

457420

73.28231  
L X J

# 荧光灯使用常识

刘锡金 奚居雄 编著



轻工业出版社

# 荧光灯使用知识

刘锡金 奚居雄 编著

轻工业出版社

## 内 容 提 要

本书讲述气体放电、发光、能量分配、效率等基本原  
理，继而介绍荧光灯的结构、分类、点灯线路、使用常识及  
常见故障与消除方法等内容；并以相当篇幅就特种用途荧光  
灯诸如替换型荧光灯、大功率荧光灯、复印用荧光灯、诱蚊  
蝇灯、紫外线杀菌灯、医疗保健、园艺、冷阴极等荧光灯  
作了比较详细地介绍。

本书是一本科普读物，文字浅显 通俗易懂。可供社会  
广大读者阅读；并对医疗保健、禽畜饲养专业技术人员有一  
定参考价值。

## 荧光灯使用常识

刘锡金 奚居雄 编著

轻工业出版社出版

(北京阜成路8号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米1/32 印张：4<sup>8</sup>/<sub>32</sub> 字数：86千字

1987年2月第一版第一次印刷

印数：1—5,000 定价：0.75元

统一书号：13042·071

## 引 言

荧光灯自1938年发明以来，经过四十多年的发展，目前已经成为室内照明的主要光源。世界荧光灯的年产量达10亿支，占灯的总产量的10%。随着世界能源危机的出现和发展，人们对荧光灯的兴趣越来越大。有人说“八十年代是荧光灯的年代”，这就足以说明荧光灯在光源中的重要地位。

荧光灯具有光效高、寿命长、光线柔和、发热少、选用不同的荧光粉，可以获得不同光色等优点，所以它是一种理想的照明光源。

荧光灯全称为低压水银（Hg，也称为汞）荧光放电灯，由于我国照明用荧光灯绝大部分为日光色，所以人们又常常叫它为日光灯。实际上荧光灯不仅可以做成日光色，而且还可以做成各种其它光色的灯，如：冷白色、暖白色等，还可以做成诱虫用的黑光灯（蓝紫色）。因此，严格地说，应该以荧光灯来称呼这种光源。

荧光灯的用途很多，照明只是其多种用途中的一种，它还可以用于植物栽培、害虫防治、杀菌、医疗、复印、电子摄像、光化学反应等许多领域中。

我国荧光灯生产发展极为迅速，目前生产荧光灯的工厂已遍布全国。随着人民生活水平的不断提高，农村电气化的逐步实现、荧光灯多种用途的普及，荧光灯的品种将越来越多，荧光灯的使用数量也越来越大。

荧光灯是一种气体放电光源，与普通白炽灯泡不同，它

具有起动器、镇流器等附件，它的点灯线路比白炽灯的点灯线路复杂，如果接线不正确，就会使荧光灯损坏。另外，荧光灯的实际使用寿命又受到温度、电源电压波动、起点次数等使用条件的影响。所以，正确地安装和使用荧光灯对它的寿命具有极其重要的意义。

国产荧光灯的额定寿命为5,000小时，假如由于安装和使用不当使每支荧光灯的平均寿命减少0.1%时，那么，若以全国年产1亿支荧光灯计算，就相当于每年浪费10万支荧光灯，合人民币40多万元，这是一笔惊人的损失。

为了使所生产出的荧光灯能更好地服务于社会，普及荧光灯知识，使用户对荧光灯的发光原理、结构以及使用常识有所了解是十分必要的。

本书为一种常识性的通俗读物，以使读者学会正确使用荧光灯为目的，但是，因为荧光灯是一种气体放电光源，它有许多独特的性能，与大家所熟悉的白炽灯不同，不少使用者对这些缺乏了解，所以，为了加深读者对于使用常识的理解，本书也对荧光灯的某些基本原理作了比较详细的介绍。

## 前 言

荧光灯用电省、寿命长、光线柔和、辐射热少，是一种理想的照明光源。而且，在管壁上涂复不同的荧光粉，可以得到所要求的辐射光谱，制成各种特种用途荧光灯。所以它广泛地应用在各个领域中。

