

建筑科学研究报告

REPORT OF BUILDING RESEARCH

1984

6—3

工业厂房窗眩光特性和标准的研究

A Study of the Window Glare and Glare Standard
in Industrial Buildings

中国建筑科学研究院

CHINA ACADEMY OF BUILDING RESEARCH

提 要

本文简要介绍了窗眩光的研究概况和窗亮度特性。叙述了本实验研究的装置、方法、内容及结果，对试验条件下窗的不舒适眩光进行了计算，并与试验结果作了比较和定量分析。为了将实验结果用于实际，同时对工厂的窗亮度和眩光进行了实测和评价，并提出了工厂一般场所的眩光标准。

A Study of the Window Glare and Glare Standard in Industrial Buildings

Institute of Building Physics

Xiao Huiqian Lin Ruoci Zhang Zhiyong

Abstract

An experimental research on the window glare and luminance characteristics was conducted. Its method, arrangement and result were presented briefly.

The calculation of discomfort glare under the experimental condition was also made, and the result analysed and compared with the experimental result.

A field survey of window glare and luminance characteristics was made over some factories to couple the study results to practical applications.

A general glare standard for industrial buildings was also proposed.

目 录

一、窗眩光研究概况.....	(1)
二、工厂窗亮度的调研.....	(1)
三、窗眩光的试验研究.....	(3)
四、窗的眩光计算.....	(8)
五、窗的眩光评价标准.....	(11)
六、结 论.....	(13)
主要参考资料.....	(14)

工业厂房窗眩光特性和标准的研究

中国建筑科学研究院建筑物理所 肖辉乾 林若慈 张志勇

一、窗眩光研究概况

近年来英、美、法和比利时等国对窗的不舒适眩光进行了比较深入的研究^{[1][2]}。英国最初的研究,肯定了眩光指数系统在采光眩光中的应用,并建议将采光的眩光部分写入采光设计实践规范^[3]。

英国建筑研究所对限定条件下的窗眩光计算提出了下述公式^[4]:

$$GI = 10 \log \frac{\text{Basic glare constant}}{5 \times IRC (\%)} \quad (1)$$

式中 GI——眩光指数;

IRC——室内反射光分量;

Basic glare constant——基本的眩光常数,由IES技术报告4附表给出。

60~70年代美国 Conell 大学和英国 Hopkinson 对大面积光源的不舒适眩光进行了研究,并对窗的不舒适眩光提出了计算公式^[5]:

$$G_n = 0.478 \frac{L_s^{1.6} \Omega^{0.8}}{L_b + 0.07 \omega^{0.5} L_s} \quad (2)$$

$$GI = 10 \log \sum G_n \quad (2)'$$

式中, G_n ——眩光常数;

L_s ——通过窗所看到的天空、遮挡物和地面的亮度 (cd/m^2);

L_b ——观察者视野内室内各表面的平均亮度 (cd/m^2);

ω ——窗的总立体角 (球面度);

Ω ——考虑位置修正窗的立体角 (球面度)。

法国、英国和比利时依据上述公式对窗的眩光作了进一步研究,应用 Conell 公式预测采光的不舒适眩光。同时对不同的天空亮度、窗的形状和大小以及背景亮度对不舒适眩光的影响在试验室和现场进行了试验。研究表明,当天空亮度、房间大小和室内反射率一定时,GI 为一常数。试验结果还证实了对于同一评价等级采光的眩光指数要高于 IES 照明眩光指数,当采光眩光指数 DGI 值在 28 以下时,两者之间的关系可用下式表示^{[6]、[7]}:

$$DGI = \frac{2}{3} (IESGI + 14) \dots\dots\dots (3)$$

二、工厂窗亮度的调研

大量的研究表明,引起工厂窗眩光的因素较多,而窗亮度是其中最主要的因素^{[2][6][8]}。

关于窗亮度问题,以往考虑不多,一般都是把通过窗看到的天空亮度作为窗的亮度。1980 年 CIE 在柏林召开的采光和物理环境的学术会议上, P. Chauvel 等人提出的窗眩光的报

告指出,通过所看到的室外景物、草地、树木等的平均亮度等于通过窗看到的天空部分的平均亮度的 $1/10^{[2]}$ 。以上考虑了窗外景物对窗亮度的影响,这比过去的研究进了一步。实际上,窗亮度如何考虑最接近实际情况有待继续研究。

