

浅谈电影照明技术

晏仲方 著



中国电影出版社

浅谈电影照明技术

中国电影出版社

内 容 说 明

电影照明在影片制作中占有极为重要的地位。本书从光的基本知识和电影照明基本概念谈起，比较系统地介绍了各种电影新光源的光电技术参数、电影灯具的光学系统与光的输出功能；对我国研制成功的直流镝钨外景灯在电影实景拍摄中的重要作用也作了介绍；本书还介绍了国外新光源的发展情况，并以较多的篇幅阐述了电影照明的实际操作和照明技术的新发展。

浅谈电影照明技术

晏仲方 著

*

中国电影出版社出版

北京印刷一厂印刷 新华书店发行

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：6¹/₁₆ 插页：2 字数：145,000

1982年10月第1版北京第1次印刷

1984年10月第1版北京第2次印刷 印数：3,801—9,800册

统一书号：15061·179 定价：1.00元

序 言

在电影创作中，照明是一种不可缺少的表现手段；对于故事影片的拍摄来说，照明的艺术效果显得更为重要。我国从事照明技术工作的同志有着丰富的工作经验，他们曾为我国的电影事业作出成绩；但我们过去很少对他们取得的许多成功的经验加以总结。照明工作迄今还没有一份完整的文字资料，因此给新一代搞照明的同志在业务上的提高和理论上的探讨带来了困难。

晏仲方同志把他多年积累的工作经验和收集的与照明业务有关的资料，编写成了这份《浅谈电影照明技术》；我感到很高兴；一个普通的照明工人，为我们共同的事业刻苦学习的精神是可贵的。这份普及技术资料编写的内容较为广泛，基本上涉及了全部电影照明的业务范围；这对提高照明工人的业务水平是有帮助的。

凡事有个开头难，编写中的缺点与不足是难免的。有了一个基础，再来提高就好办了。我是一个从事电影工作多年的摄影师，看到照明器材在改进，搞照明工作的同志的业务水平在提高，感到十分高兴。国内国外的摄影师，都希望在工作上有个熟悉业务的照明师来合作，能做到理解水平的一致，创作意图的统一，工作步骤的协调；这样才能为综合性的电影创作作出我们的贡献。照明技术的提高，对提高影片的质量、对缩短拍摄周期以及降低制片成本，都具有十分重要的意义。近年来电影外景光源——镝钨灯的研制成功以及外景大面积散光灯、玻璃钢结构的外景吊灯架等的使用，把更多的棚内景改为实景拍摄，由此在质量上与经济上都收到了良好的效果。

晏仲方同志写的这份照明技术资料，是一个很好的开端，我

相信在四个现代化的建设中，会有更多搞照明工作的同志来整理、总结照明技术的资料与工作经验，写出高质量、高水平的著作，为各行业广大的照明工作者服务。在此，我衷心地预祝同志们取得辉煌的战果。

吴蔚云

一九八〇年元月

作者的话

我国的电影事业已经有六十多年的历史了，在老一辈电影工作者的努力下积累了丰富的经验和知识。几十年来，美工、摄影、录音、化妆等电影专业领域内的工作经验，已经被人们用文字加以总结，成为电影专业中的各门学科知识。这不仅对培养新一代的电影工作者起到积极的促进作用，而且对电影艺术创作也具有重要的指导作用，促使电影制作实践飞跃发展。然而我们对电影制作中的照明与置景这两个领域所积累的大量实践经验还没有做过系统的整理和总结，因此，几乎在我国所有的电影制片厂中，照明与置景的工作方法与工艺程序仍然保持着陈旧落后的状况，落后于当前的世界先进水平。

八十年代的今天，我们老一辈的照明师傅都到了退休的年龄。当他们将要离开自己几十年的工作岗位时，除了恋恋不舍的感情之外，同时也有着一种内疚的心情。他们高兴地看到有文化、有知识的青年来接自己的班，但遗憾的是不能用文字把自己几十年的工作经验总结出来留给青年们。他们心切地说：祖国的电影事业在发展，我们的照明工作处于落后状态，要赶紧总结照明的科学知识，要提高照明的业务水平，就必须有理论的指导。他们对我们解放后进厂的中年同志抱有殷切的希望。

