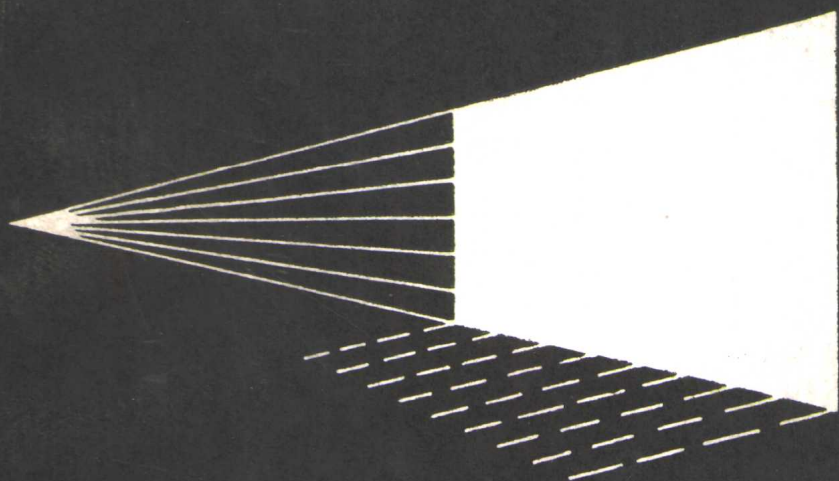




格·伊尔斯基 著

郁 有 铭 译

电影放映的光技术

中 国 电 影 出 版 社

电影放映的光技术

格·伊尔斯基 著

郁 有 铭 译

中国电影出版社

1979·北京

Ирский Григорий Лазаревич

СВЕТОТЕХНИКА КИНОПРОЕКЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

«ИСКУССТВО».

Москва 1961

内 容 说 明

研究电影放映的光技术，对发展新形式电影和提高银幕上电影画面的质量，具有巨大的意义。

本书阐述关于电影放映用的光源和照明光学系统，介绍供普通电影、宽银幕电影和全景电影放映用的各种塑料银幕，探讨提高电影放映光效率的各种方法，指出降低辐射流对影片的热影响的一些途径。

本书的原文是在1961年出版的，时间相隔较久，但它的内容，除某些部分外，尚可供我国广大电影工作者，特别是电影放映工作者研究、参考。

电 影 放 映 的 光 技 术

〔苏〕格·伊尔斯基 著

郁有铭 译

肖立书 校

*

中国电影出版社出版

北京印刷三厂印刷 新华书店发行

*

开本：850×1168毫米^{1/32} 印张：9 插页：2 字数：200,000

1979年11月第1版北京第1次印刷 印数：38,500册

统一书号：15061·147 定价：1.45元

作者的话

本书根据现代电影放映光技术的成就，特别是根据宽银幕电影和全景电影的发展情况，阐述了电影放映光技术的一般概念。书中研究了电影放映光技术的所有基本部分——从电影放映机的照明系统到银幕，以及各种新的光源：大功率的高光强碳精电弧和超高压气体放电氙灯。

苏联电影技术在创造新式电影放映光源方面的成就，将在本书的第五章里加以阐述。该章叙述了大型电影院放映机用的大功率高光强碳精电弧和最普通的中小型电影院用的超高压气体放电氙灯。后者已成为电影放映机的一种主要光源。

苏联工业研制成的供放映35毫米普通电影和宽银幕电影以及70毫米宽胶片电影用的新型大功率多用电影放映机，其主要特点是有效光通量在放映宽胶片电影时达40,000流明。这就有可能在面积为300至500平方米的银幕上获得高的放映亮度。

在电影放映史上所以能够获得这种前所未有的光通量，是由于创造了高光强碳精电弧形式的超大功率光源，它的新的结构原理是对旋转式碳精电极进行吹气和水冷。

上述进行吹气的弧光灯是完全自动化的。接通电弧，输送碳精和使之旋转，使电弧长度保持不变以及使电弧弧坑保持在照明光学系统的焦点上——这一切都是由自动装置来完成的，它能保证银幕上的光线有高度的稳定性。

