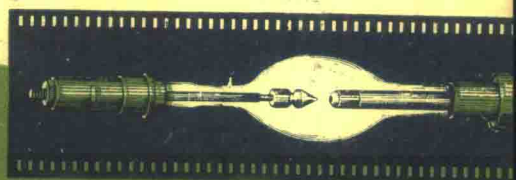


2-17



电影放映新光源—氙灯

上海市电影发行放映公司

上海人民出版社

电影放映新光源——氙灯

上海市电影发行放映公司 编

上海人民出版社

电影放映新光源——氙灯

上海市电影发行放映公司 编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2 字数 38,000

1976年12月第1版 1976年12月第1次印刷

统一书号: 15171·264 定价: 0.14元

毛主席语录

无产阶级的文学艺术是无产阶级整个革命事业的一部分，如同列宁所说，是整个革命机器中的“齿轮和螺丝钉”。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

编 者 的 话

氙灯放映电影,是电影放映战线一项重要的技术革新,是无产阶级文化大革命和批林批孔运动中涌现出来的新事物。氙灯放映电影,具有发光稳定柔和,人物形象层次清晰,彩色还原逼真,操作方便,同时又有减轻放映员劳动强度,保护放映员身体健康等优点,如果配上水平点燃的深椭圆反光镜,它的光亮度可以远远超过炭棒,使电影更好地为工农兵服务,为无产阶级政治服务,为社会主义服务。

氙灯放映电影是由工人、革命干部、科技人员三结合,以阶级斗争为纲,发扬自力更生,奋发图强的革命精神试制而成的。氙灯放映电影是一项新技术,我们还需要在今后的工作中不断实践,不断研究,改进提高,使它更趋完善。

经过生产、科研、使用等三个方面的一个阶段的反复试验,积累了一些经验,为了总结、交流,提高氙灯放映电影的质量,我们与复旦大学光学系电光源实验室、上海灯泡三厂和光辉灯具厂一起共同编写了《电影放映新光源——氙灯》一书。我们殷切希望读者能够提供宝贵意见,使氙灯这个电影放映用的新光源更快地发展,为无产阶级的电影事业服务。

上海市电影发行放映公司

一九七五年十二月

目 录

第一章	电影放映光源概述	1
第二章	超高压短弧氙灯的结构与性能	13
第三章	氙灯的整流设备和触发器	27
第四章	氙灯的安装、调整、使用和保养	37
附 录	故障与排除	51

第一章

电影放映光源概述

大家都知道，放映电影一定要用一个光源来照明。那末光源有哪几种，其中又有哪些可以用来放电影呢？

古代社会人造的光源只不过是火把、油脂、蜡烛、煤油灯之类，一直要到十九世纪，人们对光、电等现象有了比较多的了解，才开始出现了用电的光源——炭精灯、白炽灯，形成了电光源这门技术。电光源从出现到现在，已有一百多年的历史了，在劳动人民的长期使用和生产的過程中，不断地得到改进和发展，出现了能满足各种各样用途的新光源。电光源的飞速发展，是和工农业生产、科学技术的发展密切联系着的，是劳动人民在生产实践中创造了各种新光源，决不是什么天才人物、科学家灵机一动在一夜之间发明出来的。

解放以前，由于帝国主义的侵略和国民党的反动统治，我国的电光源技术十分落后，仅能生产少量的普通白炽电灯泡，而且连灯泡的钨丝还要外国进口。在解放以后，我国工人阶级贯彻了毛主席的革命路线，破除迷信，解放思想，发扬独立自主，自力更生的革命精神，在光源的试制、生产方面作出了巨大的贡献。各种具有世界先进水平的光源，我国都已开始生产和推广使用。例如，电影放映用3 瓩短弧氙灯，已经在电影放映方面使用，并取得了一些成果。

电光源的分类，按照发光的机理，大致可分为三类：第一类热辐射光源，靠加热灯丝至白炽而发光的光源，如钨丝电灯

泡,溴钨灯都属这一类。第二类气体放电光源,是利用电流流过气体或蒸气,使气体发光的光源,如日光灯、放映电影的氙灯等。第三类荧光光源,就是利用电、光、放射性等各种能量,激发发光材料,使它发光的光源,如晶体灯、场致发光灯、荧光屏等。对于电影放映前二类都用到了,所以这里主要介绍前二类。

一、热辐射光源:

