

方案都能满足最初提出的设计要求,即:平均照度大于25LX,均匀性优于0.3。

道路照明设计软件“ROAD”的数据处理,除用数据表格形式表示外,尚能用灰度图和三维空间曲面表示照度在计算场地面积上的分布,使结果显得更为直观(附图从略)

利用计算机辅助照明设计,可以为设计人员提供一种导向。可以用安装之后的现场测试结果进行比较,以检验这种导向的准确程度。

何宣生 南京·华东电子管厂

CAD in the Nanjing Yanzi River Bridge lighting

He Yisheng

(HuaDong Electron tubes Factory)

ABSTRACT

The worked out two lighting desigas for the Nanjing Yangi River bridge, The 15^o Fixture instellation is the better One.

Key words: High-way lighting, CAD.

中国人眼对物体色的视觉特性研究

朴大植 陈遐举 王 强

(中国计量科学研究院)

周丰昆 陈淑芳

中科院长春光机所

焦书兰

(中科院心理所)

摘 要

本文对人眼对物体各种颜色视觉的反映进行了研究,并得出了具体数据。

关键词:视觉、色卡、明度。

一、前言

目前的光度学体系是基于1924年国际照明委员会(CIE)推荐的视网膜锥状细胞的明视觉光谱光效率函数 $V(\lambda)$ 而建立的。在这个光度学体系中,人眼感觉到的亮度用下列公式定义:

$$L = Km \int Le_{\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

式中 L 是光亮度; K_m 是明视觉最大光谱光效能, 其值为 683lm/W , 是一个常数; $Le_1\lambda$ 是光源的光谱辐射亮度。

1951年CIE推荐了基于视网膜杆状细胞的暗视觉光谱光效率函数 $V'(\lambda)$ 。相应的暗视觉亮度 L' 如式(2)所示

$$L' = K'm \int Le_1\lambda V'(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

式中 $K'm$ 是暗视觉最大光谱光效能, 其值为 1700lm/W 。

但是, 对于介于明视觉与暗视觉之间的中间视觉, 国际上还未推荐相应的光谱光效率函数和最佳的光度学体系。到80年代, 国际上对中间视觉的研究活跃起来, 我国也进行了相应的实验研究, 得出了代表中国人眼中间视觉特性的实验结果^[1]。国际上从事这方面研究的还有Palmer^[2], Kokoschka^[3], Ikeda^[4], Sagawa^[5], 中野^[6]等。CIE收集和研究了各国的实验结果, 中国人眼的数据被采纳为基础数据。

过去对视觉特性的研究, 都是用光色很纯的光谱色来进行视觉匹配实验的。为了使新的光度学体系更符合实际和更具有广泛性, 近几年国际上开展了对非光谱色(复合光)的视觉特性研究^[7]。CIE也收集和研究了各国用复合光所得到的实验结果, 中国人眼用复合光所做的视觉特性数据也作为非常可靠的数据被输入到CIE的数据库中。

以上所说的光谱色和非光谱色的视觉函数研究, 事实上都是直接由光源所发出来的光, 也称为光源色。这方面的数据已被CIE收集得非常广泛和充分了。然而在实际生活中的视环境里, 人眼很少直接观察光源本身, 而是观察在光源照射下的物体表面状态, 这时物体所呈现的颜色称为物体色。因此, 物体色视亮度的研究具有更大的现实意义和实用性。

最近, 池田^[8]等人研究物体色视亮度, 他选择2种孟赛尔色卡, 在不同的照度下与灰卡进行视亮度匹配。芦泽^[9]选择16种色布, 在 $1000\text{lx} \sim 0.01\text{lx}$ 照度下与灰卡进行视亮度匹配, 求出等价明度值。Yui^[10]选择12种色卡在7种不同照度和10种不同亮度下进行物体色视亮度匹配研究。

物体色视亮度的研究, 在国际上正引起愈来愈大的重视, 1990年9月CIE TC1—21委员会发出通知, 希望各国有关研究单位尽快开展物体色视觉的研究, 这不仅是因为物体色光度学体系方面的研究现在正是空白, 而且更能反映人眼在一般视环境下的实际效果。因此, 物体色视亮度特性的研究将对于建立新光度学体系具有很重要的意义。

二、实验装置和照明条件

为了开展物体色视亮度研究, 特别盖了一间暗室, 长 2m 、宽 1.6m 、高 2.5m , 有一扇 $0.6 \times 1.8\text{m}$ 的门, 是全封闭式的暗室。为了使观察者在舒适的环境下进行观测, 暗室内进行空调, 并切实隔绝外部噪声和杂光的影响, 以保证测量结果完全可靠和准确。

在暗室内壁和实验台面均匀地喷上无光黑漆, 其孟赛尔明度值为 $V=2.4$ 。

光源是由CIE提供的高显色性荧光灯EDL50, 共10支, 功率为每支 20W , 色温为 5000K , 平均显色指数 $R_a=92$ 。这种高显色性荧光灯的显色性、稳定性、均匀性都大大优于一般荧光灯, 很接近于在日光下对色的重现。十支高显色性荧光灯安装在暗室的天棚上。通过改变点灯支数和在灯荧下调节遮光屏, 使放在暗室中央的实验台面上获得不同的照度。照度分为 0.01lx , 0.03lx , 0.1lx , 0.3lx , 1lx , 3lx , 10lx , 30lx , 100lx , 300lx 和 1000lx 等11个等级。

色卡和灰卡分别平行地装入专门设计的盒里, 盒的开口根据不同的视场大小而不同。在 10° 视场时, 开口尺寸为 $88\text{mm} \times 88\text{mm}$; 在 2° 视场时, 开口为 $17\text{mm} \times 17\text{mm}$ 。