在研究超高压充气放电氙灯这种光源时，将指出它们不同于其他电影放映光源的特点和优点，并指出氙灯的点火电路、放映35毫米和16毫米影片用的氙灯照明器的结构以及这种照明器维护和使用上的某些特点。

书中援引的有关白炽放映灯、电影碳精、氙灯和照明光学系统的一些数据，均可作参考材料用。

第六章阐述的“冷”反光镜，用以防止电影放映机中的影片因强大的辐射能而引起的翘曲。这种反光镜具有若干层由特种薄膜构成的干涉涂敷层，能在相当大的程度上减弱那些剧烈加热胶片的红外线的作用。

第七章探讨了对电影放映进行光技术控制的问题，目的是要强调保持电影画面照度标准和亮度标准的重要性。其中后者是主要的，它是决定电影放映质量的一个重大因素。

本书供从事安装和操作电影放映设备的广大工程技术人员参考。

书中利用了全苏电影照相科学研究所（尼克菲）光技术研究室的一些材料。

目 录

作者的话

第一章	电影放映光技术的现代趋向	(1)
-----	--------------------	-------

第二章	电影画面的亮度	(11)
-----	---------------	--------

§ 1	概述	(11)
-----	----------	--------

§ 2	电影拷贝的光学 (感光) 密度	(13)
-----	-----------------------	--------

§ 3	干扰光	(16)
-----	-----------	--------

§ 4	视画面亮度而定的闪烁感	(18)
-----	-------------------	--------

§ 5	银幕的最佳亮度	(21)
-----	---------------	--------

§ 6	亮度的均匀性	(24)
-----	--------------	--------

第三章	银幕	(27)
-----	----------	--------

§ 7	银幕的用途和分类	(27)
-----	----------------	--------

§ 8	银幕的光技术特性	(30)
-----	----------------	--------

§ 9	银幕材料	(35)
-----	------------	--------

§ 10	弧形银幕的用途	(57)
------	---------------	--------

§ 11	普通电影的银幕	(60)
------	---------------	--------

§ 12	宽银幕电影的银幕	(63)
------	----------------	--------

§ 13	三条胶片系统全景电影的银幕	(72)
------	---------------------	--------

§ 14	一条胶片 (宽胶片) 系统全景电影的银幕	(85)
------	----------------------------	--------

§ 15	可变曲率银幕	(86)
------	--------------	--------

§ 16	环幕电影的银幕	(88)
------	---------------	--------

§ 17	在观众厅的昼光和人工光照明条件下放映电影用的银幕	(90)
------	--------------------------------	--------

§ 18	降低干扰光的方法	(97)
------	----------------	--------

第四章	电影放映机的光通量	(100)
-----	-----------------	-------

§ 19	电影放映机按光技术数据进行的分类	(100)
------	------------------------	-------

§ 20	有效光通量	(101)
------	-------------	-------

§ 21	光通量的利用率	(104)
§ 22	光源光通量的利用	(107)
§ 23	放映光学系统效率的提高	(115)
§ 24	片门孔的透光系数	(118)
§ 25	遮光器对有效光通量数值的影响	(128)
§ 26	加速器对增加遮光器透光系数的影响	(137)
§ 27	电影放映机所需的光通量	(141)

第五章 电影放映机的照明系统 (145)

§ 28	照明光学系统的种类	(145)
§ 29	对电影放映光源的要求	(150)
§ 30	白炽放映灯	(155)
§ 31	反光式白炽放映灯	(162)
§ 32	碳精电弧 (一般知识)	(167)
§ 33	发焰电弧	(169)
§ 34	高光强电弧	(171)
§ 35	吹气式电弧	(178)
§ 36	碳精电弧的自动控制	(184)
§ 37	弧光灯	(190)
§ 38	碳精弧光灯的合理操作法	(210)
§ 39	超高压充气放电 (弧光) 氙灯	(222)
§ 40	带有水银蒸汽的脉冲毛细管灯	(246)

