SINOYQX YDNFoam

三聚氰胺泡沫在储能集装箱吸音降噪中的应用白皮书

Melamine Acoustic Foam Solution for Energy Storage Container Noise Control

适用场景：

储能集装箱、BESS 电池舱、PCS 设备舱、工业控制柜、风机舱体、空调风道周边、设备隔音罩及其他金属箱体吸音降噪应用。

Executive Summary｜概要

随着新能源储能系统，特别是集装箱式电池储能系统 BESS 的快速发展，设备运行噪音逐渐成为项目设计、现场验收和长期运维中的重要问题。

储能集装箱内部通常集成电池模组、逆变器、PCS、空调系统、散热风机、消防及电气控制单元。由于箱体多为金属结构，内部空间相对封闭，风机、空调和电气设备产生的噪音容易在箱体内发生反射、叠加与共振，导致整体噪声水平升高。

三聚氰胺泡沫是一种具有三维开孔结构的轻质吸音材料，具备宽频吸音、本质阻燃、低密度、易加工、无纤维掉落等特点，适合用于储能集装箱内部的吸音内衬、风机周边降噪、局部罩体降噪及设备舱体声学优化。

本白皮书从储能集装箱的噪音来源、应用挑战、材料优势、安装结构、推荐安装区域、厚度建议及材料对比等方面，介绍三聚氰胺泡沫在储能集装箱吸音降噪中的应用方案。

---

1. 应用背景

Application Overview

集装箱式储能系统因其模块化、运输方便、安装快速、集成度高等优势，广泛应用于电网调峰、工商业储能、光伏/风电配套储能、微电网、数据中心后备电源及大型能源项目。

然而，随着储能系统功率密度提升，内部热管理系统、空调系统和电气转换设备的运行负荷也不断增加。为了保证电池系统在安全温度范围内运行，储能集装箱通常配置大量散热风机、空调系统和强制通风结构。这些设备在运行过程中会持续产生噪音。

