

光源标准与灯具设计

上海时代之光照明电器检测有限公司 陈超中

摘要：本文介绍了光源标准对灯具设计的要求，提出灯具设计不仅应满足灯具标准的要求，还应满足光源标准要求（包括光源的安全要求和性能要求）的理念。

关键词：灯具；灯具设计；光源标准；灯具标准

IEC60598-1:2003《灯具一般安全要求与试验》第0章一般介绍中指出：根据IEC导则，新的IEC标准分成安全标准和性能标准。光源安全标准中，“灯具设计信息”是为光源安全工作给出的，按IEC60598-1测试灯具时，应将其作为规范性附录。应注意为使光源正常工作，应遵循光源性能标准中含有的“灯具设计信息”，但IEC60598-1不要求将光源性能测试作为灯具型式试验认可的一部分。

灯具安全标准与光源标准是紧密相连的，在关注灯具标准的同时，还得充分关注光源标准，灯具设计时应考虑如何使光源安全且正常的工作，以设计出光源标准所要求的灯具。



一、来自光源安全工作的要求

1、热安全要求

灯具应设计成使装入光源的灯头温度，不应超过相应光源标准规定的灯头最高温度。

- a) 双端荧光灯正常工作条件下灯头最高温度（IEC61195）
- b) 单端荧光灯异常工作条件下灯头最高温度（IEC61199）
- c) 家庭和类似场合普通照明用钨丝灯正常工作条件下灯头最高温度（IEC60432-1）

对于燃点位置有限制的光源，例如装有E27或B22d灯头的60W烛形和球形灯，灯头在上燃点位置除外才能达到灯头温升要求时，根据光源的内包装盒或包装箱上的标志(如烛

形灯：或球形灯：)，这些光源不能用于灯头在上燃点的灯具中。

- d) 家庭和类似场合普通照明用卤钨灯正常工作条件下灯头最高温度（IEC60432-2）
- e) 卤钨灯（非机动车辆用）(IEC60432-3)

自带保护屏灯的最大玻壳壁温度与压封部位最大温度。卤钨灯的灯头触点、灯端插脚、灯端柱或灯头的最大温度。反光碗边缘的最大温度。

- f) (除荧光灯以外)放电灯正常工作条件下灯头最高温度（IEC62035）

2、机械结构安全要求

- a) 双端荧光灯灯座的间距

灯具设计者应注意IEC60061-2中规定的灯座间距的尺寸和IEC60061-3中规定的有关量规的要求。

- b) 单端荧光灯和（除荧光灯以外）放电灯的灯头/灯座-定位键

可行时，灯具的设计应确保，安装在灯具中的座，对于灯/镇流器组合件，有恰当的定位键。

- c) 家庭和类似场合普通照明用卤钨灯防止与水接触

如果灯具设计为IPX1或更高的话，所有家庭和类似场合普通照明用卤钨灯应防止与水接触，例如滴水、溅水等。



- d) 金卤灯爆炸的防护


金属卤化物灯的工作压强比大气压强高得多，在一些尺寸紧凑的光源中一般为10~15atm。由于长期的化学作用，或者光源制造时某些渐进性缺陷的延续，或者遭遇到外

界的影响,都可造成光源在非工作状态下的自身损坏,这种危害性对各类金属卤化物灯都是存在的。由于大多数的金属卤化物灯有可能发生强烈爆炸和产生高温碎片溅散的危险。对此,光源的制造商警告要求防备光源可能发生的爆裂,或者参考 IEC61167 有关光源的数据单,在灯具设计和光源的应用时,应考虑有足够的预防措施来保证使用者的安全。以防止这种爆裂的危险性。通常,金属卤化物灯应设计成:即使在非工作状态下损坏的时候,它也具有防护热玻璃碎片溅散伤人的功效。在电弧管周围有内置的专门防碎罩的光源才允许使用在开放式的灯具中。

e) 金卤灯紫外辐射的防护

所有的金属卤化物灯都辐射紫外线,因此使用这种光源通常要求有一定程度的紫外辐射防护措施。因为玻璃能吸收大部分波长短于 350nm 的紫外线,所以对装在硬玻璃外壳内的金属卤化物灯电弧管的紫外辐射仅存在很小的有害紫外辐照的危险性。

某些类型的金属卤化物灯发射出高强度的紫外辐射(非反射型光源,其辐射量大于 6mW/klm,或者反射型光源,6mW/(m² × klx))。对此,光源的制造商提供警告注意事项或者符号(),要求在灯具中使用防护屏,以及紫外警告注意事项或者符号(),应使用符合 IEC60598-1 附录 P 要求,具有足够的吸收紫外的防护屏。(对于 IEC61167 标准化的光源,其专门的有效紫外辐射功率最大值在光源数据单中规定。对于非标准化的光源,最大值应由光源制造商提供。)