我们家里都用白炽电灯泡。电流通过很细的灯丝,加热灯丝把灯丝的温度升得很高,并且发出光来。这是靠热使灯丝发光,所以称它为热辐射光源。如果用一块铁,把它放在火上烧,使它的温度慢慢升高,我们也会发现,开始铁发红,随着温度升高,发红的铁块愈来愈亮,颜色渐渐变黄,到铁熔化后,光就很强,颜色渐渐白了。所以热辐射有这样的规律,温度愈高,发光愈强,颜色也愈白。相反,则温度愈低,发光就弱,颜色就偏红,偏黄。通常我们采用色温这样一个概念来表示光源的颜色。色温用绝对温度 K 来做单位(绝对温度就是摄氏温度加上 273 度),太阳的色温 $5000K \sim 6500K$ 之间,是标准的白色光。如果色温高于 $6000K$,光源的颜色就偏蓝,色温低于 $5600K$,光源的颜色就偏黄,色温过分低,光源颜色就偏红。氙灯的色温为 $6000K$,所以和太阳光相近,放映彩色片的色彩就较好。炭精灯的色温为 $6500K$,略偏高一些,普通白炽灯的色温只有 $2800K$,颜色偏黄,卤钨放映灯达 $3200K \sim 3400K$,比普通白炽灯要好得多了。这里要指出,光源的色温和它的真温度并不相等。对热辐射光源来讲,真温度和色温度相差不多。

热辐射光源发的白色光,和任何白光一样,是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色混合而成。为什么光会有不同的颜色呢?我们平时收听无线电,信号是依靠电磁波(无线电波)

来传送的。每个电台发送的电磁波有一定的波长。例如，中央人民广播电台，发送电磁波的频率是 550 千周，波长是 545 米。光线和无线电波一样也是电磁波，只是光线的波长比无线电波长要短得多，只有一公尺的千万分之几，一般用微米作单位（1 微米等于千分之一毫米）。白光的七种颜色，就是不同波长的电磁波，我们把它列在表 1。

红色光波长最长，紫色光波长最短。从 0.38~0.78 微米之间的电磁波统统能被我们的眼睛看见，当然颜色感觉是不一样的。在这些波长范围内的电磁波我们称它们为可见光。显然放电影只需要可见光。波长在 0.38~0.78 微米以外的电磁波，我们人眼都看不到，称为不可见光。图 1 是可见光与不可见光的波长范围。

波长比红色光 0.78 微米还要长的电磁波，称为红外线。红外线对人体的作用主要是加热，虽然我们看不见它，但是感觉到很暖和。红外线太强的光源在放映时，会烧坏片基。所以近年来已经研制出一种冷反光镜，它能使可见光聚到片门

表 1

颜色	波长(微米)
红	0.78~0.63
橙	0.63~0.60
黄	0.60~0.57
绿	0.57~0.50
青	0.50~0.45
蓝	0.45~0.43
紫	0.43~0.38



图 1

上,而红外线则透过反光镜背面,使用这种反光镜就不会烧坏影片。波长短于 0.38 微米紫色光的电磁波称为紫外线。紫外线能杀菌,少量照射可使人身体健康,但过量的照射体会灼伤眼睛、皮肤。所以对紫外线很强的光源要注意防护。不同光源发出的光线中,各种颜色的光之间强度的比例是不同的。例如,色温低的光源,红、黄色的光就比较多,光源偏红、黄。我们把光源发出的光波长作横座标,强度作纵座标,画成图形来表示,就称为光源的光谱。图 2 就是不同色温下的热辐射光源的光谱示意图。500 K 色温的光源大部分是红外线,只辐射极小一部分(万分之一还不到)的红色光,所以我们看上去是暗红色。1500 K 色温的光源除红外线以外,辐射一部分红、黄色光,所以看上去带明亮的红色。炼钢炉大致上就是在这个温度。3000 K 的光源辐射出很强的红外线和各种颜色的可见光,但是红、黄色光较多,所以光源很热,颜色偏黄。我们经常用的白炽放映泡,放映卤钨灯的光谱,大致就是这样的。

