

揭示化学荧光棒的秘密 ——从化学冷光到舞台奇迹

作者：courage；Email: 245117229@qq.com

荧光棒，这一在演唱会、节日庆典等场合常见的发光道具，以其鲜艳的色彩和简便的使用方法深受人们喜爱（图1）。除此以外，它也是一种在商业渔业中被称为“吸引器”的材料，学名为水面延绳钓渔具。通常我们买到手的荧光棒一开始是不发光的，经过双手轻轻一掰，它便会绽放七彩光芒，给人带来美妙的视觉冲击。荧光棒究竟是如何发光的呢？它的构造和工作原理又是怎样的呢？本文将为您揭开荧光棒的神秘面纱。



①【图1】多种颜色荧光棒（图片来源于抖音）

1. 荧光棒的构造

荧光棒通常采用双层结构^[1]，外层为聚乙烯 (PE) 塑料管，内层为易碎的玻璃管。玻璃管内装有过氧化氢 (双氧水) 溶液，而玻璃管与塑料管之间的夹层中则是荧光染料和酯类化合物 (多为双草酸酯、邻苯二甲酸二丁酯等)。在未使用前，这些物质被各自的容器隔离，互不干扰 (图 2)。

2. 荧光棒的发光原理

在学习荧光棒的发光原理之前，我们先要了解化学发光与常见荧光的区别。化学发光指的是某些物质 (发光剂) 在化学反应时，吸收了反应过程中所产生的化学能，促使反应的产物分子或反应的中间态分子中的电子跃迁到激发态，当电子从激发态回落

到基态时，以发射光子的形式释放出能量，从而产生光。荧光是当光照射到某些原子时，光的能量使原子核周围的一些电子从原来的轨道跃迁到能量较高的轨

道，即从基态跃迁到第一激发单重态或第二激发单重态等。第一激发单重态或第二激发单重态是不稳定的，所以会回到基态。当电子从第一激发单重态返回基



①【图2】荧光棒内部结构（图片来源于腾讯网）

态时, 能量将以光的形式释放出来, 从而产生荧光, 具体过程如图 3 所示。

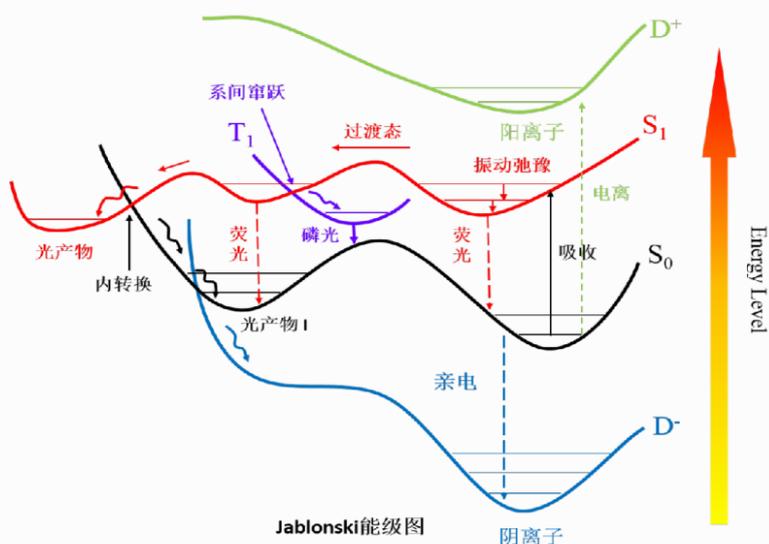
简单来说, 化学发光是吸收了化学能才能在可见光范围内观察到化学发光现象, 如氧化 - 还原反应。而荧光是吸收了光能使分子激发而发射的光。

由上述原理可知, 荧光棒的发光是化学发光。当荧光棒被掰弯时, 内层的过氧化氢溶液与外部的酯类化合物发生化学反应。过氧化氢会将草酸二苯酯氧化, 生成苯酚和不稳定的过氧酸酯^[2]。过氧酸酯作为一个高能中间体分子, 很容易断键产生二氧化碳, 并释放能量(图 4)。

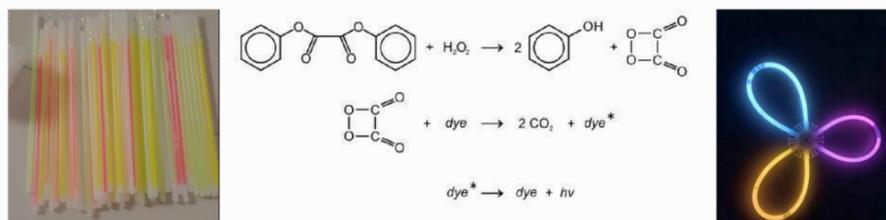
荧光染料分子接收到这部分能量后, 从基态激发到激发态。激发态的染料分子并不稳定, 它们会通过化学键旋转或振动释放部分能量, 进而到达一个特定能级(第一电子态)。之后, 染料分子直接跃迁回基态, 同时将剩余的能量以光子的形式释放出来, 产生类似荧光的光现象^[3]。这个过程中, 并没有热能散发出来, 因此荧光棒发出的光是冷光。

