

## 增安型灯具的安全要求

上海时代之光照明电器检测有限公司 於立成

常见的防爆灯具主体结构通常有两种防爆型式：隔爆型“d”和增安型“e”，增安型灯具具有与隔爆型灯具相同的安全裕度，并且更符合其照明灯具的产品特性，具有更高的性价比。但相对隔爆型灯具而言，增安型灯具允许采用的光源种类比较少，产品设计的难度比较高，需要综合运用照明电器技术和防爆原理，这影响了增安型灯具产品的开发和运用，也造成了目前增安型灯具品种数量远少于隔爆型灯具的格局。

### 一、定义

首先,让我们从相关的术语和定义中来理解增安型灯具。增安型灯具的定义我没有找到,相关的术语和定义有如下

#### 防爆电气设备 explosion-protected electrical apparatus

在规定条件下不会引起周围爆炸性环境点燃的电气设备。

#### 增安型“e” increased safety “e”

对在正常运行条件下不会产生电弧或火花的电气设备进一步采取措施,提高其安全程度,防止电气设备产生危险温度、电弧和火花的可能性的防爆型式。

#### 灯具 luminaire

凡是能分配、透出或转变一个或多个光源发出光线的一种器具,并包括支承、固定和保护光源必需的所有部件(但不包括光源本身),以及必需的电路辅助装置和将它们与电源连接的装置。

#### 防爆灯具 explosion-protected luminaire

为防止点燃周围爆炸性混合物而采取了各种特定措施的灯具。

从上述术语和定义来看,增安型灯具的技术关键在于防止灯具产生危险温度、电弧和火花的可能性。那么,普通照明灯具中有哪些环节可能会产生危险温度、电弧和火花呢?首先光源泡壳碎裂或漏气,可能会使可燃性气体混合物进入到泡壳内,直接与炽热的电极或放电管接触,引起爆炸;灯具的电气连接松动,接触不良,可能产生危险温度、电弧和火花;灯具的绝缘承受不了过高的电压,产生击穿电弧;光源寿命终了时可能出现的灯具异常工作状态(如整流效应),可能会导致灯具控制装置产生危险温度;灯的控制装置故障时可能会产生危险温度、电弧和火花等等。

采取增安型“e”防爆型式的防爆灯具就是要从技术解决上述种种难题,才能设计出符合标准要求的增安型灯具。

从上述相关的术语和定义来理解,本人为增安型灯具归纳的定义如下,抛砖引玉,仅供大家参考。

#### 增安型灯具 increased safety “e” luminaire

一种主体结构采取增安型“e”防爆型式的防爆灯具。对在正常运行条件下不会产生电弧或火花的灯具进一步采取措施,提高其安全程度,确保灯具在整个工作寿命期间(包括光源寿命终了时和灯的控制装置故障时)不会产生危险温度、电弧和火花。

### 二、允许采用的光源及原理分析

GB3836.3-2000 eqv IEC60079-7:1990《爆炸性气体环境用电气设备 第3部分:增安型“e”》标准第5.2.1条已对增安型灯具允许采用的光源作出了明确的规定,IEC60079-7:2001标准第5.3.1条又对该条款进行了完善,通过学习,结合电光源工作原理来理解该条款。

**目前增安型灯具允许采用的光源有:**

Fa6 单插脚无启动器的荧光灯管;

无预热阴极启动和运行电路的 G5 或 G13 双插脚荧光灯管;

普通白炽灯;

自镇流高压汞灯；

灯泡破裂后，光源部分温度迅速降低至极限温度以下的其他光源。

### 光源工作原理分析

Fa6 单插脚无启动器的荧光灯管的工作原理是灯管启动时通过灯管壁上的导电膜导电预热阴极，帮助灯管启动。一旦灯管碎裂或漏气，灯管壁上的导电膜会随即断裂或氧化，使灯管断路，停止工作。

无预热阴极启动和运行电路的 G5 或 G13 双插脚荧光灯管的工作原理是将灯管的双插脚通过灯座连接短路，使灯管阴极的灯丝不通过电流，灯管启动时依靠配套的非预热启动型电子镇流器产生的高频脉冲电压击穿灯管内电场开始工作。如果灯管碎裂或漏气，灯管停止工作。

普通白炽灯的工作原理是钨丝通过电流会发光和发热，一旦灯泡碎裂或漏气，导电钨丝会瞬间氧化断裂。

自镇流高压汞灯实际是在一个高压汞灯中串入一个钨丝，在启动初期，钨丝通电发光和发热，同时，对高压汞灯相当于起到了预热和镇流器的作用。一旦灯泡碎裂或漏气，导电钨丝也会瞬间氧化断裂，使灯管断路，停止工作。