在本课题的研究过程中,对北京地区的天空亮度进行了一年多时间的测量。测量结果表明,除太阳附近外,其余部分的天空亮度一般都在 $1000\sim 8000$ 尼特。图1、2分别为接近夏至和冬至时的晴空亮度分布图。图1的太阳高度角为 70° ,接近正午时的亮度测量值,除太阳附近外,全天空亮度基本在 $2000\sim 10000$ 尼特。图2为冬至低太阳高度角 14° 的测量值,除太阳附近外,全天空亮度在 $300\sim 5000$ 尼特之间,此时对应的室外水平面照度正好接近于临界照度($5000 L_x$)。图1、2还表明天空亮度最低值出现在太阳的相对位置,与太阳大约成 90° 角,将冬季(11、12月)测量的太阳相对位置的亮度的平均值作出相对天空亮度随高度角变化的曲线如图3所示,与印度地区的测量结果相接近 $^{[6]}$ 。

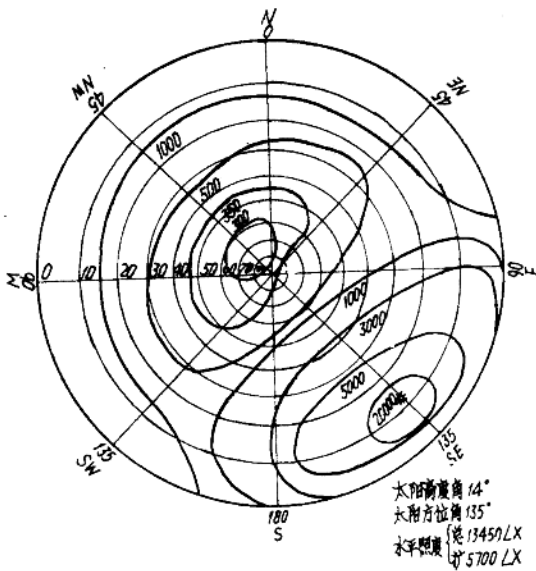


图1 天空亮度分布图(北京地区)
1981年6月11日11:30晴空

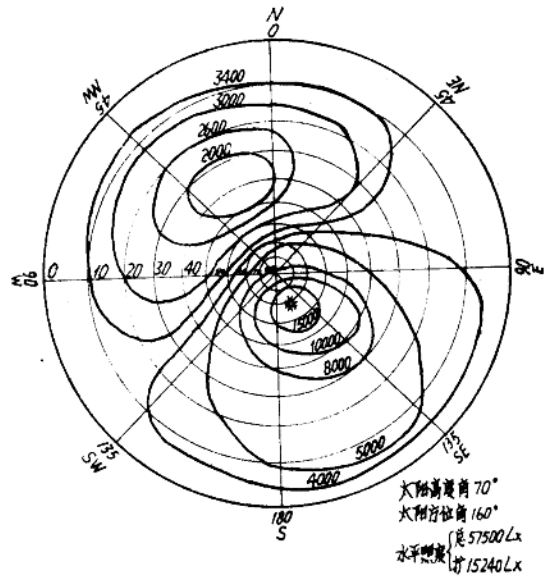


图2 天空亮度分布图(北京地区)
1980年11月25日8:30晴空

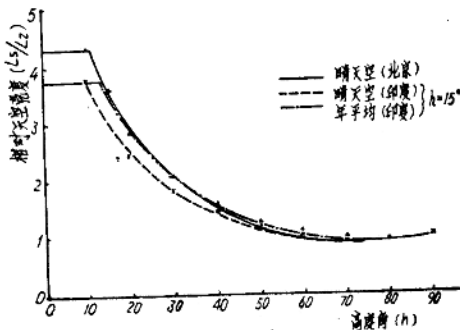


图3 太阳相对方向平均相对天空亮度(北京
冬季测量平均值,太阳高度 16°)

在观测实际天空亮度分布的同时又对工厂窗亮度进行了调研和测量。总的说，窗亮度与天空亮度、室外遮挡物以及窗结构类型三方面的因素有关。通过对北京地区大量的窗亮度的实测，用统计方法对各个因素进行了分析和归纳，并按下式计算出各窗的实际亮度。

$$L_s = \frac{W L_s' + W_{ti} L_{ti} + W_m L_m}{W_s + W_{ti} + W_m} \quad (4)$$

式中 L_s ——实际窗亮度 (nt) ;
 L_s' ——通过窗实测的天空亮度 (nt) ;
 L_{ti} ——通过窗看到的室外景物的表面亮度 (nt) ;
 L_m ——窗框内表面亮度; (nt) ;
 W_s 、 W_{ti} 、 W_m 分别为 L_s 、 L_{ti} 、 L_m 的权系数。

