

8-13-2020

Research and Design for Indoor Illumination Environment Evaluation System Based on Virtual Reality

Chengcheng Jiang

School of Digital Media and Art Design in Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

Xiandou Zhang

School of Digital Media and Art Design in Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Research and Design for Indoor Illumination Environment Evaluation System Based on Virtual Reality

Abstract

Abstract: With the improvement of human life, some kinds of pollution which was neglected have been taken seriously, the light pollution is one of them. Some international organizations have been proposed light pollution prevention technical regulations and guidelines, these kinds of documents only limit the parameters like brightness on the point of lighting design, but not make any worldwide standards system to evaluate and prevent illumination pollution. Therefore, the quality of illumination environment especially indoor illumination environment is difficult to quantify. Indoor illumination environment evaluation system (EvaLighting0.1) aims to build a standard model for indoor illumination environment. In this model, *it connects the human experience with illumination parameters*. This system EvaLighting0.1 is used to evaluate and improve the quantity of indoor illumination environment.

Keywords

lighting pollution, indoor illumination environment, unified glare rating (UGR), standard evaluation model

Recommended Citation

Jiang Chengcheng, Zhang Xiandou. Research and Design for Indoor Illumination Environment Evaluation System Based on Virtual Reality[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(10): 2573-2577.

基于虚拟仿真的室内照明评价体系研究与设计

蒋铮铮, 张显斗

(杭州电子科技大学数字媒体与艺术设计学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 随着人类生活文化程度的提高, 一些曾经被忽略的影响我们生活质量与身体健康的污染源也逐渐被重视, 光污染即其中之一。一些国际组织已经提出了光污染防治技术规定和技术指南, 但还没有统一的光污染设计技术标准, 照明环境特别是室内照明环境的舒适度难以量化, 从而使照明环境设计没有依据。室内照明评价体系研究与设计旨在建立一个室内环境设计的评估标准以及评价模型, 从而开发一套室内光环境评估体系(EvaLighting0.1), 利用感性工学将用户舒适度等用户体验与照明参数结合起来, 帮助设计师完善室内照明环境的设计与评估。

关键词: 光污染; 室内光环境; 统一眩光值; 评价标准模型

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2016) 10-2573-05

Research and Design for Indoor Illumination Environment Evaluation System Based on Virtual Reality

Jiang Chengcheng, Zhang Xiandou

(School of Digital Media and Art Design in Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: With the improvement of human life, some kinds of pollution which was neglected have been taken seriously, the light pollution is one of them. Some international organizations have been proposed light pollution prevention technical regulations and guidelines, these kinds of documents only limit the parameters like brightness on the point of lighting design, but not make any worldwide standards system to evaluate and prevent illumination pollution. Therefore, the quality of illumination environment especially indoor illumination environment is difficult to quantify. Indoor illumination environment evaluation system (EvaLighting0.1) aims to build a standard model for indoor illumination environment. In this model, it connects the human experience with illumination parameters. This system EvaLighting0.1 is used to evaluate and improve the quantity of indoor illumination environment.

Keywords: lighting pollution; indoor illumination environment; unified glare rating (UGR); standard evaluation model

引言

光带来了颜色, 影响了人类激素分泌, 加强了人类心理感受, 所以照明设计应该不仅仅是为了明

亮地视物, 也不只是为了做为外界刺激辅助表现视野内的全部风景, 光应该在满足人类的生物学需求的同时直接地对人的内心世界产生影响。本文旨在研究如何利用虚拟仿真技术帮助设计师与工程师设置对用户而言更舒适的光环境。众所周知, 用户的舒适感是一个非常主观的值, 大部分用户并不能清楚地描述怎样的光环境是舒适、健康的, 因此在设计过程中需要运用感性工学等方式进行量化^[1]。



收稿日期: 2016-06-01 修回日期: 2016-07-14;
基金项目: 国家自然科学基金青年项目(61205168);
教育部留学归国科研启动基金(20141685); 浙江省公益项目(2016C31G2040041);
作者简介: 蒋铮铮(1985-), 女, 浙江杭州, 博士, 讲师, 研究方向为智能系统设计, 人机工学等。