色卡共有七种, 包括高彩度对抗色5R4/14, 5G5/10和5Y8/14, 10B5/10, 高彩度紫色10P5/10, 以及低彩度红色和蓝色5R4/4, 10B5/4。

灰卡共有17种, 其孟赛尔明度值从1.5到9.5, 以0.5间隔变化。

三、几项校准

根据色度学理论, 色卡和灰卡的色刺激值和色坐标可用下列公式计算:

$$\begin{aligned} X &= K \int P(\lambda) R(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y &= K \int P(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z &= K \int P(\lambda) R(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \quad (3)$$

式中 x, y, z 为三色刺激值, $P(\lambda)$ 为光源的相对光谱功率分布, $R(\lambda)$ 为色卡或灰卡的光谱反射比, $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ 为色匹配函数, 分别有 2° 视场和 10° 视场两种, K 为归一化系数:

$$K = 100 / \int P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

以上各式的积分范围都是 380nm 至 780nm 。

它们的色坐标为:

$$\begin{aligned} x &= \frac{x}{x+y+z} \\ y &= \frac{y}{x+y+z} \end{aligned} \quad (5)$$

对于灰卡, 在得到它们的 y 值后, 根据CIE1976 $L^*u^*v^*$ 均匀色空间的公式有

表 1 EDL-50灯的相对光谱功率分布

$\lambda(\text{nm})$	$P(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$P(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$P(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$P(\lambda)$
380	0	385	0.08	390	0.06	395	0.10
400	0.41	405	0.83	410	0.20	415	0.22
420	0.26	425	0.31	430	1.39	435	2.62
440	0.75	445	0.73	450	0.84	455	0.94
460	1.04	465	1.13	570	1.21	475	1.28
480	1.31	485	1.32	490	1.34	495	1.30
500	1.24	505	1.18	510	1.12	515	1.06
520	1.01	525	0.94	530	0.98	535	1.25
540	1.44	545	1.40	550	1.16	555	1.00
560	1.01	565	1.10	570	1.19	575	1.23
580	1.23	585	1.22	590	1.22	595	1.25
600	1.27	605	1.29	610	1.29	615	1.31
620	1.31	625	1.30	630	1.29	635	1.28
640	1.24	645	1.21	650	1.19	655	1.18
660	1.10	665	1.05	670	1.01	675	0.96
680	0.96	685	0.91	690	0.86	695	0.82
700	0.78	705	0.72	710	0.70	715	0.68
720	0.63	725	0.60	730	0.55	735	0.53
740	0.56	745	0.50	750	0.44	755	0.39
760	0.35	765	0.32	770	0.29	775	0
780	0						

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{100} \right)^{1/3} - 16 \quad (6)$$

则各灰卡的孟赛尔明度值为:

$$V = L^*/100 \quad (7)$$

因此, 为了得到色卡和灰卡的色度值以及灰卡的孟赛尔明度值, 测定了我们所用的EDL—50型高显色性荧光灯的相对光谱功率分布, 色卡和灰卡的光谱反射比。

1. 光源的相对光谱功率分布测量

所用的测量仪器由单色仪、接收放大系统组成, 标准光源是光谱辐照度标准灯。测量的波长范围是380nm至780nm, 采样间隔为5nm, 结果如表1所示。经计算, 其平均显色指数等于92。

