

## T5节能灯主要性能指标与控制技术参数

T5荧光灯问世后很快受到照明行业的重视,国际电工委员会已于1997年12月将T5荧光灯系列纳入IEC60081标准,对灯的尺寸、启动特性、电特性、阴极特性等作了规定。2002年5月,我国发布的GBPT10682—2002《双端荧光灯性能要求》国家标准也收纳了T5灯管系列内容。从参数指标上看,光参数、寿命等指标与国外大公司尚有一定差距,这也客观反映了国内多数厂家的制灯工艺水平。这里就几项主要性能指标加以分析,并提出相应控制方法。

### 1、电参数及其控制

T5荧光灯分为高光效(HE)和高亮度(HO)两大系列。IEC60081和GBPT10682—2002中规定了T5 HE系列灯管的额定电流、灯端电压等电参数。两个标准的相关参数完全一样,所不同的是IEC60081规定测试温度为35℃,而GBPT10682—2002规定测试温度为25℃。实际上在不同温度下,电参数特别是灯端电压是有一定变化的。对于T5(HE)荧光灯,其显著特点是无论额定功率为何种规格,灯的额定电流都一样,从而使该系列各种规格灯管的阴极特性完全一样,简化了阴极设计,更便于大规模生产中的品种调整。对于T5 HO系列荧光灯,是在与HE荧光灯管长相等的条件下,通过提高工作电流增加灯的功率以获得更大光输出的。标准规定,不同规格的灯管,工作电流不同,因此阴极的设计也不相同。在灯管的设计尺寸和灯电流确定后,灯端电压和灯功率很大程度上取决于灯管的真空度以及充入惰性气体的种类和压力。有资料介绍,T5 HE灯管采用纯氩作填充气体,目的是防止充填氩氙混合气低温下易产生的“条纹放电”现象。但实际上,如充填纯氩灯端电压和功率接近甚至超过标准规定上限,无法达到额定值。由理论计算和实际制灯试验可知,要达到IEC标准规定的电参数额定值仍可采用氩氙混合气。从理论上讲,气体的原子量越大,电子与它碰撞截面越大,碰撞几率增加。在等量气体下,带1eV能量的电子与氩气和氙气碰撞几率之比为300:400,这使电子在氩气中迁移率比在氙气中小了不少,电子和汞离子的双极扩散也变小,管壁损失下降,故充氩荧光灯的正柱电位梯度较小;加之氩气的电离电位比氙气低,阴极位降相应降低,所以灯端电压比充氙荧光灯低。但是,氙气的亚稳级电位决定了它无法象氩气那样与汞组成潘宁气体,产生潘宁效应。这就使得灯的启动电压增高,造成启动困难。为了兼顾电参数和启动性能,可在灯管内充填按一定比例混合的氩气和氙气。T5 28W灯管实测灯端电压与氩氙混合比例的关

### 2、光通量及其控制

光通量是灯管的主要性能指标。

与国外的水平之间存在着一定差距,这是由材料、设备、制灯工艺水平所决定的。要缩小这些方面的差异应从以下几方面着手:

(1) 选用优质三基色荧光粉。由于国内荧光粉生产厂受到设备条件和工艺水平的制约,荧光粉的纯度与国外先进水平有较大差距,粉中杂质含量如  $\text{Al}_2\text{O}_3$  等杂相和金属杂质Na、Fe等比国外产品高1~2个数量级。这些杂质的存在,在点燃产生的185nm紫外线作用下吸收254nm紫外线和荧光粉转换的可见光辐射,造成灯的光通量大幅下降。同时,工艺差异造成的粒度控制、热稳定性、化学稳定性和辐射稳定性方面的差距也进一步影响了灯管的发光效率。我们曾用国内几个主要荧光粉生产厂家的6400K三基色荧光粉与日本日亚、东芝的同类产品进行制灯试验比较,结果光效相差5%~10%,个别厂家甚至高达14%以上。因此,要生产出高光效T5荧光灯,选用高质量的荧光粉是非常必要的。

(2) 优化粉管制备工艺。首先是荧光粉层的厚度问题。从理论上讲要使98%以上的紫外线被涂层吸收,应有相当四颗荧光粉微粒厚度的涂层重量密度,否则会使紫外线转换可见光的效率下降;但涂层过厚则本身对可见光的吸收也增加,从而导致光输出降低。因此涂层的最佳厚度应通过试验加以确定。值得一提的是,T5荧光灯采用了 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 保护膜技术后,由于保护膜对紫外线有反射作用,可将透过粉层的紫外线反射到荧光粉上,这样就提高了转换效率。所以采用保护膜技术的灯管,荧光粉涂层稍薄些也不致影响光效。其次,在烤管时由于粉管管径比T8、T12灯管小得多,有机粘结剂分解时产生的 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 等气体不易分解和排出,必须通入足量经加热的空气或氧气,促使粘结剂彻底分解和排除。由于保护膜所用的材料 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 极易吸潮吸气,所以烤好的粉管要及时封口、排气,以免管内吸附的水气不能完全排出,而在灯管早期燃点时产生氧化汞,吸附于粉层内壁,造成光输出下降。