老一辈照明师说出了他们的肺腑之言，新进厂的年轻同志急需学习。党中央号召全国人民为实现祖国四个现代化进行新的长征；在实现四化的征途中，科技工作必须走在前面。在欣欣向荣的一派大好形势下，回顾在电影照明领域内党对我二十六年的悉心培养，我深感应该负起责任来，为改变我国电影照明技术

的落后现状做出贡献。我们这一代应该挑起整理、总结、编写电影照明科技资料的这副担子。由于自己的文化水平低，业务知识不足，工作经验少，在编写这类书籍时遇到了不少困难；但我认为首先不应该考虑困难有多少，关键是决心与勇气。在领导的关怀、同志们的支持和师傅们的帮助下，我愿意在电影照明这个领域中先抛出一块引玉的砖。这就是我编写这本《浅谈电影照明技术》的出发点。希望这本书能对新从事照明工作的同志提供一个基本教材。

借此机会我衷心地向支援我们进行电影照明改革的同志们表示衷心的感谢！感谢复旦大学电光源研究所以及有关的科研所、灯泡厂、灯具厂等兄弟单位对我们的支援。我们电影光源有今天的改进与提高，是同兄弟单位的帮助与指导分不开的。今后，让我们再接再厉，为祖国的电影事业的发展继续搞好协作，作出成绩。

目 录

序 言

作者的话

第一章 光的基本知识	(1)
§ 1 光的性质	(1)
§ 2 色温与显色指数	(2)
§ 3 光的计量与测算	(7)
第二章 电影照明用电的基本知识	(11)
§ 1 交、直流电源	(11)
§ 2 欧姆定律	(12)
§ 3 串联电阻	(12)
§ 4 电影照明用电中的三相平衡与中心线的特殊意义	(14)
§ 5 导线截面的合理选择	(15)
§ 6 电影光源采用 110 伏工作电压的意义	(16)
§ 7 外景用电知识	(16)
§ 8 整流电源	(20)
§ 9 气体放电灯触发器	(24)
§ 10 银锌电池组	(27)
§ 11 可控硅调光	(29)
第三章 电影新光源	(36)
§ 1 卤钨灯泡	(36)
§ 2 金属卤化物灯	(43)
§ 3 氙灯	(51)

§ 4	气体放电灯的安全使用	(55)
第四章	电影照明灯具	(57)
§ 1	电影内景灯具	(57)
§ 2	电影外景灯具	(97)
第五章	电影照明器材的主要配件	(119)
§ 1	螺纹透镜	(119)
§ 2	灯具配套插接件	(123)
§ 3	灯具配套件灯架	(123)
§ 4	电影电缆	(124)
第六章	国外新型光源的发展情况	(128)
§ 1	新型光源	(128)
§ 2	新型灯具	(133)
第七章	电影照明	(138)
§ 1	摄制筹备时期的电影照明工作	(139)
§ 2	电影照明在开拍前的准备工作	(146)
§ 3	电影照明的布光方法	(150)
§ 4	电影外景照明	(154)
§ 5	效果照明的应用	(160)
§ 6	生活是电影照明创作的源泉	(165)
§ 7	电影照明对艺术效果的表现	(168)
§ 8	照明要体现电影艺术的特性	(174)
§ 9	电影照明的新发展	(177)

第一章 光的基本知识

§ 1 光的性质

这里我们所研究的是可见光的基本知识。可见光在电磁波谱中只占很小的范围，它的波长只限于从 400 毫微米到 700 毫微米（4000 埃—7000 埃，或者 0.4 微米—0.7 微米）之间。可见光的辐射是一种波动，并且其振动波能在无限的空间传播。

表 1

波长(毫微米)	视 见 情 况	种 类
—380	不可见	紫外线
380—430	紫光	色光
430—460	蓝光	
460—500	靛光	
500—550	绿光	
550—600	黄光	
600—660	橙光	
660—750	红光	
750—	不可见	红外线

日光的可见光谱是一个连续光谱，通过棱镜折射，能得到红、橙、黄、绿、靛、蓝、紫各种色光，所以我们说日光是全色光源。在连续光谱中色光从紫到红连续不断地变化，正是由于各种

色光的波长不同的缘故。

钨丝灯、碳弧灯或日光型的气体放电灯的光色近似于日光，它们的光谱成分与日光相接近。但钨丝灯的光谱中，蓝紫光波较少，光色偏红；镝灯、钪灯的光谱中，长波光较少，光色偏蓝；钠灯谱线的波长只有 589 毫微米左右，它是单色的黄光；铊灯谱线的波长为 530 毫微米左右，因此是单色的绿光。最适合于拍摄电影的光源，应该是具有连续光谱的等全色光源。采用这种全色性的连续光谱的光源来照明各色物体时，得到的视觉颜色最真实。

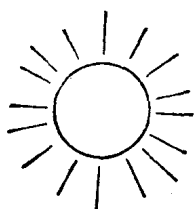
§ 2 色温与显色指数

从理论上来谈“色温”是比较容易的。色温是以“完全辐射体”的温度来表示实际光源的光谱成分，它是以“凯尔文”标度的绝对零度（ -273°C ）为基准，以 $^{\circ}\text{K}$ （或 K ）为符号。随着温度的升高，颜色便发生变化，从暗红转为黄，最后变成青白，也就是说在不同温度下，“完全辐射体”辐射出来的光谱成分，会产生一系列的光色的变化。把温度的变化与“完全辐射体”发射出来的波长谱线相对照，就可以制出色温的曲线表。每个光源都有它的光谱能量分布，也就具有某种光色，这个光色与“完全辐射体”在加温中所得到的光色一致时，那么此时“完全辐射体”的温度就是光源的色温。

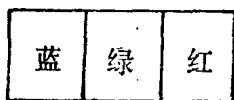
让我们分析一下测量一个由纯电阻加热而发光的钨丝灯的色温的情况。钨丝的炽热温度与色温有着紧密的关系，根据“凯尔文”温标，钨丝随着电能的加强和温度的升高，它所发出的光谱能量也在不断地加强；钨丝炽热温度越高，色温指数就越高。钨丝的加热发光是一个连续光谱，我们在通用的色温计上能得到该光源的色温值。

对气体放电灯的色温概念，就不能完全如同纯电阻加热而发光的钨丝灯那样来理解了。气体放电灯为电离发光，其热辐射只

是发光的一个组成部分，更重要的发光因素是惰性气体中的电子发射（如氙灯）。金属卤化物灯（如镝钬灯、铟灯、钠铊铟灯等等）的稀土金属材料，虽然发出类似或接近太阳辐射的光谱，但它们不是连续光谱，在发光谱线中有着线状波的峰值，短波光较为丰富并辐射出一定数量的紫外线；在通常用的色温计上虽能测得 5000°K — 12000°K 的色温，然而这样的色温与电极温度无关，它仅是气体放电灯的光色与“完全辐射体”光色的比较。这种光源



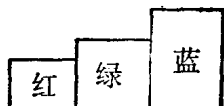
阳光色温为 5400°K 时含有“等量”的红、绿、蓝辐射。



日光型彩色胶片三层乳剂能等量感受红、绿、蓝色光。



白炽灯虽属连续光谱，但含有较多的红光，而蓝光较少。



灯光型彩色胶片的三层乳剂对蓝光感受敏锐。

图 J

的色温，取决于发光的金属材料所激发的光谱波长。

除了色温之外，显色性好坏是电影光源的另一个重要参数，拍摄彩色片时，这一参数尤为重要。物体在全色光谱的照射下，反映的色彩最为真实。显色性最好的光源是太阳光，因为它是一个等比例的全色光源。白炽灯虽是连续光谱，但它的长波光较多，因此它的光色偏红；日光灯不是连续光谱，而且其光谱中短波光较多，因此它的光色偏紫。在日常生活中，我们到布店里去买布，总想把布拿到窗口，在日光下看一看才放心，挑到自己满意的颜色。这样做的道理就在于白炽灯与日光灯的显色性都没有太阳那样的全色光的显色性好。人的眼睛兼有适应性与正确的辨别力，但彩色胶片却没有任何适应力，只能机械地记录。要使物体的颜色在彩色胶片的三层乳剂上得到正确的还原，就必须使照明光源成为良好的全色性光源。因此，必须强调电影光源的色温与显色指数的重要性，以保证被摄物体的颜色得到更好的显示。