荧光灯与白炽灯不同，它是一种气体放电光源，点灯线路比较复杂，只有掌握了荧光灯的基本知识，才能正确地使用荧光灯。

为了使读者了解荧光灯的各种用途，掌握荧光灯的使用知识，我们编写了本书。由于水平有限，不妥之处敬请读者批评指正。

作者

# 目 录

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 引言                 | ( 1 )  |
| <b>第一章 气体放电</b>    |        |
| 第一节 从气体放电谈起        | ( 1 )  |
| 第二节 荧光灯的放电原理       | ( 7 )  |
| 第三节 荧光灯的发光原理       | ( 11 ) |
| 第四节 荧光灯中的能量分配和发光效率 | ( 14 ) |
| <b>第二章 荧光粉</b>     |        |
| <b>第三章 荧光灯</b>     |        |
| 第一节 理想的照明光源        | ( 22 ) |
| 第二节 荧光灯的结构         | ( 24 ) |
| 一、 电极              | ( 24 ) |
| 二、 水银              | ( 27 ) |
| 三、 氩气              | ( 28 ) |
| 四、 荧光粉             | ( 30 ) |
| 第三节 荧光灯规格及其参数      | ( 31 ) |
| <b>第四章 荧光灯的分类</b>  |        |
| 第一节 按起动方式分类        | ( 39 ) |
| 第二节 按功率分类          | ( 41 ) |
| 第三节 按形状、构造、功能分类    | ( 42 ) |
| 第四节 按颜色分类          | ( 42 ) |
| 第五节 按用途分类          | ( 44 ) |

## 第五章 特种用途荧光灯

|     |          |        |
|-----|----------|--------|
| 第一节 | 替换型荧光灯   | ( 46 ) |
| 一、  | SL型荧光灯   | ( 48 ) |
| 三、  | PL型荧光灯   | ( 51 ) |
| 三、  | 2D型荧光灯   | ( 52 ) |
| 四、  | 隔板型荧光灯   | ( 54 ) |
| 五、  | 球型荧光灯    | ( 56 ) |
| 第二节 | 大功率荧光灯   | ( 58 ) |
| 第三节 | 复印用荧光灯   | ( 62 ) |
| 一、  | 重氮复印用荧光灯 | ( 62 ) |
| 三、  | 静电复印用荧光灯 | ( 65 ) |
| 第四节 | 诱蝇灯和诱蚊灯  | ( 71 ) |
| 第五节 | 紫外线杀菌灯   | ( 73 ) |
| 第六节 | 保健荧光灯    | ( 77 ) |
| 第七节 | 园艺灯      | ( 78 ) |
| 第八节 | 平板型荧光灯   | ( 78 ) |
| 第九节 | 冷阴极荧光灯   | ( 79 ) |

## 第六章 点灯线路基础

|     |       |        |
|-----|-------|--------|
| 第一节 | 放电的稳定 | ( 80 ) |
| 第二节 | 放电的起动 | ( 83 ) |
| 第三节 | 限流元件  | ( 85 ) |

## 第七章 荧光灯使用常识

|     |        |        |
|-----|--------|--------|
| 第一节 | 荧光灯的优点 | ( 88 ) |
| 第二节 | 点灯线路分析 | ( 89 ) |
| 第三节 | 荧光灯的特性 | ( 91 ) |
| 一、  | 电源电压特性 | ( 91 ) |
| 二、  | 寿命特性   | ( 92 ) |



|            |                         |                |
|------------|-------------------------|----------------|
| 三、         | 温度特性 .....              | ( 93 )         |
| 四、         | 无线电噪声 .....             | ( 93 )         |
| 五、         | 光闪烁和频闪效应 .....          | ( 95 )         |
| <b>第四节</b> | <b>影响荧光灯寿命的因素</b> ..... | <b>( 95 )</b>  |
| 一、         | 工作电流 .....              | ( 95 )         |
| 二、         | 起动电流 .....              | ( 95 )         |
| 三、         | 预热时间 .....              | ( 95 )         |
| 四、         | 电源电压 .....              | ( 96 )         |
| 五、         | 环境温度 .....              | ( 96 )         |
| 六、         | 开关次数 .....              | ( 96 )         |
| <b>第五节</b> | <b>荧光灯的附件</b> .....     | <b>( 97 )</b>  |
| 一、         | 镇流器 .....               | ( 97 )         |
| 二、         | 起动器 .....               | ( 99 )         |
| <b>第六节</b> | <b>荧光灯及其附件的挑选</b> ..... | <b>( 103 )</b> |
| 一、         | 荧光灯的挑选 .....            | ( 104 )        |
| 二、         | 镇流器的挑选 .....            | ( 105 )        |
| 三、         | 起动器的挑选 .....            | ( 106 )        |
| <b>第七节</b> | <b>使用注意事项</b> .....     | <b>( 107 )</b> |
|            | <b>第八章 常见故障及其消除</b>     |                |
|            | <b>参考文献</b> .....       | <b>( 123 )</b> |

