

填料对反射隔热涂料性能的改性分析

马一平, 李 奎, 王 翠, 游 璐

(同济大学 先进土木工程材料教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 制备了一种含碱土金属碳酸盐的丙烯酸涂料和单双组分的聚氨酯涂料. 系统研究了玻璃微珠、陶瓷微珠和钛白粉三种功能性填料对两种乳液涂料反射隔热性能的改性效果. 结果表明: 当玻璃微珠、陶瓷微珠掺量分别为 8% 和 10% 时, 对丙烯酸乳液涂料的反射隔热性能改善效果最佳; 三种微珠复配可使聚氨酯乳液涂料的吸收率降低约 38%. 功能性填料对聚氨酯乳液涂料反射隔热性能的改性效果明显优于丙烯酸乳液涂料.

关键词: 丙烯酸涂料; 聚氨酯涂料; 填料; 反射隔热; 微珠
中图分类号: TU56 **文献标志码:** A

Analysis on Filler's Modification to the Property of Reflective Thermal Insulation Coating

MA Yiping, LI Kui, WANG Cui, YOU Lu

(Key Laboratory of Advanced Civil Engineering Materials of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Acrylic coating containing alkaline earth metallic carbonates material and single, two-component polyurethane coating are made out. Three functional fillers—glass microbead, ceramic microbead and titanium dioxide's modification effect on the above two emulsion coatings' properties of reflective heat-insulation is systematically studied. The results of experiments indicate that the modification effect on acrylic coating is optimal when the dosage of glass microbead and ceramic microbead is respectively 8% and 10%. In addition, the absorptivity of polyurethane coating can be reduced about 38% through compounding three kinds of microbeads. Functional filler's modification effect on polyurethane coating is obviously better than that of acrylic coating.

Key words: acrylic coating; polyurethane coating; filler; reflective thermal insulation; micro bead

随着社会的发展, 人类对居住环境的舒适性要求越来越高. 目前, 营造建筑热舒适环境主要通过空调制冷暖气制热等以消耗自然能源的方式来进行. 然而, 传统能源煤、石油、天然气等的储量毕竟有限, 故建筑节能成为一个必然趋势. 据统计, 每年全球空调、电扇等降温设备的能耗占到社会总能耗的 20% 以上^[1]. 可见, 从材料层面来解决房屋内部的冷暖舒适问题, 具有重要的现实意义.

建筑外墙反射隔热涂料是一种能在使用过程中零能耗的情况下, 有效阻止太阳辐射所导致的涂层表面与基材内部环境温度升高的材料^[2]. 由于具有良好的物理性能、成本低、施工方便等优点, 因此, 这种新型涂料的相关研究已成为建筑节能材料研究的热点之一^[3].

本文制备了一种含有碱土金属碳酸盐的丙烯酸乳液涂料和单双组分的聚氨酯乳液涂料, 并系统研究了玻璃微珠、陶瓷微珠、钛白粉等功能性填料对这两种不同乳液反射隔热涂料性能的改性效果, 以期新型反射隔热涂料的研制提供参考.

1 试验

1.1 原材料与主要仪器

试验原材料主要包括: 空心微珠、陶瓷微珠、R706 钛白粉(具体性能参数指标分别见表 1—3 所示); “晒不热”涂料, 实验室配制的一种低吸收率丙烯酸乳液涂料(含有一种碱土金属碳酸盐); 成膜物质, 拜耳材料科技有限公司; 重质碳酸钙, 上海亮江钛白粉化工制药有限公司; 分散剂 BYW 190, Elementis 德谦(上海)化学有限公司生产; 消泡剂 901W, 赢创(中国)投资有限公司生产; 增稠剂(型号 0435), OMG Borchers 缔合型增稠剂, 上海松尾贸易有限公司(法国进口).

