

Jyan



陶瓷纳米保温涂料 技术 & 工程化应用

广东嘉燕工程技术有限公司



Contents

目录

- 01 涂料简介
- 02 产品特性
- 03 性能及经济效益对比
- 04 业绩案例

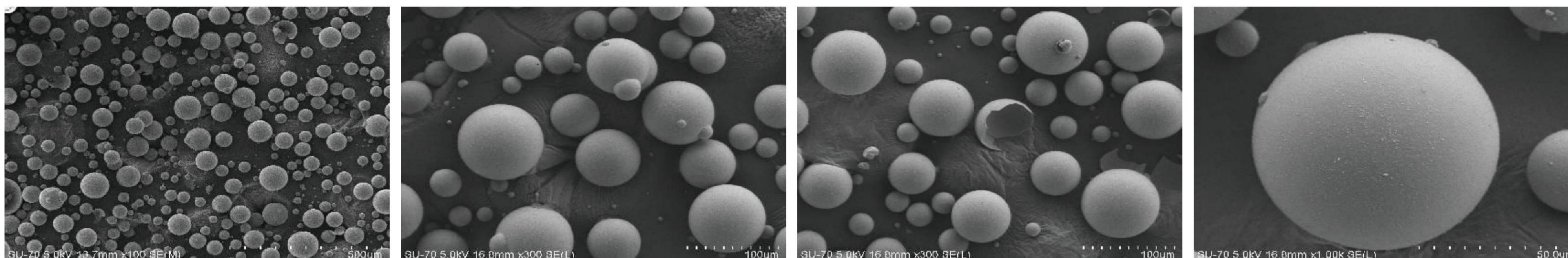
I 涂料简介

陶瓷纳米保温涂料简介

是一种基于先进材料科学与纳米技术开发的功能性涂层材料，其核心以特种陶瓷微粒（如特种中空陶瓷微粒、乳胶、硅胶等）为主填料，通过有机-无机杂化体系与精密工艺复合而成。该材料通过多重物理机制（热反射、热阻隔、辐射抑制）实现高效隔热，并兼具防腐、轻量化及耐候性，可广泛应用于工业设备、建筑围护、交通运输等领域，是传统保温材料的革新替代方案。

主要成份

- 1、特种中空陶瓷微粒
- 2、乳胶、硅胶

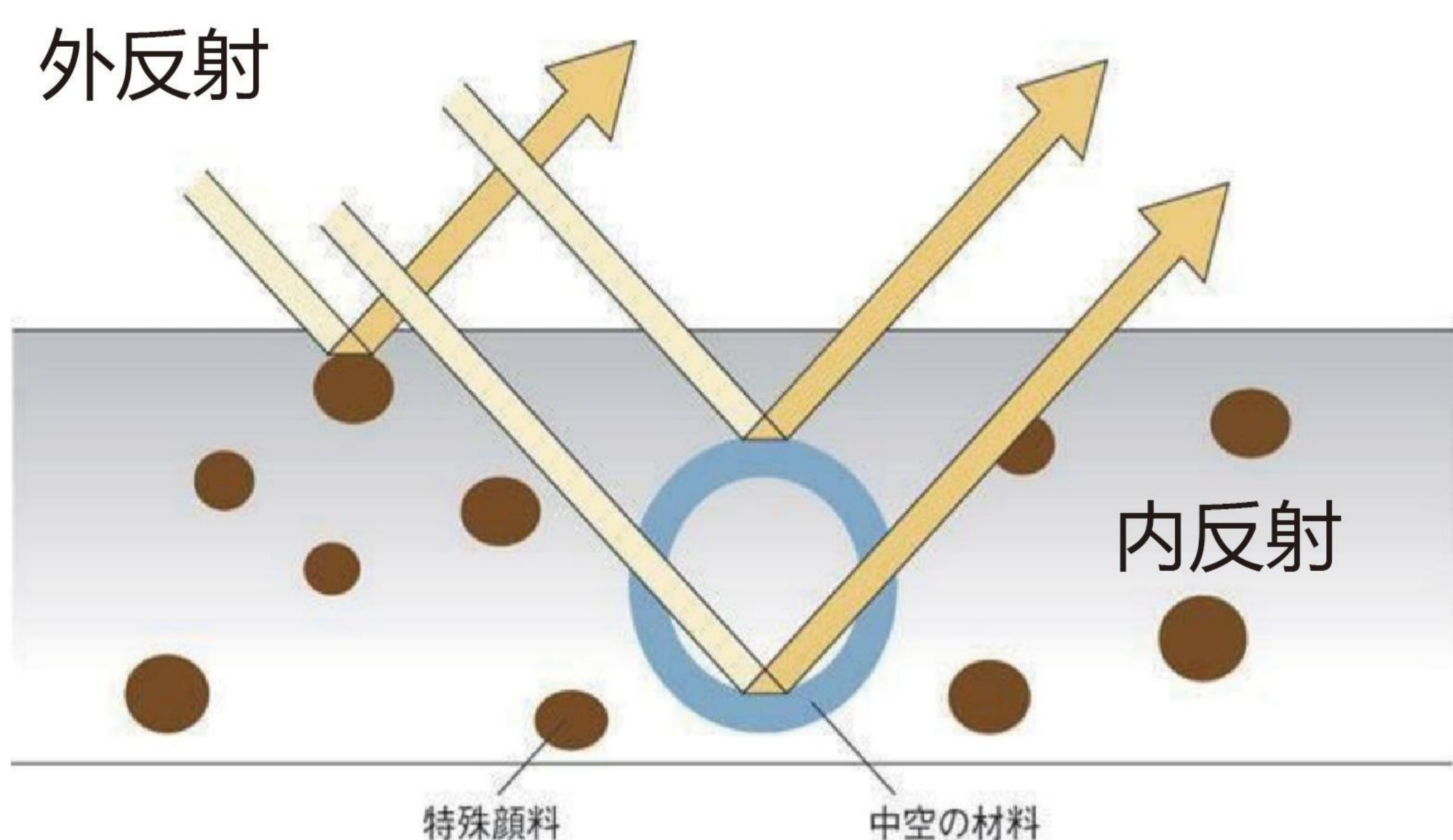


纳米级特种中空陶瓷微球显微照

纳米级中空真空陶瓷微粒技术

中空技术优势

- ◆ 增加涂层内部界面，通过反射、散射降低热辐射率。
- ◆ 降低比重，减少涂层蓄热能力（比重较小：0.50-0.60）
- ◆ 增加涂层内部反射，辐射面积。如下图：
- ◆ 减少对流、传导传热。
- ◆ 降低涂层导热系数。



用中空粒子增加反射

原理：

- ◆ 多反射
- ◆ 多外散
- ◆ 尽量拦

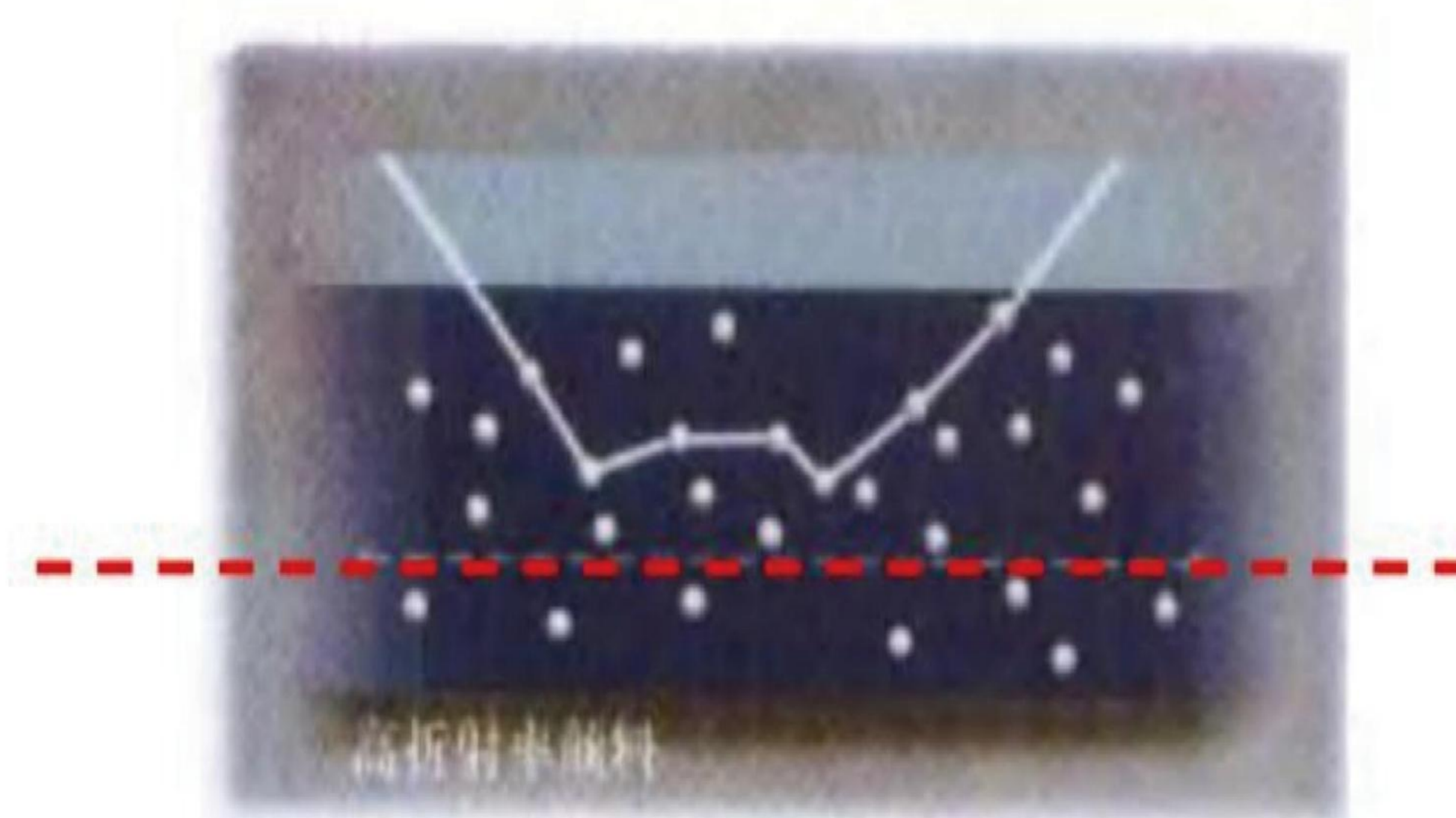
措施或特点（二高）：

- ◆ 高反射率
- ◆ 高辐射率

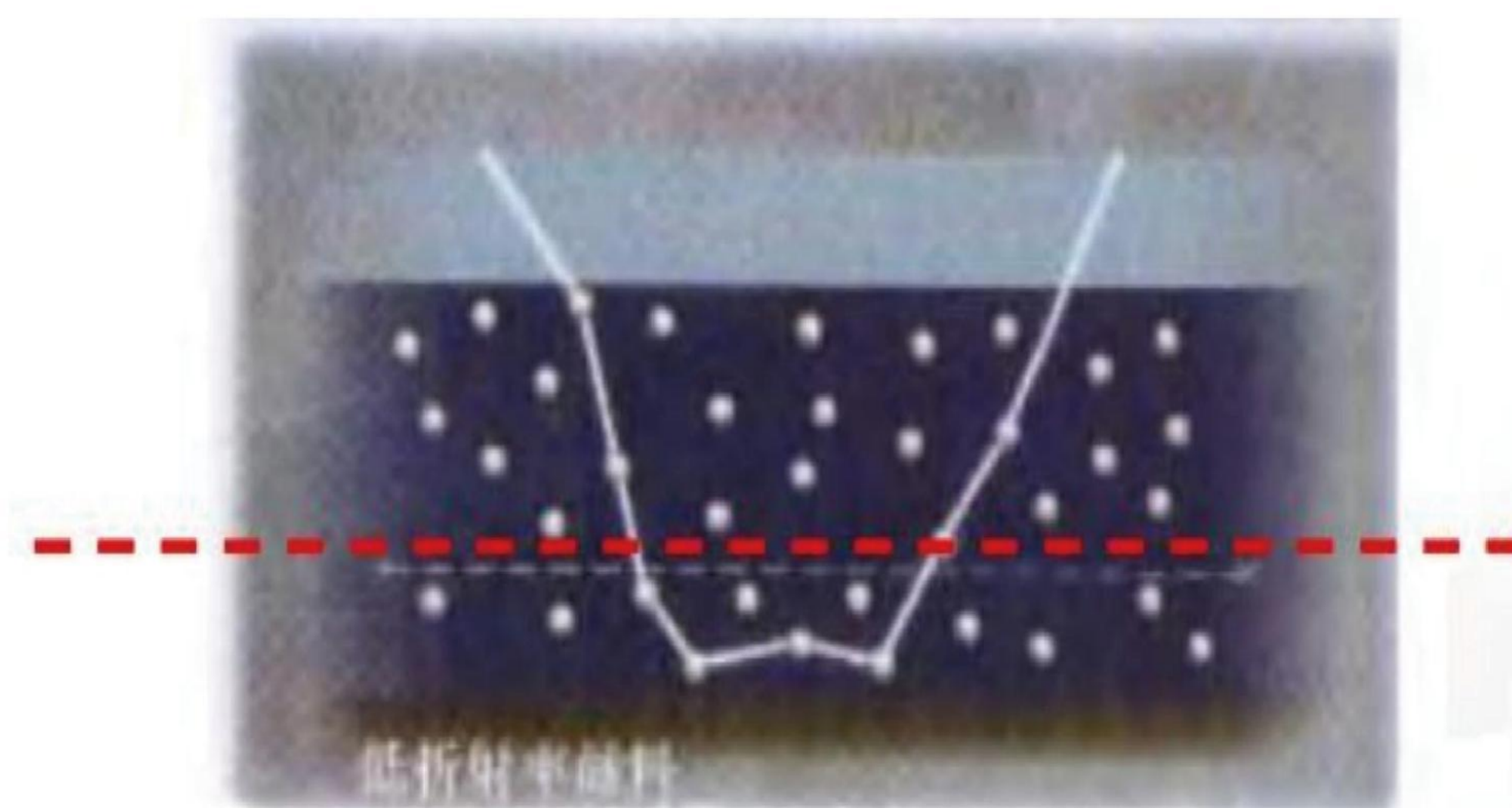
三低：

- ◆ 低穿透能力
- ◆ 低蓄热能力
- ◆ 低导热系数

选用高反射率、高折射率的颜填料



高折射率穿透少



低折射率穿透高

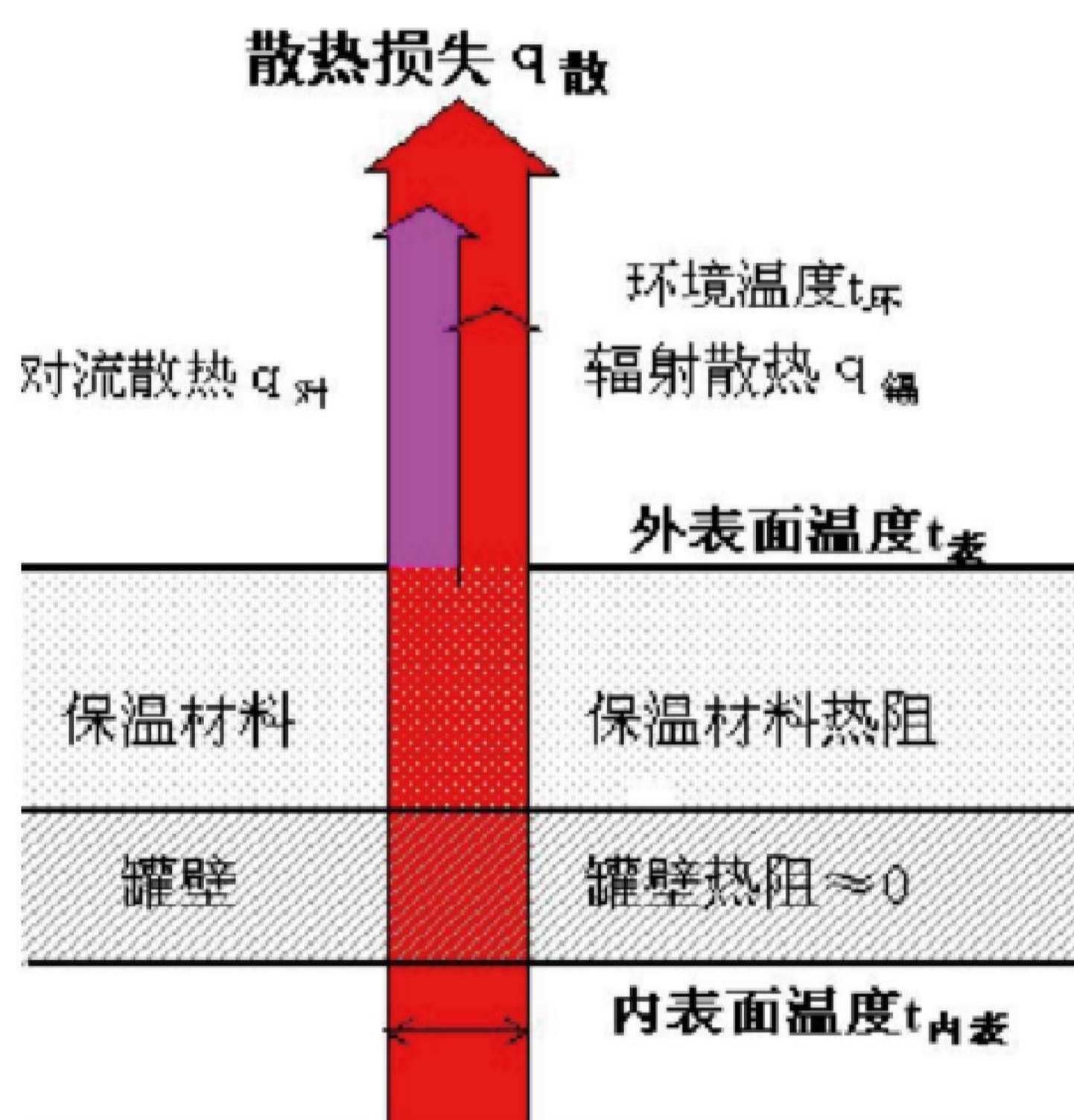
绝热机理 (“三传”协同)