计算结果如表 1 所示。由表 1 看出，相当多的实际窗亮度和通过窗看到的天空亮度相差较大。将实际的窗亮度以 1000nt 为单位分级，并计算出各级亮度的出现几率，最后绘制出窗亮度的累积曲线，如图 4 所示。

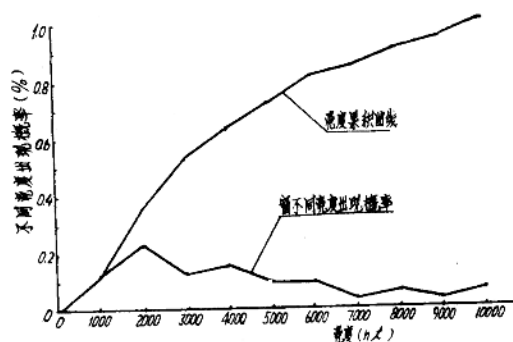


图 4 窗亮度出现概率和累积曲线

采光设计时，室外天空亮度已知，这样可按下式计算窗的实际亮度。

$$L_s = L_s' \cdot \tau \cdot K$$

式中 L_s' ——通过无玻璃的窗口看到的天空亮度 (nt) ;
 τ ——窗玻璃的透光系数，普通玻璃为 0.82;
 K ——窗外景物和窗框影响系数。

K 值可根据景面积和窗面积比由表 2 查出。

三、窗眩光的实验研究

一) 试验装置和条件

实验是在一间 3.25×4.5×3 米的室内进行，试验室座落在物理楼顶层平台上，周围基本上无遮挡。玻璃窗的大小 H×L 分别为：1 号窗 1.2×1.6 米，2 号窗 1.2×0.8 米，3 号窗 1.2×0.5 米，4 号窗 0.6×0.8 米。外形如图 5 所示。窗亮度为 1000~12000 尼特。室内表面亮度为 35~105 尼特。观察者至窗的距离分别为 1、2、3、4 米。视点高度为 1.1 米。实验装置如图 6 所示。

工厂窗亮度的实测和计算结果

表 1

窗号	天空亮度 (L_s')	窗亮度 (L_s)	S/S'	L_s/L_s'	窗号	天空亮度 (L_s')	窗亮度 (L_s)	S/S'	L_s/L_s'
1	586.10	103	1	0.157	33	10875.6	3083	1/4	0.283
2	585.61	377	1/4	0.643	34	5856.10	3083	1/2	0.526
4	8992.29	617	3/4	0.069	35	8993.29	3180	1/2	0.345
5	14221.95	685	3/4	0.048	36	5856.10	3255	1/2	0.556
6	5856.10	925	1/2	0.158	56	7947.56	3439	1/4	0.432
7	10875.61	925	1	0.085	37	7110.98	3597	3/4	0.506
8	8993.29	993	1	0.110	38	7110.96	3768	1/4	0.530
9	15895.12	1028	1	0.065	59	5856.10	3769	1/2	0.644
10	22169.52	1096	3/4	0.049	40	14221.95	3940	1/2	0.277
11	8993.29	1113	3/4	0.123	41	7110.98	4111	1/4	0.518
12	8365.85	1130	3/4	0.135	42	7110.96	4283	1/2	0.602
13	7110.89	1199	3/4	0.169	43	12548.78	4454	1/2	0.355
14	5856	1370	1	0.234	42'	5856.10	4796	1/2	0.819
15	5856.10	1370	1/2	0.234	44	8993.29	4796	1/4	0.533
16	14221.95	1507	3/4	0.106	45	14221.95	4968	1/2	0.349
17	4947.56	1542	1/4	0.194	46	14221.95	5139	1/2	0.361
18	10875.61	1576	1/2	0.145	47	7947.59	5139	1/2	0.647
19	5658.10	1644	1/4	0.291	48	8658.66	5139	1/2	0.594
20	14221.95	1713	3/4	0.120	49	4947.56	5482	1/4	0.690
21	14221.95	1713	3/4	0.120	50	14221.95	5842	1/2	0.510
22	3513.66	1747	1/2	0.497	51	7947.56	5824	1/4	0.733
23	4475.73	1782	1/4	0.398	52	17986.56	6166	1/4	0.343
23	3513.66	2055	1/4	0.585	53	14221.95	6852	1/4	0.482
24	10875.61	2056	3/4	0.189	54	14221.95	7194	1/4	0.506
25	6135.37	2124	1/2	0.346	55	14221.95	7537	1/4	0.530
26	8993.29	2398	1/4	0.267	57	14221.95	8565	1/4	0.602
27	10875.61	2740	1/2	0.252	58	22169.51	8565	1/4	0.385
28	6135.37	2741	1/2	0.447	59	41829.27	12334	1/2	0.295
29	7110.98	2741	1/2	0.385	60	17986.56	14047	0	0.781
31	7110.98	3083	1/2	0.434	61	22169.51	17472	0	0.788
32	7110.98	3083	1/4	0.434	62	41829.27	21241	1/4	0.509

