

三聚氰胺泡沫在 BESS 电池舱吸音降噪中的应用白皮书

Melamine Acoustic Foam Solution for BESS Battery Cabin Noise Control

适用场景：BESS 电池舱、Battery Energy Storage System、电池柜、电池架区域、PCS 设备舱、HVAC 温控模块、液冷系统舱、电气控制柜、工业储能设备及其他高安全要求设备舱体吸音降噪应用。

Executive Summary | 概要

随着全球新能源产业快速发展，BESS（Battery Energy Storage System，电池储能系统）正在成为新能源基础设施的重要组成部分。现代 BESS 系统通常集成电池模组、Battery Rack、PCS 功率转换系统、EMS 能源管理系统、HVAC 温控系统、液冷系统、消防系统和电气控制单元。

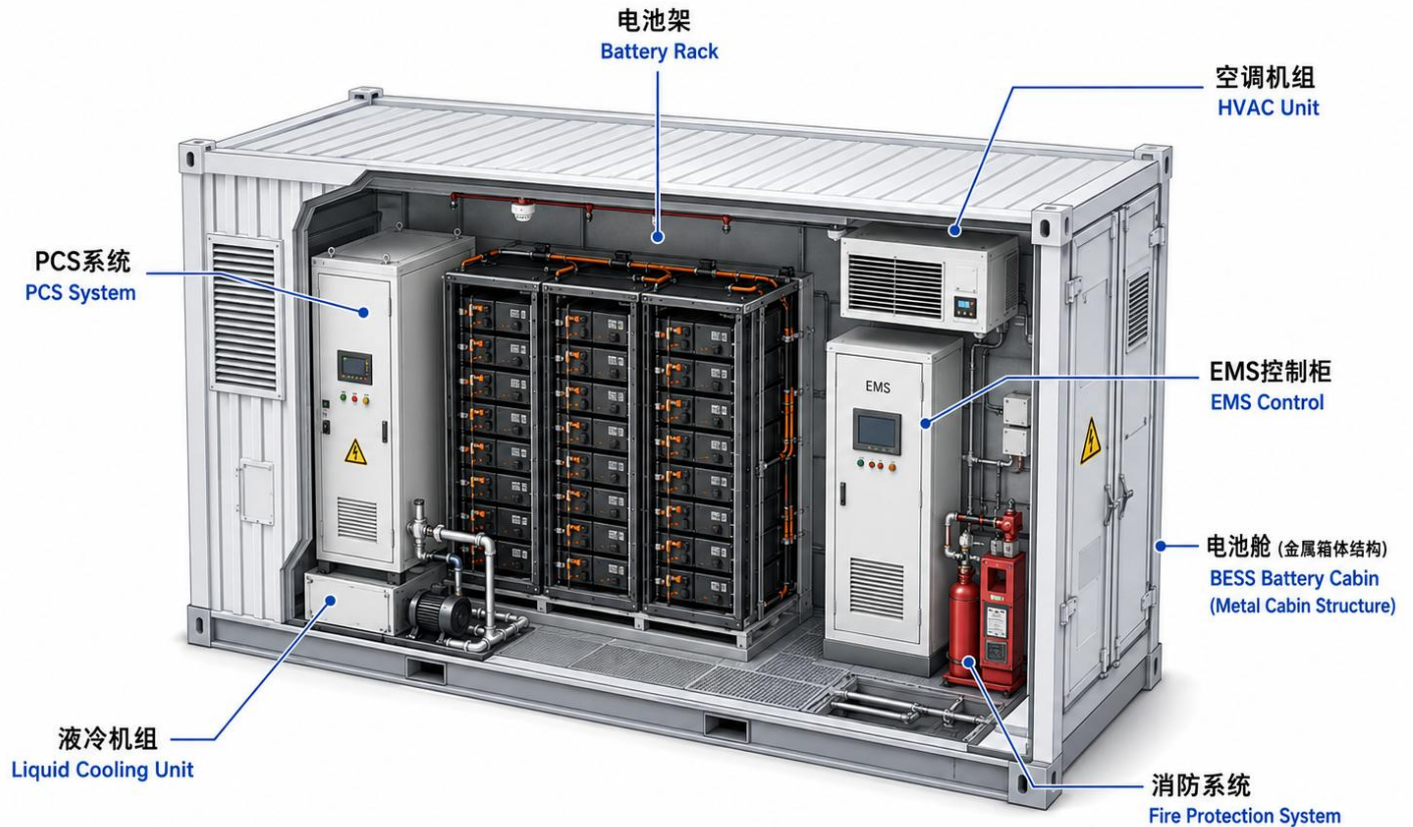
虽然电池单元自身运行噪声较低，但 HVAC、散热风机、液冷泵、PCS 设备等辅助系统长期运行会产生持续噪声。

