

# 三基色粉灯现状及亟待改进的几个问题

上海跃龙有色金属有限公司 王学正

**·摘要** ·当前稀土三基色粉灯已蓬勃发展，本文就国内外概况进行了归纳，分析了国内存在的问题，提出了改进意见。

**·关键词** ·三基色粉灯 玻璃管 亮度 光通

## 一、前言

稀土三基色荧光灯以其高亮度、高显色性、节电等特点，深受人们的青睐。它的出现，顺应了当今世界的新要求，代表了电光源新技术发展的方向。因而近年来国内外开发了一系列新颖节能照明光源，特别是异形紧凑型荧光灯，它们都采用量子转换率高、光衰小、显色性好、高温特性稳定的稀土三基色荧光粉作为发光材，综合了荧光灯和普通白炽灯的优点，除光效高显色性好、节电外，且具寿命长、光衰低、结构紧凑、方便美观等优点。这种灯取代传统的白炽灯，将给室内照明带来新的变革。日本1986年稀土荧光灯需求量达5000万支，占荧光灯总和的28.1%，同年美国市场占有率为3.8%，1990年增至4.8%；欧洲市场稀土荧光灯发展很快，1986年市场占有率为16.7%，1990年增大到25.8%。我国对稀土三基色节能灯十分重视，完成了5条技术改造线，已形成×××万支节能灯的生产能力。

## 二、国内外近况

### (一) 国外

1. 粉添加物。70年代荷兰菲利浦JMpJev stegen首先制成稀土铝酸盐( $Ce_{0.7}T_{0.3}MgAl_{11}O_{19}$ )绿粉和( $Ba(MgEu)Al_6O_{12}$ )。

的蓝粉及 $Y_2O_3:Eu$ 的红粉，将这3种窄谱带稀土荧光粉，按一定配比制成色温2300—6000k各种荧光灯，40瓦的光效可达到80流明，每瓦(80Lm/w)显色指数(Ra)8.5，解决了光效与显色性不能兼得的矛盾。稀土三基色粉不仅光效高显色高，且在高强度紫外线辐射下，具有稳定性强，热淬灭温度高的优点，并可根据需要，改变三种粉的配比，得到不同色温的一系列荧光粉，因而它是制造小功率、细管径、紧凑型荧光灯最理想的发光材。荷兰飞利浦公司等八大公司在这一方面做了大量的实验研究，在降低造价和改进设计方面仍在继续研究，以期在开发新光源、节能光源上闯出新路子。

开发和改进稀土发光材的研究，仍是目前提高光效、光色和延长寿命的重要措施。日本东芝公司研制该化合物基质氧化钇部分被氧化铈取代，其化学式 $(Y_{1-x}La_x)_2O_3:Eu^{3+}$ ( $X=0-0.5mol$ )，不被水污染，与其它蓝、绿粉混合制成的荧光灯比，可降低起动电压3—5%，还可抑制管内不纯气体逸出。

红粉最高光效达77Lm/w，日本专利报告稀土硼酸盐加一定量磷酸基，相对亮度提高20%，稀土硅酸盐加硼酸基、磷酸基后，光衰由20%降到5%，目前绿粉最高光效达132Lm/w，国外尚在研究更高的发光效率。

表1 稀土三基色粉

|               | 组成   | 波长<br>(峰nm) |
|---------------|--|-------------|
| 蓝<br>粉<br>(B) | $3\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2\text{SrCl}_2:\text{Eu}$                         | 447         |
|               | $(\text{SrCa})_{10}(\text{PO}_4)\text{Cl}:\text{Eu}$                         | 452         |
|               | $(\text{SrCaBa})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_{12}0.24\text{Ba}_2\text{O}_3$ | 452         |
|               | $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}$                         | 451         |
| 绿<br>粉<br>(G) | $\text{Y}_2\text{SiC}_5:\text{Tb}$   | 543         |
|               | $3\text{Gd}_2\text{O}_3\text{B}_2\text{O}_5:\text{Tb}$                       | 543         |
|               | $\text{MgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Ce Tb}$                                 | 543         |
|               | $\text{Y}_2\text{SiO}_6:\text{Ce Tb}$  | 543         |
|               | $\text{LaPO}_4:\text{Ce Tb}$   | 543         |
|               | $\text{La}_2\text{O}_30.2\text{SiO}_20.9\text{P}_2\text{O}_6$                | 543         |
| 红<br>粉        | $\text{GdMgP}_5\text{O}_{10}:\text{Ce Tb}$                                   | 543         |
|               | $\text{Y}_2\text{C}_3:\text{Eu}$   | 611         |