其他可用于增安型灯具的光源还有卤钨灯，一种泡壳内充有卤族气体的钨丝灯，其工作原理与白炽灯相同。

LED 发光二极管，其工作原理是通过施加电场，使半导体材料中的电子、空穴发生注入、复合发光，半导体材料是用塑料灌封在发光二极管内的。

上述这些光源根据他们的工作原理分析，即使光源碎裂或漏气，可燃性气体混合物可能进入到泡壳内，也不可能与炽热的钨丝、电极或放电管接触而引起爆炸。

上述这些光源中，普通白炽灯、自镇流高压汞灯、卤钨灯的发光效率均不高，光源表面的温度通常都超过 200℃，因此用作增安型灯具的光源时，增安型灯具的温度组别只能定为 T2 或 T1 组，适用的爆炸性气体环境就比较少。

LED 发光二极管目前尚处于研发阶段，目前能形成生产的 LED 最大功率为 5W，而且经济成本很高。目前 LED 运用在灯具中绝大部分是用作指示、装饰，而不是用作照明。

最适合用作增安型灯具的光源是上述两款荧光灯，Fa6 单插脚无启动器的荧光灯管和无预热阴极启动和运行电路的 G5 或 G13 双插脚荧光灯管是专为增安型灯具的使用而研发的，具有发光效率高、光源表面温度低、安全性高的特点，使用该两款荧光灯的增安型灯具的温度组别至少能定为 T4 或 T5 组，适用的爆炸性气体环境非常广泛。

### 三、不允许采用的光源及原理分析

**目前增安型灯具不允许采用的光源有：**

普通的荧光灯（包括双端和单端荧光灯）；

高强度气体放电灯（高压钠灯、高压汞灯、金属卤化物灯）；

低压钠灯。

### 光源工作原理分析

普通荧光灯的工作原理是灯管阴极灯丝通电预热后，由配套的镇流器产生高压，使阴极电子在灯管电场中激发击穿，使荧光灯启动正常工作。灯丝预热后再由镇流器产生高压使阴极电子激发，这样能减缓阴极老化，延长灯管寿命。但用作增安型灯具光源时，一旦灯管泡壳碎裂或漏气，可燃性气体混合物就可能进入到泡壳内，直接与炽热的灯丝或电极接触，引起爆炸。

高强度气体放电灯在泡壳完全碎裂后，放电管仍能保持电气连接，炽热的放电管一旦与可燃性气体混合物直接接触即可点燃可燃性气体混合物，引起爆炸。

任何光源当其泡壳碎裂或漏气时，光源内部不能瞬时断开电气连接，迅速降低光源内部

温度,可燃性气体混合物就有可能进入到泡壳内,引起爆炸。增安型灯具不能采用具有类似危险的光源。

低压钠灯与高压钠灯不同,高压钠灯放电管中主要含有以钠汞齐形式存在的钠分子,比较稳定,而低压钠灯的放电管中由于含有较多的游离钠,游离钠化学分子形式不稳定,非常活泼,一旦与水或蒸气接触,游离钠与水分子就会发生剧烈的化学反应,同时会产生大量热量,可能会引燃环境中的可燃性气体混合物,发生爆炸危险。因此,低压钠灯不但是增安型灯具中不能使用,所有的防爆灯具都不能使用低压钠灯,低压钠灯不能进入有爆炸性危险的场所,一旦有人将低压钠灯带入有爆炸性危险的场所而不小心摔落打碎,游离钠与地面的水分子接触就会发生剧烈的化学反应,就有可能发生爆炸危险。

#### **四、电气连接**

灯具的电气连接松动,接触不良,可能产生危险温度、电弧和火花。增安型灯具的电气连接应牢固可靠,不会自行松动,应对灯具所有的电气连接点采取附加措施,提高其可靠连接程度。

电气连接的附加措施有很多,如螺钉连接增加弹簧垫圈、具有防止导体滑出的结构、机械方式连接后再焊接等等。具体要求在 GB3836.3-2000 eqv IEC60079-7:1990 标准第 4.1 和 4.2 条均已明确规定。