# 第一章 气体放电

## 第一节 从气体放电谈起

提起“气体放电”这个词，也许有人感到有些陌生，实际上气体放电现象却早已为我们所熟悉。雷雨时的电闪雷鸣是我们大家所熟知的，它就是自然界中的气体放电现象。雷雨时，在云块和云块之间，或者云块和地之间存在着一定的电位差，极大的电位差所产生的强大电场使云块之间或云块和地之间的气体击穿，气体被激发、电离。气体击穿时所发出的巨响就是雷鸣，放电所发出的光就是我们所说的闪电。

“雷”和“闪”自古以来就为人们所熟悉，在科学不发达的古代，人们不能正确地认识这种自然现象，而对它给予唯心的解释，认为是神的力量，是雷公的威力。只是到了近代，人们通过对电的研究，才对“雷”和“闪”有了本质的认识。

既然气体放电可以产生“闪”，也就是发光，那么能不能把自然界中存在的气体放电现象在一个小小的容器里再现，而使气体放电发出的光为我们人类服务呢？关于这种想法的付诸实现却是二十世纪的事情了。

像图1.1所示的那样，在一根长管形密闭的玻璃容器中，封入一定压强的某种气体，两端具有电极A、B，把一台调压器的初级接到电源上，调压器的次级接到电极A、B上，闭合电源开关，转动调压器，当放电管两端的电压达到

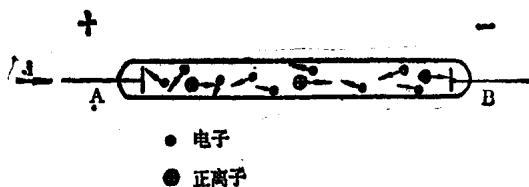


图 1.1 放电管

某一值时，电极 A、B 间的气体被击穿，在玻璃管中发生气体放电，并且伴随产生发光现象。

玻璃管中的气体是怎样被击穿的呢？为了考虑问题方便，我们假设加到放电管两端的电压为直流电压，并且 A 为正极，B 为负极。当两电极上加有电压时，电子在电场的加速下向阳极作加速运动，由于玻璃管中充有一定压强的气体，电子在向阳极运动的过程中将不断地和这些气体原子碰撞。

电子和原子的碰撞形式有两种，一种是电子碰撞原子后，原子本身的内能没有改变，这种碰撞叫做弹性碰撞，另外一种碰撞是碰撞后原子的内能发生改变，这种碰撞叫做非弹性碰撞。我们大家都知道，原子是由带正电的原子核和绕核旋转的带负电的电子组成的，核电荷数等于电子电荷数，原子呈中性。核外的电子只能在一定的轨道上绕核旋转，它们按照一定的法则从内轨道向外轨道排列，排列在最外层的电子叫做价电子。在正常情况下，原子中最外层的电子也在一定的轨道上绕核旋转，具有一定的能量。当外层电子接受了某一外来能量之后，它会跃迁到更高的能级上去，电子能量增加，整个原子的内部能量也增加，这叫做激发。处于高能

级上的电子是不稳定的，在很短的时间内就会跃迁到比较稳定的低能级上去，当电子返回原来能级或者跃迁到另一个较低的激发态能级上时，就会释放出能量。能量以光子的形式释放出去，就是原子的激发发光。如果原子受到具有足够能量的电子碰撞时，原子外层的电子会因这种碰撞而离开原子，变成不受原子束缚的可以自由移动的自由电子，原子失去电子而变为带正电的正离子。

在放电管中，除了电子与原子的碰撞之外，还有原子与电子、电子与激发原子、原子与激发原子、原子与离子、激发原子与激发原子等多种碰撞，这些碰撞也在气体放电中起一定的作用。

上面已经谈到，原子中的电子只能在一定的轨道上绕核旋转，这些轨道是分立的、不连续的，电子只能取对应于这些轨道的能量值。因此，在原子被激发时，电子所能吸收的能量值就不能是任意的，而只能取那些分立的值，相应的原子能量的增加也只能取那些分立的值。为了直观起见，我们以汞原子为例，把这些分立的确定的能量用“能级”来表示，示于图1.2中，这种表示原子能量的图叫做能级图。如果原子处于某一能级上，那么就意味着原子具有这一能级所表示的能量。例如：如果说汞原子处在 $6^1P_1$ 能级上，那么就是说汞原子具有6.67电子伏能量。如果说汞原子处在 $6^3P_1$ 能级上，那就是说该原子具有4.48电子伏能量。在能级图中，每一条横线都代表一个能级，用一个特定的符号表示，最下面的一条横线表示汞原子的基态能级。通常情况下，原子就处在这个能级上。高于基态的每一个能级都代表汞原子的一个激发态。汞原子可能的激发态很多，这里是汞原子简化的能级图，只画出了与我们所讨论的放电关系密切的激