<http://www.china-simulation.com>

• 2573 •

在人机工程学的范畴中, 根据黑兹伯格(Hertzberg)的理论, 舒适就是没有不舒适。国际暗天空协会(IDA)和美国伦斯勒理工学院的照明研究中心(LRC)等光污染研究组织, 将光污染分为天空辉光(sky glow)、光入侵(light trespass)、眩光(glare)、过度照明(over illumination)和混光(clutter)等。而这其中对舒适性影响最大且可在室内照明系统设计中进行控制的是其中的眩光与过度照明。本文所设计的室内照明评价体系 EvaLighting0.1 也将关注过度照明以及眩光对用户舒适度的影响, 结合仿真场景, 对光环境设计方案进行评估。

1 室内照明设计评价指标的选取

资料与调研情况总结显示不舒适的光环境主要有以下几类: 易疲劳以及有负面情绪影响。如果所设计的光环境可以做到不易使人疲劳且有心理调适作用, 那么我们就定义此光环境为健康舒适的光环境。而影响上述两类问题的主要参数有: 照度, 色温和眩光控制 3 个因素。在安全方面, 眩光, 闪烁效应则会对人的视觉功能产生影响, 从而增加疲劳, 影响人视物的能力, 甚至发生危险。与此同时, 是否能在光环境中准确的进行判断则在很大程度上取决于显色性。这几类影响因素及其变化规律就是 EvaLighting0.1 评估算法的核心。在进行资料汇整以及案例分析后, EvaLighting0.1 评估算法选取了眩光、照度、色温以及显色指数作为光环境评价的参数^[2]。

1.1 眩光(Glare)

眩光是一种产生不舒适感, 或降低观看目标的能力, 或两者兼有的不良视觉环境。由视野中不适宜的亮度分布、悬殊的亮度差, 或在空间中或时间上极端的对比引起。眩光一般可分为失能眩光与不舒适眩光, 失能眩光主要发生在室外照明中, 室内照明主要存在的问题是不舒适眩光, 而且不舒适眩光的有效控制也可以避免失能眩光的产生。

1.2 照度(Illuminance)

照度是用来表示被照面上光的强弱, 是以被照

场所光通量的面积密度来表示的, 单位为勒克斯(lx)。表面上一点的照度 E 定义为入射光通量 $d\Phi$ 与该单元面积 dA 之比: $E = d\Phi / dA$ 。

照度是决定物体明亮程度的直接指标, 在一定范围内, 照度增加可以提高视觉能力。合适的照度有利于保护人的视力, 提高劳动效率。相反, 过度照明或不充足照明则会引起视疲劳甚至损伤人体健康。所以被照面的照度是照明质量的主要方面。本文前期研究工作总结了不同人群室内不同活动所对应的舒适照度值, 表 1 展示了部分活动所对应的照度值整理。

表 1 部分室内照明照度参数归类 /lx

	活动	年轻人	老年人
客厅	日常照明	75-100	75-100
	看电视照明	30-50	50-75
	会客照明	150-200	200-300
	团聚照明	200-250	300-500
	睡前照明	30-50	50-75
	精细作业	300-500	600-1000
主卧	日常照明	100-150	100-150
	看电视照明	30-50	50-75
	床头阅读	200-300	400-600
	睡前照明	30-50	50-75
	深夜照明	2-5	10-20

1.3 色温(Color Temperature)

各种光源都具有固有的颜色, 而光源的颜色可用色温来表示。因光源的色温与照度不同, 人对各种光环境就有不一样的感觉。研究表明, 反映照明光性质的色温和照度值的结合可以影响人在不同光环境中的舒适感。

但是冷暖的感觉并不是色温唯一的效果, 色温的控制对人的情绪有很大的影响。Philips 早期的数据报告显示, 路灯等系统的色温设置会影响人的安全感以及情绪变化, 甚至会影响暴力事件的发生率。特殊的公共场所对色温有较高的要求, 例如在医院的光环境当中, 病房不宜使用低亮度的灯光照明, 亮度低的灯光会使病人感到恐惧和压抑。

此类数据除了一部分是适用于人类的基本心理与生理参数的, 其余一部分还会因为地域, 生活

习惯的不同而各异。比如中国人在照明中偏爱白光, 但是欧洲人偏爱黄光, 即可影响不同光环境的色温设置。

1.4 显色指数(Ra)