第六章 辐射流的热效应 (256)

§ 41	影片的热负荷	(256)
§ 42	辐射通量对电影放映机片门孔中影片性状的影响	(259)
§ 43	降低辐射流热效应的方法	(264)

第七章 电影放映的光技术检查 (273)

§ 44	银幕照度的测量	(273)
§ 45	银幕亮度的测量	(278)

第 一 章

电影放映光技术的现代趋向

现代电影放映面临的大量课题中，光技术的问题具有特殊的意义。

从无声电影过渡到有声电影和相应地改变了画幅尺寸之后，电影技术中开始了一个时期，在这个时期内只是对摄影设备和放映设备作了一些改进，而胶片的基本尺寸以及摄影机和放映机片门孔的基本尺寸却没有什么变化。彩色电影的推行，成了发展具有良好光谱辐射成分的高光强碳精电弧的一个动力。

随后，为了谋求增大影片感染力的方法而进行了一整套的试验，目的是要使观众对银幕上映出的事件感到真实（临场效果）。

以双目视觉效果为基础的立体电影的创造，是在这方面迈出的第一步。可惜由于现有的一些立体电影系统不够完善，这一有趣和有前途的电影形式尚未获得充分的发展。

在新形式电影的探索过程中，曾经确认：把被电影画面所占满的视场增大到这样的尺寸，即如果能使观众除了用比在普通电影中多得多的中央（凹部）视觉进行观看以外，还能以周边视觉来观看，这样就会有助于加强影片的感染力。

因此，增大银幕的尺寸（首先是水平方向的尺寸），会有助于造成临场效果。

观众厅内观众的视角在普通电影中为 $12^{\circ}\sim 53^{\circ}$ （视排次而定），在宽银幕电影中为 $28^{\circ}\sim 100^{\circ}$ ，而在全景电影中则为 $45^{\circ}\sim 165^{\circ}$ 。

