

文章编号:1673-9981(2010)04-0486-05

建筑玻璃节能涂料的研制*

陈何国^{1,2}, 张冠琦¹, 侯甫文¹

(1.广州市白云化工实业有限公司, 广东 广州 510540; 2.广东白云国际科学研究院, 广东 广州 510540)

摘要:将纳米ATO分散体加入到水性聚氨酯树脂中,通过一定的工艺制备了建筑玻璃节能涂料.该涂料对玻璃附着力好,在玻璃表面固化形成的透明薄膜,对可见光透过率高,近红外光透过率显著降低,表现出较好的隔热节能效果,经模拟环境下测试,可使室内温度降低5~7℃.

关键词:低碳;建筑节能;玻璃涂料

中图分类号: TQ630.7

文献标识码: A

以低能耗、低污染、低排放为基础的低碳经济是一种正在兴起的经济形态和发展模式,是人类社会继农业文明、工业文明之后的又一次重大进步,它的推行有望逐步缓解和全面解决当今社会发展过程中遇到的资源枯竭、环境污染、气候恶化等系列问题.低碳经济的实质是能源高效利用、清洁能源开发、追求绿色GDP的问题,其核心是能源技术和减排技术创新、产业结构和制度创新以及人类生存发展观念的根本性转变.低碳经济产业体系包括火电减排、建筑节能、工业节能、循环经济、资源回收、环保设备和节能材料使用等.

建筑节能是低碳经济产业发展的一个重要组成部分.据统计,我国现有建筑400亿m²,95%以上属于高能耗建筑,每年新建建筑20亿m²,80%以上属于高能耗建筑.2007年我国建筑总能耗已占社会总能耗的27.8%,并有逐年上升的趋势,因此发展低碳建筑节能新材料和推广建筑节能新技术已刻不容缓.门窗(尤其是玻璃)是建筑能量损失的最薄弱部位,面积约占建筑外维护结构面积的30%,其能耗散约占建筑总能耗的2/3,是产生建筑采暖和制冷能耗最主要的原因,是低碳节能建筑的瓶颈.建筑玻璃节能涂料^[1-3]是一种近年发展起来的能实现近红外光良好阻隔的同时还能保持较高的可见光透过

率的透明玻璃节能涂料,因为环境友好、隔热效果好、制备工艺简单、成本廉价等优点,逐渐引起了人们的重视,有望在很多领域取代玻璃贴膜、镀膜玻璃、低辐射玻璃等,在建筑玻璃和汽车玻璃等领域的节能应用前景十分广阔^[4].

本文以环保水性聚氨酯为成膜物,自制纳米ATO分散体为功能性填料,加入一些必要的流平剂、消泡剂、分散剂、增稠剂等助剂,经特殊工艺制得建筑玻璃节能涂料.将其涂覆在玻璃表面后,能够形成一层透明隔热涂膜,使玻璃在满足采光需求的同时实现较好的隔热节能效果.

1 实验部分

1.1 主要试剂

水性聚氨酯乳液购自德国拜尔公司,纳米ATO分散体(自制),分散剂、消泡剂、增稠剂、流平剂等购自赢创德固赛和广州市华夏助剂化工有限公司,去离子水、乙醇等为市售产品.

1.2 仪器和设备

SFJ-400型高速分散机(上海现代环境工程技术有限公司);JY92-2D型超声波细胞粉碎机(宁波新芝生物科技股份有限公司);BGD506型铅笔硬度

收稿日期:2010-10-20

*基金项目:广东省财政挖潜改造资金技术创新项目(2008778111);广东省教育部产学研结合项目(2009B090300094)

作者简介:陈何国(1981—),男,浙江临海人,硕士,工程师.

