

# Research on the Measurement Accuracy of Indoor Glare

Limin Wei<sup>1</sup>, Wenrui Duan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Science, Xi'an Aeronautical University, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Optical Metrology Test Center, Shaanxi Institute of Metrology Science, Xi'an Shaanxi

Email: liminwei1007@163.com

Received: May 27<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jun. 11<sup>th</sup>, 2020; published: Jun. 18<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Glare is a light phenomenon that can weaken the observer's ability to discern. The index that quantifies the impact of glare is called the glare index. The glare index contains multiple parameters. The process of glare measurement is the process of obtaining these parameters. Therefore, the accuracy of the glare index is determined by the accuracy of these parameters. Based on the definition of UGR, the method of the error analysis for UGR can be obtained. We show the relationship between the measurement accuracy of the related parameters and the accuracy of UGR, and investigate the correct method of measuring indoor glare based on two problems in actual measurement.

## Keywords

Indoor Glare, Error Analysis, Background Brightness, Fisheye Lens

---

# 室内眩光测量准确性探究

魏丽敏<sup>1</sup>, 段文瑞<sup>2</sup>

<sup>1</sup>西安航空学院理学院, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西省计量科学研究院光学计量测试中心, 陕西 西安

Email: liminwei1007@163.com

收稿日期: 2020年5月27日; 录用日期: 2020年6月11日; 发布日期: 2020年6月18日

---

## 摘要

眩光是一种能引起观察者辨别能力下降的光现象。量化表征眩光影响的指标称为眩光指标, 眩光指标包

文章引用: 魏丽敏, 段文瑞. 室内眩光测量准确性探究[J]. 应用物理, 2020, 10(6): 307-312.

DOI: 10.12677/app.2020.106041

含多个参数, 眩光测量的过程就是获取这些参数的过程, 因此, 眩光指标的准确性由这些参数的准确性决定。本文从UGR的定义出发, 得出UGR的误差分析方法, 研究了各参数测量准确性与UGR准确性的关系, 并结合实际测量中的两个问题, 探讨了测量室内眩光的正确方法。

## 关键词

室内眩光, 误差分析, 背景亮度, 鱼眼镜头

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

眩光是指视野中由于亮度极高的物体或强烈的亮度对比, 引起人眼不舒适或可见度降低的现象。人在长时间处于过亮的光源下, 或必须在亮度相差很大的环境中相互转换时, 而产生不舒适感的眩光称为不舒适眩光, 使视野辨识能力下降的眩光称为失能眩光[1]。

对于眩光的研究经历了很长的过程。1926年, Holladya [2]首先发现眩光光源在眼屈光介质内的散射效应, 产生了等效光幕亮度, 从而在一定程度上降低了视标与亮度对比度, 产生了我们所说的眩光。BRS (英国建筑研究站)的Hopkinson和Petherbridge [3]于1950年提出BGI (British Glare Index)评价指标, 用来评价眩光。国际照明委员会(CIE)于1995年发布CIE 117-1995《Discomfortable Glare in Interior Lighting》[4]规定室内照明应采用UGR评价手段。我国早在20世纪70年代, 就制定出了“照明设计标准”, 但当时眩光的研究还很不完善[1]。80年代初, 在《工业企业车间照明眩光评价方法及其限制标准的研究》中给出了不同等级的眩光常数值。1992年颁布了《工业建筑设计标准》GB 50034-92, 将工业照明按照眩光程度分为五级[5]。随后参考CIE标准在2004年国标GB 50034-2004《建筑照明设计标准》中规定, 公共建筑和工业建筑常用房间或场所不舒适眩光采用统一眩光值(UGR)评价[6], 室外体育场所的不舒适眩光采用眩光值(GR)评价。

## 2. 统一眩光(UGR)定义

CIE 117-1995《Discomfortable Glare in Interior Lighting》[4]规定UGR的计算可用下式表示:

$$UGR = 8 \log \left( \frac{0.25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{P^2} \right) \quad (1)$$

其中,  $L_b$  是背景亮度( $\text{cd}/\text{m}^2$ );  $L$  是观察者眼中每个灯具发光部分的亮度( $\text{cd}/\text{m}^2$ );  $\omega$  是观察者眼中每个灯具发光部分的立体角( $\text{sr}$ );  $P$  是每个灯具的Guth位置指数(与视线的偏离程度)。UGR值对应的眩光感觉如表1所示:

**Table 1.** Glare sensation corresponding to UGR value  
**表 1.** UGR 值对应的眩光感觉

眩光指数值	眩光感觉程度
10	无眩光
12	刚刚可察觉的眩光

## Continued

16	可察觉的眩光
19	刚刚可接受的眩光
22	不可接受的眩光
25	刚刚有不舒适感
28	强烈的不舒适感

### 3. UGR 的误差分析

从 UGR 的计算公式可以看出其四个参数都会引起测量误差。假定参数的测量值  $f' = \text{标准值 } f + \text{测量误差 } \Delta f$ , 那么测量误差  $\Delta f$  所导致的 UGR 误差为:

$$\Delta \text{UGR} = \text{UGR}(f') - \text{UGR}(f) \quad (2)$$

根据  $\log$  函数的加减法则, 有:

$$\Delta \text{UGR} = 8 \log \left( \frac{f'}{f} \right) \quad (3)$$

假设其它参数不变的情况下, 若背景亮度  $L_b$  增加 33%, 那么

$$\Delta \text{UGR} = 8 \log \left( \frac{1}{1.33} \right) = -1 \quad (4)$$

由上式(4)可知 UGR 对于  $L_b$  的测量误差不太敏感, 33% 的  $L_b$  测量误差会导致 1 个 UGR 单位的误差。

由(3)式得到测量参数背景亮度  $L_b$  和立体角  $\omega$  的测量误差与 UGR 结果误差关系如表 2、表 3 所示; 以背景亮度  $L_b$  和立体角  $\omega$  的测量误差为横坐标, 以 UGR 结果误差为纵坐标, 绘制关系图如图 1 所示。

**Table 2.** The relation between the measurement error of background brightness  $L_b$  and the error of UGR

**表 2.** 背景亮度  $L_b$  测量误差与 UGR 结果误差关系

背景亮度 $L_b$ 测量误差(%)	+5	+10	+15	+25	+40	+60
$\Delta \text{UGR}$	-0.17	-0.33	-0.49	-0.78	-1.2	-1.6

**Table 3.** The relation between the measurement error of solid angle  $\omega$  and the error of UGR

**表 3.** 立体角  $\omega$  测量误差与 UGR 结果误差关系

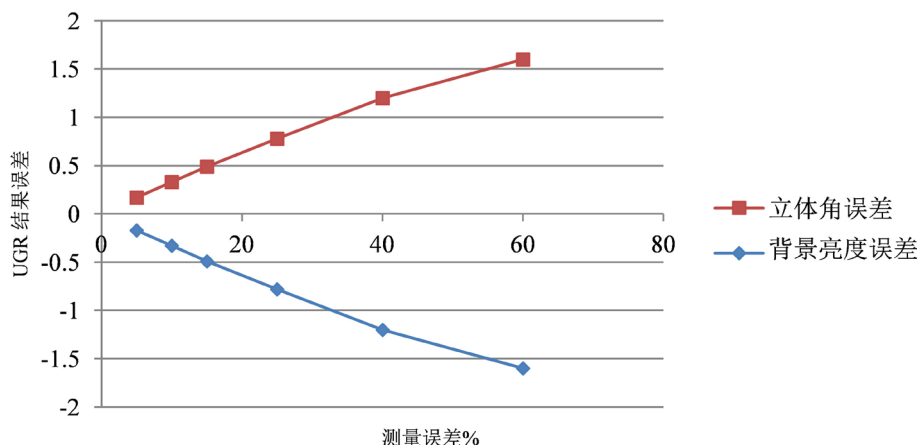
立体角 $\omega$ 测量误差(%)	+5	+10	+15	+25	+40	+60
$\Delta \text{UGR}$	0.17	0.33	0.49	0.78	1.2	1.6

从图表中可知, UGR 对于单个参数的误差并不敏感, 同时我们还发现当背景亮度  $L_b$  和立体角  $\omega$  的测量误差同时存在且相同时, 它们所导致的 UGR 结果误差相互抵消, UGR 结果与立体角和亮度都没有误差时相等, 这是 UGR 的一个重要特征。由于参数之间互相影响, UGR 测量结果误差有时可能会很小, 但并不代表各个参数误差也小。

## 4. 室内眩光测量的两个问题

### 4.1. 背景亮度 $L_b$ 的三种求取方法

CIE 117-1995 背景亮度  $L_b$  的定义是在观察者眼睛垂直面上具有相同垂直面照度的环境平均亮度, 表示为:  $L_b = \frac{E_i}{\pi}$ , 其中  $E_i$  是观察者眼睛接收的间接照度值。CIE 117-1995 推荐了三种  $L_b$  的计算方法:



**Figure 1.** Curve: the relations between the measurement errors of background brightness  $L_b$  and solid angle  $\omega$  and the error of UGR

**图 1.** 背景亮度  $L_b$  和立体角  $\omega$  测量误差与 UGR 结果误差关系图

- 1) 根据环境的空间光强分布或者墙面的间接反射率计算;
- 2) 计算房间墙面亮度, 将墙面作为光源来计算观察者眼睛接收的间接照度;
- 3) 表面分成多个子表面, 每个子表面的亮度由灯具照射的直接照度和表面之间的相互反射决定, 子表面的亮度决定了观察者眼睛接收的间接照度。

