

新型的 MK 系列无极灯技术特点

成都电子高级工程师：郑国全（原创）

一、概述

MK 系列无极灯由绵阳市绵科电子科技有限公司研制生产，现已经在多个不同的场合批量使用，从实测数据看，MK 系列无极灯的使用效果很好，完全达到了设计要求。MK 系列无极灯有着和其它无极灯不一样的技术特点，朝着完全解决制约无极灯发展瓶颈的道路上迈出了重要一步。绵科电子科技有限公司目前开发出 10W~200W 系列无极灯，10W~35W 内是一体化灯，35W 以上则是分体灯。

二、什么是无极灯

无极气体放电灯照明技术是一个跨学科的新兴技术，它涉及到电力电子技术、气体放电和发光理论、等离子体理论、电磁场理论等许多领域，是集多种学科共同进步才可能取得的科技成果。无极灯工作所需的电能通过电磁感应的方式耦合到灯泡内，把无极灯泡体内的低压汞和惰性气体的混合蒸汽电离成等离子体，处于激发状态的汞原子返回基态时，会辐射出波长为 253.7nm 的紫外线，激发灯泡内壁上的三基色荧光粉发光，将紫外光（不可见光）转换为可见光。无极气体放电灯具有其他很多已有光源所没有的优点，比如更加节能、使用寿命特长、显色性好、可以瞬时启动、功率因数高等等，所以研究无极灯照明系统有着实际的应用价值和潜在的巨大商业价值。无极灯的设计方案已经提出来差不多快 100 年，只是在最近 20 多年才有了较大的进展。无极灯是向高频还是低频发展存在着争论，低频灯和高频灯的区别在于其工作频率分别是：230KHz 和 2650KHz，我们坚信高频才是无极灯的发展方向。

三、低频无极灯的八个误区

1、国际电工委员会（IEC）的下属组织国际无线电干扰特别委员会（CISPR）下发的国际标准【CISPR15】（1992 第四版）明确规定电磁感应灯有两个工作频率可以使用：

（I）、13.65MHz，日本松下公司的 Everlight 无极荧光灯就是工作于此一波段。II、2.2~3MHz 的波段。它介于中波和短波之间，很少用于无线电的广播和接收，荷兰飞利浦公司的 QL 无极荧光灯和美国通用电气公司的 Genura 无极荧光灯选择了这一波段，它们都工作于 2.65MHz（即 2650KHz）。2400M~2500MHz 是非通信小段，微波炉就工作于此波段内。现在的微波光源也是采用此频率。230KHz 或者左右频率的无极灯工作频率是不被国际组织承认的非法频段，它存在对航空、通信、广播、电台等设备极难消除的同频干扰，今后存在着被取缔的可能。

2、由于工作频率只是原有的十分之一，相应磁性元件的体积也增大了 10 倍，耦合器的耦合量从约 $7\mu\text{H}$ 增大到 $80\mu\text{H}$ 左右，而且是要两个。电源内磁性元件的体积也大大增加。

3、耦合器外置固然解决了它的散热难题，但耦合器完全裸露在空间，其中有一半的电磁能量被白白浪费掉反而成了干扰源。低频无极灯的工作频率比高频的降低了 10 倍，但比起节能灯镇流器的工作频率还是高了将近 10 倍，毫无遮挡的在空间自由辐射肯定是技术上的一个退步。

4、用户在使用低频灯过程中，始终有频闪的感觉，按理 200 多 K 的工作频率不应该存在这个问题，肯定技术上还有某些不足。

5、低频灯的外形非常特殊，制造就困难，成本也会升高，加之它不易小型化所以很难普及进入家庭。

6、要求专用灯具与之配套：①外形专用；②要具有屏蔽功能。一旦专用后灯具的成本就会翻番，整灯的成本升高，要降下来很困难。

7、以欧司朗为代表的国外多家大型照明公司，在近期已经无一遗漏的在全球申请了所有低频无极灯的相关专利，张着血盆大口只等我们钻进它的专利陷阱好吃肉喝血。高频灯不存在专利陷阱。

8、实践证明：低频灯比高频灯更容易出现停振现象也即是突然熄灯。越是恶劣环境下两者相比较就越是明显，这已是不争的事实。

四、高频无极灯的技术难题

1、耦合器在灯泡腔体内热量太大，造成灯的功率无法高过 165W。

耦合器的作用就是把高频电磁发生器产生的高频电磁波尽量无损耗的传送给泡体以激励荧光发光。这个环节非常关键，但很难有几家做得好。耦合器实质就是发射天线，一定存在阻抗匹配，存在驻波比大小的问题。只有阻抗匹配了，驻波比才可能最小，发射效率才可能最高。无极灯确实非常节能，但是根据测试数据显示，它的发热量还是至少占了总能耗的 46%。高频无极灯的耦合器是被置于无极灯体凹腔内，在灯体发光时，因耦合器磁损、铜损和灯体发光发热等原由，造成耦合器在凹腔内的温度很高，已经超过 260℃，接近耦合器磁性元件的居里温度点。麻烦的是，由于腔体的形状限制使得这些不断产生的热量很难被散发出去。散热有三种方式：传导、对流、辐射。耦合器因被封闭在腔体之中，就只有传导散热一条路。这种散热方式效率不高，需耗费大量铜、铝等贵重金属。事实上：正是这种散热方式制约了无极灯的功率扩大，使无极灯的研发工作一直徘徊不前。我们现采取了 4 个技术措施，并相应申请了 3 个国家发明专利来保护和支撑无极灯研发的新进步。