与普通开放空间不同，储能集装箱内部多为金属壁面，声波在金属箱体内壁之间反复反射，容易形成声能叠加和局部共振，使得风机噪音、电机噪音和中高频气流噪音更加明显。

因此，在储能集装箱内部合理布置吸音材料，可以有效降低噪音反射、削弱箱体共振、改善设备运行声环境，并提升项目整体舒适性与合规性。

---

2. 储能集装箱的主要噪音来源

Main Noise Sources in Energy Storage Containers

储能集装箱的噪音并非来自单一设备，而是由多个系统共同作用形成。常见噪音来源包括以下几个方面：

2.1 散热风机噪音

Cooling Fan Noise

散热风机是储能集装箱中最主要的噪音来源之一。电池模组、PCS、逆变器和电气柜在运行过程中都会产生热量，需要通过风机进行强制通风和散热。

风机噪音通常包含：

- 叶片旋转噪音
- 电机运行噪音
- 气流冲击噪音
- 风道湍流噪音

其中，中高频噪音较为明显，容易产生尖锐、持续的噪声感。

2.2 空调系统噪音

HVAC Noise

储能集装箱需要稳定控制内部温度，因此通常配置工业空调或液冷辅助系统。空调系统在运行过程中会产生压缩机噪音、风机噪音和气流噪音。

当空调进出风口与金属壁面、设备柜体距离较近时，声波容易在局部空间内反射放大。

2.3 逆变器与电气设备噪音

Inverter and Electrical Equipment Noise

PCS、逆变器、变压器、电气控制柜等设备在运行时可能产生电磁噪声、低频嗡鸣及高频啸叫。虽然单一设备的声压级可能不高，但多个设备同时运行时，噪音会叠加。

2.4 气流湍流与结构反射噪音

Airflow Turbulence and Structural Reflection

储能集装箱内部空间紧凑，设备、风道、电缆桥架和结构支撑件较多。气流在这些结构之间流动时，容易形成湍流噪音。

此外，金属箱体本身反射性强，吸声能力弱，声波在箱体内部多次反射，会造成混响时间增加，使噪音更加明显。

---

3. 应用挑战

Application Challenges

储能集装箱内部吸音降噪并不是简单地贴一层吸音材料，而是需要同时考虑安全性、空间、散热、安装、耐久性和后期维护等因素。

3.1 空间受限，不能影响散热与维护

Limited Space without Affecting Heat Dissipation and Maintenance

储能集装箱内部空间紧凑，设备排布密集，通风路径和维护通道有限。吸音材料的安装不能阻挡风道，不能影响电池模组散热，也不能影响后期检修。

因此，材料需要具备较高的吸音效率，在有限厚度下实现有效降噪。

3.2 防火要求高

High Fire Safety Requirements

储能系统涉及大量电池单元和电气设备，安全等级要求高。吸音材料必须具备良好的阻燃性能，不能成为火焰传播源，也不能在高温下产生明显安全风险。

相比普通聚酯棉、橡塑材料等需要额外阻燃处理的材料，三聚氰胺泡沫具有本质阻燃特性，更适合储能集装箱等高安全要求场景。

3.3 环境复杂

Complex Operating Environment

储能集装箱通常部署在户外或半户外环境中，可能面临：

- 高低温变化
- 湿度变化
- 粉尘环境
- 振动
- 长期连续运行

因此，吸音材料需要保持长期稳定，不易粉化、不易掉纤维，并具备良好的加工适应性。

3.4 兼顾轻量化与吸音效率

Balance between Lightweight Design and Acoustic Efficiency

储能系统对整体重量、运输成本和安装便利性有要求。传统玻璃棉虽然吸音性能较好，但重量较高，且存在纤维脱落问题。聚酯棉重量较轻，但阻燃和耐温性能通常有限。

三聚氰胺泡沫密度低，通常可在较轻重量下提供良好的中高频吸音效果，适合用于集装箱内壁及局部设备区域。

---

4. 为什么选择三聚氰胺泡沫

Why Melamine Foam

三聚氰胺泡沫是一种由三聚氰胺树脂发泡形成的三维网状开孔材料。其独特的开孔结构能够使声波进入材料内部，并在孔隙结构中不断摩擦、反射和耗散，从而将声能转化为热能，实现吸音降噪。