由光源所表现的物体色的性质称为光源的显色性。显色指数定义中指出: 在生活、工作环境下, 要求能显示各种设施、器物的颜色特性, 有利于保护眼睛的视觉和人们的心理健康。在一些特定的场所, 则对显色指数有很高的要求, 从而达到工作的有效性, 比如医疗, 颜色匹配等工作空间。

2 照明场景的视觉仿真

照明场景的仿真与数据的计算依赖于 Dialux 软件, Dialux 软件是由德国 DIAI 公司进行开发设计的一款专业照明设计和计算软件, 并可外挂各灯具生产厂商的参数程序, 即电子灯具目录^[3]。Dialux 软件广泛应用于室内、户外和街道的照明设计和照明计算。至今已拥有 43 家全球主流的灯具制造商在管理赞助 Dialux, 由于软件使用了精确的光度学数据库和先进专业的算法, Dialux 所产生的计算结果十分接近施工后的真实测量结果, 误差仅 3%~7%^[4]。Dialux 在计算结果输出方面表现非常优秀, 可以提供完整的书面报告(包括点照度值、灯具资料等)以及 3D 模拟图, 设计师可在此基础上计算统一眩光值, 并结合照度, 显色指数等参数进行

舒适度的评估。

3 评价程序流程探讨与设计

室内光环境评估系统的核心内容在于评价标准的建立, 评价标准模型的准确性将影响整个评价结果。在研究过程中, 评价标准模型参考了建设部标准定制研究所组织中国建筑工业出版社出版发行的国家标准《建筑照明设计标准》(GB 50034—2004)当中的部分内容, 结合现有不同年龄层用户对灯光的要求以及眩光值计算的方法, 整理出了一套方便可行的评价标准, 即文中所指的“光环境评价标准模型”^[5]。

光环境评价标准模型建立后, 即可根据照明设计和计算软件, 计算照明设计方案中的空间任意平面以及任一点相关照明数据, 将此照明数据作为统一眩光值计算的输入参数, 并与评价模型中的标准数据进行比较, 得出照明设计方案舒适度的评价报告, 如图 1 所示。

照度, 显色性, 色温与眩光 4 个评价指标中, 照度, 显色性与色温来自于所选择灯具的固有参数, 而眩光则是在照明系统设立之后产生的后期反应。因此, 前三个参数相对容易量化与评价, 而眩光控制则很难去量化。因此室内光环境评估系统 EvaLighting0.1 在 Dialux 提供的仿真场景上进行开发, 设计出使室内照明的眩光能够量化的评估方式。

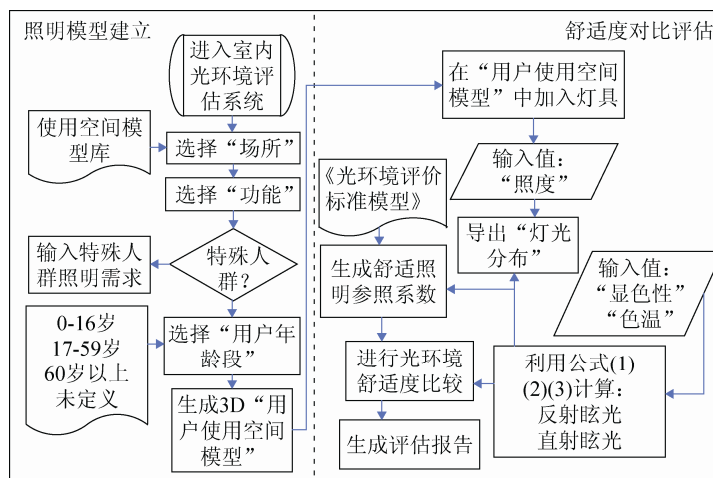


图 1 室内光环境评估系统 EvaLighting0.1 工作流程图

3.1 统一眩光值介绍与计算方法

不舒适眩光是照明设计中的一个重要指标,在国内多个照明标准中把它视为重要的照明质量(如《建筑照明设计标准》(GB50034—2004))。评估系统 EvaLighting0.1 也按照国际照明委员会 CIE(Commission Internationale de L'Eclairage)新的建议使用 Sorensen 提出的 UGR 系统(统一眩光值)进行眩光计算。