蓝色荧光粉  $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$ ，调整  $\text{Eu}^{2+}$  的浓度和碱土金属与氧化铝的比率，可改变发光主峰值位置，利于增长光效；蓝粉最高光效  $26\text{Lm/w}$ ，很低，因而蓝色的发射光谱分布极为重要，一般讲，发射主峰波越长、半宽度愈大，显色指数越高，光效下降，反之亦然。选择光效高、显色性好的蓝粉是重要的研究内容。

2. 荧光粉在短紫外线或高能离子轰击下光衰的研究。国外实验表明，管电流增大到 1 安培以上，红和蓝粉随燃点时间的增长，光维持率明显下降，红粉光通从  $103$  降至  $72\text{Lm/w}$ ，其原因一是形成汞齐或链状键使光效下降；二是荧光粉即使无汞，在紫外照射下，仍产生光衰，在短期内产生“色心”，增强辐射的吸收，降低光效；三是离子轰击引起荧光粉老化。日本多田秋等对 16 种荧光粉进行了这种试验表明，高能离子轰击，荧光粉表面形成厚约  $3000\text{\AA}$  非晶态层吸收紫外却不发光，且增强荧光粉表面对汞的吸收，形成汞齐；四是荧光粉中变价离子的氧化还原。

表2 三基色粉和灯

| 组分  | 光色 | 色点坐标        | 粒径<br>(微) | 波长 Lu/W<br>nm | 100小时 |
|---|----|-------------|-----------|---------------|-------|
| $\text{BaMgAl}_{16}\text{O}_{27}:\text{Eu}^{2+}$                          | 蓝  | 0.150 0.031 | 2.5       | 454           | 21.9  |
| $\text{Ce}_{0.88}\text{Th}_{0.12}\text{Mg}_{\text{Al}_{11}\text{O}_{10}}$ | 绿  | 0.225 0.579 | 3.2       | 545           | 106   |
| $\text{LaC}_{0.2}\text{SiO}_{20.9}\text{P}_{2}\text{O}_{5}:\text{Ce Tb}$  | 绿  | 0.359 0.571 | 4.0       | 543           | 102.9 |
| $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$                                     | 红  | 0.645 0.359 | 4.0       | 611           | 66.4  |

表3 发光亮度的变化

|               | 重<br>硅<br>酸<br>钡 | 焦磷酸<br>锶 钡 | 硼磷酸<br>锶 钡 | 磷酸锶<br>镁 锡 |
|---------------|------------------|------------|------------|------------|
| 未辐照           | 100              | 100        | 100        | 100        |
| 1KeVAr枪(0.5时) | 90               | 80         | 85         | 75         |
| 193nm激光(0.25) | 75               |            | 95         |            |

人们对荧光粉各种变价激活离子和基质对紫外辐照前后变化进行了组成和结构分析，证实了许多激活离子价态变化后，光效明显地降低。如  $\text{Tb}^{3+} \rightarrow \text{Tb}^{4+}$ 、 $\text{Ce}^{3+} \rightarrow \text{Ce}^{4+}$ 、 $\text{Eu}^{2+} \rightarrow \text{Eu}^{3+}$  等。总之，荧光粉老化和衰退原因复杂，其机理尚待进一步研究。

(二) 国内情况简介 稀土三基色粉于 1980 年在上海某大学试制成功后，跃龙化工厂引进了这项科技，1985 年形成了国内最大的生产线，1990 年通过改造，引进日本先进设备，使年生产达到  $\times \times$  吨规模，国内生产稀土三基色粉共有 5 家。质量方面距国外有一定的差距。

1. 主要差距为绿粉，红粉亮度与日方相当，蓝粉则我国优于日本。

2. 热稳定性中方优于日方，尤其在  $800^\circ\text{C}$  内明显优于日方。蓝粉双方的热稳定性均差。到  $1000^\circ\text{C}$  时，衰退率达 50%，总之在热稳定性方面，中日双方无明显的差距。

(三) 国内外对比 随着我国制灯工艺

表4 国内外亮度测试对比数据

| 粉相对亮度<br>测 试 方 | 中 方 测 试 |       | 日 立 测 试 |       |
|----------------|---------|-------|---------|-------|
|                | 中 国 粉   | 日 立 粉 | 中 国 粉   | 日 立 粉 |
| 红 粉            | 108.1   | 100   | 96.8    | 100   |
| 绿 粉            | 92.5    | 100   | 89.1    | 100   |
| 蓝 粉            | 121.8   | 100   | 152.5   | 100   |

