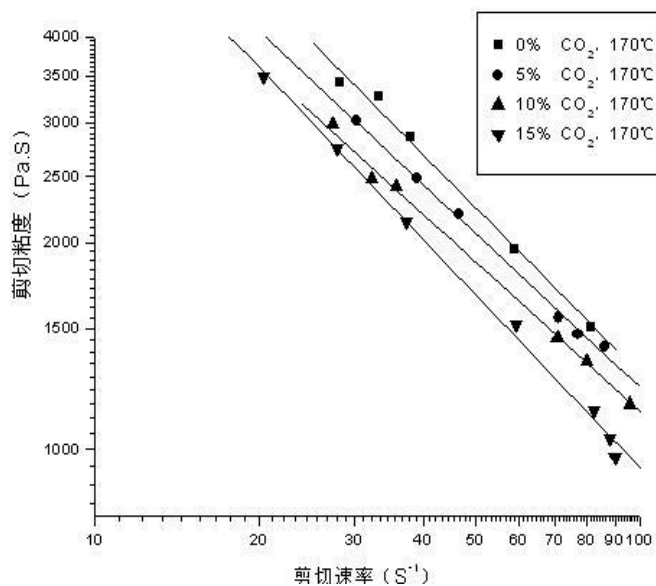
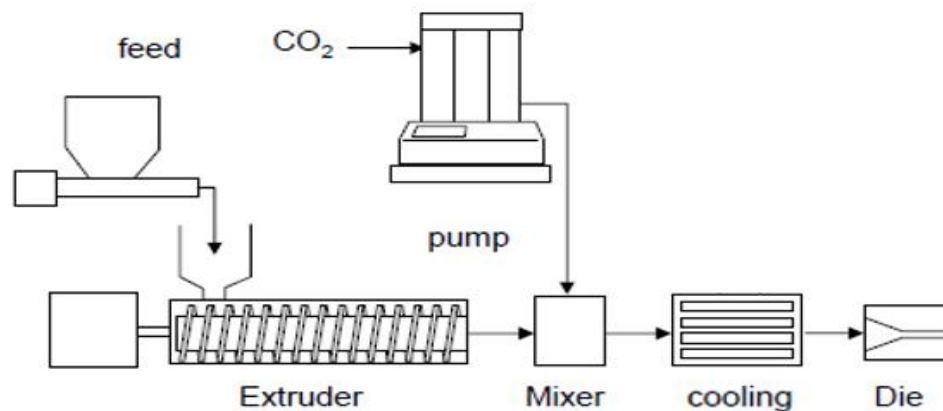


PS-FR挤塑发泡板材SEM分析



## PS超临界CO<sub>2</sub>发泡研究

### PS发泡工艺流程示意图



		CO <sub>2</sub> 0wt%	CO <sub>2</sub> 5wt%	CO <sub>2</sub> 10wt%	CO <sub>2</sub> 15wt%
165°C	n		0.23	0.23	0.22
	η <sub>0</sub>		9571.16	8579.3	8270
170°C	n	0.2	0.22	0.245	0.27
	η <sub>0</sub>	10827.4	9026.87	7339.3	5929
180°C	n		0.24	0.26	0.25
	η <sub>0</sub>		7198	6281.2	5675

## 小试阶段产品样图



## 小试XPS板材



1 成功设计了无卤阻燃XPS保温板的配方和工艺

2 小试得到发泡板材各项性能指标优良

3 可实现**中试和扩大化生产**，设备投资100-200万，空间要求较大

4 **技术国内外领先，环保安全，具有广阔的应用市场前景**



火安全材料研究中心  
CENTER FOR FIRE SAFETY MATERIALS

感谢观看!



喜迎二十大 奋进新征程

