

照明剂显色指数与粘接剂类型 和含量的关系研究

陈作如 王昭群 罗蕴华 井光清

(南京理工大学化工学院, 南京 210094)

摘要 研究了粘接剂类型及其含量对照明剂相对光谱功率分布及显色指数的影响,以光谱理论为基础,讨论了钠原子光谱的热变宽和压力变宽行为,以及这种变宽行为对提高照明剂显色指数的作用。

关键词 光谱 显色指数 照明剂 粘接剂

1 引言

照明剂一般由可燃物、氧化剂和粘接剂组成。在常用的黄光照明剂中,通常以镁粉为可燃物,以硝酸钠为氧化剂,以此为主要组分的照明剂的优良光学性能到目前为止仍无法用其它材料所取代。常用的粘接剂有清油、环氧树脂胶粘剂和烯类高分子胶粘剂等。照明剂的光学性能,如比光能、显色指数不仅与可燃物和氧化剂的含量有关,而且与所用粘接剂的类型及其含量有关。有关照明剂的组成与比光能的关系已研究得比较透彻^[1],本文不作赘述。而照明剂的显色指数则为近年来引入的新概念^[2-4]。

显色指数是特殊显色指数 R_i 和一般显色指数 R_a 的总称, $R_a = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i$ 。这个参数用来表示试验光源照明物体时的色知觉与参照光源照明物体时的色知觉的一致程度。国际照明委员会规定,待测光源的色温低于 5000K 时,用黑体作为参照光源,并将其显色指数定为 100,任何待测光源的显色指数均不大于 100。光源的显色指数愈高,其显色性就愈好。

显色指数的大小反映了照明光源对被照明物体颜色的复现能力的高低,不同照明剂的显色性可能有较大的差别,这对于目标的发现和识别将产生极大的影响。研究发现,照明剂的显色指数除与照明炬的直径大小有关外,还与照明剂的组成密切相关。文献[4]报道了镁粉/硝酸钠含量与照明剂显色指数的关系,本文仅就粘接剂类型和含量对照明剂显色指数的影响作一介绍。

2 实验研究

2.1 测量装置

所用测量装置如图 1 所示。

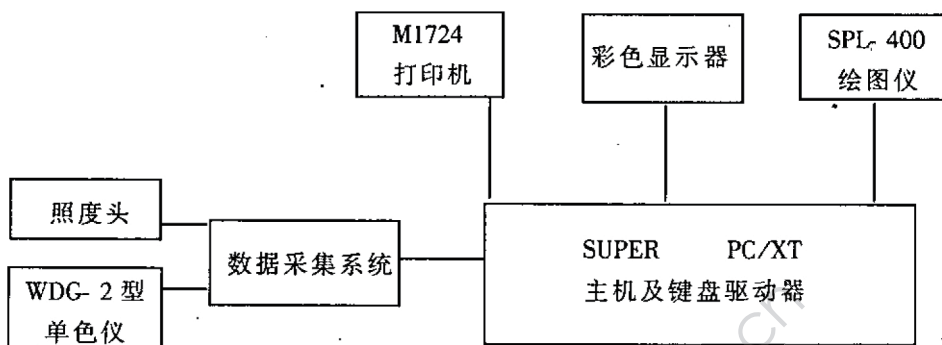


图 1 照明剂显色指数测量装置示意图

Fig.1 Schematic diagram for measuring the color rendering index of illuminating compositions

该装置主要由探测系统和数据采集与处理系统两大部分组成。探测系统包括照度探头和 WDG-2 型单色仪。照度探头里装有两个探测元件,其中一个配置相应滤光片后,用以模拟国际照明委员会公布的光谱光视效率(视见函数) $V(\lambda)$,进行照明剂的光度测量。而另一个探测元件则用于采集开始与结束的触发与截止信号,当照度大于 100 lx 时开始采集数据,照度低于此值时采集停止。单色仪的作用是把照明剂辐射的包含各种波长的复合光分解成所要求的单色辐射光束,从而测得照明剂火焰的光谱功率分布曲线,根据光谱功率分布数据可计算出照明剂的显色指数^[3]。

2.2 光谱测量

照明剂光辐射的相对光谱功率分布 $S(\lambda)$ 由下式给出

$$S(\lambda) = \frac{E(\lambda)}{IRF(\lambda)} \cdot F(\lambda) \quad (1)$$

式中, $E(\lambda)$, 照明剂光辐射光谱分布的实际测量数据; $F(\lambda)$, 发光强度修正系数; $IRF(\lambda)$, 仪器响应函数。