某些研究表明，让银幕具有一定的曲率，以消除墙的感

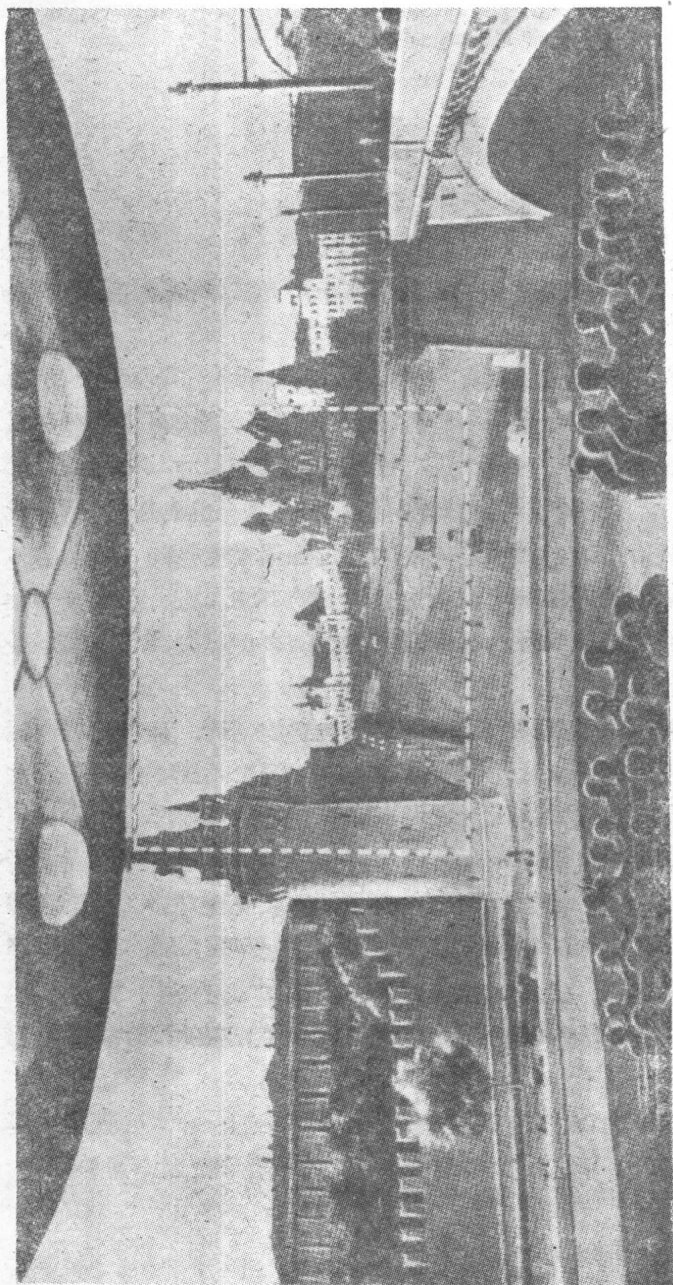


图1 全景电影银幕上的画面

觉，就能加强宽银幕所造成的临场效果。此外，在下面将可看到，某些类型的银幕用不大的曲率时，从光技术的角度来看，是极为有利的。

从图 1 所示全景银幕的例子中，可以看到具有大视场的电影画面的优点，特别对坐在靠近银幕的观众更是如此。虚线所画出的那个范围，是观众在普通电影中看到的画面。该图表明，具有较大视角的宽银幕可以造成动人的电影场面，它可以使电影中的感受条件接近于对现实周围空间的感受。

从图上可明显看出，这样大的银幕需要增加电影放映机的光通量。

可以指出两种在放映影片时需要大光通量的新系统：35毫米普通胶片上具有变形画面的宽银幕电影和宽胶片电影（主要是70毫米胶片）。

图 2 所示，是由光学系统投射到银幕上的放映射线的简图：a——高宽比为1:1.37的普通电影；б——高宽比为1:2.35或1:2.55的、带有变形镜头的宽银幕电影；B——高宽比为1:2.2的70毫米宽胶片电影。

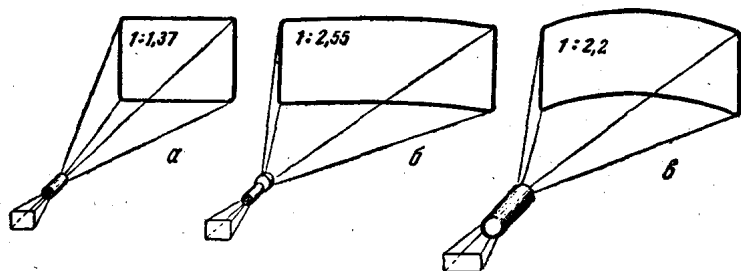


图 2 各种形式的电影银幕：a—普通电影；б—宽银幕电影；B—宽胶片电影

上述所有系统，其片门孔的尺寸均已增大，例如，在普通电影中画幅的面积为317平方毫米（ 15.2×20.9 毫米），在同样为35毫米胶片的宽银幕电影中，画幅面积为420平方毫米

(18.2×23.2 毫米)，而在70毫米宽胶片电影中，则为1070平方毫米 (22×48.6 毫米)。

虽然变形画幅的面积仅比普通画幅的面积大27%，但是当用变形镜头放映宽银幕电影时，所需的光通量却要大很多，因为在银幕高度相同的情况下宽银幕电影的银幕面积要比普通电影的大70~80%。

放映宽银幕电影，要求对电影院的观众厅作相当大的改建。在普通电影中，银幕宽度等于观众厅长度或放映距离的六分之一，最大等于五分之一。在宽银幕电影中，目前力图达到的银幕宽度为观众厅长度的五分之二至二分之一。在个别场合，银幕宽度甚至达到观众厅长度的三分之二。

为使电影画面亮度标准高和彩色影片还原质量好，装有宽银幕的影院的电影放映机照明系统应达到下列基本要求：

- 1) 电影放映光源的亮度高和光谱特性令人满意；
- 2) 电影放映机的光学系统能最大限度地利用光通量；
- 3) 银幕上照度稳定性高；
- 4) 影片和放映镜头的热负荷尽可能小。