由于 BESS 通常采用金属结构和封闭空间设计，声波容易产生反射、混响、叠加和局部共振，使实际运行噪声增加。

三聚氰胺泡沫是一种具有三维开孔结构的轻质吸音材料，具有宽频吸音、本质阻燃、超低密度、无纤维掉落、易加工安装等特点。

本白皮书从 BESS 系统结构、噪声来源、声学挑战、材料优势、安装结构、应用区域及解决方案等方面介绍三聚氰胺泡沫在 BESS 电池舱中的应用。

图1 BESS电池舱典型结构示意图
Figure 1. Typical Structure of BESS Battery Cabin



1. BESS 电池储能系统的发展背景

BESS 广泛应用于电网侧储能、工商业储能、光伏储能、风电储能、微电网及数据中心能源保障。

随着储能容量不断提升，系统内部设备更加密集，热管理和电气转换设备运行时间增加，使声学设计成为 BESS 系统的重要组成部分。

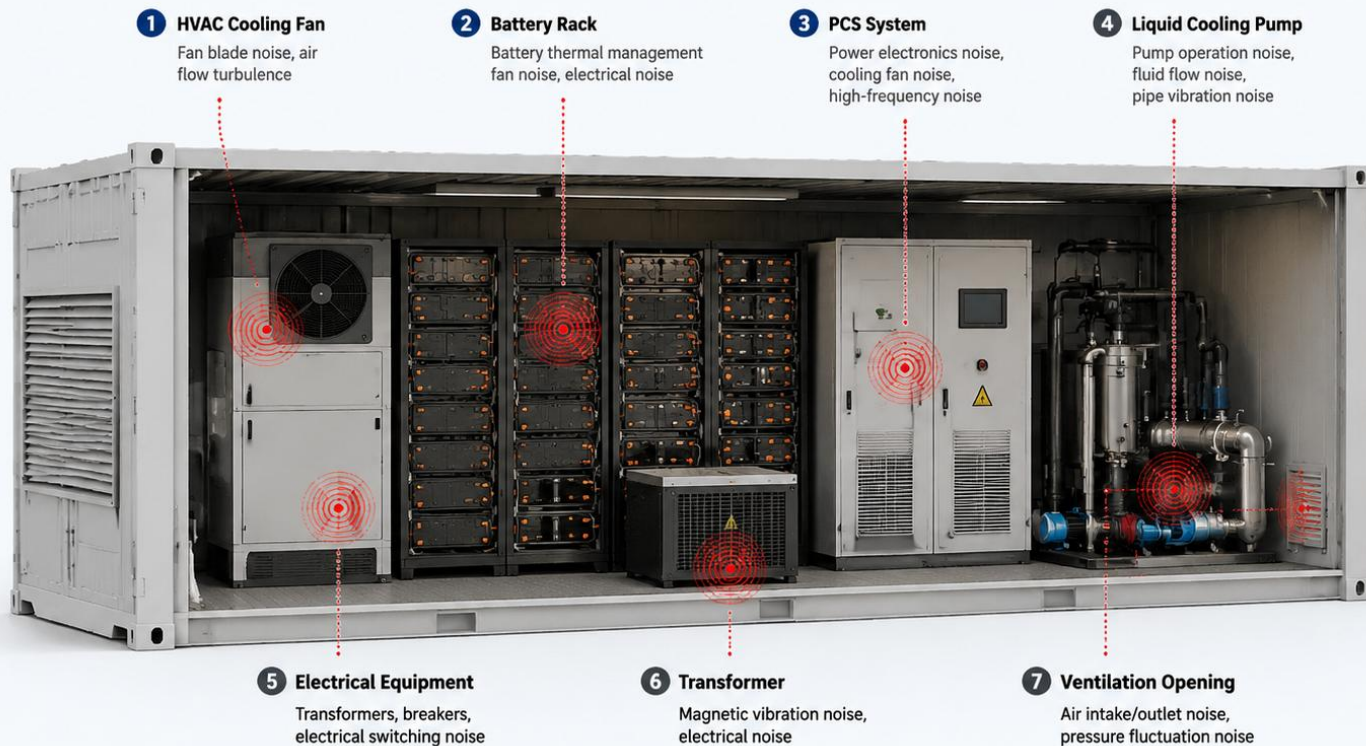
现代 BESS 主要包括：

1. 电池系统 Battery System
2. PCS 功率转换系统
3. HVAC 热管理系统
4. 液冷系统
5. EMS 能源管理系统

通过合理布置吸音材料，可以降低内部声反射，改善设备运行环境。