照明剂燃烧过程是一种非稳态的化学反应过程。在整个照明炬燃烧过程中,每一瞬间的发光强度有较大的变化,这对照明剂光辐射的相对光谱功率分布测量有较大的影响。考虑到这一因素,在单色仪测量 $E(\lambda)$ 时,同时测得发光强度值 $I(\lambda)$, $F(\lambda)$ 则由(2)式给出:

$$F(\lambda) = \frac{\bar{I}}{I(\lambda)} \quad (2)$$

式中, \bar{I} , 整个采样波段区间内照明剂的平均发光强度。

2.3 配方与测量结果

几种配方主要组分和含量均相同,分别以厌氧胶、清油、618 环氧树脂/300 聚酰胺为粘接剂,含量均为 5%。测量了它们的相对光谱功率分布和显色指数。试验结果分别见图 2 和表 1。当改用 711 环氧树脂/651 聚酰胺为粘接剂,而且其含量分别为 3%, 5% 和

7%,其它成分配比不变时,测得的光谱功率分布曲线见图3,显色指数数据见表2,照明剂发光强度,燃速数据见表3。值得指出的是照明剂的显色指数与照明炬的直径大小有关,本实验所用的照明炬直径为23mm。

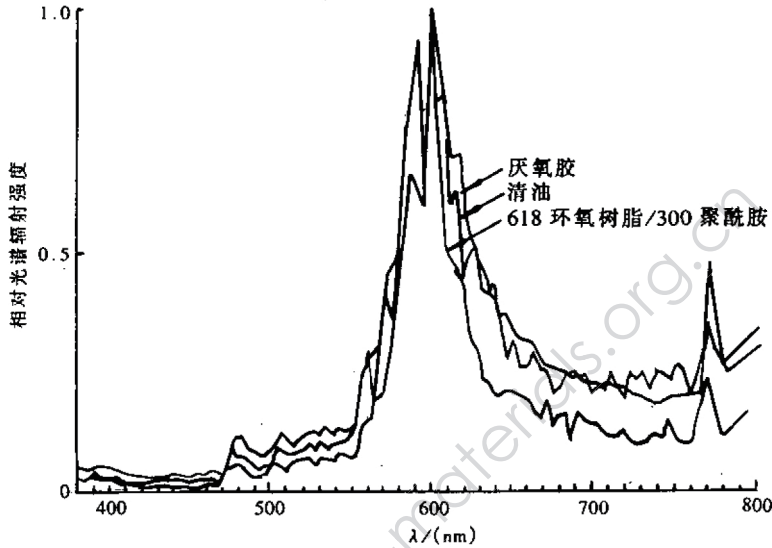


图2 不同粘接剂组成的照明剂的相对光谱功率分布曲线

Fig.2 Relative spectral power distribution curves of illuminating compositions containing different kinds of binders

表1 不同类型粘接剂与显色指数关系试验结果

Table 1 Relationship between the different binders and color rendering index

粘接剂类型	特殊显色指数 R_i								一般显色指数
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_a
厌氧胶	54	91	54	34	52	90	40	-10	51
清油	50	90	50	26	46	88	34	-20	46
618 环氧树脂/300 聚酰胺	44	90	40	16	40	88	24	-36	38

表2 粘接剂含量与显色指数关系

Table 2 Relationship between the binder content and color rendering index

粘接剂含量 (%)	特殊显色指数 R_i								一般显色指数
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_a
3	49	83	68	41	53	88	50	-3	54
5	49	86	61	33	46	85	50	-6	50
7	33	76	62	31	45	87	36	-29	43

注: 1) 粘接剂为 711 环氧树脂/651 聚酰胺。

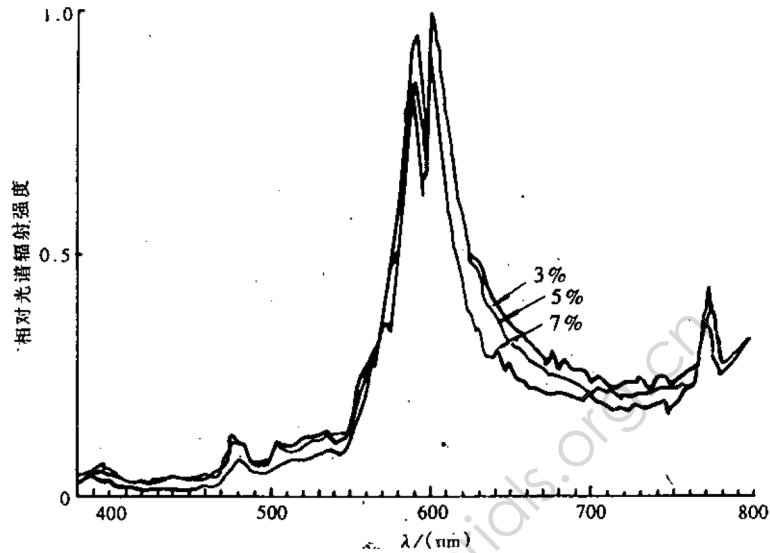


图3 由不同含量粘接剂(711 环氧树脂/651 聚酰胺)组成的照明剂的相对光谱功率分布曲线

Fig.3 Relative spectral power distribution curves of illuminating compositions containing different contents of binders

表3 照明剂发光强度、燃速和显色指数数据

Table 3 Luminous intensity, linear combustion speed and color rendering index of illuminating compositions