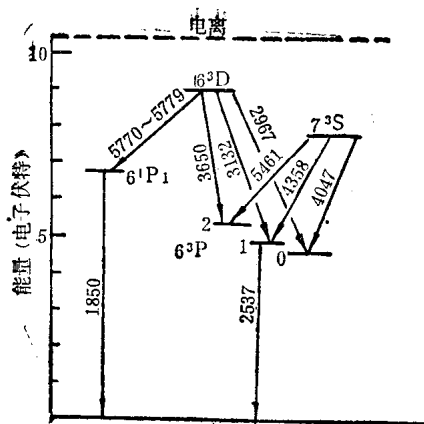


图 1.2 汞原子的能级图

发态能级。欲把一个基态的原子激发到激发态能级上，或者是把它从较低的激发态能级激发到较高的激发态能级上，就需要供给原子一定的能量，这个能量叫做激发能。能级图中最上面一条虚线代表原子电离所需要的能量，对汞原子来说这一能量为10.39电子伏。所以，要把一个基态的汞原子电离，就要给基态原子10.39电子伏的能量。如果这一能量是由快速电子通过碰撞提供的，那么快速电子至少必须具有10.39电子伏的能量。而电子的能量则取自电场，在从这次碰撞到下一次碰撞的自由运动路程（即自由程）中电子被电场加速，运动能量增加，电子从电场中获得能量的多少取决于电子在此自由程中所穿过的电位差，电子为了与汞原子发生电离碰撞，在自由程中穿过的电位差至少为10.39伏，这个电位也被称作汞原子的电离电位。

在图1.1所示出的放电管中，充入的是气体，气体是绝缘

的，为什么当管端的电压加到一定值以后会导电呢？我们知道，某种物质是导体还是绝缘体，关键就在于这种物质中是否存在可以自由运动的带电粒子。如果这种物质中存在许多可以自由移动的带电粒子，那么当有电压加于这种物质时，其中形成电场，带电粒子就在电场作用下作定向运动，形成电流。所以，这种物质就是导体。如果这种物质中不存在可以自由移动的带电粒子，那么即使在它上面加上电压，也不会有带电粒子的定向运动，不能形成电流，那么，这种物质就是绝缘体。在正常情况下，气体原子为中性原子，气体中没有可以自由移动的带电粒子，为绝缘体。然而，由于宇宙射线、太阳辐射或是地壳辐射等高能粒子的作用，气体中总有极少数中性原子被电离，因此，即使是在绝缘气体中也有极少数的自由带电粒子存在。这被叫做空间原始电离（或称剩余电离）。当外加电场时，电子迅速被加速，气体原子可以在高速电子的碰撞下电离，释放出电子，而原子本身成为正离子，随着这种电离过程的进行，可以自由移动的带电粒子逐渐增多，直到成为良好的导体。此时，气体被击穿，放电开始。

在放电管中，为什么只有当放电管两端的电压达到一定值以后才开始放电呢？因为正如上面所讲的那样，要放电开始，就要使气体成为电的良导体，在气体中产生许多可以自由移动的带电粒子，这些带电粒子就是离子和电子，这就要求使管中的气体原子受电子碰撞而大量电离。而每一种气体都有一定的电离能，电子必须获得足够能量才能使气体原子电离。在图1·1所示的放电管中，电极材料、封入气压、电极间长度是确定的，放电管中电子获得能量的大小主要取决于使电子加速的电场 $E$ ，对于平板形电极，若两级板间的电

压为  $V$ ，极间距离为  $d$ ，则  $E = \frac{V}{d}$ ，电子在一个自由程中所获得的能量  $\epsilon$  为

$$\epsilon = eE\lambda = e \frac{V}{d} \lambda = ev \frac{\lambda}{d} \quad (1)$$

式中  $d$  为极间距离，在这里是确定的。 $\lambda$  是电子的自由程，在气压一定的情况下  $\lambda$  也是一定的。所以只有当电压  $V$  达到某一值时， $\epsilon$  才能大于气体原子的电离电位，电子与原子的碰撞在管中产生足够多的电子和离子，使得电极 A、B 间的绝缘完全破坏，气体击穿，放电开始，这时的电压值叫做该放电管的着火电压。