计(广州标格达实验室仪器用品有限公司);QFZ-II型漆膜附着着力试验仪(天津市材料试验机厂);UV-3150型紫外-可见光-近红外光度计(日本岛津仪器有限公司)。

1.3 建筑玻璃节能涂料的制备

1.3.1 纳米ATO分散体的制备

ATO粉体按文献[5]的方法合成,粒径范围为5~20 nm左右。将纳米ATO粉体、去离子水、分散剂、润湿剂、增稠剂、氧化锆珠等一起加入砂磨机中,中高速研磨约20 h,调pH值至8.0左右,制得固含量约为18%的纳米ATO分散体。

1.3.2 建筑玻璃涂料的制备

将纳米ATO分散体、水性聚氨酯树脂、去离子水、分散剂、润湿剂、增稠剂、消泡剂及流平剂等按一定比例加入,混合物先在中速条件下分散2~3 h,搅拌均匀,再接着超声0.5~1.0 h,即可制得建筑玻璃节能涂料。通过调节纳米ATO分散体的含量,得到一组具有不同隔热效果的建筑玻璃节能涂料,样品标号为1~6。在涂料1~6中纳米ATO分散体的含量分别为15%,20%,25%,30%,35%和40%。涂料的固含量控制在30%左右。

1.4 涂膜试样的制备

制备的建筑玻璃节能涂料,样品标号为1~6,用特定厚度的湿膜涂布器分别涂覆在浮法玻璃表面,单面涂覆。涂覆后试样在室温下自然干燥。

1.5 建筑玻璃节能涂料的性能检测

依据相关国家标准,对涂膜玻璃进行涂膜附着、硬度、耐碱性、耐水性、耐温变性、耐老化性以及有毒有害物质等方面的测试。

玻璃涂膜固化后,在不同位置截取3小块15 mm×40 mm涂膜玻璃样品,并用岛津UV-3150型紫外-可见光-近红外光度计测量涂膜玻璃200~2500 nm的光学透过率,按GB/T 268-1994标准测试并计算涂膜玻璃的可见光透过率以及遮蔽系数,结果取平均值。

按文献[6]自制一个隔热效果模拟演示装置(如图1)。在同一高度放置2个完全相同的250W红外灯作为光源,光源正下方放置一只空心箱,箱体内部装有隔热泡沫板,箱体中间隔开分成两个一样大小的隔室,隔室里各装有一个风扇搅动空气,使空气温度在很短的时间内达到平衡。测试时左右两隔室上

端口分别放置一块经建筑玻璃节能涂料处理后的涂膜玻璃及空白对照玻璃。每个隔室里各接1个热电偶,记录隔室里空气温度随时间的变化。

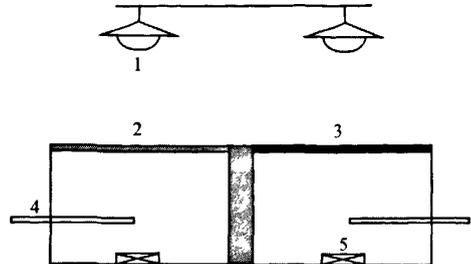


图1 隔热效果模拟演示装置简图

1—红外灯;2—涂膜玻璃;3—空白玻璃;4—热电偶;5—风扇

2 结果及讨论

2.1 基本性能

依据相关国家标准,委托专业检测机构测试了建筑玻璃节能涂层的一些基本性能,测试结果列于表1。从表中可以看出,所制备的建筑玻璃节能涂料干燥快,对玻璃底材的附着力高,并且耐水性、耐碱性、耐温变性等性能均比较优异,综合性能好,完全能够满足作为玻璃表面涂层使用和维护的各项要求。涂膜经240 h人工紫外老化试验后,漆膜表面基本无任何变化,没有出现起泡、脱落、粉化等现象,预计涂料能够达到在自然条件下长期使用的要求。另外涂料的主要成分皆为环保产品,检测结果表明制备的建筑玻璃节能涂料中基本不含或在允许的范围内容含有微量有毒有害物质,对环境十分友好,不会造成污染。