1、减少传导传热

通过复合基质材料筛选与粒径梯度控制（主晶相热物理参数优化、 $D_{50} \leq 2\mu\text{m}$ 级颗粒占比 $> 85\%$ ），构建逾渗网络结构，使固体导热路径曲折度提升至 7.8-12.6 倍。配合 76-89% 体积孔隙率设计，将有效导热系数控制在 $0.038-0.045\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 区间，较传统保温材料降低 40-60%。

2、限制气体对流传热

采用中空陶瓷微珠（平均粒径 $15\mu\text{m}$ ，壁厚 $0.8-1.2\mu\text{m}$ ）构筑封闭气室体系，气孔直径 $\leq 3.5\mu\text{m}$ 时，气体 Knudsen 数 > 0.1 ，分子自由程限制效应使对流传导贡献率 $< 5\%$ 。真空度维持 $> 10^3\text{Pa}$ 条件下，气体传热分量衰减幅度达 92%。



3、减少辐射传热

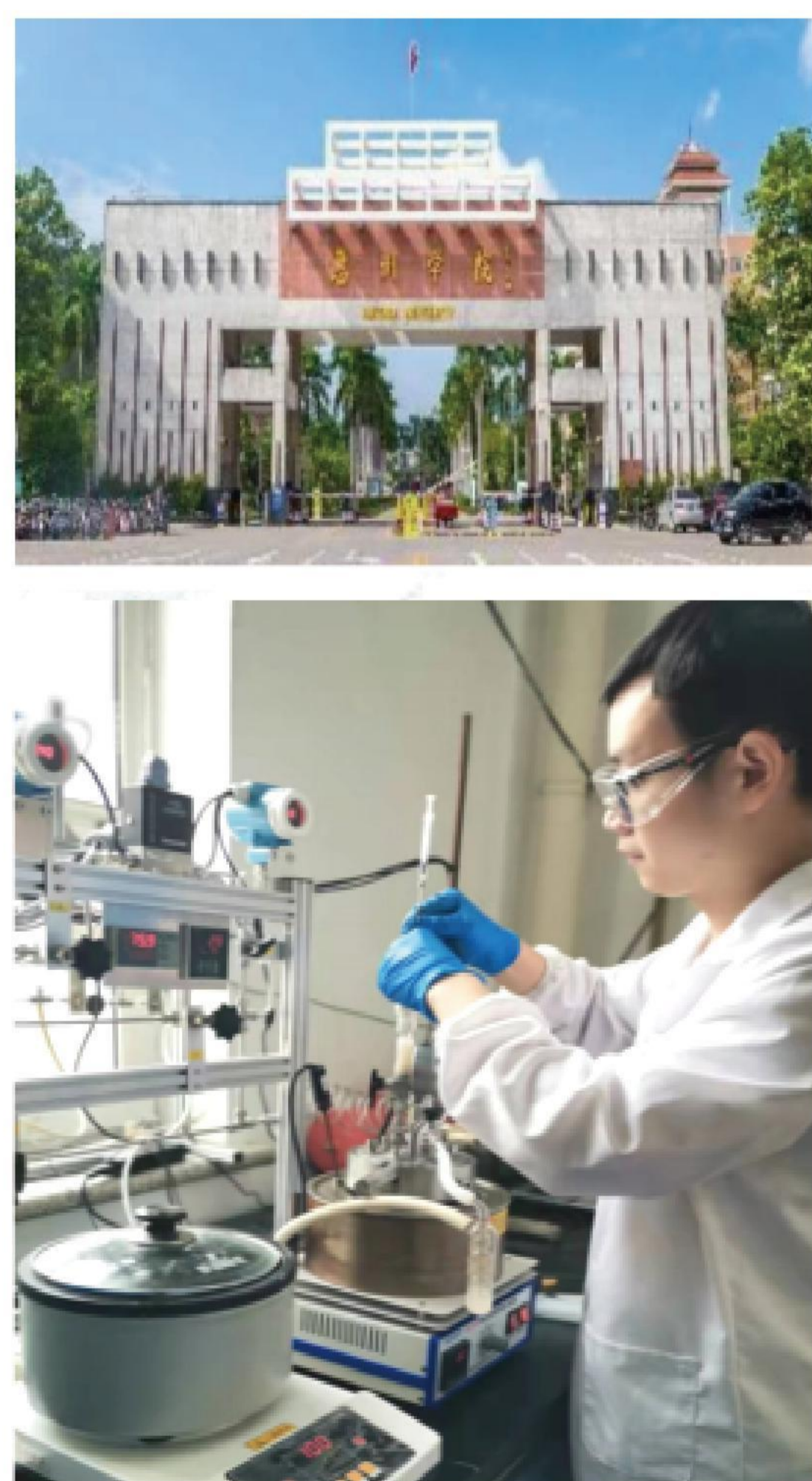
多层异质界面设计形成二次反射结构，在 $2.5-25\mu\text{m}$ 红外波段反射率 $\geq 92\%$ ，半球发射率 ≤ 0.18 。结合 $0.8-1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 的体积密度控制，实现辐射传热系数 $\leq 0.003\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。

4、降低散热损失

湿法喷涂工艺形成 3-5mm 致密膜层，热阻等效厚度转换系数达 1.6-1.8（岩棉材料为 0.6-0.8）。表面改性处理使热辐射系数降至 0.05-0.08，在 400°C 工况下外表面温度降幅达 38-45%，散热损失减少 62% 以上。

产学研工程化应用成果

一、研发



二、生产

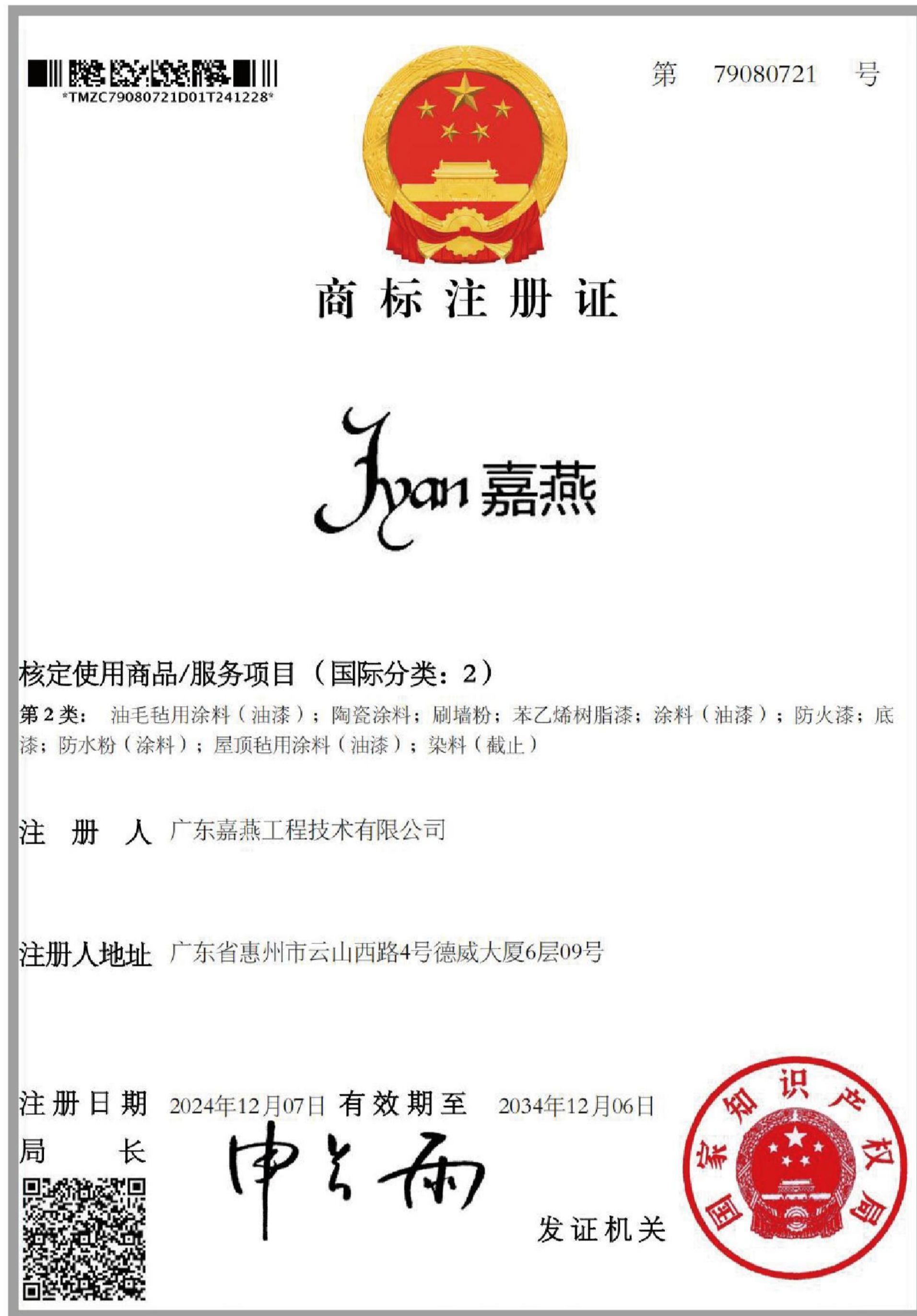


三、产品质量与订单交付

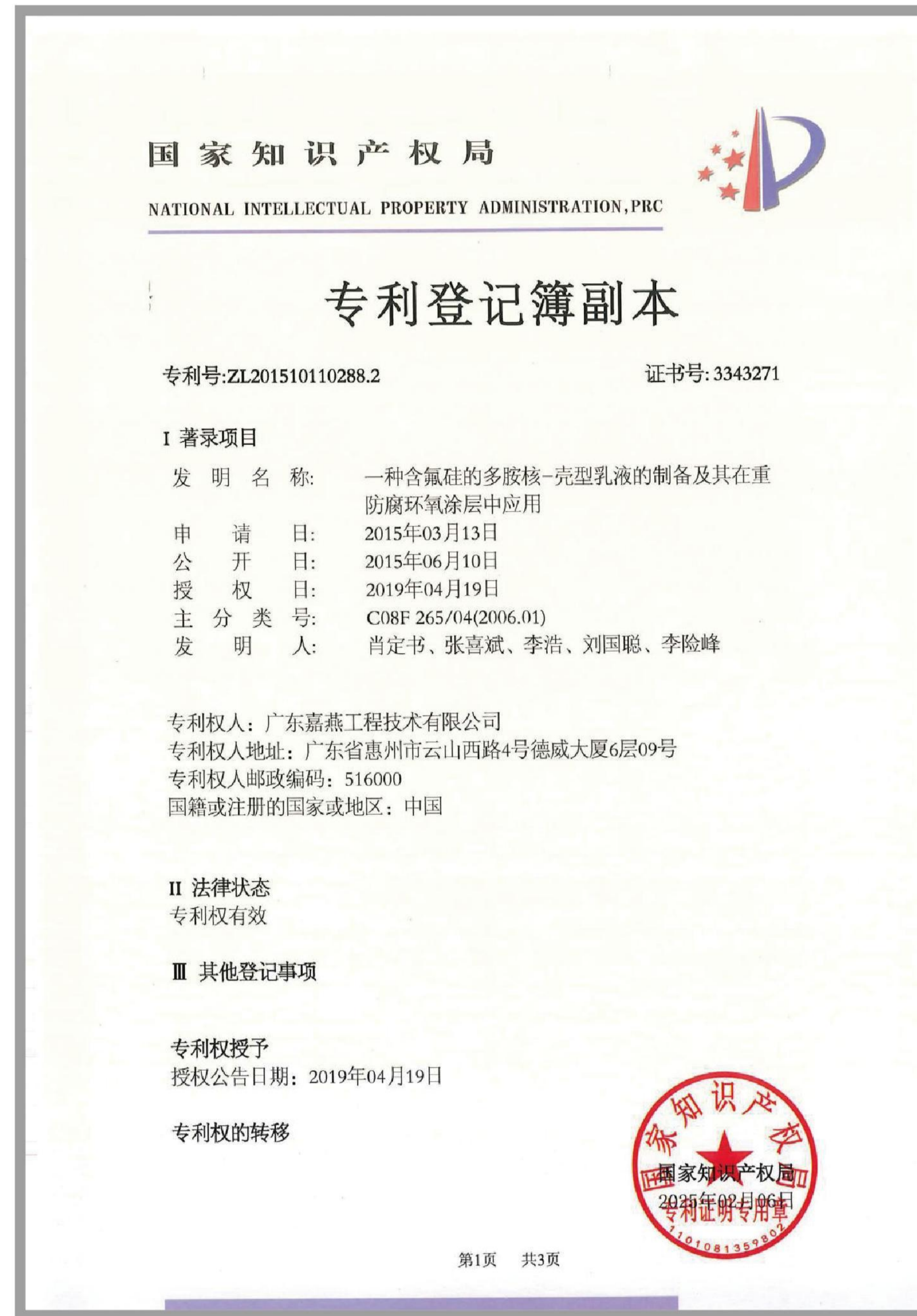


广东嘉燕公司依托敏锐的市场嗅觉，应客户所需，公司技术团队经“校企融合，产学研创一体化”，成功研发并生产应用于动设备的专用陶瓷纳米保温涂料，成功开启国内首例动设备保温涂料国产化的应用，突破了该行业美资背景公司的垄断地位。

陶瓷纳米保温涂料商标及专利 (广东嘉燕)



涂料商标注册证



重防腐发明专利应用



保温隔热实用新型专利证书3项

适用性（化工专用设备应用场景）

陶瓷纳米保温涂料应用



储（球）保温隔热类



动设备类保温（干燥机）



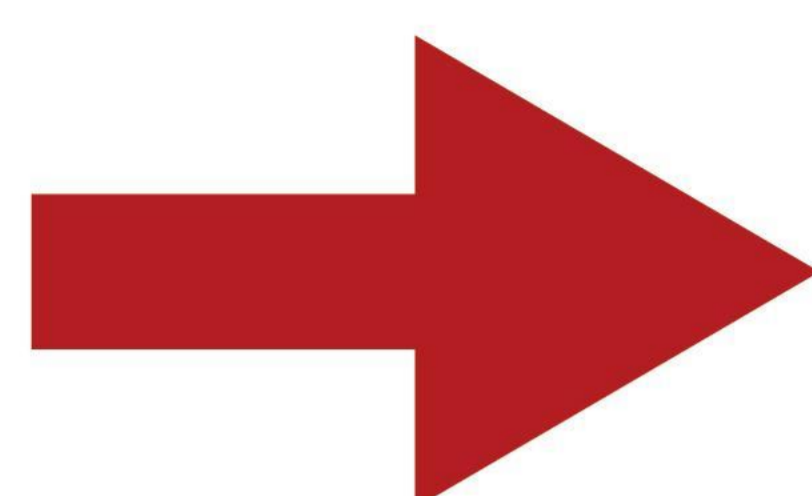
泵（阀）类保温



加热炉

- 1、储罐（球罐）与管道保温：**通过低导热系数（ $\leq 0.035\text{W/m}\cdot\text{K}$ ）有效降低热损失，适用于LNG储罐、化工储罐等高温或低温介质的长期稳定隔热；
- 2、动设备保温：**适配干燥机、反应釜等复杂表面设备，利用高延展性（延展率 $> 15\%$ ）及强附着力（与钢板粘结强度 $\geq 0.54\text{MPa}$ ），实现无缝隙覆盖，提升能效；
- 3、泵阀等异形设备：**延展率大于15%，适应复杂形状。兼具防腐性与耐候性（抗酸碱、抗紫外线），可应对高温、腐蚀性工况，延长设备寿命；
- 4、工业炉窑：**A1级防火性能及无毒环保特性（水性体系，零VOCs排放），符合工业建筑防火规范与绿色建材标准。