某些类型的金属卤化物灯发出低强度的紫外辐射(非反射型光源,其辐射量大于 2 mW/klm 但小于 6mW/klm,或者反射型光源,其辐射量大于 2 mW/(m² × klx)但小于 6mW/(m² × klx))。对此,光源的制造商提供警告注意事项或者符号(),要求在灯具中使用防护屏,但未提供紫外警告注意事项或者符号,对于该防护屏,IEC60598-1 附录 P 的要求不适用。在这种情况下,任何玻璃会使紫外辐射降低到一个足够低的水平。

仅带石英泡壳的金属卤化物灯或电弧管裸灯就必须装在完全封闭的和附有吸收紫外线前透镜的灯具中工作。但是,为紫外光化应用而特殊设计的金属卤化物灯是一个例外。生产紫外安全的环保产品是必要和可能的。这类光源或在石英外泡壳上涂有一层铈-钛膜,这层涂膜能吸收波长小于 375nm 的紫外辐射,或在光源表面涂以阻挡紫外透过的薄膜,而只让可见光逸出。

3、电气安全要求

a) 家庭和类似场合普通照明用卤钨灯的灯头/灯座配套系统

为单端超低电压灯而设计的成套灯头/灯座,不得用于为电源电压而设计的灯具中。这类成套灯头/灯座有: G4, GU4, GU5.3, GX5.3, GU7, G6.35 和 GY6.35。

c) 卤钨灯(非机动车辆用)

(1) 灯头/灯座配套系统

最初为单端超低电压卤钨灯开发的灯座不得用在额定电压大于 50V 的普通照明用卤钨灯的灯具中。超低电压灯头/灯座配套系统有: G4, GU4, GY4, GX5.3, GU5.3, G6.35, GY6.35, GU7 和 G53。

(2) 串联工作

超低电压卤钨灯不得串联工作,除非这种灯是专门设计用于这种串联工作,并且灯的制造厂认可这种用法。还允许使用能适当限制灯电压和(或)电流的特殊线路。

(3) 外部熔断器

-普通照明用超低电压单端卤钨灯

额定电压在 24V~50V 之间的普通照明用超低电压单端卤钨灯应与 IEC60432-3 规定的熔断器串联工作。

-摄影卤钨灯

摄影卤钨灯应与 IEC60432-3 规定的熔断器串联工作。

c) (除荧光灯以外) 放电灯寿命终止可能产生的情况

对于大多数高压钠灯,在光源寿命终止时许多光源存在整流效应的危害性。它可导致光源控制装置(镇流器、变压器和(或)启动装置)的过载。应采取足够的措施确保在这种情况下能够维持光源的安全性。

下列型式的光源不易发生整流效应:

- 额定功率 1000W 的高压钠灯;
- 设计成代替高压汞灯的高压钠灯;
- 由光源制造商声称光源不易产生整流效应的其他高压钠灯。

对于某些金属卤化物,在光源寿命终止时许多光源存在整流效应的危害性。它可导致光源控制装置(镇流器、变压器和(或)启动装置)的过载。在这些情况下,光源的制造商警告防止可能的整流效应,应采取足够的措施确保在这种情况下能够维持光源的安全性。

下列型式的光源泡易发生整流效应:

- 由 IEC61167 光源数据单识别的寿命终止时易产生整流效应的金属卤化物灯;
- 由光源制造商声称光源易发生整流效应的其他金属卤化物灯。

二、来自光源正常工作的要求

1、热要求

a) 带内启动装置的单端荧光灯

如果适用的话,按照 IEC60598-1 的 12.4.1,在正常工作条件下,在导柱底部测得的灯头温度不应超过 IEC60901 中有关光源数据表规定的最高值。这个温度限制是由于在灯头内装有辉光启动器和无线电干扰抑制电容器的缘故。

b) (非车辆用)卤钨灯

为了确保在整个寿命期内能良好工作,灯具必须设计得能提供一个工作环境,它可以保持封接部位、玻壳壁等关键部位的温度不超过 IEC60357 的温度限制。这对保持卤钨循环的正确功能、封口在整个寿命期内完整是非常重要的。

) 石英灯最高封接部位温度

允许的最高石英灯封接部位的温度在每个光源的有关数据单中规定。允许的最大封接部位的温度取决于制造商声称的额定光源寿命。最大封接部位的温度要求的合格性应避免光源过早的失效。