表5 国内外粉稳定性对比试验数据

| 粉<br>相<br>对<br>亮<br>度<br>测<br>试<br>方<br>法 | 初<br>始<br>亮<br>度 | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1000  |
|---|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |                  | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1000  |
| 中国红粉                                      | 100              | 1     | 103.3 | 100.2 | 102.5 | 101.6 | 101.8 |
| 日立红粉                                      | 100              | 100   | 102.2 | 101.0 | 101.9 | 100.7 | 102.0 |
| 中国绿粉                                      | 100              | 102.3 | 102.8 | 103.2 | 102.1 | 95.3  | 92.6  |
| 日立绿粉                                      | 100              | 99.0  | 97.5  | 93.1  | 89.5  | 87.2  | 88.1  |
| 中国蓝粉                                      | 100              |       | 90.7  | 79.4  | 61.0  | 52.0  | 48.2  |
| 日立蓝粉                                      | 100              | 98.5  | 92.3  | 80.1  | 57.0  | 54.3  | 54.1  |

表6 9WH灯国内外光通对比

| 生 产 国  | 荷 兰   | 中 国 上 海 |           |           |
|--------|-------|---------|-----------|-----------|
|        | 菲 利 普 | 85年     | 85年       | 86年       |
| 生产日期   | 85年   | 85年     | 86年       | 87年       |
| 光通相对值% | 100   | 82~85.6 | 86.1~87.7 | 88.2~91.5 |

和设备的不断改进和三基色粉质量的不断提高，灯质量也有所提高，与国际先进水平相比，仍有明显的差距。

1. 灯基本光通为国外水平的90%，其原因主要是稀土三基色粉和国外有一定差距，以及制灯粉浆的最佳粉层厚度、密度尚未把握确切的条件。

2. 点燃3000小时后，光衰差与国外差距大，这与粉质量、制灯与玻璃管质量、硝化棉净度、阴极激活程度、管真空度、阴极结构及电子粉发射能力都有着密切关系。

表7 9WH灯国内外光衰对比

| 光 通 维 持 率 % | 光 通 维 持 率 % |       |       |       |                |
|-------------|-------------|-------|-------|-------|----------------|
|             | 100         | 600   | 1200  | 2000  | 3000 4000 5000 |
| 荷兰菲力浦       | 100         | 96.47 | 90.88 | 89.73 | 89.889.089.1   |
| 西德奥斯兰欧      | 100         | 94.55 | 87.90 | 83.47 | 81.185.285.2   |
| 中国上海        | 100         | 87.50 | 84.00 | 77.10 | 70.969.369.6   |

表8 9WH灯分别用国内外粉制灯光通比较

| 粉来源  | 灯功率<br>五支平均 | 灯初始光<br>通 Lw | 点燃100小时<br>后光通Lw | 光效<br>Lw/W | 100小<br>时后光<br>衰% |
|------|-------------|--------------|------------------|------------|-------------------|
|      |             | 500          | 600              |            |                   |
| 日本日立 | 8.59        | 540.2        | 517.4            | 60.5       | 4.22              |
| 中国跃龙 | 8.58        | 487.8        | 474.3            | 55.2       | 2.60              |
| 中/日  |             | 90.3%        | 91.1%            | 91.2%      |                   |

#### 四、存在问题及改进途径

1. 红粉亮度低于国外的3%，绿粉比国外低8—10%，蓝粉较优于国外粉，但制灯后初始光通比国外低10%，3000小时灯的光衰与国外灯差别不大，但绿粉的亮度是影响灯光通的关键，有必要对现行绿粉工艺予以强化，并进一步开发较高亮度的产品。

2. 研究三种粉表面处理，在剖析国外样品的基础上寻找好的色膜工艺和材料，对比表面处理前后管的亮度和衰减度。

3. 切实做好红、绿、蓝单色粉涂管对比试验，研究三种粉衰减不同步的现象并找出解决途径。

4. 改善粉的粒径，研究适合于红、绿、蓝粉条件的物理或化学分级筛选处理方法，务必使三粉粒级相匹配。

5. 日光管多用钠玻璃，长期处于紫外照射纳与荧光粉生成纳汞齐，影响发光效率，加速衰减，最好用钾玻璃取代钠玻璃，研究两种玻璃的管亮度和光衰对比关系。

(下转第8页)