统一眩光值 UGR 的计算方式如式(1)所示,其中 L_b 为背景亮度(cd/m^2),不包括眩光源的贡献,其数值等于观察者眼睛平面上的直接照度除以 π ; L_s 为眩光源的亮度(cd/m^2); ω 为眩光源对观察者眼睛所张的立体角(ster); p 为眩光源 Guth 位置系数:

$$\text{UGR} = 8 \log_{10}(0.25 / L_b) \sum [L_s^2 \cdot \omega / p^2] \quad (1)$$

由主观评价与 UGR 的评价的比较试验可知,此公式与主观评价的相关关系系数高达 0.89,因此 UGR 是目前为止预计室内不舒适眩光感觉能得到的最佳办法。但是 UGR 在预计小光源($<0.0005 \text{ m}^2$)时其预计的结果往往太严重,而对于大光源($>1.5 \text{ m}^2$)又是太宽松,因此在遇到小光源与大光源时需使用调整后的 UGR 计算公式^[6]。

3.1.1 小光源的计算

小光源的计算当中 UGR 值由光强(I)而非亮度(L_s)决定,光强与亮度的关系如下:

$$L_s = \frac{I}{A_p} = 200 \cdot I$$

因此,小光源($<0.0005 \text{ m}^2$)的统一眩光值计算如下,式中 r 为眩光源至眼睛的距离(m):

$$\text{UGR} = 8 \log_{10}(0.25 / L_b) \sum [200 \cdot I^2 / r^2 \cdot p^2] \quad (2)$$

3.1.2 大光源的计算

在进行大光源的计算中,如果对象是“发光顶棚和间接照明”,就选择简单的评价方式,即照度 $\leq 1600 \text{ lx}$,可以保证 $\text{UGR} = 22$,假如对象是“发光顶棚和一般灯具之间的过渡灯具”,则其计算方式如式(3)所示:

$$E_e = 1 + E_d / E_i$$

$$\text{GGR} = \text{UGR} + \{1 - (0.18 / CC) \cdot 8 \cdot \log_{10}[2.55 \cdot E_e]\} \quad (3)$$

其中: CC 为顶棚覆盖率, E_d 为眼睛处由光源产生的直接照度,而 E_i 为眼睛处的间接照度。

3.2 光环境评价标准模型

由建设部标准定制研究所组织中国建筑工业出版社出版发行的国家标准《建筑照明设计标准》(GB 50034—2004)当中进行了各类建筑的照明标准值管理。室内光环境评估系统 EvaLighting0.1 针对室内照明进行了截取和整理,并结合眩光对用户的舒适度影响对照明参数进行了计算与整理,对居住建筑、公共建筑、工业建筑以及公用场所(补充)的照明参考值进行了归类,建立了评估系统的参照标准即《光环境评价标准模型》^[7]。评价标准的主要参考值包括照度标准值(lx),显色指数(Ra)以及统一眩光值(UGR)。

评估系统 EvaLighting0.1 所创建的《光环境评价标准模型》主要包括居住建筑,公共建筑以及工业建筑,并补充了一部分公用场所的照明标准。对于不在《光环境评价标准模型》内的照明空间, EvaLighting0.1 则根据实际输入值计算照度,显色指数以及统一眩光值,并显示结果,而不与标准模型进行比对。《光环境评价标准模型》针对不同环境、不同行为以及不同用户人群进行了照明参数的对应整理,建立了一个庞大的数据库,为设计师以及工程师提供了改善方案,验证照明质量的有效工具。图 2 为居住建筑内卧室以及起居室的照明参数展示。

居住建筑			
卧室		起居室	
一般活动	床头、阅读	一般活动	书写、阅读
Ix 100	Ix 200	Ix 75	Ix 300
Ra 80	Ra 80	Ra 80	Ra 80
UGR 19	UGR 19	UGR 19	UGR 19

图 2 光环境评价标准模型居住建筑部分数据。

4 结论

本文在对用户体验以及光污染的研究的基础上,提出了室内无眩光舒适照明评估标准并进行了评价模型的设计,将用户舒适度等用户体验与照明参数结合起来,设计了方便适用的室内光环境评估系统 EvaLighting0.1。本系统在 Dialux 软件的基础上进行开发,不但可以得到高保真的仿真场景,也可以得到完整的书面报告以及对于照明环境的分析结果,适用于各类工程师与设计人员。