(3) 采用氩氙填充气体提高灯管光效。由于氙气体原子量大,与电子产生弹性碰撞的几率高于氩气,比值为400:300。

显然,灯管用氩氙混合气做填充气体与用纯氩相比,发生弹性碰撞时能量损失要小,这对提高光效是有利的。同时,由于氙的原子量大,能更好地保护阴极,所以充填氩氙混合气时可根据混合比例适当降低充气压力。而充气压力的适当降低有

利于进一步提高灯管的光通输出。从测试情况看,采用氪氙混合气取代纯氙后,灯管的功率虽有下降但总光通量并未明显降低,故灯管的光效得到了提高。

(4) 选择适当的饱和汞蒸气压。在荧光灯中,由灯的冷端温度所确定的灯内饱和汞蒸气压对灯的发光效率有至关重要的影响。饱和汞蒸气压过高或过低都可以导致25317nm光子的减少。国内外有些同行担心T5灯管直径小、管壁负荷大、灯管温升过高,使汞蒸气压超过最佳值而导致发光效率下降,所以在控制饱和汞蒸气压方面采取了不少措施。如欧洲几家公司将灯管一端芯柱的玻璃部分加长到25mm,以降低灯管冷端温度;有的厂家采用汞齐以降低管内的饱和蒸气压。这些措施的必要性值得商榷。对于T8、T12型荧光灯,冷端温度40、对应环境温度25左右时光效最高;而T5荧光灯由于管径减小,最佳汞原子浓度(饱和汞蒸气压)上升,加长芯柱后最佳冷端温度约45~50,对应环境温度为35左右。显然,从灯管设计角度考虑,在35环境温度条件下,灯管应处于最佳光效状态。从实际应用的角度考虑,国内T5灯管通常安装于敞开型的支架灯具和半敞开的格栅式灯具中。以常用规格28W灯管为例,在室内常温25时,装在灯具内的灯管冷端温度一般不会超过45,所以似无必要刻意采取降低饱和汞蒸气压的措施。相反,饱和蒸气压过低,一旦环境温度下降,灯的光效骤降,反而使灯具的光输出严重不足。当然,对于管壁负荷更大的高亮度(HO) T5灯管或是安装在密闭灯具中的高光效(HE) T5灯管,由于灯具散热性差,灯管的使用温度升高,采取以上措施则是必要的。因此若有条件,对于不同使用场合的灯管采取相应的工艺才能最大程度地获得高的发光效率。

### 3、光通维持率及其控制

国标GBPT10682—2002中,2000h光通维持率为88%。影响光通维持率的主要因素有以下几方面:

(1) 在光电场作用下,汞离子迁移到玻璃内表面,与电子复合形成汞原子,凝聚生长成金属态汞的微粒,使玻璃黑化;

(2) 在高温和185nm紫外线作用下,玻璃中的钠离子迁移到玻璃内表面,被电子还原成钠原子,再与汞原子化合生成黑色钠汞齐,使玻管发黑;

(3) 管内的碳、汞及汞的化合物吸附于荧光粉层表面,形成吸光薄膜;

(4) 在灯管不断启动和燃点过程中,阴极发射物质不断溅射、蒸发而覆盖到阴极附近的粉层上。伴随以上因素引起的光衰退,管内的汞消耗也在增加。从我们收集的国内低档T5灯管来看,部分灯管燃点1000~2000h就出现整支灯管表面严重黑化、甚至无汞现象。采用保护膜涂敷工艺对金属态汞微粒在玻璃网络中的生成和钠汞齐的形成有很强的抑制作用。该工艺的基本方法,是在涂荧光粉层前先在玻管上涂一层保护膜层,然后再涂荧光粉。这层保护膜犹如一道屏障,隔断了玻管表面的钠原子与汞化合的途径,也阻挡了汞原子渗入玻管表层内部。保护膜的材料种类较多,常用的是进口—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,其特点是纯度高、颗粒细、比表面积大、分散性好,配制工艺较简单,涂层厚度易控制,是涂敷保护膜的首选材料。涂敷液可以用有机溶液或去离子水作载体。使用何种载体应视荧光粉浆的溶剂材料而定,采用醋酸丁酯涂粉时,保护膜涂敷液用去离子水效果较好。为了使涂层上下均匀,可加入少量粘结剂,水涂保护膜涂敷液中还可加入适量两性电解表面活性剂和湿润剂,以消除涂敷时产生的气泡,确保涂层细密均不同载体的涂敷液涂膜后的定型处理也不尽相同。涂层的厚度由—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的百分比浓度、涂敷液粘度、涂膜机内的热风温度、风量和电热管辅助加热温度确定。采用有机溶剂时,风温可低些,如使用去离子水时则要提高风温和机内温度。由于大功率T5灯管尺寸长,涂膜机采用辅助加热时,电热管应由前到后、从上到下呈阶梯型排列,才能使玻管的膜层上下均匀、厚度差小。通过材料优选和工艺控制,实际生产中T5灯管2000h光通维持率可达到94%以上,较涂膜前提高6%左右,且整个寿命期内因灯管黑化无汞而失效的灯管几乎消除,同时用汞量大幅度下降。以28W灯管为例,注汞量由原来的12~15mg下降到4~5mg,不但降低了汞黑灯管产生的几率,也减少了汞对环境的污染。

### 4、寿命及其控制

除了因汞消耗完造成的灯管失效外,灯管的寿命还取决于发射热电子的阴极,因此灯丝参数的设计和阴极材料的选配是否合适至关重要。灯丝设计首先应考虑预热要充分,否则灯管靠高电压击穿冷启动时,阴极会受到能量很大的离子轰击使发射物质严重溅射,灯管出现早期发黑。在IEC标准已确定预热电流和阴极电阻的情况下,灯丝所用钨丝的直径、长度以及灯丝的螺距、圈数等结构参数将直接影响阴极预热温度。其次,灯管正常燃点时,阴极要有适当的工作温度。由于T5灯管使用的电子镇流器工作于高频状态,与50Hz工频状态有很大区别:高频下在电极附近形成等离子区,阴极位降低,阳极位消失,电极加热功率减小,若外电路不采取辅助加热措施,灯电流又欠大时,为了维持热电子发射,只好有赖于离子轰击,这种“欠热”工作状态显然会导致阴极发射物质的严重溅射,缩短阴极寿命;若灯丝设计不合理或电子镇流器与灯丝匹配不当使灯丝加热电流过大,又会导致阴极热点温度过高加速阴极发射材料的蒸发。如何设计灯丝

结构,使阴极正好达到热电子发射温度,并增加电子发射材料的涂敷量、提高其附着强度是提高阴极寿命的关键。T5 荧光灯的灯丝采用了当今流行的主辅式三螺旋灯丝结构。这种结构的灯丝,发射物质可渗入并完全填满主丝与辅丝之间和二螺旋之间的空隙,基本消除了相互辐射,降低了阴极热点温度,减小了发射物质的蒸发;同时,其辅线圈形成的笼栅型结构不但增加了发射材料的存储量,也大大增强了阴极抗离子轰击的能力。为了防止阴极在工作时产生“过热”或“欠热”现象,设计灯丝应注意在规定试验电流下除阴极特性(热电阻)应符合标准规定外,同时该热电阻与常温下灯丝的冷阻亦应有一确定的比值范围,一般在4~5之间。若达到该要求,所用的镇流器又满足匹配要求,则阴极发射材料的损耗将大大减小。笔者曾用主辅式灯丝与单丝三螺旋灯丝在相同条件下制灯,用性能相同的电子镇流器分别进行燃点试验和开关试验。

试验项目 燃点试验(h) 开关试验(次) 发黑寿终

单丝三螺旋灯丝 7000 500 12000

主辅式灯丝 15000 2200 60000

可见采用主辅式结构,阴极寿命明显提高。

## 5、光色及其控制

与其它稀土荧光灯一样,T5 灯管的光色与三种单色粉的配比及制灯工艺有关,此前多有资料介绍,这里不再赘述。值得注意的是出现灯管两端发光颜色明显差异的色差问题。由于T5 荧光灯玻管细长,干燥速度较慢,玻管在涂粉时是垂直放置,荧光粉悬浮液由上端流下时,由于单色粉的密度、颗粒度、形状不同,流下的速度、行程也不同。在颗粒度、形状差异不大的情况下,往往密度最大的红粉流速最快,集中在粉管下端;密度最小的蓝粉流速最慢,最先干燥,这就形成了灯管上端偏青、下端偏红的色差现象。了解色差形成的原因后,应从以下几方面加以控制:

- (1) 根据单色粉的密度确定其颗粒级配和粒度分布,即红粉粒径可细些,蓝粉粒径可适当粗些,以保持在同一流速下三种粉的比例基本相同;
- (2) 控制好荧光粉悬浮液的粘度,避免因粘度过小引起的上下端粉层厚薄差现象;
- (3) 调整涂粉机的风温和风量,使所涂敷的粉管保持一个适当的干燥速度。由于涂粉方式、材料、设备不同,要反复进行工艺试验,确定最佳工艺参数,才能使色差控制达到满意效果。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/13123.html>