

## 纳米微孔绝热材料的蒸汽管道保温方案

### 一、蒸汽管道保温工况

保温点：电厂及核电站常规岛汽轮机、气动泵、压力容器、主蒸汽管道、旁路蒸汽管道、再热蒸汽管道、给排水管道等。

介质温度：主蒸汽280-320℃，大多≤300℃；再热蒸汽：250-280℃；其他：≤250℃。

### 二、传统保温材料与纳米微孔绝热毡对比

传统保温材料：复合硅酸盐毡/管壳、高温玻璃棉毡/管壳、岩棉。出于对环境和操作人员健康考虑，岩棉的用量逐渐减少。

纳米微孔绝热毡：纳米微孔绝热材料，具有极低的导热系数和有效的防水性能。与传统保温材料具体对比见表 1

表1常规保温材料与纳米微孔绝热毡对比

|                                |       | 纳米微孔绝热毡           | 传统保温材料                    |       |         |
|--------------------------------|-------|-------------------|---------------------------|-------|---------|
|                                |       |                   | 复合硅酸盐                     | 高温玻璃棉 | 岩棉      |
| 导热系数，<br>W/(m·K)<br>(热面温<br>度) | 常温    | 0.017             | 0.036                     | 0.034 | 0.035   |
|                                | 100℃  | 0.019             | 0.056                     | 0.050 | 0.055   |
|                                | 200℃  | 0.021             | 0.075                     | 0.070 | 0.080   |
|                                | 300℃  | 0.025             | 0.09                      | 0.100 | 0.110   |
| 300℃下保温厚度                      |       | 30mm              | 120mm                     | 150mm | 150mm   |
| 最高使用温度，℃                       |       | 650               | 800                       | 400   | 400     |
| 容重，kg/m <sup>3</sup>           |       | 180-200           | 120-150                   | 40-60 | 100-120 |
| 防水性                            |       | 憎水率≥99%，无需特殊防水措施  | 不完全防水，防护板表面需喷涂金属密封胶进行防水   |       |         |
| 三通、阀门等保温                       |       | 可拆卸保温套，保温效果好，使用方便 | 喷涂方式或保温盒保温，保温效果差          |       |         |
| 抗压强度                           | 形变10% | 60Kpa             | 毡状制品：压缩形变大<br>板状制品：脆性大，易碎 |       |         |
|                                | 形变25% | 120Kpa            |                           |       |         |
| 使用寿命                           |       | ≥20年              | 3-5年                      |       |         |



CUT EMISSIONS DOWN

|    |  |  |
|----|--|--|
|    | <p>1) 整体性好, 具有较好的抗震抗拉性, 在使用过程中不出现颗粒堆积、沉降等现象; 2) 20年模拟测试收缩率小于1%, 导热系数无变化。</p> | <p>材料结构松散, 自重、设备振动、材料进水等极易导致材料解体、沉降, 保温效果明显下降。</p>  <p>1年内      1-3年      3-5年</p> <p>复合硅酸盐材料绝热层厚度随时间变化图</p> |
| 其他 | <p>使用厚度小, 可减少管道保温厚度, 减少蒸汽管道间距, 减少厂房面积或管廊大小。</p>                              | <p>保温层厚, 搭接处容易存在缝隙, 较高的膨胀收缩系数易致使缝隙成为热桥, 振动后更明显。</p>  |

### 三、纳米微孔绝热毡保温方案与经济效益

以外径325mm, 温度300℃的主蒸汽管道(直管段)为例, 对纳米微孔与传统保温材料的使用厚度、保温效果、经济效益进行分析如下:

#### 一) 保温方案

方案一:

采用纳米微孔隔热毡作为保温材料, 保温层外用1.2mm铝合金卷板进行防护。

方案二、三:

采用纳米微孔隔热毡作为主体保温材料, 结合复合硅酸盐毡辅助保温的方式, 保温层外用1.2mm铝合金卷板进行防护。

保温材料厚度见表2

表2各方案保温材料具体厚度方案一

|         | 方案一     | 方案二     | 方案三     | 传统方案  |
|---------|---------|---------|---------|-------|
| 纳米微孔绝热毡 | 10mm×3层 | 10mm×2层 | 10mm×1层 | 0     |
| 复合硅酸盐毡  | 0       | 50mm    | 80mm    | 120mm |

#### 二) 保温效果

对于使用时间0-3年的复合硅酸盐而言, 可不考虑因沉降引起的保温效果变差的现象, 根据GB/T 8175-2008《设备及管道绝热效果的测试与评价》计算散热损失及节能率, 结果见表3。

表3 各方案的保温效果

|                            | 方案一    | 方案二    | 方案三    | 传统方案 |
|----------------------------|--------|--------|--------|------|
| 保温层总厚度                     | 30     | 70     | 90     | 120  |
| 表面温度 (°C)                  | 41     | 40     | 41.5   | 42.5 |
| 管道热流密度 (W/m <sup>2</sup> ) | 186    | 174    | 192    | 204  |
| 管道线热流密度 (W/m)              | 225    | 255    | 304    | 361  |
| 节能率                        | 37.70% | 29.46% | 15.73% | ——   |