这些灯的光谱功率分布如图1所示。

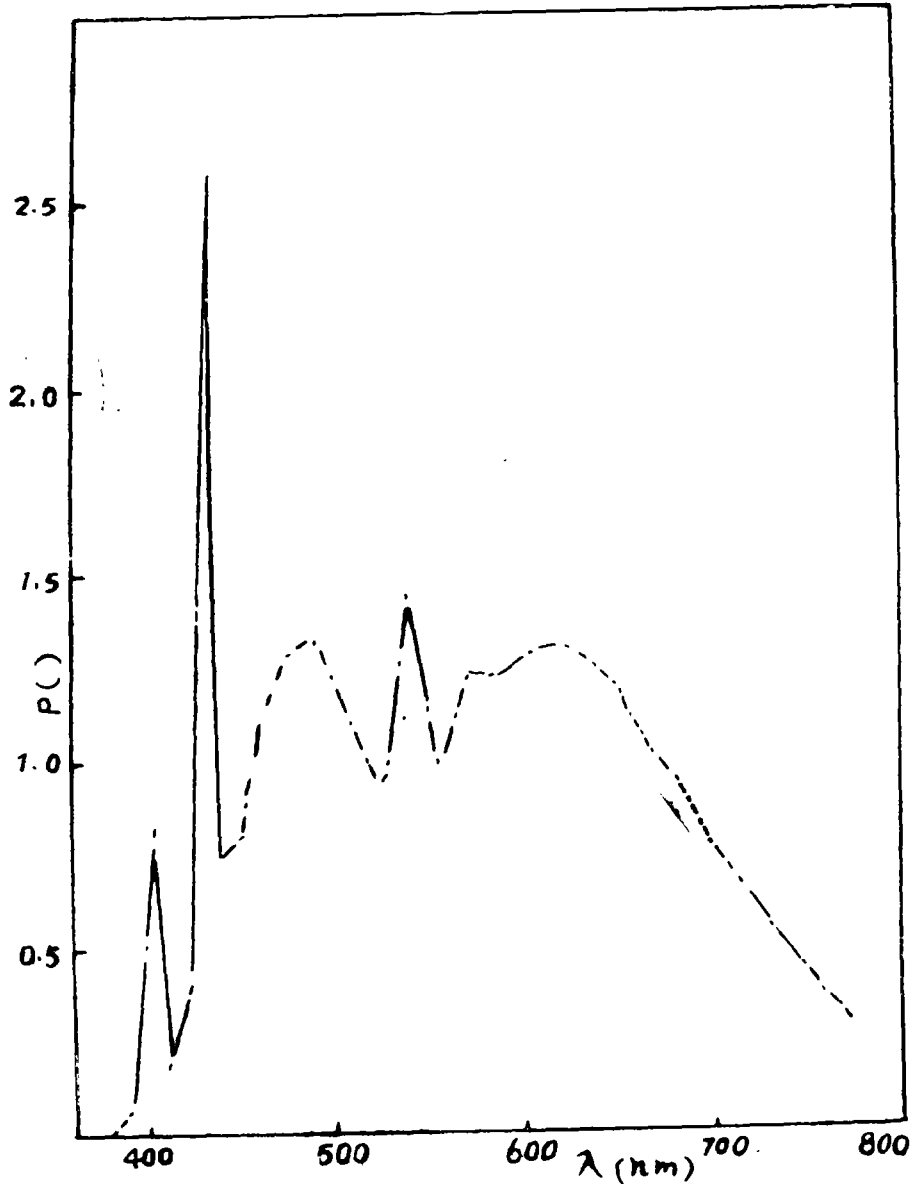


图1、EDL—50型荧光灯的相对光谱功率分布

表 2 色卡的色度数据

Color Chips	X	Y	Z	X ₁₀	Y ₁₀	Z ₁₀
10B5/10	0.205	0.245	18.5	0.205	0.267	20.4
5G5/10	0.237	0.457	18.5	0.252	0.465	18.7
5Y8/14	0.478	0.485	63.2	0.493	0.474	59.7
5R4/14	0.599	0.328	15.8	0.591	0.333	15.3
5R4/4	0.430	0.353	13.6	0.430	0.354	13.4
10P5/10	0.385	0.274	21.6	0.377	0.282	21.9
10B5/4	0.285	0.312	19.5	0.287	0.321	20.1

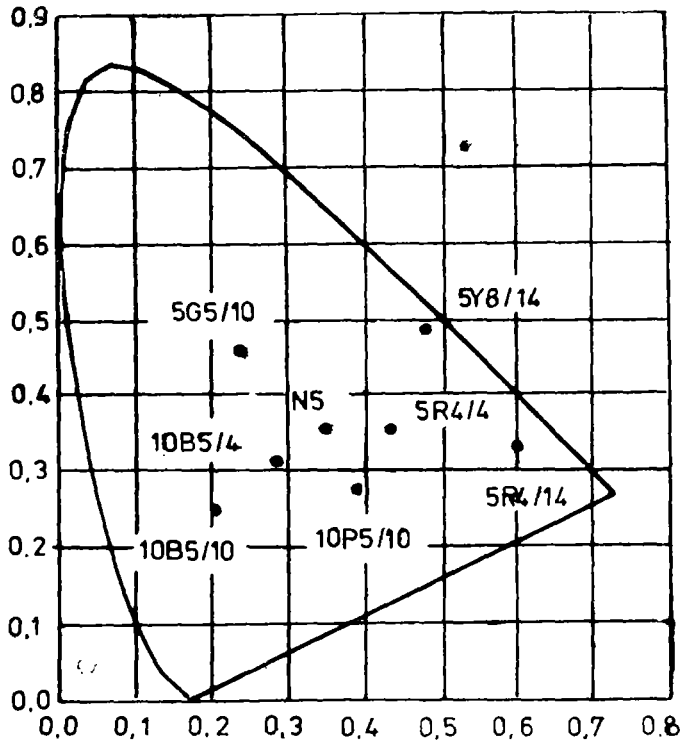


图2 所示为色卡在CIE1931色度图上的坐标位置

图2 实验所用的色卡在色图上的位置

表 3 灰卡的色度和明度值

Gray Chips	X	Y	Z	X ₁₀	Y ₁₀	Z ₁₀	V
N2.0	0.343	0.352	3.39	0.345	0.355	3.39	2.15
N3.0	0.344	0.351	7.01	0.346	0.355	7.02	3.18
N4.0	0.344	0.351	12.9	0.346	0.355	12.9	4.26
N5.0	0.344	0.352	20.7	0.347	0.355	20.7	5.26
N6.0	0.345	0.351	31.4	0.347	0.355	31.4	6.28
N7.0	0.345	0.352	44.7	0.348	0.356	44.8	7.27
N8.0	0.345	0.352	61.1	0.348	0.356	61.2	8.25
N9.0	0.346	0.353	81.3	0.349	0.357	81.3	9.22

2. 色卡和灰卡光谱反射比的测量

使用日立365型分光光度计测定了七片色卡和17片灰卡的分光反射比, 波长范围为380 nm至780 nm, 采样间隔为5 nm。测出光谱反射比后再根据式(3)、(4)、(5)计算三色刺激值和色坐标。色卡的计算结果列于表2。部分灰卡的色度值和明度值列于表3。

3. 观察面上的实际照度的测量

把标准照度计的接收面放在实验台放色卡的位置上, 通过改变点灯的支数和遮光板的位置, 调节照度水平, 分别确定在100 lx, 300 lx, 100 lx, 30 lx, 10 lx, 3 lx, 1 lx, 0.3 lx, 0.1 lx, 0.03 lx和0.01 lx时所需的灯数和遮光板位置。为了保证照度值的准确性, BS-1型标准照度计是用光强标准灯校准过的。在1 lx以下的低照度时, 特别注意严格地遮光, 避免杂散光的影响。