Figure 2. Main Noise Sources in BESS System

Typical noise sources inside BESS battery cabin



NOISE CHARACTERISTICS



Broad Frequency
20Hz ~ 20kHz



Continuous
Operation



Cumulative
Effect



Reflection &
Reverberation



Impact on Environment
& Personnel

2. BESS 电池舱主要噪声来源

BESS 噪声主要来自多个辅助系统。

HVAC 系统：

包括风机叶片旋转噪声、电机噪声、压缩机噪声以及气流噪声。

液冷系统：

循环泵、阀门、管路运行产生机械振动和结构传播噪声。

PCS 设备：

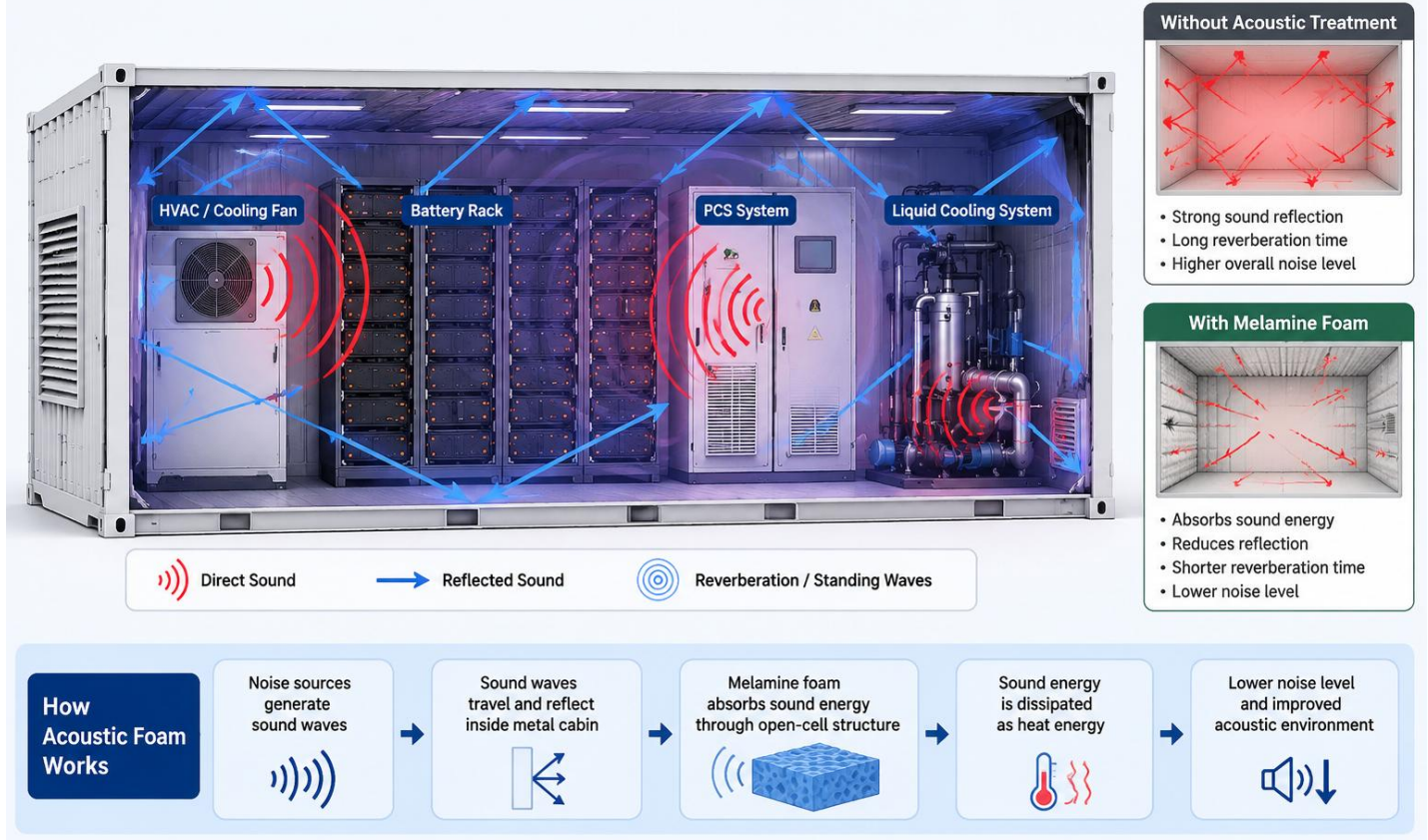
产生功率电子噪声、冷却风扇噪声和电磁振动噪声。

金属舱体：

由于吸声能力较低，声波会在内壁反射，形成混响增强。

Figure 3. Acoustic Propagation Inside BESS Cabin

Sound Reflection and Reverberation in a Metal Cabin