4.1 宽频吸音性能

Broadband Sound Absorption

三聚氰胺泡沫具有高开孔率结构，能够有效吸收中高频噪音，尤其适合风机噪音、气流噪音和电气设备运行噪音。

在储能集装箱中，这类噪音通常集中在中高频范围，因此三聚氰胺泡沫能够针对性改善箱体内部声环境。

4.2 本质阻燃

Intrinsic Flame Retardancy

三聚氰胺泡沫的基体材料具有较高的氮含量，具备天然阻燃特性，不需要大量添加卤素阻燃剂即可实现较好的防火表现。

对于储能系统、电池舱、设备舱等高安全场景，材料的阻燃性能是关键指标之一。

4.3 低密度轻量化

Lightweight Structure

三聚氰胺泡沫密度低，常见密度范围约为 7–12 kg/m³，远低于多数传统吸音材料。在集装箱内部大面积安装时，可以有效减轻系统负担。

轻量化特点也有利于运输、现场安装和后期维护。

4.4 无纤维掉落，洁净度更好

Fiber-Free and Cleaner Installation

玻璃棉、岩棉等纤维类材料在切割和长期振动环境下可能出现纤维脱落、粉尘污染等问题。三聚氰胺泡沫为泡沫结构，不属于纤维毡材料，洁净度更好，更适合设备舱体及电气空间。

4.5 易裁切、易贴装、适配复杂结构

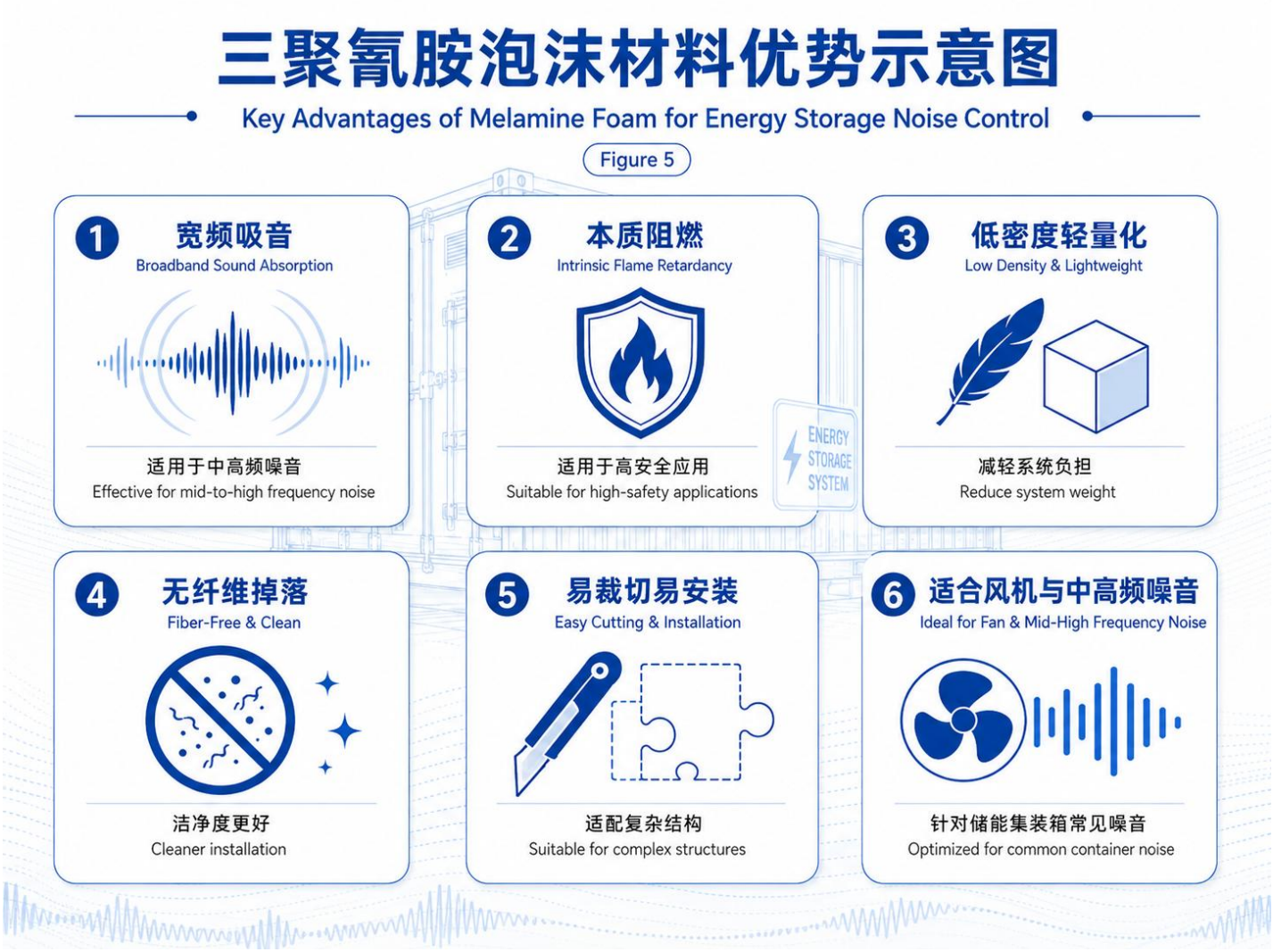
Easy Cutting and Installation

三聚氰胺泡沫可根据箱体内壁、顶部、风机罩、设备隔板等结构进行裁切、复合和贴装。可与背胶、无纺布、铝箔、玻纤布、穿孔板等材料复合，形成不同应用结构。

4.6 适用于风机噪音与中高频降噪

Suitable for Fan Noise and Mid-to-High Frequency Noise Control

储能集装箱噪声中，风机与气流噪声占比较高。三聚氰胺泡沫对中高频噪音具有良好吸收能力，适合用于风机周边、风道、设备隔板和内壁吸音。



---

5. 典型安装结构

Typical Installation Structure

在储能集装箱中，三聚氰胺泡沫通常作为内衬吸音材料使用，可安装于金属箱体内壁、顶部、风机周边、隔板、局部罩体或设备舱内表面。

典型结构可由以下几层组成：

5.1 金属箱体内壁

Metal Container Wall

储能集装箱通常采用钢结构或金属板材作为箱体。金属表面对声波反射强，吸声性能弱，是造成箱体内部混响和噪音放大的主要原因之一。

在金属内壁上增加吸音层，可以减少声波反射，降低内部声能叠加。

5.2 粘接层