) 玻壳壁温度

玻壳壁温度与卤钨循环有关。在适当的温度条件下,从灯丝蒸发出来的钨在玻壳壁区域内与卤素反应形成挥发性的卤钨化合物。当卤钨化合物扩散到较热的灯丝周围区域时又分解成卤素和钨,释放出来的钨部分回到灯丝上,而卤素再继续扩散到温度较低的区域与钨化合,这一过程称为卤钨循环。

卤钨循环反应的平衡常数 $K_p=1$ 时,两个方向的反应速度相等。当 $K_p \ll 1$ (温度高)时,反应朝着有利于卤钨化合物分解的方向进行;反之,当 $K_p \gg 1$ (温度低)时,反应朝着生成卤钨化合物的方向进行。

平衡常数 $K_p=1$ 时的温度对碘约为 950, 溴为 1600, 氯为 2200。这个温度称为反转温度。当玻壳壁温度高于这个温度时,由于卤化物部分地分解,钨沉积在泡壳上造成泡壳发黑,所以卤钨灯的玻壳壁温度不应高于所使用的卤素的反转温度。玻壳壁温度不能低于 250, 否则会导致卤化物沉积在泡壳上,破坏卤钨循环。

在光源额定电压下,在尽可能接近光源的地方,卤钨灯的玻壳壁温度,不应低于 250, 且不应超过 900, 上限值应避免光源性能变差。

c) 高压钠灯

) 灯玻壳温度

灯具设计时注意的是要严格控制玻壳的温度,以免玻壳材料承受不适当的应力。在高压钠灯玻壳的任一点上测得的温度不得超过 IEC60662 规定的值。在测量期间,应使光源在其额定功率下工作。

) 灯头的最大温度

应小心对待上述)灯玻壳温度和)灯头的最大温度所述极限值,这些极限值受到光源的材料的影响,但是,在通常情况下,如果灯具致使光源达到这些温度,则很可能超过 IEC60662 灯端电压上升极限。

d) 金属卤化物灯

在欧洲,人们将设计重点放在很紧凑和光质特别优良的小功率金属卤化物灯上,为了适应于展示照明市场的小型灯具的设计,已千方百计将光源的几何尺寸设计成最小值。为生产最紧凑的小功率金属卤化物灯,它的外泡材料必须选用石英玻璃,以使产品能承受高的工作温度。

单端灯设计采用管状石英外泡壳,在单端夹扁密封,灯头为 G12 型双脚插针。电弧管既可以是双端也可以是单端结构,短弧隙允许光源在任何方向上燃点。单端电弧管可以是球形或椭球形的,通过设计可免去末端的热反射层,还可免去在石英电弧管旁边的一根旁路电导线,这样能限制光源在寿命期间的钠损失,从而可有效地维持光源特性。

双端灯的电弧管在管状石英外泡壳内,每端带有电引线和夹扁密封。电弧管本身是双端结构,几何尺寸(圆柱形或椭球形)被严格控制,以提供一致的光源性能。所有设计都采用位于电弧管末端的热反射层,以确保有足够的卤化物蒸气压,并规定光源必须在偏离水平面 $\pm 45^\circ$ 的方位内燃点。

为了保证金属卤化物灯可靠的工作条件,灯具应符合有关光源的数据表中规定的要求。封接部位和玻壳最高温度不能超过 IEC61167 的限值。IEC60682 给出了封接部位温度的测量方法,玻壳温度的测量见 IEC60357 的附录 C。

美国国家标准 ANSI78.43-2004 规定了单端金属卤化物灯的最高泡壳温度、最高灯头温度、最高封接部位温度以及工作位置等灯具设计所需要的信息。

2、机械结构要求

a) 双端荧光灯灯表面与启动辅助装置之间的距离(IEC60081)

采用交流电源频率或高频无启动器线路工作的灯,为了使电路经济起见,往往需要采用其他辅助启动的方法来降低光源所需要的启动电压,一般采用在放电管表面附近装一个启动导体,使其产生一个电场。在大多数情况下,需要将导电启动辅助装置接地。该装置可成为灯具中的规范部件,如可以是反射器或者反光板。

光源表面与启动辅助装置之间的距离应保持在一个合适范围内。距离太大启动辅助装置与光源一端没有一定的电位差,辅助启动的目的难以实现。距离太小会造成启动电压太高从而影响光源的寿命,还会造成光源表面的泄漏电流变大。最大距离不应超过 IEC60081 规定的启动辅助装置距离,最小距离应为 3mm。

b) 单端荧光灯相关要求(IEC60901)

