

电影放映光学

拉帕烏里著

中国电影出版社

第二版

电影放映光学

曹树基 著

中国美术学院出版社

电 影 放 映 光 学

[苏 联]拉帕烏里 著

中 国 电 影 出 版 社

1 9 6 5 • 北 京

电 影 放 映 光 学

〔苏联〕拉帕烏里 著

杜审初 译

*

中 国 电 影 出 版 社 出 版

(北京西单舍饭寺12号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第089号

中国财政经济出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国新华书店经售

*

开本787×1092毫米 $\frac{1}{32}$ •印张6 $\frac{1}{4}$ •字数：121,000

1959年12月第1版

1965年5月第2版

1965年5月北京第1次印刷

統一書号：15061·79 印数：2,601—10,600冊

定价：0.70元

序

声音在电影中的出现，形成了一个新的技术范围——无线电技术，因而也就使得放映机的光学设备在结构和使用方面趋于复杂；彩色在电影中的出现，对光源和照明系统又提出了更高的要求。在无声电影的年代里，放映机房内比较简单的设备现在已经变成了十分复杂的机器设备，要使机器顺利地工作，就要求放映员不仅能够熟练地掌握放映机，并且还要了解放映机内所发生的复杂过程。担任掌握这种器材的放映员一定要了解电影技术中的诸般问题，其中的一个主要部分就是光学。本书以通俗易懂的形式阐述了光学的基本原理和有关电影放映的光学技术，希望能在这面对读者有所裨益。

А.А.ЛАПАУРИ
КИНОПРОЕКЦИОННАЯ ОПТИКА

ГОСКИНОИЗДАТ
МОСКВА

1950

內 容 說 明

《电影放映光学》是一本比較系統而通俗的讀物。它不仅詳盡地闡述了光学上的基本原理，而且与放映技术有关的一切光学問題，例如鏡頭、放映光学系統、光源等，都作为本書的重要組成部分，而有詳盡的闡述。

書中的特点在于，無論是講解理論，或者闡述技術問題，都注意到了理論与实践的結合。而且在敘述方法上条理明晰，淺显易懂。本書既能使讀者了解一般的理論知識，又能解決实际問題，可供电影放映人員及有关电影技术工作者參考。

目 次

序	
光的概念 光线光学的诸要素	(1)
光的传播定律	(7)
平面鏡和球面鏡	(16)
光的数值和单位	(30)
被照体的能见度和光的特性	(40)
透鏡	(65)
简单透鏡的缺点和取得优质影像的方法	(87)
光源	(103)
鏡頭	(120)
放映系统是一个统一的整体	(141)
还音光学系统	(160)
放映鏡頭的使用	(179)
附表	(201)

光 的 概 念

光 綫 光 学 的 諸 要 素

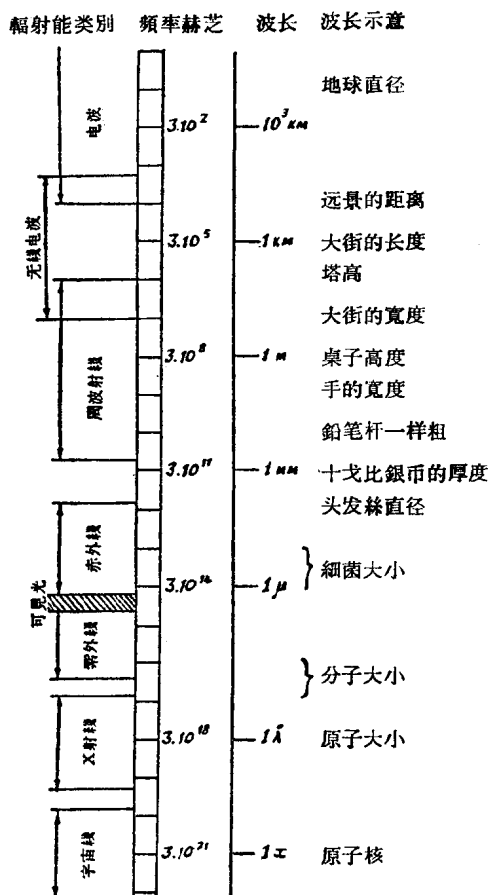
光能只是在波长上有别于其他各类辐射能。波长本身决定着任何一种辐射的性质。广播电台放送的射线、热能射线、可见光线和不可见的紫外线，所有这些都有共同的属性，它们以同一速度扩散并遵循着同一规律，但它们的波长却各不相同。由于这种差别，也就产生了完全不同的作用。