本文的主要目标为介绍光环境评估系统 EvaLighting0.1 的工作流程设计以及《光环境评价标准模型》的研究与整理,后期的工作将关注于两个方面,一是进行大量实例测试,对评估系统的标准模型进行拓展;二是在现有虚拟仿真系统的基础上开发以虚拟现实头盔为载体的沉浸式场景体验以及评估平台,增强用户体验。

参考文献:

- (上接第 2572 页)
- 果,为管理者提供了有用的信息来进行应急预案的制定和实施社区级的海啸风险和逃生知识普及教育。将来的研究主要是:(1) 风险评估考虑更多的影响因素,如建筑物结构材料和抗灾等级、避难所的位置及容纳力、土地利用和收入统计数据等,以改进易损性评估和风险评估的模型,并结合更多实验来优化我们的方法;(2) 同时要提高人口建模的精度以提升灾情估计精度和灾害管理的有效性。
- 参考文献:**
- [1] Liu Y, Santos A, Wang S M, et al. Tsunami hazards along Chinese coast from potential earthquakes in South China Sea [J]. *Physics of the Earth & Planetary Interiors* (S0031-9201), 2007, 163(1/4): 233-244.
 - [2] Tkalich P, Dao M H. Tsunami propagation modeling - a sensitivity study [J]. *Natural Hazards & Earth System Sciences* (S1561-8633), 2007, 7(6): 741-754.
 - [3] Wang X M, P L-F Liu. An analysis of 2004 Sumatra earthquake fault plane mechanisms and Indian Ocean tsunami [J]. *Journal of Hydraulic Research* (S0022-1686), 2006, 44(2): 147-154.
 - [4] Freire S, Aubrecht C, Wegscheider S. Advancing tsunami risk assessment by improving spatio-temporal population exposure and evacuation modeling [J]. *Natural Hazards* (S0921-030X), 2013, 68(3): 1311-1324.
 - [5] Wijesundara W A A P. GIS Based Tsunami Risk Assessment in Weligama, Sri Lanka [J]. *Universal Journal of Geoscience* (S2331-9593), 2014, 2(8): 242-250.
 - [6] Strunz G, Post J, Zosseder K, et al. Tsunami risk assessment in Indonesia [J]. *Natural Hazards & Earth System Science* (S1561-8633), 2011, 11(1): 67-82.
 - [7] González-Riancho P, Aguirre-Ayerbe I, Aniel-Quiroga I, et al. Tsunami evacuation modelling as a tool for risk management: application to the coastal area of El Salvador [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (S1561-8633), 2013, 13(12): 3249-3270.
 - [8] Dewi R S. A-gis Based Approach of Evacuation Model for Tsunami Risk Reduction [J]. *IDRiM Journal* (S2185-8322), 2012, 2(2): 108-139.
 - [9] 潘文亮, 王盛安. COMCOT 数值模式的介绍和应用 [J]. *海洋预报*, 2009, 26(3): 45-52.
 - [1] 潘黎, 连之伟, 孙碧英, 等. 生理参数对不同室内环境的敏感性分析 [J]. *上海交通大学学报*, 2012, 46(4): 657-660.
 - [2] 雍静, 张瑞, 王晓静, 等. 住宅起居室人工照明光环境视觉印象综合评价 [J]. *木工建筑与环境工程*, 2010, 32(3): 94-99.
 - [3] 张炜, 马智, 俞金海. 基于 SPEOS/CATIA 的飞机驾驶舱眩光量化评估方法 [J]. *系统工程理论与实践*, 2012, 32(1): 219-224.
 - [4] 刘圆, 吴佳泽, 郑昌文. 真实感眩光效果实时绘制 [J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2013, 25(6): 880-887.
 - [5] Jiang Chengcheng, Wu Yan, Linnartz Jean-Paul. A 3D Virtual Radar System for Prediction and Evaluation of Radar Sensor Performance in Traffic Monitoring [C]// VETECS (S1550-2252). United States: Institute of Electrical and Electronics Inc.(IEEE), 2012:1-5. 2012, 6240155.
 - [6] 杨公侠, 杨旭东. 不舒适眩光与不舒适眩光评价 [J]. *照明工程学报*, 2006, 17(2): 11-15.
 - [7] GB 50034—2004. 建筑照明设计标准 [S]