#### **五、灯座**

由于光源属于易耗件,使用寿命远低于灯具,在整个灯具使用寿命周期中需要多次更换光源,为方便使用者更换光源,专门设计了灯座,为光源的安装提供便捷的机械固定和电气连接,对于灯座这个环节如何采取附加措施来确保灯头灯座的电触点连接既安全可靠又方便快捷,GB3836.3-2000 eqv IEC60079-7:1990 标准第 6.3.1 条和附录 A 对灯座提出了相关的要求。

1. 灯座须采取防止灯泡在灯座中自行松脱的措施。

2. 螺口灯座和 Fa6 单插脚荧光灯座的电触点须包覆在隔爆小室内,将灯头与灯座的电触点可能产生松动而引发的电弧和火花控制在隔爆小室内,以防止在增安型灯具内产生爆炸危险。

3. IEC60079-7:2001 标准第 5.3.7 条提出了安装无预热阴极起动和运行电路的 G5 或 G13 双插脚荧光灯的灯座的要求,灯座将灯管的双插脚电路合并连接,同时分别对每一个插脚保持足够可靠的弹簧夹紧力,使插脚接触松动的概率降低了一倍,符合增安型的附加措施的要求。

#### **六、绝缘**

灯具的绝缘如果承受不了过高的电压,就会产生击穿电弧。增安型灯具为增加绝缘性能而采取了提高电气间隙和爬电距离要求的附加措施,使得绝缘性能显著提高。GB3836.3-2000 eqv IEC60079-7:1990 标准第 4.3 和 4.4 条对提高电气间隙和爬电距离要求作出了明确的规定。

#### **七、光源寿命终了时可能出现的灯具异常工作状态**

从增安型灯具所允许采用的光源来看,仅有两种荧光灯在寿命终了时可能对灯具工作状态产生影响。

对使用 Fa6 单插脚无启动器荧光灯管的增安型灯具来讲,其配套的电感镇流器可能受到灯管老化后产生的整流效应的影响。当单插脚无启动器荧光灯管阴极老化接近寿命终了时,灯管两端的阴极损坏总有先后,当灯管的一端阴极损坏而另一端阴极尚正常时,通过灯具电气回路的交流电就会产生一端阴极导通、一端阴极断路的现象,流经电感镇流器的电流就从原来的交流正弦波变为单向半波了,此时,电感镇流器的矽钢片中由于磁滞会使单向半波电压逐渐趋于直流平铺,使矽钢片中的  $V_0$  偏离 0 位,产生磁通饱和,使电感量下降、阻抗下

降、电流大增，也会进一步使磁滞、涡流加剧，从而使温度大幅度上升，产生危险温度。

GB3836.3-2000 eqv IEC60079-7:1990 标准第 5.2.6 条规定，荧光灯的镇流器应能承受灯管老化后产生的整流效应，其温度不允许超过极限温度。

另一种双插脚荧光灯管配套使用的无预热阴极起动和运行电路的(瞬时启动)电子镇流器，由于灯管阴极未经预热而直接高频脉冲激发，将会影响灯管的使用寿命，除非灯管是专为瞬时启动特制加工的灯管。

双插脚荧光灯管寿命终了时会对灯具工作状态产生影响，主要表现为电子镇流器损坏，如果电子镇流器具有异常保护功能，则会使异常保护功能启动，使电子镇流器得到保护而避免损坏。增安型灯具的电子镇流器应能承受荧光灯管寿命终了时产生的异常工作状态而不损坏。

## 八、光源控制装置故障

增安型灯具中的控制装置(镇流器)在其寿命终了时，会出现故障状态，此时的镇流器温度会大幅度提高直至烧坏，会产生危险温度、电弧和火花等等。因此设计增安型灯具时一定要关注灯具控制装置(镇流器)防爆结构的选择和设计，并且要兼顾考虑正常工作状态、光源异常工作状态和控制装置故障状态时灯具是否会产生危险温度、电弧和火花。

首先从电子镇流器来讲，在其寿命终了时，经常会出现故障状态就是电子元器件击穿、烧坏，由于其电子线路较为复杂、元器件较多，事先很难预判是什么部位的元器件烧坏，因此较难估计故障发生时确切的温度，只能从故障发生后的焦痕来判断。由于电子镇流器总是以元器件烧坏的故障状态而告终，其内部总有可能产生危险温度、电弧和火花，因此，增安型灯具中使用的电子镇流器的防爆措施不应采用增安型“e”，而应采用隔爆型“d”或浇封型“m”、充沙型“q”等其他防爆形式。