为了有可能对宽银幕电影放映机和全景电影放映机的光通量的要求作出评价，应当首先从银幕亮度的现行标准着手。从下面列举的数据可以看出，各国有关银幕中心亮度范围的标准（不挂影片，遮光器旋转着）在相当大的程度上是一致的。

现将这些亮度标准*介绍如下：

* 在苏联和许多其他国家中，银幕亮度以阿伯熙提 (ac6) 来测量。理想的白色漫射表面在照度为1勒克司的情况下所具有的亮度为1阿伯熙提。

在许多国家里，银幕亮度以英尺-朗伯来测量：1英尺-朗伯等于10.76阿伯熙提。

由于施行了新的国际亮度单位——尼特 (nm)，所以如要把银幕亮度换算为尼特，必须把以阿伯熙提计的亮度值除以 π 。

苏联(电影标准50—58)为 $35 \begin{smallmatrix} +15 \\ -10 \end{smallmatrix}$ 尼特($110 \begin{smallmatrix} +50 \\ -30 \end{smallmatrix}$ 阿伯熙提);

德国(DIN 15571)为 $100 \begin{smallmatrix} +50 \\ -20 \end{smallmatrix}$ 阿伯熙提;

法国(NFS27—003)为25~45尼特 (79~142 阿伯熙提);

英国(BS 1404 : 1953)为8~16英尺-朗伯 (86~172 阿伯熙提);

美国(ASA PH 22.93—53)为 $10 \begin{smallmatrix} + \\ -1 \end{smallmatrix} \frac{4}{1}$ 英尺-朗伯 (97~151 阿伯熙提)。

国际标准委员会最新的建议草案——ISO/TK 36 (秘书处107) 143——规定: 从任何一个观众座位测得的、银幕任何一部分的亮度标准应为25~65尼特 (80~200阿伯熙提)。

电影放映光源是否适宜于良好的彩色传达, 乃是评价光源的最重要标准之一。

大家知道, 人眼并不具有绝对的色感, 它能在一定的程度上适应各种光源的性质。例如, 如果我们观察电影放映机射在银幕上的光线, 那么当有白昼光同时射在该银幕毗连部分的情况下, 我们会看到用白炽灯放映出来的光线具有微带棕黄的色调, 而用碳精电弧放映出来的光线则具有淡紫的色调; 当随后观众厅变暗时, 人眼在经过一定的重新适应期之后, 将会看到, 银幕上同样的电影放映机的光线几乎是白色的。

对色感的某种适应也可以这样来观察: 如果把同一个彩色电影拷贝依次地用各种光源进行放映, 即使人眼具有适应能力, 也并不能完全矫正放映时彩色的差别。

有的电影拷贝, 用白炽灯放映时可以保持彩色的平衡, 而当用高光强碳精电弧放映时, 却会在银幕上出现具有一般蓝色色调的“冷色”画面。反之, 有的电影拷贝, 用高光强碳精电弧或充气放电氙灯放映能够正确地传达它的彩色, 而用白炽灯或纯碳精电极 (在其辐射成分中有许多黄色) 放映时却具有一

般的红砖的色调，看上去反差很小。

如果同时并排地放映两个彩色画面（它们的拷贝在一定程度上与相应的光源保持平衡），那么当用白色光源放映时，眼睛将会明确地区分出彩色的差别和画面质量的高低。

由此可见，对电影放映光源的一个总的要求乃是它们辐射的光谱成分应跟白昼的日光相近，因为白昼的日光在电影拷贝彩色感光乳剂层适当平衡的情况下，可保证优良的彩色传达。

上面列举的银幕亮度标准，在要求银幕具有巨大面积的情况下，使得电影放映机必须具有极大的有效光通量。

虽然最近二十年来苏联电影放映机的光通量大约已增长了二十倍，但是目前所达到的有效光通量30,000流明还并不是一个极限值。

现在正在研究的一些新形式电影，采用的水平视角达 180° ，所用银幕的面积为500平方米或更大，其电影放映机的有效光通量为50,000流明或更高。

这样高的光通量在最近几年只有在采用新型（形式）的大功率高光强碳精电弧、多电极电弧等的条件下才可能产生出来；这种碳精电弧的碳精应具有高亮度（1,000兆尼特以上）、能容许高的电流密度值（200安培/平方厘米或更高）和大的燃烧速度（例如1,500—2,000毫米/小时）。

