

SiO₂ 气凝胶复合绝热毡在导热油管的应用优势分析

吴金宝, 韩书伟, 李智, 周小芳

(北京建工新型建材有限公司, 100015, 北京)

摘要:通过分析 SiO₂ 气凝胶毡和传统保温材料硅酸铝棉的隔热性能, 应用实验及实际工程案例分别对两种材料的表面温度、热流密度进行定量分析, 对热成像进行定性分析。随着加热温度的升高, 硅酸铝棉相比于 SiO₂ 气凝胶毡的表面温度和热流密度都会增大。二者相比, 硅酸铝棉表层会出现大量的裂纹, 气凝胶复合绝热毡的保温隔热性能更好。从实际应用角度分析, 使用硅酸铝棉保温会造成室内温度过高, 不利于人员活动, 加速设备老化, 降低使用年限。按照现有工况进行气凝胶毡整体保温, 室内温度在 39℃ 左右, 大幅度降低室内温度。

关键词: SiO₂ 气凝胶毡; 硅酸铝棉; 保温材料

中图分类号: TU 74

文献标志码: A

文章编号: 1000-4726(2022)10-1272-03

ANALYSIS OF APPLICATION ADVANTAGES OF SiO₂ AEROGEL COMPOUND INSULATING FELT IN HEAT CONDUCTING TUBING

WU Jin-bao, HAN Shu-wei, LI Zhi, ZHOU Xiao-fang

(BCEG Advanced Construction Materials Co., Ltd., 100015, Beijing, China)

Abstract: In this work, the thermal insulation properties of silicon dioxide aerogel felt and traditional thermal insulation material aluminosilicate cotton are analyzed. The surface temperature, heat flux and thermal imaging of the two materials were qualitatively analyzed by quantitative analysis. It is concluded that the surface temperature and heat flux of aluminosilicate wool increase with the increase of heating temperature compared with aerogel felt. Compared with aluminum silicate wool, there are a lot of cracks on its surface, and aerogel compound insulating felt has better thermal insulation performance. From the point of view of practical application, the high indoor temperature caused by aluminosilicate cotton insulation is disadvantageous to human activities, accelerate the aging of equipment and reduce the service life. According to the existing operating conditions for the overall insulation of aerogel felt, indoor temperature of about 39℃, significantly reduce the indoor temperature.

Keywords: silica aerogel felt; aluminum silicate cotton; insulating material

近些年, 作为保温隔热行业应用的新式绝热材料, SiO₂ 气凝胶复合绝热毡慢慢替代了传统的保温隔热材料。气凝胶复合绝热毡是(为柔性构造原材料可依据隔热目标能够完成商品外观设计弯折盘绕及铺设)化工管道、建筑装饰材料、航空公司机器设备等理想化的绝热材料之一。

1 SiO₂ 气凝胶复合绝热毡的隔热性能优势

1.1 传热方式分析

SiO₂ 气凝胶复合绝热毡具备出色的隔热性能^[2], 自然条件下室内温度时均值隔热指数为 0.011~0.018W/(m·K), 在高温环境中应用时隔热性能表现更佳, 具备比硅酸铝棉更强的隔热保温性能(图1)。

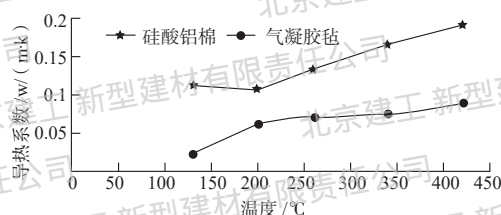


图1 硅酸铝棉和气凝胶毡导热系数变化趋势

从图1中可以看出, 硅酸铝棉和 SiO₂ 气凝胶毡随着加热温度的升高, 导热系数随之增大。但硅酸铝棉的导热系数变化明显大于气凝胶毡, SiO₂ 气凝胶毡拥有更加优异的隔热保温性能。气凝胶在微观层面的隔热保温效果远超过硅酸铝棉。

1.2 优良的憎水性

SiO₂ 气凝胶复合绝热毡有着优良的憎水性能, 憎水率可达 99%, 可有效地防止水分进入管道、设备内部。硅酸铝棉属于吸水材料, 实际应用工程中需

收稿日期: 2022-08-01

作者简介: 吴金宝(1997—), 男, 重庆人, e-mail:1935197050@qq.com.