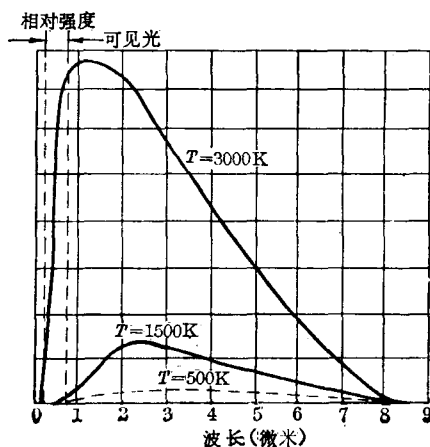


图 2

• 不同色温的热辐射光源,有不同的光谱和发光强度,发出的光的量的多少,一般用“流明”来表示,它表示了光的量的大小。对波长为 0.55 微米的绿色光,673 流明相当于一瓦。也就是说,一瓦电,全部变为 0.55 微米的绿色光的话,就是 673 流明。当然,把电全部变为光,事实上不可能没有任何损失。在热辐射光源中,电变为光的效率只有 3~12%,是非常小的。流明数越高,光的量也就愈大。我们放映员通常讲的银幕上是多少流明,就是指银幕上光量的大小。光源的流明数就是指光源总的发出光量的大小。显然,灯的功率愈大(耗电愈多),流明数也愈大。但是我们通常总是希望能消耗较小的电功率,而得到较大的流明数,所以还要引进一个发光效率(光效),它表示消耗 1 瓦电所产生的流明数。在相同耗电量的条件下,光效高的灯,发出的光的流明数也愈高,我们就说这个光源的发光效率较高。从上面的光谱分布图可明显地看出,色温不同的灯,光效也不同。色温为 1500K 的光源,光效不到 1 流明/瓦,色温为 3000K 的光源,光效将近 30 流明/瓦。既然灯丝的工作温度愈高,灯的色温也愈高,发光效率也愈高。所以要尽量选用熔点高的材料来做白炽灯的灯丝。1879 年白炽灯刚出现时,是用碳丝做灯丝,尽管它的熔点很高,但是因为碳在高温下容易蒸发,所以工作温度只有 2000K 多一点,光效只有 3 流明/瓦。1910 年开始采用钨丝做灯丝,制成了真空钨丝灯,光效可提高到 6~9 流明/瓦,色温 2400 到 2700K,这种形式灯目前只有 40 瓦以下的家用灯泡采用,不能用来作电影放映。主要是因为真空中钨丝要蒸发,使泡壳发黑,所以灯丝温度不能再提高了。后来发现在钨丝灯中充入气体,可以抑制钨丝的蒸发,制成了充气钨丝灯,色温提高到 2700 到 3000K,光效达 9~28 流明/瓦。当然光效高,色

温高的灯寿命要短一些。用在放映上的普通放映灯泡有 17 伏 170 瓦和 30 伏 400 瓦两种，发光效率为 22~28 流明/瓦，色温 3000 K，寿命 25 小时。过去大多数移动式放映机均采用此种光源。400 瓦灯银幕亮度通常只有 400 流明，现在正在逐步淘汰。

近年来，大多数移动式放映机已采用全反射放映灯。它也是一种充气的热辐射光源，灯的形状如图 3 所示，灯的后表面是

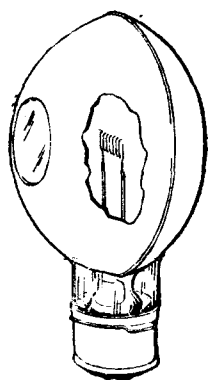


图 3

面是椭球形的，前表面是球形的。球心正好与椭球的焦点相重合，内表面镀上铝反光层，这样光的利用率便大大提高。400 瓦灯的银幕亮度可提高到 600 流明以上。

充气灯的灯丝工作温度仅 3000 K 左右，离钨的熔点 3650 K 还有很大距离。为什么不能提高灯丝的温度，从而使光效色温更高呢？主要是因为充气灯中不可避免的钨丝还

是在不断地蒸发。灯丝温度愈高。蒸发也会严重。蒸发使灯泡发黑，光效大为降低。这个矛盾只有卤钨灯才能解决。1959 年出现了碘钨灯，几年以后又制成了溴钨灯，现在我国已经开始用溴钨灯来放映电影了。简单的来讲，溴钨灯就是在钨丝灯中充入一些溴的化合物，适当的控制条件，使得溴在管壁能与蒸发在管壁上的钨发生化学反应，生成挥发性的溴钨化合物，使管壳能保持透明。生成的气态溴钨化合物在灯内扩散。碰到灼热的灯丝，重新又分解成钨和溴，于是钨返回了灯丝，溴分离出来重新在管壁再清除蒸发出来的钨。这个过程称为溴钨循环。利用溴钨循环，灯丝就可以在更高的温度下工作而