储体表面腐蚀重大危险源（保温棉拆除后腐蚀严重）



储罐应用涂料保温最重要的性能在于：安全性能（即超薄涂层喷涂容易发现腐蚀状况）利于我们的“重大危险源”安全管理。

储罐防腐蚀技术规范

《钢制储罐及储罐腐蚀控制》（SY/T 6718-2023）

于2023年10月更新发布，新规要求：

原油储罐必须采用“涂层+阴极保护”双重防护，涂层厚度不低于120 μm 含硫污水罐强制使用不锈钢或玻璃钢衬里。建立腐蚀监测系统，在线监测点覆盖罐底、焊缝等高风险部位。

防腐蚀设计寿命从6年提升至10年。

应急管理 with 监督检查

根据《危险化学品安全综合治理方案》，罐区必须每季度开展专项应急演练，配备泡沫灭火系统、消防冷却水系统等设施，且消防供水管道需保持常充水状态。国家安全监管总局每年组织化学品罐区安全专项整治，重点检查储罐腐蚀检测记录、安全附件校验报告及应急预案备案情况。对发现未设置紧急切断系统等重大隐患的，依法实施停产整顿。

典型文献

水性保温涂料的工业化应用

张 旭 李文娟

(巴陵石化公司合成橡胶事业部)

摘 要 根据环保水性陶瓷微珠保温涂料的特性,首次在胶液储罐环境使用,分析评价其应用的效果,解决了化工装置储罐的热损失问题,提供了新的应用方案,具有较好的推广价值和综合效益。

关键词 储罐 保温隔热 涂料 散热损失

中图分类号 TQ053.2 文献标志码 B 文章编号 0254-6094(2025)01-0185-04

5 结束语

经过测试分析,可以看出,使用水性保温隔热涂料应用于储罐后,具有以下优势:

a. 环保。零污染,该涂料为水性涂料,具有零挥发性有机化合物(VOC)的特性,是理想的环保涂料,同时对施工人员有很好的保护作用。减少向大气排放热量,减少热污染。使用硅酸盐板材保温,设备检修拆除时不能二次利用,发生固废物的专项环保处理费用。

b. 节能。罐外壁增加保温后,散热量的减少,节能降耗,通过数据理论计算投资回收期为19个月,有较高的经济效益。

c. 维护简便。与传统的保温施工工艺不同,涂层可随时作局部铲除和修补,不影响原效果,对设备本体维保方便。

d. 防腐。能彻底改善保温层下腐蚀,节省防腐及维护费用成本。

e. 性价比高。设备规格型号 $\phi 5000\text{ mm}\times 15563\text{ mm}$,按照传统工艺施工,包硅酸盐板100 mm、防水玻纤布一层、0.8 mm铝皮,需4.15万元,但平均每年需投入维护成本约0.3万元,按15年计算需4.5万元,整体投入费用约8.65万元,水性保温隔热涂料 $760\text{ kg}\times 111.19$ 合计8.45万元。

综上,水性保温隔热涂料具有环保、节能、维护简便、防腐等优势,虽然用水性保温隔热涂料的一次性投入成本是传统保温材料的两倍,但使用寿命可达十五年有效,且终身质保,相对于传统保温材料来看一次性投入性价比更高,在化工装置具有推广前景。

(收稿日期:2024-05-23)

综上,水性保温隔热涂料具有环保、节能、维护简便、防腐等优势,虽然用水性保温隔热涂料的一次性投入成本是传统保温材料的两倍,但使用寿命可达十五年有效,且终身质保,相对于传统保温材料来看一次性投入性价比更高,在化工装置具有推广前景。

I 产品特性

陶瓷纳米保温涂料性能

序号	性能项目	主要性能内容
1	绝热原理	1) 通过涂料中 高反射率的瓷粒和颜填料 将大部分红外热量反射回热源从而起到隔热效果。 2) 通过涂料中 低传导率(0.014 ~ 0.018w/m·k)的瓷粒 降低热量或冷量的传导速率以减少热、冷量损失。
2	隔热特点	涂料的 红外反射率可达95% ，全太阳反射率达85~88%。 通常在储罐外表面只需涂刷1mm厚夏季可使储罐表面下降15℃以上。
3	粘接性能	涂料经检测与钢板的粘接强度可达 0.8Mpa 。
4	耐高温性	最高使用温度： -50 ~ 650℃ 最佳适应温度： < 400℃ 。
5	延展性	具有较好的延展性，延展率大于 15% 。
6	防腐性	颜填料具有很高的耐酸碱性，涂料经测试：粉化和变色级均为0级，720小时盐雾实验合格经实验室实验证明30~98%硫酸溶液和烧碱溶液滴入涂料表面不起反应，同时还具有优越的抗紫外线性能。
7	环保性	不含有害的有机挥发物， 无毒、无味为水溶性 。在使用中不会产生有害的废弃物和气体。
8	施工性能	采用高压无气喷涂确保施工质量提升施工效率。它可直接在设备表面施工无须停机避免停机施工造成的损失。
9	适用性	工业领域：高温管道、锅炉、反应釜、储罐等静设备以及干燥机等动设备； 交通与航天：汽车排气管、航天器外壳的隔热防护， 电子设备：用于 LED 散热器、电池组
10	使用方法及用量	根据施工需要可加入 0 ~ 10%的水进行稀释 并充分搅拌方可涂刷。 每遍涂刷厚度为0.5 ~ 3mm。按喷涂1mm厚度的用量为： 0.6 ~ 0.7 kg/m² 。

陶瓷纳米保温涂料性能优势

25°C 导热系数
≤0.035w/m·k

导热系数低

150度导热系数0.035~0.042
(硅酸铝：0.069~0.077)

纳米级
特种陶瓷微粒

无缝黏结

成膜后内部呈封闭微孔结构，杜绝
接缝、纤维类的结构“热桥损失”

水性涂料

牢固附着

干燥后形成牢固附着具有一定厚
度和强度的轻质保温层

10年以上

保温寿命

具备优良的耐热、耐酸碱、
防紫外线老化等性能

≤50°C

表层温控

成膜后迅速控温，减少表面热损

提升50%

施工效率

适应刷、喷涂施工方式，涂装质
感均匀，轻松应对多道施工

保温衰减率<1%

保温效率高

逐年保温性能效率值小1%

耐腐蚀

防腐蚀性强

涂料耐热、耐酸碱、耐候、防紫外
线老化等性能

“0”元

维护成本低

保温涂料前5年零成本维护，
5年后仍保持近乎零成本维护

涂料 + 保温材料双重优势

- 陶瓷纳米保温涂料综合了涂料和保温材料的双重特点，干燥后形成有一定强度、弹性的封闭保温层。
- 优于传统保温工艺，阻燃性好，环保性强，具有质轻、环保、美观等特点，可与基层全面黏结，整体性强。特别适用于其它保温材料难以解决的异型设备保温。
- 涂料无毒、无害、无刺激性气味，应用过程无安全隐患，健康环保，符合国家节能减排、“碳达峰、碳中和”目标。

适陶瓷纳米保温涂层主要性能

基本性能	测试值	测试标准
容器中状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态	目测
涂膜外观	无针孔、流挂，涂膜均匀	目测
干燥时间(表干)	≤4h	GB/T 1728- 2020
干燥时间(实干)	≤24h	GB/T 1728- 2020
附着力(划格法)	≤1mm	GB/T 9286- 2021
导热系数25°C (w/m·k)	≤0.035	GB/T 10295-2008
密度/比重 (g/cm ³)	0.50-0.6	GB/T 6750-2007
耐高温性 (°C)	250°C，无起泡、开裂、剥落等现象	GB/T 1735-2009
耐盐雾 (700h)	无起泡、开裂、剥落等现象	GB/T 1771- 2007
耐水性 (浸 160h)	无起泡、开裂、剥落等现象	GB/T 1733 - 2023
耐酸性 (浸 160h)	无起泡、开裂、剥落等现	GB/T 9274 - 2023
耐碱性 (浸 160h)	无起泡、开裂、剥落等现	GB/T 9274 - 2023
施工性	涂刷二道无障碍	GB /T 9755 - 2014

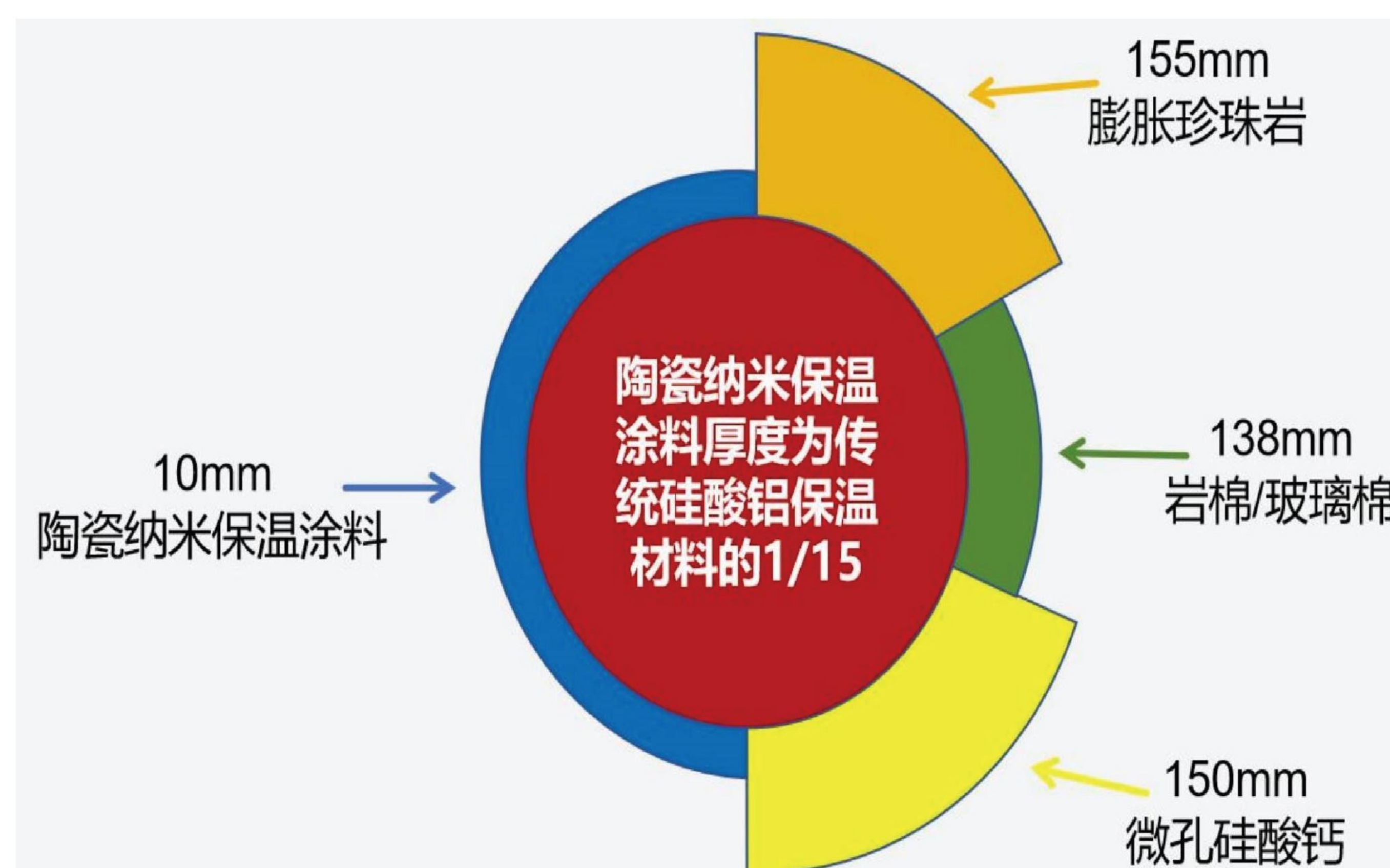
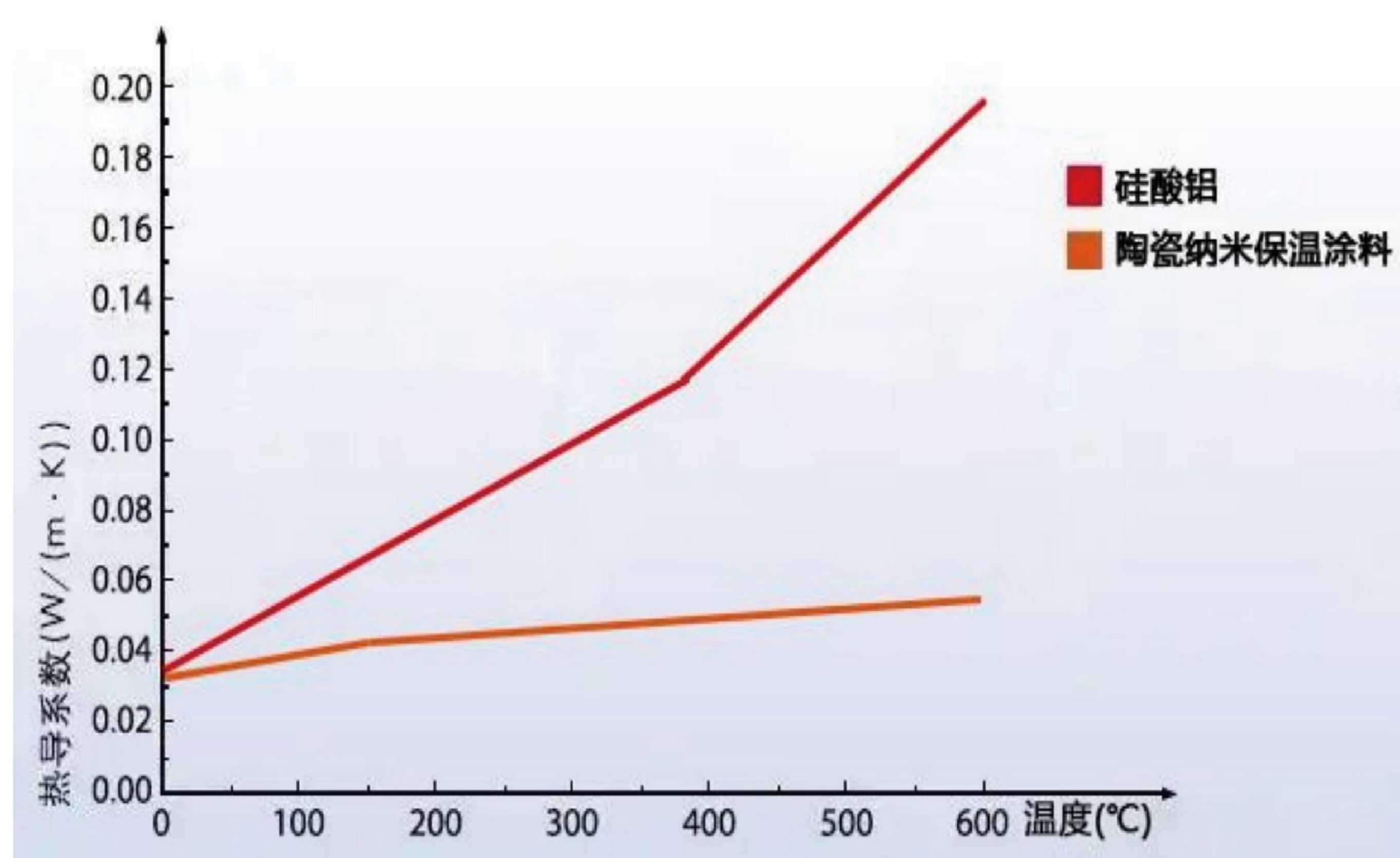