不受距离的限制，是各种辐射能源所固有的特性，但要接受其他各种辐射能，例如接受无线电波的辐射能，就必须使用专门的收受器，而对于光能来说，我们用视觉器官一眼就可直接感受到。由于这种特点，它在其他各种辐射能之间具有独特的地位，因而眼睛在其他感官之间也就占有重要的地位。

眼睛能够帮助我们相当正确地认识广阔的外界。

在人类发展的初期，人们只会利用太阳光。后来，人们创造出人造光源，这样就使他们在没有太阳光时也能运用视觉。

图1所示为辐射能的全光谱，其范围是从最长的电子



$$1\text{x} = 1/1000 \text{ \AA} = 1/10\,000\,000 \mu = 1/10\,000\,000\,000 \text{ mm} = 10^{-10} \text{ mm}$$

图 1 电磁振动光谱

射线到最短的宇宙线。可见光即长度为0.4—0.76微米(μ)或4000—7600埃($\text{\AA}$)的波段,它在这里所占的地位并不怎么显著。从物理学观点来看,该波段并不太重要,然而,人眼能看见的也正是这一段。光能够直接被眼睛感受这一点,就使光的学说具有特殊的性质,因此,不仅要把它看作是物理学的一部分,而从广义上来看,也要把它当作心理学和生理学的一部分。

眼睛能像辨别颜色那样来辨别可见辐射光的波长,因此,在0.4与0.76微米间的短小的波段内,就有很多适合人的视觉的各种颜色*。太阳光内含有各种波长的可见辐射光,此外,还含有眼睛所不能看到的光线——紫外线和红外线。人眼所能感受的最短光波是紫色;最长的是红色。如图2所示,在这两个波长之间是光谱的其余各色。应当指出,眼睛对可见光谱各部分的感受程度是不同的,对淡绿和黄色部分的感受程度最强,可见度很快地向光谱

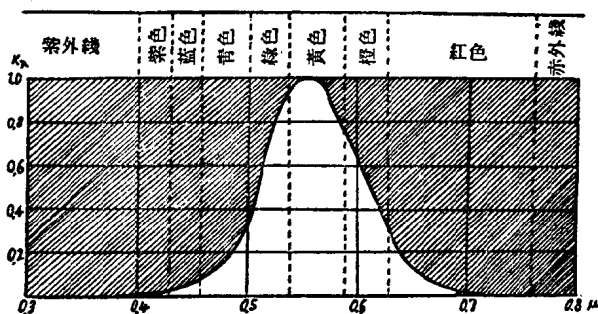


图2 可见度曲线 K_v

* 严格地说,人眼还能辨别光谱内所没有的深红色。

的两端降落。

在阐明光的本性和提出电磁或光波理论之前，光的各种现象一直是人们长时期顽强研究的对象。很早就确定了光的基本性能，并且开始利用光的传播原理来制作光学仪器。

光的本质很复杂。详细研究它在各方面的本质，是一门渊博的物理光学课程，这门课程近来才摆脱了理论上各种内部的矛盾，而以严整的科学论证式的理论来阐明光的本质。

可是，许多实用光学和照明技术的实际问题，如果用光线光学和几何光学的方法来解决，就简单得多。这些方法都非常简便易懂，其结果完全符合观察情况，并能充分满足实际要求。

光线的概念是光线光学的基础。

光的传播方向称为光线。

实验证明，在真空和单一透明介质例如定压下的空气、水和玻璃等介质中，光是以直线方向传播的。所以，在单一介质中，光线呈直线形状，直线的起点为光源。

光在真空内的传播速度和其他各类辐射能的传播速度一样，每秒300,000公里，并且不以波长为转移。这种速度超过任何一种已知的陆地上的运动速度，比如说，光以这种速度在 $\frac{1}{7}$ 秒内就能沿赤道绕地球一周。

光的波动学把光当作电磁性的横向振动。

各种波动的性质都是以传播速度 C 、波长 λ 或频率 ν 和振幅 a 来表示的。

传播速度 C 、波长 λ 和波动频率 ν 之间的关系如下：

$$C = \lambda \cdot \nu$$

(1)

