

室内照明

〔荷〕 J. B. de波尔 等著

刘南山 钱典祥 译
吴初瑜 肖辉乾
肖辉乾 校

一章所提的宝贵建议，向飞利浦“照明设计和工程中心”的A. B. de Graaff在编写“计算和测量”这一章中给予的协助表示谢意。最后，我们还要对“照明设计及工程中心”的D. L. Parker在编写本书中所提供的宝贵意见和支持谨致谢意。

J. B. de Boer

D. Fischer

于Eindhoven July

1981年7月

内 容 提 要

《室内照明》一书较系统地论述了室内照明的基础理论、照明设备、照明设计和各类建筑的照明实践。书的内容全面，取材新颖，图文并茂，论述简明扼要，是目前室内照明理论和技术的—个较好的总结。

本书可供照明设计人员、照明维护管理人员，从事照明设备研制人员和理工科大专院校的有关师生参考。

INTERIOR LIGHTING

Prof. J. B. de Boer

Prof. Dr. D. Fischer

PHILIPS TECHNICAL LIBRARY

KLUWER TECHNISCHE BOEKEN B.V.—

DEVENTER-ANTWERPEN, 1981

室 内 照 明

〔荷〕 J. B. 波尔 等著

刘南山 钱典祥 译

吴初瑜 肖辉乾

肖辉乾 校

*

轻工业出版社出版

(北京广安门南滨河路25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

*

850×1168毫米1/32 印张：10²⁴/99 字数：273千字

1989年9月 第一版第一次印刷

印数：1—3,000 定价：9.10元

ISBN7—5019—0233—X/TS·0146

译 序

建筑室内照明是整个建筑物的一个不可缺少的有机组成部分。良好的室内照明不仅在功能上为人们创造出一个理想的光和视觉环境,以满足工作、学习、生活和娱乐的要求,而且在艺术上将给人们以美的享受。

随着整个科学技术的不断发展和人们的文化及物质生活水平的提高,室内照明理论和技术的研究越来越引起世界各国的普遍重视。国际照明委员会(CIE)的室内照明技术委员会集中了世界上许多优秀的照明工作者对此进行了专门研究,并取得和公布了一系列的研究成果。

本书的第一作者J.B.de Boer教授系上一届国际照明委员会主席,他在照明方面有丰富的理论和实践经验,在国际上享有盛名。本书的第二作者D.Fischer教授是上届国际照明委员会的室内照明技术委员会的主席,也是有名的《国际照明评论》("International Lighting Review")的总编。这两位作者多年从事照明设计,科研、教学和照明器材设备的研制及试验工作,在室内照明方面知识渊博,经验丰富。《室内照明》一书是他们的主要代表作。

本书的特点之一是收集和总结了国际上室内照明理论和实践经验,并根据理论和实践相结合的原则,对室内照明的理论、照明设备、照明设计和应用进行了科学的论述,所以说本书的内容全面,取材新颖,具有一定的权威性。

书的另一特点是内容的深度和广度适宜,结构紧凑,行文简

明扼要，而且是图文并茂，数据准确可靠。正如作者在原书提要中引用的一句古代格言所说：“一张好图胜过千言” (One good picture is worth a thousand words)。本书从世界各地许多优秀的室内照明实例中精选了40多张照明图片，特别是其中16张彩色照片，十分生动而形象地介绍了各类建筑的室内照明的成功之处，给读者以很大的启示并留下深刻的印象。

本书的二位作者先后来华访问和讲学，向我国照明工作者介绍了他们的这一著作，得到了中国同行们的好评。近年来，我国虽然也出版过一些照明著作，但专论室内照明理论和技术的书籍不多，而且远远不能适应我国建设的需要。为加速我国照明技术的发展，吸取国外的有益经验，在轻工业出版社的大力支持下，我们翻译了此书，以供同行们参考。由于译者的水平有限，译文中的不妥之处，请读者批评指正。

本书译序由肖辉乾供稿：原书序言和第1章、第3章由肖辉乾译；第2章，第4~6章和第9~13章以及小辞典由刘南山译；第8章和第14~20章由钱典祥译；第7章由吴初瑜译。全书译文由肖辉乾审校，第1和第3章由刘南山审校。