2.2 纳米ATO分散体含量对隔热效果的影响

纳米氧化锡锑(ATO)在涂料中主要起隔热作用,它的含量决定涂料的隔热性能和隔热效果。为了弄清纳米ATO分散体的含量与涂膜玻璃试样隔热效果的关系,制备了一组不同纳米ATO分散体含量的建筑玻璃节能涂料,并测定相应涂膜试样在200~2500 nm区间内的可见光透过率和光谱透过曲线。图2为不同纳米ATO分散体含量隔热涂膜玻璃的透过光谱曲线。图3为随纳米ATO分散体含量变化的隔热涂膜玻璃试样的可见光透过率及遮

表1 建筑玻璃节能涂料的主要性能

项目	性能	测试标准
容器中状态	无硬块,搅拌后呈均匀状态	
漆膜外观	正常,无针孔、流挂、鱼眼等缺陷	
低温稳定性	(-5 ± 2)℃的低温箱放置18h,取出后在(23 ± 2)℃条件下放6h 重复三次,无硬块、凝聚、分离等现象发生	
干燥时间	≤0.5h	GB/T 1728-1979
附着力	0级	GB/T 9286-1998
硬度	2h	GB/T 6739-2006
耐水性	96h无异常	GB/T 1733-1993
耐碱性	48h无异常	GB/T 9265-1988
涂层耐变异性	按JG/T 25规定进行,做5次循环,无异常	JG/T 25-1999
耐老化性	240h不起泡、不剥落、不脱离	ISO 11507:2007
苯、甲苯、乙苯、二甲苯总和	未检出	GB/T 18582-2008
游离甲醛	11.0 mg/kg	GB/T 18582-2008
可溶性重金属	铅 Pb 未检出	
	镉 Cd 含量为 0.1 mg/kg	
	铬 Cr 含量为 0.3 mg/kg	
	汞 Hg 未检出	

蔽系数(湿膜厚度为 100 μm),从图 2 中可以看到与参照的空白玻璃试样相比,隔热涂膜玻璃试样在近红外光区(780~2500 nm)的透过率明显降低,其中 4 号~6 号试样的近红外光区阻隔率可达 60%以上,而可见光透过率降低相对不大,在表现出较好近红外光区阻隔效果的同时还能保持相对较高的可见光透过率。从图 3 可以看到,随着 ATO 分散体含量的增加,隔热涂膜玻璃试样的可见光透过率和遮蔽系数也相应随之下降。ATO 分散体含量为 40%的 6 号试样的隔热效果要比 4 号、5 号好很多,遮蔽系数降到 0.70,但同时可见光透过率也相应地降低至 67%,会对建筑采光造成一定影响,因此 ATO 分散体的含量不能太高。从成本、可见光透过率及遮蔽系数等综合考虑,30%的 ATO 分散体含量是比较适宜的。

2.3 涂膜厚度对隔热效果的影响

建筑玻璃节能涂料外观略显蓝色,在玻璃表面涂覆固化后会形成一层浅蓝色的膜层,它的厚度对影响涂层的光学性能和隔热效果。因为干膜的厚度很难控制,采用控制建筑玻璃节能涂料的固含量和湿膜厚度,来实现控制涂层厚度的目的。图 4 为 5 个不同厚度涂膜玻璃试样的透过光谱曲线。图 5 为纳

米 ATO 分散体含量为 30%的隔热涂膜玻璃试样的光学性能随涂膜厚度变化曲线。从图 4 和图 5 中可以看到,随着湿膜厚度的增加,试样对近红外光的阻隔性能也相应增强,同时可见光透过率和遮蔽系数基本呈直线下降趋势。当湿膜厚度超过 100 μm 以后,样品的可见光透过率已降至 70%以下,特别是 200 μm 试样的可见光透过率降至 48.9%,这将会对建筑的采光造成极大的影响。建筑玻璃节能涂料

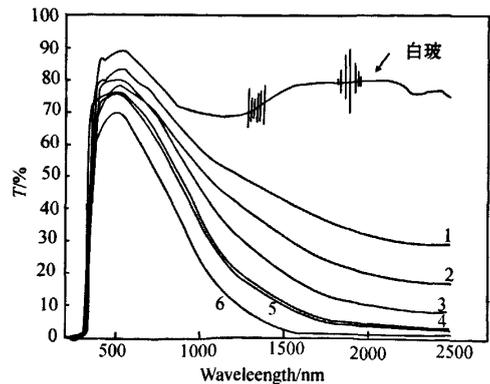


图2 不同 ATO 分散体含量的涂膜玻璃试样的透过光谱

的主要技术优点是,在阻隔太阳光中近红外光区能量的同时还能保持较高的可见光透过率.但如果使用后会大幅牺牲采光性能,而通过增加采光能耗的方式来达到降低制冷和采暖能耗的目的,这有违节能降耗的意义.因此,建筑玻璃节能涂料应用时较佳的湿膜厚度为 100 μm .

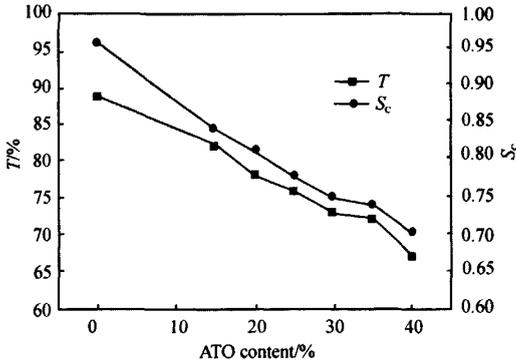


图3 涂膜玻璃试样的光学性能

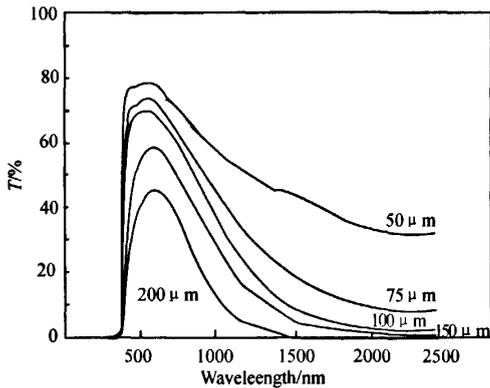


图4 不同涂膜厚度的隔热涂膜玻璃的透过光谱

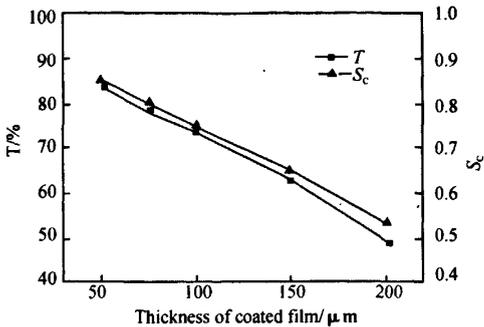


图5 不同涂膜厚度隔热涂膜玻璃的光学性能

2.4 隔热效果模拟

为了检测所制备的建筑玻璃节能涂料的隔热效果,自制了一套模拟测试装置.测试光源选用光谱曲线和太阳光类似的 250W 红外灯,测试时左侧的隔室上方放置涂膜玻璃试样(本文选用纳米 ATO 分散体含量为 30% 的 4 号样品,涂膜厚度为 100 μm ,涂膜面背对光源),另一侧放置相同参数的 5mm 普通浮法玻璃作为参照.以 12 h 作为一个测试周期,每隔 10 min 记录两隔室的空气温度.

图 6 为涂膜玻璃和空白玻璃的隔热效果对比曲线,横坐标表示照射时间,纵坐标表示两隔室的空气温度.从图中可以看到测试刚开始 1h 内,两隔室的空气温度迅速增加,1 h 后呈缓慢升高的趋势;并且在整个测试过程中,装有涂膜玻璃的隔室空气温度始终低于空白玻璃那侧.当照射时间达到 0.5 h 时,两隔室的空气温差约为 5 $^{\circ}\text{C}$,随着照射时间的增加,空气温差缓慢增大;当照射时间为 12 h 时,空气温差为 7.1 $^{\circ}\text{C}$.虽然在实际情况下,太阳光辐射强度、玻璃朝向、风速、建筑环境等条件会影响涂膜的隔热效果,但这组隔热效果对比模拟试验还是证明了建筑玻璃节能涂料具有明显的隔热效果.

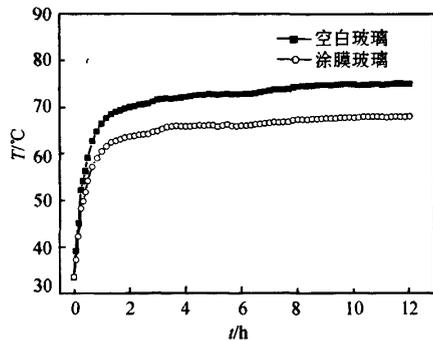


图6 涂膜玻璃和空白玻璃隔热效果对比模拟

3 结论

以纳米 ATO 分散体和水性聚氨酯为主要原料制备的建筑玻璃节能涂料,涂覆在玻璃表面能形成一层透明隔热涂层.经实验验证,纳米 ATO 分散体的含量和涂膜厚度会影响涂层的隔热效果,30% 的纳米 ATO 分散体含量和 100 μm 湿膜厚度条件下,涂膜玻璃的综合性能较好.在模拟环境下,涂膜玻璃

能使室内空气温度下降 5~7 ℃, 展现出较好的隔热效果。

建筑玻璃节能涂料展现出的环境友好、工艺简单、成本低廉及可见光透过率高、隔热性能好等特点, 在建筑玻璃和汽车玻璃的隔热保温和环保节能等领域拥有十分广阔的应用前景。它的发展应用, 将会有助于国家低碳建筑节能和减排目标的落实, 对构筑低碳生活和低碳发展模式意义重大, 影响深远。

参考文献:

- [1] 姚晨, 赵石林, 缪国元. 纳米透明隔热涂料的特性与应用[J]. 涂料工业, 2007, 37(1): 29-32.
- [2] 何秋星, 涂伟萍, 胡剑青. 透明隔热纳米涂料的研究进展[J]. 化工新型材料, 2005, 33(12): 8-12.
- [3] 张冠琦, 陈何国, 侯甫文. 水性透明隔热涂料的制备与研究[J]. 门窗, 2009, 29: 43-46.
- [4] 陈何国, 张冠琦, 黄凯, 等. 建筑玻璃节能技术[J]. 门窗, 2009, 29(5): 47-53.
- [5] 李历历, 段学臣. 非均相成核法制备 ATO 纳米粉体及其性能[J]. 稀有金属材料与工程, 2006, 35(3): 441-446.
- [6] 赵石林, 缪国元, 顾琪龙, 等. 透明材料隔热性能检测装置及其检测方法: 中国, CN101029880A [P]. 2007-09-05.

Preparation of energy-saving coatings for building glass

CHEN He-guo^{1,2}, ZHANG Guan-qi¹, HOU Fu-wen¹

(1. Guangzhou Baiyun Chemical Industry Co. Ltd., Guangzhou 510540, China; 2. Guangdong Baiyun International Academy of Science, Guangzhou 510540, China)

Abstract: Energy-saving coatings for building glass was successfully prepared from waterborne polyurethane and nano-antimony tin oxide (ATO) dispersion. While this functional coatings covering the surface of window glass, a transparent and high adhesive film formed and exhibited excellent heat insulation property without the reduction of visible light transmittance. Using the energy-saving coating, the indoor room temperature decreased 5~7 ℃ in simulation test.

Key words: low carbon; energy-saving of building; coatings for glass