收稿日期: 2016-05-23

第一作者: 马一平(1960—), 男, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为土木工程材料. E-mail: ypmal239@sina.com

通讯作者: 李 奎(1992—), 男, 硕士生, 主要研究方向为先进土木工程材料. E-mail: liquid2015@163.com

表 1 玻璃微珠主要性能参数

Tab.1 Main performance parameters of glass microbead

名称	粒径/ μm	pH	软化温 度/ $^{\circ}\text{C}$	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	吸收 率	发射 率
指标参数	15~120	8~9	600	0.125~0.60	0.132 1	0.793 2

表 2 陶瓷微珠主要性能参数

Tab.2 Main performance parameters of
ceramic microbead

名称	粒径/ μm	pH	离子性	吸收率	发射率
指标参数	2~18	6~8	阴离子性	0.129 2	0.897 4

表 3 钛白粉 R706 主要性能指标

Tab.3 Main performance parameters of
titanium dioxide

名称	w_{TiO_2} (质量分数)	重度/ ($\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$)	粒度中 值/ μm	pH	吸收 率	发射 率
指标参数	93%以上	4.0×10^4	0.36	8.2	0.135 1	0.900 2

主要仪器包括:吸收率、法向发射率测定仪(型号 FXL-1);本课题组自制暴晒箱;JK-XU/XA 型多路温度巡检仪;搅拌分散机(型号 SFJ-400);抗玷污测定装置,C84-II 反射率测定仪;德国 BYK 生产的微型 Micro TRI Gloss 光泽仪等。

1.2 实验方法

1.2.1 “晒不热”丙烯酸乳液涂料的制备

“晒不热”涂料是本课题组自行研制的一种以碱土金属碳酸盐作为主要功能性填料的低吸收率高发射率的丙烯酸乳液涂料^[4]，“晒不热”涂料基础配合比见表 4。制备过程:首先将润湿剂等助剂均匀分散在水中,再逐步加入二氧化钛、轻质碳酸钙等,高速搅拌 30 min 后降低转速,按计量加入空心玻璃微珠和其他功能性助剂,充分搅拌使微珠分散均匀,最后加入丙烯酸乳液,继续搅拌 30 min,并加入适量增稠剂调节至合适粘度。

表 4 “晒不热”涂料基础配合比

Tab.4 Basic proportion of “insulating-
not-hot”building coating

原材料	去离子水	颜填料	丙烯酸乳液	功能性助剂	空心玻璃微珠
质量分数/%	30~40	10~20	15~20	5~10	0~20

1.2.2 单双组分聚氨酯涂料的制备

依次将分散剂、消泡剂、润湿剂、增稠剂准确称量后加入到去离子水中,在 SFJ-400 搅拌机作用下低速搅拌,同时加入填料如钛白粉、陶瓷微珠,转速大致为 $3\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,搅拌 30 min 左右。待胶体溶液细度小于 $30\text{ }\mu\text{m}$ 后加入树脂及定量的消泡剂以减少在搅拌过程中产生的气泡,转速为 $1\,500\sim 1\,800\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,搅拌 5 min,在确认没有缩孔后,加玻璃微

珠,同时根据涂料的状态适当加入一定量的增稠剂、去离子水等,转速 $400\sim 700\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,搅拌 10 min 左右,按配方制得不同组分的聚氨酯乳液涂料。

1.3 测试方法

实验中对涂料的性能测试主要包括吸收率、发射率、硬度、光泽度、耐水性、耐玷污性等方面;硬度,依据《涂层铅笔硬度的标准测试方法》(ASTM D 3363—2000)进行;光泽度,采用德国 BYK 公司 Micro-TRI-Gloss 光泽仪分别测试 20、60、85 时的光泽度;耐水性,测试标准为《建筑涂料涂层耐玷污性试验方法》(JC/T235—2008);耐玷污性,按《建筑涂料涂层耐玷污性试验方法》(JC/T235—2008)进行;吸收率和发射率,使用吸收率、法向发射率测定仪(FXL-1),涂料样品:涂覆在 $40\text{ mm}\times 40\text{ mm}\times 1\text{ mm}$ 铝板上;暴晒实验,样品涂覆 $300\text{ mm}\times 300\text{ mm}\times 1\text{ mm}$ 的铝板上;通过多路温度巡检仪测量暴晒温度。

