

·研究简报·

火焰中氯化亚铜D、E谱带影响因素的研究

郑康成 黄穗楼* 陆志刚**

(化学系)

焰火在民用与军工等方面有广泛的用途,但迄今只有红、绿、黄和紫等有色火焰,深蓝色火焰尚未得到^[1]。本文利用光谱法对几种铜盐产生的蓝色火焰进行研究,分析了它们所产生的激发态分子的可见光谱特征,探讨了氧化剂、还原剂和铜盐本身等因素的影响。

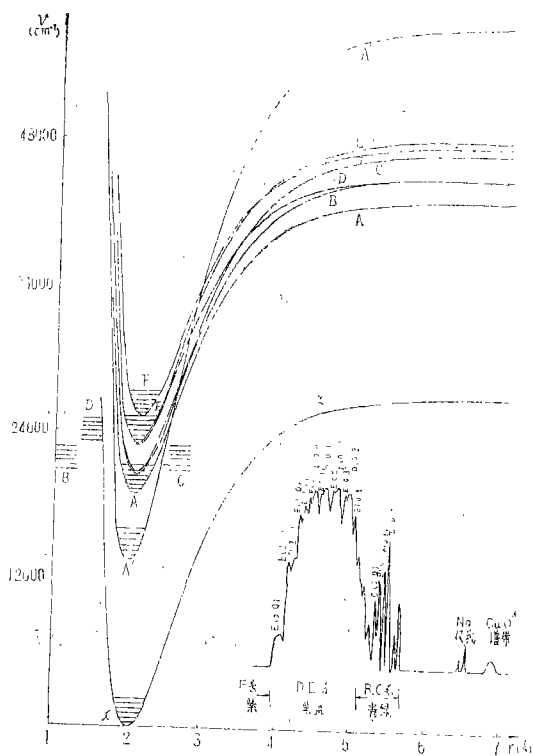
1. 实验部分

KCA-1型光谱仪,中心波长为500nm,狭缝200 μ ,光栏4,天津感光材料厂蓝快型干板;图谱用Zeiss Jena G-II型测微光度计与K-100型电位记录仪绘出,铁谱定波长。

火焰发生器用 $\phi 8\text{mm}$ 步枪子弹壳,样品经40目筛筛匀后填入略捣实,装上引子点燃拍谱。

2. 结果与讨论

(1)火焰中 CuCl^* 分子谱带的分布
 CuCl^* 在可见区有7个带系,即A'、A、B、C、D、E和F系。其中D系位于4140-4530 \AA ,E系位于3990-4580 \AA ,均属紫蓝区,我们按Morse函数及文献数据经微机计算后绘出 CuCl^* 的位能曲线图(图1)。从图中看出,在 r_0 处,D和E态曲线近于重叠,但在解离端,E态除低于A'态外,比其余各态均高。

图1 CuCl 位能曲线和相应谱带

本文1986年2月收到

* 应届毕业生

** 汕头大学化学系

CuCl*其它能态的辐射跃迁，可以产生红、绿和紫等较明显的颜色。

为了确定火焰条件下CuCl*各谱带的分布，先选取NH₄ClO₄-Cu₂Cl₂-硬脂酸(SA)体系拍摄其产生的CuCl*火焰光谱(图1)，并与文献^[2]对照。

图1表明，尽管火焰中的反应产物复杂，但在所拍摄的光谱段占优势的是CuCl*分子谱带。此外还有CuO*的黄区谱带和钠的原子谱线。CuCl*的光谱以D、E系，即蓝区谱带分布为主，最强振动谱带有D(0,0)、E(0,0)、D(0,1)、E(0,1)、D(0,2)、E(0,2)、D(0,3)和E(0,3)等，它们是此火焰条件下的主要布居。此外还有一定的B、C系(绿色)和F系(紫色)布居，但居次要地位。

(2)铜盐的影响 铜盐是产生CuCl*必不可少的基本物质。图2是在固定NH₄ClO₄、SA和糊精成分下比较CuCO₃(图2a)、Cu₂Cl₂(图2b)、单质铜粉(图2c)和(CCl₃COO)₂Cu(图2d)对蓝焰影响的结果。