不同景面积和窗面积比的K值 (即 L_s/L_s')

表 2

景面积和窗面积比	0	1/4	1/2	3/4	1	附 注
K 值(L_s/L_s')	0.78	0.63	0.40	0.15	0.13	

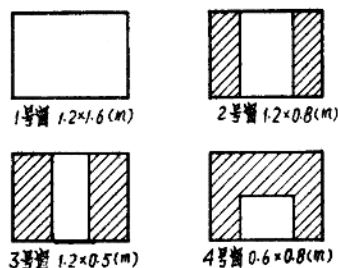


图 5 试验窗的外形和尺寸

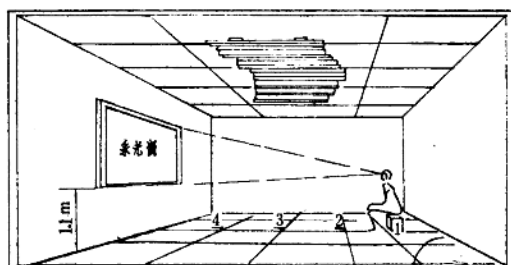


图 6 试验装置和条件

试验房间：长4.5m，宽3.25m，高3.0m；

采 光 窗：长1.6m，宽1.2m；

房间反射率： $\rho_{\text{墙}}=0.3$ 和 0.7 ， $\rho_{\text{顶}}=0.3$ 和 0.7 ， $\rho_{\text{地}}=0.25$ 。

(二) 试验内容和方法

试验研究窗眩光的特性和中国人对窗眩光的敏感性。

试验方法：选择正常视力的观察者，在试验室内进行主观评价。室内无直射阳光。天空亮度等级分为1000、2000、3000、4000、6000、8000、10000、12000尼特。采光窗面积可以变换4种尺寸，其编号分别为1、2、3、4。观察者经过15分钟适应后在图6所示室内不同观察位置 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 进行主观评价，评价等级分：A——严重眩光，B——中等眩光，C——有点眩光，D——开始有眩光感，E——无眩光。

参加试验的总人数为61人，男25人，女36人，年龄从18岁~48岁，观察者分三批进行试验。

(三) 试验结果

1. 窗亮度对眩光的影响，许多国家的研究和窗眩光公式都已证实了天空亮度与不舒适眩光的关系^{[2]、[5]}，表3和图7表示1号窗下，不同窗亮度对眩光的关系，以1000nt和12000nt对应的舒适累积曲线为例，前者对应点的数值高于后者，说明窗亮度低时无眩光比高，换句话说，眩光随窗亮度的提高而增大。

2. 窗大小和形状对眩光的影响

四种不同窗的试验结果示于表4、图8。有26人参加试验，窗亮度从1000尼特到12000尼特。试验结果表明，无眩光比随 ω 值的减小而提高。四种窗在相同立体角下，无眩光比随着窗面积的增大而提高。观察者在室内某一点，对四种窗作评价试验。当窗亮度一定时，窗面积大，背景亮度大，窗面积小，背景亮度小；如1号窗时平均背景亮度为60nt，4号窗时，平均背景亮度为2.0nt。对应于大窗，背景亮度高，感觉舒适，对应于小窗，背景亮度低，感觉不舒适，无眩光比低，可见背景亮度和窗大小对眩光都有影响，在自然状态下，往往是影响眩光的几种因素同时起作用。以上试验进一步说明，当天空亮度一定时，并非窗

1号窗眩光试验结果

表 3

亮度 评价级	位置 结果	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	平均
1000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0.09	0.02
	D	0	0	0.18	0.82	0.15
	E	1.0	1.0	0.82	0.09	0.73
2000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0.23	0.06
	C	0	0	0.23	0.31	0.14
	D	0.08	0.23	0.46	0.46	0.31
	E	0.92	0.77	0.31	0	0.50
3000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0.10	0.10	0.05
	C	0	0.10	0	0.60	0.18
	D	0.10	0.10	0.70	0.10	0.25
	E	0.90	0.80	0.20	0.20	0.53
4000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	C	0	0	0.07	0.40	0.12
	D	0.33	0.27	0.80	0.40	0.23
	E	0.87	0.73	0.13	0.20	0.65
6000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0.06	0.19	0.06
	C	0.06	0.13	0.19	0.06	0.11
	D	0.50	0.50	0.50	0.44	0.49
	E	0.44	0.38	0.25	0.25	0.33
8000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	C	0	0	0.17	0.33	0.125
	D	0.50	0.33	0.50	0.5	0.415
	E	0.50	0.67	0.33	0.16	0.46
10000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0.23	0.06
	C	0.23	0.38	0.54	0.38	0.38
	D	0.69	0.48	0.31	0.31	0.44
	E	0.08	0.15	0.15	0.08	0.12
12000	A	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0.60	0.15
	C	0.80	0.80	0.80	0.40	0.70
	D	0.20	0.20	0.20	0	0.15
	E	0	0	0	0	0