换句话说，波长 λ 越短，则频率 ν 越多，按照习惯的说法也就是频率越高。

图3以图解的方式表示出光的振动方向和传播方向之间的联系。由图可见，振动是发生在与光的传播方向相垂直的方向上，因此，又把这种振动称为横向振动。应该指出，普通光的振动不像图内所表示的那样只发生在一个平面内，而是发生在通过直线 $x-x'$ 的各个平面内，不用说，直线 $x-x'$ 一定符合于几何光学中的光线这个概念*。

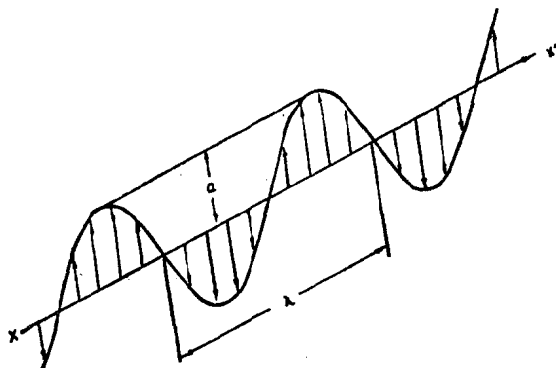


图3 光的振动方向和传播方向

发光点这个概念是几何光学中的又一概念。发光点即是光源，至于光源的大小，则可不必考虑。

事实上，所有光源都具有一定的大小范围，但是，如果把光源的大小与辐射能作用所及的距离相比，那么把它当作一个发光的点来看，误差是不大的。这种假定比较恰当，因为许多人造光源例如白炽灯泡的灯丝、烛焰等等实

* 如果波动不是发生在所有的平面上，那么这种光就叫做偏振光。

际上范围都不怎么大,而像星星和太阳这类光源,由于和我们相隔的距离太远,所以我们感觉它们的光源范围也不大。要是把光源看作是各个发光点的总和,那么就不能忽略光源的范围,若把上述那些光的概念运用到发光点上,则那些光的概念会由于利用了发光点这一概念而更容易理解了。

发光是容易理解的,因为无数光线从发光点向各方照射,并且充满了四周的空间。这种光束有无限光束之称。如果在无限光束的通路上放一块隔板,也就是说,放上一块用不透光材料作成的障碍物,而在隔板中间挖一个小孔,那么在隔板后面(图4)光便以受限制的光束形式行进。

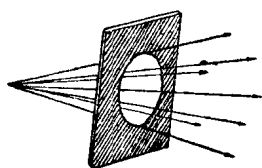


图4 受限制的光束

在所有光学仪器中,我们只是同受限制的光束打交道,而光线光学也是指的这种光束。

受限制的光束可能是由彼此散射的,互相平行的,或者是由最后聚集起来的,即导向一个共同点(图5)的光线综合而成的。

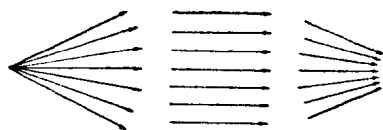


图5 光束的各种形式

假定可以这样说:光学仪器就是光束的变换器。它们变换着光束的性质、方向和聚集程度,因而光束在光学仪

器中发生变换的次数是根据光学仪器的复杂程度决定的。例如，任一物鏡把照在物鏡上的散射或平行光束变为聚集光束，这种聚集光束在随后的目鏡中则又变成平行或轻微散射光束。

光的传播定律

光线光学借助于物理学来阐明的只是一些基本原理。这些原理如下：

1. 在同一介质中，光以直线形式传播。
2. 光在两种具有理想光滑面的介质的临界处，有它的行动。
3. 光之传播的独立性。

所有这些原理，虽然与实际物理现象是相近似的，但它们的成立是有根据的，并且完全符合于试验结果，例外的只是那些在实际中罕见的特有情况。为了避免误差，须对现象的实际物理情况加以注意。

光传播的直线性用阴影的现象就很容易阐述明白。用手可以把眼睛遮起来免受太阳光线的照射，假如阳光会穿过遮蔽物的话，像这样遮起来是不会起什么作用的。当我们坐在电影院观众厅里时，就可以见到，直线光束是如何从放映窗孔射到银幕上的。当然，人是看不见从眼旁掠过的光线的，但是由于空气中有尘埃，尘埃混入光束中发出反射光，所以光线的行进道路便成为可见的了。

实验证明，若在光线的道路上有任何一种透光体例如玻璃或水，那么，一部分光就进入玻璃；而另一部分光则

从分界表面反射出来，所谓分界表面是指将空气所占空间和玻璃所占空间分割开来的那个表面。因此，光的直线性在分界面上受到破坏。一部分光线按照反射定律返回同一介质中；而另外一部分却通过分界线进入新介质中，不过在分界线上根据折射定律变换了原来的方向后，仍以直线形式继续传播。

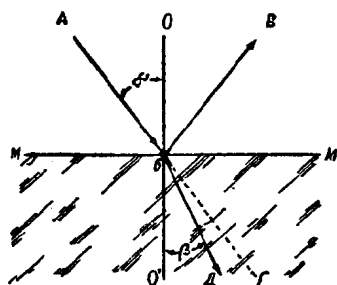


图 6 分界面上光的行为

设：光线 AB 落到一理想的平滑分界面 MM 上（图6），光线与分界面的法线 OB 构成一个角 ABO ；反射线的方向 BB 与同一法线 OB 构成角 OBB ；角 OBB 等于角 ABO ，而且，入射线和反射线以及法线在同一平面上。

这个定律通常用文字叙述出来是：

1. 入射角等于反射角。
2. 入射光线和反射光线以及处于入射点上的法线在同一平面上。

光的另一部分经过分界面，变换了原来的方向，并沿与法线延长线 BO' 构成折射角 $O'BD$ 的新方向 BD 继续行进，折射角 $O'BD$ 小于入射角 ABO 。

这种在分界面上产生的光线偏折称为光的折射；而分界面本身称为折射面。

在光线由一种介质传播到另一种物理性质不同的介质

中去的任何情况下，都能发生折射。在其他条件相等时，光线偏折的大小，也就是说，折射的程度是根据这两种介质彼此不同到何种程度来决定的。

折射定律比反射定律要复杂得多，在光线由真空传到透明体内的情况下，用文字叙述出来就是：

1.入射线、折射线和在光线入射点上垂直于分界面的法线皆在同一平面内。

2.入射角的正弦与折射角的正弦之比，在入射角为任一值时其比值永远不变，也就是说

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n = \text{常数}。 \quad (2)$$

光线由真空进入该物质时的这一比值称为它的绝对折射率，或者简称为折射率。

各种透明体的折射率都大于1；而绝大多数透明体的折射率却都小于2，只是在极个别的情况下，折射率才大于数值“2”。在光学上来说，折射率 n 越大，该物质的密度也越大。对真空来说， n 等于1。

表1中列出了某些透明体的折射率。

某些透明体的折射率

表1

空气.....	1.000292
水.....	1.334
乙醚.....	1.358
乙醇.....	1.363
有机玻璃（胶玻璃）.....	1.49
冕牌玻璃.....	1.503
椴树脂.....	1.5163

岩盐.....	1.54
加厚冕牌玻璃.....	1.54
火石玻璃.....	1.6126
硫化碳.....	1.6164
厚火石玻璃.....	1.629
一溴苯茶.....	1.6475
加重金钢石.....	1.66
火石玻璃.....	1.92
金刚石.....	2.42

如果光线由一种透明体如水，传到另一种透明体如玻璃中，那么，折射率便称为相对折射率，并形成：

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

式中， n_1 和 n_2 为第一种和第二种介质对真空的折射率。

由于空气的折射率差不多等于1，因而物质的折射率不是同真空相比，而是同空气相比而定出来的。

光在透明介质中的传播速度要比在真空中的传播速度慢 $\frac{1}{n}$ 。这里 n 为折射率。此外，不同的波长有不同的速度，其实，在真空中各类辐射能的传播速度对任一波长说来都相同。介质仿佛给了通过的光以某些阻力，介质的光学密度越大以及振动频率越高，即光的波长越短时，这个阻力也就越大。

因此，透明物质的折射率 n 是它的光学密度的计量标准。这样一来，在确定折射率时，应注明该折射率是属于哪种波长的，通常在字母 n 下加写波长或其他用来标志这