从图2看出，4张谱图都具有蓝区谱带集中和相对强度大的特点，干扰情况仅在钠黄线和CuO*黄区谱带上有所不同。

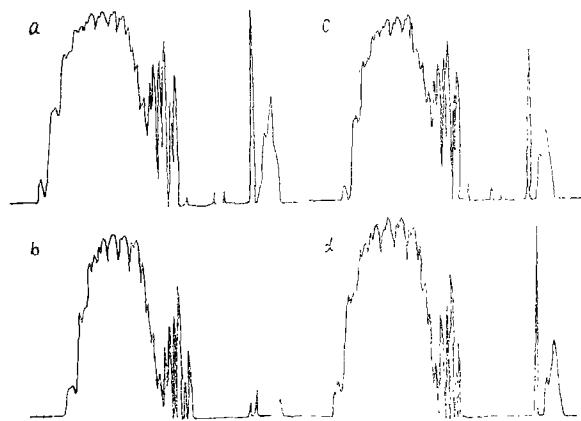


图2 不同铜盐产生的蓝区谱带

通过上述比较，可以说明①无论是单质铜还是无机或有机铜盐，只要反应条件合适，都可以得到较好的蓝焰。②NH₄ClO₄分解产生的Cl对于CuCl*的形成已经足量。

(3)还原剂的影响 焰火燃烧是自供氧的固相反应体系，体系中除氧化剂外，还要加入还原剂。还原剂的选择首先应满足燃烧时无色或淡色，不致掩盖主焰色调，还应满足火焰温度的要求^[3]。虽然硬脂酸是较好的还原剂，但用量超过15%时会使火焰变黄，为此，还需加入辅助还原剂。有关的实验结果如图3。

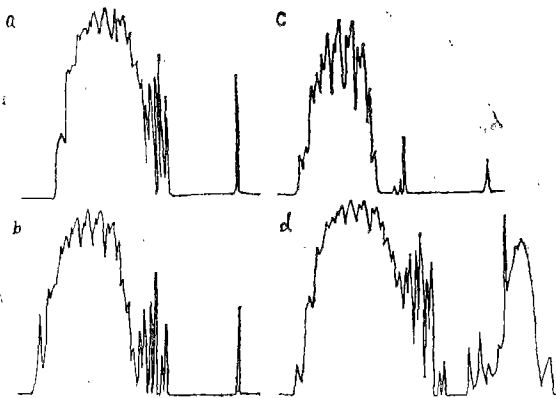


图3 还原剂对蓝焰影响的图谱

图3表明，优洛托品体系的谱带(图3c)绝大部分集中于蓝区，虽然相对强度较小，但火焰蓝色透明纯净。这与优洛托品易于分解且产生的气体不含干扰杂质有很大关系。Al可使火焰较平稳，但所产生的谱带略有紫移(图3b)，这无疑是Al所发出的高能量所致。用糊精时蓝区范围(图3a)和相对强度都较大，说明该条件下的火焰温度对CuCl*的D、E带布居较为适宜。PVC体系的蓝带相对强度虽然大

些(图3d), 但B、C带及CuO*带也相应增大。

(4) 氧化剂的影响 NH_4ClO_4 与 KClO_4 对蓝焰的影响见图2b和图4。结果表明, NH_4ClO_4 体系蓝区谱带相当集中, 相对强度大, 钠黄线与CuO*黄区谱带干扰小, 视感蓝色好, KClO_4 体系则谱带分散(图4a), 钾、钠线尖锐, B、C、A带及CuO*带干扰严重。 NH_4ClO_4 优于 KClO_4 的原因在于: ①前者分解产物全为气体, 而后者除气体外还有固体颗粒 K^+ 。② NH_4ClO_4 比 KClO_4 能提供充分的有效Cl使CuCl*的D、E态的形成几率占优势。

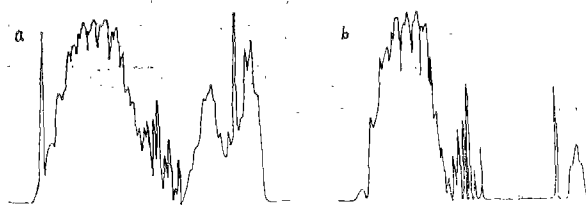


图4 氧化剂对蓝焰影响的图谱

值得一提的是混合氧化剂体系(图4b), 它产生的蓝带亦相当集中, 相对强度也较大。钠黄线与CuO*谱线干扰虽大于 NH_4ClO_4 体系, 但无钾线干扰, 蓝色视感也不错, 且可部分解决吸潮问题。

参 考 文 献

- [1] W. Villanueva. *Discover*, 1(1982), 25.
- [2] R. W. B. Pearse and A. G. Gaydon. *The Identification of Molecular Spectra*. 4th Ed., 1976, 148-149.
- [3] 陆志刚等, 高等学校化学学报, (待发表).

Influence Factors of D, E Bands of CuCl* In Flames

Zheng Kang-cheng Huang Sui-lou Lu Zhi-gang

Abstract

The visible spectra of excited cuprous monochloride molecule generated from combustion of copper compounds with chlorine-containing oxidants has been studied by flame spectra. The influences of oxidants, reductants and copper compounds on the $D \rightarrow X$, $E \rightarrow X$ band transitions were explored concomitantly. The results showed: selection of oxidant is important in producing a deep blue flame with D, E band populated dominantly. Furthermore, notice should be paid on selecting and adjusting of reductants. Variety of copper compounds has no significant effect on quality of blue flame.