

分光光度计及红外光谱仪在建筑材料检测领域的应用

岳 鹏, 楼明刚, 王 伶, 唐 炜

上海市建筑科学研究院(集团)有限公司, 上海 200032

摘要: 介绍了分光光度计和红外光谱仪在常规领域的检测应用, 重点对分光光度计和红外光谱仪在建筑材料的化学分析、玻璃陶瓷和隔热涂料等方面的检测应用进行了分析和探讨。

关键词: 分光光度计; 红外光谱仪; 建筑材料检测

中图分类号: O657.3

文献标识码: B

文章编号: 1004-1672(2009)01-0007-03

Application of Spectrophotometer and Infrared Spectrometer to Tests on Building Materials / Yue Peng et al // Shanghai Research Institute of Building Sciences

Abstract: Application of spectrophotometer and infrared spectrometer to tests in conventional fields was presented. Analysis and discussion were carried out emphatically on use of these two apparatuses for tests on building materials such as glass, ceramics and insulating coating.

Key Words: spectrophotometer; infrared spectrometer; tests on building materials

紫外/可见/近红外分光光度计和傅立叶红外光谱仪都是现代大型分析测试仪器, 在相关学科发展的基础上, 经过不断改进, 功能越来越齐全。近几年越来越多地进入各行各业, 在工农业、食品、卫生等部门和科学研究的各个领域被广泛采用, 成为生产和科研的有力测试手段。

在建筑材料检测工作中, 应用分光光度计和红外光谱仪也已逐渐成熟。通过多年的工作实践, 笔者对分光光度计和红外光谱仪在化学分析及对玻璃、陶瓷和隔热涂料等的检测方面的应用进行了探讨。化学分析方面主要是利用分光光度法定量分析物质的含量, 如空气中有害物质的含量等; 玻璃、陶瓷方面主要用分光光度计和红外光谱仪检验玻璃的各项光学性能及陶瓷色差等; 分光光度计和红外光谱仪还可对涂料的有害物质含量及隔热涂料的太阳反射比进行分析。

1 仪器介绍

1.1 分光光度计

分光光度计是能含有各种波长的混合光中将每一单色光分离出来并测量其强度的仪器。分光光度法是比色法的发展, 适用于可见光区、紫外光区和红外光区。分光光度法要求近于真正单色光, 其光谱带宽最大不超过35 nm, 在紫外区可到1 nm以下, 来自棱镜或光栅, 具有较高的精度。分光光度计因使用的波长范围不同而分为紫外光区、可见光

区、红外光区以及万用(全波段)分光光度计等。

1.2 傅立叶红外光谱仪

傅立叶红外光谱仪是20世纪70年代问世的。它基于光相干性原理而设计的干涉型红外分光光度计, 不同于依据光的折射和衍射而设计的色散型红外分光光度计, 被称为第三代红外光谱仪。傅立叶红外光谱仪是由红外光源(硅碳棒和高压汞灯)、干涉仪(迈克尔逊干涉仪)、样品室、检测器、电子计算机和记录仪等部件构成。

2 建筑材料检测领域的应用

分光光度计及红外光谱仪应用范围很广, 基本应用可分为: ①测定溶液中物质的含量; ②通过紫外吸收光谱分析做已知物质的定量分析和纯度分析; ③根据每种物质特有的红外吸收光谱特征进行官能团定性分析和结构分析, 从而确定有关化合物的类别及化学结构; ④依据朗伯-比尔定律, 根据物质组分的吸收峰强度对物质进行红外光谱定量分析。

在建筑材料检测领域, 分光光度计及红外光谱仪的应用主要在化学分析、玻璃陶瓷和隔热涂料三个方面, 现分别介绍如下。

2.1 化学分析

化学分析方面主要有室内空气质量检测、职业卫生、材料物质含量及室内装修材料有害物质含量的检测等。用分光光度法可测定空气中甲醛和氨气

两类有害气体的含量。空气中的甲醛溶于水后,与酚试剂反应生成嗉,嗉在酸性溶液中被高铁离子氧化形成蓝绿色化合物。在波长630 nm下,以水作参比,测定各管溶液的吸光度,根据颜色深浅,比色定量。空气中的氨需用稀硫酸溶液吸收,形成硫酸铵溶液,与酚及次氯酸钠溶液反应生成靛酚,并以亚硝酸铁氰化钠溶液为催化加速呈色。使用分光光度计于波长630 nm处进行比色分析,定量样品中氨气浓度。