耐高温、抗腐蚀、抗氧化，寿命可达10年以上

绝热性（导热系数稳定波幅小）

保温材料	陶瓷纳米保温涂料	纳米微孔复合保温材料	玻璃纤维针刺毡	岩棉	硅酸铝棉
最高使用温度	650℃	650℃	450℃	500℃	1000℃
导热系数	25℃ ≤0.035	25℃ ≤0.030	25℃ ≤0.032	25℃ ≤0.045	25℃ ≤0.044
	150℃ ≤0.042	300℃ ≤0.069	300℃ ≤0.080	300℃ ≤0.079	300℃ ≤0.09
	500℃ ≤0.052	500℃ ≤0.0925			500℃ ≤0.146

陶瓷纳米保温涂料的导热系数在宽温域范围内呈现优异的热稳定性，其温度依赖性显著低于传统保温材料。



附着力强

干燥机应用保温涂层附着力说明

• 物理公式 $F = a \times m$

• 式中： F ——离心力；

a ——向心加速度；

m ——物体质量。

向心加速度 a ： $a = \omega^2 r$ $a = \frac{v^2}{r}$ $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$

式中： ω ——物体圆周运动的角速度；

r ——物体圆周运动的半径；

T ——物体圆周运动的周期；

π ——圆周率。

测试数据		
涂层厚度	样块编号	强度/MPa
3mm	1-1	0.98
	1-2	1.1
	1-3	0.93
7mm	2-1	0.97
	2-2	1.08
	2-3	0.92
10mm	3-1	0.93
	3-2	1.07
	3-3	0.93
10mm (带面涂层)	4-1	0.88
	4-2	0.98
	4-3	0.91

计算分析

离心力 $F=0.028N$ ，涂层测试附着力取 $0.54MPa$ ，即 $0.54N \times 10^6 / m^2$ ，可以近似的理解为作用在单位面积上的附着力远远大于干燥机正常运行时筒体外表面保温涂层所受的离心力；即使再考虑到干燥机一端敲击锤振动的影响和有时较大风力的影响因素，也不会导致保温涂层损坏甚至脱落。

超薄轻量化

保温涂料	数据	单位
干膜密度	0.18	g/cm ²
湿料密度	0.45	g/cm ²
干膜重量	1.8	kg/m ²
湿料所需重量	7.2	kg/m ²

基础数据

用料	湿料用量	湿料总重量	单位	干膜总重	单位	喷涂后干膜厚度
底漆	0.25 kg/m	250	KG	150	KG	30~40μm
保温层	7.20 kg/m	7200	KG	1080	KG	5000~6000μm
防水层	1.00 kg/m	1000	KG	500	KG	150~200μm
合计		8450	KG	1730	KG	
结论	喷涂后干膜重量				1.7kg/m ²	

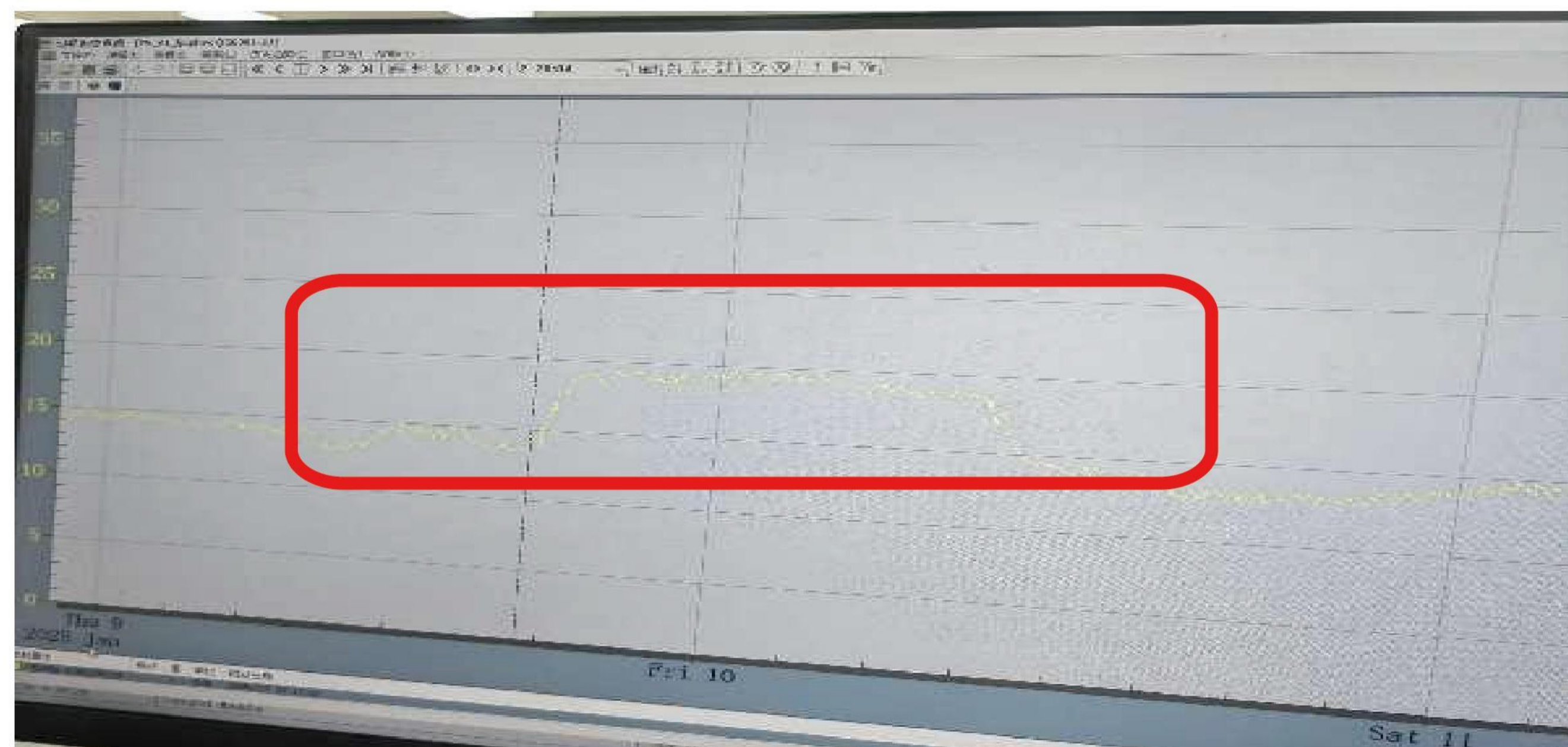
湿料及干膜重量

结论：干燥机涂料干膜重量726kg/台，传统硅酸铝保温层重量约7085.5kg/台，涂料保温设备负荷轻（为传统保温材料的1/10），更加省电节能

陶瓷纳米保温涂料长效节能

传统保温材料

- ◆ 材料导热性能自然衰减率≥10%
- ◆ 运行后发生纤维结构解聚（纤维絮化现象），保温性能急剧下降。
- ◆ 无主动散热能力；太阳反射率30%~50%（需配合铝箔）
- ◆ 长期暴露问题：若直接暴露在阳光下，紫外线加速材料老化，需外层保护（如防水涂层、金属板）
- ◆ 下雨天吸水后，保温性能骤降，动、静等需加热保温设备的蒸汽使用量骤升。
- ◆ 抗腐蚀性差，易粉化脱絮。基本使用1-2年，需停机检修整体维护更换。



保温棉蒸气使用趋势波动变化



涂料保温蒸气使用趋势稳定

陶瓷纳米保温涂料

- ◆ 材料导热性能自然衰减率≤1%
- ◆ 致密陶瓷层运行稳定：采用微孔梯度结构设计优化热工性能，成膜后形成致密陶瓷层，保温性能长效稳定；
- ◆ 高效防晒：太阳反射率80%~95%；红外发射率0.85~0.95
- ◆ 憎水防腐：（接触角 > 150°）通过ISO29473防水认证
- ◆ 耐腐蚀、防水性强，运维周期延长至60个月以上，使用寿命长达10年。

陶瓷纳米保温涂料长效节能

- ◆ 相较传统材料节能30%~50%
- ◆ 全生命周期经济优势
- ◆ 运维周期延长至60个月以上，综合成本较保温棉降低47%~53%（含能耗节约及维保费用），投资回报周期缩短至24个月以内（基于年运行8000小时工况）。

施工便利性

1、施工灵活

支持喷涂、刷涂，贴合复杂结构（如弯头、阀门），无需裁剪包裹，避免传统保温棉的拼缝热损。

2、薄层省空间

1.2mm厚度等效传统保温棉80mm效果，尤其适合空间受限区域。

3、环保低维护

水性无毒，零施工损耗；兼具防水防腐，寿命10年以上，免频繁更换。



长效保温（运维周期≥5年）



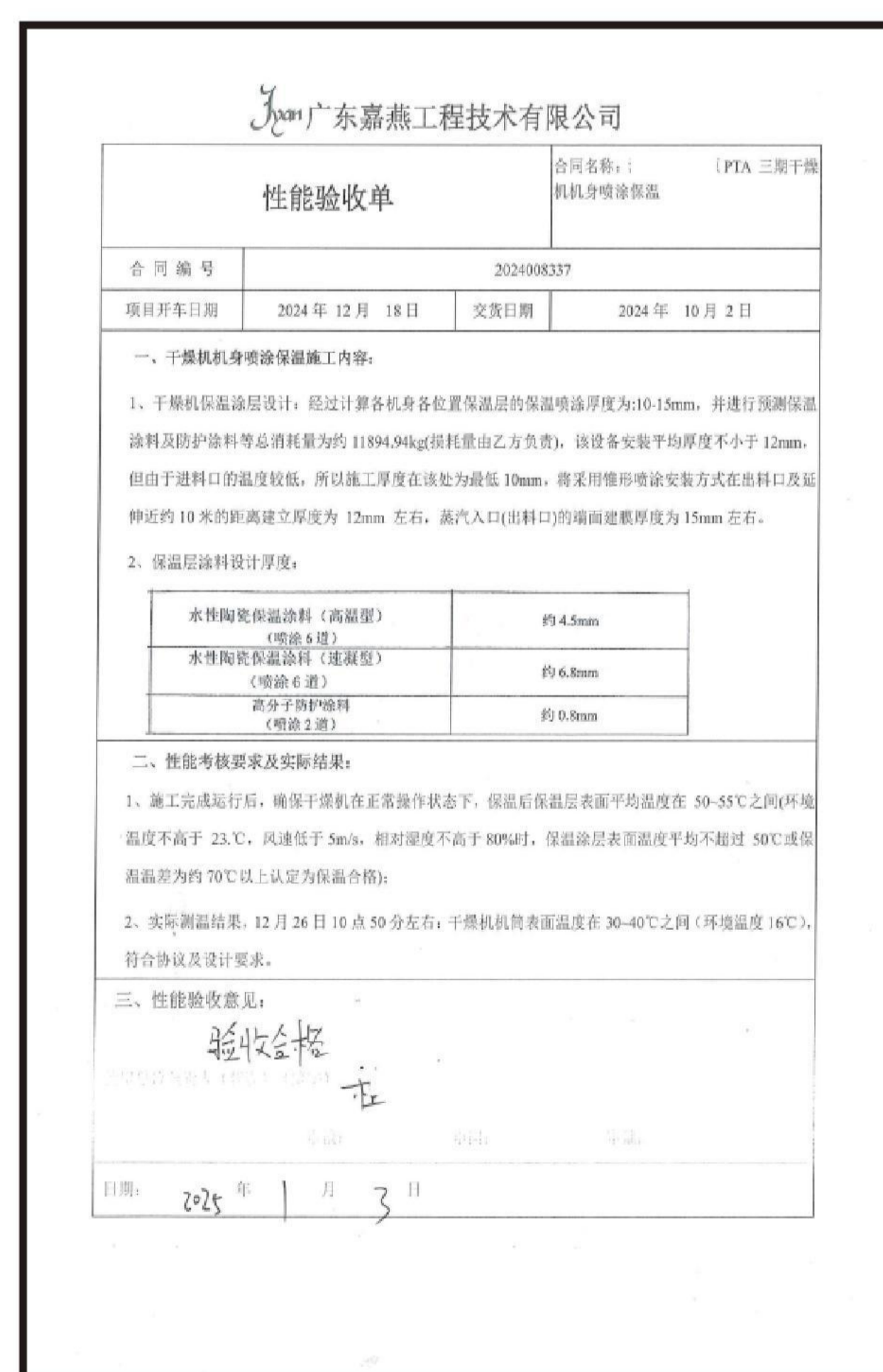
嘉燕陶瓷纳米保温涂料

干燥机使用2年后
干燥机表面温度仍为
50°C以内。



同行业进口品牌保温涂料

干燥机使用2年后，
干燥机表面温度为
90°C左右。



I 性能及经济效益对比

陶瓷纳米保温涂料与硅酸铝保温棉 性能对比

对比项目	传统硅酸铝保温棉	广东嘉燕陶瓷纳米保温涂层
保温涂料绝热原理	硅酸铝保温棉通过微米级多孔结构 (5 μ m孔径+70%孔隙率)，结合纤维细度 (3-5 μ m)，"2传" 实现绝热。	陶瓷纳米保温涂料通过纳米级多孔结构 (50-200nm孔径+90%孔隙率)，结合超细颗粒分散 (粒径20-100 nm)，"3传协同" 实现绝热。
使用温度范围	-40 $^{\circ}$ C~1000 $^{\circ}$ C (长期耐温约600 $^{\circ}$ C)	-50 $^{\circ}$ C~650 $^{\circ}$ C (长期耐温约600 $^{\circ}$ C)
隔热性能	导热系数 (25 $^{\circ}$ C)	0.044 W/(m·K) (常温)
	导热系数 (50 $^{\circ}$ C-150 $^{\circ}$ C)	0.069-0.08W/(m·K) (高温)
保温稳定性	年度平均保温衰减率 \geq 10%	年度平均保温衰减率 \leq 1%
隔热效果	需较厚层 (通常 \geq 50mm) 达到相近效果， 无反射功能长期日晒，会让硅酸铝保温棉风化，影响保温效果	1mm厚度可降温15 $^{\circ}$ C以上， 全太阳反射率85~88%，对红外反射率95%

对比项目	陶瓷保温涂层	传统保温棉
保温性能稳定性	5年内可保持恒定的保温效果，年度保温衰减率\leq1%	保温性能差：硅酸铝棉遇到冷凝水、雨淋或在潮湿环境中吸收水汽，其导热系数可能会上升10倍以上。 年度保温衰减率\geq10%
美观	喷涂后颜色均匀，一体性好	保温棉为多层，外面为不锈钢皮，整体完整和密封性较差
抗老化	抗老化效果好，具有耐热、耐酸碱、耐候、防紫外线老化等性能	在长日照环境下，传统保温棉体系易加速老化，保温材料纤维絮化；配套不锈钢防护层在湿热协同作用下抗点蚀性能显著下降
使用寿命	使用寿命10年以上	约2到3年需整体更换，更换的频次高
对设备负担	重量1.73gk/m ²	约重量15gk/m ²
节能性	无，节能降耗好 (表面温度 \leq 50 $^{\circ}$ C)	1、脱落的保温颗粒落入拖轮，会造成拖轮和滚圈损坏。 2、影响干燥机振动和产生电流波动，影响干燥机密封件的寿命 3、转动过程中整体偏重，会造成干燥机额外的功率消耗。
施工安装	喷涂施工简易	安装比较麻烦，工序较多，需铝皮外护层
环境影响	一般废弃物 (水性涂料)	工业危废
综合评价	节能降耗明显，保温性能稳定，使用年限长，几乎不需要维护 (10年不需要维护和更换)	节能降耗差，保温性能差，检修维护多，使用寿命短。