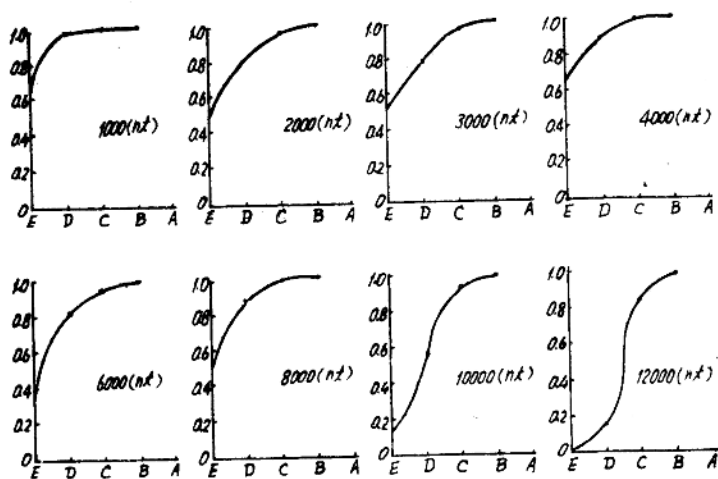


图7 窗亮度对眩光的影响

(横座标: 评价等级; 纵座标: 评价人数的%)

越小, 眩光就越小, 影响眩光量的因素是多方面的。

试验结果表明, 在相同立体角下, 无眩光比随着窗面积的增大而提高。

3、4号窗由于大小接近, 形状不同使之在个别点有交叉。

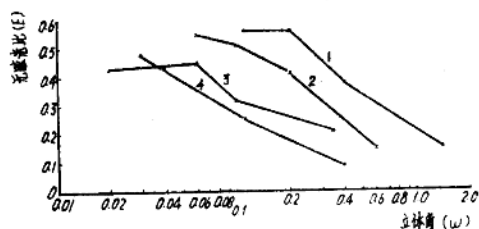


图8 窗大小和眩光的关系

(1~4号窗 亮度1000~12000的平均结果)

窗大小和形状对眩光的影响

表4

位置 窗地比和E		立体角(ω)和无眩光比(E)							
		L ₁		L ₂		L ₃		L ₄	
		ω	E	ω	E	ω	E	ω	E
1	1/7.6	0.11	0.56	0.20	0.56	0.40	0.38	0.20	0.38
2	1/15	0.06	0.55	0.10	0.51	0.20	0.41	0.20	0.41
3	1/24	0.02	0.44	0.06	0.45	0.10	0.37	0.06	0.37
4	1/30	0.03	0.48	0.04	0.49	0.06	0.45	0.04	0.45

3. 背景亮度对眩光的影响

本试验做了暗、亮两种不同背景下的眩光评价。改变背景亮度试验时，室外天空亮度范围在3000~8000尼特。背景的平均亮度为35和105尼特。暗背景时墙面和顶棚的反射系数为0.3，亮背景墙面和顶棚的反射系数为0.7，并在顶棚装有日光色荧光灯，作为补充背景亮度用。地面反射率为0.25。

背景亮度和眩光的关系

表 5

无眩光比 背景亮度	ω	立体角 ω (单位: 球面度)								
		0.02	0.03	0.04	0.06	0.1	0.2	0.37	0.6	1.4
暗 背 景		0.42	0.39	0.39	0.51	0.43	0.56	0.29	0.24	0.25
亮 背 景		0.63	0.58	0.71	0.93	0.78	0.78	0.51	0.47	0.40

表 5 和图 9 为暗和亮两种不同背景下的试验结果，对应每种背景，都在天空亮度 (3000~8000nt) 和改变窗大小 (四种类型) 的情况下做了试验，每种背景亮度取四种窗的平均值。由上述结果可见，增加背景亮度对提高无眩光比有很大作用。背景亮度由 35nt 增加到 105nt 时，无眩光比有较大提高。