其中, 方法 1)和 2)都基于墙面照度均匀的假设。相比之下, 方法 3)基于墙面真实照度分布, 是最准确的  $L_b$  计算方法。

基于方法 3), 可以通过下列三种方法获得背景亮度  $L_b$ :

- a、对视野内除眩光光源外其他区域求亮度平均值, 作为  $L_b$ ;
- b、计算视野内除眩光光源外其他区域在观察者眼睛的照度值  $E_i$ , 代入  $L_b = \frac{E_i}{\pi}$  求得  $L_b$ ;
- c、手动选取背景区域, 求取区域内亮度平均值, 作为  $L_b$ 。

下面以一个教室为例, 对比上述三种方法得到的 UGR 结果。测量场景如图 2 所示, 测量结果如表 4 所示:

**Table 4.** UGR values under different methods of measuring background brightness  $L_b$

**表 4.** 不同测量背景亮度  $L_b$  方法下的 UGR 值

方法	背景亮度 $L_b$ (cd/m <sup>2</sup> )	UGR
a	32.85	20.3
b	31.96	20.4
c	41.32	19.3

方法 a 和 b 计算得到的  $L_b$  差值很小, UGR 结果接近。而方法 c 的结果与 a、b 差别较大, 是因为它的背景亮度  $L_b$  值受框选的区域影响, 结果不唯一。

#### 4.2. 鱼镜头畸变对眩光结果的影响分析

在测量眩光时, 选用带鱼镜头的成像式亮度计可以一次性获取视野内的亮度分布, 能够方便地调节视线水平。但选用鱼镜头存在畸变, 我们需要研究鱼镜头的畸变对 UGR 结果的影响。

鱼镜头畸变主要引起灯具的 T/R 和 H/R 值, 也就是位置指数  $P$  的测量误差(R、T、H 是以观察者



**Figure 2.** UGR measurement scenario  
**图 2.** UGR 测量场景

为原点的坐标系, 假定视线水平,  $R$  是灯具中心与观察者眼睛的距离在视线的投影距离,  $T$  是灯具与观察者在水平方向的偏移量,  $H$  是灯具高于观察者眼睛的高度)。为了分析畸变的极限影响, 我们选取畸变最大的地方, 即图 2 中 UGR 分析区域右上角红色部分, 这个点  $T/R = 3$ ,  $H/R = 1.9$ ,  $P = 16$ 。畸变后测量的  $T'/R'$ 、 $H'/R'$  值比真实值偏小, 查 Guth 位置指数表[4], 得到位置指数的测量值  $P'$ , 代入公式(1)计算可得 UGR 结果误差, 如表 5 所示:

**Table 5.** Position parameter values and UGR errors at different distortion ratios

**表 5.** 不同畸变比例下位置参数的值与 UGR 结果误差

畸变比例(%)	5	10	15	20	25	30	35	40
$P$	16	16	16	16	16	16	16	16
$T'/R'$	2.86	2.73	2.61	2.50	2.40	2.31	2.22	2.14
$H'/R'$	1.81	1.73	1.65	1.58	1.52	1.46	1.41	1.36
$P'$	15.32	14.72	14.15	13.64	13.15	12.66	12.2	11.76
$\Delta UGR$	0.3	0.58	0.86	1.11	1.36	1.63	1.88	2.14

从表中可以看出, 畸变最大 40% 时, UGR 测量误差为 2.14, 因此在测量时需要畸变进行修正。

目前国内外对眩光测量的方法日益完善, 但对眩光测量的准确性和是否与实际眩光程度相吻合还缺乏相应的依据, 眩光测量的验证和比对还需要大量的工作去实验和评估。此外, 虽然采用成像式亮度计可以一次性获取视野内的亮度分布, 但只能采用光强灯和标准白板的方式检测其亮度精度, 其面均匀性和角均匀性没有对应的规程进行检测, 这就导致测量的准确性仍需进一步求证。今后我们应该以主观评价实验为基础, 结合计算机模拟, 力求获得实际准确的眩光值。

## 参考文献

- [1] 庞蕴凡, 张绍纲, 彭明元, 高履泰. 关于不舒适眩光的初步研究[J]. 心理学报, 1982(1): 92-98.
- [2] Holladya, L.L. (1926) The Fundamentals of Glare and Visibility. *Journal of the Optical Society of America*, **12**, 271-319. <https://doi.org/10.1364/JOSA.12.000271>
- [3] Petherbridge, P. and Hopkinson, R.G. (1950) Discomfort Glare and the Lighting of Buildings. *Transaction Illuminance Engineering Society*, **15**, 39-79. <https://doi.org/10.1177/147715355001500201>
- [4] CIE 117-1995 (1995) Discomfortable Glare in Tnterior Lighting.
- [5] 魏永健, 沈天行, 马剑. 眩光持续时间的主观反应的测试[J]. 照明工程学报, 2005(3): 15-18.
- [6] 中国建筑科学研究院. GB 50034-2004 建筑照明设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.