2 结果与讨论

2.1 填料对丙烯酸乳液涂料吸收率和发射率的影响

空心微珠是一种具有较大折光系数的中空结构物质,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及热稳定性等优点;经特定处理后,具有亲油性、憎水性,且易分散于树脂等有机材料中^[5]。由于拥有较大的折光系数,当光线照射到涂膜表面时会产生多次反射,同时大部分热量会绕过微珠进行传递,增加了热量传递的路径,提高涂料的热阻,从而能降低涂料的吸收率和增大发射率,故空心微珠常常作为功能性填料被添加到涂料中以提升其反射隔热性能。本试验选用平均粒径为 $20\text{ }\mu\text{m}$ 、壁厚为 $1\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ 的空心球体微珠 im16K 和 W-210 陶瓷微珠,研究其对丙烯酸乳液涂料性能的改性效果,试验结果如图 1—2 所示。

由图 1 可知,随着玻璃微珠掺量的增加,丙烯酸乳液涂料的吸收率呈现先减小后增大的趋势,在掺量为 8%时涂料的吸收率最低;相比于不掺微珠时涂料吸收率降低了 12%,同时发射率随着掺量的增加,呈先增大后减小的趋势,掺量为 8%时发射率值最高。所以,玻璃微珠掺量为 8%时丙烯酸乳液涂料具有低的吸收率和高高的发射率,此时的改善效果最为明显。同时由图 2 可以看出,陶瓷微珠对丙烯酸乳液涂料的改性作用有类似规律,当陶瓷微珠掺量为

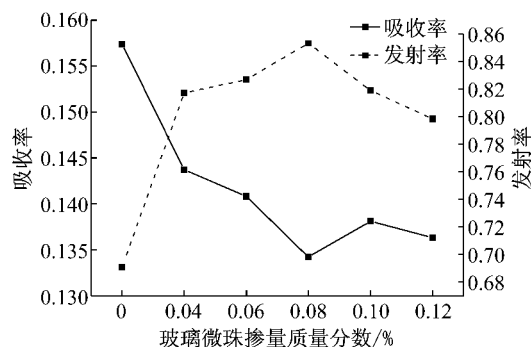


图1 掺空心玻璃微珠 im16k 吸收率和发射率
Fig.1 Absorptivity and emissivity of doped cenospheres im16k

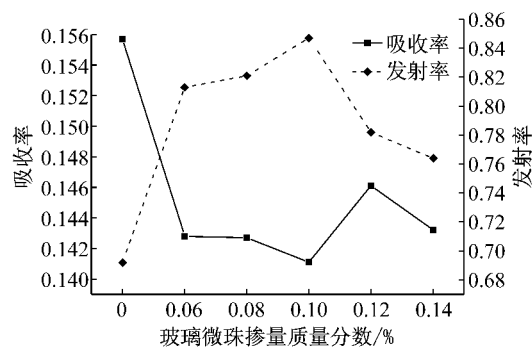


图2 掺陶瓷微珠 W-210 涂料吸收率和发射率
Fig.2 Coating absorptivity and emissivity of doped ceramic beads W-210

10%时,改性效果最佳.微珠对反射隔热性能的提升之所以具有一个最佳掺量,这主要是由于随着微珠掺量的增加, C_{pvc} (填料体积浓度)逐渐提高,增至最佳掺量时,填料达到了极限浓度 C_{pvc} ,如继续添加微珠,则涂层不断变厚、微珠层数不断叠加,使得表面光滑度降低,同时涂层内部也会产生一定量的微观裂纹,从而导致反射隔热性能不增反降.

此外,从吸收率和发射率数值上看,玻璃微珠的反射隔热性能略优于陶瓷微珠.这是因为当热量传递到涂层的表面时,主要分为两部分进行传导,一部分是绕过填料传导,此时导热路径增加,热阻增加;另一部分则经过填料的本身进行传导,由于中空微珠内部接近于真空状态,因此热量在内部传导时,实心的陶瓷微珠导热速率要远远大于中空的玻璃微珠.同时陶瓷微珠粒径较小,分散性能较差,在配料过程中容易形成结块,过分的集聚导致散射比表面

积减少,反射率下降.故此,在相同的外界条件下,玻璃微珠的反射隔热能力略优于陶瓷微珠.