四、实验方法和步骤

选择合适的观察者, 以便实验结果具有代表性, 观察者视力应为1.0以上, 色觉正常。基本上以年轻人为主, 适当地选配各年龄组, 男性、女性差不多相等。

在我们获得数据的22名观察者中, 男10名, 女12名。19岁至29岁的为12名。30岁至39岁的为7名。40岁至52岁的3名。

观察者进入暗室后, 先进行暗适应20分钟, 从0.01 lx照度开始进行色卡与灰卡之间的比较, 通过移动灰卡的方法, 使它与色卡达到视亮度匹配。要求观察者在匹配过程中, 两眼不要固视, 而要分别观察色卡和灰卡。如果观察者认为要达到某一色卡的亮度匹配需用相邻两片灰卡之间的明度, 可以取这两片相邻灰卡的中间内插明度值。在此照度下, 把7片色卡的视亮度匹配作完, 然后把照度调到高一档, 这样从低照度到高照度直到作完1000 lx下的视亮度匹配, 这是第一轮。

第二轮实验是从高照度到低照度。上述两轮实验, 色卡出现的顺序是10B5/10, 5G5 10, 5y8/14, 5R4/14, 5R4/4, 10P5/10, 最后是10B5/4色卡。

第三轮是从低照度到高照度, 第四轮是从高照度到低照度, 但色卡出现的顺序正好与第一、第二轮的顺序相反, 即最先是10B5/4色卡, 最后是10B5/10色卡。

每个观察者都要进行这四轮视亮度匹配, 把上述四轮匹配所得的灰卡明度取平均值, 便得到各色卡在不同照度水平下的明度值。

观察时人眼离被观察面约为50 cm, 视场大小分别为10°和2°, 视场大小的改变是由改变色卡、灰卡的面积来实现的。先在10°视场下进行视亮度匹配, 获得各色卡在11种照度下的平均孟赛尔明度值。然后在2°视场下获得相应的明度值。

五、实验结果及分析

7种色卡在11种照度下的2°和10°视场的22名观察者的平均孟赛尔明度值V分别列于表4和表5。22名观察者平均孟赛尔明度与照度之间的关系如图3至图6所示。

从图上可看出, 孟赛尔明度值与照度的关系对于不同色卡是不同的。低彩度的10B5/4蓝色卡在0.3~10 lx范围内, 其明度值约偏低0.1, 在低照度和高照度处有略有抬头的趋势, 但高照度时的明度值比低照度时的明度值高约0.1。高彩度的蓝色卡10B5/10也有相似的趋势, 但是比起低彩度色卡来说, 在高照度时抬头的趋势稍大一些。总的说来, 蓝色的色卡在整个照度变化范围内的明度值变化不明显。

