

Preparation of Thermal Insulation Coating for Exterior Wall

Aili Zhang¹, Zhuanhong Xin², Hai Liu, Songhao Wu

Shen yang Ligong University, Shen yang, China

1. zal463@tom.com, 2.xinzhuanhong1985@163.com

Abstract: Exterior wall coating was prepared. United States military standard MIL-E-46136(A)[S] for the evaluation of the thermal insulation performance standards. Studied the effects of coating thermal insulation performance factors. The results show that Preparation of the best formula for the thermal insulation coating: silicon content of 40% emulsion, the amount of paint 25% of the total, 200 head of hollow glass bead content was 12.5%, rutile TiO_2 content of 15%. Optimization of coating formulations prepared, film thickness 0.2mm, thermal performance testing of its absolute temperature is 22°C , lower than the blank sample 14°C . Conventional paint film performance test results show that the performance of coatings meet the national standard GB/T9755-2001.

Keywords: hollow glass micro-bead; rutile TiO_2 ; thermal insulation coating; preparation

外墙保温涂料的研制

张爱黎¹, 辛转红², 刘海, 吴松浩

沈阳理工大学 环境与化学工程学院, 辽宁 沈阳, 中国, 110159

1. zal463@tom.com, 2. xinzhuanhong1985@163.com

摘要: 制备了外墙保温涂料, 以美国军标 MIL-E-46136(A) [S] 为评价其保温隔热性能标准, 研究了影响涂料保温隔热性能的因素。实验结果表明, 制备保温涂料的最佳配方为: 硅含量 40% 的硅丙乳液, 其用量为涂料总量的 25%, 200 目空心玻璃微珠用量为 12.5%, 金红石型 TiO_2 用量为 15%。最优化配方制得的涂料, 涂膜厚度 0.2mm, 保温性能测试其绝对温升为 22°C , 比空白样低 14°C 。涂料涂膜常规性能检测结果表明, 涂料各项性能符合国标 GB/T9755-2001。

关键词: 空心玻璃微珠; 金红石型 TiO_2 ; 保温涂料; 制备

1 引言

用有限的资源和最小的能源消耗代价取得最大的经济和社会效应, 是摆在全人类面前的一项艰巨而迫切的任务^[1]。我国的能源消耗中, 建筑能耗大约占全国能源消耗的 35%。随着我国城市化建筑的推进, 建筑能耗在社会商品能源总消耗量中所占的比例也将持续增长, 建筑业最终将超越工业, 交通运输业等行业居于能耗的首位^[2]。建筑节能将成为提高社会能源使用效率的首要方面^[3,4]。

建筑节能中, 隔热保温涂料的研究具有重要意义。有机硅改性丙烯酸酯乳液, 既具有丙烯酸树脂的常温自干性, 耐紫外光性, 成膜性优良的特点, 又具有有机硅树脂的抗污染、耐候性、透气性和耐水性好等优

良性能, 通常适用于高档的外墙使用。硅丙涂料的使用寿命可以延长到 15~20 年^[5]。钛白粉具有遮盖力高, 消色力强, 明度值大, 稳定性好; 而金红石型钛白粉比锐钛型钛白粉遮盖力、抗粉化性和稳定性好^[6]。空心玻璃微珠主要成分是硼硅酸盐, 不溶于水和溶剂, 具有低密度质轻、低导热、低吸油率、强度高和良好的化学稳定性、热稳定性, 粒径及化学组成可控等优点^[7-9]。

本文研制的建筑外墙保温涂料, 以水为溶剂, 以自制的硅丙乳液为主要的成膜物质, 并以空心玻璃微珠、金红石型的 TiO_2 、滑石粉为填料, 该涂料具有良好的耐水、耐碱、耐温变性, 涂膜干燥时间较短, 便于施工, 同时保温效果较好。

2 实验部分

2.1 主要原料

硅丙乳液，自制；金红石型 TiO_2 ，工业纯，郑州超安进出口贸易有限公司；滑石粉，工业纯，天津市津北精细化工有限公司；空心玻璃微珠，工业纯，山东淄博博山冠盛保温材料厂；氧化铝，工业级，国药集团化学试剂有限公司；氧化硅，工业级，北京红星化工厂；羟甲基纤维素，工业纯，天津市津北精细化工有限公司；分散剂 SK-5040，工业级，北京首创纳米科技有限公司；SD-202 水性消泡剂，工业级，南通生达化工有限公司；润湿剂 OP-10，分析纯，天津科密欧试剂开发中心。