2.2 不同粒径填料复配对丙烯酸涂料反射隔热效果的影响

尝试将不同粒径的微珠复配,以大粒径的空心微珠作为主体,利用小粒径的空心微珠填充空隙,以形成致密的反射隔热膜,提高涂料的反射隔热性能,本试验研究了微珠复配对丙烯酸乳液涂料反射隔热性能的影响.根据第2.1节的研究结果可以知道,玻璃微珠的掺量为8%时,反射隔热性能较为优异,故保持总质量掺量8%不变,采用粒径为20 μm 的im16k、粒径40 μm 的VS5500以及粒径50 μm 的S15这三种微珠进行复配,研究不同粒径微珠复配对丙烯酸乳液涂料反射隔热性能的影响.具体的试验配比和吸收率发射率测试结果见表5—6.表5中掺量按涂料质量百分数计.

表5 填料复掺的种类及相对应的编号

Tab.5 Types of mixed filler and the corresponding number

	编号											
	A		B		C		D		E		F	
复配填料	im16k	VS5500	im16k	S15	im16k	VS5500	im16k	S15	im16k	VS5500	im16k	S15
掺量	4%	4%	4%	4%	5%	3%	5%	3%	3%	5%	3%	5%

表6 不同样品对应的吸收率和发射率

Tab.6 Different samples corresponding to the absorption and emission rates

	编号					
	A	B	C	D	E	F
吸收率	0.123 2	0.125 1	0.128 1	0.131 2	0.128 7	0.125 8
发射率	0.795 7	0.821 3	0.793 7	0.794 5	0.819 1	0.784 0

由表6可以看出A组吸收率最低,结合图1可以知道,相比于添加单一粒径的微珠,使用不同粒径微珠复配时,丙烯酸乳液涂料的吸收率降低了约10%,效果显著.为了进一步直观地反映不同粒径微珠复配对丙烯酸乳液涂料反射隔热性能的改性效

果,设计一组暴晒试验进行验证,试验结果如图3所示.

从图3暴晒试验的结果可以看出,涂有A组(4%im16k,4%VS5500)掺量微珠的样品内表面温度与以市售蓝漆作为暴晒样品的铝板在12:00左右温差最大,达到13.5 $^{\circ}\text{C}$.B组(4%im16k,4%S15)次之,最大温差为11.2 $^{\circ}\text{C}$,这与表6中吸收率和发射率的测试结果相吻合.此外,从曲线走势来看,各试验组样品的铝板内表面温度与环境温度变化趋势相近.

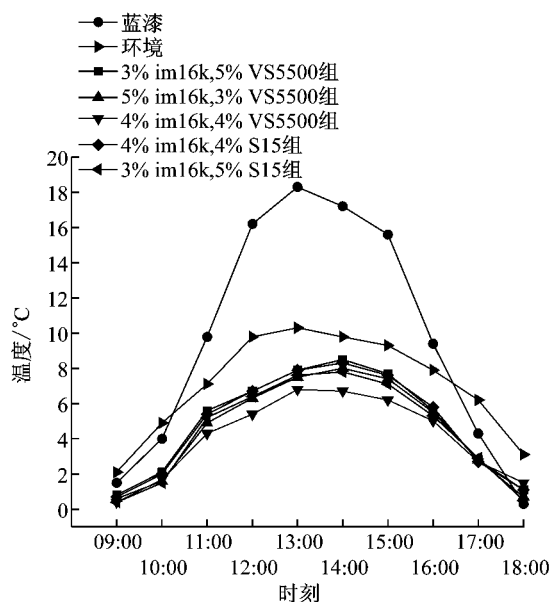


图 3 不同样品的暴晒实验效果图

Fig.3 Experimental exposure effect of different samples

2.3 不同种类填料复配对丙烯酸涂料反射隔热效果的影响

由第 2.1~2.2 节试验结果可以知道,当玻璃微珠和陶瓷微珠掺量分别为 8%和 10%时,都能使丙烯酸乳液涂料表现出低的吸收率和高发射率.为研究不同种类填料复配对涂料反射隔热性能的影响,试验设计了 3 组复配掺量,测试各自的吸收率和发射率,并进行暴晒试验验证.具体的试验配比和测试结果见表 7—8 和图 4 所示.表 7 中掺量按涂料质量百分数计.