对其进行防水隔离(图2)。

1.3 阻燃性

SiO₂气凝胶复合绝热毡拥有与众不同的耐火焰烧穿种类,即是阻燃性^[1]。可长期承担火焰较高温度的烧灼,使用年限可达20年,防火等级为A1级。硅酸铝棉随着使用年限的增加,一般为2~5年,其内部老化及粉化现象十分严重,保温隔热性能会逐年下降(图3)。

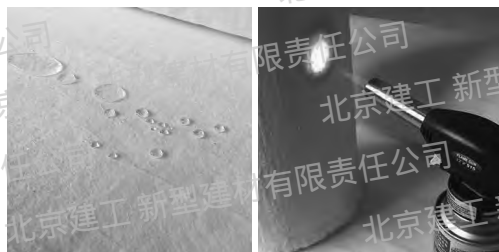


图2 气凝胶毡防水

图3 气凝胶复合绝热毡高温灼烧示意

1.4 环保性

SiO₂气凝胶复合绝热毡在高温环境下不释放气体或者有机化合物^[4]。这使其在实际工程应用表现出较大的优势。

2 气凝胶复合绝热毡高温管道节能试验及应用案例

2.1 试验目的

2021年6月,利用新型保温节能材料气凝胶毡进行先导试验,取代部分硅酸铝棉材料进行保温节能测试。通过对比SiO₂气凝胶毡与硅酸铝棉材料的表面温度、热成像均匀性、热流密度等实验数据的差异,筛选出更为节能的保温材料。

2.2 检测方法及标准

测试执行标准SY/T6421—1999《设备和管道散热损失的规定》和GB/T17357—2008《设备及管道绝热层表面散热损失现场测定点热流计法和表面湿度法》,选取部分导热油管道进行先导试验,检测两种保温材料的表面温度及热流密度等。

2.3 所用检测仪器

测试设备见表1。

表1 测试设备

序号	测试仪器名称	品牌及型号	准确度
1	热流计	JTDL-4	0.1 W/m ²
2	热电偶	WRNK-187/104M	0.1 °C
3	测温枪	EM1100	0.1 °C
4	热成像仪	DS-2TPH10-3-AUF 海康威视	

2.4 导热油管保温效果对比分析

高温加热5层SiO₂气凝胶毡和3层硅酸铝棉(图4、图5)。

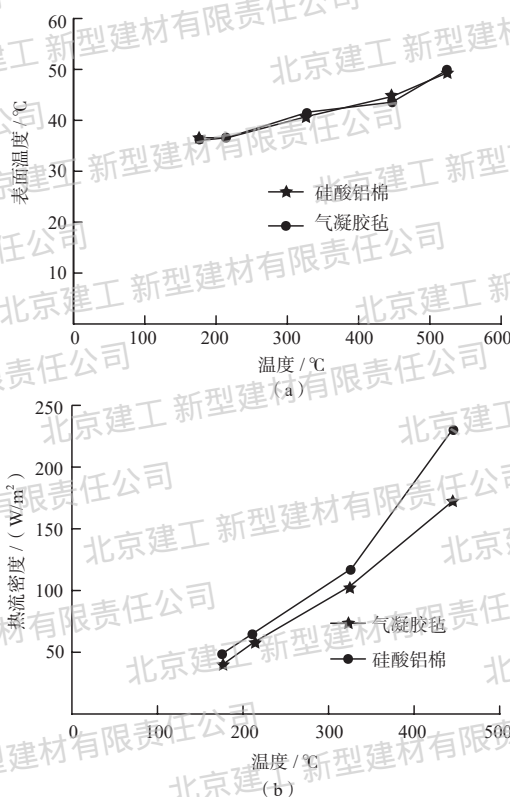


图4 气凝胶毡和硅酸铝棉表面温度及热流密度对比
(a) 气凝胶毡和硅酸铝棉表面温度; (b) 气凝胶毡和硅酸铝棉热流密度

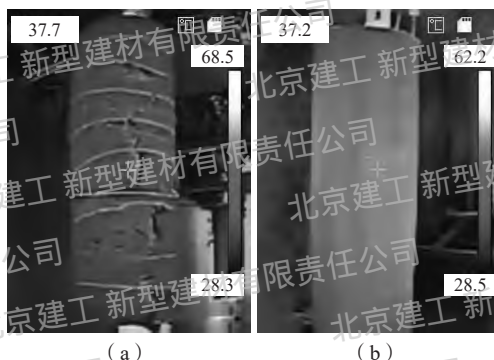


图5 硅酸铝棉和气凝胶毡热成像分析
(a) 硅酸铝棉; (b) 气凝胶毡

从图4可以看出,随着加热温度的升高SiO₂气凝胶毡的表面温度亦随之变大,二者的表面温度变化差距不大,温度为430 °C时,表面温度为44 °C左右^[5]。SiO₂气凝胶毡和硅酸铝棉的热流密度不断增加;但硅酸铝棉的变化更加剧烈,热流密度波动较大,在444 °C左右时硅酸铝棉的热流密度为230 W/m²,而气凝胶毡在温度为422 °C时热流密度仅为172 W/m²。

从图 5 可以看出,硅酸铝棉和 SiO_2 气凝胶毡的表面温度为 37°C 左右^[6];整体上观测出硅酸铝棉的热量分布不均匀,且表面存在裂纹,使用铁丝捆绑较多;而气凝胶毡的隔热效果一目了然,隔热性能十分均匀,能够有效地降低热量散失^[7]。

从经济角度分析,5 层 SiO_2 气凝胶毡的使用厚度为 50cm ,3 层硅酸铝棉的使用厚度为 150cm 。考虑到硅酸铝棉具有一定的压缩性,3 层硅酸铝棉的实际使用厚度在 $100\sim 150\text{cm}$,是气凝胶毡的 2~3 倍。在实际工程施工过程中,气凝胶毡的使用将极大地减少人力和物资的消耗,节省大量的成本。

2.5 节能工程案例对比分析

2021 年 6 月,河北省廊坊市好丽友锅炉保温项目,应用 SiO_2 气凝胶复合绝热毡,对部分锅炉管道进行先导试验(图 6~图 10)。



图 6 硅酸铝棉表面温度

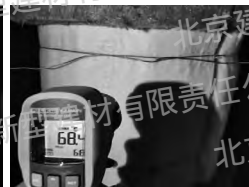


图 7 气凝胶毡表面温度

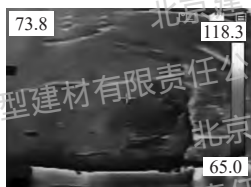


图 8 硅酸铝棉热成像

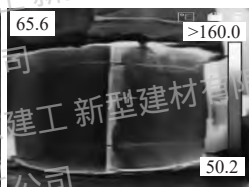


图 9 气凝胶毡热成像



图 10 环境温度

2.6 气凝胶复合绝热毡优势分析

气凝胶毡和硅酸铝棉节能见表 2。

从表 2 可以看出,在相同的管径条件下, SiO_2 气凝胶毡的使用年限是硅酸铝棉的 4 倍左右,表面温度低 6.9°C ,气凝胶毡的面散热损失和线散热损失远低于硅酸铝棉。这将极大地节约能源,降低成本,为节能减排作出巨大的贡献。

3 结束语

SiO_2 气凝胶复合绝热毡拥有独特的三维纳米

表 2 气凝胶毡和硅酸铝棉节能

导热油保温	硅酸铝棉	气凝胶毡
管径/mm	219	
保温厚度/mm	100	40
外径/mm	419	299
使用年限/年	5	20
介质温度/ $^\circ\text{C}$	280	
环境温度/ $^\circ\text{C}$	52.4	
风速/(m/s)	0	
换热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]	11.63	
表面温度/ $^\circ\text{C}$	75.3	68.4
铁皮表面温度/ $^\circ\text{C}$	—	
面散热损失/ (W/m^2)	88.7	51.9
线散热损失/ (W/m^2)	116.7	48.7

网络结构。相比于硅酸铝棉, SiO_2 气凝胶复合绝热毡的憎水率可达 99%。无机防火的属性,表明 SiO_2 气凝胶毡在航空公司、工程建设、输油管道等行业有广阔的发展前景,已成为世界各国气凝胶高分子材料的重中之重的产品研发目标。气凝胶毡相比传统的硅酸铝棉材料,能够大幅提高节能率(可达 60%),使用寿命延长 4 倍(20 年)。

使用 SiO_2 气凝胶复合绝热毡有利于减少 CO_2 的排放,符合节能减排趋势。在工程试验中,使用 SiO_2 气凝胶毡与硅酸铝棉做对比,分析二者的表面温度和热流密度。 SiO_2 气凝胶毡保温效果优于硅酸铝棉。

从实际应用角度分析,硅酸铝棉保温时其表面温度过高,表层热流密度过大,造成室内温度过高(达到 53°C),不利于工程人员活动,更加速设备老化,降低使用年限。按照现有工况使用 SiO_2 气凝胶毡整体保温,室内温度可维持在 39°C 左右,大幅降低室内温度。

参考文献

- [1] 贾伟韬,张光磊,李彦芳,等.纤维复合 SiO_2 气凝胶的研究进展[J].硅酸盐通报,2019(7): 147-153.
- [2] 蒋勤逸.气凝胶保温材料特性及在建筑节能领域的应用[J].上海建材,2018(2): 14-17.
- [3] 张成贺,李呈顺,刘超,等.纳米二氧化硅复合绝热材料研究现状及发展趋势[J].无机盐工业,2013(11): 10-14.
- [4] 高庆福,张长瑞,冯坚,等.氧化硅气凝胶隔热复合材料研究进展[J].材料科学与工程学报,2009(2): 302-306,228.
- [5] 朱英娣.纳米气凝胶绝热毡的应用及性能分析[J].石油石化绿色低碳,2017(6): 57-60.
- [6] 魏鹏涛,闫共芹,赵冠林,等.二氧化硅气凝胶复合隔热材料研究进展[J].无机盐工业,2016(10): 1-6.
- [7] 刘朝辉,苏勋家,侯根良,等. SiO_2 凝胶的改性研究及在航空航天领域的应用[J].飞航导弹,2006(10): 63-66.