①、改变泡体的外形状，让耦合器不但可以进行传导散热，也能够进行对流散热。

②、改变耦合器支杆的形状和材料，用铝管替换铜棒，以技术手段强化散热的烟囱效应，进而提高对流散热的效果。

③、改变泡体内壁荧光粉的喷涂工艺，在内腔体部分不喷涂荧光粉。这会带来两个好处：第一、由于少了这块发热发光的荧光粉（原所发的光被隐藏在腔体内白白浪费掉），使内侧腔体热源减小，耦合器的工作环境也大大好转。第二、少了这块荧光粉，能提高电磁波的通透性，也明显降低了电磁功率的消耗，所有人攻击无极灯发光效率不高的借口将从此不再存在，无极灯从原来艰难的 68Lm/W 立马可提高到 80Lm/W 以上。

④、取消灯体管口处的铝制散热器用普通塑胶件代替，成本和体积都得以大幅下降，技术指标还有所提高，这就为无极灯进入家庭创造了充分必要的条件。

2、2.65MHz 的振荡频率，电磁兼容性指标较难通过。

无极灯不管是现在还是将来都存在电磁兼容性（EMC）的问题，这是所有电子电器都要面临的问题，正如汽车行业要面临不断抬高的排放标准一样。EMC，是电磁兼容性的简称，它的定义中包括两层含义：既能在一定的电磁环境下正常工作，具备一定的电磁抗扰能力（EMS）；其次是该设备自身产生的电磁干扰不能对其它的电子设备

产生过大的电磁骚扰 (EMI)。一般关注 EMI 指标要多些。电磁干扰按其能量传播方式可分为辐射干扰和传导干扰两种。采用屏蔽技术来消除辐射干扰可以取得最好效果。采用磁性滤波组件来抑制和消除传导干扰是最有效最经济的方法。我们在这方面做了三项卓有成效的工作：

①、首先按照高频理论的要求，对耦合器和与之相关联部分进行严格的阻抗匹配，分别用各种不同阻抗的同轴电缆，并以不同长度的连接电缆及磁性元件上不用高温线而用镀银铜线等方式，反复寻找它们的最佳匹配点，采用数据对比最后得到整灯的最小驻波比。高频无极灯的泡体被启亮时，泡体内的等离子体已把绝大部分电磁波吸收转化为光和热，而等离子体本身能对电磁波辐射能起屏蔽作用。同时，耦合器采用双线并绕一头悬空的方法，使横向电场强度被抵消，在电源和耦合器传输途径中泄漏的电磁波也最小，就使空间的辐射干扰降至允许范围内。

讨论 QQ: 893454012

②、对无极灯电源，我们也做了五个方面的改进：

第一：把各个功能电路尽量实现模块化。例如 2.65MHz 振荡电路、几种保护电路（高温保护、过电压保护、工作中保护、启动保护。）、功率因数校正电路等。

第二：电阻、电容、功率器件，能够采用贴片元件的就尽量用贴片元件。贴片元件的高频特性好，安装在印制板的另一面，远离主要的磁性元件，对它们能方便的进行屏蔽处理，印制板的面积可缩小，电源的体积也可望缩小，整机的可靠性大为提高。

第三：采用孔化双面印制板技术，它的高频特性好，有较强的屏蔽性能。

第四：测试发现，无极灯毕竟工作频率不高，所以电磁干扰的主要途径还是传导干扰。对付传导干扰就是使用磁性滤波组件，按工作原理区分，滤波组件有抑制式和吸收式两种，一般厂家仅采用吸收式一种。我们两种都用上，效果自然就好。

第五：采用频率抖动电路。受美国 TOP232 系列单片开关电路的“频率抖动”功能启示，在无极灯电源也采用“频率抖动”电路，可有效抑制由 2650kHz 基频及其高次谐波所产生的干扰。谐波次数愈高，频率抖动的优点愈显著。用此法实测证明可将开关频率的 5 次以上谐波噪声的平均值衰减 10dB 以上。

3、理论上无极灯的寿命大于 6 万小时，但电解电容制约了整灯的寿命。

这是无极灯的一个软肋。无极灯的理论寿命能够达到 6 万小时，但是电解电容的寿命一般仅有 3 千小时，特殊处理过的寿命能达到 1 万小时，说电解电容 1 万小时以上的一定要打问号了。怎么办？现提出一个简单的解决办法：不用电解电容，全部使用高压涤纶电容和贴片电容，它们的工作机理和电解电容根本不同，其寿命要高过电解电容一个数量级。电源电路有所改动，从试制结果看令人非常满意。