表 7 填料复配的种类及相对应的编号

Tab.7 Types of compounding filler and the corresponding number

	编号					
	H		I		J	
复配填料	im16K	W-210	im16K	W-210	im16K	W-210
掺量	8%	10%	8%	9%	7%	9%

表 8 不同样品对应的吸收率和发射率

Tab.8 Different samples corresponding to the absorption and emission rates

	编号		
	H	I	J
吸收率	0.122 5	0.127 2	0.126 1
发射率	0.841 7	0.821 4	0.840 3

结合表 8 和图 4 可知,H 组配方(8%im16k, 10%W-210)的丙烯酸乳液涂料有最低的吸收率和最高的发射率,该掺量配比具有最好的改善效果.暴晒实验结果表明,H 组样品涂覆的铝板内表面温差先增大后减小,在 12:00 左右与以蓝漆作为涂覆物

的暴晒温差达到最大,为 12.7℃,此时与环境的最大温差为 4℃.即 H 组配方的涂料能够使暴晒箱内部比环境温度降低 4℃左右.结合第 2.1 节的试验结论可知,不同种类微珠复配比单一类型使涂料吸收率降低了约 12%.由光学原理分析可知,这是由于当光穿过多种介质的表面时,折光系数越大,对光的反射能力越好.且不同折光指数材质的填料紧密堆叠排列,可显著提高传热阻,如图 5 所示.

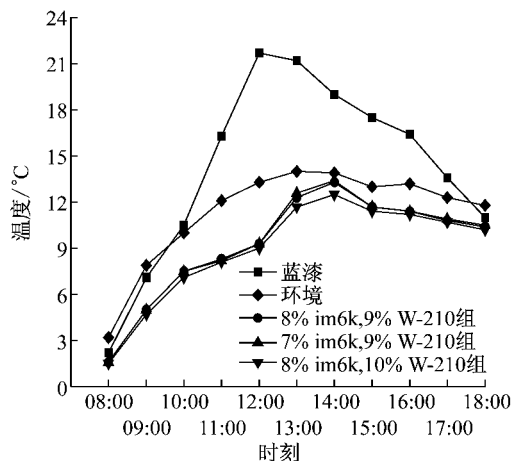


图 4 不同样品的暴晒实验效果图

Fig.4 Experimental exposure effect of different samples

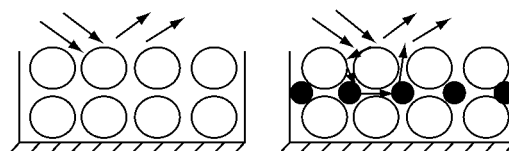


图 5 不同种类微珠在涂层中的排布

Fig.5 Array of different varied microbead in coverage

显然,不同种类的填料,其粒径大不相同.复配时以大粒径微珠作骨架,小粒径微珠填充其空隙,从而能在基体涂层上紧密排列,形成致密的隔热膜,加之空心微珠中含有稀薄气体,在增加热传导路径的同时,能起到明显的阻热作用,所以,选择适量不同种类、不同粒径的微珠进行复配,可以在涂层中形成互补、交错排布的致密隔热膜,既能使涂膜具有良好的致密度和表面平整度,又能使涂层获得较好的反射隔热效果.

2.4 单双组分聚氨酯乳液涂料反射隔热性能

在双组分聚氨酯乳液涂料中,甲组分指的是刚性的羟基丙烯酸乳液,乙组分选择的是亲水改性的聚异氰酸酯固化剂.在本部分试验中,首先在分别制备出单双组分的聚氨酯乳液涂料的基础上,通过对光泽度、硬度、耐水性、耐玷污性、吸收率和发射率的