干燥机投资与运营成本对比

对比项目	广东嘉燕 陶瓷纳米保温涂料	玻纤气凝胶	硅酸铝保温棉
	方案一	方案二	方案三
保温厚度 (mm)	10~15mm (保温层)	30mm (气凝胶)	150mm(50mm *3层硅酸铝)
保温用量 (m ³)	6.15	29.52	147.6
每台干燥机一次性投资成本 (万元)	4.5X	1.9X	X
使用寿命 (年)	≥10年	2(实际使用 约2年需大修)	1.5(实际使用 约2年需大修)
大修检修成本 (万元)	硅酸铝保温棉及气凝胶每2年几乎 需全部更换	0.00	X
固废回收成本 (万元)	硅酸铝保温棉每2年需全部更换后 固废处理	0.00	0.00
10年维护成本 (万元)	0.4X	4.5X	7.2X
每年保温使用费 (万元)	0.5X	0.65X	0.71X
每年蒸汽使用费 (万元)	1529.38	1698.54	1,711.11
陶瓷保温节能收益 (万元)	陶瓷保温相比气凝胶保温	169.16	
ROI投资回报年限 (年)		0.34	
陶瓷保温节能收益 (万元)	陶瓷保温相比硅酸铝保温	181.73	
ROI投资回报年限 (年)		0.42	

对比结论：嘉燕陶瓷纳米保温涂料其虽然初期投资较高，但凭借**极低的维护成本**（10年仅9.90万元）、**显著的节能收益**，**超快投资回报**，综合长期经济性远超其他方案。

储罐保温投资与运营成本对比

数据来源案例：海南**PX储罐（直径44m*高22m）30000m³，单台PX罐面积4974m²

对比项目	传统保温棉	陶瓷纳米保温涂料	对比说明
保温层厚度 (mm)	80	1.2	涂料的膜干厚度1.2mm
保温层重量 kg/m ²	96	0.87	保温层重量
施工时间 天	约60天	约20天	采用人工喷涂方法，施工周期缩短60%以上
材料费 万元/台	X	2.5X	对比传统保温棉
施工费 万元/台	X	0.5X	对比传统保温棉
机具使用费 万元/台	X	X	对比传统保温棉
设备投资成本 万元/台	X	1.5X	PX储罐为例，一次性投资成本，涂料比保温棉高约50%
施工面积 m ²	4974	4974	
每平方米投资造价 元/m ²	X	1.5X	对比传统保温棉高约50%
运营维护成本 万元/台/年	约30万元（搭架子检修 +材料费）每两年检修一次	0万元/年	保温涂料几乎零成本维护。
使用寿命年	5-8年（保温效果逐年衰减）	10年以上	保温涂料---使用寿命10年以上
(投资+运营)成本 (万元/年)	传统保温棉每两年需搭架 检修（人工+材料费）	对比传统保温棉 约低40%以上%	10年运营维护成本

对比结论：嘉燕陶瓷纳米保温涂料其虽然初期投资较高，但是**涂料全生命周期成本比传统材料低40%以上**，且凭借极低的维护成本，综合长期经济性远超其他方案。

胶液罐应用陶瓷纳米保温涂料节能效益

对比维度	原状况/传统保温材料	陶瓷纳米保温涂料
节能效率	散热损失大，热流密度1942 W/m ²	热流密度降低87%至181W/m ² ，散热损失减少1311W/m ²
表面温度控制	罐体表面温差达20℃，平均温度64.65℃	温差缩小至5℃以内，平均温度降至38.67℃（降幅40%）
年维护成本	传统保温材料每年（需定期更换、修补）	0元（无需维护，可局部修补）
使用寿命	传统保温材料5-8年（需频繁更换）	10年以上（基本免维护）
环保性	产生固废（硅酸盐板不可回收），施工粉尘污染（传统保温材料）	零VOC排放，无固废，减少热污染
施工复杂度	复杂（需安装保温层、防水层、铝皮）	简单（喷涂工艺，3mm厚度分多遍完成）
防腐性能	易导致保温层下腐蚀	耐盐雾、抗酸碱，通过1000小时盐雾实验
适用温度范围	≤150℃（硅酸盐板）	≤180℃
投资回收期	无明确回收期（长期维护成本高）	19个月（按标煤单价0.6元/kg计算）
年节能效益	-	284元/m ² （折合标煤473 kg/m ² ）

节能效益：基于年运行时间7000小时，每平方米年节能量33,037,200 kJ，折合标煤473 kg/m²。

陶瓷纳米保温涂料通过降低热损失87%、减少标煤消耗473kg/m²/年、19个月快速回本等核心优势，成为化工储罐节能改造的优选方案。其环保性、低维护成本及长寿命特性，进一步提升了综合效益。

干燥机节能效益

蒸汽回管式PTA干燥机---三种材料保温的蒸汽使用量调研对比表（参考）

序号	使用单位	干燥机尺寸	保温类型	PTA工艺方	单台干燥机蒸汽使用量（DCS蒸汽传感器数据） t/h	生产产能（干基）（t/h）	生产每吨PTA使用蒸汽量（t）	SLL蒸汽成本（元/t）	蒸汽使用费（元/TPTA干基）	以年产200万吨PTA计蒸汽使用成本（万元）
1	海南** PTA二期	4.7m *29m	涂料保温	英威达	16.50	151	0.109	70	7.65	1,529
2	浙江** PTA二期	4.7m *29m	气凝胶保温	英威达	18.32	151	0.121	70	8.49	1,699
3	江苏** 一期	4.5m *29m	硅酸铝棉保温	BP	22.00	180	0.122	70	8.56	1,711

对比结论：喷涂陶瓷纳米保温涂料后，表面温度降为50℃以内，对比传统保温，按年产量250万吨计算，能为业主节省蒸汽费用约200万元/年。

陶瓷纳米保温涂料优势总结

陶瓷纳米保温涂料作为新一代高效节能材料，凭借其独特的性能优势，在工业设备保温领域展现出显著的适用性，**超低导热系数**：通过纳米陶瓷微孔结构设计，其综合导热系数低于 $0.03\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，较传统保温材料（如岩棉、玻璃棉）降低30%~50%，大幅减少保温层厚度，尤其适用于空间受限场景（如外浮顶油罐单盘）。

一体化密封结构：喷涂后形成连续致密保温层，无接缝、无冷桥，有效隔绝湿气渗透，避免因吸湿导致的导热性能劣化，长期稳定性达5年以上。

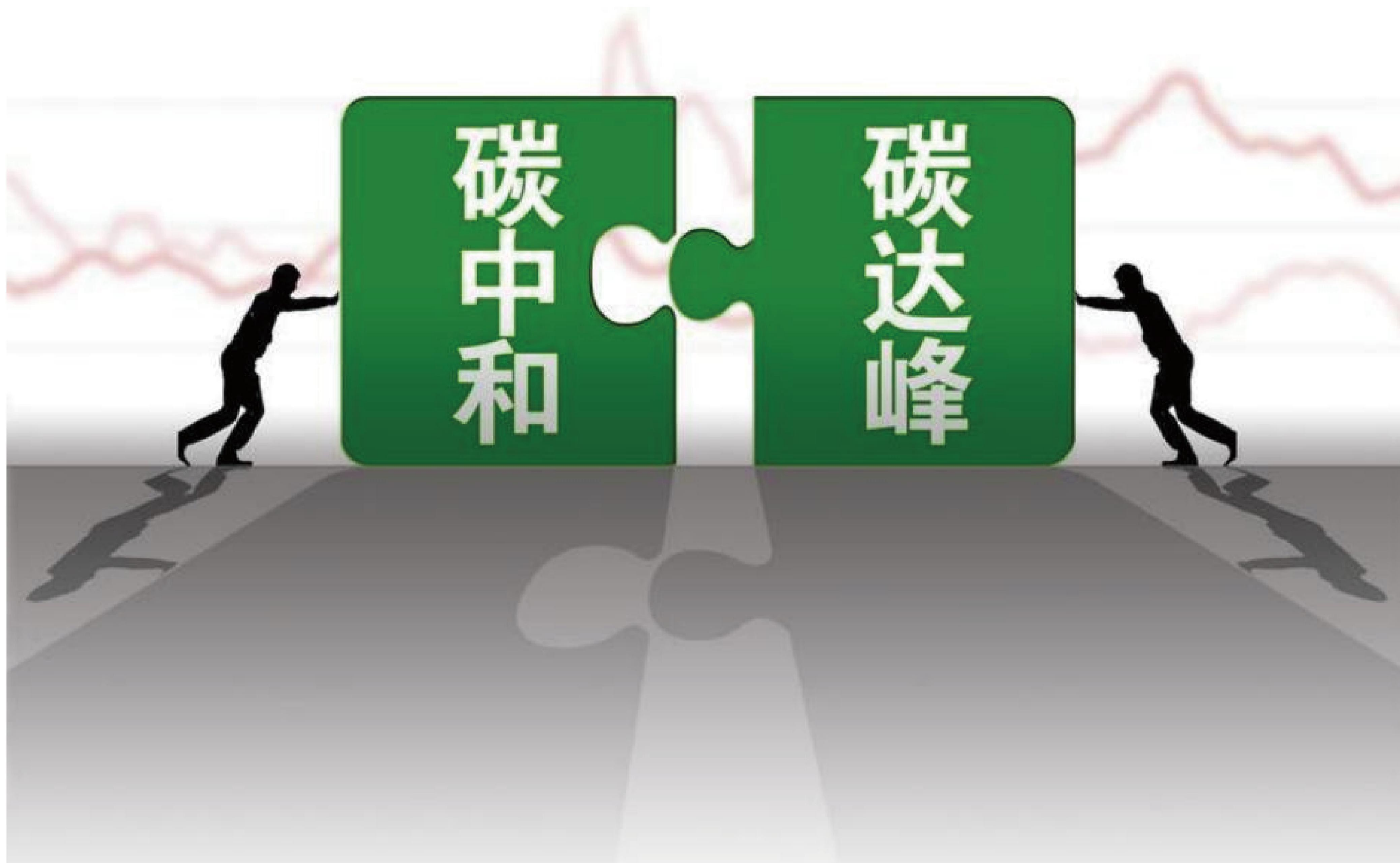
轻量化与负载适应性：干膜密度仅 $0.5\sim 0.8\text{g}/\text{cm}^3$ ，单位面积重量不足常规材料的1/5，可适配高荷载敏感设备（如石化储罐、船舶舱体），避免结构变形风险。

高效施工与维护性：采用无尘喷涂工艺，单次成膜厚度可达 $2\sim 5\text{mm}$ ，工期缩短60%以上；局部破损可快速原位修补，无需停产，运维成本降低40%以上。

环保与耐久性：水性无机体系不含VOCs，通过RoHS认证，耐酸碱、抗紫外老化，寿命周期内无纤维脱落，符合绿色制造及职业健康安全要求。

政策前瞻与应用响应：

在“双碳”目标驱动下，我国《“十四五”工业绿色发展规划》明确提出推广“高效保温材料及技术”，列入《国家工业节能技术推荐目录》，用于高温炉窑等，降低散热损失20%~30%，直接响应“单位GDP能耗下降13.5%”政策目标；该材料凭借全生命周期低碳属性（生产能耗低、无固废），有望纳入绿色技术采购清单，获得政策补贴及碳积分奖励，成为工业节能降碳的关键技术路径之一。



业绩案例

陶瓷纳米涂料（国内首例动设备保温涂料国产化的应用）



◆ 海南**公司 2台干燥机表面涂料保温项目

◆ 年产250万吨PTA干燥机，介质温度180℃

设备150℃的表面温度，喷涂陶瓷纳米保温涂料后，表面温度降为50℃以内，对比一期原进口保温涂料保温以及传统保温，按年产250万吨PTA为例，能为业主节省蒸汽费用约200万元/年。