职业卫生方面分光光度计的应用主要为测定二氧化氮、二氧化硫、硫酸、盐酸、苯酚、氯气等的含量。以二氧化硫为例,空气中二氧化硫被甲醛缓冲溶液吸收后,生成稳定的羟甲基磺酸加成化合物。在样品溶液中加入氢氧化钠使加成化合物分解,释放出二氧化硫,与副玫瑰苯胺、甲醛作用,生成紫红色化合物,用分光光度计在577 nm处进行测定,比色定量。

材料物质含量方面主要有保温材料中氯离子含量,钢铁中锰、硅、磷的含量,铝合金中硅含量等。以铝合金中硅含量测定为例,在盐酸存在下,用氟化钠处理,使任何形态的聚合硅解聚。在硼酸存在下,掩蔽氟离子的干扰,pH为1.1±0.2时,形成氧化态(黄色)硅钼酸盐。在草酸存在下,于高强度硫酸介质中,选择性的还原硅钼酸盐配合物,以消除磷酸盐的干扰。于最大吸收波长(约800 nm)处,用分光光度法测定蓝色配合物的吸光度,进而确定硅的含量。

上述利用分光光度计所测得的吸光度进行的物质测定准确度高,有相应的标准作为依据,在建筑材料检测领域已较为成熟。

2.2 建筑玻璃光学性能检测

分光光度计和红外光谱仪的另一大应用就是检测玻璃的光学性能。近几年来,建筑物外围护越来越多地使用玻璃,这就对玻璃的光学性能和节能效果提出很高的要求,既要使室内有较好的光舒适性,又要满足建筑物的节能要求。玻璃的光学性能包括可见光透射比、可见光反射比、紫外线透射比、紫外线反射比、太阳光直接透射比、太阳光直接反射比、太阳能总透射比以及遮阳系数。对玻璃的光学性能的检测主要是利用分光光度计和红外光谱仪所测得的透射值和反射值进行计算的。国标GB/T 2680—1994《建筑玻璃可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》详细规定了各项光学性能的

计算方法。可见光(380~780 nm)和紫外光(300~380 nm)部分,只需用分光光度计测出玻璃在相应光谱范围的透反射值,再根据不同波长相应的不同权重进行卷积,计算出玻璃可见光和紫外光范围内的光学数据。太阳光(300~2500 nm)部分需要两台设备配合使用,先用分光光度计测得相应光谱范围的太阳光的直接透、反射值,再用红外光谱仪测出玻璃的半球发射率,从而得出玻璃二次辐射热的值,直接透、反射加上二次辐射热就可计算处太阳能总透射比和遮阳系数。

此方法在建筑材料检测领域有相关国家标准及国外标准做支撑,已相当成熟。

2.3 涂料检测

分光光度计及红外光谱仪在涂料方面主要用于甲醛含量的测定,其原理与空气中甲醛含量的测定原理相同。对应标准有:GB 18582—2008《室内装饰装修材料 内墙涂料中有害物质限量》和HJ-T 201—2005《环境标志产品技术要求 水性涂料》。

2.4 新应用领域的探讨研究

鉴于分光光度计及红外光谱仪强大的应用功能,该设备还可以在建筑材料检测领域有更深入和更广泛的应用,以下从4个方面进行探讨。

2.4.1 变色酸分光光度法测定气体中甲醇

目前建筑材料检测领域多用气相色谱法测定气体中甲醇的含量,但气相色谱法由于受到使用仪器条件的限制,只能在环境条件较好的实验室进行,且测试费用较高。相对而言,变色酸分光光度法由于仪器要求简单,操作简便快捷,成本低,较适宜于现场测定。

其检测原理为:空气中的甲醇被水吸收后,在酸性环境条件下,利用高锰酸钾氧化成甲醛,再借助甲醛与变色酸作用生成紫色化合物,进而采用比色法达到测定气体中的甲醇含量的目的。甲醇在0.5~85 μg/5mL符合朗伯-比尔定律,摩尔吸光系数为 2×10^4 ,适用于环境空气与工业污染源排放废气中甲醇的测定,方法的检测限为0.5 μg/5mL,最低检出浓度为0.016 mg/m³。

该方法有较高灵敏度和准确度,有较好重现性,线性范围宽,是值得采用的检测方法。

2.4.2 分光光度计测定陶瓷色差

一直以来,人们对色度指标的测量常会遇到结果不一致的情况。同一个颜料样品由于所使用的仪器不同,对比的白瓷板不同,测定结果就会出现不一致,偏离较大;如果同一个颜料样品由两个单

位来测,即使取样方法相同,由于采用的标准光源不同,或者波长间隔以及结果的表达方式不同,测得的结果也会出现不一致,使得测定结果失去可比性。目前建筑材料检测领域颜色测量仪器最多的是采用光电积分测色仪。光电积分测色仪的精度一般在1%左右,且仪器有以下缺陷:①模拟标准光源误差较大,最大处可达2%左右;②照明光源、滤色片和光电池的老化,对测量准确度影响较大。这限制了人们对颜料质量做出正确的评价。