3. BESS 声学设计主要挑战

3.1 空间限制

BESS 内部设备密集，需要材料在有限厚度下提供高吸音效率。

3.2 防火安全要求

储能系统涉及锂电池安全，材料需要具备阻燃、低烟和长期稳定性能。

3.3 热管理兼容性

吸音材料不能阻挡风道、影响散热或降低设备效率。

3.4 长期可靠性

材料需要适应温湿变化、振动和户外环境。

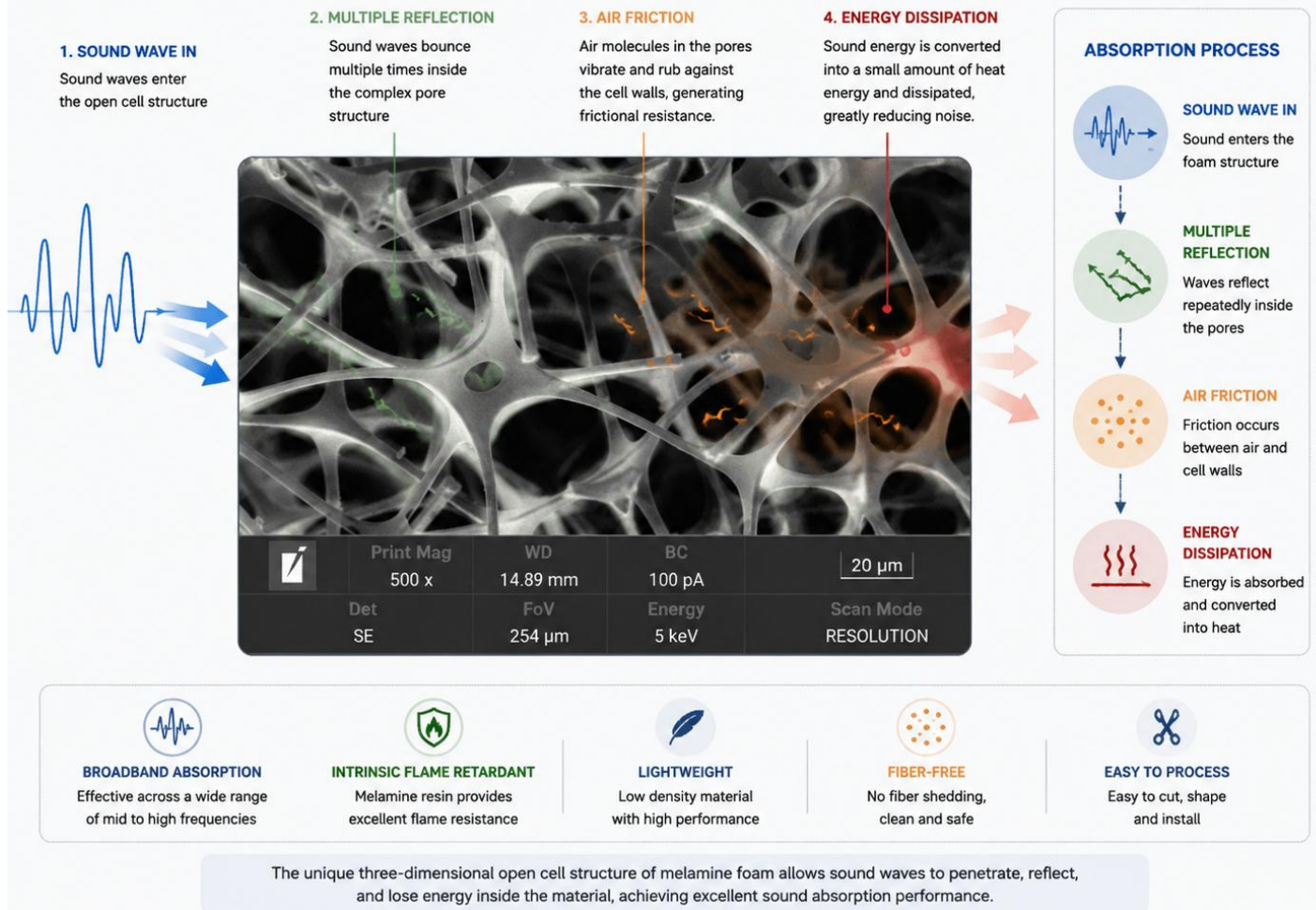
4. 三聚氰胺泡沫吸音机理及优势

三聚氰胺泡沫是一种三维开孔结构吸音材料。

当声波进入材料内部时，会在复杂孔隙中产生空气摩擦和能量耗散，将声能转换为热能，从而降低反射声。

Figure 4. Sound Absorption Mechanism of Melamine Foam

How melamine acoustic foam reduces noise



主要优势：

1. 宽频吸音性能

适合处理 HVAC、风机、PCS 等中高频噪声。

2. 本质阻燃

三聚氰胺树脂具有天然阻燃特性。

3. 超轻量化

典型密度约 7-12 kg/m³。

4. 无纤维掉落

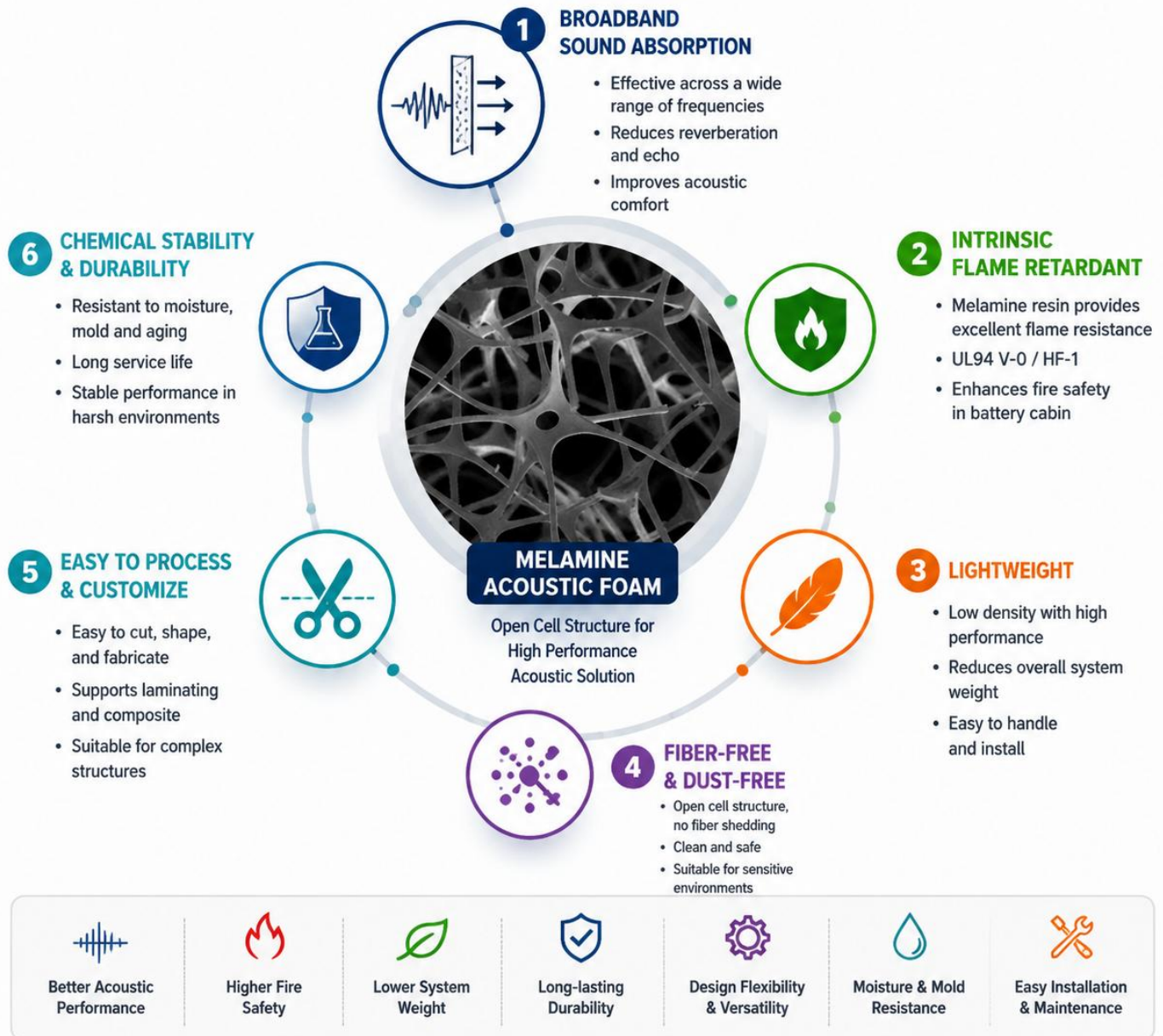