2.2 外墙保温涂料的制备

(1) 将润湿剂，分散剂，防冻剂等助剂分别称量后加入称量好的水中，进行低速预混合，低速搅拌约 15min；

(2) 低速分散后，依次加入滑石粉，金红石型

(3) 分散后，将颜填料浆倒入研钵中进行研磨，同时加入空心玻璃微珠，充分研磨后，加入适量的消泡剂，减少搅拌时产生的气泡，并加入适量的增稠剂；注：以氧化铝和二氧化硅作为功能填料时，应与其他颜填料一起分散；

(4) 高速分散颜填料的同时，将称量好的成膜助剂缓慢加入到已称量好的乳液中，滴加速度要慢，以防速度太快乳液发生破乳。低速搅拌几分钟，以使乳液中的颗粒与成膜助剂分散均匀；

(5) 不断研磨，待均匀后，加入与成膜助剂混合均匀的乳液，研磨均匀，再加入适量消泡剂，继续研磨混合均匀，即配制成外墙保温涂料。外墙保温涂料制备的基本配方见表 1。

2.4 外墙外保温涂料的保温性能测试

近年来，对于保温涂料的研究有很多，本实验采用美国军标中的实验方法^[10]，装置图见图 1。

TiO_2 ，高速分散 20min；

Table 1. Basic formula

表 1 基本配方

原料	用量/g
硅丙乳液	10

滑石粉	3
金红石型 TiO_2	7.5
空心玻璃微珠	3
润湿剂 OP-10	0.1
分散剂	0.1
防冻剂丙二醇	0.1
成膜助剂乙二醇单丁醚	0.35
增稠剂	0.2
消泡剂	0.1
水	加至 40g

2.3 涂膜性能测试

参照 GB/T9755—2001《合成树脂乳液外墙涂料》标准进行测试。

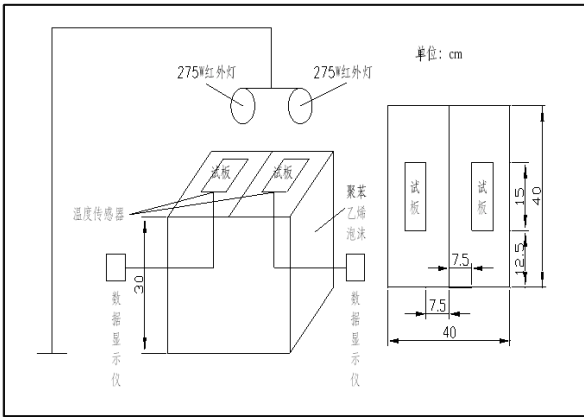


Figure 1. Thermal insulation coating performance test setup
图 1. 保温涂料保温隔热性能检测装置图

3 实验结果与讨论

3.1 硅丙乳液对涂料保温隔热性能的影响

3.1.1 不同硅含量的硅丙乳液对涂料保温性能的影响

分别用硅含量为 11%，22%，30%，35%，40% 的硅丙乳液为成膜物，制备外墙保温涂料，测定保温性能，实验结果见图 2。

由图 2 看出：当硅含量为 30% 时，试片背面温度在同一时间内达到最低，涂料保温隔热性能最好。随着硅含量的增加，乳液的平均粒径逐渐变大。较小的粒径可以提高乳液对颜料的润湿力，提高乳胶漆的光泽度；较窄的粒径分布，有利于提高乳液的综合性能。说明本实验在一定的搅拌速度和适当的乳化剂用量条件下，硅含量为 30% 的硅丙乳液乳化效果比较好，既

没有许多小粒子聚集在一起形成大粒子,也没有在反应过程中又生成新的胶束产生小粒子,保温效果较好。

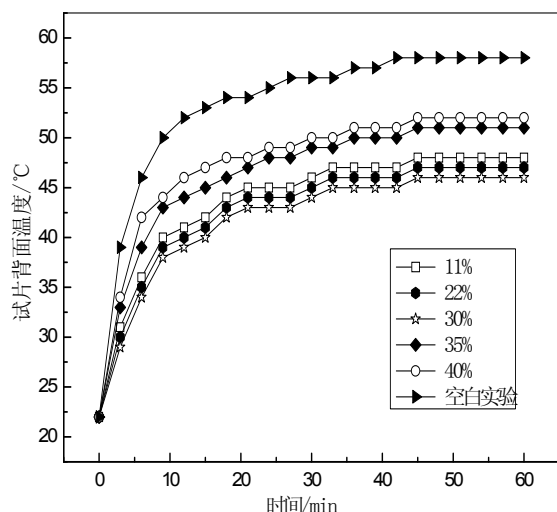


Figure 2. the relationship between Emulsion with different silicon content and temperature of the specimen on the back
图 2. 不同硅含量的硅丙乳液与试片背面温度的关系