测定,定量比较了单双组分聚氨酯乳液涂料的性能的优劣,再进一步研究了不同功能性填料对最好配方组的聚氨酯乳液涂料性能的改性作用。

2.4.1 单组分聚氨酯乳液涂料反射隔热性能分析

单组分聚氨酯乳液反射隔热涂料的基本配方及性能测试结果分别见表9—10。

表9 单组分 $T_1 \sim T_7$ 反射隔热外墙涂料基本配方

Tab.9 Fundamental elements of one-component reflection and heat insulation coating material of exterior walls from T_1 to T_7

	T ₁ ~T ₇										
	DIwater	AMP95	SN5027	PE100	901W	R706	CaCO ₃	ASE-60	BYK093	RM8W	50%BD
	14	0.10	0.80	0.20	0.15	15.00	10.00	0.20	0.30	0.40	6.00
	玻璃微珠		2606	陶瓷微珠		1537	2468M		401-A	9169 M	
T ₁	0		0	15.00		0	42.00		0		0
T ₂	0		9.00	15.00		0	0		0		36.00
T ₃	0		0	15.00		40.00	0		0		0
T ₄	0		0	15.00		0	0		40.00		0
T ₅	10.00		0	0		40.00	0		0		0
T ₆	10.00		0	0		0	0		40.00		0
T ₇	0		0	0		36.00	0		0		0

表10 单组分涂料的性能测试结果

Tab.10 The performance result of one-component coating

	光泽度			硬度	耐水性	耐玷污性/%	吸收率	放射性
	20	60	85					
T_1	1.6	4.3	6.6	20	168 h 无异常	31.19	0.279	0.899
T_2	1.6	4.1	7.3	14	168 h 无异常	26.97	0.299	0.868
T_3	1.6	4.8	6.6	20	168 h 无异常	32.05	0.331	0.904
T_4	1.6	3.4	6.3	25	168 h 无异常	18.81	0.334	0.903
T_5	1.5	2.7	0.7	24	168 h 无异常	28.07	0.319	0.879
T_6	5.0	3.2	0.7	25	168 h 无异常	20.86	0.256	0.895
T_7	1.9	7.7	23.4	20	168 h 无异常	26.00	0.289	0.849

从表10可以看出,单组分样品的性能都能满足反射隔热涂料的基本要求,但对于单组分聚氨酯乳液涂料来说,其涂膜硬度,抗玷污性略差.主要原因在于单组分聚氨酯乳液涂料不能达到常规溶剂型双组分聚氨酯乳液涂料的交联密度和相对高的分子量,故涂膜的耐玷污性较差.此外,由于单组分聚氨酯乳液涂料是一种潮气固化型涂料,其树脂部分含有NCO端基预聚物,能通过NCO基与空气中潮气

发生反应^[6],所以使用较为方便,同时还有价格便宜的优势,但是单组分聚氨酯涂料却很难平衡断裂伸长率、拉伸强度和耐玷污这三项重要的性能指标^[7-8].

2.4.2 双组分聚氨酯乳液涂料反射隔热性能分析

双组分聚氨酯乳液反射隔热涂料的基本配方及性能测试结果分别见表11—12。

表11 双组分 $T_8 \sim T_{14}$ 反射隔热外墙涂料基本配方

Tab.11 Fundamental components of two-component reflection and heat insulation coating material of exterior walls from T_8 to T_{14}

	Material of exterior walls from T ₈ to T ₁₄									
	T ₈ ~T ₁₄									
	DIwater	3KB	DEMA	FA182	901W	EFKA	BYK3	0MG04	BYK022	Bayhydrol A
	15.2	0.20	0.20	0.60	0.10	0.40	0.30	0.40	0.30	55.30
	R944 钛白粉		R706	陶瓷微珠 W-210		红外陶瓷粉	玻璃微珠 S38HS		重质 CaCo ₃	纳米轻质 CaCo ₃
T ₈	20.00		0	0		0		7.00		0
T ₉	0		20.00	0		0		7.00		0
T ₁₀	0		20.00	0		0		0		7.00
T ₁₁	0		10.00	0		16.00		0		0
T ₁₂	0		10.00	0		0		10.00		0
T ₁₃	0		10.00	15.00		0		0		0
T ₁₄	0		10.00	7.00		0		8.00		0