适合电气设备和洁净环境。

5. 易加工

支持裁切、模切、CNC 加工和复合。

Figure 5. Advantages of Melamine Acoustic Foam

Why Melamine Foam is the Ideal Choice for BESS Acoustic Solution



5. BESS 典型安装结构

标准舱壁吸音结构：

金属舱体钢板

↓

阻燃粘接层

↓

三聚氰胺泡沫吸音层

↓

保护面层（可选）

HVAC 区域可采用：

设备区域

↓

30–50mm 三聚氰胺泡沫

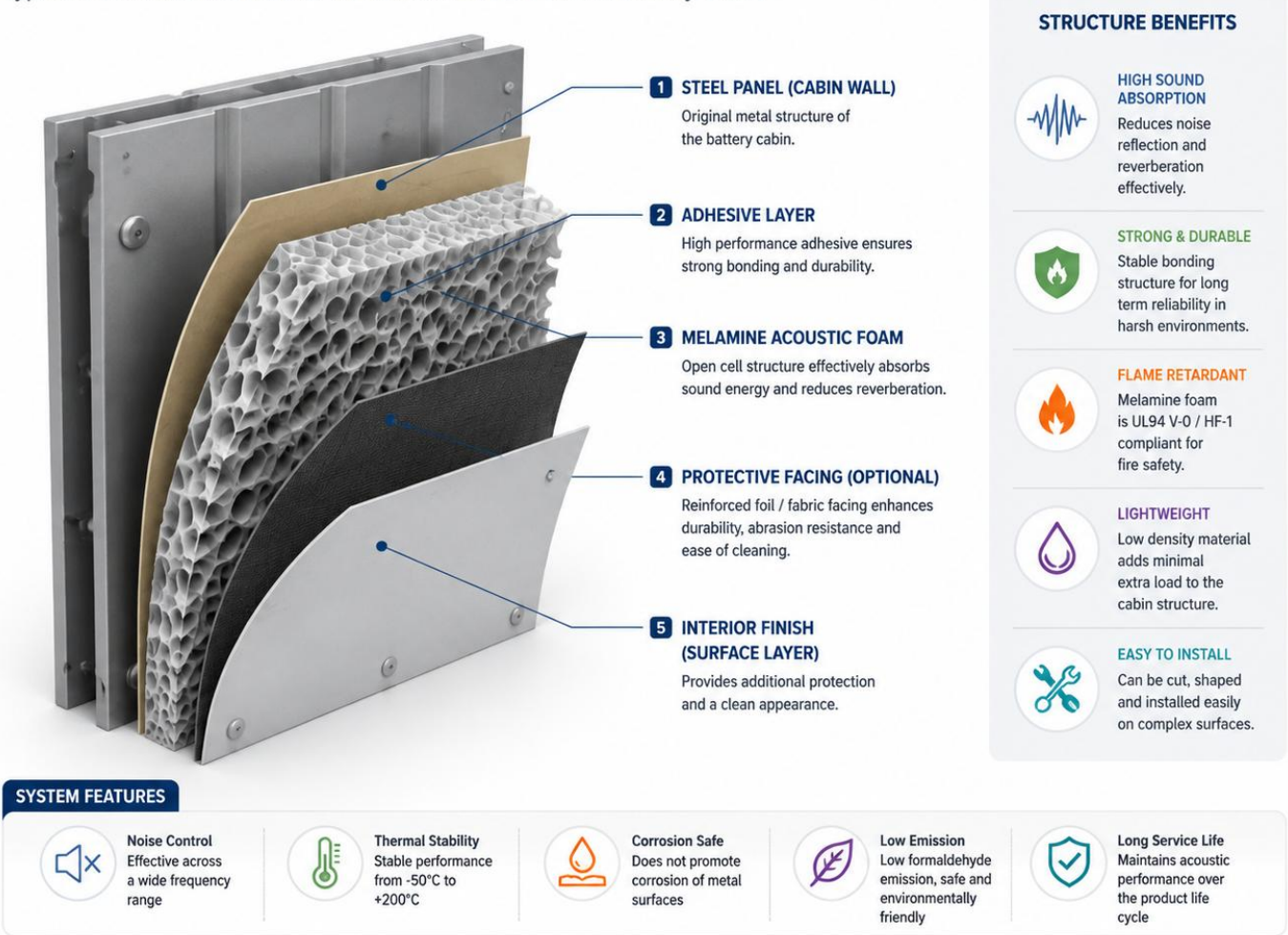
↓

穿孔保护板

PCS 和液冷系统可采用局部吸音罩结构。

Figure 6. BESS Acoustic Lining Structure

Typical Installation Structure of Melamine Acoustic Foam in Battery Cabin



6.2 顶部区域

减少顶部反射和混响。

6.3 HVAC 区域

降低风机和气流噪声。

6.4 PCS 区域

优化电子设备运行声环境。

6.5 液冷系统区域

结合减振措施降低泵组噪声。

6.6 门板区域

减少局部反射。

Figure 7. Recommended Installation Areas in BESS

Optimal Acoustic Treatment Zones for Maximum Noise Reduction Performance



DESIGN TIP

Full or partial coverage of these zones with melamine acoustic foam can significantly reduce reverberation, control noise transmission paths, and help meet strict noise requirements for BESS applications.

7. 厚度、密度及结构选择建议

20–25mm:

适用于电池舱壁、顶部、门板等标准吸音区域。

30–50mm:

适用于 HVAC、PCS、风机和重点噪声区域。

密度建议:

7–9 kg/m³适用于大面积吸音;

9–12 kg/m³适用于综合性能要求区域。

复合方式:

裸泡沫、背胶、铝箔复合、PET 复合、穿孔板保护结构。

8. 声学性能参考

典型吸音系数:

500Hz: 0.30–0.45

1000Hz: 0.65–0.85

2000Hz: 0.80–0.95

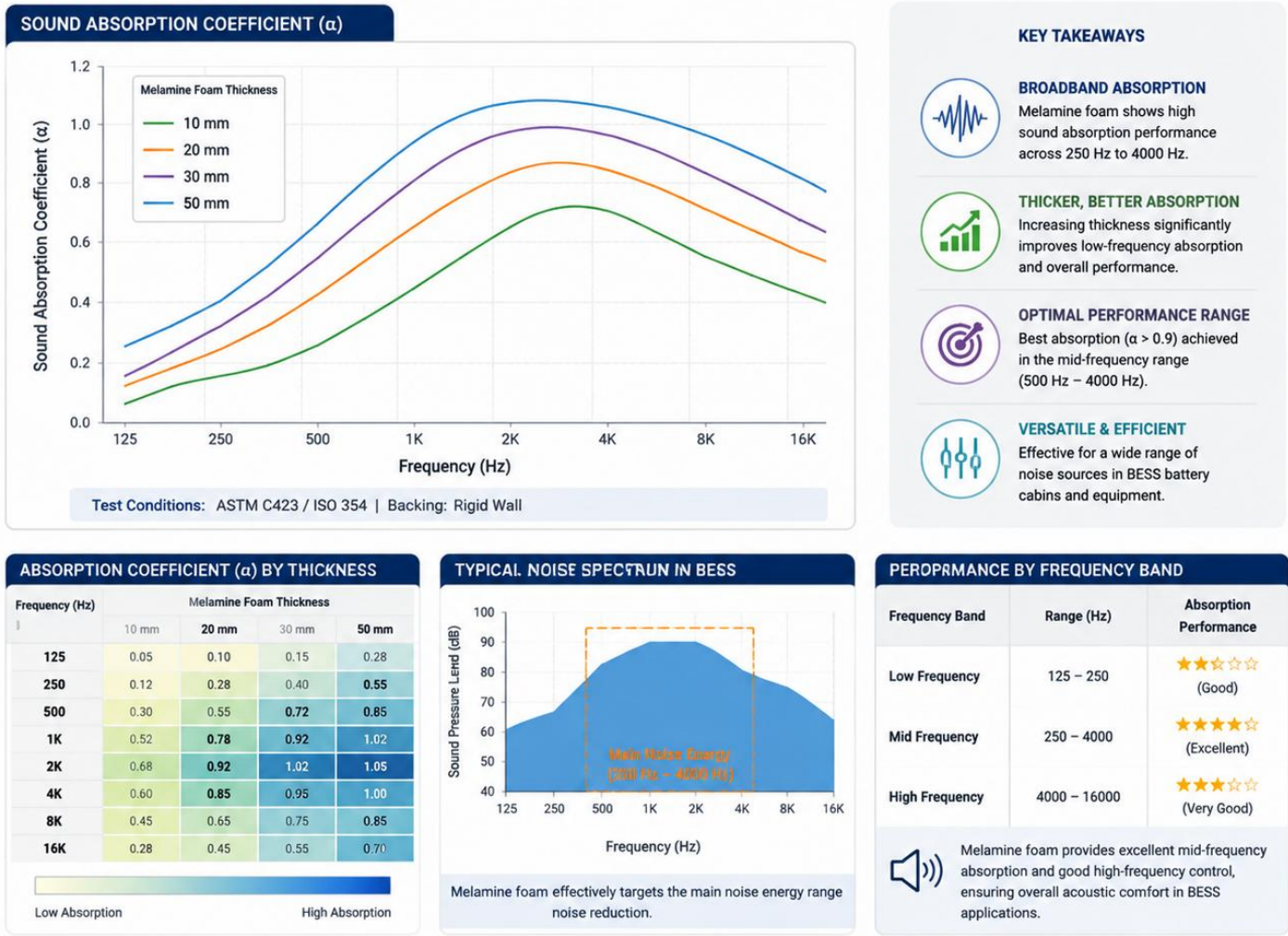
4000Hz: 0.85–1.00

实际效果取决于厚度、密度、安装方式、空气层以及噪声频谱。

合理设计后，系统整体声环境通常可改善约 8–18dB。

Figure 9. Acoustic Performance of Melamine Foam

Excellent Sound Absorption Across a Wide Frequency Range



MAXIMIZE ACOUSTIC COMFORT & NOISE CONTROL

With its open cell structure and high porosity, melamine foam delivers superior sound absorption across a broad frequency range, effectively reducing reverberation and improving the acoustic environment in BESS battery cabins.

9. 与传统吸音材料比较

- 玻璃棉：
吸音性能较好，但存在纤维掉落和洁净度问题。
- 岩棉：
阻燃性能优秀，但重量较高。
- 聚酯纤维：
重量轻，但高温和阻燃性能有限。
- 橡塑材料：
主要用于保温，吸音能力有限。

三聚氰胺泡沫：