) 最大外形尺寸

) 光源表面与启动辅助装置之间的距离

) 灯端支持装置

由于某些灯的长度,灯端部需要支承装置。该支承装置在设计时要保证不影响光源的性能。

如果该装置部分要固定在玻管之间,则除重力之外,不得将任何力作用于光源之上,按

照规定，还要考虑玻管之间的最小间隙。

如果需要保证装置非互换性，应按照 IEC60901 规定，支撑装置的定位应与灯头基准平面隔一段距离。

c) (非车辆用) 卤钨灯的最大外形尺寸(IEC60357)

d) 高压汞灯的最大外形尺寸(IEC60188)

e) 低压钠灯的最大外形尺寸(IEC60192)

3、电气要求

a) 荧光灯容性电路中的串联电容器

初始电容公差为 10% 的电容器，是典型的并联电容器，不适于作为串联电容器。当不利公差重叠时，电容器和镇流器的公差总和会降低光源的性能。

为了符合相关光源参数表中规定的要求，电容器公差应是窄小的，或者精选电容器和镇流器的感抗元件，以避免不利公差的重叠。

b) 带内启动装置的单端荧光灯

内带启动器的灯不应在高频电路中工作。

c) (非车辆用) 卤钨灯(IEC60357)

) 卤钨灯的应用指南

卤钨灯的寿命受到接通和(或)比光源额定电压高的电源电压下工作的不利影响，电源电压的控制对光源寿命的影响很大。设计用于较高电源电压(50V)的卤钨灯，一般来说，耐力比低额定电压的电源电压(<50V)有较大增加，特别是对于设计成非常高的发光效率和(或)高的相关色温的那些光源。发光效率和相关色温与可达到的光源寿命密切相关，因此，额定灯电压和声称的灯寿命对于持久地达到合格的灯性能的过电压程度是良好的指示器。

) 投光照明用卤钨灯的外部熔丝的应用

投光照明用卤钨灯的灯丝结构比较紧凑，以便在相应的光学系统的配合下，能使光束集中射向需要的照明物体上，产生局部照明的效果。

投光照明用卤钨灯应串联一个熔丝工作。推荐使用的熔丝额定值见 IEC60357。

d) 高压钠灯灯端电压升高

高压钠灯在寿命期间管电压有上升的特性。灯管最终损坏的主要原因是由于灯管电压上升到电源无法维持其放电，这是由下列原因引起的：(a) 与电弧管内组分(电极发射混合物、管壁材料和封接材料)的化学反应造成的钠损失；(b) 由于电弧管两端发黑或电极损耗的增加，引起了汞齐温度的提高。工作电压的逐渐升高导致了在寿命终了时光源的“循环”。在这种状况下，光源点燃后，灯电压上升，到达电源电压不能维持其放电时，随即熄弧。然后光源冷却，到达触发冲使其能再点燃灯时，灯又点燃，使灯进入连续的开关状态，每次间隔时间为几分钟。光源装入灯具后，其灯电压、功率和光输出还会受到影响。

IEC60662 对每一种类型的光源规定了允许的最大灯端电压升高数值。

三、总结

通常认为灯具设计需关注的仅仅是灯具标准，其实，灯具设计不仅仅应该关注灯具标准，还应关注光源标准中对灯具设计提出的要求。光源标准中提出的对灯具要求，是灯具标准的基础，它还是制订灯具标准的输入内容之一。因此，在灯具设计时同样还需要关注光源标准。

四、参考文献

[1] 光源原理与设计 周太明编著；

[2] 光源与照明(第四版)[英]J·R·柯顿、A·M·马斯登主编 陈大华等翻译；

[3] IEC61195:1999 双端荧光灯安全要求；

- [4] IEC60081:1997 双端荧光灯性能要求;
- [5] IEC61199:1999 单端荧光灯安全要求;
- [6] IEC60901:1996 单端荧光灯性能要求;
- [7] IEC60432-1:1999 白炽灯安全要求 第 1 部分：家庭和类似场合普通照明用钨丝灯;
- [8] IEC60432-2:1999 白炽灯安全要求 第 2 部分：家庭和类似场合普通照明用卤钨灯;
- [9] IEC60432-3:2002 白炽灯安全要求 第 3 部分：卤钨灯（非机动车辆用）;
- [10] IEC62035:2003 放电灯（除荧光灯以外）安全要求;
- [11] IEC60357:2002 卤钨灯（非机动车辆用）性能要求;
- [12] IEC60662:2002 高压钠灯;
- [13] IEC61167:1998 金属卤化物灯;
- [14] IEC60188:2001 高压汞灯性能要求;
- [15] IEC60192:2001 低压钠灯性能要求;
- [16] ANSI78.43-2004 单端金属卤化物灯