不必担心泡壳发黑了。目前我国试制定型的放映溴钨灯规格如表 2 所示。显然光效、色温、寿命三项指标均超过了充气放映灯。

表 2

型 号	电压(V)	功率(W)	光效(流明/瓦)	寿命(小时)	色温
LFY12-50	12	50	29	50	3150
LFY12-100	12	100	29	50	3150
LFY22-250	22	250	29	50	3150
LFY24-150	24	150	29	50	3150
LFY24-250	24	250	29	50	3150
LFY30-400	30	400	25	30	3000
LFY30-400A	30	400	29	50	3200

使用 LFY30-400A,使银幕亮度提高到 800~900 流明,色温高,彩色还原也大大提高。

二、气体放电灯:

热辐射光源的主要问题是光源的特性被灯丝的温度所限制。我们最常用的钨丝,熔点为 3650K,在这样高的温度下,发光效率仅 40~50 流明/瓦,但这时钨熔化了,根本不可能做成灯泡。气体放电灯不需要灯丝,而是利用电流通过气体时能发光的现象,来做成光源。气体放电这个名称大家可能比较生疏。但是气体放电现象,我们是十分熟悉的。我们每个人都看到过打雷,这就是气体放电现象。当两块带电的云接近的时候,两块云之间的空气被击穿,强大的电流通过空气,发出震耳欲聋的雷声和雪亮的闪电。我们还看到过电焊,电流通过电焊条和工件之间的空气,把电焊条烧熔,并把工件焊

接起来,这时也会发生耀眼的光来。利用气体放电时能发出光来这一特性,做成的光源就称为气体放电光源。电影放映使用的碳精灯也是一种气体放电灯。

碳精灯是电流通过两个很靠近的碳棒之间的空气放电而发光的,它已经约有170多年的历史了。在劳动人民的长期实践中,碳精灯得到了许多改进。目前使用的碳精灯发光效率达到30~45流明/瓦,色温有高色温(5500~6500K)和低色温(3000~3400K)两种,发光点很小,便于投光。这些性能都优于白炽灯,所以在工业,军事上,电影放映,摄影等方面得到广泛应用。

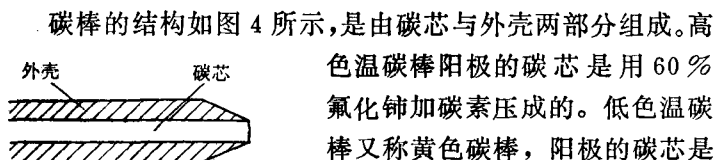


图4

碳棒的结构如图4所示,是由碳芯与外壳两部分组成。高色温碳棒阳极的碳芯是用60%氟化钾加碳素压成的。低色温碳棒又称黄色碳棒,阳极的碳芯是用氟化钾加碳素压成的。外壳则是用碳黑、石墨并加上沥青做粘结剂压成的。有的碳棒外表还要镀上薄的铜层,保护碳棒并增加碳棒的导电能力。不管高色温或低色温,阴极都是用铁氟化钾加碳素压成的。

碳精灯的主要缺点是碳精棒在空气中燃烧,产生大量烟雾,会沾污灯具、反光镜和环境,使光线减弱。且放出的气体还有一定的毒性,危害人体健康。碳精棒不断的烧毁需要不停的调整碳棒之间的距离,射出的光强度也不稳定。如果使放电不在大气中进行,而是在封闭的泡壳中。在泡壳中充入某些气体,装上两个电极,让电流通过两电极之间的气体放电,这样就做成了气体放电灯,从而可以克服碳精灯的固有缺点。

日光灯是我们最熟悉的气体放电灯。它的光效达到50~70流明/瓦,色温可由选用的荧光粉来决定,在3000K~

6000K之间可任意选择。显然光效比白炽灯高得多了。但是日光灯不能用来放电影。这里有一个亮度的问题。仅有高的光效还不行,还必须有较小的发光体,亮度高,才可用来放电影。日光灯的发光体太大,40瓦日光灯灯管长达一公尺多,亮度很低,只适用家庭、办公室照明。

高压汞灯光效达50流明/瓦,发光体比日光灯小多了,主要用来作马路照明。超高压汞灯光效为40流明/瓦,色温为6500K~7000K,外形和球形氙灯差不多,发光点很小,曾有人用它来放映黑白电影,但是它无论从光效或者色温都比不上碳精灯、氙灯,所以现在已没有人用它来放电影了。

低压钠灯是黄光光源,发光效率达120~180流明/瓦,实验室里曾做到过200流明/瓦,可惜黄色光使人面带病容,故只能用在多雾地区照明。近年来出现的高压钠灯,金属卤化物灯光效达80~100流明/瓦,由于填充物的不同,色温可在3000K~6500K之间变动,也可制成单色光源,是比较理想的光源。球形金属卤化物灯,如镝灯可用作电影摄影和放映。