对于低彩度的红色卡5R4/4在整个0.01 lx至1000 lx照度范围内, 其明度值随照度的增加

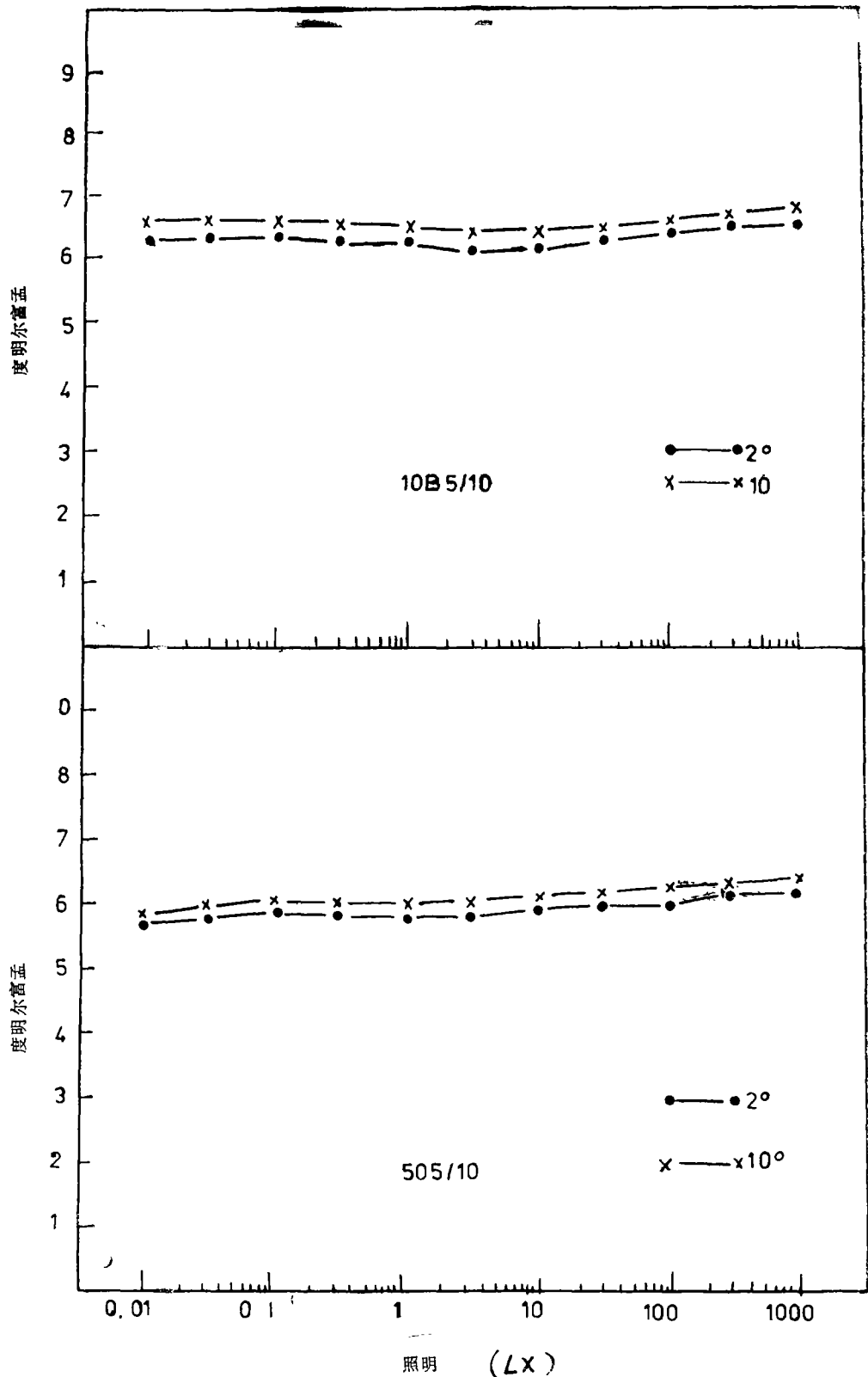


图3 22名观察者的平均孟赛尔明度值

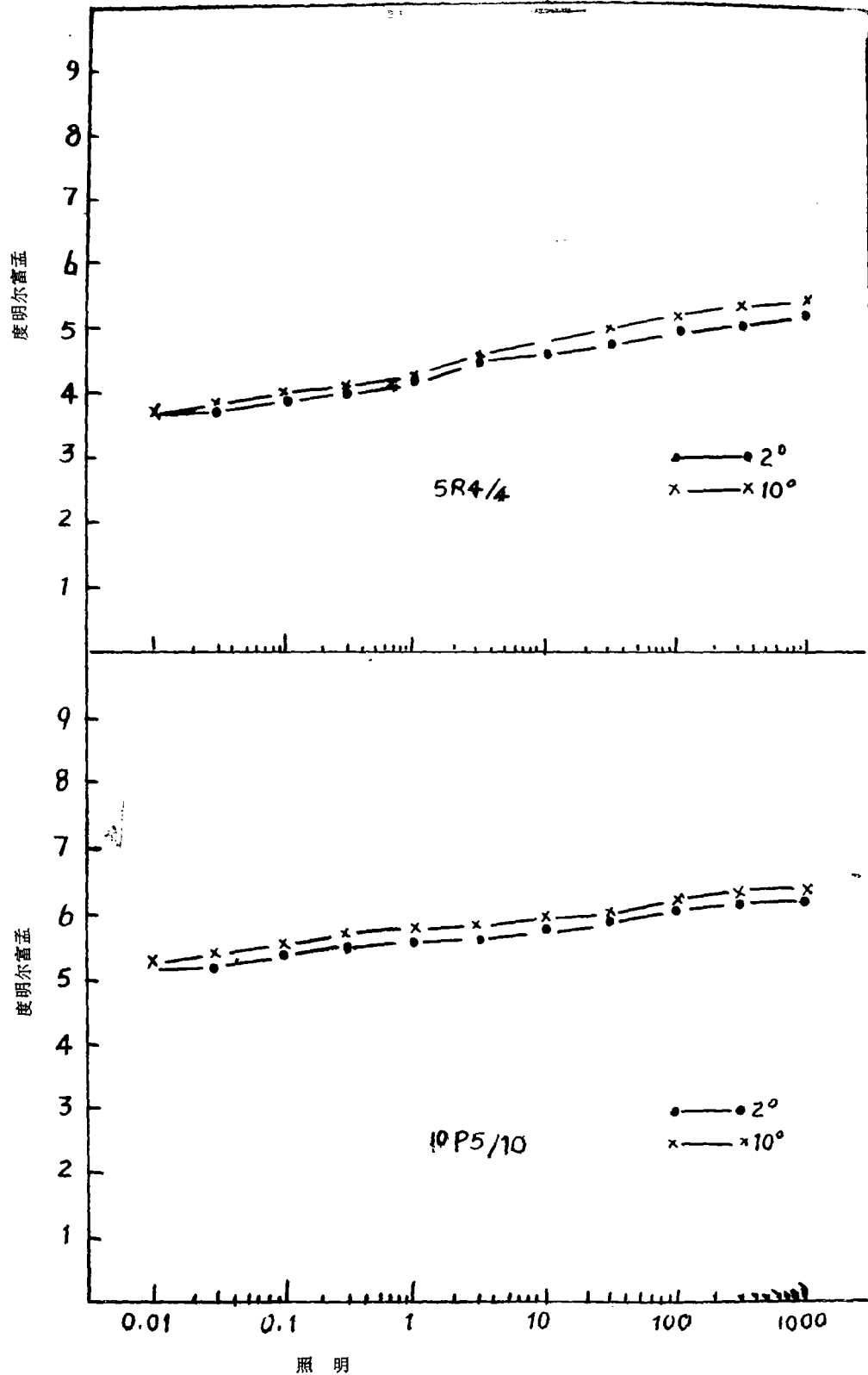


图4 22名观察者的平均孟赛尔明度值

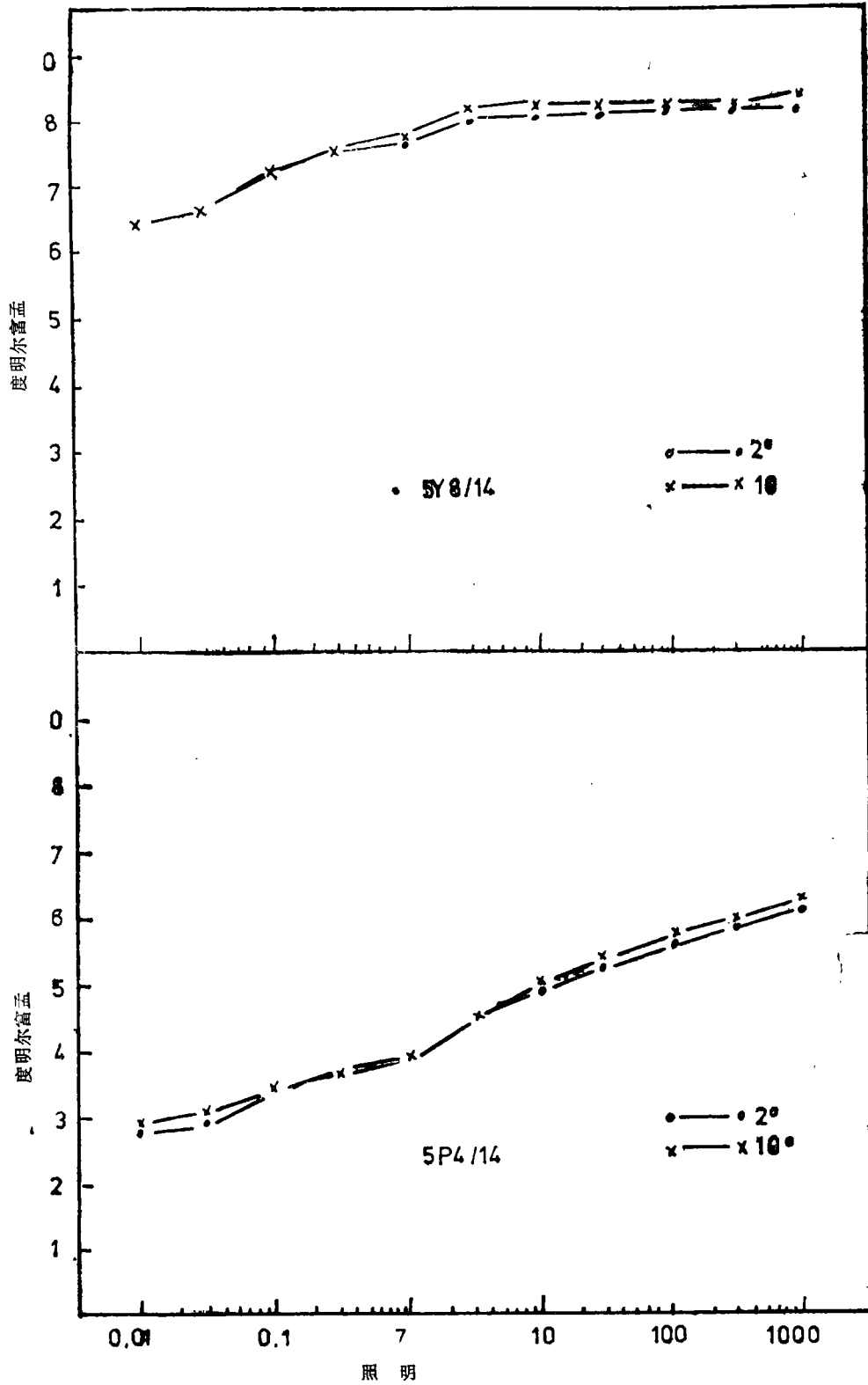


图5 22名观察者的平均孟塞尔亮度值

表4 色卡在2°视场时的平均明度值

Color Chips	Illuminance(lx)										
	0.01	0.03	0.1	0.3	1	3	10	30	100	300	1000
10B5/10	6.34	6.38	6.34	6.19	6.19	6.08	6.17	6.30	6.40	6.52	6.53
5G5/10	5.73	5.84	5.91	5.82	5.82	5.83	5.95	5.99	6.01	6.16	6.17
5Y8/14	6.49	6.65	7.27	7.55	7.72	8.00	8.05	8.13	8.17	8.22	8.19
5R4/14	2.72	2.81	3.36	3.74	3.89	4.51	4.84	5.27	5.62	5.87	6.13
5R4/4	3.68	3.71	3.86	4.04	4.16	4.51	4.61	4.76	4.93	5.07	5.17
