

浅析 SiO₂ 气凝胶毡在化工管道领域应用

潘 峙 (宜兴利荣达科技有限公司, 江苏 无锡 214251)

摘 要: SiO₂ 气凝胶毡指的是在保证内部包含溶剂的凝胶骨架的同时, 将凝胶内部的残余溶剂干燥彻底之后得到干燥的气凝胶毡。在上世纪的三十年代, 美国斯坦福大学的 Kistler 教授根据制备水玻璃的方法首次实现了 SiO₂ 的内部包含溶剂的凝胶的制备, 用无处不有的空气将含有溶剂的凝胶中的溶剂充分地进行置换。但是, 进行置换的条件比较苛刻, 必须采取超临界技术, 再加上对湿凝胶进行溶液的冲洗、空气置换的操作工程非常的烦琐, 在工业应用中没有得到广泛的应用。这种情况在上世纪六十年代得到了转变, 法国科学家 Teichener 在 Kistler 的基础上进行简化, 将干燥周期大幅度地缩短, 同时还使得到的 SiO₂ 气凝胶更加轻便, 这掀起了 SiO₂ 气凝胶的研究热潮。本文主要针对 SiO₂ 气凝胶毡在化工管道中的应用展开了详细的研究。

关键词: SiO₂ 气凝胶毡; 化工管道; 应用

0 引言

SiO₂ 气凝胶毡具有轻质, 隔热, 耐潮, 防火, 耐腐蚀等优异的物理化学性质, 通过对化工行业管道的保温材料进行研究, 对保温材料的隔热、吸水、防火性能进行实验, 研发出了一种性能优良、高稳定性、长使用寿命的 SiO₂ 气凝胶和管道保温结构。

1 保温结构设计

根据前人的研究, 发现将矿物棉或玻璃纤维、硅酸钙、膨胀珍珠岩以及 SiO₂ 气凝胶毡的四种材料包覆在半径 76mm, 介质为 315℃ 的管线上。根据实验数据表明, 要达到在相同时间内散失的热量相同, 要求包覆在管道外面的保温介质的厚度不一样, 详情见 (图 1)。从图中可以明显地看出, 选取 SiO₂ 气凝胶毡包覆在化工管道的外面不仅可以实现最好的保温性能, 还可以节省保温材料的体积以及保温材料的成本, 节省了管线的空间。另外, 保温材料用量少, 保温成本大大降低, 节约了费用^[1]。

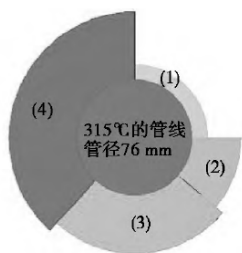


图 1 实现相同保温效果所需不同材料的厚度

SiO₂ 气凝胶毡的保温厚度 20mm; 矿物棉或玻璃纤维保温厚度 64mm; 硅酸钙保温厚度 76mm; 膨胀珍珠岩保温厚度 89mm。

2 SiO₂ 气凝胶毡

众所周知, 所谓的 SiO₂ 气凝胶毡指的是将 SiO₂ 气凝胶在溶液的状态下和纤维增强材料结合, 然后再凝胶、干燥就可以制备 SiO₂ 气凝胶毡。SiO₂ 气凝胶毡不仅保留了气凝胶导热系数小的优点, 与纤维材料有效的结合也解决了传统气凝胶机械强度低、容易开裂等问题。与 SiO₂ 气凝胶结合的纤维增强材料可以分为两大类: 一种是具有高韧性的有机纤维, 例如芳纶纤维、聚氨酯纤维等; 另外一种是可以耐高温的无机纤维材料, 例如高硅氧纤维、石英纤维、玻璃纤维等。将气凝胶毡作为商品进行工业化生产是在 1999 年最初由 Aspen 提出, 详细如 (图 2)。工业化生