同时，现代电影放映机中巨大的辐射流给片门孔中的影片造成很大的热负荷。黑白影片普通画幅的透明度按整个画面来说平均在10%和20%之间，因此必须考虑到，可见射线和红外线的吸收量为80~90%。彩色胶片吸收得略微少些，因为它们可使红外线很好地透过。

对影片的高度加热，主要是由于许多放映光源中含有大量的红外线所致。例如，如果说高光强碳精电弧的红外线约为全部辐射线的60~70%，则白炽灯的红外线为80~90%。还

应当指出，相当大的一部分加热是因可见射线和紫外线被影片吸收而引起的。

辐射线的吸收几乎仅产生于乳剂层中，因为乳剂层在正常放映时是朝向光源的。由于胶片的片基受热较少和具有另一种膨胀系数，因此乳剂层变形得较厉害，那段影片整个

地就象双金属制的小条那样地朝着光源的方向弯曲（负位移），如同图3所示。

影片这种弯曲（翘曲）的周期性跟片门孔照明的周期性相符，在光通量数值高的情况下，弯曲值会超出放映镜头的焦深范围。结果就在银幕上交替地出现清晰的和不清晰的画面，对放映情节的感受产生不良的影响。

在用宽胶片的全景电影系统中，宽胶片在电影放映机片门孔中的动态问题具有特殊的意义。在影片画幅尺寸大的情况下，尽管有一定的光增益这个优点，但同时却伴随着严重的缺点，即面积大的胶片在辐射流的热力作用下更易于产生无法消除的翘曲，比之在使用标准画幅时所产生的情况要厉害得多。这时所产生的局部模糊现象会使得本来在原理上可能依靠大画幅尺寸而改善画面质量的事成为泡影。

通过对光束中的红外线进行过滤，对影片进行风冷和采用特殊形状的带有冷却装置的片槽，可以使影片在电影放映机片门孔中的翘曲大为减少。

在电影放映机照明系统中采用干涉滤热器或极为有效的干涉反光镜，即所谓“冷”反光镜，能在可见辐射损失不大的情

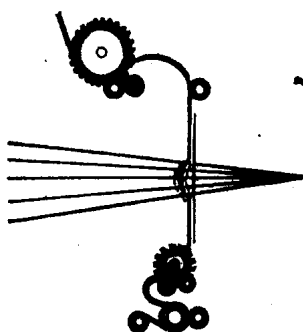


图3 片门孔中的影片在热负荷影响下的变形（翘曲）

况下，使影片上的热负荷降低40~50%。

在研究现代光源时应当特别强调指出，最先进的光源乃是超高压充气放电氙灯，这种灯不仅在电影放映方面，并且在整个电影技术中，都有着远大的未来。

氙灯具有高的亮度、高的光输出和稳定性，它操作简便，而且辐射光谱成分不依电气规范为转移，因此，目前它已把碳精电弧从中小型电影院里排挤了出去。毫无疑问，今后随着氙灯的不断完善，它将成为放映各种影片的主要光源。