表 12 双组分涂料的性能测试结果

Tab.12 Performance result of two-component coating

	光泽度			硬度	耐水性	耐玷污性/%	吸收率	放射性
	20 ℃	60 ℃	85 ℃					
T ₈	1.9	5.4	25	94	168 h 无异常	5.31	0.268	0.919
T ₉	1.7	5.3	24	98	168 h 无异常	10.00	0.228	0.901
T ₁₀	1.9	6.5	26	108	168 h 无异常	7.90	0.245	0.858
T ₁₁	1.7	6.5	25.8	94	168 h 无异常	12.20	0.244	0.853
T ₁₂	1.5	2.7	0.9	52	168 h 无异常	8.59	0.253	0.865
T ₁₃	1.8	4.8	11	90	168 h 无异常	7.40	0.280	0.919
T ₁₄	1.5	3.3	1	60	168 h 无异常	15.00	0.240	0.880

由表 12 可以知道,双组分的聚氨酯乳液涂料具有较低的吸收率和较高的发射率.对比表 10 中单组分聚氨酯涂料数据可得,双组分聚氨酯涂料相比于单组分聚氨酯涂料吸收率低 6%,能更好地满足反射隔热涂料的性能要求.而且双组分聚氨酯乳液涂料通过相互交联,形成疏松的网状结构,随着交联密度的提高,交联点之间的链段的活动性变小,聚合物逐渐变硬,高弹形变变小,涂膜的硬度和致密性增大,能很好的平衡了断裂伸长率、拉伸强度和耐玷污性三大重要指标.故此双组分聚氨酯乳液涂料的性能优于单组分聚氨酯涂料.

2.5 不同微珠对双组分聚氨酯乳液涂料性能的强化

双组分聚氨酯涂料通常存在混合适用期限限制的问题,这为施工的正常进程带来了诸多不便.通过选择一些功能性填料来加以改善其性能,是工程上常用的应对措施.由于钛白粉、陶瓷微珠和玻璃微珠具有分散性好、遮盖力强、低导热、高强度、化学性能稳定等优点,故笔者尝试在双组分聚氨酯涂料中掺入这三种功能性填料,以研究其对双组分聚氨酯乳液涂料性能的影响.具体的试验配方和性能测试结果见表 13—14.

表 13 不同功能性填料的掺量及试验组别

Tab.13 Dosage and test group of different functional filler

	T ₁₅	T ₁₆	T ₁₇	T ₁₈	T ₁₉	T ₂₀	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃
钛白粉 R706	30	22.5	15	22.5	15	15	15	15	0
陶瓷微珠	0	7.5	15	0	0	4.5	7.5	10.5	30
玻璃微珠	0	0	0	7.5	15	10.5	7.5	4.5	0

表 14 优化配方后的性能测试结果

Tab.14 The performance result after optimizing formula

	光泽度			硬度	耐水性	耐玷污性/%	吸收率	放射性
	20	60	85					
T ₁₅	1.5	4.3	6.6	75	168 h 无异常	6.41	0.168	0.879
T ₁₆	1.6	4.1	7.3	80	168 h 无异常	7.84	0.158	0.875
T ₁₇	1.6	4.8	6.6	62	168 h 无异常	8.88	0.163	0.890
T ₁₈	1.6	3.4	6.3	87	168 h 无异常	5.27	0.166	0.865
T ₁₉	1.5	2.7	0.7	85	168 h 无异常	5.92	0.159	0.885
T ₂₀	5.0	3.2	0.7	83	168 h 无异常	7.42	0.166	0.860
T ₂₁	1.9	7.7	23.4	76	168 h 无异常	7.06	0.167	0.891
T ₂₂	1.5	3.7	2.6	69	168 h 无异常	5.55	0.143	0.920
T ₂₃	3.1	7.9	2.9	73	168 h 无异常	4.29	0.220	0.850

由表 14 可知,填料的种类及其掺量对于反射隔热性能有重要影响.未加钛白粉的 T₂₃,遮盖力明显下降,吸收比大幅度增大,但是只加入钛白粉的 T₁₅虽然有一定的反射隔热能力,但其反射隔热效果并不是最理想的.从 T₁₆和 T₁₈组试验结果可知,钛白粉和微珠质量比为 3:1 时,陶瓷微珠的反射隔热性能优于玻璃微珠. T₁₇和 T₁₉组试验结果表明,钛白粉和微珠质量比为 1:1 时,玻璃微珠的反射隔热性能优