产的过程首先是将原料、催化剂与掺杂剂根据特定的比例进行机械混合, 采取滚镀镀膜的办法, 将溶胶充分浸润纤维增强材料, 然后再采取超临界萃取技术, 然后将气溶胶内的溶剂置换干净, 再经过机械打包成型, 最终制备得到 SiO₂ 气凝胶毡。SiO₂ 气凝胶毡实现了成熟的工业化生产, 但是也存在一些一直存在的难以突破的难点, 在前期将 SiO₂ 凝胶和纤维增强材料进行结合的过程中, SiO₂ 凝胶的量难以掌控, 后期的处理也需要很先进的技术, 对于现代工业来说还存在很大的挑战。迄今为止, 对于 SiO₂ 气凝胶毡类产品进行研究的科研人员主要致力于如何将 SiO₂ 气凝胶毡类产品的成本降低、提高生产效率和产品的性能。举个例子, 有研究表面, 可以用成本价格较低的硅酸钠, 然后通过离子交换膜制备 SiO₂ 水溶胶, 制备的 SiO₂ 水溶胶再和提前浸润的纤维增强材料进行溶剂交换, 然后再采取三甲基氯硅烷对表面进行改性, 然后再通过常压干燥将溶胶内部的溶剂蒸发干净, 制备蓬松的气凝胶毡。众所周知, SiO₂ 气凝胶毡类的产品不仅具有优良的导热系数, 而且具有优秀的防水能力以及优良的韧性, 在很多方面得到广泛的应用, 并已经实现工业化生产。例如, 航空航天领域的保温材料, 耐高温的各类工业管道、罐体及其他设备的保温隔热^[2]。

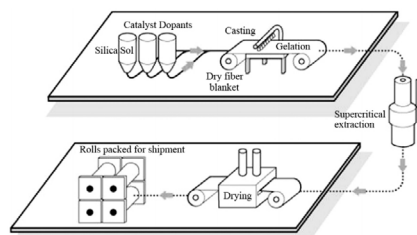


图 2 SiO₂ 气凝胶毡生产示意图

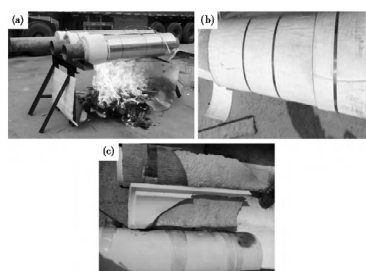
3 SiO₂ 气凝胶毡吸水性能研究

根据查阅文献, SiO₂ 气凝胶毡是一种疏水材料, 将其作为保温材料, 包覆在化工管道的外面不仅可以减少管道的热量的损失, 还可以防止化工管线由于外界环境影响造成的腐蚀, 为企业减少损失, 从而促进企业的收益。模拟水灾现场, 用不同保温材料对管道进行包裹, 将其放在水中浸泡 7d^[3] 的实验对比分析, 可以看到矿物棉包覆的化工管道腐蚀较为严重, 但是, 用 SiO₂ 气凝胶毡包覆的管道并没有被外界的复杂环境腐蚀, 并没有发生明显的变化, 这充分地说明了在化工管线外面包覆一层疏水材料对于防止

化工管道的腐蚀具有非常重要的作用。正如我们知道的一样,化工管道因为长期暴露在外界环境中,受到雨水的侵蚀,再加上有些管道的内外温差很大,因为保温工作的疏忽,加快了化工管道的腐蚀过程,极大地缩短了化工管道的使用周期。因此,采用吸水性相对小或疏水性材料对管道进行保温,是管道长期、安全运行的保障^[4]。

4 SiO₂ 气凝胶毡防火性能的研究

SiO₂ 气凝胶毡材料的防火性能比较好,通过 SiO₂ 气凝胶毡和常规保温材料对化工管道进行包覆,进行明火烘烤实验,观察材料的变化,详情见(图3)。从图中可以看出,用相同的火焰同时进行 30min 的烘烤, SiO₂ 气凝胶毡只是轻微的变色,可以继续使用;相反,常规保温材料被烧焦,不能继续使用。实验证明, SiO₂ 气凝胶毡作为管道保温材料,在安全上是可行的,在关键时刻能够防止火灾发生,把损失降到最低^[5]。



a) 明火烘烤实验; b) SiO₂ 气凝胶毡表面受损情况; c) 常规保温材料的受损情况
图3 防火实验

(上接第 150 页)浆量是影响注浆效果的重要参数。在注浆时通过现场注浆试验以及理论计算得出注浆孔单孔注浆量保持在 400kg 左右,并使用间歇注浆方式确保注浆加固效果。

合理的注浆压力不仅可提高钻孔注浆量而且可提升注浆效果。注浆压力过大会导致煤岩体产生新的裂隙,压力过小则使得注浆浆液在裂隙中注入量偏低,注浆半径偏小。在 3506 工作面注浆时依据现场注浆试验以及以往注浆经验,将钻孔注浆量设计为 12~15MPa。