表2 国产带滤机与国外带滤机测试对比

| 项 目                          | 加拿大莱特公司三山岛工程 | 招远黄金冶炼厂实践 |
|------------------------------|--------------|-----------|
| 日处理金精矿量(吨)                   | 160          | 60        |
| 需过滤面积米 <sup>2</sup>          | 70           | 25        |
| 折合每吨矿过滤面积(米 <sup>2</sup> /吨) | 0.4375       | 0.5       |
| 洗涤段占过滤面积                     | 2/3          | 3/4       |
| 氰化金浸出率: %                    | 97           | 99        |

外有“现代的过滤技术”之称。

我国带滤机的研制和生产起步较晚，和国外带滤机相比，在某些方面还存在差距。今后，要在现有的基础上，对带滤机作进一步的改进，使其更加完善，向系列化、大型化发展。同时还应进行其它类型带滤机的研制和生产。可以预见，随着我国经济建设的发展，国产带滤机也将得到更加迅速的发展。

参考文献(略)

表3 GSD<sub>1</sub>型带滤机对某些物料分离数据

| 物料名称     | 形 状   | 粘 度<br>(厘泊/℃) | 液 固 比               | 过虑滤饼量<br>(公斤/米 <sup>2</sup> ·小时) | 滤饼含湿 (%)    | 备 注      |
|----------|-------|---------------|---------------------|----------------------------------|-------------|----------|
| 有色金属含锌废浆 | 絮 片 状 | 3.8/29        | 22.8 : 1            | 74~135                           | 88.18~90.52 |          |
| 氢氧化铝     | 小 球 状 |               | 4.15 : 1            | 94.8                             | 39.98       | 包括洗涤     |
| 硝酸磷肥酸不溶物 | 不规则粒子 |               | 1.55 : 1            | 715.5                            | 7.8         |          |
| A、B、S树脂  | 晶 粒   | 4.4/27.2      | 10 : 1              | 70~232                           | 36.3~66.6   | 包括洗涤     |
| 燃烧飞尘灰浆   | 不规则粒子 |               | 6 : 1               | 786~965                          | 31.3~37.6   |          |
| 季戊酉醇     | 晶 粒   |               | 3 : 1 ~ 4 : 1       | 118~216                          | 23~39       | 包括洗涤     |
| 硫酸盐残渣    | 细 粒   |               | 1.5 : 1             | 95.6~204                         | 37~46       |          |
| 硫酸污泥     | 细 粒   | 11/26         | 1.5 : 1             | 665~781                          | 37~52       |          |
| 氨 I 泥    | 细 胶 粒 | 1.169/60      | 2.13 : 1 ~ 2.82 : 1 | 80~256                           | 62~65       |          |
| 泥二层碱碱泥   | 片 状   |               | 4 : 1 ~ 5 : 1       | 51~105                           | 35~41.5     | 加助滤剂     |
| 苛化泥      | 粗 粒   | 11/21         | ~ 4 : 1             | 266~613                          | 47~51       |          |
| 含氟石灰     | 细 粒   | 6 / 24        | 9 : 1 ~ 20 : 1      | 50~560                           | 42~51       |          |
| 四硝基间甲酚   | 晶 粒   |               | ~ 12 : 1            | 150~213                          | /           | 不能烘，包括洗涤 |
| 色酚A、S、   | 晶 粒   | 2.1/64.5      | ~ 12 : 1            | 97.2                             | 32~33       | 包括洗涤     |
| 柠檬酸硫酸钙   | 晶 粒   | 1.15~1.2      | 4 : 1               | 550                              | 55~65       | 包括洗涤     |

(上接第3页)

6. 钨丝做阴极材料，其结构与电子发射强度有关，且电子粉对灯管端发黑和管寿命密切相关，应通过电子粉涂量与管亮度、发黑的关系研究，找出最佳管亮度及不发黑电子粉的涂量及附着方式。

7. 常用涂层为硝化棉，最好用水涂层，并找出最佳粒度比、层厚、致密度和流动方式。

8. 研究真空排气车微机顺序控制，寻求最佳的真程度和排气速度，排除手工造成的误差。

9. 实现测试方法和技术规范化。对三种粉的主要技术参数和相对亮度、色座标、激发光谱、比重、粒径、形貌、光衰变化等，建立统一的测试方法并使之规范化，在各自的基础上，向国标过渡，向国际标准靠拢。