3.1.2 硅丙乳液的不同用量对涂料保温性能的影响

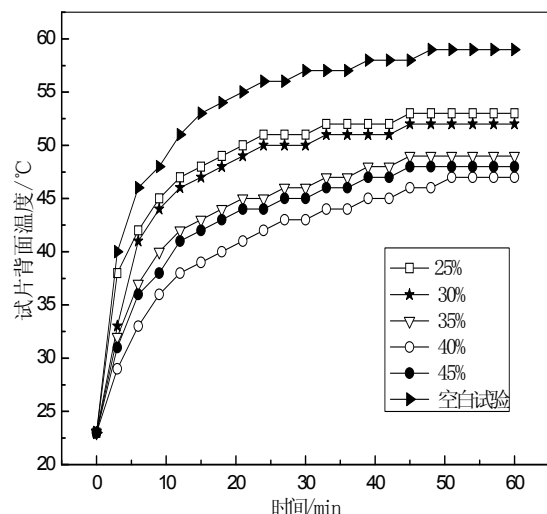


Figure 3. the relationship between Different contents of the emulsion and Temperature of the specimen back
图3. 硅丙乳液的不同用量与试片背面温度的关系

由图 3 可见,硅丙乳液用量为 40%时,试片背面温度在同一时间内达到最低,涂料保温隔热性能最好。硅含量高于或低于 40%时,试片背面温度都较高,此时,乳液对提高涂料隔热保温性能所起的作用不大。

3.2 颜填料对涂料保温性能的影响

3.2.1 空心玻璃微珠的用量对涂料保温性能的影响

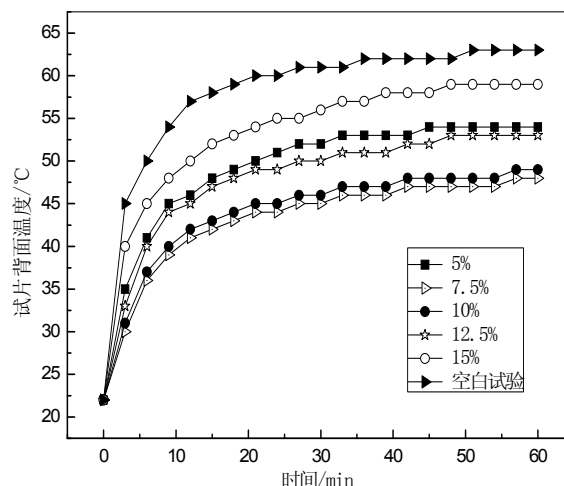


Figure 4. the relationship between Hollow glass beads with Different content and temperature of the specimen on the back
图 4. 空心玻璃微珠不同用量与试片背面温度关系

由图 4 看到,当空心玻璃微珠的量为涂料总量的 7.5%时,60min 内试片背面温度达到最低。当 60min 时,试片背面温度基本达到平衡,即 10min 内不再变化。空心玻璃微珠导热系数只有 $0.03 \sim 0.10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,是无机非金属材料中最小的。另外其堆积密度小,约为 $100 \sim 200 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。随着空心玻璃微珠用量增加,涂膜层密度减小,反射率粒子增多,保温隔热性能增加,所以当空心玻璃微珠用量为 7.5%时,试片背面温度较 5.0%时低。但是,用量继续增加,由于空心玻璃微珠和水的表面张力很大,不容易相互混合,空心玻璃微珠易上浮在表面形成结膜,反而使反射率减小。故当用量大于 7.5%时,试片背面温度都较高。因此,空心玻璃微珠的用量以 7.5%较为适宜。

3.2.2 空心玻璃微珠的不同粒径对涂料保温性能的影响

由图5可知,当空心玻璃微珠为200目时,在同一时间内试片背面温度达到最低。玻璃微珠壁壳主要是含硅、铝、铁等元素的氧化物,表层形成一层隔热层,目数越大,粒径越小,使涂膜隔热层更致密,保温隔热效果更好。