电感镇流器的理论寿命是十年，在其整个工作寿命期间，所配用的灯管由于是易耗件，使用寿命短，肯定会损坏需要更换好几支，因此，在镇流器整个工作寿命期间，出现几次异常工作是必然的，有些维护较差的大型场所中，经常可以看到由于未及时更换灯管，使灯具镇流器长期处于异常工作状态。电感镇流器绕组的异常工作温度大大高于正常工作温度，以一个 tw130 普通电感镇流器为例，正常工作时绕组温度低于 130℃，异常工作时绕组温度将接近 232℃。

当电感式镇流器寿命将要终了时产生故障状态，镇流器线圈的绝缘漆开始老化，匝间绝缘逐步被击穿，在匝间绝缘击穿的初期，镇流器内阻减少，流经线圈的电流增大，线圈发热增加，继而进一步加速线圈匝间绝缘老化击穿的过程，直至线圈发热温度达到 350℃ 时，线圈漆包线熔化烧断，电气线路断路，这个过程才算终了。如果将电感式镇流器的防爆措施设计为增安型“e”，那么其温度组别仅能定为 T1，适用范围过小，不经济。通常会将电感式镇流器设计成隔爆型“d”或浇封型“m”、充沙型“q”等其他防爆形式。

即使电感式镇流器在采取了上述防爆措施后，还应加强对电感式镇流器线圈温度和表面温度进行监控，通过线圈温度和表面温度的测量来推算出当镇流器故障状态线圈温度达到 350℃ 时产生的最高表面温度，从而来确定灯具的温度组别。如果镇流器表面温度过高，可以采用热保护器来限制、降低最高表面温度，降低灯具温度组别。

## 九、防爆灯具安全要求的完整性

防爆灯具完整的安全要求不但应包括 GB3836 eqv IEC60079 族标准的防爆安全要求，还应包括 GB7000/IEC60598 族标准的一般安全要求，两个标准族之间的相应关系已分别在 IEC60079 和 IEC60598 标准的适用范围中进行了说明。

IEC60079-0:2000：

1 Scope

This standard does not specify requirements for safety, other than those

directly related to the explosion risk.

#### **IEC60598-1:2003 :**

##### **0.1 Scope and object**

For explosion proof luminaries, as covered by IEC 60079, the requirements of IEC60598(selecting the appropriate parts 2)are applied in addition to the requirements of IEC60079. In the event of any conflict between IEC60598 and IEC60079, the requirements of IEC60079 take priority.

IEC60079 仅包括了防爆安全要求，不包括其他的一般安全要求。防爆灯具的安全要求不但应包括 IEC60079 的防爆安全要求，而且还符合 IEC60598 标准中相关的一般安全要求，当 GB3836 eqv IEC60079 与 GB7000/IEC60598 的内容有冲突时，应优选采用 GB3836 eqv IEC60079 标准的要求。

由于 IEC60079 族标准是针对各类防爆电器的防爆安全要求的，因此，不可能对各类防爆电器各自相关的一般安全要求都予以说明，而各类防爆电器的一般安全要求均应符合各自相关的 IEC 一般安全要求标准。

防爆灯具是一种特殊的灯具，其安全性能必须符合 GB3836 eqv IEC60079 族标准的防爆安全要求，还应符合 GB7000/IEC60598 族标准的一般安全要求。如果仅仅按 GB3836 eqv IEC60079 标准进行考核，只能证明其防爆安全性能，而不能说明其一般安全性能是否可靠，一旦一般安全性能发生电器部件烧坏、接地不连续、外壳防护和绝缘失效等等严重故障，同样可能会引起爆炸事故的发生。如温度试验（热试验）与接地：

##### **温度试验（热试验）**

GB3836 eqv IEC60079 标准对防爆灯具仅提出了表面温度和电缆引入口温度的控制要求和基本试验方法，而 GB7000/IEC60598 标准对防爆灯具的热性能提出了全面的考核要求。

##### **接地**

GB3836 eqv IEC60079 标准仅对防爆灯具提出了接地连接件及接地线最小截面积的要求，而 GB7000/IEC60598 标准对防爆灯具的接地连接件、接地连续性、接地电阻、接地导线等等提出了系统的要求。

综上所述，防爆灯具安全认证检测如果仅仅依据 GB3836 标准进行检验是不够全面的，而且可操作性也不强。我们认为，防爆灯具安全认证的检测应依据 GB3836 和 GB7000 标准中相适用的条款进行全面的安全检验，既检验防爆灯具的防爆安全性能，也要检验防爆灯具的一般安全性能，只有这样，才能全面、完整地评价防爆灯具的安全性。