粘接剂类型	粘接剂含量 (%)	发光强度 (kcd)	燃速 (mm/s)	一般显色指数 R_a
厌氧胶	5	103.5	3.0	51
清油	5	79.4	2.5	46
618 环氧树脂/300 聚酰胺	5	74.7	2.3	38
	3	110.3	3.4	54
711 环氧树脂/651 聚酰胺	5	89.6	2.7	50
	7	77.1	2.4	43

3 结果分析与讨论

由表3数据可以清楚地看到:①使用不同类型的粘接剂,照明剂的燃烧速度,发光强度,显色指数均不同。燃速快的,发光强度高,显色指数高,燃速慢的,发光强度低,显色指数低。②粘接剂含量低,则燃速快,发光强度高,显色指数高,反之亦然。

照明剂的显色指数主要取决于照明剂光辐射的相对光谱功率分布,黄光照明剂火焰中,除了固体或液体微粒所引起的热辐射外,还存在着钠原子光谱的强烈辐射。中心波长位于590nm处的钠原子光谱的强烈辐射使照明剂的相对光谱功率分布与同色温的黑体热

辐射偏离较大,因而其显色指数相对较低。研究表明,在照明剂火焰的辐射中,钠原子光谱谱线被极大地加宽了,谱线愈宽,黄光照明剂的光谱分布变得愈接近黑体热辐射的光谱分布形状,从而使照明剂的显色指数得到提高^[4]。

一般地说,原子发射的光谱并非严格单色的线状光谱,它是具有一定宽度和轮廓的谱线,谱线除了本身具有的自然宽度外,还有很多因素会引起谱线变宽。火焰辐射中谱线的变宽主要来自如下两方面。

(1) 热变宽,是因原子本身作不规则的热运动而与位置固定的检测器之间形成了相对位移引起的谱线变宽。热变宽与火焰温度 $T^{\frac{1}{2}}$ 成正比,温度越高,则谱线的热变宽越大。

(2) 压力变宽,是因原子与原子或分子相互碰撞而引起的谱线变宽。压力变宽的原因是由于碰撞中断了受激原子外层电子的振动,使受碰撞的原子的激发寿命缩短,引起谱线的变宽。影响压力变宽的因素有气态粒子(原子、离子、分子或电子)浓度、压力和温度等因素。

照明剂中的粘接剂通常由 C、H、O、N 等元素所组成,其燃烧产物主要为 CO_2 、 CO 、 H_2O 、 N_2 或氮化合物。根据分子光谱理论可知,在这些燃烧产物中,没有任何一种分子的电子能级足以使这些分子能在可见光区给出强度相当大的光谱,通常这些分子只在红外区域给出相当强的振转光谱。因而,粘接剂对照明剂可见光区的光谱功率分布的影响主要是改变了照明剂火焰中固体或液体微粒的热辐射和钠原子光谱辐射的条件。燃烧速度快,药剂燃烧过程中的质量流率大,燃烧火焰的温度也将随之升高,温度的提高有利于钠原子光谱的热变宽。另外,处于激发态的钠原子与其它原子、分子或离子的相互碰撞而引起的压力变宽也因燃速的增大和温度的提高而得到加强。钠原子光谱线的加宽,使得照明剂的相对光谱功率分布与黑体的相对光谱功率分布更接近,从而显色指数也进一步增大。

参 考 文 献

- 1 陆珥. 炮兵照明弹设计. 北京: 国防工业出版社, 1978.
- 2 Lu Liye, Wang Yingchao. Evaluation of the Color Rendering Properties of Radiation Light from Illuminating Compositions. Proceedings of the International Symposium on Pyrotechnics and Explosives. Beijing: Academy Press, 1987.
- 3 陈作如等. 华东工学院学报, 1990(2): 29 ~ 34
- 4 陈作如等. 兵工学报·弹箭分册, 1992(4): 28 ~ 32

A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN COLOR RENDERING INDEX OF ILLUMINATING COMPOSITIONS AND THE KIND AND CONTENT OF BINDERS

Chen Zuoru Wang Zhaoqun Luo Yunhua Jing Guangqing

(*Chemical Engineering School, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094*)

ABSTRACT The effect of kind and content of binders on the relative spectral power distribution and color rendering index of illuminating compositions were studied. Based on the spectroscopy theory, thermal broadening and pressure broadening of sodium atomic spectrum, and the effect of these broadening behaviors on the increment of the color rendering index of illuminating compositions are discussed.

KEYWORDS binder, color rendering index, illuminating composition, spectrum.



作者简介 陈作如 (Chen Zuoru), 副研究员, 1977 年毕业于南京大学化学系, 现在南京理工大学化工学院任教。主要研究工作有: 照明剂的光度及色度学特性研究; 红外发烟剂的光谱吸收、散射及遮蔽性能研究; 瞬态温度的光谱法测试技术研究。在国内外期刊上发表研究论文 30 余篇, 曾获部级科技进步三等奖两项。