

## 光声光谱技术在色分析研究中的应用

吴 鸣\*

(浙江林学院基础部, 临安县 311300)

王之玉 俞稼镛

(中国科学院感光化学研究所, 北京 100101)

**关键词** 光声光谱技术, 色测量分析

现行测色法多以常规光谱为基础。通过测量样品对光的透射或反射率以及光源的能量分布, 叠合色匹配函数, 来寻找颜色的三刺激量, 由此获取样品的色别、色饱和度和明度的信息。这些方法的共同特点是定向输入光子, 并计量定向输出光子的情况。为了能将测定范围扩展到那些高反射、散射、漫射、辐射和层状样品, 对一般常规光谱法是困难的。我们因此提出了光声测色法 (PAC)。

光声光谱技术<sup>[1]</sup> (PAS) 是检测物质受光激发并作无辐射跃迁行为的一种光谱手段。由于几乎所有能吸收光的物质都不同程度地经历无辐射跃迁的能量释放过程, 这为 PAC 法对各种物质的色分辨色测定提供了可能。研究结果表明<sup>[2]</sup>, 光声信号是照明被测试样的光源功率谱和试样的吸收光谱的叠合, 光声信号能直接用国际照明委员会所提供的 CIE 表色系中的色匹配函数处理, 得到描述被测物的全部表色物理量。

本文简要报道我们用 Fogra 标准信号条<sup>[3]</sup>对 PAC 测量系统的计量检测结果以及用 PAC 法对一些特殊样品如固体染料系列、彩色相纸、荧光物质、土壤和生物等的测试效果。

### 实验装置

采用自制的微机联用单光束型光声光谱仪<sup>[4]</sup>。测量仪器的工作状态、数据采集和各种处理由微机通过人机对话方式来完成。装置结构示于图 1。从光声池发出的微弱光声信号经锁定放大技术提高信噪比后, 送入微机模数转换接口处。采用信号平均技术和数字滤波技术, 使信噪比得到进一步改善。改变调制光频率或锁定不同相位角, 将能获取层状样品不同深度处的光谱信息和颜色信息<sup>[2,5]</sup>。

高压氙灯非常近于白昼光色, 可用于规格化的标准白色光源。实验使用 500W 氙灯, 在额定工作条件下垂直点燃, 其色度坐标与 CIE 标准施照体 D<sub>65</sub> 相同。

为避免杂波和谐波干扰, 光源系统使用了石英纤维光缆和 400nm 以下截止滤光片。

### 结果与讨论

#### 1. Fogra 标准信号条

1990年5月17日收到初稿, 1990年11月6日收到修改稿。

\* 通讯联系人

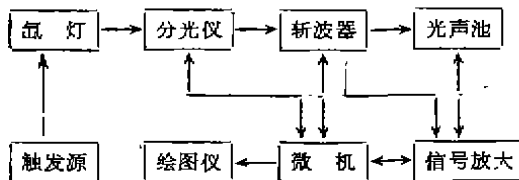


图1 微机联用单光束型光声光谱仪原理框图

Schematic diagram of micro-computer assisted monobeam photoacoustic spectrometer

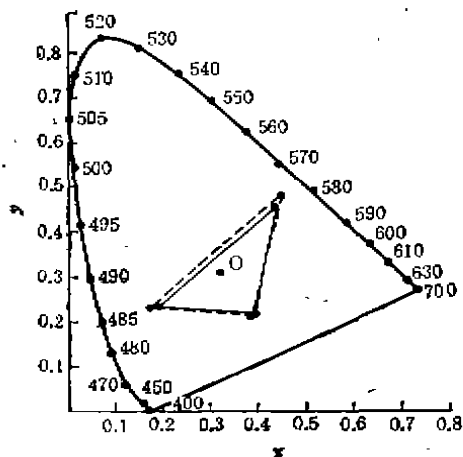


图2 Fogra 标准信号条的 CIE 图

实线: 实测结果; 虚线: 文献值<sup>[3]</sup>

CIE chromaticity diagram of Fogra Pms control strips from PAC (—); from refs<sup>[3]</sup>. (---)

表1 Fogra 标准信号条实测结果与文献结果比较

Colorimetric results of Fogra Pms strips

色属性	信号条	实验值	文献值	偏差
色别 (nm)	黄	576	575	+1.0
	品	509.5c	509.5c	0
	青	482	482	0
色饱和度 (%)	黄	73.07	80.77	-7.70
	品	47.73	45.45	+1.28
	青	53.57	58.18	-4.61
明度 (%)	黄	59.93	67.28	-7.35
	品	18.90	18.35	+0.55
	青	27.30	28.88	-1.58

PAC 测定结果见图 2。实测信号条的色度坐标取样标准偏差为  $7.4 \times 10^{-3}$ 。虚线连接的三角形三顶点坐标值是标准信号条的文献坐标点, 实线连接的三角形三顶点是实测