兼具高吸音、阻燃、轻量化和洁净优势，更适合 BESS 应用。

10. BESS 专项声学解决方案

方案 1: Battery Cabin Wall Acoustic Lining

金属舱体 + 阻燃胶 + 20-25mm 三聚氰胺泡沫。

方案 2: HVAC Noise Reduction

30-50mm 泡沫结合穿孔保护层。

方案 3: PCS Acoustic Optimization

设备局部罩体内部增加吸音结构。

方案 4: Liquid Cooling Acoustic Package

减振与吸音结合，降低泵组和结构传播噪声。

11. 安装设计注意事项

安装时需要注意：

- 不阻挡进风口和排风口；
- 不影响消防系统；
- 保留维护空间；
- 高速气流区域增加保护层；
- 选择耐温、阻燃、长期稳定胶黏方案；
- 根据噪声频谱选择厚度。

12. SINOYQX BESS Acoustic Solution

SINOYQX 提供面向 BESS 系统的三聚氰胺泡沫声学解决方案。

产品形式包括：

- 裸泡沫材料
- 背胶泡沫
- 铝箔复合产品
- PET 复合产品
- CNC 加工件
- 定制组件

可提供材料选型、结构设计、样品测试及工程支持。

13. 总结

随着 BESS 系统向高容量、高集成和低噪声方向发展，声学设计已经成为储能系统的重要组成部分。

三聚氰胺泡沫凭借优异吸音性能、本质阻燃、低重量、洁净性和加工便利性，是 BESS 电池舱吸音降噪的重要材料选择。

SINOYQX 致力于为全球储能系统制造商提供轻量化、高安全、高性能的声学解决方案。