10p5/10	5.22	5.23	5.44	5.52	5.56	5.61	5.75	5.91	6.08	6.17	6.22
10B5/4	5.63	5.65	5.65	5.53	5.58	5.55	5.49	5.57	5.67	5.73	5.74

表5 色卡在10°视场时的平均明度值

Color Chips	Illuminance(lx)										
	0.01	0.03	0.1	0.3	1	3	10	30	100	300	1000
10B5/10	6.56	6.69	6.62	6.56	6.46	6.39	6.45	6.50	6.63	6.71	6.79
5G5/10	5.84	6.01	6.09	6.04	6.02	6.11	6.19	6.20	6.28	6.36	6.36
5Y8/14	6.38	6.62	7.25	7.61	7.78	8.18	8.26	8.29	8.25	8.34	8.46
5R4/14	2.50	2.74	3.17	3.52	3.68	4.49	5.04	5.43	5.80	6.08	6.36
5R4/4	3.69	3.81	3.98	4.14	4.32	4.64	4.86	5.03	5.21	5.35	5.40
10P5/10	5.33	5.44	5.64	5.74	5.75	5.80	5.96	6.02	6.21	6.33	6.39
10B5/4	5.80	5.90	6.93	5.90	5.81	5.71	5.74	5.85	5.89	5.93	5.91