彩色片有适应日光 5500 °K 与灯光 3200 °K 色温要求的两种类型。这两种色温，指的是太阳光与白炽摄影灯泡的（连续）光谱特性（见图 1）。

表 2 光 谱 分 析

光 源	红 光	绿 光	蓝 光	色 温 参 数
正午日光	33%	34%	33%	5500°K
高色温摄影灯泡	45%	34%	21%	3200°K
卤钨灯泡	47%	34%	19%	3000°K— 3100°K
白炽灯泡	50%	34%	16%	2800°K

彩色胶片感红、感绿、感蓝三层乳剂是按日光或灯光色温而分别设计的。具体的选择又是根据光源的现实条件决定的。太阳是一个全色自然光源，色温 5500°K 左右，但天空中的太阳光的色温并不是固定不变的，随着时间、地点的不同而不尽相同，见表 3。

表 3

时 间	色 温
日出或日落时的阳光	2800—3500 $^{\circ}\text{K}$
正午前后昼光	5000—5400 $^{\circ}\text{K}$

灯光型胶片的平衡色温为什么选择在 3200°K 呢？因为目前的白炽灯光源（纯电阻加热的钨丝灯）的发光效率是由灯丝的炽热程度决定的，而钨丝的饱和炽热温度是 3000°C 左右。如果色温参数选择得过高，灯丝的炽热温度就要相应提高，这样灯泡的寿命就会显著地缩短（额定电压的灯泡，电压升高 10%，灯泡寿命降低 $3/4$ ），例如 3400°K 色温的强光摄影灯泡的寿命只有 2—4 小时。如果色温参数选择得低于 3000°K ，更多的辐射为红外线，灯泡的光强就得不到发挥。

上述的这类全色光（日光与灯光），由于它们的光谱是连续的，所以在彩色片的拍摄中，其色彩还原效果最好。近几年来气体放电光源大有发展，而且这类新光源已参加到电影光源的行列中来了。如何评价它们的使用效果，这是电影摄影、照明工作者比较关心的事情。目前在电影、电视拍摄中使用的两种气体放电灯——氙灯和镓铟灯都是日光型的（非连续光谱的）全色光源，它们都具有良好的显色性。这两种气体光源的显色指数都超过 80—90 的显色指标（75 以上的显色指数，已能达到还原物体彩色的目的）。电影光源中所用的气体放电灯的光谱，是密集的线状波，

所以用连续光谱的通用色温计来测量其色温指数就存在着一定的困难。用双色色温计测得的线状波光源的色温也只能是相对值，因此我们对气体放电灯提出了一个“相关色温”的概念。我们曾作过这样一个实验：利用目前的双色色温计测量了一个钨灯（气体放电的金属钨灯），在色温计上我们欣喜地得到了一个标准低色温 3200°K 的数值，但遗憾的是它并非一个全色光，而是一个黄绿的单色光。凡是可见光区光源的相对光谱能量分布与“完全辐射体”在某一温度下辐射的相对光谱能量分布相似时，“完全辐射体”的这个温度就称为光源的分布温度。由于光谱能量分布相同的光其颜色必定相同，因此分布温度就一定是色温。而气体放电灯的光谱能量分布很少与“完全辐射体”相似，它发射的光的颜色和各种温度下的“完全辐射体”辐射的光的光谱成分都不完全相同，因此就不能用一般的色温概念来描述气体放电灯的光谱成分。气体放电灯的分布温度不能表示其光谱能量的分布，也不表示其光源光谱能量，为了便于比较，就用了“相关色温”的概念来表达气体放电灯的色温指数。这就是说，当气体放电光源发射的光与“完全辐射体”在某一温度下辐射的光的颜色最接近（即在均匀色度图上的色距最小）时，“完全辐射体”的这个温度就称为该光源发射的光的相关色温。显然，相关色温所表示的颜色是最粗糙的，对使用者来说只能作为参考。从理论上说，色温是鉴定一个光源的显色性好坏的主要因素，然而目前在电影光源中推广使用的镨钨灯，它的色温指数并不符合 5500°K 的基准色温，因此可以认为目前使用的双色法或三色法的色温计，只是提供了该种光源的“相关色温”。这几种色温计的结构与测量方法都不完全适用于具有线状波的放电光源，它所提供的色温指数并不能真正反映镨钨灯的显色指数。也就是说，目前在色温计上测得的镨钨灯的数值虽然稍高于或稍低于 5500°K 基准色温，但这并不影响其显色指数。检验一种光源的好坏，它的色表、色温是重要的技术参数，但根本的技术指标还是显色的真实性。以太阳光为基准光