海南某石化公司干燥机保温施工（总厚度参考技术协议）

施工步骤



耐高温防腐底漆（根据工况可选）
厚度0.03~0.04mm



耐高温强保温涂料
厚度约8~10mm



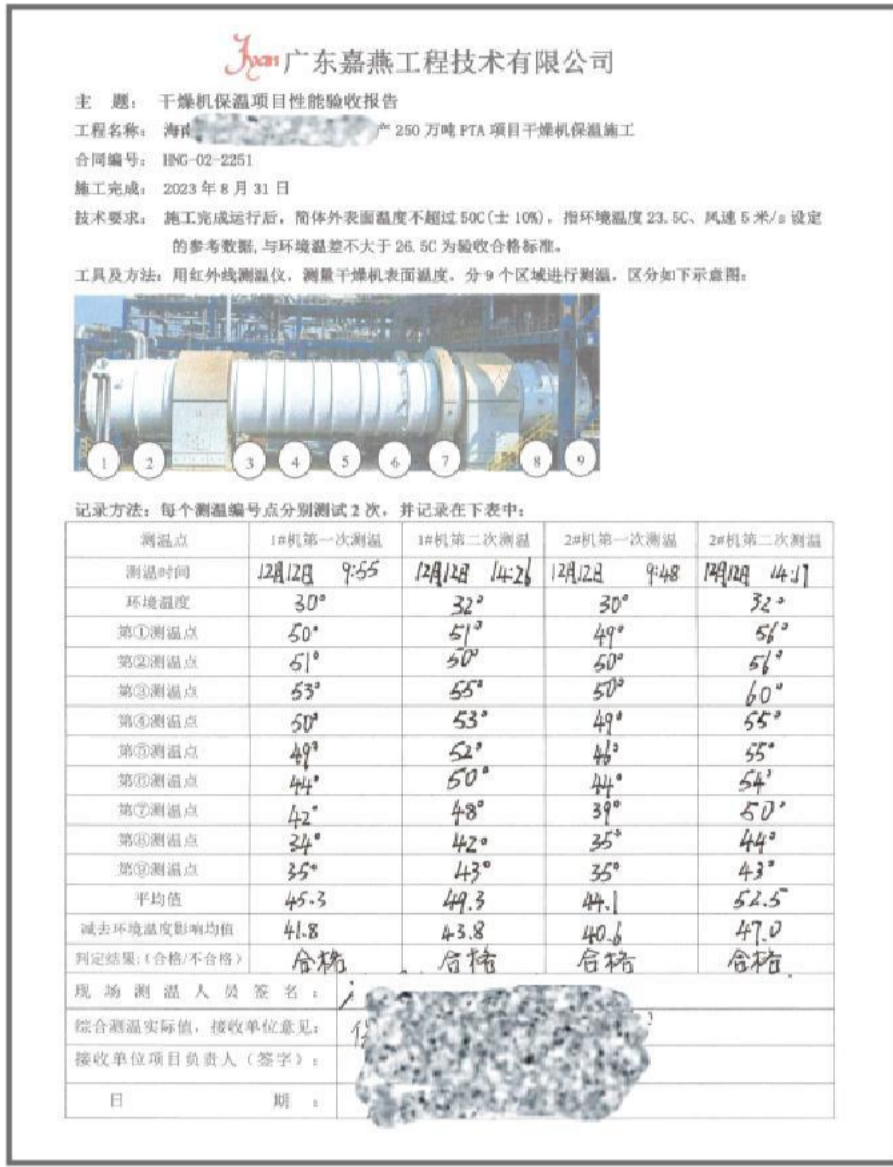
高弹性防水保护层涂料
厚度0.8mm



最终效果图

海南某石化公司干燥机保温施工

性能验收过程及数据



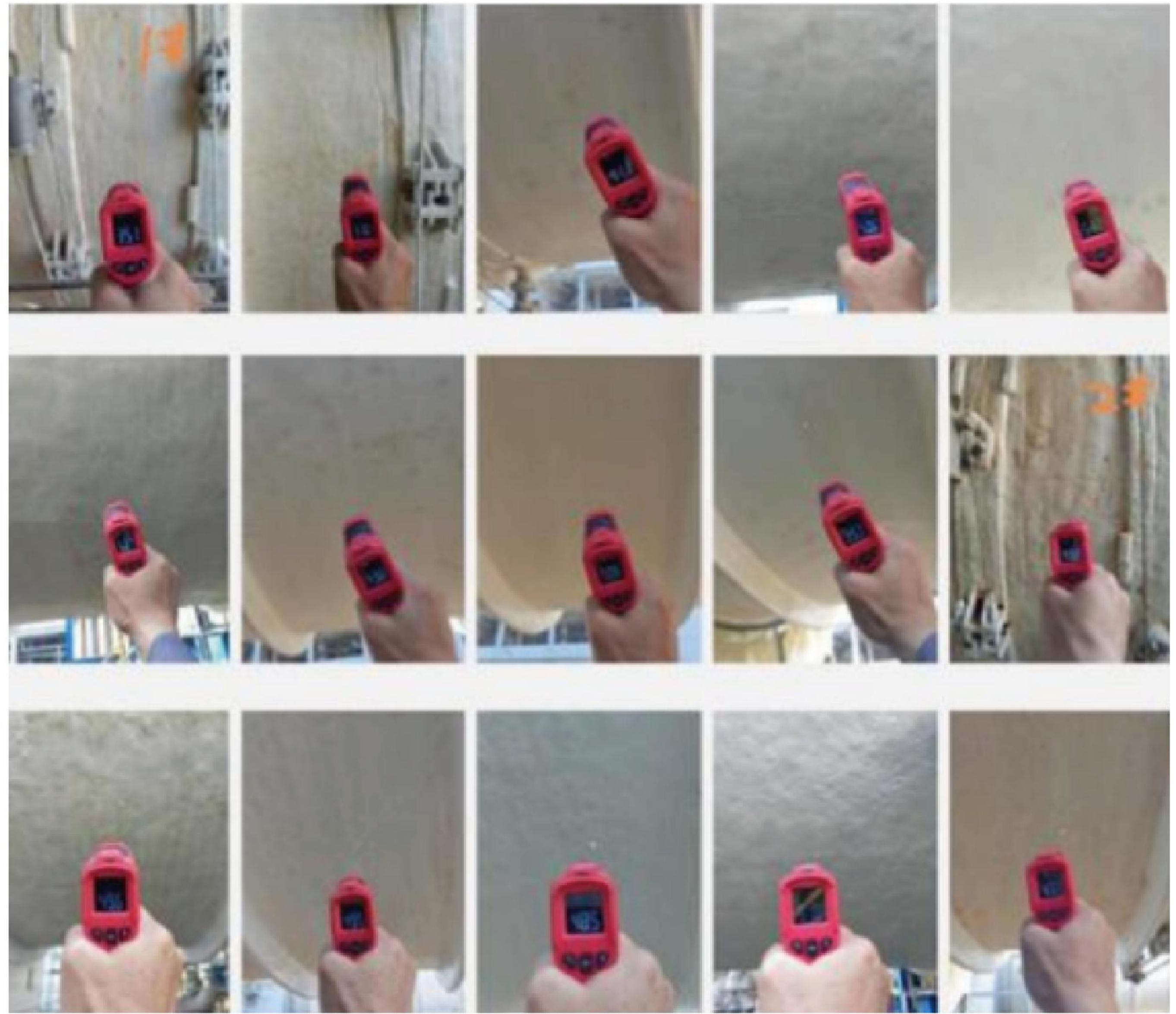
位置	11月14日	11月15日	11月16日	11月17日	11月18日	11月19日
干燥机筒体	45.2	46.1	47.0	46.8	45.5	46.3
干燥机头盖	43.9	44.5	45.1	44.8	43.5	44.2
干燥机底座	46.5	47.2	47.8	47.5	46.2	46.9
干燥机附件	44.8	45.3	45.9	45.6	44.3	45.0
干燥机检修口	45.7	46.4	47.1	46.9	45.4	46.1
干燥机平台	44.1	44.6	45.2	44.9	43.8	44.5
干燥机爬梯	45.0	45.5	46.0	45.8	44.7	45.4
干燥机护栏	44.3	44.8	45.3	45.1	44.0	44.7
干燥机照明灯	45.4	45.9	46.4	46.2	45.1	45.8
干燥机其他	44.6	45.1	45.6	45.4	44.3	45.0
平均	45.1	45.6	46.1	45.9	44.8	45.5

11月14日现场表面实际测量数据

- 干燥机表面装涂后平均温度 43.9°C~47.4°C，满足业主性能验收要求；**验收合格。**

11月15日业主性能验收要求

- 干燥机表面装涂后平均温度 44.2°C~49.5°C，满足业主性能验收要求；**验收合格。**



海南某石化公司（用户运行情况报告）

用户运行情况报告

广东嘉燕工程技术有限公司：

贵司为我司：[石化有限公司] 年产 250 万吨 PTA 的二期工程设计施工的干燥机保温涂料，自投用至今已稳定运行 1 年有余。

经实际生产验证，该装置运行情况良好，未出现质量问题，整体保温性能良好。具体表现如下：

- 1) 在环境温度 23.5°C，风速 5 米/s 的情况下筒体的外表面温度，未超过 50 度。
- 2) 在其他环境条件下，筒体外表面温度与环境温度温差小于 26.5°C。

现对装置运行实况进行反馈，并对贵司项目团队在设计、施工及后续验收服务方面的工作表示感谢。


 石化有限公司
 日期：2025 年 5 月 31 日

核心结论

- 稳定运行时长：约2年
- 质量表现：零质量问题
- 保温性能：持续优异

实测保温效果

- 环境温度：23.5°C
- 风速：5m/s
- 筒体表面温度：≤50°C
- 温差控制：筒体表面温度 vs 环境温度 < 26.5°C

结论：

保温涂层有效抑制热损失，满足严苛工况需求；长效保温、保温效果几乎零衰减。

动设备（浙江某公司干燥机保温项目案例）

浙江**有限公司三、四期年产540万吨PTA项目，干燥机机身喷涂保温项目2024年9月1日-31日施工完成，项目已验收合格。（环境温度18℃，表面温度30~40℃）

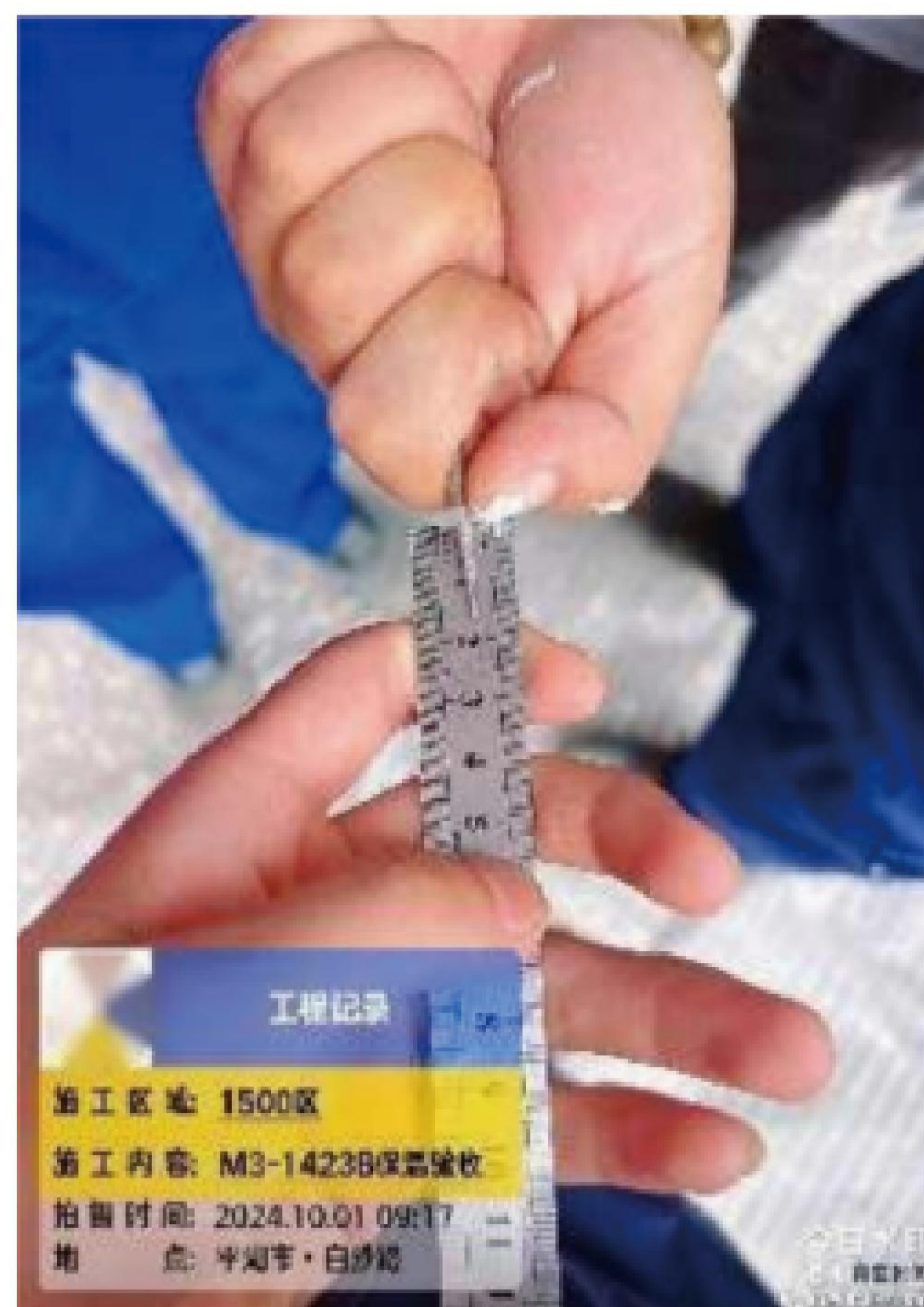


设备150℃的表面温度，喷涂陶瓷纳米保温涂料后，表面温度降为50℃以内，对比一期原进口保温涂料保温效果好，一期二期表面温度在60~70度。

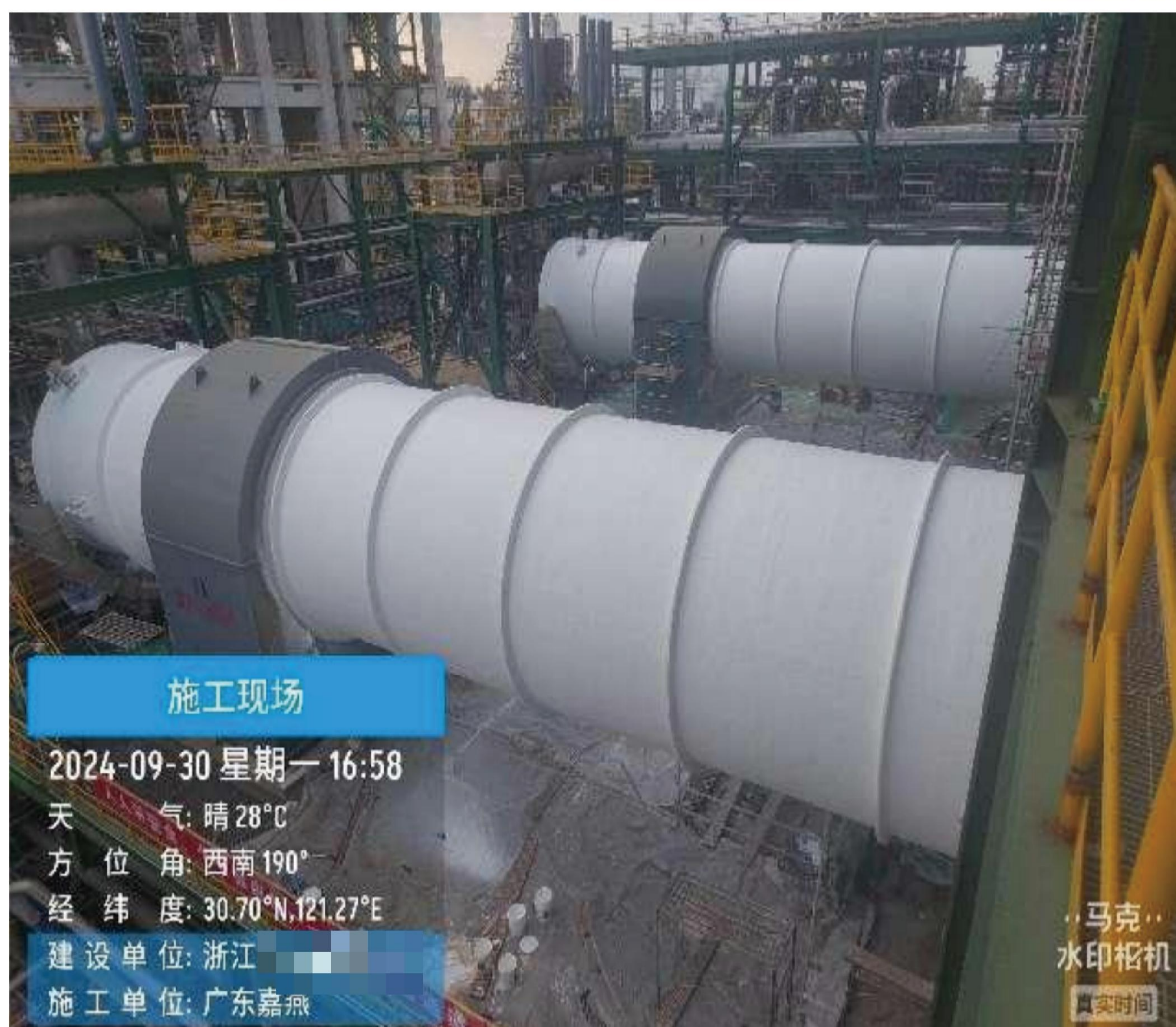
浙江某公司三期、四期4台干燥机施工验收



业主、监理单位验收



最终厚度检测 (合格)



施工完成效果图



测温验收 (合格)



浙江某公司三期、四期4台干燥机验收

广东嘉燕工程技术有限公司

性能验收单

合同名称: PTA三期干燥机机身喷涂保温

合同编号: 2024008337

项目开车日期: 2024年12月18日 交收日期: 2024年10月2日

一、干燥机机身喷涂保温施工内容:

1. 干燥机保温涂层设计: 经过计算各机身各位置保温层的保温喷涂厚度为10-15mm, 并进行预测保温涂料及防护涂料等总消耗量约为11894.94kg(即耗量由乙方负责), 该设备安装平均厚度不小于12mm, 但由于进料口的温度较低, 所以施工厚度在该处为最低10mm, 将采用锥形喷涂安装在出料口及延伸约10米的距离建立厚度为12mm左右, 蒸汽入口(出料口)的端面厚度为15mm左右。

2. 保温涂层设计厚度:

水性陶瓷保温涂料(高温型) (喷涂4道)	约4.5mm
水性陶瓷保温涂料(常温型) (喷涂6道)	约6.8mm
高分子防护涂料 (喷涂2道)	约0.8mm

二、性能考核要求及实际结果:

1. 施工完成运行后, 确保干燥机在正常操作状态下, 保温后保温层表面平均温度在50-55℃(环境温度不高于23℃, 风速低于5m/s, 相对湿度不高于80%时, 保温涂层表面温度平均不超过50℃或保温温差为70℃以上认定为保温合格)。

2. 实际测温结果, 12月26日10点50分左右: 干燥机筒体表面温度在30-40℃之间(环境温度16℃), 符合协议及设计要求。

三、性能验收意见:

验收合格

日期: 2025年1月3日

性能验收: 合格

广东嘉燕工程技术有限公司

干燥机保温项目性能验收报告

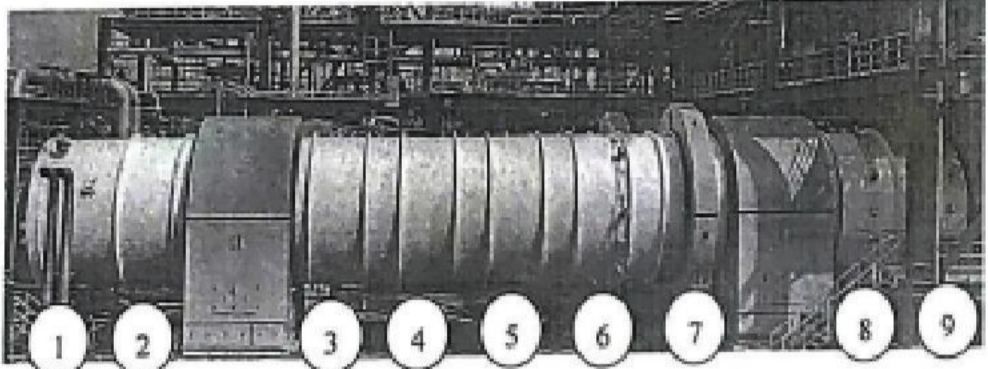
工程名称: 浙江独山能源有限公司-PTA三期干燥机机身陶瓷保温涂料喷涂保温

合同编号: DS/MSDCG/2024/00011

施工完成: 2024年9月30日

技术要求: 保温层表面平均温度在50-55℃之间(环境温度不高于23.5℃, 风速低于5m/s, 相对湿度不高于80%时, 保温涂层表面温度平均不超过50℃或保温温差为70℃以上认定为保温合格)。

工具及方法: 用红外测温仪, 测量干燥机表面温度, 分9个区域进行测温, 区分如下示意图:



记录方法: 每个测温编号点分别测试2次, 并记录在下表中:

测温点	1#机第一次测温	1#机第二次测温	2#机第一次测温	2#机第二次测温
测温时间	2025.5.30 11:00	2025.5.30 15:30	2025.5.30 11:00	2025.5.30 15:30
环境温度	33℃	33℃	30℃	33℃
第①测温点	37℃	36.7℃	32.3℃	32.9℃
第②测温点	37℃	46.5℃	35.5℃	38.2℃
第③测温点	42.4℃	46.5℃	38.2℃	37.9℃
第④测温点	46.5℃	46.5℃	42.2℃	42.2℃
第⑤测温点	36.4℃	37.2℃	41.5℃	48.8℃
第⑥测温点	37.8℃	38.2℃	41.8℃	46.9℃
第⑦测温点	43.8℃	49.9℃	48.9℃	47.9℃
第⑧测温点	49.5℃	46.8℃	49.5℃	46.5℃
第⑨测温点	49.9℃	49.5℃	45.5℃	45.2℃
平均值	42.38℃	42.23℃	41.98℃	42.5℃
超出环境温度影响均值	26.88℃	37.73℃	35.98℃	30℃
判定结果(合格/不合格)	合格	合格	合格	合格

现场测温人员签名: 合格

综合测温实际值, 接收单位意见: 合格

接收单位项目负责人(签字):

日期: 2025.5.30

测温验收: 合格

用户运行情况报告

广东嘉燕工程技术有限公司:

贵司为我司浙江 有限公司三期年产540万吨PTA项目设计施工的干燥机陶瓷保温涂料保温, 已稳定投入运行。

经实际生产验证, 该装置运行情况良好, 未出现质量问题, 整体保温性能良好。具体表现如下:

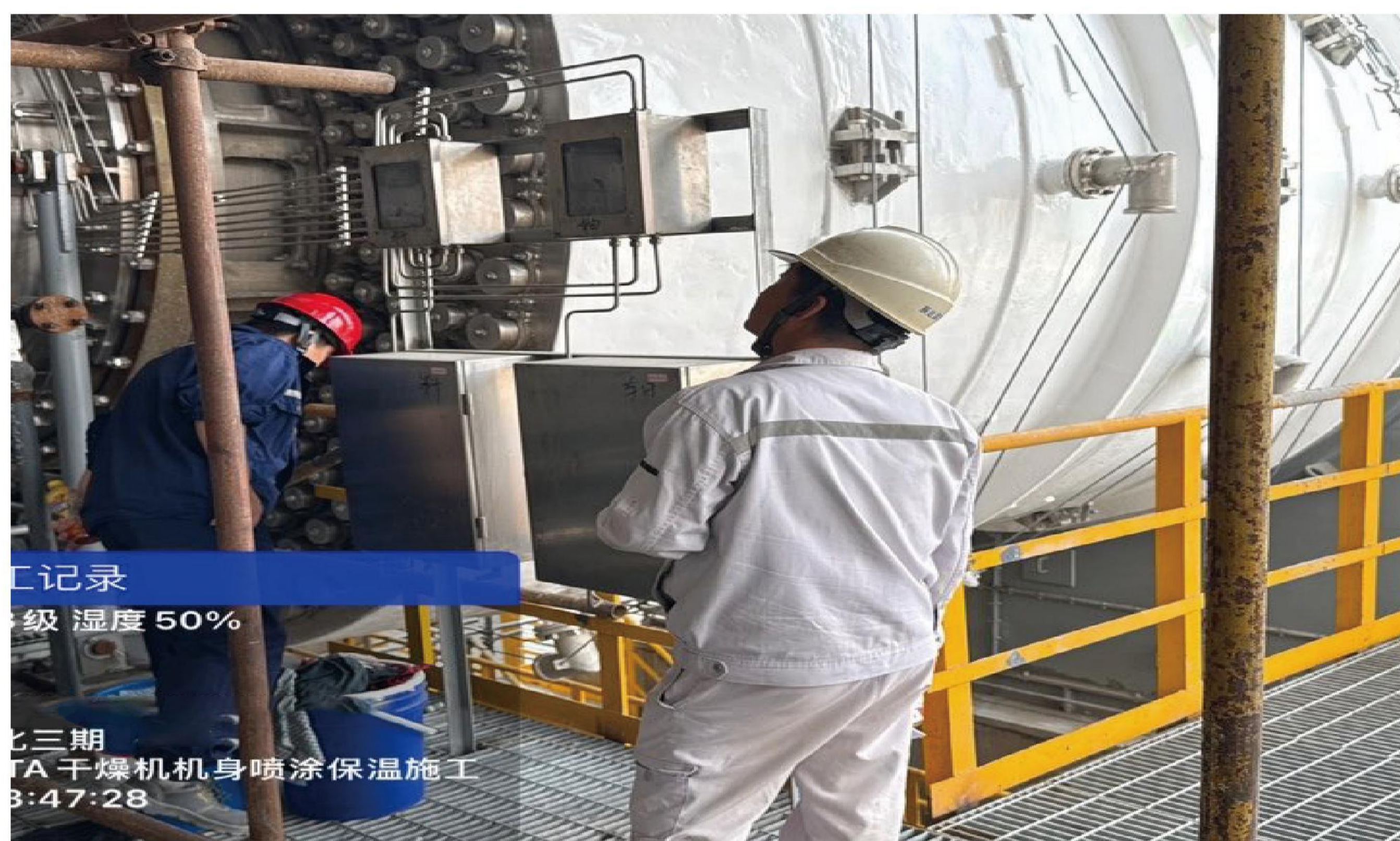
- 1) 在环境温度23.5℃, 风速5米/秒的情况下筒体的外表面温度, 未超过50度。
- 2) 在其他环境条件下, 筒体外表面温度与环境温度温差小于26.5℃。

现对装置运行实况进行反馈, 并对贵司项目团队在设计、施工及后续验收服务方面的工作表示感谢。

浙江 有限公司
日期: 2025年6月12日

运行报告: 性能稳定

江苏某公司新建项目2台干燥机保温涂料应用



业主验收现场



施工完成效果图

浙江某公司一、二期2台干燥机保温涂料修复项目

2025年对PTA一、二期干燥机（2台）原进口陶瓷保温涂层改造修复（改造区域：尾端/出料口）

合同序号: 2025001157

软件采购/项目服务合同

甲方(采购商): 广东嘉燕工程技术有限公司
 乙方(供应商): 广东嘉燕工程技术有限公司
 签订日期: 2025年01月23日
 签订地点: 平湖市

经过友好协商, 双方就干燥剂保温施工项目服务及软件采购达成以下合同条款:

1. 所购买的产品名称、商标、规格、单价、数量、金额

产品名称	商标/品牌	规格/型号	单价(元)	数量	计量单位	金额(元)	备注
一期1BM-530、二期2BM-530干燥机保温涂料喷涂	广东嘉燕	干燥机保温施工		78.000	平方米		干膜厚度为设计所需厚度, 最终施工厚度由乙方负责运行工况增加或减少相应余量, 施工后干膜厚度以保障干燥机保温效果为准, 最终按双方签订的技术协议供货

合计金额: >

注: 除合同另有约定, 甲方要求乙方提供与本合同项下产品有关的调试、维护、培训等服务时, 无需另行支付任何其他费用。

2. 交货/提供服务日期、方式和地点

2.1 日期: 自合同签订之日起 30 日内交付干燥机保温涂料/合同签订, 主材料到货并具备施工条件后, 施工周期 25 日内(雨天除外)完成施工。双方另外约定时间的, 乙方需在双方重新确认的时间内交货或提供服务。如果乙方按时交付施工材料或完成项目施工过程中遇到妨碍的, 应在 24 小时内以书面形式将妨碍的原因及情况通知甲方, 该通知不能免除乙方按约履行的义务(甲方书面同意的除外)。

2.2 方式: 乙方负责交付软件并上门安装调试/乙方上门提供项目服务, 同时将相关资料提供给甲方。

2.3 地点: 甲方公司内。乙方为交付软件/提供服务所产生的交通费、食宿费等由乙方自行承担。

3. 质量要求

3.1 本合同项下的软件产品需满足甲方或使用单位的使用要求, 并须符合以下指标规定: 技术协议要求。

3.2 项目实施过程中, 乙方应严格按照项目管理的要求, 对本项目分为需求调研、系统设计阶段、编码及系统安装调试阶段、系统试运行、培训及上线优化六个阶段开展实施质量管理, 乙方应在限定时间和计划内完成各阶段工作, 甲方对各阶段进展情况和工作质量的评估和资料文档的检验, 评估和检验符合甲方要求后, 乙方方可进行下一阶段的工作, 否则, 乙方应当根据甲方要求进行改进, 直至满足甲方要求, 如果由于乙方单方面工作质量把控不导致延期的, 由乙方负责。

3.3 乙方为甲方提供 24 个月免费维护, 免费维护期自产品经甲方验收合格之日起计算。

4. 验收条款

4.1 乙方应在交货/提供服务之日起 15 日内雨天除外, 以使用方现场通知为准完成安装调试工作, 并解决相应问题, 完成前述工作后产品进入试运行阶段, 运行要求如下: 满足技术协议要求。

试运行 7 日后, 由甲方对产品进行整体验收, 以确保产品符合本合同规定的要求及标准并能够稳定正常运行。产品经整体验收合格的, 由甲方验收代表签署产品验收合格单。甲方验收代表为: 姚健健。

4.2 若产品试运行期间出现问题或整体验收不合格, 由乙方再次进行测试。

5. 货款支付

5.1 合同总价按照以下约定方式支付:

合同总价的 / % (即 / 元), 在本合同生效后 / 日内凭 / % 的增值税发票付款;

合同总价的 % (即 / 元), 将在产品验收完毕并签署验收合格单后, 凭票电汇付款;

广东嘉燕工程技术有限公司

干燥机保温项目改造性能验收报告

工程名称: PTA一期1BM-530、二期2BM-530干燥机保温改造(陶瓷纳米涂料喷涂)
 改造区域: 干燥机出料口/尾部表面保温涂层。
 合同编号: 2025001157
 施工完成: 2025年3月8日

技术要求: 保温后保温层表面温度在 50~60°C (环境温度不超过 23.5°C, 风速低于 5m/s, 相对湿度不高于 80% 时, 保温涂层表面温度不高于 60°C 认定为保温合格);

工具及方法: 用红外线测温仪, 测量干燥机表面温度, 分 4 个区域进行测试, 区分如下示意图:



记录方法: 每个测温编号点分别测试 2 次, 并记录在下表中:

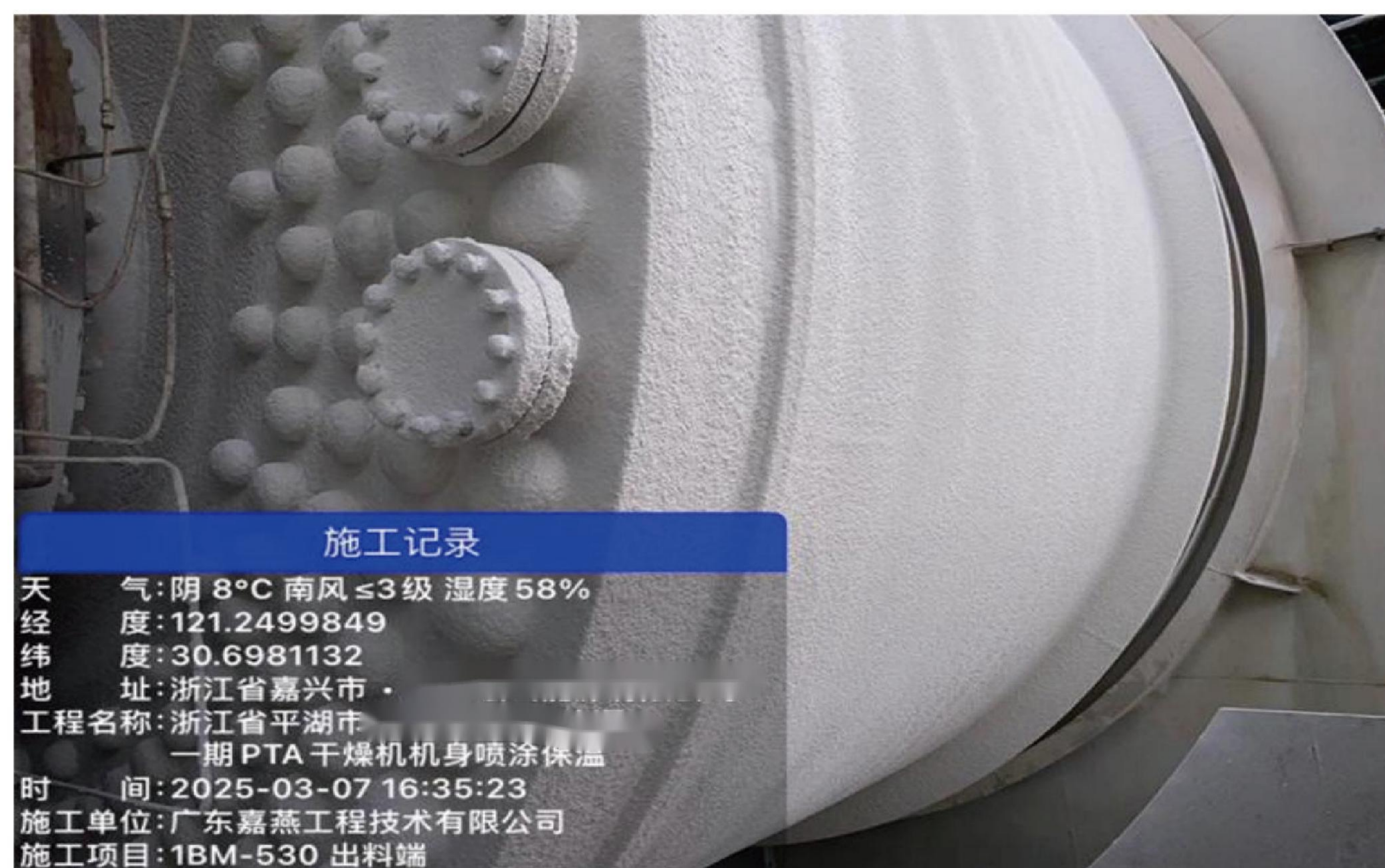
测温点	1#机第一次测温	1#机第二次测温	2#机第一次测温	2#机第二次测温
测温时间	14:20	14:27	14:40	14:45
环境温度	23°C	23°C	23°C	23°C
第①测温点	57.3°C	54.5°C	57.8°C	58.4°C
第②测温点	54.6°C	54.9°C	56.4°C	56.7°C
第③测温点	54.3°C	52.2°C	57.3°C	58.7°C
第④测温点	54.4°C	54.7°C	58.4°C	56.2°C
平均值	54.7°C	54°C	57.4°C	57.5°C
减去环境温度影响均值	31.7°C	31°C	34.4°C	34.5°C
判定结果:(合格/不合格)	合格	合格	合格	合格