Adhesive Layer

粘接层用于将三聚氰胺泡沫固定在箱体内壁或设备表面。可根据实际使用环境选择背胶、耐温胶、阻燃胶或机械固定方式。

对于高温、潮湿或振动环境，建议选用耐温性、阻燃性和长期粘接稳定性更好的胶黏方案。

5.3 三聚氰胺吸音泡沫层

Melamine Acoustic Foam Layer

三聚氰胺泡沫是主要吸音功能层。声波进入泡沫内部后，在开孔结构中发生摩擦和耗散，从而降低反射声能。

泡沫厚度可根据噪声频率、空间限制和目标降噪效果进行选择。一般来说，厚度越大，对较低频段的吸音能力越好。

5.4 可选保护面层

Optional Protective Facing

在部分应用中，可在泡沫表面复合保护面层，例如：

- 无纺布
- 玻纤布
- 铝箔
- 穿孔铝板
- 阻燃布
- 防尘面层

保护面层的作用包括防尘、防刮擦、提升外观、便于清洁及增强耐久性。需要注意的是，面层不能完全封闭泡沫孔隙，否则会影响吸音性能。若采用金属保护板，建议使用穿孔结构。

5.5 设备与气流区域

Equipment and Airflow Zone

吸音结构应避免阻挡设备散热路径，尤其不能覆盖风机进出口、空调回风口、排风口和关键散热通道。

设计时应结合风道方向、设备布局和维护空间，选择合适安装区域。

---

6. 推荐安装区域

Recommended Installation Areas

在储能集装箱内，并不是所有位置都需要大面积铺满吸音材料。更合理的方式是结合噪音源位置、声波反射路径和维护要求，进行重点区域布置。

6.1 箱体侧壁

Side Walls

箱体侧壁是声波反射的主要区域之一。对于设备密集区域、风机对面区域和声波反射明显区域，可在侧壁局部或大面积安装三聚氰胺泡沫。

侧壁安装时应注意避开电气接口、检修门、线缆孔和消防设备。

6.2 顶部区域

Ceiling

集装箱顶部通常也是声波反射的重要表面，尤其在风机、空调和设备柜噪音向上扩散时，顶部反射会增加内部混响。

在顶部安装吸音材料，有助于降低箱体内部整体声能。

6.3 风机与风道周边

Fan and Duct Area

风机与风道周边是重点降噪区域。可在风机附近的非进出风面、风道外侧、风机罩体内侧和局部反射面布置吸音材料。

需要注意的是，吸音材料不能阻挡风口，也不能被高速气流直接卷入。若存在较强气流冲刷，建议增加穿孔板或网格保护面层。

6.4 隔板与局部罩体

Partitions and Local Enclosures

对于 PCS、逆变器或局部噪音设备，可通过隔板、局部罩体或设备外壳内衬来降低噪音传播。