源，当任何形式的光源的显色性和基准的太阳光源一样时，其显色指数就为 100。所谓光的色温、色表无非是光线显色性好坏的一种标志。在实际工作中，检验镨钕灯光源绝不能过分信赖色温计的读数。经验告诉我们，不同光谱能量分布的光源可以有相同的色表，但是有相同色表的几种光源，它们的显色性可能是完全不一样的，所以使用镨钕灯时除了以色温计提供的相关色温作为参考之外，用视觉鉴别是一个很好的方法。比如说：一个镨钕灯点燃稳定之后，我们应看一看被照人的肤色是否失去了红的成分，蓝色衣服是否失真（因为在镨钕灯的光谱能量的分布中短波很丰富，其显色指数低于 75，所以对蓝色反应特别敏锐）。如果在检验中很明显地看出灯管有单色的成分，例如偏黄、偏绿、偏紫，那就不要用色温计去测量，因为这时视觉的单色性十分明显，而色温计的读数差距往往并不太大。凡是出现这种情况的时候，灯管就不能使用了。

§ 3 光的计量与测算

使用灯具时，照明工作人员过去都是凭着自己的经验来测算一个大概的照度。比如说：一盏老式的 BM 5 千瓦的灯离演员或背景的距离 7 米，估计这时能得到威斯顿 4.5 的读数；一盏 150 安培的碳弧灯在 8 米距离，可得到威斯顿 25 的读数。如果这两个灯具离开了常用的经验距离，要估计它们的实际照度就不大容易了。在新光源的推广使用中，灯泡发光效率的提高和灯具利用率的改进，必然会突破过去的一些经验框框，对使用者来说都得有个较长的熟悉和适应过程。为了使照明工作者及时地掌握并正确地测算照明光量，我们有必要阐述一下有关的测算方法。

1. 光的计量单位

(1) 发光强度——光源发出的光的强弱，用发光强度来衡量，其单位是国际烛光。当光源在单位立体角内辐射出 1 流明的光通量时，则该光源的发光强度为 1 国际烛光。

(2) 光通量——光源发出的光的能量，即在单位时间(1秒钟)内，光源发出的总能量称为光通量。

(3) 流明——光通量的单位。1流明等于发光强度为1国际烛光的光源，在1单位立体角内所发出的光通量。所谓“单位立体角”乃是一个顶点位于球心、底部在球面上的锥体，其底面积等于球半径的平方，这样的锥体所包容的立体角，就是单位立体角(图2)。

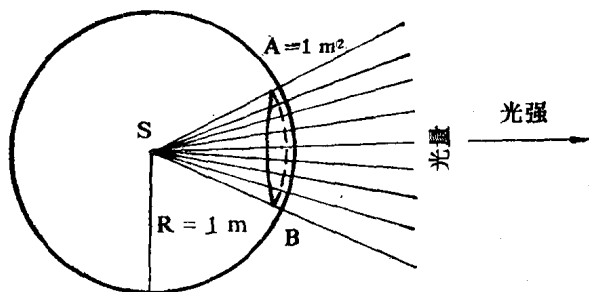


图 2

(4) 发光效率——即光源的功率，用流明/瓦来表示。每消耗1瓦功率所发射的流明数，称为光源的发光效率。过去用的充气(惰性气体)灯泡，每瓦为10—20流明，卤钨白炽泡每瓦为20—32流明，超高压球形氙灯每瓦为30—40流明，镝灯每瓦为75—85流明。

(5) 照度——用来表示物体被照明的程度。所谓照度，就是在物体的单位面积上所得到的光通量。被均匀照射的物体，当1平方米面积上所得到的光通量是1流明时，它的照度就是1勒克斯；因此以1国际烛光的点光源为中心、以1米为半径，在球面上所产生的照度就是1勒克斯。

(6) 利用率——光源发出的光线是向空间辐射的，如不加以有效的收集，照到需要的地方的就将仅是其中极少的一部分。使用