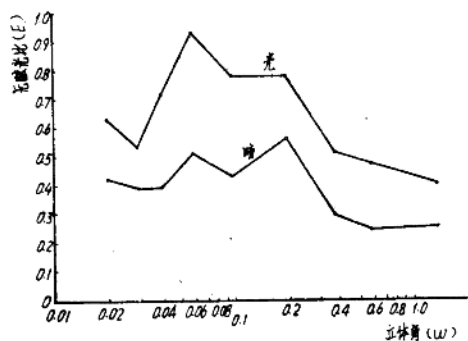


图 9 背景亮度和无眩光比的关系

四、窗的眩光计算

根据眩光计算公式 (2) 对本试验中窗的眩光进行计算。对应于四种窗 1、2、3、4 和 4 个不同位置 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 的眩光指数计算结果如表 6 所示， L_a 、 L_b 为试验时测得的天空亮度和平均背景亮度， ω 、 Ω 值根据试验时窗的尺寸和观察位置查图 10 得到。计算结果如表 6 和图 11 所示。

图 11 中的计算结果为 4 种窗、不同位置的平均结果，由曲线可以看出，窗亮度在 8000nt 以下，眩光指数值增加较快，超过 8000nt 就上升得很缓慢了，说明在一般室内眩光指数有一最大值。而眩光指数随窗亮度的变化比起随窗立体角的变化要大。窗亮度和无眩光比的关系试验见图 12。

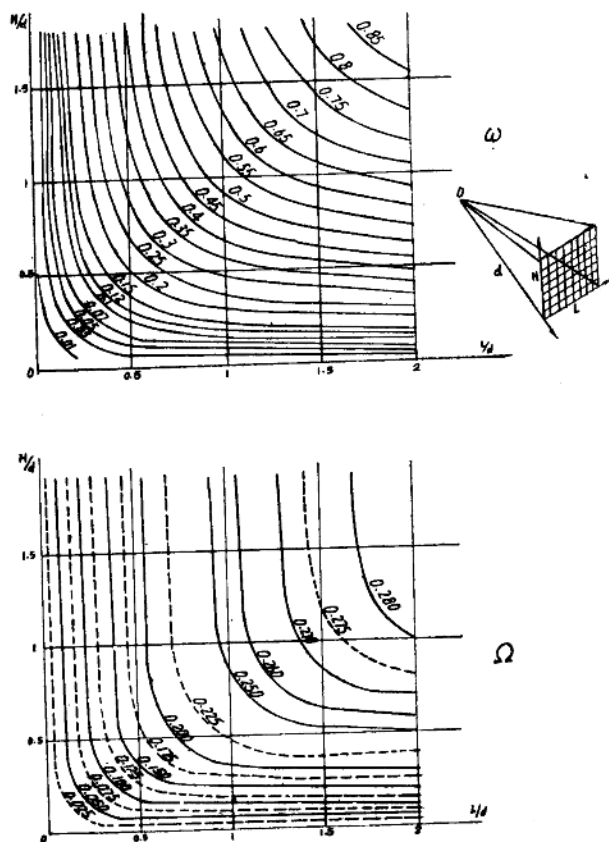


图10 窗立体角图

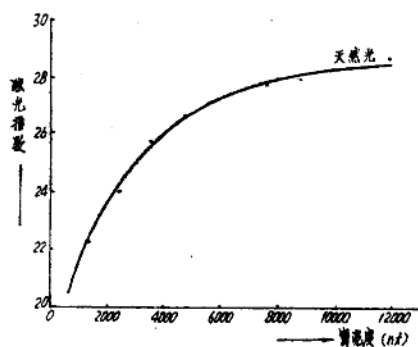


图11 试验条件下的眩光指数计算值

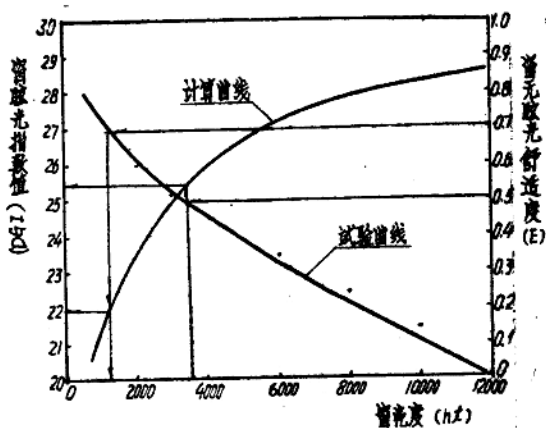


图12 侧窗的眩光评价
($\omega=0.11\sim1.4$ 球面度, $L_b=9\sim90nt$,
 $\rho_{顶}$ 和 $\rho_{墙}=0.3$, $\rho_{地}=0.3$)