这种方式适合做局部声学优化，在不影响整体设备布局的情况下，降低关键噪音源对外传播。

6.5 门板内侧及维修通道周边

Door Panels and Maintenance Access Areas

如果门板内侧存在明显反射噪音，也可在不影响开关门和维护的前提下安装薄型吸音材料。

---

7. 厚度与结构建议

Thickness and Structural Recommendations

三聚氰胺泡沫的厚度选择应根据噪音频谱、安装空间、目标降噪值及安全要求综合确定。

7.1 标准降噪方案：20–25 mm

Standard Noise Reduction: 20–25 mm

对于空间有限、主要处理风机中高频噪音的储能集装箱，可优先选择 20–25 mm 厚度的三聚氰胺泡沫。

该方案适合：

- 箱体侧壁
- 顶部
- 门板内侧
- 局部反射面
- 空间受限区域

特点是厚度适中、重量轻、安装灵活。

7.2 增强吸音方案：30–50 mm

Enhanced Sound Absorption: 30–50 mm

如果项目对降噪要求更高，或者风机噪音、设备噪音较明显，可选择 30–50 mm 厚度。

该方案适合：

- 风机周边
- 风道周边
- 设备隔板
- 局部隔音罩体
- 噪音源附近重点区域

厚度增加后，材料对较低频段的吸收能力会有所提升，但需要同时评估安装空间和散热路径。

7.3 表面复合建议

Facing and Lamination Options

根据不同使用环境，可选择以下复合结构：

方案 A：裸泡沫结构

适用于内部洁净、无强气流冲刷、无频繁接触的区域。
优点是吸音性能较好，成本较低。

方案 B：无纺布 / 玻纤布复合结构

适用于对外观、耐磨和防尘有一定要求的区域。
该方案兼顾吸音与表面保护。

方案 C：穿孔板保护结构

适用于风机周边、风道附近或容易接触的区域。
穿孔板可以保护泡沫不被损坏，同时尽量保留吸音效果。

方案 D：铝箔复合结构

适用于对热反射、防尘或表面清洁有要求的场景。
但如果铝箔为完全封闭表面，会影响吸音效果，需根据实际结构谨慎选择。

---

8. 声学性能参考

Acoustic Performance Reference

三聚氰胺泡沫的吸音性能与材料厚度、密度、开孔结构、安装方式、背后空气层及表面复合结构有关。

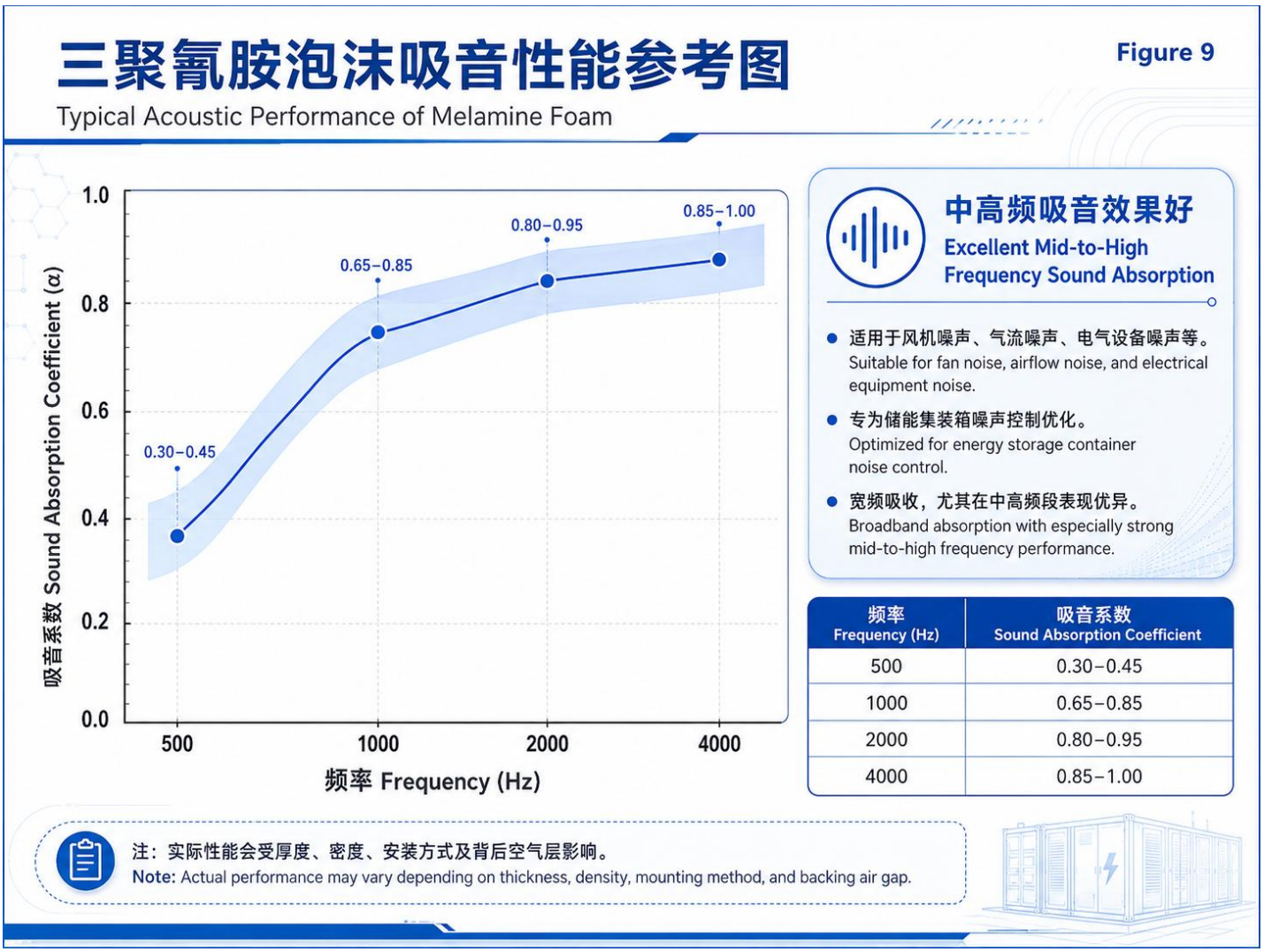
在储能集装箱应用中，三聚氰胺泡沫主要用于降低中高频噪音，特别是风机噪音、气流噪音和设备运行噪音。

