

IES照明基础教程

吕忠甫、吴初瑜 译

轻工业出版社

23.1

内 容 提 要

《IES 照明基础教程》比较详细地论述了光和照明的基本理论,介绍了各种光源的原理、构造、特性和用途,以及各种场所的照明设计要点,并提供了大量的数据和图表,在每课之后,备有习题及标准答案。内容比较充实、丰富。

文字叙述简明扼要,提纲挈领,深入浅出。所以,它既可作初学者的教程,又可供从事电光源、照明设计人员及高等院校有关专业师生参考。

IES LIGHTING FUNDAMENTALS COURSE

Prepared by

the Lighting Fundamentals Course Subcommittee of the Committee
on Lighting Education of
the Illuminating Engineering Society of North America in cooperation
with IES technical committees

Published by

the Illuminating Engineering Society of North America 345 East 47th
Street, New York, New York, 10017

IES 照明基础教程

吕忠甫 吴初瑜 译

*

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32 印张: $6\frac{24}{32}$ 插页: 2 字数: 144千字

1984年10月 第一版第一次印刷

印数: 1—4,100 定价: 1.30元

统一书号: 15042·1858

译者的话

本课程系由北美照明协会(包括美国和加拿大)编写,详细论述了光和照明的基本理论,介绍了各种光源的原理、构造、特性和用途,以及各种场所的照明设计要点,并提供了大量的数据和图表。本书内容广泛,简明扼要,提纲挈领,深入浅出,既可作为初学者的教程,又可供从事电光源、照明设计和科研工作者参考。我们希望,本书的翻译和出版,将有助于电光源和照明专业知识的普及和提高。由于我们自身水平有限,译文中错误和欠妥之处在所难免,谨请广大读者批评指正。

译者

前 言

1976 年版 IES 照明基础教程，系根据照明工程协会最新技术资料编写，并用以取代 1971 年版本。本教程以活页(课程)形式出版，以便在必要时不须等到整个教程重新印刷，即可对个别课程内容随时修改。

本教程所提供的内容，可供教员和学生进行照明设计和照明工程教学之用，包括必要的基础教材、解说、图表以及实例。

本教程不是一本自学丛书，也不单纯用作教员授课时的教学大纲。它是以课程形式编排的一系列详细要点和数据图表，供学生听课时用，由具有一定资格的照明专家或有经验的教员来讲授和指导。

虽然本教程既不是一本照明教科书，也不是一本照明手册，但是它所包含的内容，足以使学员在良好指导下充分掌握关于“光”的基础知识。

译注：IES 系 Illuminating Engineering Society 之简称，中译为照明工程协会。

目 录

第一课 光和视觉	1
光的本质.....	1
眼睛.....	5
光和视觉的关系.....	9
第二课 照明词汇	18
照明术语和单位.....	18
照明定律.....	21
照明控制.....	25
光的测量和测试仪表.....	28
第三课 光源 引言和白炽灯	34
1. 引言 光的产生	34
2. 白炽灯	38
基本部件.....	38
灯的基本类型.....	42
优缺点.....	48
第四课 光源 荧光灯和高强度放电灯	51
1. 荧光灯	51
概述.....	51
荧光灯的分类.....	55
荧光灯照明系统的组成.....	57
灯的性能.....	58
荧光灯的优点与缺点.....	63
2. 高强度气体放电灯	63

概述·····	63
汞灯·····	65
金属卤化物灯·····	71
高压钠灯·····	73
第五课 照明器数据·····	78
概述·····	78
光学测量数据·····	78
电参数·····	89
机械性能·····	90
费用·····	91
第六课 照明设计·····	92
概述·····	92
基本设计程序·····	94
光通量法——带腔法·····	101
逐点法·····	117
例题·····	122
第七课 工业照明·····	127
概述·····	127
良好工业照明的优点·····	127
实现良好照明的因素·····	128
厂房照明设计举例·····	135
第八课 办公室与学校照明·····	141
能见度·····	141
照明光量·····	142
照明质量·····	142
办公室和教室照明设计步骤·····	150
第九课 商店照明·····	154

商店照明的功能.....	154
商店照明设计的构成因素.....	154
橱窗照明.....	159
第十课 室外照明	165
室外照明应用.....	165
泛光照明设计：光束流明法.....	167
第十一课 住宅照明	181
需要考虑的基本问题.....	181
设计要求.....	183
照明装置.....	183
第十二课 费用分析	197
灯的经济性.....	197
举例说明光的费用.....	198
照明系统的自身费用和工作费用.....	199

第一课 光和视觉

光的本质

光的定义

光是辐射能的一部分。照明工程协会规定光的含义，是指能够产生视觉的辐射能。光的计量单位是流明-小时，其符号为 Q 。

照度* 是指光照射在某个表面而造成的效应，照度的计量单位是英尺-烛光(或者勒克斯)**。

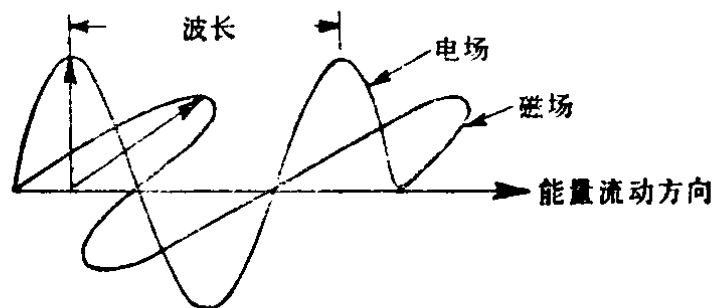


图 1-1 电磁能示意图
振荡方向与能的流动方向相垂直

亮度是指反射(透射或者发射)自某个光源或者某个表面的光，亮度的计量单位是英尺-郎伯。光可以形象地用图1-1表示。

* 关于照度和亮度的定义，见第二课。

** 按照国际单位，1英尺-烛光=10.76勒克斯，而1英尺-郎伯=3.4烛光/米²。

光具有波长(λ)和频率(f)特性。在许多应用场合,并无必要表示出这些特性,而简单地用箭头表示光的方向。

光在空气中或者真空中的速度(c)均为每秒 186,000 英里。

目前科学家们用两种理论来阐述光的本质。这就是“电磁波理论”和“量子论”。电磁波理论认为发光体以辐射能的形式发射光,而辐射能又以电磁波形式向外传输(见图 1),电磁波作用在人眼上就产生光的感觉。量子论认为发光体以分立的“波束”形式发射辐射能,这些波束沿直线发射出来,作用在人眼上而产生光的感觉。光在空间的运动可以用电磁波理论圆满地加以解释。

光对物体(例如对阻挡层光电池光度计)的效应可用量子论圆满地加以解释。

辐射能波谱图

辐射能除光以外还有其他表现形式。这些能量总称为电磁波谱或者辐射能谱,见图 1-2。

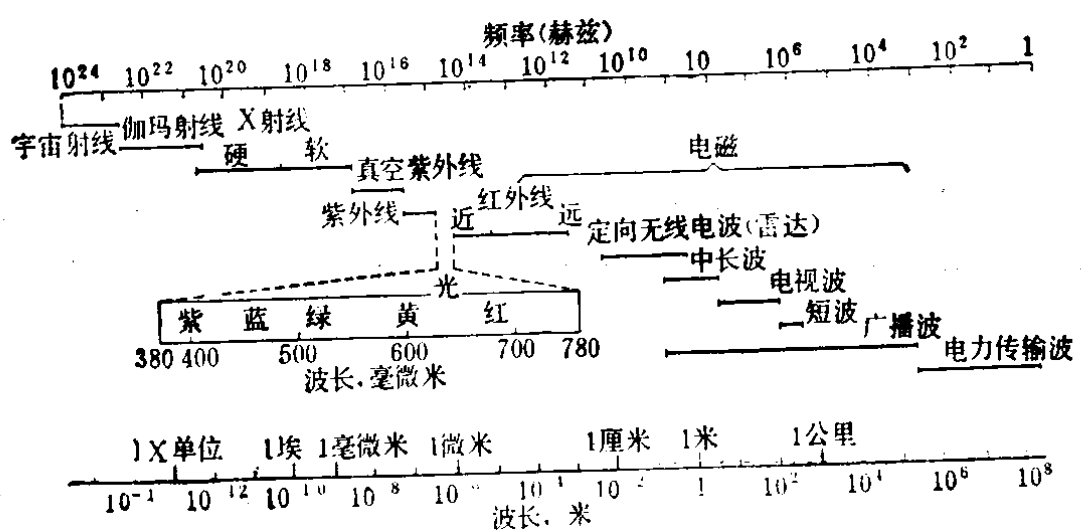


图 1-2 辐射能(电磁能)波谱

辐射能在空气中或者真空中的运动速度恒定不变，约为186,000 英里/秒。

波长代表相邻波的波峰之间的距离，见图 1-1。

频率是指在一秒钟内通过某给定点的波数量。频率单位为赫兹(Hz)。

波长根据所在波谱中的不同位置可以用不同单位表示，例如短的宇宙射线可用微微米表示，而长的电力传输波可用英里表示。光波的单位是毫微米(nm)。

测量辐射能的单位是功率小时(wh)。

辐射通量的测量单位是瓦。辐射通量也称为辐射功率。

可见光谱

在1666年，牛顿使一束光线通过棱镜，从而发现光束中包含组成彩虹的所有颜色。

可见光谱的颜色实际上是连续混合而成的，而图 1-3 是

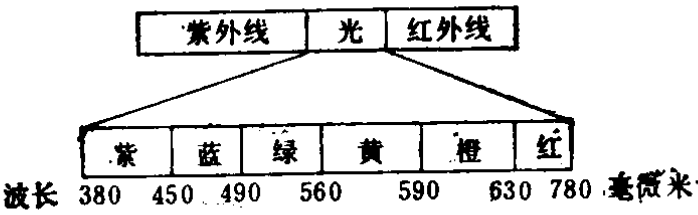


图 1-3 可见光谱，白光中包括彩虹的全部颜色

将每种颜色任意地分成波段。根据扬-霍姆霍尔兹色彩理论，光的基本颜色是红、兰和绿三种。

紫外线波谱

紫外线是人眼见不到的。

太阳是近紫外线发射源。人造发射源可以产生整个紫外

线波谱。

紫外线的三种效应见图 1-4 所示。

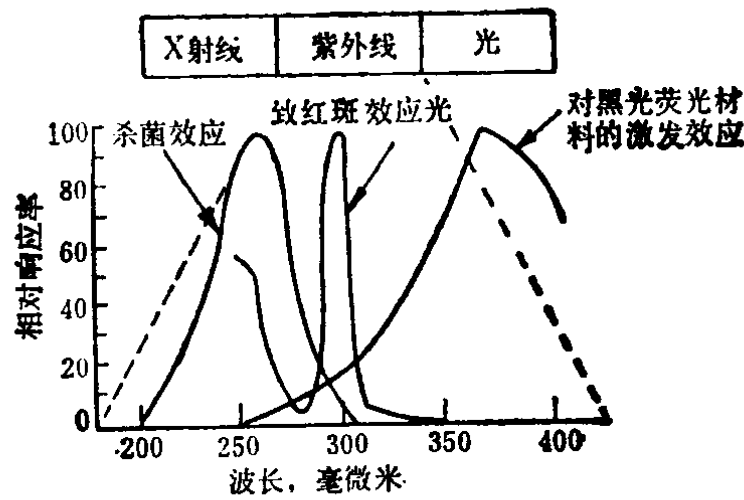


图 1-4 紫外线谱

红外线波谱

红外线也是人眼所见不到的。

太阳是天然的红外線发射源。红外线波谱的范围为 780 毫微米至 100 微米。一般地说，白炽灯可发射波长在 5,000

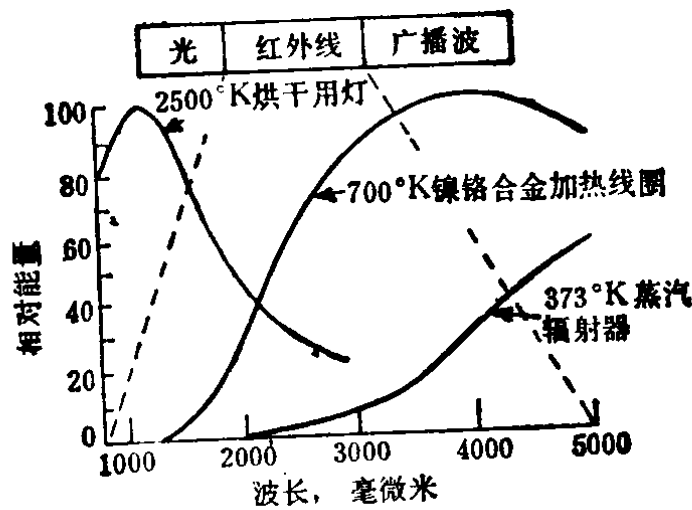


图 1-5 近红外线谱

毫微米以内的红外线。发射近红外线的特制灯可用于理疗和工业设施，参见图 1-5。

眼睛

眼睛的构造

眼睛是一种精密仪器；它在很多方面与照相机相似，参见图 1-6。

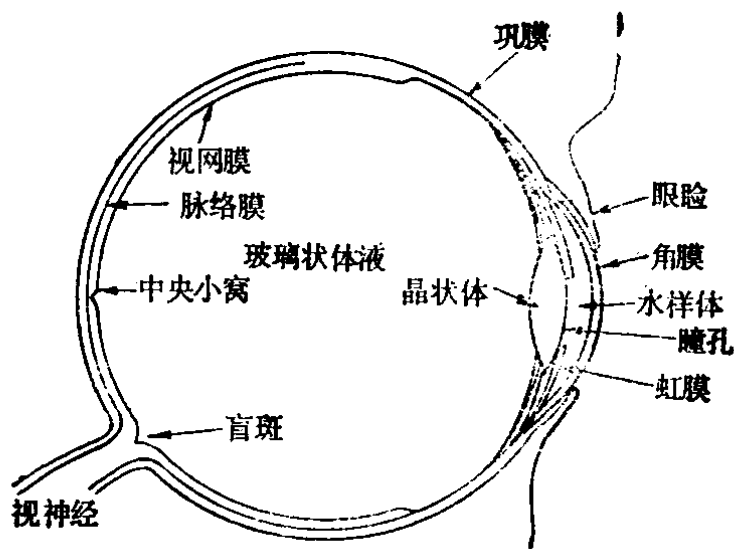


图 1-6 眼睛的截面

这可从以下对比中看出：

眼睛	相机
巩膜	机盖或机壳
脉络膜	中间衬层
视网膜	胶卷
虹膜	光圈
瞳孔	孔径
眼睑	快门

下面说明眼睛的每个组成部分：

巩膜 是眼睛的外壳，质地坚硬，为白色不透明体；它使眼球保持在一定位置。巩膜的前部为透明体，称之为角膜。

脉络膜 是由一层血管组成的中间衬垫，其功能是向眼球提供养份。脉络膜的前部就是虹膜，这是一个彩色光阑，其作用与相机的光阑相同。它可自动调节进入眼睛内的光量。例如，当光线暗淡时，它就会使瞳孔扩张。瞳孔是位于虹膜中心的小孔，相当于相机快门中间的孔径。

视网膜及其组成 视网膜是位于靠里面的一层衬垫，它是眼睛的视觉感受部分，相当于相机的胶卷。视网膜由一层纤细的神经组织构成，包括圆锥状和杆状两种神经纤维末梢。此外，视网膜上还有一个黄斑和一个盲斑，前者的功能是提高视觉清晰度；后者正是视觉神经进入眼球的位置。

圆锥状神经的实际数量达几百万个，以黄斑区分布最为致密。圆锥状神经的功能是在昼间看物体，而且可看到物体的颜色。色盲就是圆锥状神经功能失调所致。

杆状神经的数量也达几百万个。它们呈扇面形状分布在从黄斑到视网膜边缘的整个区域内。杆状神经在黄昏时就活跃起来，于夜视中起作用。它们不能感知到颜色。在照度低的情况下，杆状神经对兰色光的敏感度要比圆锥状神经大许多倍。所以，在战争时期要实行灯火管制时不用兰色光而用红色光。

水样液 是指分布在角膜和虹膜之间的水状溶液。

晶状体 处于悬浮状态，且由紧贴于瞳孔后面的肌肉支撑住。晶状体是一个富有弹性的多层体，形状与透镜相同，

其功能也与相机的透镜一样。不过，它具有自动聚焦功能，而相机是靠移动透镜来聚焦的。眼睛的聚焦靠肌肉动作以改变晶状体形状来实现。当观望 20 英尺以外的物体时，眼睛处于正常休息状态。人们在工作或者看书时，观察距离一般为 14 英寸，眼睛就要进行调节和聚焦。长时间的连续聚焦动作会产生疲劳感。

玻璃状体液 是一种胶状物体，分布于晶状体的后面以及眼球的其余部分。它的功能是协助晶状体使光线发生折射或者弯曲，并进入黄斑区(夜视时则进入黄斑附近区域)。

视紫质 是杆状神经内的光化学物质。它在光的作用下会漂白并且分解成一系列产物。

视觉产生过程

当 380 毫微米~780 毫微米的电磁辐射进入眼睛的外层透明保护膜后，发生折射；光线从角膜进入水样体和瞳孔。进入的光量通过瞳孔的收缩或者扩张自动地得到调节。光线通过瞳孔和晶状体后，由晶状体和透明体液将光线聚焦在视网膜上。视网膜的圆锥状和杆状神经开始起作用。接着发生的一个电化学过程是：圆锥状和杆状神经产生的脉冲传输至视神经，再由视神经传输至大脑，产生光的感觉或者引起视觉。视感是由大脑和眼睛密切合作而形成的。

眼睛视觉活动的特点

调节功能 指晶状体的聚焦功能。

适应性 指视网膜在光感过程中产生的光化学变化。正是依靠这种适应性，眼睛对亮度的感知范围才变得十分宽广(1~1,000,000)。

虹膜的功能 将进入眼睛的光量控制在一定范围，控制程度为 1~16。

标准光谱发光效率曲线 用以表明眼睛对可见光谱内不同波长辐射能量的相对视感效率。这条曲线也称为眼睛的视感度曲线。眼睛的最大视感度位于 555 毫微米，即可见光谱中的黄绿区。随着波长的延长或者缩短，视感度都要降低。根据光谱发光效率曲线，所谓光通量（流明）就是辐射通量（瓦）乘以一个常数。

普尔钦效应 标准的(昼光)眼睛视感度曲线是根据“圆锥状和杆状神经的视觉功能”而绘制的。在亮度极低达到 0.01~0.001 英尺-郎伯范围时，圆锥状神经不再起作用，整个视感活动都由杆状神经承担。在微光视觉活动情况下，会出现另一条视感度曲线。该曲线形状与昼光曲线相同，但是其位置却向光谱中兰色端移动 50 毫微米。这就是图 1-7 所

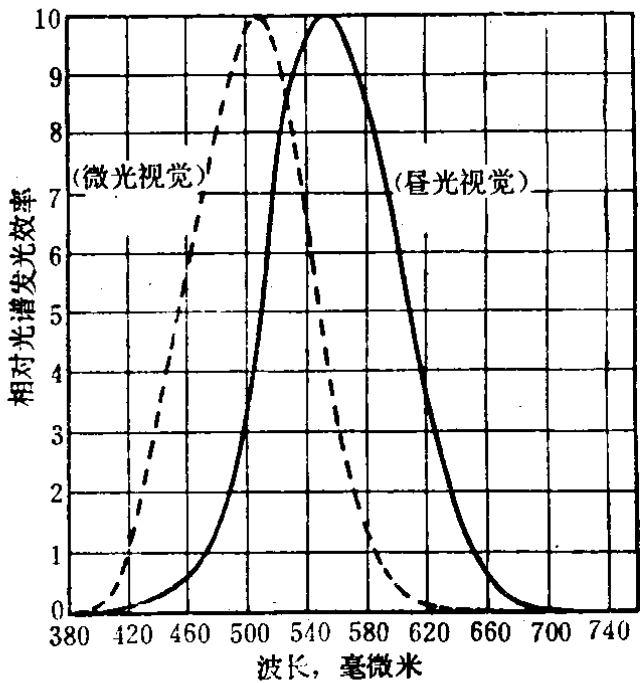


图 1-7 昼光和微光下的相对光谱视感度曲线，表明普尔钦效应对最大视感度波长的作用

示的普尔钦效应。

视场 在正常情况下，水平面的视场为 180° ，垂直面为 130° ，水平面上方为 60° ，下方为 70° 。黄斑的对应角约为 2° 。这个地区称为中心视场。从中心视场的外边线到离光学轴线 30° 的圆周这个范围是视界最清楚的地区，见图 1-8。

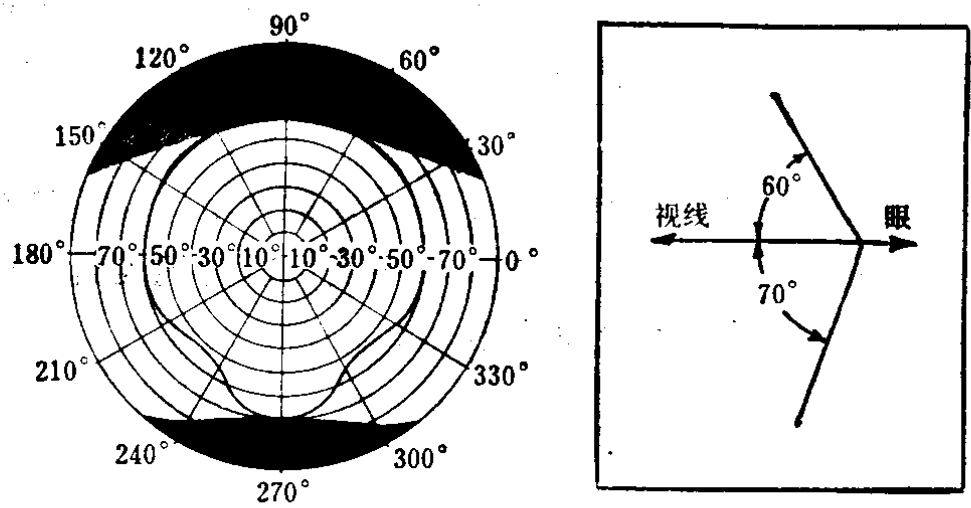


图 1-8 人双眼的正常视场

中间白色部分指双眼都看到的部分，左右两侧灰色部分是指左右眼分别看到的部分。黑色部分是指被眼眉和脸颊遮挡的部分

光和视觉的关系

光和视觉的相互依赖关系

光和视觉是分不开的。在黑暗中，正常人的眼睛就跟瞎子的眼睛一样不起作用。为了恰当地利用光，并且提出适当的亮度标准，就必须研究光和视觉的相互关系。

远视觉和近视觉 在正常情况下，在观察 20 英尺以外的物体时，眼睛几乎处于休息状态。大多数目视工作应在离眼睛约 14 英寸的位置上进行。

大物体与小物体 农活、捕猎、伐木之类工作不怎么费眼神，而簿记、修表、校对、缝纫、看书一类工作则很费眼神。

昼间与夜间 在过去，人们的正常活动时间为日出到日落。而今天，人们除一天正常工作外，视觉活动往往在人工照明灯光下继续到深夜，包括看书、看电影、电视、驾驶高速汽车以及其他费眼神的活动。今天，眼睛的工作时间延长而休息时间则缩短。

阳光照度与电灯光照度 阳光的照度比电灯光的照度要高几百倍甚至上千倍，见图 1-9。照度可以用照度计测量。下面是几个有代表性场所的照度值。

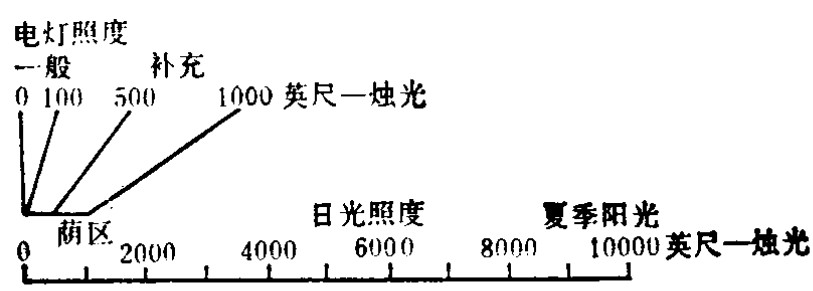


图 1-9 日光和电灯光照度的比较

室外

- 旷野—夏季正午—7,000~10,000 英尺-烛光。
- 树荫下—正午—约 1,000 英尺-烛光。
- 走廊上—夏季正午—几百英尺-烛光。
- 阴天—任何季节—200 英尺-烛光以上。

室内

室内的照度要低得多。办公室、工厂、商店、学校以及