像脉冲毛细管灯那样的光源也是很有意思的，它同样可以使电影放映的光效率提高。

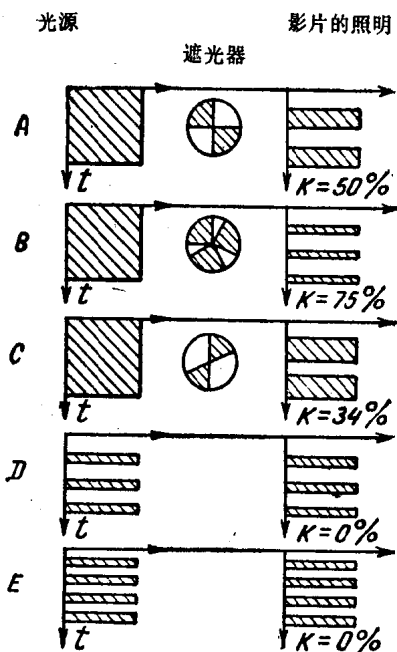


图4 电影放映的光效率（视光源、遮光器和胶片的间歇运行规范而定）

在设计电影放映机时，必须克服的一个困难就是要将光损失减少到最小值。在具有大功率碳精电弧的电影放映机中，光增益的每一个百分率都是一个以流明计的庞大数字。增大画幅停留时间与拉片时间之比（间歇机构的光效系数）乃是电影放映光效率的一个极为重要的因素。

图4所示是光通量增益，其大小视所用的光源和遮光器以及胶片在电影放映机片槽中运行的规范而定。

A的情况是一种普

通的电影放映方法，其画幅停留时间与拉片时间之比为3:1，使用的是连续辐射的光源（白炽灯、高光强碳精电弧、直流的充气放电氙灯）和相对开度等于1:1的旋转式遮光器。在这种情况下，光通量的损失为50%。

如果在使用连续辐射的光源时为了达到高于临界值的闪烁频率而必须把光的间歇频率增大到72赫芝（B的情况），那么采用三叶片的遮光器将使光通量的损失达70~75%。

C的情况是大大减少了遮光器叶片时的放映情况，这种遮光器的相对开度同A的情况比起来为2:1。我们把这样的遮光器用在缩短了拉片时间的电影放映机中，这种放映机的间歇机构跟一般放映机的不同，可以使其光效系数提高到5:1。在这个例子中，光的损失约为34~30%。

D的情况所采用的是按脉冲规范进行工作的光源（例如脉冲频率为72赫芝的脉冲毛细管灯），这种光源只有当需要光线时才产生出光线。这里，光通量的损失为0%，因为不需要遮光器了。同时，从效率方面说，不论什么样的放映频率和脉冲频率，在原则上都是无关紧要的，因为两者保持着同步。

E的情况说明16毫米无遮光器电影放映机的工作特点，所用的交流氙灯是在同步放映频率为25格/秒的情况下，以50赫芝市电频率（100脉冲/秒）发生脉冲的。

这里跟D的情况一样，不存在因遮光器而引起光通量损失的问题。不过，E情况的另一个优点是闪烁频率较高。

照明光学系统应该提供大的光增益，它应该具有小的象差和大的包容角，而且其相对孔径应跟电影放映镜头的相对孔径值相符。在保持其他重要质量（例如高的透光系数和高的画面传达质量）的情况下，电影放映镜头本身也应具有尽可能大的相对孔径——对于35毫米影片来说，不少于1:1.7~1:1.8。

最后，为了解决电影放映的整个光技术问题，对银幕应给以很大的注意。

目前，使用得最普遍的是亮度系数为 $0.75\sim 0.8$ 的、表面白色无光泽的银幕。

带有镀铝层的金属银幕也得到了广泛使用，它的亮度系数按标准为 1.5 至 3.0 。

在方向性漫射银幕中，所谓的“珠母色”银幕是令人很感兴趣的，它的表面上涂着带金属盐的清漆，具有适度的跟珍珠母一样的光泽。这种银幕在大的角度下看上去也是白色的，造成较为宽阔的光分布。

上面提及的银幕大多数均是用织物幕基或塑料幕基制作的。塑料银幕的一个重要优点是银幕各部分之间的接缝实际上看不出来。

在解决银幕的效率问题方面，主要任务是采用亮度系数比较大而且漫射角也够大的银幕，以便用于宽大的观众厅中。

电影放映技术的发展同整个电影一样，是跟光源、照明光学系统和银幕的质量的提高密切相联的。这些技术领域的进一步完善，将可使电影发展到新的更高的阶段。