氙灯色温为6000K左右,与日光很相近,故又称为小太阳。可用来模拟日光。而且由于发光点小,包含大量的红外线、紫外线,可用于各种光学仪器、放电影等用。

总之,气体放电灯的出现,使光源得到了一个很大的飞跃,在各方面的应用,都有着广阔的前途。

气体放电灯有着许多热辐射光源所无法比拟的优点,那末我们要问,这是什么原因呢?气体不是绝缘体吗?电流怎么会流过气体呢?电流流过气体又怎么会发光呢?这是由事物内部的矛盾性所决定的。我们知道,物质是由很小的微粒分子组成的,分子又由更小的微粒原子组成的,原子是由带正电的原子核和带负电的电子组成,电子沿着一定的轨道绕原

子核旋转，就好象地球绕着太阳转一样。原子核所带的正电荷数与电子数目正好相等，所以原子就不带电。不同元素的原子结构是不同的，原子的外层电子，在外界的作用下吸收能量，就会跑到更远的轨道上去，这叫做原子被激发。激发可以是电子和原子的碰撞，原子和原子的碰撞，或光子和原子的碰撞（光照）。被激发的原子是不稳定的，外层电子会自动的回到较近的轨道上来，同时把多余的能量用发光的形式重新释放出来，这就是原子的发光。由于不同的原子，其结构，轨道都不同，所以不同的原子能够发出不同的光来。在气体放电灯中充入不同的气体，就会有不同的颜色和光效。

如果原子的外层电子，受到的外力作用很大，就有可能使电子脱离原子核的吸引，成为可以自由移动的电子（称为自由电子），而原子由于失去了一个电子，变成带正电的离子，这个过程就称为电离。气体被电离以后，就变得能够导电了。这就是气体能导电的原因。

在气体中，有电流通过时，一部分原子被电离了，参加导电过程，也有一部分原子被这些带电粒子碰撞，而被激发发光。

为了更好地掌握气体放电的规律，我们先来看一个图 5 所示的实验。

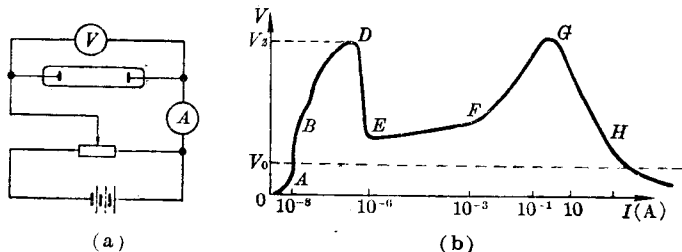


图 5

图中,一对平板电极,放在密封的容器中,并抽去部分空气。这时在电极上加上一可变电压,并测量流过电极的电流。一开始电压很低,在放电管中只有微弱的电流流过,这个电流只有用非常灵敏的电流计才能测出来,这是因为由于光照或宇宙射线的作用,管子里总有少量的带电粒子,称为剩余电离。这些带电粒子在极板电压的作用下,从负极向正极运动,形成电流。随着电压的增加,电流也增大,这就是 OA 段。因为带电粒子数目不多,当所有带电粒子全部到达电极后,电流便饱和了,形成 AB 段,电压再升高,电流不会再增加。当电压升得更高时自由电子运动的速度愈来愈大,它们和原子、分子碰撞时就能使原子或分子电离。而电离又产生新的自由电子和离子。这些新的自由电子又使更多的原子、分子电离,于是电子数目成倍增加,产生雪崩放电。就是 BD 段。当电压升高到 D 点时,电流突然增加,正离子轰击阴极,使阴极能发射出足够的电子来,这时,我们称为着火、或击穿。放电发出明亮的光辉来。着火以后,放电自动地过渡到 EF 段,称为辉光放电。霓虹灯就是工作在这一范围。如果使放电电流继续增加,电极就被放电电流加热,形成了 GH 段的大电流放电,这称为弧光放电,它能发出极亮的光来。氙灯、汞灯、碳精灯都是属于这一类。

从上面讲的气体放电过程,我们知道,气体放电灯必须需要一个较高的电压(着火电压),才能使它着火,而工作电压一般比着火电压小得多,所以一定要采取某些措施才能使灯起燃。例如,日光灯需要一个启辉器,汞灯需要在灯内装一辅助电极。我们用的氙灯,需要一个触发器,这一点在第三章还要专门讨论。

同时,在弧光放电时,电流愈大,电压反而降低,形成下降