于陶瓷微珠,所以,由此并不能断言哪种微珠具有更好反射隔热性能. T₂₀, T₂₁和 T₂₂三种填料的互掺在一定程度上对反射隔热性能的提高起到了促进作用,其中以 T₂₂组的复配比例对聚氨酯乳液涂料性能的提升效果最为明显,吸收率降低约 38%.玻璃微珠和陶瓷微珠的粒径不同,复配时以大粒径为主体,小粒径填充缝隙的模式,使形成的涂膜表面更加致密,这对于反射率的提高极为有利.同时玻璃微珠和陶

瓷微珠折光系数不同,当光线照射到涂膜表面时,不同的折光系数对反射率的提高也具有促进作用。

3 结论

(1)玻璃微珠和陶瓷微珠对丙烯酸乳液涂料的反射隔热性能具有重要影响,当玻璃微珠掺量为8%时,改善效果最明显,涂料吸收率降低12%;陶瓷微珠掺量为10%时吸收率降低9%,两种微珠不同粒径复配比单一粒径时使吸收率降低10%;不同种类微珠复配能使丙烯酸涂料的吸收率降低12%。

(2)双组份聚氨酯涂料相比于单组分聚氨酯涂料具有更低的吸收率和更高的发射率;且双组份聚氨酯乳液涂料的断裂伸长率、拉伸强度和耐玷污性等重要指标也明显优于单组分聚氨酯乳液涂料。

(3)玻璃微珠、陶瓷微珠、钛白粉等功能性填料对双组份聚氨酯乳液涂料的反射隔热性能有显著的提升作用,三种微珠复配可使聚氨酯乳液涂料的吸收率降低约38%。

(4)玻璃微珠、陶瓷微珠、钛白粉等功能性填料对聚氨酯乳液涂料反射隔热性能的提升效果明显优于丙烯酸乳液涂料。

参考文献:

[1] 薛允连. 建筑屋顶保温隔热节能技术措施[J]. 建筑技术开发,

1997,24(5):40.

XUE Yunlian. Insulation energy saving measures of building roof [J]. Building Technique Development, 1997, 24(5): 40.

[2] 黄永. 现代建筑与智能遮阳[J]. 华中建筑, 2003(3): 11.

HUANG Yong. Modern building and intelligent solar protection [J]. Huazhong Architecture, 2003(3): 11.

[3] Synnefa A, Santamouris M, Livada I. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment [J]. Solar Energy, 2006, 80: 968.

[4] 马一平, 朱蓓蓉, 李远珊, 等. “晒不热”建筑涂料的节能实效 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2012, 40(12): 1876.

MA Yiping, ZHU Beirong, LI Yuanshan, *et al.* Energy saving effect of “Insulating-not hot” building coating [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2012, 40(12): 1876.

[5] 古咏梅, 邓跃全, 董发勤, 等. 填料对涂料反光隔热性能的影响研究[J]. 非金属矿, 2006, 29(1): 3.

GU Yongmei, DENG Yuequan, DONG Faqin, *et al.* Research on influences of fillers on light-reflecting and heat-insulation properties of coating [J]. Non-Metallic Mines, 2006, 29(1): 3.

[6] Gerd H. Coating material with reflective properties in two wave length ranges and absorbent properties in a third wave length range[P]. US:6017981, 2000, 1-25.

[7] 哈成勇, 袁金伦. 快干型单组分聚氨酯涂料[J]. 涂料工业, 1997(5): 15.

HA Chengyong, YUAN Jinlun. Quick-drying one-component polyurethane coatings [J]. Paint & Coatings Industry, 1997(5): 15.

[8] 朱传瑾. 耐玷污弹性外墙乳胶涂料的研制[D]. 上海: 华东理工大学, 2011.

ZHU Chuanjin. Preparation of elastic exterior wall latex coating with stain resistance[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2011.