以上计算条件为环境温度25℃，基本无风，在有风的情况下，由于传统保温中复合硅酸盐毡的表面温度高，因此表面散热损失将更明显。

随着使用时间的增加，复合硅酸盐逐渐沉降，保温效果更差：

表 4 各方案材料使用 3 年后的保温效果使用时间 3-6 年

| 使用时间3-6年                   |        |        |        |      |
|----------------------------|--------|--------|--------|------|
|                            | 方案一    | 方案二    | 方案三    | 传统方案 |
| 表面温度 (°C)                  | 41     | 42     | 44     | 46   |
| 管道热流密度 (W/m <sup>2</sup> ) | 186    | 192    | 224    | 246  |
| 管道线热流密度 (W/m)              | 225    | 269    | 334    | 446  |
| 节能率                        | 49.55% | 39.69% | 25.11% | ——   |

| 使用时间6-10年                  |        |        |        |      |
|----------------------------|--------|--------|--------|------|
|                            | 方案一    | 方案二    | 方案三    | 传统方案 |
| 表面温度 (°C)                  | 41     | 43     | 47     | 52   |
| 管道热流密度 (W/m <sup>2</sup> ) | 186    | 212    | 260    | 311  |
| 管道线热流密度 (W/m)              | 225    | 283    | 364    | 525  |
| 节能率                        | 57.14% | 46.10% | 30.67% | ——   |

### 三) 经济效益

以100m长管道为单位，计算保温材料用量及保温工程的总费用如下：

表 5 各方案保温材料用量

|                         | 方案一  | 方案二 | 方案三  | 传统方案 |
|-------------------------|------|-----|------|------|
| 纳米微孔, m <sup>3</sup>    | 3.7  | 2.4 | 1.2  | 0.0  |
| 复合硅酸盐毡, m <sup>3</sup>  | 0.0  | 7.2 | 11.7 | 18.4 |
| 玻璃纤维网格带, m <sup>2</sup> | 1064 | 860 | 587  | 307  |
| 铝合金板, m <sup>2</sup>    | 133  | 161 | 174  | 195  |

表 6 各方案保温总费用 单位：万元

|        | 方案一   | 方案二   | 方案三  | 传统方案 |
|--------|-------|-------|------|------|
| 纳米微孔   | 12.87 | 8.34  | 4.05 | 0    |
| 复合硅酸盐毡 | 0     | 0.72  | 1.17 | 1.84 |
| 铝合金板   | 0.27  | 0.32  | 0.35 | 0.39 |
| 辅材     | 0.25  | 0.30  | 0.30 | 0.25 |
| 施工费用   | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 2.00 |
| 总计     | 15.39 | 11.68 | 7.87 | 4.48 |

辅材含玻璃纤维网格布、金属密封胶等材料，施工费用含租购各种工具等费用。

|                     |              | 方案一   | 方案二   | 方案三   | 传统方案 |
|---------------------|--------------|-------|-------|-------|------|
| 使用时间<br><b>0-3年</b> | 管道线热流密度, W/m | 225   | 255   | 304   | 361  |
|                     | 每年节约能源, 万KWh | 10.88 | 8.48  | 4.56  | ——   |
|                     | 年节能, 万元      | 5.44  | 4.24  | 2.28  | ——   |
| 使用时间 <b>3-6年</b>    | 管道线热流密度, W/m | 225   | 269   | 334   | 446  |
|                     | 每年节约能源, 万KWh | 17.68 | 14.16 | 8.96  | ——   |
|                     | 年节能, 万元      | 8.84  | 7.08  | 4.48  | ——   |
| 使用时间 <b>6-10年</b>   | 管道线热流密度, W/m | 225   | 283   | 364   | 525  |
|                     | 每年节约能源, 万KWh | 24.00 | 19.36 | 12.88 | ——   |
|                     | 年节能, 万元      | 12    | 9.68  | 6.44  | ——   |

以上数据是按电费 0.5 元/KWh 计算所得。假定每 5 年将保温材料中的复合硅酸盐进行一次替换，则 10 年内，各方案的经济效益如下：

|             | 方案一   | 方案二   | 方案三  | 传统方案 |
|-------------|-------|-------|------|------|
| 年节能, 万元     | 15.39 | 11.68 | 7.87 | 4.48 |
| 二次投资, 万元    | 0     | 2.50  | 3.00 | 3.60 |
| 10年总节能, 万元  | 68.0  | 53.8  | 31.6 |      |
| 成本回收时间      | 2.0   | 1.7   | 1.5  |      |
| 10年经济效益, 万元 | 60.7  | 47.7  | 28.8 |      |

