水性建筑节能保温隔热涂料的研制

罗 侃，姚伯龙，杨同华，栗利涛
（江南大学化学与材料学院，江苏 无锡 214064）

摘 要：以自制的自交联丙苯乳液为成膜物质，并以硅酸盐类空心微珠、过渡金属氧化物、晶须、碳酸钙为填料，制成保温隔热涂料。该涂料固化后具有耐洗刷、耐水、附着力强、机械性能较好等特点，并具有较好的隔热效果。

关键词：自交联乳液；保温；隔热机理；晶须
中图分类号：TQ637　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1007－9548(2008)07－0014－03

Development and Application of Energy－Saving and Heat－Insulating Waterborne Coatings for Buildings

LUO Kan, YAO Bo－long, YANG Tong－hua, LI Li－tao

Abstract: The energy－saving and heat－insulating waterborne coatings are prepared with self－made self crosslinking styrene－acrylate emulsion as film－forming binder, and silicate cenosphere, transition metal oxide, whiskers, calcium carbonate as fillers. The coatings shows excellent washability, water resistance, adhesion, mechanical properties, heat－insulating effect and et al.

Key words: self crosslinking emulsion, heat－insulation, heat insulating mechanism, whisker

1 引言

在我国能源消耗中，建筑能耗大约占全国能源消耗的35%，据悉，我国从2008起，将对新建住宅规定采取隔热保温措施。建筑隔热材料中建筑隔热保温涂料因经济、使用方便和隔热效果好等优点而越来越受到人们的青睐，发展前景十分广阔，将有望促进涂料市场和隔热材料应用领域的拓展。

传统的建筑保温涂料大多以提高孔隙率、提高热阻、降低传导系数为主。为达到相应的要求，保温层较厚、易开裂、外观较差、且干燥时间较长，因而应用范围也相应受到限制。其型材也因接缝较多，施工较为不方便，而且还存在着吸水率较高、需设有防水层或保护层、不抗振动、使用寿命短等缺点。

涂料隔热的方式主要分为阻隔热传导、热对流、热辐射3类，因而研究开发主要从以上3方面着手，力求研制生产复合型多功能保温隔热涂料。保温效果良好的隔热涂料一般是两种或多种隔热机理协同的结果。本课题主要从选择涂料成膜物质和填料两方面入手进行配方优化，从保温涂料隔热机理与结构上对其进行研究[1]。

本涂料可用于建筑墙体外墙外保温，可采用刷涂、辊涂等方法施工，涂装方法简便，可节省大量的人力、物力。

2 试验部分

2.1 原材料

基料：自交联苯丙乳液，自制；功能性填料：硅酸盐类空心微珠，进口；复合过渡金属氧化物，自制；晶须，工业级，无锡同盛高新材料有限公司；碳酸钙，1200目，常州市碳酸钙厂；助剂：成膜助剂、湿润分散剂、增稠剂、消泡剂等。

2.2 复合过渡金属氧化物制备

以 Fe_2O_3、MnO_2 为主要原料按不同质量比配料，Co_2O_3、CuO 为掺杂料[5]，用电子天平按配方称量，放入研钵中研磨，使其混合均匀，通过300目网筛过滤后，放入陶瓷坩锅中置于高温电炉上进行固相烧结，温度800 ℃，保温6 h[3]。

2.3 建筑涂料配方设计

为了有效减少试验次数，采用 $L_9(4^3)$ 正交表进行正交试验，具体设计中不考虑各因素间的相互影响，因素－水平的设置见表1。

万方数据

表 1 四因素三水平取用数据

水平	因素			
	A(空心微珠)	B(过渡金属氧化物)	C(碳酸钙)	D(碳酸钙晶须)
1	25	20	5.4	5
2	20	15	2.7	4
3	15	10	0	3

2.4 建筑节能保温隔热涂料制备

先将各种固体粉末细磨至 300 目。称取一定量的去离子水、分散剂、乙二醇于烧杯中，搅拌均匀，并用高速剪切机剪切，使其分散均匀；加入填料，充分湿润后，再通过高速剪切使其分散；依次加入乳液[2]、PCT、成膜助剂、增稠剂、消泡剂等，低速搅拌，使其分散；加入适量氨水，调节涂料的黏度。

2.5 保温涂料性能测试

2.5.1 涂膜性能测试

参照 GB/T 9755—2001《合成树脂乳液外墙涂料》标准测试。

2.5.2 保温性能测试

采用 80 cm × 50 cm × 60 cm 的泡沫保温箱进行试验，箱子上盖的是表面光滑的大理石板，其它 5 个面用 50 mm 厚的泡沫构成[4]。在大理石板上涂布不同厚度的涂层，在箱子内部的固定高度（离大理石板 10 cm）装置玻璃温度计，以便于不间断地监测箱内的温度。将箱子置于红外灯下（模拟自然光），测定涂层下表面温度。涂层下表面温度是指涂层下表面在红外灯照射达到同一温度，且 10 min 内不变化时测得的数值。

3 结果与讨论

3.1 正交试验结果分析

表 2 为正交试验结果和数据处理结果。

表 2 正交试验结果

编号	A	B	C	D	涂层下表面温度/℃
1	1	1	3	2	54
2	1	2	1	1	66
3	1	3	2	3	55
4	2	1	2	1	62
5	2	2	3	3	68
6	2	3	1	2	57
7	3	1	1	3	39
8	3	2	2	2	47
9	3	3	3	1	40
水平 1 Σ1	175	155	162	168	
水平 2 Σ2	187	181	164	158	
水平 3 Σ3	126	152	162	162	
R_{MAX}	61	29	2	10	

根据表 2 可以得出以下结论：按极差 R_{MAX} 的大小及各因子的重要性顺序：A→B→D→C。因素 A 最重要，因素 B 次之，因素 C、D 对涂层下表面温度影响不大。根据实际情况，结合正交表中的 9 个试验结果：A1B2C1D1 的涂层下表面温度为 39 ℃，因此可以作为实际试验的最优配比，即空心微珠 15 g、过渡金属氧化物 20 g、碳酸钙 5.4 g、碳酸钙晶须 3 g。

3.2 晶须的添加量对涂料性能的影响

由于传统保温节能涂料的颜料体积浓度（PVC）较高，涂层又较厚，常常发生墙体涂层开裂和脱落现象，同时涂层的耐洗刷性不高。本课题研究应用晶须材料对涂料进行增强改性，意欲解决上述问题。试验表明通过添加一定量的 $CaCO_3$ 晶须时，涂层的耐洗刷性显著提高，晶须的添加量对涂料性能的影响见表 3。

表 3 晶须的添加量对涂料性能的影响

性能	添加量/g		
	5	4	3
耐洗刷性/次	3 500	3 250	3 100
耐候性(20 d)	无异常	无异常	无异常
涂层下表面温度/℃	40	39	41

注：涂料总量以 100 g 计。

图 1 为添加 $CaCO_3$ 晶须的涂膜形貌显微镜照片。

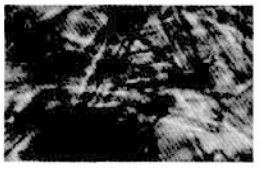


图 1 添加 $CaCO_3$ 晶须的涂膜形貌显微镜照片

从图 1 可以看到，$CaCO_3$ 晶须在涂层中呈无规则取向排列，晶须分散良好，形成了较好的空间网状结构，能显著提高涂层的强度、附着力、耐洗刷性等[6]。

3.3 涂膜厚度对涂层下表面温度的影响

涂层厚度对涂料保温性能的影响见表 4。

表 4 涂膜厚度对涂层下表面温度的影响

涂膜厚度/mm	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
涂层下表面温度/℃	49	44	41	39	38

从表 4 可以看出，随着涂层厚度的增加，涂膜的隔热性能不断提高，当达到 3 mm 时，各项指标已满足要求，如果涂层厚度继续增加，保温性能基本不变，且材料用量会大幅度增加，工程造价随之增加。

3.4 水性建筑节能保温隔热涂料的性能

经优化的水性建筑节能保温隔热涂料的主要性能

万方数据

见表 5。配方由空心微珠、自制过渡金属氧化物、高分子中空微乳液以及碳酸钙、碳酸钙晶须按照一定配比组成。试验结果表明：此涂料具有较好的保温节能功能，涂料的耐洗刷性、附着力等性能明显提高，综合性能优异，符合 GB/T 9755—2001 中优等品的要求。

表 5 水性建筑节能保温隔热涂料综合性能

项　目	性　能
容器中状态	无硬块，搅拌后呈均匀状态
施工性	刷涂二道无障碍
低温稳定性	不变质
干燥时间(表干)/h	≤2
涂膜外观	95%
附着力	1
柔韧性/mm	≤2
冲击强度/cm	50
耐水性(48 h)	无异常
耐碱性(48 h)	无异常
耐洗刷性	3 200
耐候性(20 d)	无异常
涂层耐温变性(5 次循环)	无异常
涂层下表面平均温度/℃	40

4 结语

(1)本课题以自制的自交联苯丙乳液为成膜物质，并以硅酸盐类空心微珠、过渡金属氧化物、晶须、碳酸钙为填料，制成保温隔热涂料。通过对填料的正交试验，得到最优配比，即空心微珠 15 g，过渡金属氧化物 20 g，碳酸钙 5.4 g，碳酸钙晶须 3 g。

(2)通过添加一定量的 $CaCO_3$ 晶须，涂层的耐洗刷性显著提高，涂层的开裂现象也得到明显改善，观察 90 d，几乎无任何裂纹，附着力为 1 级。

(3)不同的涂膜厚度同样影响着节能保温性能，试验表明 3 mm 的厚度可以得到较好的保温性能，同时也可以节省成本。

参考文献：

[1] 王立华．薄层防水保温一体化涂料的研制 [J]．涂料工业，2007，37(4)：46－47.

[2] A ANAND PRABU, M ALAGAR. Mechanical and Thermal Studies of Intereross－Linked Networks Based on Siliconized Polyarethne－ep－Oxy/Unsulurated Polyester Coatings[J]. Progress in Organic Coatings, 2004, 49: 236.

[3] 雷中伟，张英．过渡金属氧化物系红外辐射涂料的制备和研究[J]．佛山陶瓷，2007，17(1)：1－4.

[4] 郭宝民，王正武．建筑用红外辐射降温涂料的研制 [J]．涂料工业，2007，37(7)：32－35.

[5] Hiroo Takushima, Katsuhei Matsuhei, Yukio Nishimura, et al. High Efficiency Infrared Radiant Using Transitional Element Oxide[ ] J. Journal of Japanese Ceramic Society, 1982, 90 (7): 373.

[6] 姚伯龙，罗侃．$CaCO_3$ 晶须改性保温节能涂料性能研究 [J]．涂料技术与文摘，2007(11)：8－10.

收稿日期：2008－04－28

(上接第 13 页)由于比表面积大，易于形成导电网络，大量地应用到电磁屏蔽涂料中。目前，在宏观量合成和纯化碳纳米管的技术日趋完备后，随着碳纳米管的量产已经开始了这方面的研究，国外已开发出含碳纳米管的电磁屏蔽涂料。中国科学院成都有机化学研究所国家纳米科学中心冯永成等也开展了碳纳米管在导电涂料中的应用研究。他们将碳纳米管用热的浓硝酸进行纯化和表面处理，再用球磨截断处理，然后与 E－51 环氧树脂混合，进行超声振荡制备了导电涂料。范凌云等将碳纳米管经过超声处理和经过十八醇表面包覆改性处理后，填充到丙烯酸酯树脂中，制得一系列丙烯酸/碳纳米管电磁屏蔽涂料。

由于碳纳米管表面缺陷少、又缺乏活性基团，因此表现出难溶性，再加上其不熔性使其很难直接进行加工，但是从结构上来看，由 sp^2 碳原子组成的碳纳米管可以被视为线性富勒烯分子，每个碳原子的一个垂直于骨架平面的 p 轨道形成高度离域化的大 π 键，能与含有 π 电子的化合物通过 π－π 非共价键作用相结合，可以得到化学修饰的碳纳米管。吕满庚等将碳纳米管羧酸化和酰氯化，再通过乙二胺修饰碳纳米管，破坏碳纳米管之间的亲和力，有利于其在基体树脂中的分散；再通过溶剂溶解、超声波高速搅拌处理，使碳纳米管分散于基体树脂中，最后用芳香胺固化，就可得到碳纳米管/环氧树脂复合材料。黄德欢等通过对碳纳米管进行酸碱氧化处理来提高表面官能化的效率，降低碳纳米管的表面能，再添加到马来酸酐接枝聚丙烯中，经过熔融反应，制备了碳纳米管/聚丙烯复合材料。

4 结语

纳米材料的体积效应和表面效应，使碳纳米管具有特殊的物理、化学特性，再加上碳纳米管独特的电学、磁学等特性，使得碳纳米管在电磁屏蔽涂料中得到广泛而深入的研究。因此，碳纳米管的应用是研制屏蔽涂料的发展趋势之一。

收稿日期：2008－06－03

万方数据