而缓慢地增加, $V_{1000} - V_{0.01} \approx 1.5$ 。其增加的线性角 $\theta = 8.5^\circ$ 。而高彩度的红色卡5R4/14在整个照度变化范围内, 其明度值有明显的增加, $V_{1000} - V_{0.01} \approx 3.5$, 其增加的线性角 $\theta = 18.8^\circ$ 。总的来说红色的色卡的明度值随着照度的增加而线性地增加。当然也与色卡的彩度有关, 彩度愈高, 其明度的增加愈明显。

黄色的5Y8/14色卡是高彩度、高明度的色卡, 在0.01lx至1lx照度范围内, 其明度值随着照度的增加而明显地增加, 但从3lx开始, 明度值变化甚微。

高彩度的绿色5G5/10和高彩度的紫色10P5/10, 均有随照度水平的增加而缓慢地增高明度值的趋势。

另外, 若把2°视场和10°视场的结果作一下比较。从图上可看出对每种色卡2°视场的明度值均小于10°视场的明度值, 这主要是由视网膜上锥状细胞和杆状细胞的分布状态所引起的。在中心窝部分全部由锥状细胞构成, 稍偏离中心窝, 锥状细胞急剧地减少。在中心窝部分不存在杆状细胞, 一离开中心窝杆状细胞就迅速增加。由此看出, 在2°视场情况下, 主要是锥状细胞起作用, 而在10°视场情况下, 由锥状细胞和杆状细胞同时起作用。因此, 在10°视场下的明度值比2°视场的明度值大一些。

用现行的光度学体系定义的物体色的亮度值, 可用式(1)或式(3)中的 y 值导出来, 用 L 来表示这种亮度。用视亮度直接匹配法(如本实验)得到的称为视亮度, 用 B 来表示这种亮度。如果比值 B/L 不为恒量, 则说明现行光度学体系还不够完善。

从公式可以推知, B/L 等于达到视亮度匹配时的灰卡与色卡的积分反射率之比, 即

$$B/L = y_c / y_c \quad (8)$$

在上式中, Y_c 是色卡的积分反射率, 可从表2中的 Y 值得到, $Y_c = y / 100$ 。 Y_G 是灰卡的积

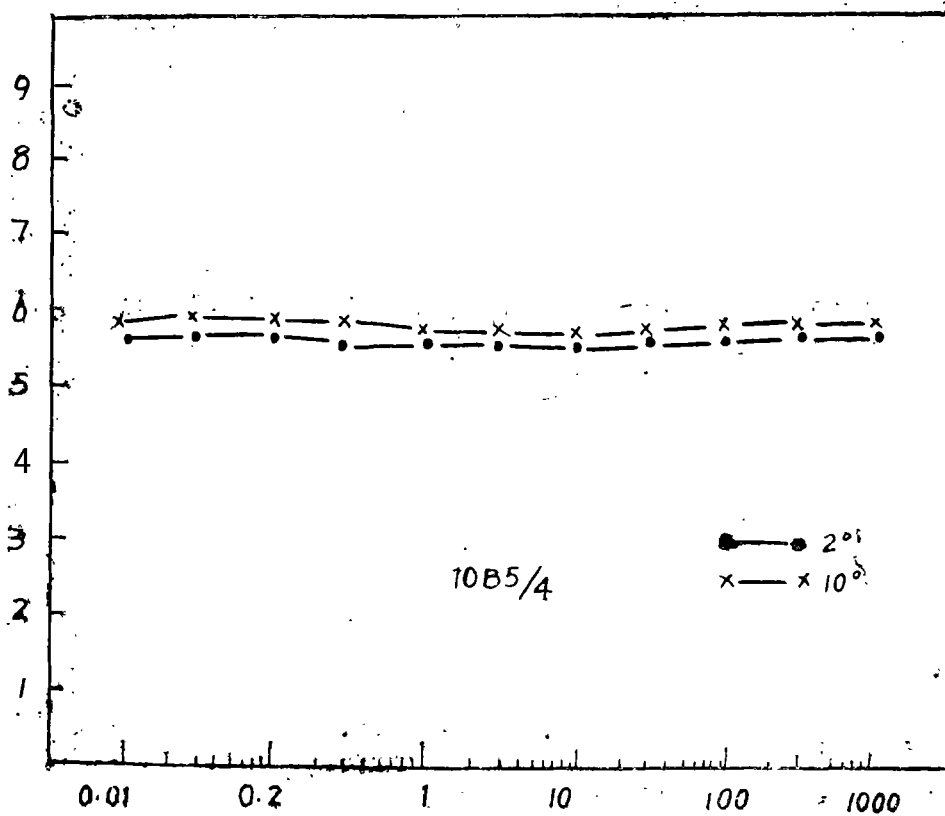


图6 22名观察者的平均孟塞尔明度值

表6 七种色卡在2°视场下的B/L值

Color Chips	Illuminance(lx)										
	0.01	0.03	0.1	0.3	1	3	10	30	100	300	1000
10B5/10	1.74	1.76	1.74	1.64	1.64	1.58	1.63	1.71	1.78	1.86	1.86
5G5/10	1.38	1.43	1.48	1.42	1.42	1.43	1.50	1.52	1.53	1.63	1.63
5Y8/14	0.54	0.57	0.71	0.78	0.82	0.90	0.91	0.93	0.94	0.96	0.95
5R4/14	0.33	0.35	0.50	0.62	0.68	0.93	1.09	1.32	1.53	1.70	1.88
5R4/4	0.70	0.71	0.77	0.85	0.90	1.08	1.13	1.21	1.32	1.40	1.46
10P5/10	0.94	0.94	1.04	1.07	1.09	1.12	1.18	1.26	1.35	1.40	1.43
10B5/4	1.25	1.26	1.26	1.19	1.22	1.21	1.18	1.22	1.27	1.30	1.30