3. 荧光棒的颜色与持续时间

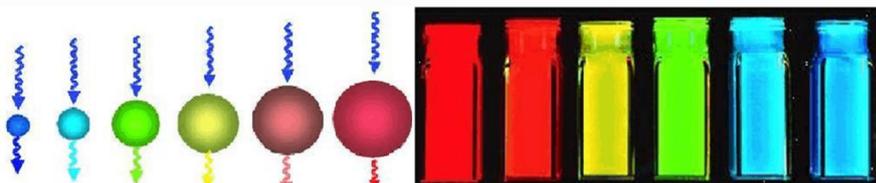
荧光棒之所以能发出不同颜色的光(图 5), 是因为不同色的荧



①【图 3】荧光棒发荧光机制的 Jablonski 图(第一激发单重态 S1、基态 S0)(图片来源于网络)



①【图 4】荧光棒内部结构(图片来源于网络)



①【图 5】荧光的不同颜色(图片来源于网络)

光棒含有不同种类的荧光染料^[4]。这些染料分子大多是具有共轭体系的多芳香环有机分子, 随着体系共轭度的增加, 分子最高已占轨道和最低空轨道间能级差会减少, 电子跃迁所需的能量随之降低, 染料的吸收和发射波长便向长波方向移动, 从而发出不同颜色的光。

荧光棒的发光时间则与化学反应的持续时间有关。化学反应速率受到温度影响, 环境温度越高, 发光时间越短; 荧光棒初始亮度越高, 发光时间也越短。因此, 将已经发光的荧光棒放置在低温环境中(如冰箱、冷柜), 可以抑制化学反应, 进而延长发光时间。

4. 荧光棒的应用与注意事项

荧光棒因其无害、发光效果良好且用途广泛，被广泛应用于娱乐、夜钓、婚庆、户外、军事等领域^[5]。在演唱会上，荧光棒更是成为了歌迷们烘托气氛的必备道具。然而，在使用荧光棒时，也需要注意一些安全问题。

荧光棒的危害主要源于其内部的化学物质。如果荧光棒破损，内部的液体接触到皮肤，可能导致皮肤刺激、红肿、瘙痒甚至过敏反应^[6]。如果不慎溅入眼睛，会造成更强烈的刺激，需要及时清洗。若被误吸或误食，还可能出现恶心、呕吐、头晕等症状，严重时可能导致麻痹、昏迷。因此，使用荧光棒时需谨慎，避免破损，尤其儿童应在家长监护下使用。荧光棒中的液体不可食用，且具有一定的黏附性。如果泄漏，容易污染家具、地板、衣物和皮肤等。因此，严禁用刀或剪刀弄破荧光棒的塑料管，



①【图6】电子荧光棒（图片来源于京东）

以防液体泄漏。

5. 电子荧光棒与中控应援棒

与其事后补救不如从根源杜绝，除了传统的化学荧光棒外，市面上还出现了电子荧光棒（图6）和中控应援棒等新型产品。电子荧光棒通过LED灯泡发光，能够发出多种颜色的光，且亮度高、持续时间长。中控应援棒则可以通过接收外部的控制信号指令，实现不同灯光效果的切换，如统一中控、一同点亮、一同熄灭和一同变换颜色等。

中控应援棒内部通常包含主控芯片和超高频（UHF）射频接收

芯片。UHF射频接收芯片负责接收现场基站发出的信号，然后将其交给主控芯片进行处理；主控芯片则控制电路中RGB灯珠的切换。这样，就可以实现数万根荧光棒在同一时间进行统一的中控操作。

6. 结语

荧光棒作为一种简单而有趣的发光道具，不仅丰富了人们的娱乐生活，还成为了连接演出者与观众之间情感的桥梁。每一名观众、每一根荧光棒，都构成了盛大演出中不可替代的一部分。希望本文能够帮助您更好地了解荧光棒，并在未来的使用中更加安全、愉快地享受它带来的乐趣。

参考文献

- [1] Pay A L, Kovash C, Logue B A. General chemistry laboratory experiment to demonstrate organic synthesis, fluorescence, and chemiluminescence through production of a biphasic glow stick[J]. J Chem Educ, 2017, 94(10): 1580-1583.
- [2] Kuntzleman T S, Rohrer K, Schultz E. The chemistry of lightsticks: Demonstrations to illustrate chemical processes[J]. J Chem Educ, 2012, 89(7): 910-916.
- [3] Halford B. What are glow sticks, and what's the chemical reaction that makes them light up[J]. Chem Eng News, 2021, 99(39).
- [4] Baldwin B W, Bunker K R, Kuntzleman T S. Extraction of dyes contained in glow sticks using liquid CO₂[J]. Green Chem Lett Rev, 2019, 12(2): 102-106.
- [5] Pinho G L L, Ihara P M, Fillmann G. Does light-stick content pose any threat to marine organisms?[J]. Environ Toxicol Pharm, 2009, 27(1): 155-157.
- [6] de Araujo M M S, Menezes Filho A, Nascimento I A, et al. Lightsticks content toxicity: Effects of the water soluble fraction on the oyster embryonic development[J]. Chemosphere, 2015, 139: 73-80.