现场测温人员签名: _____

综合测温实际值, 接收单位意见: 满足要求

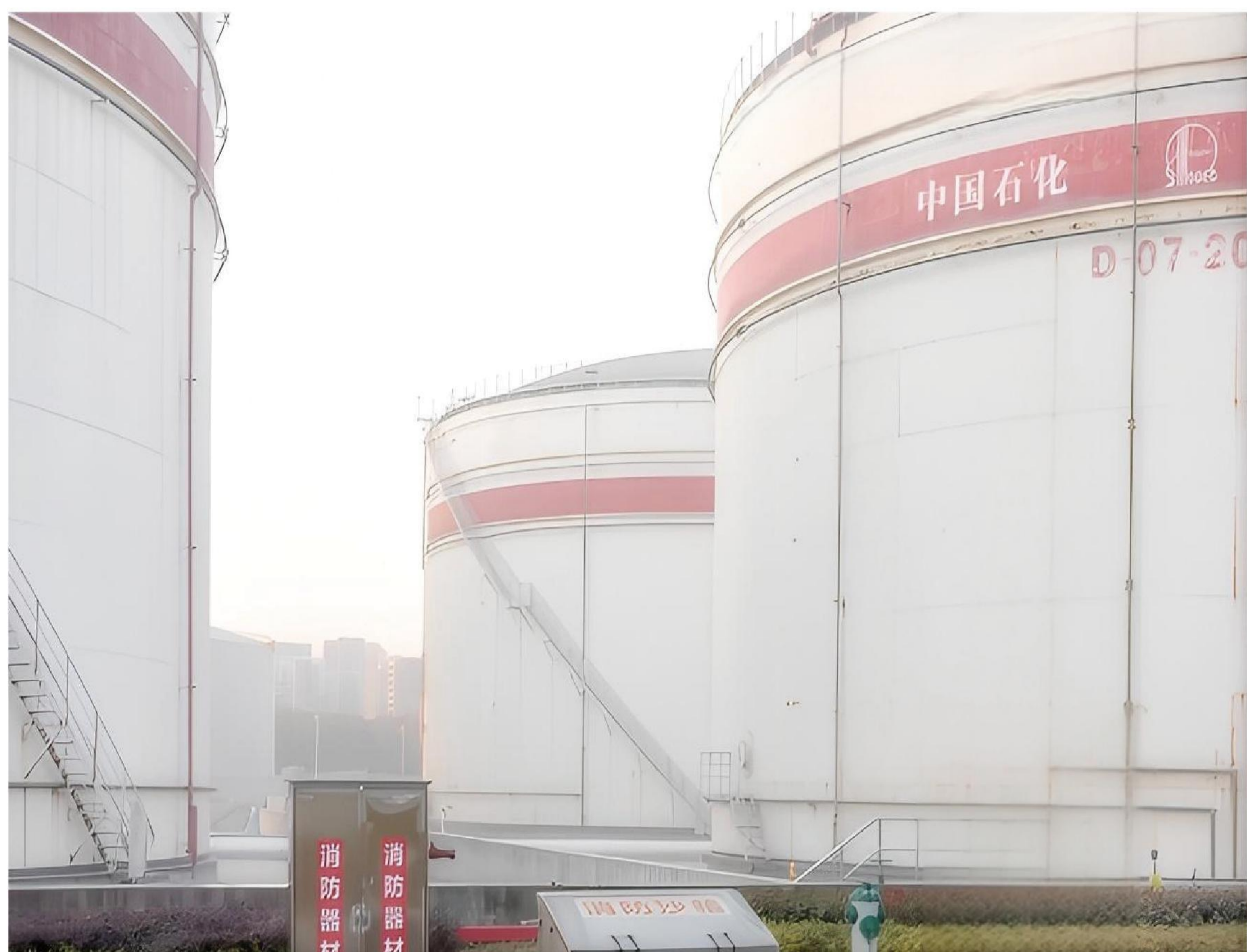
接收单位项目负责人(签字): _____

日期: 2025-6-15



改造前: 110°C → 改造后: 44°C

中石化**石化分公司 (10万m³原油罐外浮顶罐浮盘保温涂料应用)



2021年储运部10万m³原油罐1台，外浮盘总面积5024m²，平均油温55℃，环境温度20℃，风速小于2级。浮盘表面温度50℃。

应用陶瓷纳米保温涂料涂层厚度1.0mm后，浮盘表面温度40℃。

散热损失降低约： $\Delta q \approx k_{散} 10 \text{Kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}) * (50\text{°C} - 20\text{°C})$ ，则 $\Delta q \approx 100 \text{Kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

原罐顶散热量（未保温）= $k_{散} 10 \text{Kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}) * (50\text{°C} - 20\text{°C}) * 5024\text{m}^2 = 1507200 \text{Kcal/h}$

现罐顶散热量（保温后）= $k_{散} 10 \text{Kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}) * (40\text{°C} - 20\text{°C}) * 5024\text{m}^2 = 1004800 \text{Kcal/h}$

总降低散热量= $100 \text{Kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) * 5024\text{m}^2 = 502400 \text{千卡/时}$

节能率：502400千卡/时/1507200千卡/时=33.3%

低压蒸汽和凝结水焓差540Kcal/kg

相当节汽量= $502400/540 = 930.37 \text{kg/h}$

蒸汽价格180元/吨（参考价格）

年运行时8000小时

年节约效益=约134万元 (930.37*180*8000/1000)

投资回收期=1.3年

陶瓷纳米保温涂料的应用案例 (中石化**分公司)



测试单位：中石化**分公司

在使用一年后的对比测试。

环境温度：39℃

对比其它涂料，陶瓷纳米保温涂料表面温度降低相差-16℃。

罐号	828号	827号
温度	42℃	58℃

美国进口涂料 (827号罐)

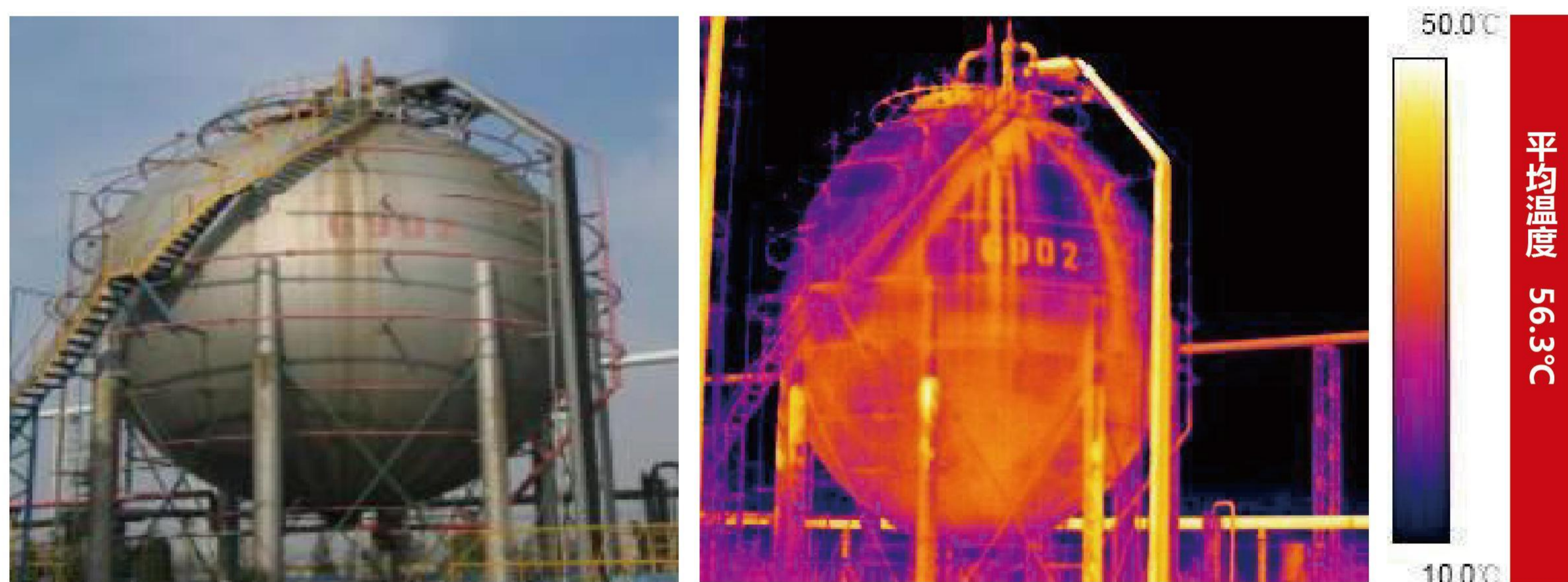
陶瓷纳米保温涂料 (828号球罐)

陶瓷纳米保温涂料的应用案例（中石化**石化分公司）



G901球罐（纳米涂料）表面温度场分布（红外热成像）

中石化**石化分公司在G901、G903液化气球罐应用太空特种隔热涂料并委托南京金石加热炉节能技术有限公司进行了测试。根据环境温度23.6°C测试数据换算到环境温度36°C下的球罐表面温度数据



G902球罐（银粉漆）表面温度场分布（红外热成像）

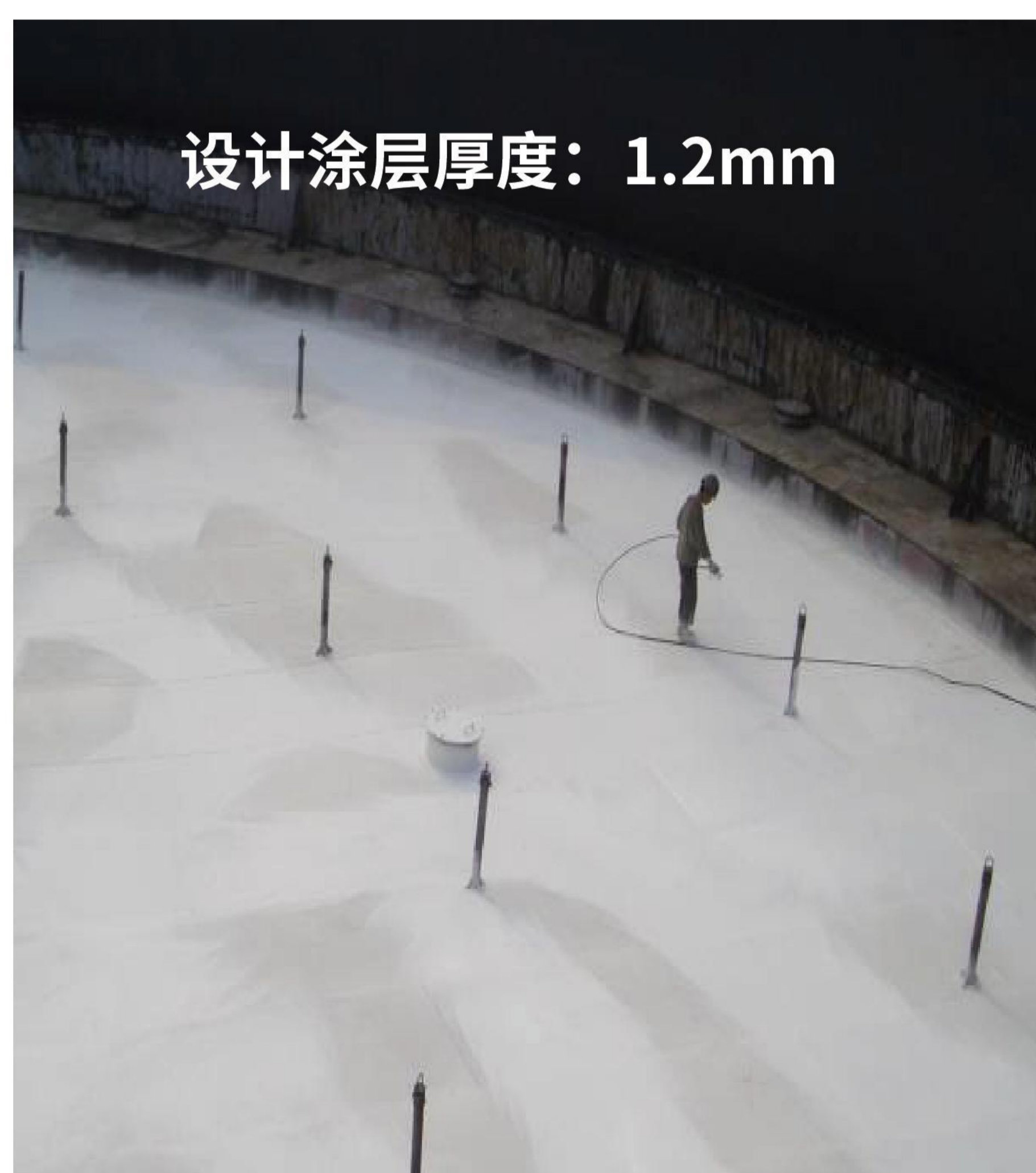
罐号	G901	G902	G903	G1001	G1002
介质	芳烃液化气		气分丙烯		
涂料	陶瓷纳米保温涂料	银粉漆	陶瓷纳米保温涂料	银粉漆	银粉漆
容积 (m ³)	1000	1000	1000	400	400
向光面平均温度 (°C)	38.6	56.3	38.1	56.9	56.2

陶瓷纳米保温涂料的应用案例

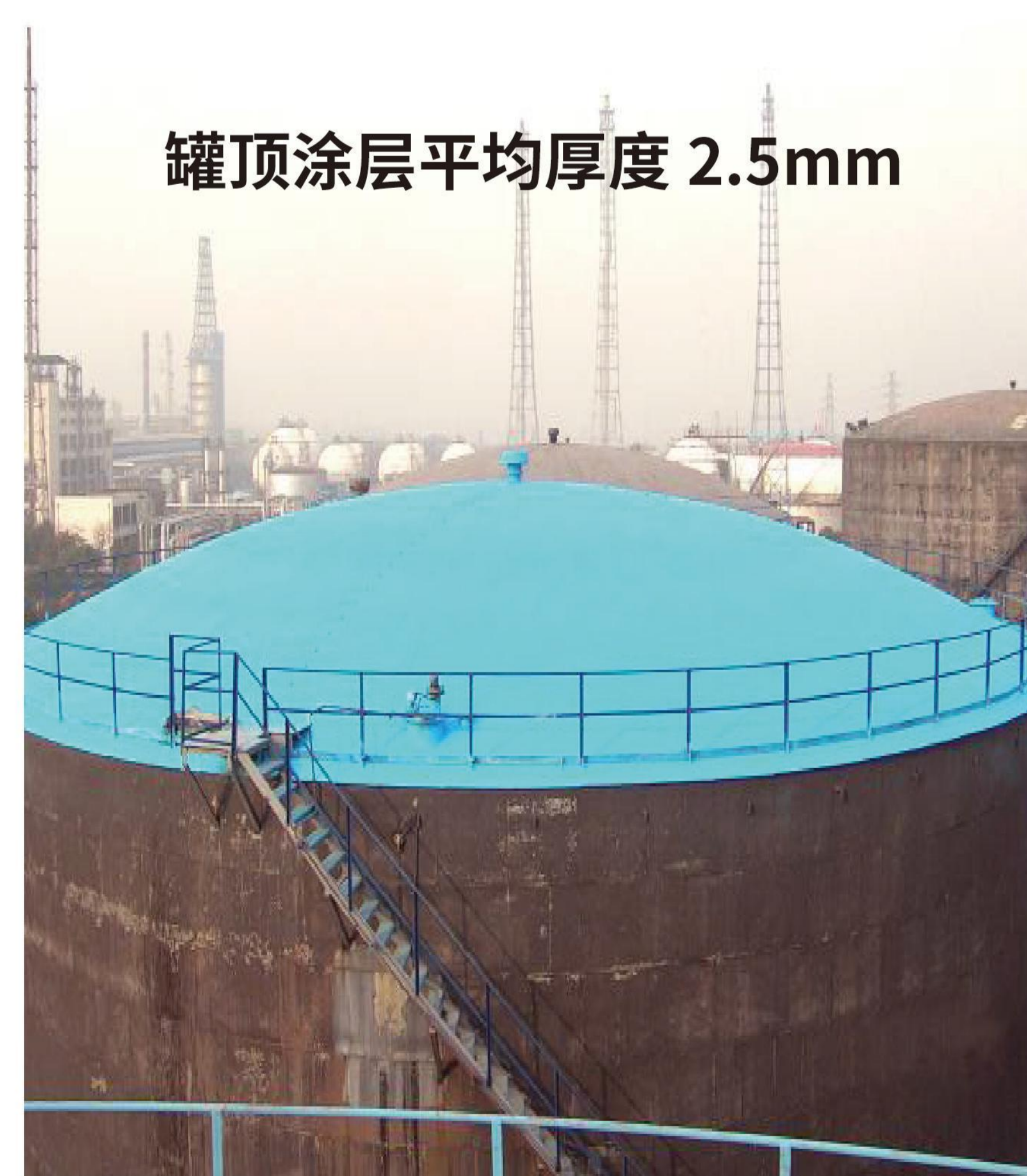
外浮顶原油罐 / 重油罐的应用



中石化**分公司 5000m³ 重油罐



中石化**分公司 20000m³ 原油罐



中石化**分公司 5000m³ 渣油罐

陶瓷纳米保温涂料的应用案例（炼油厂加热炉）



喷涂保温涂料：2.0mm

***分公司炼油厂加氢裂化加热炉外表面喷涂保温涂料2.0mm厚，外表面平均温度由原来的117℃下降到73℃，总平均下降值为44℃，下降比例为37.6%。加热炉外表面热损失下降62%，加热炉热效率提高约0.7%，投资回收期约8个月。



喷涂保温涂料：2.0mm

***分公司焦化炉外表面喷涂保温涂料2.0mm后热流密度总平均下降值为498.7W/m²下降比例约50%加热炉热效率提高约0.8%减少瓦斯消耗5%左右投资回收期约10个月。

陶瓷纳米保温涂料的应用案例（异形件）

应用案例 - 山东东营 ** 公司泵、阀及异型管线隔热



创造价值 传递价值
追求价值 分享价值

广东嘉燕工程技术有限公司

GUANG DONC JIA YAN Engineering&Technology co. LTD

📍 地址：广东省惠州市惠城区河南岸