#### 四、纳米微孔绝热管道保温施工方法

1) 双层和多层纳米微孔绝热毡施工时应逐层捆扎，采用同层错缝、内外层压缝方式敷设，搭缝位置不得布置在管道垂直中心线45° 范围内。

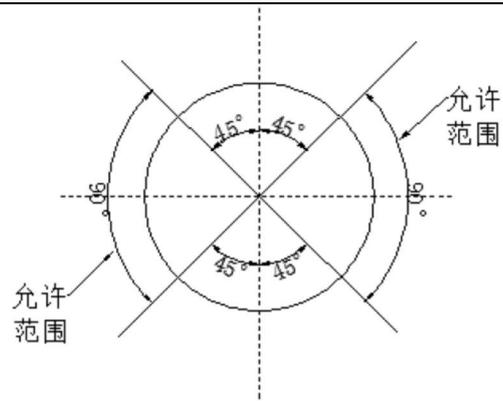


图 1

2) 通过直接包裹测量的方式分别确定两层的所需长度。材料沿管道方向的搭接尺寸为10~20mm。



图 2

3) 将裁剪好的纳米微孔绝热毡紧贴管道敷设，先将起始端用镀锌铁丝( $\Phi 0.5\text{mm}$ 或 $\Phi 1\text{mm}$ )或高温胶带固定住，再将气凝胶绝热毡另一端以同样方法固定在管道上。



4) 用玻璃丝布通过螺旋缠绕法将材料固定在管道上，缠绕方向应与材料搭接方向一致，捆扎平整，玻璃丝布搭接尺寸为宽度的1/2。推荐使用宽度为10~30cm的玻璃丝布。



图 4

5) 相邻两层的环向接缝应错位纳米微孔绝热毡宽度的1/2进行捆扎。最后敷设金属保护层。

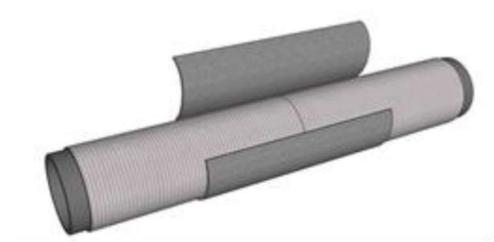


图 5

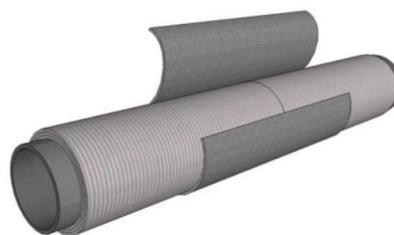
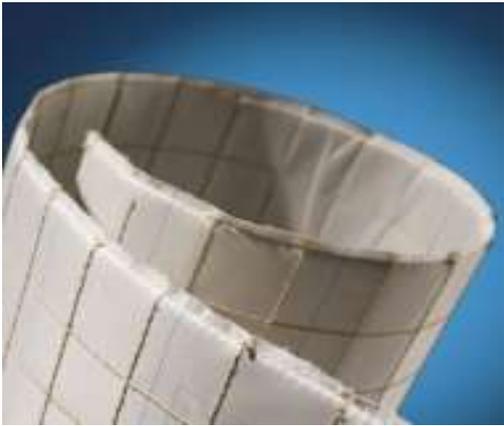


图 6

| 包装形式               | 图片   | 产品描述  |
|--------------------|--|---|
| 塑料膜/铝箔膜真空封装<br>柔性板 |  | 10mm 以下厚度的纳米微孔绝热板产品被真空包裹在真空膜袋内，可以弯曲后包裹在圆柱体上或安装在弧面设备上。 |



CUT EMISSIONS DOWN

|                               |  |   |
|-------------------------------|--|---|
| <p>玻纤布包覆的柔性板<br/>(3D 可弯)</p>  |    | <p>纳米微孔隔热板采用耐高温玻璃纤维布包裹并经过特殊缝纫加工，具有很好的柔性，施工时干净整洁、安装方便。可替代传统保温毡和气凝胶毡等材料用于高温管道、可拆卸保温套及高温曲面设备的高效保温绝热应用。可以定制特殊形状的部件产品。</p> |
| <p>铝箔包覆的开槽柔性板<br/>(2D 可弯)</p> |   | <p>该产品通过开槽和真空等加工工艺，专为管道的高效保温而开发的。由于纳米微孔绝热材料的优异保温性能，使隔热系统重量轻，厚度显著减少，热损失少，为管道保温提供了紧凑而高效的解决方案。</p>                       |
| <p>弧形板</p>                    |  | <p>圆弧板，是一种采用模具制作的可以安装在管道上的纳米隔热板，需要根据管道的尺寸定制。</p>  |
| <p>全疏水纳米微孔绝热毯</p>             |  | <p>从面料到芯材全疏水的纳米微孔绝热毯，更适合于户外应用。</p>  |

若需要索取其他产品系列资料或技术支持，请联系：

安徽中和隔热材料制造有限公司

地址：安徽省马鞍山市雨山经济开发区智能装备产业园 6 号 120 栋

电话：185 5000 8101 网址：<http://www.ahtcm.net> 电邮：[sales@ahtcm.net](mailto:sales@ahtcm.net)