DGI 的计算

1				2				3				4				平均值	
0.11		0.2	0.4	1.4	0.06	0.1	0.2	0.60	0.02	0.06	0.1	0.34	0.03	0.04	0.11	0.39	
0.12		0.2	0.28	0.52	0.052	0.1	0.15	0.25	0.05	0.08	0.10	0.29	0.05	0.06	0.12	0.38	
695	9	20.91	21.81	21.78	18.81	20.41	20.81	20.81	19.87	20.30	20.41	20.97	19.46	19.78	20.91	21.91	20.68
1346	15	22.86	23.72	23.73	20.80	22.36	22.72	22.62	21.84	22.29	22.36	22.81	21.51	21.81	22.86	23.77	22.61
2414	26	24.43	25.28	25.12	22.38	23.94	24.28	24.18	23.55	23.87	23.94	24.39	23.10	23.54	24.43	25.32	24.19
3595	26	26.02	26.76	26.65	24.10	25.55	25.76	25.48	25.54	25.60	25.55	25.99	25.00	25.22	26.02	26.70	25.76
4659	26	26.87	27.57	27.43	27.09	24.99	26.40	26.24	26.53	26.49	26.40	26.57	25.94	26.14	26.87	27.43	26.50
7666	52	27.98	28.72	28.62	28.32	26.01	27.50	27.45	27.49	27.56	27.50	27.75	26.95	27.17	27.98	28.66	27.71
8815	60	28.34	29.08	28.98	28.69	26.42	27.87	27.81	27.85	27.91	27.87	28.11	27.30	27.53	28.34	29.03	27.89
12000	90	29.05	29.81	29.72	29.46	27.10	28.57	28.51	28.47	28.59	28.57	28.85	27.95	28.19	29.05	29.77	28.78

附注

$$DCI=10\log \sum C_n$$

$$G_n=0.48$$

$$L_n^{1.6} Q_n^{0.8}$$

$$L_b+0.07 \omega^{0.5} L_n$$

附注

1.1.6 Q0.8

$$G_B = 0.48$$

$$L_b + 0.07 \omega^{0.5} L_g$$

在室内墙面和顶棚的反射率为0.3，地面反射率为0.25的情况下，利用数学回归方法可以找出窗亮度 L_s 、不舒适眩光指数和无眩光比 E 之间的关系表示式：

$$E = 0.92e^{-1.66 \times 10^{-4} \times L_s} \dots\dots\dots (6)$$

$$DGI = 7.31 \log L_s - 0.63 \dots\dots\dots (7)$$

这样，根据窗亮度 (L_s) 可计算出无眩光比 (E)，也可根据无眩光比 (E) 计算出不舒适眩光指数。

例如，窗亮度 (L_s) 为6000尼特，由 (6) 式计算求得无眩光比 (E) 为0.34；又如当无眩光比 (E) 为0.5时，由 (7) 式计算求得不舒适眩光指数为25.4。

五、窗的眩光评价标准

根据眩光试验和计算结果，工厂侧窗的眩光评价标准可用图12的方法求得。随着窗亮度的增加而上升的曲线为试验条件下采光眩光指数计算值 (DGI)，随着窗亮度的增加而下降的曲线为窗眩光试验值，试验条件图 12 的图号中已说明。图 12 中的曲线为 1~4 号窗，在 $L_1 \sim L_4$ 位置评价的平均结果。试验值示于表 7，表中 * 表示值为回归值，相关系数为

$$r = 0.9595。$$

窗 眩 光 试 验 值

表 7

无眩光比 窗亮度(nt)	窗号 1 ($L_1 \sim L_2$)	2 ($L_1 \sim L_4$)	3 ($L_1 \sim L_4$)	4 ($L_1 \sim L_4$)	平 均
1000	0.73	0.17	0.75	0.64	0.74
2000	0.50	0.54	0.57	0.55	0.54
3000	0.53	0.56	0.58	0.42	0.52
4000	0.65	0.54	0.28	0.21	0.42
6000	0.33	0.31	0.35	0.32	0.33(0.35*)
8000	0.46	0.42	0.25	0.20	0.33(0.25*)
10000	0.12	0.13	0.17	0.17	0.15
12000	0	0	0	0	0

