

🚀 超轻阻燃吸音材料在卫星舱热控系统中的应用探索

Applied Research of 4kg/m³ Melamine Foam in Satellite Cabin Acoustic-Thermal Control

一、摘要 (Executive Summary)

随着卫星平台的小型化与多功能集成趋势加快，舱体内部对**轻质、阻燃、吸声、隔热材料**的需求持续上升。传统材料如玻纤毡、PU 泡沫存在质量重、释放颗粒物、耐温差等问题。奥特莱科技研发的**4 kg/m³超轻质三聚氰胺泡沫材料**，具备优异的热稳定性、吸声性能、阻燃等级和环境适应能力，成为卫星舱体热控系统的新型候选材料。

二、项目背景与挑战

在典型卫星舱热控设计中，面临以下挑战：

- 🌡️ **宽温区**：材料需承受 $-196^{\circ}\text{C} \sim +120^{\circ}\text{C}$ 的周期变化
- 🔥 **高阻燃要求**：需满足 UL94 V-0、NASA 低气味/低毒标准
- 📦 **减重压力**：轻量化每克成本极高
- 🏗️ **微重力状态下的结构/声控一体化设计**

传统材料的不足：

材料	问题描述
PU 泡沫	耐温差差、易老化
玻纤毡	重、粉尘多、不环保
蜂窝铝板	刚性强、加工难、导热高

三、材料特性与技术参数

✔ 奥特莱科技 4 kg/m³ 超轻质三聚氰胺泡沫材料技术参数：

项目	数据	备注
密度	4 kg/m ³	世界领先等级
阻燃性	UL94 V-0 (本征)	无卤、无助燃剂
吸声系数 (α)	0.85 (@1000Hz, 20mm)	可提升至 0.9+
工作温度	-196°C ~ +240°C	液氮环境验证通过
导热系数	0.032 W/m·K	常温干态测试
结构形态	开孔 / 梯度蜂窝	适配微重力与复杂结构界面
环保认证	RoHS / REACH 合规、 极低 VOC	可用于航天电子仓环境

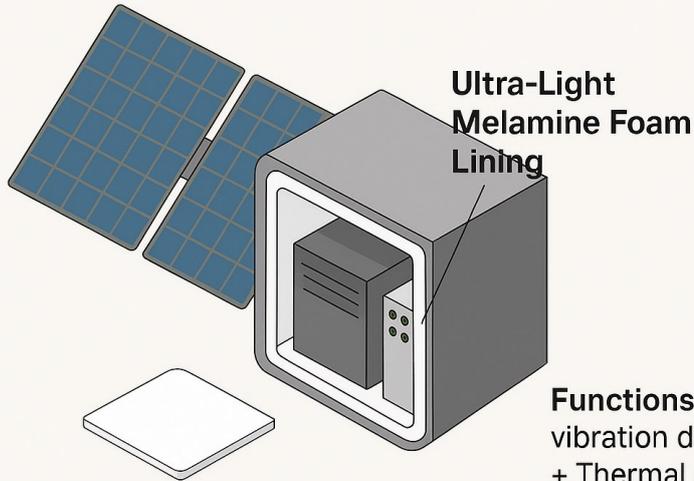
四、典型应用设计与集成方式

📍 场景 1：卫星电子舱体内衬

功能： 吸声降振 + 热控缓冲 + 电磁兼容保护 (可叠加石墨烯层)

优势： 减重 >50%、加工灵活、热膨胀匹配良好

Scenario 1: Satellite Electronics Bay Lining



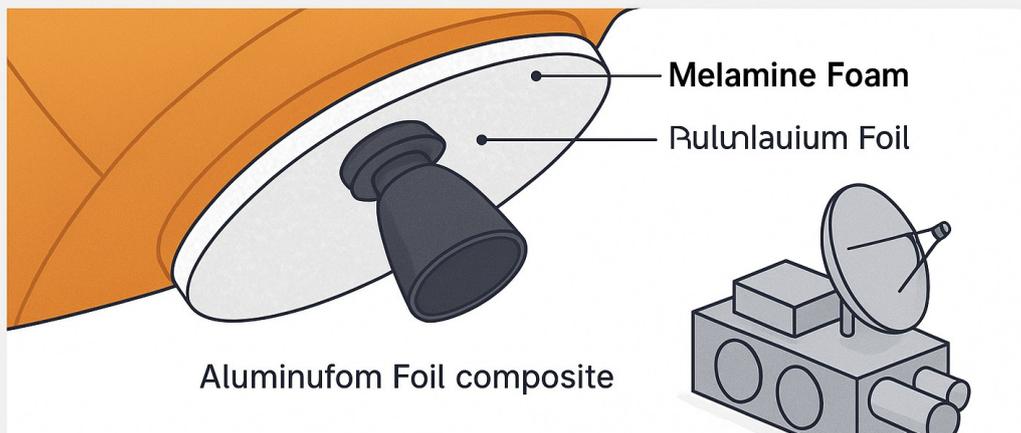
Functions: Sound absorption + vibration damping
 + Thermal control buffering
 + Electromagnetic Compatibility protection (+ optionally graphene layer)

📍 场景 2：推进器舱段防护隔热层

功能： 避免高温区热量向通信设备蔓延

配置： 双层泡沫 + 铝箔复合结构，适配异形空间

📍 Scenario 2: Protective Insulation Layer in Thruster Bay



Functions: Prevent heat from high-temperature areas from spreading to communication equipment

Configuration: Dual-layer foam + aluminum foil composite, adaptable to irregular spaces

📍 场景 3：舱体支撑 / 隔区填充

功能：结构缝隙填充 + 振动吸收

备注：可压缩、复形性强，支持定制开孔率与形状



五、性能验证与对比数据

✅ 与传统材料性能对比：

材料	阻燃等级	吸声系数 (@1000Hz)	密度
PU 泡沫	HF-1	0.60-0.75	15-25 kg/m ³
玻纤毡	V-0	0.45-0.55	60-90 kg/m ³
本产品	V-0	0.85+	4 kg/m ³

✅ 热循环测试说明：

-196°C 浸泡 2 小时 → +240°C 高温加热 2 小时，循环 50 次

➤ 无结构开裂、无永久变形，吸声性能衰减 <5%

六、应用价值与合作建议

-  **性能领先**：国内首个可满足卫星热控系统多维性能要求的开孔泡沫
-  **验证充分**：已完成液氮冲击、热真空、高频吸声等实验
-  **加工灵活**：支持异形模切、复合铝箔、石墨烯导电/吸波层
-  **合作模式灵活**：支持原材料供货、OEM 组件定制、系统共研与国产替代

七、结语

4 kg/m³超轻质三聚氰胺泡沫是航天舱热控系统材料升级的重要突破口。它融合了“极限轻质、广温稳定、本征阻燃、吸音兼容、环保可加工”等核心优势，为下一代微小卫星、高空飞行平台提供了理想的多功能材料基础，具备极强的**国产替代潜力与技术外溢能力**。

 **联系我们 | Contact Us**

成都奥特莱科技有限公司 (SINOYQX)

 **地址**：中国四川省成都市金牛区花照壁西顺街 388 号 3 栋 3 单元 29 层 2908 号

 **邮箱**：sales@sinoyqx.com

 **电话 / 微信**：+86-135-4070-2776

 **官网**：www.xnanom.com