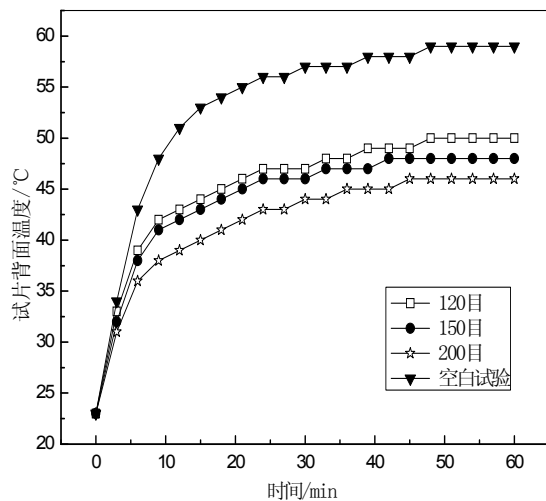


Figure 5. the relationship between Hollow glass beads of different particle size and Temperature of the specimen back
图5. 空心玻璃微珠不同粒径与试片背面温度关系

3.2.3 金红石型TiO₂的用量对涂料保温性能的影响

由图 6 可知, 由于金红石型 TiO₂ 的太阳光反射比高, 增强涂层反射太阳辐射与阻止热传导的能力, 进而达到隔热的目的。并以其作为填料制备隔热涂料, 当金红石型的 TiO₂ 的用量为 15% 时, 试片背面的温度达到最低。当用量小于 15% 时, 随着用量的增加, 涂膜内颜料的相对密度增大, 起反射作用的颜料粒子数增多, 故试片背面温度降低。当用量达到 15% 以上, 由于粒子的聚集, 使散射的比表面积减少, 散射效率降低, 故试片背面温度升高。

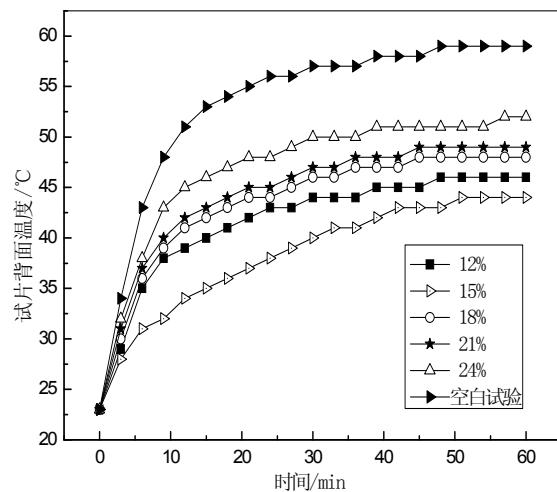


Figure 6. the relationship between Rutile TiO₂ films with different contents and temperature of the specimen on the back

图 6. 金红石型 TiO₂ 不同用量与试片背面温度关系

3.3 外墙保温涂料正交优化实验

针对以上单因素实验结果, 采用 L₉ (3, 4) 正交表设计实验, 以绝对温升为评价指标。表 2 因素水平表。

Table 2. Factor level table
表 2. 因素水平表

实验水平	试验因素			
	(A) 硅含量/%	(B) TiO ₂ /%	(C) 玻珠/%	(D) 乳液/%
1	30	12	10	25
2	35	15	12.5	30
3	40	18	15	35

由正交试验结果得出实验的优方案: C₂A₃D₁B₂ 即用有机硅含量为 40% 的硅丙乳液为主要成膜物, 乳液用量为 25%, 金红石型 TiO₂ 用量为 15% 和空心玻璃微珠用量为 12.5%。按照上述配方制成涂料涂覆于试片上, 干膜厚为 200μm, 进行保温性能测试, 绝对温升为 22℃, 比空白样低 14℃。

3.4 涂层厚度对涂料保温性能的影响

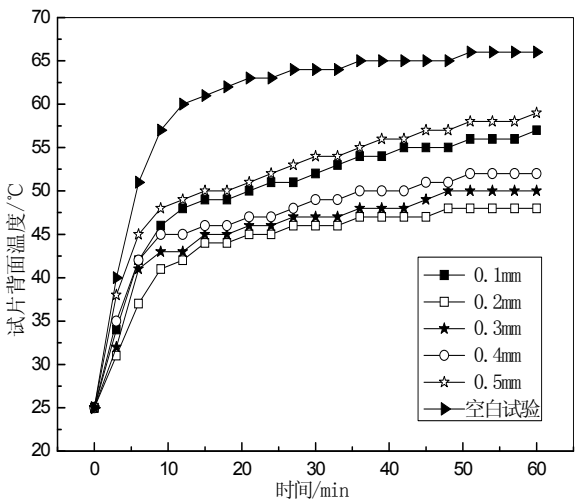


Figure 7. the relationship between Different Thickness and Temperature of the specimen back
图 7. 不同厚度与试片背面温度的关系

