

## 硬质聚氨酯泡沫板材技术与应用

近十几年，新技术的开发，聚氨酯迅速应用于工业生产的各个领域，如冰箱、冷藏、建筑等行业。聚氨酯硬质泡沫板材（简称 PU 硬泡）具有容重强度高、吸水率小、低温或高温尺寸稳定性好、使用寿命长、绝热性能优异等特点。尤其聚氨酯硬泡板材应用领域更加广泛，使用方便，保温效果良好。

### 1、聚氨酯板材的种类

在建筑板材方面，根据制品状况聚氨酯板材可以分为普通聚氨酯板材、复合聚氨酯板材等类型；依照发泡成型工艺情况又可以分为连续式板材和间歇式板材。

间歇式板材要求发泡料在较短的时间内填充满较薄的大体积模腔，要求发泡体系要具有优异的流动性、板材具有良好的密度分布和优异的尺寸稳定性；连续式板材则要求发泡参数与生产线速度具有合适的配合性、后期具有优异的脱模性等。针对以上的具体要求，我们采用特种聚醚材料、配合优选的催化体系，研制出分别适于各种生产线情况的发泡料体系，在国内部分知名企业生产线上使用。

### 2、特点

#### 2.1 稳定性

重量轻，强度高，尺寸稳定性好

#### 2.2 粘合力强

聚氨酯硬泡对钢、铝、不锈钢等金属，木材、混凝土、石棉、沥青、纸以及聚乙烯、聚丙烯等大多数塑料材料都具有良好的粘结强度。泡沫塑料和面材之间的粘接强度的大小直接影响复合板材的实用效果。

#### 2.3 绝热性能优越

聚氨酯硬泡闭孔率高，导热系数极低，因此聚氨酯硬泡在目前建筑材料中绝热性能最好。数据显示，采用聚氨酯夹心板材后可比没保温隔热的外墙节约 60% 作业的采暖费以钢板与硬质聚氨酯泡沫塑料复合为例，复合板材的导热性列于下表。

复合板材总厚度/mm	热导率/W · (m · k) -1
35	0.70
50	0.46
60	0.37
120	0.23

### 3、生产与工艺

#### 3.1 间歇式板材

##### 3.1.1 注射式板材的生产

这种制造方法是在模具中注射成型，这是一种间歇式加工法。发泡机中的计量泵把聚氨酯两种组分原料打入混合头，混合均匀后，通过模具的注入孔把原料注入模具空腔。模具空腔已经事先安放了面材。发泡熟化后，即可从模具中取出板材。

这种加工方法的优点是设备简单，适应多品种生产。根据应用上的需要，选用平面或凹凸形的面材作复合板材的表层，也可以应用。这种方法生产板材时要注意调节发泡时间参数，对于不同长度的板材要选用不同配方，才能满足不同规格板材成型工艺的要求，对于长度较长的板材来说，调整配方就很重要了。生产板材时，两种组分原料注入模具后，必须完全充满模腔后才能凝胶，否则，难以制成泡沫密度均一的制品，如果凝胶固化速度太快，有可能造成距离注射口近的地方填充密度过大，而距离注射口较远的地方填充不满，造成空腔。这时，调整聚醚组合料配方显得尤为重要。

##### 3.1.2 原料的选择

异氰酸酯(PAPI)组分选用烟台万华 PM-200，这个组分是固定的。随着 PAPI 用量增加，泡沫塑料的交联度增加，其强度和刚度也随之提高，但若 PAPI 用量过多，泡体将发脆，芯材容易产生裂纹。

首先选择聚醚多元醇最重要，聚醚多元醇是组成聚氨酯硬泡的基础原料之一，它影响泡沫芯材的物理力学性能、尺寸稳定性和发泡工艺性能。根据起始剂、羟值和粘度确定聚醚型号后，聚醚中夹杂钾离子的含量选择低的。

泡沫稳定剂选择乳化能力强为宜。主要控制泡孔大小、维持泡孔的稳定、防止泡孔崩塌。有机硅酮类泡沫稳定剂对此具有较好的作用，其用量可在 1.5 ~

## 2.5(质量分数)内调节

发泡剂的种类、用量对聚氨酯硬泡的密度、强度等物理性能有直接的影响。发泡剂不仅可以调整和控制泡沫制品的密度和性能，还能降低组合聚醚的粘度、改善其发泡工艺，提高泡沫的流动性，有利于泡沫成型。考虑到可持续发展战略的需要，现在已经限制使用对生态环境破坏严重的 CFC

氟烃类化合物，使用替代发泡剂。

选择催化剂可选用延迟催化体系，使乳白时间与凝胶时间间隔时间较长，有效提高发泡体系的流动性，改善泡沫性能，以适合生产工艺操作。泡沫在腔体内是否均匀、泡沫细腻程度、泡沫闭孔率高低等因素对板材的整体保温性能有很大影响，这些因素关系到泡沫与腔壁粘接牢固程度，泡沫尺寸稳定性等。

阻燃剂可以提高泡沫塑料的耐火性，但是阻燃剂在发泡过程中对泡沫有破坏作用，在保证提高阻燃效果的前提下，保证泡沫塑料的使用性能和尺寸稳定性。

### 3.1.3 箱式保温板材的生产

采用类似于箱式软泡生产的模具，将组合聚醚输送至箱式发泡机工作釜中，搅拌几分钟后送入发泡搅拌桶中，然后输入计算好的异氰酸酯组分，高速搅拌 30 秒后，提起搅拌桶并同时打开桶底盖，使混合后的黑白料流入箱式模具中（模具表面涂有脱模剂或者表面铺聚乙烯塑料薄膜），放置浮动顶板，混合物进行发泡。放置 20min 后，即可将箱体的四边侧板打开，取出聚氨酯硬质泡沫，自然熟化 24h 后进行切割。

箱式保温板材硬泡组合料的生产注意以下几个方面：选用高官能度聚醚多元醇；水量应控制在 0.1% ~ 0.5% 之间，避免放热过多引起泡沫烧芯；控制组合料粘度不能过大，如果粘度过大，要选用延迟性催化剂，以适当延长搅拌混合时间和乳白时间，有利于大量原料混合均匀，在大的模具中反应完全，改善流动性。在配方确定的前提下，原料温度是影响发泡速度的主要因素。一般应控制料温在 15 左右。料温过高，反应速度太快，在激烈的放热情况下，加上聚氨酯泡沫本身的导热系数低，积累的热量不易被扩散，大量的热量集中会造成泡沫体烧芯。

在我国，冷藏保温车需要大量厢板，需求量越来越大，厢体的主体材料是聚氨酯硬质泡沫。河南冰熊冷藏车厂一直采用间歇式生产板材的方法。随着国家对

夹芯板产品安全环保性能及使用寿命要求大幅提高，预计未来 5 年，聚氨酯板材的需求量将达到 3000 万 m<sup>3</sup>，市场份额超过 60%。

#### 3.1.4 块料切割黏贴法

木工适用的锯、磨等加工方法均可用于加工块状硬质聚氨酯泡沫塑料。硬泡被加工成一定形状和尺寸后黏贴上面层材料就成为复合板材。聚氨酯、环氧树脂、不饱和聚酯、聚乙酸乙烯等胶粘剂都可以用于黏贴硬泡。黏贴之前一定要把硬泡表面切割时留下的粉尘除干净。减压吸尘除粉方法较为有效。黏贴过程所加压力大小和加热程度随胶粘剂种类而异。有的胶粘剂内含溶剂，预先鉴别这些溶剂是否会损坏硬泡和面层材料，玻璃纤维增强聚酯或环氧树脂等增强材料能黏合于泡沫塑料上作面材。材料切割黏贴法的优点是：生产装置较为简单，能制造曲面形板材，改变板材形状与尺寸，均较方便与经济。制品通常用作建筑物上曲线部分构件、船艇等运动器材。缺点是有边废料生成，浪费泡沫塑料，增加一道黏贴工序比较麻烦，耗用劳动力费用较多。

#### 3.2 连续板材

连续化生产复合板材，能大大提高生产效率。水平式复合板材连续成型的过程：发泡机把原料均匀混合后，送到匀速移动的面材上发泡，同时，上层面材合向泡沫塑料，生成上下两面都带面材的复合板材。作为面材的材料多数以铝箔、金属材料为主。在发泡传输过程中，泡沫在双层加压面板中熟化，按所需长度切割，即可生产出所需规格的板材。

夹芯板的厚度可通过改变成型机上、下金属板传送带之间的距离及侧边密封块的厚度来调整。厚度可调范围为 20~250mm，传送带速度可在 1.0~25m/min 间根据需要无级调整，板材宽度也可根据需要在 600~1200mm 间调整。

板材连续复合成型生产中，反应物料分布一定要均匀。混合头简单地往返浇注物料，在板材宽约 1.25m 时，生产速度一般限于 9~10m/min。高于此速度，混合头移动换向时，反应物料在板材边缘处易过量。另外，往返速度过高，操作上不太安全。若用两个以上混合头联合注料，虽能减少每一个混合头的浇注量，但混合头不往返移动，固定在中央，连接一个压料辊或其他能使物料迅速分布均匀的配料装置。高速连续复合成型生产过程对温度与一个泡沫塑料的反应速度非常敏感，特别是聚异氰脲酸酯泡沫体系。为减弱敏感程度，应采用高粘度规格的

聚合 MDI。

目前，我国有聚氨酯连续板材生产线大约五十多条。由于目前市场需求量以及其他因素影响，大多数连续板材生产线没有满负荷运转。随着市场需求增加以及技术更新，不久的将来连续板材成为主流生产方式。

#### 4、结语

综上所述，硬质聚氨酯泡沫塑料是一种综合性能优良的建筑节能绝热、保温材料。聚氨酯板材根据生产工艺分为两种方式，一种是间歇式板材，一种是连续板材。在应用过程中，间歇式板材生产工艺操作简单，成本低，在我国应用比较广泛；而连续式板材，目前我国只有五十几条生产线，产量很大，广泛应用于中央空调冷风管等领域，但是设备投资巨大，从配方、原料、工艺和制造等方面有待加强研发力度，近几年已经取得了显著的进展。随着我国聚氨酯建筑节能等有关政策的完善，我国聚氨酯硬质泡沫塑料在各个领域发挥更大的作用，前景将更加光明。