3 化学注浆加固效果分析

在对 3506 工作面揭露的断层破碎带采取化学注浆加固后,采用钻孔窥视方法对注浆加固后煤岩体稳定性进行探测。从探测结果可以看出,采用马丽散对煤岩体进行加固,注浆浆液可在破碎煤岩体裂隙中扩展并对煤岩体进行胶结,使得原本破碎的顶板以及煤体被注浆浆液胶结为统一的整体,从而提升顶板岩体以及煤体强度。

由于采面开采的 3# 煤层顶板以砂质泥岩、泥岩位置,本身强度较低,在断层以及采面采动压力影响下容易失稳,严重时出现顶板冒顶以及压架事故。在 3506 工作面通过注浆加固后,采面在推进过 F3 断层破碎带期间顶板以及煤壁始终保持稳定,未出顶板冒落、煤壁片帮等问题,同时液压支架工作阻力始终保持稳定。采面在过断层破碎带期间保持了 3m/d 的回采推进速度,取得较好的注浆加固效果。

4 总结

①采面工作面在回采过地质构造破碎带时,由于破碎带内煤岩体裂隙发育,容易导致采面出现顶板冒落、煤壁

5 结语

SiO₂ 气凝胶毡是一种很好的管道保温材料,具有隔热、耐水、轻质、安全性高等优点,在很多行业都有广泛的应用。在化工管道的外围包覆一层 SiO₂ 气凝胶毡作为保温材料,可以有效地减缓化工管道的腐蚀,延长化工管道的使用寿命。通过防火实验, SiO₂ 气凝胶毡经过大火烘烤 30min 之后只是轻微变色,还可以继续使用,具有优良的耐火性能。采用 SiO₂ 气凝胶毡包覆化工管道,可以减少管线的安装空间,节省成本。综上所述, SiO₂ 气凝胶毡具有多种优点,不管是从安全的角度还是企业利益的角度来说都是非常优秀的保温隔热材料。

参考文献:

- [1] 周天宇, 郜建松, 孙志钦, 李玖重, 张婧帆. 气凝胶毡在管道保温中的应用研究 [J]. 石油化工设计, 2019, 36(04): 64-66+8.
- [2] 张德忠. 二氧化硅气凝胶在保温隔热领域中的应用 [J]. 化学研究, 2016, 27(01): 120-127.
- [3] 张由素, 刘丰, 练绵炎, 王洪峰. SiO₂ 气凝胶毡在化工管道领域应用研究 [J]. 化工新型材料, 2016, 44(01): 250-251.
- [4] 孙达, 周长灵, 陈恒, 隋学叶, 刘福田. 二氧化硅气凝胶的研究现状及应用前景 [J]. 现代技术陶瓷, 2015, 36(04): 24-31+53.
- [5] 马荣, 童跃进, 关怀民. SiO₂ 气凝胶的研究现状与应用 [J]. 材料导报, 2011, 25(01): 58-64.

片帮以及支架压架等问题,给采面正常回采安全带来明显威胁。依据 3506 工作面揭露的断层发育情况,提出采用化学注浆方式来提高断层破碎带煤岩体强度,从而为采面回采安全创造良好条件;

②为了降低注浆加固成本,现场注浆时依据顶板以及煤体破碎情况采取区域注浆方式对煤岩体进行加固,通过注浆提高采面顶板稳定性以及煤体自身承载能力。现场应用后, 3506 采面在过 F3 断层期间未出现煤壁片帮、顶板冒落问题,同时液压支架工作阻力保持稳定,采面仍可保持 3m/d 的推进速度。

参考文献:

- [1] 赵旭光. 综采面过断层泥质破碎带注浆加固技术研究 [J]. 石化技术, 2020, 27(07): 349-350.
- [2] 戴伟. 综采工作面破碎顶板预加固技术研究 [D]. 安徽: 安徽理工大学, 2019.
- [3] 陈申. 基于分带的断层带注浆加固机理试验研究 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [4] 邢敏. 破碎回采巷道围岩注浆加固机理与工艺研究 [D]. 太原: 太原理工大学, 2015.
- [5] 宋英明, 马国学. 高分子聚合物超前注浆加固破碎顶板技术应用 [J]. 陕西煤炭, 2014, 33(01): 59-60+79.
- [6] 乔奶平. 化学注浆加固技术在综采面过断层破碎带中的应用 [J]. 山西煤炭管理干部学院学报, 2013, 26(03): 30-31.

作者简介:

石俊旗 (1982-), 男, 汉族, 山西襄垣人, 本科, 工程师, 从事安全管理工作。