以下为典型吸音性能参考：

频率 Frequency (Hz)	**吸音系数 Sound Absorption Coefficient**
500 Hz	0.30–0.45
1000 Hz	0.65–0.85
2000 Hz	0.80–0.95
4000 Hz	0.85–1.00

实际吸音效果会受到安装结构、泡沫厚度、是否留有空气层、是否使用面层及噪音源频谱的影响。对于具体项目，建议根据客户设备的噪音频谱和箱体结构进行针对性设计。

在典型应用中，经过合理布置后，系统整体噪音可实现约 **8–18 dB 的改善效果**。具体降噪值需结合实际设备、安装面积、噪音源位置和测试方法确认。



频率 Frequency (Hz)	吸音系数 Sound Absorption Coefficient
500	0.30–0.45
1000	0.65–0.85
2000	0.80–0.95
4000	0.85–1.00

9. 与传统吸音材料对比

Comparison with Traditional Acoustic Materials

储能集装箱常见可选吸音材料包括玻璃棉、聚酯纤维棉、橡塑材料及三聚氰胺泡沫。不同材料在吸音、防火、重量、洁净度和安装适应性方面存在明显差异。

材料 Material	吸音性能	阻燃性能	重量	洁净度	适用性
玻璃棉 Glass Wool	高	中	重	易掉粉/掉纤维	传统建筑和工业保温吸音
聚酯棉 Polyester Fiber	中	低至中	轻	一般	普通室内吸音
橡塑材料 Rubber Foam	中	低至中	中	较好	保温为主，吸音有限
三聚氰胺泡沫 Melamine Foam	高	高	极轻	优	储能箱体、设备舱、风机降噪