由图12，当所要求的无眩光比被确定时 (如0.5)，则所对应的窗亮度为 3500nt，该试验条件下的眩光指数计算值为25.5。另外，参考图 4，当窗亮度为已知时，由图12也可求出相对应的无眩光比和眩光指数计算值，以上试验室内表面平均反射系数较低 (0.3左右)，如提高室内表面的平均反射系数，即试验中的中背景和亮背景情况，当窗亮度为6000nt时，暗中亮三种背景对应的无眩光比 E 分别为0.35、0.47、0.62。根据图12的规律，无眩光比提高，眩光指数值下降，无眩光比每提高 0.1 眩光指数值可下降1~2。如暗背景时 E 值取0.47，则相对应的窗亮度为 4000nt。

生产车间窗眩光实测和评价结果

表 8

厂 名	车 间	朝 向	窗 亮 度	背 景 亮 度	窗 数	不 舒 适 眩 光 指 数	人 数	评 价 意 见
二 〇 〇 七 厂	装 订	北	2236	38	单 多	24.8 25.4	15	舒服无眩光, 有 1 人反映有点眩光
	检 验	北	3147	48	单 多	25.9 26.7	15	舒服, 无眩光(工作台不对窗布置)
	胶 印	南	12150	125	单 多	29.6 30.9	20	有较强烈的眩光
北 京 汽 车 四 场	机 加	东	2681	67	单 多	24.3 26.5	20	室内外遮挡严重, 地面暗 (20nt) 无眩光, 有不舒服感
	检 修	北	2632	107	单 多	23.0 25.0	15	舒服无眩光
	汽 路 底 盘	西	5023	130	单 多	25.5 27.5	15	感觉还可以, 不如北向窗好
		南	7180	140	单 多	27.0 29.3	15	不舒服, 有眩光感

又由表 8 看出, 通过 5 个车间窗眩光实测和 85 人的主观评价, 对Ⅲ级采光的视觉工作场所, 不舒适眩光指数 DGI 值等于 26 时, 开始有不舒服感觉, 大于 27 时开始有眩光感觉。这样对Ⅲ级采光车间, 眩光指数值在 25 以下时, 工人普遍反映感觉无眩光, 舒服。

以暗背景的试验为基础, 参考亮背景的试验结果, 和表 8 所示的现场测定和评价结果, 按工业企业采光标准, 对生产车间进行分级, 并对不同级的车间选用不同的无眩光比 (见表 9)。

生产车间窗眩光限制的推荐标准

表 9

采 光 等 级	工 作 精 确 度	无 眩 光 比 (E)	窗 亮 度 (尼特)	窗 亮 度 累 积 出 现 概 率 (%)	眩 光 指 数 (DGI)	英 国 标 准 (DGI)
I	特别精细工作	0.8	2000	35	20	19
II	很精细工作	0.6	4000	65	23	22
III	精细工作	0.5	6000	80	25	24
IV	一般工作	0.4	7000	85	27	26
V	粗糙工作	0.3	8000	90	28	28

由表 9 可以看出, 窗亮度为 8000 尼特时, 其累积出现概率已达到了 90%, 说明 90% 以上的天空亮度情况已反映在标准之中。

由表 9 还可看出, 本试验得出的眩光指数比英国标准略高, 说明中国人对眩光的敏感性要差一些。

关于顶部采光的眩光，据试验和调查研究，由于眩光源不在水平视线位置，因位置因素的影响，直射眩光效应一般来说不象侧窗明显，在同样的窗亮度情况下顶窗的眩光一般要比侧窗小得多。另外，顶部采光对室内的眩光效应主要为反射眩光^[10]。

六、结 论

1. 评价工厂窗眩光时，窗亮度应按下式计算选取：

$$L_g = L_g'' \tau K$$

式中： L_g ——窗的实际亮度；

L_g'' ——通过窗看到的室外天空亮度，

τ ——窗玻璃透光系数；

K ——窗外景物和窗结构影响系数。

2. 根据试验研究结果，窗亮度（ L ）无眩光比（ E ）和不舒适眩光指数（ DGI ）的关系可用以下公式表示：

$$E = 0.92e^{-1.86 \times 10^{-4} L_g}$$

$$DGI = 7.31 \log L_g - 0.63$$

3. 为了简便起见，评价工厂窗眩光用亮度即可，也就是只要知道建筑物窗的结构形式，窗外景物表面积占窗面积比例和相应的天空亮度，计算出窗的实际亮度，即可找出对应的眩光等级。

4. 评价不同采光等级的窗眩光时，推荐的相应窗亮度和眩光指数如表10所示。

不同车间窗亮度和 DGI 值

表10

采 光 等 级	工 作 精 度	无 眩 光 比 (E)	窗 亮 度 (尼特)	DGI 值
I	特别精细工作	0.8	2000	20
II	很精细工作	0.6	4000	23
III	精细工作	0.5	6000	25
IV	一般工作	0.4	7000	27
V	粗糙工作	0.3	8000	28