目前的发展趋势是采用可自动记录的分光光度计,透反射都可进行测定,不仅适用于一般颜色测量,而且带有双单色仪的分光光度计还可对荧光物体的颜色进行测量,测量时波长间隔可调,且能提供全套数据。测量结果也可直接经过计算机或微处理机自动计算后打印输出。分光光度计测量精度一般在0.1%左右,且功能齐全,操作方便,测量速度快,精度高,是目前最理想的测色仪器。

2.4.3 热反射隔热涂料的太阳反射比

热反射隔热涂料是一种能够提高太阳热辐射反射,降低太阳热吸收,起到隔热降温作用的涂料。将这种涂料涂在被涂装物体的表面,在强烈的太阳热辐射下可以使物体的温度升温较低,且太阳照射越强烈,物体升温的温度差越大,从而在很大程度上降低了太阳热辐射的危害。故热反射隔热涂料的太阳光反射比是一个很重要的指标。其具体检测方法与前述玻璃的太阳光直接反射比相同。应用分光光度计测出涂料在相应光谱范围的反射值,再根据不同波长相应的不同权重进行卷积,计算出涂料的太阳光透射比。

热反射隔热涂料的太阳光反射比测量参照标准JC/T 1040—2007《建筑外表面用热反射隔热涂料》,其具体检测步骤为:

①在250~2500 nm波长范围内,每隔5 nm取一个测试点,测试试样的光谱反射值;

②按下式计算涂料的太阳光反射比:

$$\rho_s = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_{\lambda_i} E_s(\lambda_i) \Delta\lambda_i}{\sum_{i=1}^n E_s(\lambda_i) \Delta\lambda_i}$$

式中: ρ_s ——试样的太阳光反射比;

ρ_{λ_i} ——波长为 λ_i 时试样的光谱反射比;

$\Delta\lambda_i$ ——波长间隔 $\Delta\lambda_i = 1/2(\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1})$, nm;

$E_s(\lambda_i)$ ——在波长 λ_i 处的太阳辐射照度的光谱密集度, $W/(m^2 \cdot \mu m)$;

n ——在波长250~2500 nm范围内的测试点数目,一般大于50。

具体检测时,可在波长250~2500 nm范围内取107个测试点。

2.4.4 建筑遮阳产品遮阳性能检测

在现代建筑中,从墙面到屋顶越来越多地采用玻璃,玻璃的通透性能使人们充分感受到自然景观、自然光线和自然空间,但它同时带来采暖和制冷上能耗提高的隐患,解决这一矛盾目前最多的解决方法就是采用建筑遮阳产品。很多遮阳产品都采用遮阳织物作为遮蔽阳光的介质,具有遮蔽阳光和阻隔紫外线功能,因此遮阳织物的质量好坏往往成为广大用户关心的问题。利用分光光度计可对遮阳织物的遮阳系数和紫外线透射比进行检测,分析其遮阳性能质量优劣。应用分光光度计测出遮阳织物在紫外线区域的光谱透射值,再根据不同波长相应的不同权重进行卷积,计算出遮阳织物的紫外线透射比。

3 结论

分光光度计和红外光谱仪除了在传统的工业、食品和卫生领域的检测,还可在建筑材料的化学分析、玻璃陶瓷和隔热涂料等方面开拓新的应用项目。随着仪器技术的进步,分光光度计和红外光谱仪将越来越多地进入各行各业,尤其在医药和生物技术领域应用较广。毫无疑问,随着技术的进步,包括建筑材料检测领域在内,实验室中一些必要的分析技术将会开拓分光光度计和红外光谱仪的新用途。

参考文献:

- [1] 董剑,余敏.傅立叶变换红外光谱仪[J].上海计量测试,2002,29(4):40-42.
- [2] 范以辉,惠焕强.浅谈分光光度法和分光光度计的原理及其应用[J].计量与测试技术,2006,33(12):11-12.
- [3] 钟海庆.红外光谱法入门[M].北京:化学工业出版社,1984.
- [4] 贾晓红.关于“变色酸分光光度法测定气体中甲醇”方法改进的研究[J].环境监测,2008,(7):53-56.

收稿日期:2008-12-08

基金项目:上海科委应用技术开发专项(项目名称:建筑遮阳产品性能评估技术研究),课题编号:06-03

作者简介:岳鹏,单位地址:(200032)上海市宛平南路75号;联系电话:021-64390809