在本书出版过程中，对原书的作者及给以热情帮助的各位同志，我们在此表示诚挚的谢意。

译者

1985年10月于北京

前 言

本书的目的是通过室内照明实践和照明设计诸方面的原理的提纲挈领性的阐述,使照明工程师、建筑师、室内设计工程师以及与这些领域有关的其它方面的学生等能对这些原理的基础知识及其应用有较好的理解。

今天照明实践方面的许多东西,有的来自实验室或现场的有关照明的数量和质量方面的研究结果;有的来自研究现有照明装置中不断积累的经验;有的则来自与照明有密切关系的声学 and 空调领域中的知识。

照明工程并不是一门严格的科学,相反,它既涉及人,又涉及物。此外,对某一给定的室内照明,除非室内工作或活动的人认为满意,否则就不能说是好的照明。假若人们能认识到照明既是一种艺术又是一种科学的事实,那才可以说对室内照明这一中心问题有了充分的认识。

本书分四部分,第一部分专门论述室内照明的基本原理。开头的四章中,每一章对该领域中飞利浦公司实验室和其它地方所进行的研究,作了广泛介绍。同时,对可用于照明设计的最有意义的成果作了分析和总结。在第一部分的后两章中,广义上从建筑设计角度来看室内照明。第五章综合考虑照明、通风、空调和声学等因素之间的联系,并对各因素在决定室内环境质量方面所起的作用进行了分析。第六章则讨论节能这个重要问题。

本书第二部分,开头两章对室内照明的主要设备——光源和灯具作了综述。综述的重点是介绍这些设备在实用方面的特点,

对设备发展的技术基础说的较少。其目的是有助于选用设备的人，而不是该设备的设计者。由于新的照明设备的不断出现，本书不在于提供技术资料。我们希望那些有意寻找详细资料的人，最好还是求助于厂商或工厂的说明书。对于照明电气设备一章，仅给读者提供一个范围，即建造一个良好工程的有关照明电气设备的范围。这一部分的最后一章则介绍了良好的维护方案所带来的好处。

组成本书第三部分的三个章节是理论和实践之间的联系纽带，并给读者提供了高效率照明设计所需的基本“工具”。同时，对主要的照明要求作了回顾，其实这一部分是本书第一部分所得结果的归纳，而且根据这些要求，对如何应用到不同国家和国际的照明规范问题作了介绍。这部分的最后一章介绍了照明设计中所用的各种计算方法以及通常用来测量照明的基本量的各种技术。

本书的最后一部分，可以说是把读者带出了教室，进入了主要的应用领域的每一个方面。根据本书前面提出的照明要求，对怎样解决各类照明方案问题的途径提出了切合实际的建议。本部分中好几个照明例子是从世界名地的照明实例中挑选出来的，而且这些实例都是飞利浦照明设计中心所完成的照明设施。

本书从头到尾重点阐述人工照明方面，不涉及天然采光。如果有天然采光的话，照明工程师也是很不在乎的，若他对给定的室内如何利用天然光感到兴趣，也只限于天然光影响他的照明设计的方面。

最后要顺便提一句，这就是本书并未涉及家庭照明。因为这个问题和一个人的爱好有密切关系，而且个人爱好远远超过照明方面已建立的原理。

我们要向飞利浦德国Aschen实验研究室的G.F.Söllner表示热忱的感谢。他编写了本书第一部分所属各章的初稿。同时，向荷兰飞利浦照明分部的N.J.Quaedflieg为照明维护这

目 录

第一篇 基础理论	(1)
第一章 照明水平.....	(1)
第二章 最佳亮度.....	(33)
第三章 眩光.....	(65)
第四章 颜色.....	(83)
第五章 通风、空调和声学.....	(108)
第六章 照明节能.....	(128)
第二篇 照明设备	(136)
第七章 光源.....	(136)
第八章 灯具和其他设备.....	(159)
第九章 电气装置.....	(175)
第十章 照明维护.....	(187)
第三篇 照明设计	(193)
第十一章 照明评价指标.....	(193)
第十二章 照明规范.....	(207)
第十三章 照明计算和测量.....	(218)
第四篇 照明应用	(247)
第十四章 工业照明.....	(247)
第十五章 办公室和学校照明.....	(255)
第十六章 商店和百货商场的照明.....	(269)
第十七章 博物馆和美术馆的照明.....	(275)
第十八章 旅馆照明.....	(282)
第十九章 医院照明.....	(290)
第二十章 体育建筑的照明.....	(298)
参考文献	(309)

词汇表 (小辞典)	(317)
附录A, B.....	(332)

1

第一篇 基础理论

第一章 照明水平

设计室内照明设施时，人们询问的头一个问题，显然是需要什么样的照明水平？不过在回答这一问题之前需弄清照明水平一词的含义。

光源的光输出是以流明为单位的光通量来表示。被照面单位面积上接受的光通量称之为照度。照度用每平方米的流明数或勒克斯来度量。被光照射的表面亮度或是每平方米的坎德拉数和照度与表面反射比的乘积成正比，入射光通量与反射光通量之比为反射比。因此，被照面的反射比把照度和亮度紧密地联系起来，比如对漫反射表面来说，联系这两个量的公式如下：

$$L = \frac{E\rho}{\pi}$$

式中 L 是亮度，单位为坎·德拉每平方米 (cd/m^2)；

E 是照度，单位为勒克斯 (lx)；

ρ 是反射比。

因为照度和亮度有这样密切的联系，所以把它们共同称作照明水平。再回到前面提的问题，其答案取决于室的类型。在需进行视觉工作的房间或区域内，即所谓的工作室内，需要的照明水平一方面要考虑人对视环境的满意不满意问题，另一方面还取决于视觉工作的难易程度和视功能水平。在交通区域和进行社交活动以及休息的地方，除了体育场所以外，视功能要求就不那么重要，而重点是考虑视环境的满意不满意问题。

本章将详细讨论这两个使用要求，即视功能和视满意性来决

定适合各种类型室内规范的照明水平的方法。并以不同年龄对这些要求所可能存在的影响方面所做的研究工作来结束本章。

第一节 考虑视功能的照明

一般说为了使照明水平适合于视觉作业的视功能要求，通常有两条途径。一条是在试验室研究照明水平对模拟视觉工作的视阈度的影响，只要使照明水平超过视觉工作的视阈值则可满足视功能的要求。另一条途径是直接研究大于视阈度范围的照明水平对视功能的影响，把照明水平规定在给定的视功能要求值的位置。

上述第一条途径的优点是能够看出观察过程的边界；第二条途径的优点是能够得到给定的照明水平对实际视工作情况的影响。国际照明委员会（CIE）企图把这两条途径统一起来对照明的视功能进行评价。

一、阈视度的研究

对已知相对均匀背景条件下的物体的尺寸、对比和观察时间的视度，可由视力、对比灵敏度和观察者的识别速度来确定。这些术语定义如下：

尺寸：

在视度研究中，物体的尺寸或细部尺寸一般定义为物体或细部对观察点所张的角度，通常用弧度来表示。

对比：

在均匀亮度背景上的均匀亮度的细小物体的亮度对比 C 为物体亮度 L_o 和背景亮度 L_b 之差和背景亮度 L_b 之比，即：

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b} = \frac{\Delta L}{L}$$

视力 ($1/D$)；

1. 定性含义是区分精细部分的能力;
2. 定量含义是人眼刚能看出是分开的两个相邻物 (为点或线) 的张角 D (一般用弧分表示) 的倒数。

对比灵敏度 (符号为 S_c):

1. 定性的含义是识别亮度差的能力;
2. 定量的含义是可看见的最小相对亮度差的倒数, 即

$$S_c = \frac{L}{\Delta L} = \frac{1}{C}$$

识别速度 (或视觉速度) ($1/t$):

识别物体时, 由看到物体到识别出它的外形之间的时间 (一般用秒表示) 的倒数。

上述视力、对比灵敏度和识别速度三项视觉机能有着密切联系, 而视场亮度对它们产生正的影响。这点, 在一间照明不好的房子里一打开灯, 人的视觉机能的改善立即就表现出来。

Fortuin (1951年), Balder 和 Fortuin (1955年), Blackwell 等 (1959), 后来 Blackwell (1971年) [译注: Blackwell 于 1979 年继续进行研究] 等许多学者先后对阈视度进行了大量研究。

1951年, Fortuin 在观察时间不限的情况下, 对观察者的阈视度, 研究了物体的尺寸、对比和视场亮度之间的关系。

Fortuin 使用的试验方法是大量的被试者 (包括各种不同年龄) 观看不同尺寸和对比的 *Landolt* 环视场。*Landolt* 环是带开口的二维环, 每个环的开口宽度和环的厚度等于环的外径的五分之一 (见图 1.1)。视标上每个环有八个开口方向 (北、东北、东、东南等) 的一个开口方向。每个被试者顺序观察视标上各个 *Landolt* 环, 主试者要求被试者指出他所识辨出的每个环的开口方向。被试者提供的回答的正确性向主试人表明哪个开口是实际上能看得到的。

在 Fortuin 的研究中, 他对每个被试者在许多不同对比和

视场亮度相组合的情况下决定最小可见的物体尺寸。当观察时间不受限制时，他发现下述关系式：

$$\log D + 0.791 = -2.17 \frac{\log C - 1.57}{\log L + 3.96} \dots\dots\dots (1)$$

试验结果相当准确地描述了视场亮度 L ，物体尺寸 D （即开口尺寸）和对比 C 之间的关系。

这个关系相当于三维空间 $D \cdot C \cdot L$ 中（见图1.1）的一个面，即物体的可见和不可见之间的边界面。图1.1中该面上方的一点表示这物体是可见的。同时也发现，随被试者的年龄的增加，此面向 D 维的高值方向移动。（图1.2表示用 L 作参量的公式（1）的二维表示情况，此图使定量评价显得比较容易）。

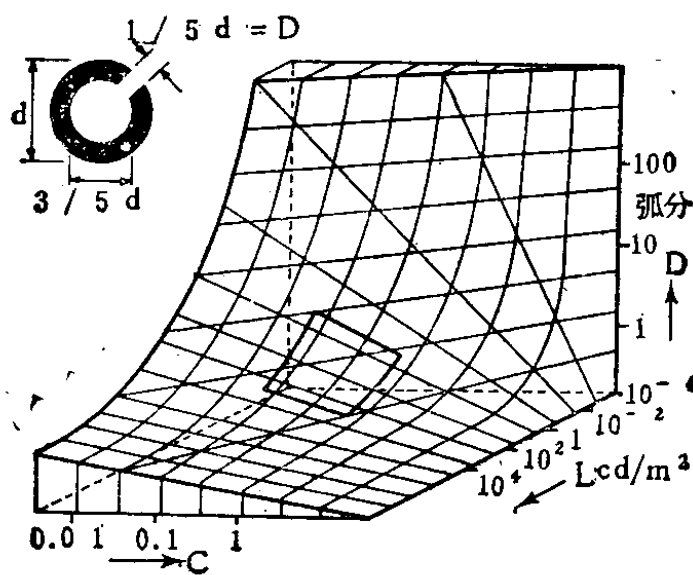


图 1.1 公式 $y = x/z$ 的表示图

在这一场合， $\log D + g = p(\log C + m)/(\log L + n)$ ，图的左上方给出的Landolt环的开口尺寸作为对比 C 和亮度 L 的函数。图的中心方块表示研究范围（即对比为0.094~0.94，亮度为1.2cd/m²~1200cd/m²），观察的时间不受限制（Fortuin）。

图1.1中的阈表面上一给定点，在一定的视场亮度 L 时，当物体的 D 和 C 值大时，物体的视度变好。而且当一物体的视度变好时，所需观察的时间则缩短。也就是说，当观察时间变短时， $D \cdot C \cdot L$ 阈表面就出现在 $D \cdot C \cdot L$ 值的上升方向。

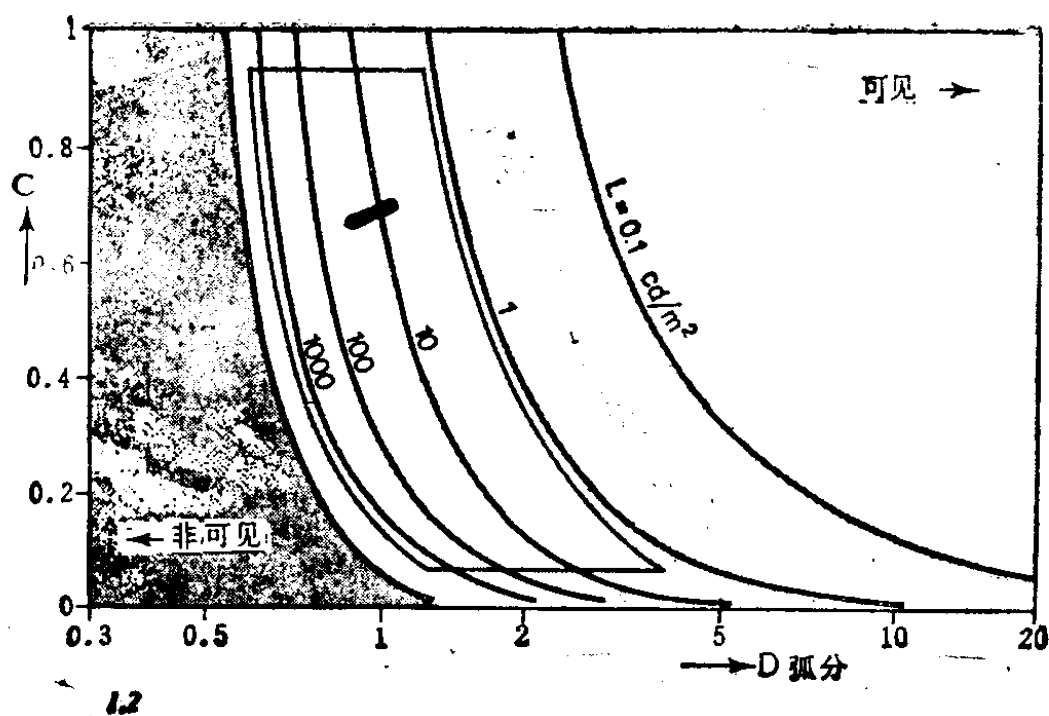


图 1.2

线性刻度环的对比 C 作为对数刻度的开口尺寸 D 的函数，以视场亮度 L 作为参量。“平行四边形”表示研究范围（对比为 $0.09 \sim 0.94$ ，亮度为 $1.2 \text{cd/m}^2 \sim 1200 \text{cd/m}^2$ ）。

1955年，Balder和Fortuin测量了观察时间对静止物体的视度的影响，也就是它对上述 $D \cdot C \cdot L$ 阈表面位置的影响。大量的被试者（包括不同年龄的人）去观看一组不同尺寸的 *Landolt* 环。他们所用的试验装置如图1.3所示。当环的尺寸是常数时，环和它的背景间的对比 C ，该背景高度 L 和暴露时间 t 的每一个均是变化的，每个变化范围都是4个值，从而得到总共64个 C 、 L 、 t 组合。对环的尺寸这一范围说，这64个组合是重复的。

视标每次暴露后，给被试人适当的时间，以便将观察结果告诉主试人。他在八种可能的方向中观察某一方向，或是观察环的开口指向。对每一被试者来说，主试人从收到这些回答中决定若干个 $C \cdot L \cdot t$ 组合的 D 的阈值。

每一被试者对64个 $C \cdot L \cdot t$ 组合的每一组合的 $\log D$ 值，要对各种年龄的被试者所作的观察取平均值（每一 $C \cdot L \cdot t$ 组合大约

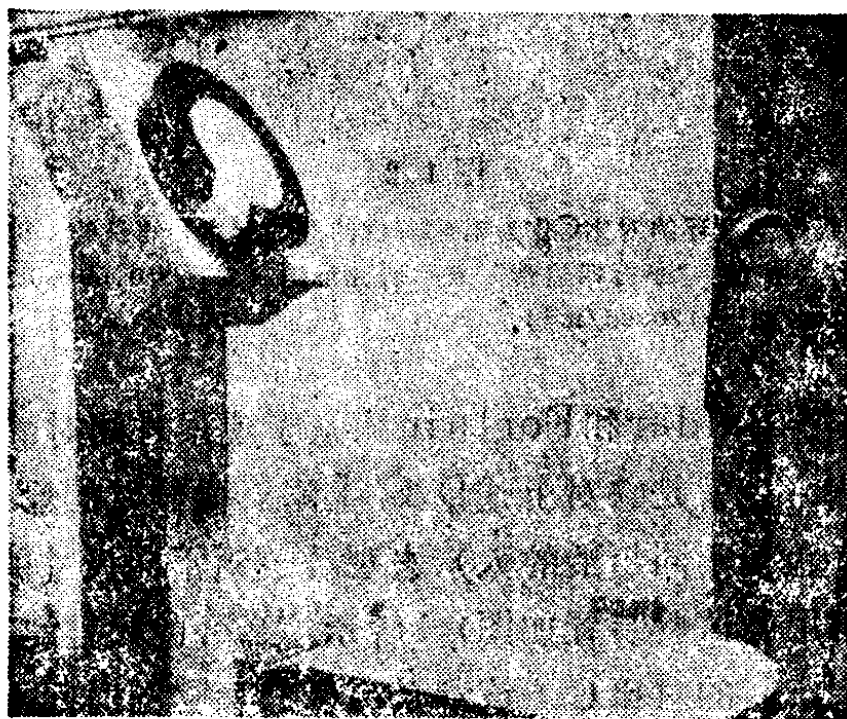


图 1.3 测量阈视功能的试验装置

上图中间是均匀照明的观察屏幕，屏幕中心是不同尺寸和对比的 *Landolt* 环，该环的出现时间是可调的。观察者在 *Landolt* 环模型的后面离屏幕的距离为 6m（下图），并转动该环到能看出环的指向位置。

有 100 次观察)。这些 $\log D$ 的平均阈值对所试的四个观察时间的每个时间绘成 $\log C$ 和 $\log L$ 的函数。图 1.4 所示，以 t 作为参量，在 D.C.L 空间中给出四个阈表面。Blackwell 所作工作导致国

际照明委员会 (CIE) 发展了一个一般的方法 (见 1977 年 CIE 参考文献)。使用这个以视功能为基础的一般方法, 视觉工作的功能就可和照明变量建立联系见第一章第一节之三)。