从表示电子在电场中获得能量的 (1) 式还可以看出， $\lambda$ 、 $d$  与放电管所需要的着火电压也有着密切的关系。在其它条件相同的情况下， $\lambda$  越大，也就是放电管中的气压  $P$  越低，在一个自由程内电子从电场获得的能量就越大。另外，若极间距离越小，在同样的电压下电场就越大，这也使得电子在一个自由程内获得的能量增加。所以，为了降低着火电压，似乎  $\lambda/d$  的值越大越好。但是，考虑到  $\lambda$  太大或  $d$  太小时，电子从电极 A 向电极 B 的运动过程中，与原子的碰撞次数减少，从而，电子在此期间产生电离碰撞的次数减少，产生的电子和离子数减少。因此，只有当  $\lambda/d$  的值，也就是  $pd$  值为一最佳值时，着火电压最小。放电着火电压与气压、极间距离的关系可以用曲线表示于图 1.3 中，图中的曲线叫做巴邢曲线，从图中可以看出，在  $pd$  的某值处有一个最小的着火电压  $V_{\min}$ 。

以上讨论的是放电管两端加直流电压时的情况，如果在放电管两端加交流电压，情形仍然和上述的一样，只不过 A、

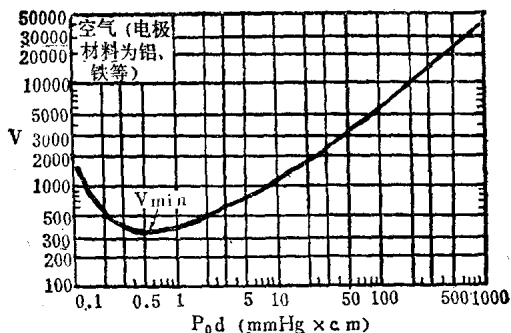


图 1.3 着火电压与气压、极间距离的关系

B两电极交替为正负极而已。

## 第二节 荧光灯的放电原理

荧光灯中的放电是一种低压水银蒸气放电。

图1.4示出了在荧光灯中产生气体放电时灯中的电位分布。

在放电的荧光灯中,两电极间大致可以分为阴极位降区、阳极位降区、正光柱区三个部分。

在阴极位降区的电场强度比其它部分的电场强度高。对于低压水银蒸气放电灯来说,此区域中的电位降和水银的电离电位大致相等,约为10伏以上。因为荧光灯中的放电属于弧光放电,汞蒸气压和灯电流变化时这个值不会有太大的变化。

当我们仔细观察一根未涂荧光粉的灯的放电情况时,就会发现,紧接着阴极位降区的并不是正光柱区,而是负辉区,它是直径为几厘米的发光球,发出蓝色的光。紧接着负辉区的是一个不发光的区域,这个区域叫做法拉第暗区,法



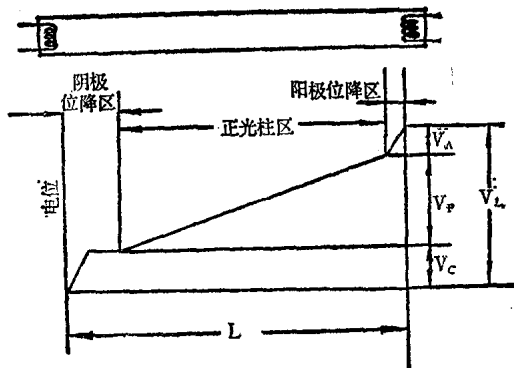


图 1.4 荧光灯中的电位分布

$V_A$ —阳极位降     $V_P$ —正光柱位降  
 $V_C$ —阴极位降     $V_L = V_A + V_P + V_C$ —管压降  
 $L$ —放电区间长度

拉第暗区与正光柱区相接。阴极位降区在荧光灯轴方向上的长度很短，但是，在这样极短的距离上却有10多伏的电位降，所以电位梯度极大，电场很强。

由阴极发射的电子，在阴极位降区的强电场作用下加速，电子的速度很快地增大，动能迅速增加。但是，阴极位降区的轴向长度短，小于电子的平均自由程，在阴极位降区中的绝大部分电子（除少数从阴极发射出来时就具有较大动能的电子外）的能量都小于汞原子的激发能和电离能，电子几乎不与原子发生激发和电离碰撞，故而该区域很暗。当电子接近和到达负辉区时，电子已经在阴极位降区的强电场作用下获得了足够的能量，而且因为这些电子都是从阴极开始加速的，所有电子几乎具有一致的能量。因此在负辉区中有大量的高能电子与汞原子碰撞，碰撞激发和碰撞电离激烈地进