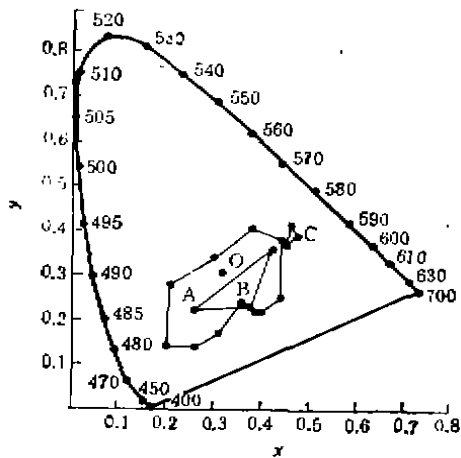


图3 一些样品的 PAC 测定结果

A. 染料系列; B. 黄品青彩色相纸; C. 土壤  
CIE chromaticity coordinates of dyes (A), color papers (B), and soils (C) made by PAC.

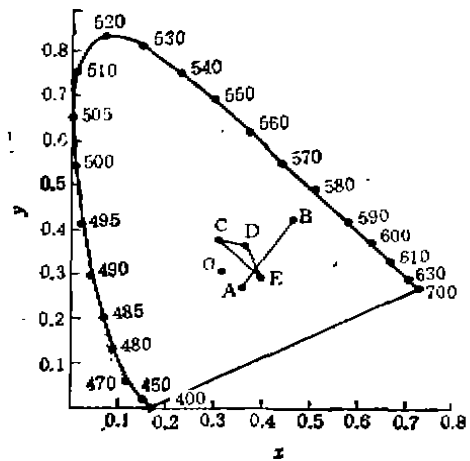


图4 一些样品的 PAC 测定结果

A. 荧光物质; B. 加入猝灭剂后; C. 叶绿素(a);  
D. 叶绿素(b); E. 胡萝卜  
CIE chromaticity coordinates of a fluorescent material (A), quencher added one (B), chl-a(C), chl-b(D) and carrot (E) made by PAC

坐标点。由此得到的标准信号条实测色别、色饱和度和明度以及相对文献值的偏差列于表 1 中。

PAC 测定值和文献值相比尚有一定的偏差。我们认为,在非标准或不同一的测试运转条件下,这种偏差是会存在和改变的。例如,扫描速度的改变,会使谱线相对位移,导致主波长测定结果的偏差;分光仪狭缝宽度的大小能使光谱带通发生变化,导致色饱和度的测定结果不同,诸因素的不同也影响到亮度的结果。况且由于测试方法机理相异,所受影响的因素不同,自然也会造成一定的偏差。我们有必要对缩小这种偏差的方法作进一步研究。

### 2. 染料

染料的 PAC 测定十分简单,或是将固体粉末染料直接置于光声池中测定,或是将其溶液着色在普通滤纸上吹干再置于光声池中测定。一组染料系列的 PAC 法颜色测定结果见图 3 中的多边形 A。

### 3. 彩色相纸

彩色相纸的颜色属性是由其黄品青吸收层协同贡献所造成的。结合相位技术<sup>[2]</sup>, PAC 法不仅能获取某一吸收层的颜色信息,也能获取各吸收层协同贡献所反映出来的颜色信息。图 3 中的三角形 B 便是在一定斩波频率和最大信号相位下对颜色近于黄品青的三张彩色相纸的 PAC 法测定结果。图中可见黄偏橙、品偏紫和青偏蓝的现象,这无疑是其它吸收层的共吸收行为所造成的。

### 4. 土壤

土壤的颜色与其理化性状关系密切<sup>[6]</sup>。随着遥感技术的运用,土壤颜色的光谱分辨日益受到重视。一些典型土壤的 PAC 法测定结果见图 3 中的三角形 C。

### 5. 荧光物质

由于光声信号对去激发的无辐射跃迁过程非常敏感,所以,在对伴随有荧光或磷光辐射的发光物质测定方面,光声光谱技术应独具优势。我们在用 PAC 技术研究荧光物质及荧光猝灭剂对荧光物质颜色主波长改变行为时认识到,光声光谱技术的运用,除了能获得荧光物质的激发能级、弛豫时间和量子效率等信息外<sup>[4]</sup>,也能帮助人们寻找最佳的荧光猝灭剂和荧光活性剂。图 4 中的直线  $\overline{AB}$  是 30ppm 的某荧光物质加入荧光猝灭剂前后的 PAC 测定结果。无激发光时,荧光物质的颜色主波长为 504nm,加入猝灭剂后主波长移到了 582nm 处,且颜色信号大幅度增强。光声吸收光谱结果表明,猝灭剂的加入,改变了荧光物质的 420nm 吸收情况和无辐射跃迁程度。

### 6. 生物样品

我们还对植物叶子中的叶绿素以及胡萝卜等生物试样作了 PAC 测定,见图 4 中的三角形  $\triangle CDE$ 。

综上,光声光谱技术作为一种新兴光谱测试手段,有望投入色分析研究领域,深入的研究正在继续。

## 参 考 文 献

- [1] A. 罗森威格,光声学和光声谱学(中译本),科学出版社,(1986)。
- [2] 吴 鸣,中国科学院感光化学研究所硕士学位论文文集,(1988)。
- [3] 张青浦等,色谱,测绘出版社,(1987)。
- [4] 肖昭铄,俞稼镛,李兴长等,光声光谱仪研制报告(资料),(1988)。
- [5] 吴 鸣,王之玉,俞稼镛,浙江林学院学报,1988,5,397。
- [6] 吴 鸣,王之玉,俞稼镛,光谱学与光谱分析,1991,(印刷中)。

## THE APPLICATION OF PHOTOACOUSTIC COLORIMETRY IN THE STUDY OF CIE COLORIMETRIC SYSTEM

WU MING\*

(Zhejiang Forestry College, Linan 311300)

WANG ZHI-YU YU JIA-YONG

(Institute of Photographic Chemistry, Academia Sinica, 100101)

### ABSTRACT

Photoacoustic colorimetry (PAC) was first proposed. It is believed that the unnormalized photoacoustic spectrum can be taken directly by CIE standard colorimetric system to get the dominant wavelength (hue), purity (chroma) and lightness (value), by matching of spectral tristimulus values. Several PAC experiments of Fogra Pms control strips, dyes, color papers, soils, fluorescent and biological materials etc. were made.

**Key words** photoacoustic colorimetry, CIE colorimetric system

\* To whom correspondence should be addressed.