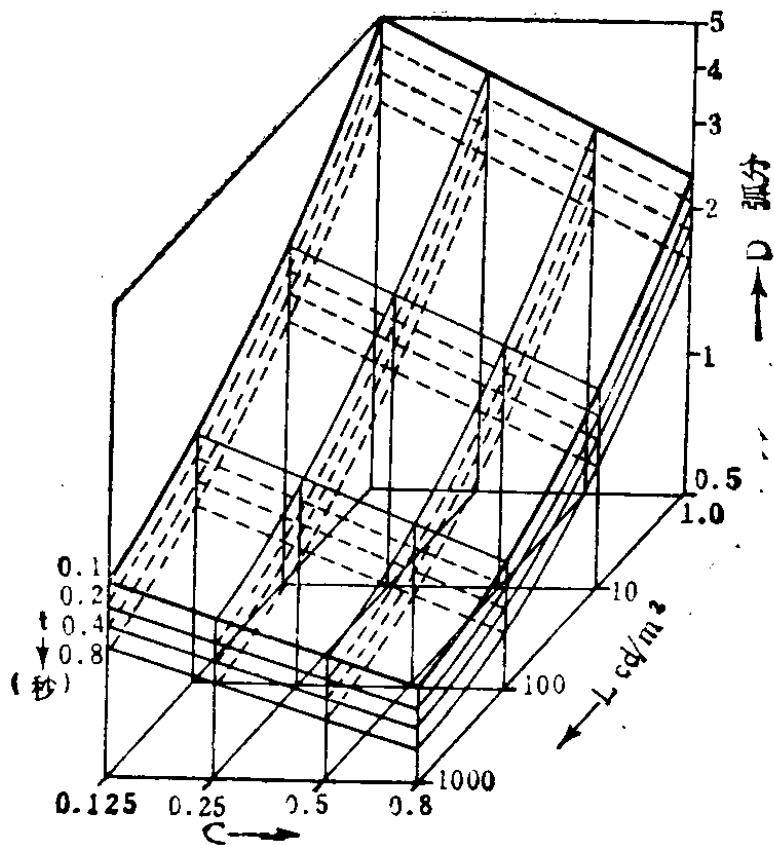


图 1.4

以 t 作为参量, 包括 15~64 岁各种年龄的被试人的平均数, 以 D, C, L 为函数的阈表面。这表面已被修饰, 使之适合于测量的平均值 (Baldcr 和 Fortuin)。

Blackwell 对小亮盘的识别阈值作过基础试验。该试验亮盘位于被试者能看到的一个大的明亮屏幕中心闪现。亮盘在四个时间间隔之一内出现, 要求被试者指出在哪一时间间隔出现亮盘。变化的试验参量是亮盘尺寸和亮度、出现时间和视作业背景亮度 (即屏幕亮度)。从 80000 多个观察结果中引出一特殊的对比/亮度关系曲线作为参考曲线, 这就是图 1.5 所示的 4' 亮盘, 闪现时间为 0.2 S, 看到的几率为 99%。这一结果和最近的试验数据结合起来得出以下经验公式 (此式是 Bodmann 在 1973 年提出的)。

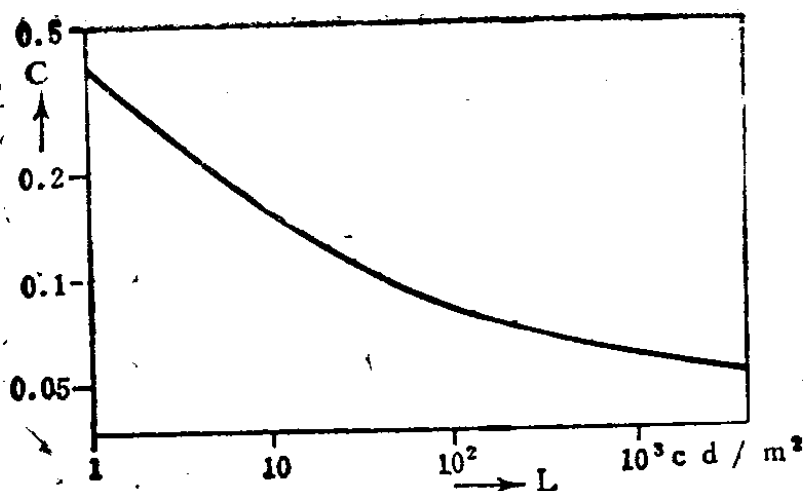


图 1.5

对4'的明亮圆盘，在0.2S的曝露时间下，阈对比C是为了达到阈视度所需要的视觉作业的背景亮度L的函数 (Blackwell)。

$$C_1 = 0.05936 \left(\left[\frac{1.639}{L_{ref}} \right]^{0.4} + 1 \right)^{2.5}$$

式中 C_1 为给定的背景亮度水平时的阈对比， L_{ref} 是在参考照明条件下所产生的背景亮度($ntcd/m^2$)。用完全漫射的非偏振的作业照度及均匀亮度的作业环境来定义参考照明条件，每个参考照明条件都有2856K的相关色温。参考照度和参考亮度的意思就是这样定义的参考照明条件的照度和亮度值。这函数对20~30岁的被试人员的平均观察者是有效的。此函数关系也叫以视度参考作业为基础的视度参考函数，也就是上述4'直径小亮盘约在0.2S的连续脉冲系列中每秒出现一次。

CIE推荐使用视度参考函数的倒数，即图1.6中的相对对比灵敏度或RCS值，这值是通过 $L=100ntcd/m^2$ 时使它归一来定义的。这样求得的函数称亮度的相对对比灵敏度参考函数，并可用以下经验公式来描述 (1973年由Bodmann提出)。

$$RCS = 1.555 \left[\left(\frac{1.639}{L_{ref}} \right)^{0.4} + 1 \right]^{-2.5}$$