从综合性能来看，三聚氰胺泡沫更适合用于对防火、轻量化、洁净度和中高频吸音同时有要求的储能集装箱场景。

10. 推荐解决方案

Recommended Solution

针对储能集装箱吸音降噪应用，建议根据项目噪音水平、安装空间和安全要求选择以下方案。

10.1 标准内壁吸音方案

Standard Inner Wall Acoustic Lining

推荐结构：

- 金属箱体内壁
- 阻燃粘接层
- 20–25 mm 三聚氰胺泡沫
- 可选无纺布或玻纤布面层

适用位置：

- 侧壁

- 顶部
- 门板内侧
- 非强气流冲刷区域

适用目标：

- 降低箱体内部反射噪音
- 改善混响
- 优化整体声环境

10.2 风机周边增强降噪方案

Enhanced Noise Reduction around Fans

推荐结构：

- 金属或设备外壳
- 粘接层或机械固定结构
- 30–50 mm 三聚氰胺泡沫
- 穿孔板或网格保护面层

适用位置：

- 风机周边
- 风道外侧
- 空调出风口附近非阻挡区域
- 局部设备罩体

适用目标：

- 降低风机中高频噪音
- 减少气流噪音反射
- 提升设备舱体降噪效果

10.3 局部设备隔音罩方案

Local Equipment Acoustic Enclosure

推荐结构：

- 金属罩体或隔板
- 内衬三聚氰胺泡沫

- 表面穿孔保护层
- 保留散热和维护空间

适用位置：

- PCS 设备周边
- 逆变器舱
- 局部高噪音设备
- 风机罩体内侧

适用目标：

- 控制局部高噪音源
- 减少噪音向外传播
- 保持设备维护便利性

---

11. 安装注意事项

Installation Considerations

为了保证三聚氰胺泡沫在储能集装箱中的长期使用效果，安装设计时建议注意以下事项。

11.1 不得阻挡风道和散热路径

吸音材料不得覆盖风机进出口、空调回风口、排风口和设备散热孔。安装前应确认气流方向和维护通道。

11.2 选择合适的固定方式

根据使用环境选择背胶、耐温胶、阻燃胶或机械固定方式。在高温、潮湿、振动或长期运行环境下，建议使用更稳定的固定方案。

11.3 注意表面保护

在容易接触、摩擦或受气流冲刷的区域，建议增加保护面层，如穿孔板、网格、玻纤布或阻燃布。

11.4 保持吸音开孔结构

若使用表面复合材料，应避免完全封闭泡沫表面。封闭面层会阻止声波进入泡沫内部，从而降低吸音效果。

11.5 现场测试与优化

对于大型储能项目，建议在样机阶段进行噪音测试，根据噪声频谱和实际降噪效果进一步优化材料厚度、安装面积和安装位置。

12. 典型应用价值

Application Value

采用三聚氰胺泡沫作为储能集装箱吸音材料，可带来以下价值：

12.1 降低设备运行噪音

通过减少金属壁面反射和内部混响，三聚氰胺泡沫可有效降低箱体内部及外部感知噪音。

12.2 提升储能项目环境适应性

对于靠近工业园区、商业区或居民区域的储能项目，噪音控制有助于提高项目接受度和运行稳定性。

12.3 提高安全性

三聚氰胺泡沫具备良好的阻燃特性，适合用于对安全要求较高的电气设备和储能系统环境。

12.4 降低系统重量

相比玻璃棉、岩棉等传统材料，三聚氰胺泡沫重量更轻，有助于降低箱体附加重量和运输负担。

12.5 改善维护环境

降低噪音后，现场运维人员在设备附近工作时的舒适度更好，有利于长期维护和检修。

---

13. 结论

Conclusion

储能集装箱内部噪音主要来自散热风机、空调系统、逆变器、电气设备及气流湍流。由于金属箱体具有较强声反射特性，噪音容易在箱体内发生反射、叠加和共振。

三聚氰胺泡沫凭借其高开孔率、宽频吸音、本质阻燃、低密度、无纤维掉落和易加工等特点，适合用于储能集装箱内部吸音降噪设计。

通过在箱体侧壁、顶部、风机周边、隔板及局部罩体等区域合理布置三聚氰胺泡沫，可有效降低噪音反射，改善内部声环境，并兼顾防火安全、轻量化和安装灵活性。

对于新能源储能系统、BESS 电池舱、PCS 设备舱和其他工业金属箱体，三聚氰胺泡沫是一种兼具安全性、声学性能和工程适应性的优选吸音材料。

---

14. Suggested Product Specification

推荐产品规格

项目 Item	**推荐范围 Recommended Range**
材料 Material	Melamine Acoustic Foam
密度 Density	7–12 kg/m³，可按项目要求调整
厚度 Thickness	20–25 mm / 30–50 mm
结构 Structure	裸泡沫、背胶复合、布面复合、穿孔板保护结构
适用区域 Application Area	侧壁、顶部、风机周边、风道、隔板、局部罩体
主要功能 Main Function	吸音降噪、减少反射、改善内部声环境
加工方式 Processing	裁切、模切、背胶、复合、异形加工
可选面层 Optional Facing	无纺布、玻纤布、铝箔、穿孔铝板、阻燃布

---

15. Contact / Technical Support

技术支持

如需针对具体储能集装箱项目进行材料选型，可提供以下信息，以便进行方案建议：

- 集装箱尺寸
- 内部设备布局图
- 风机数量及位置
- 空调系统位置
- 当前噪音水平
- 目标降噪值
- 可安装空间
- 防火等级要求
- 是否需要表面保护层
- 是否需要背胶或复合加工

我们可根据实际项目提供三聚氰胺泡沫厚度、安装区域、复合结构和加工方案建议。

Company / 公司	YDN SINOYQX (Pinghu) Technology LLC
Email / 邮箱	sales@sinoyqx.com
Websites / 网站	www.sinoyqx.com | www.ydnfoam.com
Available support / 可提供支持	TDS, SDS, test reports upon request, sample evaluation and project-specific acoustic/thermal design suggestions / 可按需提供TDS、SDS、测试报告、样品评估及项目级声学/隔热设计建议