由图 7 得知, 在同一时间内, 涂料涂层保温性能不是随着涂层厚度的增加而增加, 而使试片背面温度变得更低, 而是有一个相对稳定值, 即当涂层厚度为

0.2mm 时，保温效果最好。这是因为利用增加涂膜的厚度来达到提高热反射率目的时，只能在涂膜相对薄的环境下才能实现。

3.5 涂膜的常规性能检测及结果

用正交试验得出的最佳配方制备外墙保温涂料，按照国家标准GB/T9755-2001《合成树脂乳液外墙涂料》进行相关性能测试，测试项目及结果见表3。

Table 3. Coating performance
表 3. 涂膜性能指标

检测项目	标准要求	检测结果
在容器中的状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态
施工性	刷涂二道无障碍	刷涂二道无障碍
低温稳定性	不变质	不变质
涂膜外观	正常	正常
耐水性	48h 无异常	96h 无异常
耐碱性	48h 无异常	96h 无异常
涂层耐温变性（5 次循环）	无异常	无异常
干燥时间（表干）/h	≤2	30min

4 结论

（1）有机硅的含量为 30%的有机硅改性丙烯酸酯乳液为基料的涂膜隔热保温效果优于其他有机硅含量的硅丙乳液，并确定其用量为涂料总量的 40%时，保温隔热效果最好；

（2）保温填料空心玻璃微珠的用量为涂料总量的 7.5%，并且其粒径为 200 目时，隔热保温效果较优；

（3）普通填料金红石型 TiO₂ 的用量在 12%~24% 范围内对涂料的保温隔热性能影响较大。其中当其用量为涂料总量的 15%时，涂膜具有较好的隔热保温效果；

（4）按照最优化配方制得涂料，将其涂敷于试片上进行保温性能测试，得到其绝对温升为22℃，比空白样低14℃，隔热保温效果最佳。

References (参考文献)

[1] Li Shiguo, Wang Ye, Summarization of Present Building Energy Consumption and Corresponding Strategies in China [J], Environmental Science and Management, 2008, 33(2), P6-9.
李仕国, 王烨. 中国建筑能耗现状及节能措施概述[J], 环境科学与管理, 2008, 33 (2), P6-9.
[2] Zhang Zeping, Li Zhu, Dong Yanli, Development and Prospects of heat and energy conservation wall system in building[J], Engineer

-ing Mechanics, 2007, 24(2), P121-128.
张泽平, 李珠, 董彦莉. 建筑保温节能墙体的发展现状与展望[J]. 工程力学, 2007, 24(2), P121-128.
[3] Semih, Soner, Selin. Energy efficiency assessment for the antal -ya region hotels in Turkey [J]. Energy and Buildings, 2006, 38 (8), P 964-971.
[4] Tiwari, Piyush. Energy efficiency and building construction in India [J]. Building and Environment, 2001, 36(10), P1127-1135.
[5] Chen Sheng, Performance Comparison of Silane-Acrylate Emulsions [J]. Modern and Finishing, 2008, 11(2), P18-20.
陈胜. 硅丙乳液的性能对比研究[J], 现代涂料与涂装, 2008, 11 (2), P18-20.
[6] Cai Huiwu, Wang Jinlu, Jiang Zhaoyang, Research on Influences of Pigments and Fillers on Reflectivity of Thermal Insulation Coatings[J], Paint Coating Industry 2008, 38(4), P29-31.
蔡会武, 王瑾璐, 江照洋等. 颜填料对隔热涂料反射性能的影响研究[J], 涂料工业, 2008, 38 (4), P29-31.
[7] Zhang Zhiqiang, Hu Ling, Chen Hong, Testing Method and Heat-insulating Principle of the Thermal Insulation Coatings for External Wall [J], Journal of Chongqing Jianzhu University, 2008, 30(2), P132-134.
张智强, 胡凌, 谌红. 外墙隔热涂料的制备及隔热性能测试[J], 重庆建筑大学学报, 2008, 30(2), P132-134.
[8] Gu Yongmei, Deng Yuequan, Dong Faqin, Research on Influences of Fillers on Light-reflecting and Heat-insulation Properties of Coating[J], Non-Metallic Mines, 2006, 29(1), P 3-4.
古咏梅, 邓跃全, 董发勤. 填料对涂料反光隔热性能的影响研究[J], 非金属矿, 2006, 29(1), P3-4.
[9] Ebara Densen K.K.. Heat resistant insulating coating[P] JPPat, 20010571201. 2001.
[10] U.S. Military Standard. MIL-E-46136(A)[S]. 美国军标. MIL-E-46136(A)[S].