分反射率，可从表4中实验得到的值推算出来。七种色卡在11种照度下的B/L值如表6所示。

对于红色卡，在3lx以上的明视觉范围内，B/L值大于1，即YG大于Yc，这是由于在明视觉范围内锥状细胞色通道的贡献，看起来色卡显得亮些，所以观察者要选择明度较高的灰卡才能达到视亮度匹配。在3lx以下的中间视觉和暗视觉部份，B/L值小于1，并与照度的下降成比例，这时观察者必须用明度值较低的灰卡来匹配红色卡。

对于黄色卡，在明视觉范围的B/L值接近于1，表示无色通道的影响，但从中间视觉到暗视觉范围内，B/L值逐渐地变小。

对于蓝色卡，在明视觉范围内B/L值随着照度的增加而稍有增加，这是因为色通道的影

响随照度的增加而略有增加。在中间视觉范围的 B/L 值有所下降,但在暗视觉范围,由于杆状细胞的作用, B/L 值又有所增大。

绿色卡和紫色卡的 B/L 值都有随照度增加而逐渐增加的趋势。

六、结束语

本实验采用视亮度匹配法,在 2° 视场和 10° 视场条件下,获得了22名观察者在11种照度水平下的7种色卡的孟赛尔明度值。

蓝色色卡在明视觉范围内由于锥状细胞的色通道的作用,视亮度灵敏度偏大。在暗视觉范围,由于人眼视觉最灵敏的波长向短波方向移动而使明度值稍有增加,但在中间视觉范围稍有偏低的趋向。总的来说,在整个视觉范围内的视亮度效率比较平坦。

红色卡和黄色卡的明度值在暗视觉范围有明显的下降趋势,这符合浦尔金耶效应。

绿色卡和紫色卡的明度值随照度水平的增加而缓慢地增加。

本研究所获得的数据准备提交CIE的有关技术委员会,以便为将来研究和推荐国际新的光度学体系时提供可靠的基础数据。

在本研究过程中得到了日本视觉专家佐川贤和不破正宏先生的宝贵指导,对此表示深切的谢意。

参考文献

- [1]朴大植、陈遐举、王强:“中间视觉光谱光效率函数的测量”,计量学报,Vol. 9 (1988) No. 2, P. 81
- [2]Palmer, D. A.: J. Opt. Soc. Am. 58(1968)1296-1299
- [3]Kokoschka, S. and Bodmann H. W.: Proc. CIE 18th Session(1975)217-225
- [4]Ikeda, M. and Shimazono, H.: J. Opt. Soc. Am. 71(1981)280-284
- [5]Sagawa, K. and Takeichi, K.: J. Opt. Soc. Am. A3, (1986)71-75
Sagawa, K.: CIE TC-21, Technical Report, May, 1992
Sagawa, K.: Progress Report of CIE TC1-21 "Testing of Supplementary Systems of Photometry", July 1991
- [6]中野, 池田: 光学15 (1986) 295~302
- [7]朴大植、陈遐举、王强:“复合光视亮度效率的研究”,计量学报, Vol. 13 (1992) No. 3, P161
- [8]池田, 永田知, 芦照: 照明学会志67 (1983) 491~496
- [9]芦照, 池田: 照明学会志67 (1983) 503~508
- [10]Yujiri, A. (Illum. Engng. Inst. Jpn 73(1989)295-302

朴大植	北京	中国计量科学研究所
陈遐举	北京	中国计量科学研究所
周丰昆	长春	中科院长春光机所
焦书兰	北京	中科院心理所

Research on the chinese object brightness efficiency

Piao DaZhi ChenXiaju Wang Qiang

(National Institute of Metrology)

Zhou Fengkun Chen Shufang

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanfcs)

Jiao Shulan

(the Chinese Academy of sciences, Psychometry Institute)

ABSTRACT

The equivalent lightness for 7 test color chips was investigated under illuminance levels from 0.01 to 1000 lx.

A direct brihgtness matching method had been used in matching the brihgtness of test color chips with a gray chip.

The field size was 2° and 10° separately. Finaly we obtained the avarage Munsell lightness of 22 observers and the data had been accepted by the CIE.

Keyword: Color chips

闪光灯参数的测量

李 桓

(中国计量科学院光学处)

摘 要

本文叙述了闪光灯参数的测量原理、方法和实验装置,给出了照相闪光灯的有效发光强度、闪光的持续时间、平均光强和光输出的测量结果,其总不确定度是3.9%。

关键词: 闪光灯 光测量

一、引言

闪光引起的视觉效果和稳定光引起的有很大差别,闪光更容易引起人们对它的注意。因此,闪光被广泛地用作各种信号,标志和警报。本研究项目利用硅光电二极管作接收器,采用宽带放大电路、记忆示波器和计算机等测量装置,对照相闪光灯的有效发光强度、平均发光强度、闪光持续时间和光输出进行了测量,并对结果进行了误差分析。

人们对闪光的研究最主要的是研究闪光的有效发光强度。因为闪光的瞬时发光强度是随时间变化的,所以将闪光的发光强度用一个稳定光的发光强度来表示。在一特定观察条件下,与闪光灯有相同的相对光谱分布的稳定灯在人眼上产生的光感觉与闪光灯产生的相同,这个稳定光的发光强度就定义为闪光灯的有效发光强度。

目前人们所使用的计算有效发光强度的公式是法国的Blondel和Rey提出的公式1: