

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2020.03.004

基于辨识效果的地下车库照明质量评价指标研究

陈科吉^{1a}, 翁季^{1a,1b}, 张青文^{1a,1b}, 曾敬²

(1. 重庆大学 a. 建筑城规学院; b. 山城城镇建设与新技术教育部重点实验室, 重庆 400045;

2. 哈尔滨工业大学 建筑学院, 哈尔滨 150006)

摘要: 为了保证在地下车库光环境中快速识别他人行为并做出反应, 提高使用者的舒适感与安全感, 针对目前车库照明标准中评价指标的不足, 采用实测与主观评价相结合的实验方法, 对重庆大学 B 区地下车库光环境进行了调研。对实测数据与评价结果进行分析, 运用 Facereader 软件进行验证, 参考国内外室外照明相关标准值, 从辨识行人效果的角度, 提出了半柱面照度是评价车库照明质量的重要指标, 完善了立体感评价指标的适用范围, 建议地下车库设计中应考虑半柱面照度与立体感指标, 且半柱面照度应不小于 6.5 lx, 立体感指标应不小于 0.75 的标准值, 以达到基于舒适感与安全感的防侵犯照明。该研究成果也对类似的昏暗室内公共空间的照明质量评价具有重要的借鉴意义。

关键词: 心理感受; 半柱面照度; 立体感指标; Facereader; 评价体系

中图分类号: TU202

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2020)03-036-11

Research on quality evaluation index of underground garage lighting based on identification

CHEN Keji^{1a}, WENG Ji^{1a,1b}, ZHANG Qingwen^{1a,1b}, ZENG Jing²

(1a. School of Architecture and Urban Planning; b. Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. School of Architecture, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006, P. R. China)

Abstract: In order to ensure the rapid recognition of other people's behaviors in underground garage and to improve user's sense of security and comfort, the experimental methods combining actual measurement and subjective evaluation are adopted for the inadequacies of the evaluation indicators in the current garage lighting standards and to investigate the light environment of the underground garage in Area B of Chongqing University. By analyzing measured data and evaluation results, Facereader software is used for verification. With referring to the standard values of outdoor lighting, from the perspective of identifying

收稿日期: 2019-04-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51278507); 重庆市基础科学与前沿技术研究项目(cstc2017jcyjAX0346); 福建省科技厅自然科学基金(面上)(2019J01787); 重庆高校创新团队建设计划资助(CXTDX201601005)。

Supported by the National Natural Science Foundation of China(51278507), Chongqing Basic and Frontier Research Project(cstc2017jcyjAX0346), Natural Science Foundation of Fujian Province, China(2019J01787), Program for Innovation Team Building at Institutions of Higher Education in Chongqing(CXTDX201601005).

作者简介: 陈科吉(1994—), 男, 硕士研究生, 主要从事建筑与城市光环境研究, (E-mail)519290307@qq.com。

通讯作者: 翁季, 男, 教授, 博士生导师, (E-mail)wengji@163.com。

other people actions, it's presented semi-cylindrical illumination is a main indicator for evaluating garage lighting, and the scope of application of stereoscopic indicators is summarized. It is suggested that the semi-cylindrical illumination and stereoscopic indicators should be considered in the design of underground garage. The scope of application of the index suggests that the underground garage semi-cylindrical illumination should be no less than 6.5 lx, and the stereoscopic indicator should be no less 0.75 to achieve safe anti-infringement lighting. The research also has important reference significance for the evaluation of lighting quality in similar dark indoor public spaces.

Keywords: psychological feeling; semi-cylindrical illumination; stereoscopic index; facereader; evaluation system

目前,城市机动车库向地下转移已成为了一种较为普遍的应对措施^[1-3]。地下空间通常会对使用者的心理产生一定负面的影响^[4]。又因地下空间缺少人眼视觉效应最好的自然光^[5],缺少可以缓解负面情绪的景观照明^[6],地下车库设计通常以节能角度出发^[7],导致了空间照度较低,光环境的均匀度较差等结果,容易滋生大量违法犯罪的暗黑空间^[8]。目前国内有关地下车库照明设计标准^[1-2]中仅以水平地面照度、眩光、均匀度、显色指数、功率密度值等作为评价指标,目的旨在看清地面上的障碍物,并正确辨识有颜色信息的标志,并未基于防侵犯的角度考虑对陌生人的辨识效果以及使用者的舒适感与安全感。《城市道路照明设计标准》(CJJ 45—2015)对人行道路的照明质量已特别指出需基于人的心理感受提供合适的空间照明^[9-11]。而地下车库室内照明仅考虑了地面或工作面,并无提及到空间照明,同时缺少反映人心理舒适感与安全感的照明评价指标,在这种光环境下因无法辨识他人意图会导致使用者舒适感与安全感的缺失,甚至产生违法犯罪案件。因此,寻求一个合理反应地下车库舒适感与安全感的照明指标至关重要。

已有研究表明,半柱面照度与立体感指标是评价光环境中舒适感与安全感的有效指标^[12]。较高的半柱面照度能看清他人面部表情与意图,而立体感指标用于辨识照明环境中物体与人的真实度,适宜的半柱面照度与立体感指标均能提供较好的辨识效果,达到舒适安全的目的^[13]。但二者目前主要运用于室外照明^[14],尚未纳入照明设计标准中指导建筑室内的光环境设计,对于半柱面照度与立体感指标针对室内照明的评价标准,目前的相关研究较少。

笔者通过实测与主观评价相结合的实验方法,对地下车库照明质量的评价指标体系进行探讨,对重庆大学B区地下车库照明环境进行了实测与主观评价。结合实测数据与主观评价结果进行分析,并运用Facereader软件对情绪占比进行验证。指出目前针对地下车库的照明评价体系的不足之处,提出满足使用者舒适感与安全感的半柱面照度标准值与立体感指标的适用范围。该研究成果也可运用于类似的昏暗室内公共空间的照明质量评价。

1 研究思路

各国针对建筑室内的照明质量评价主要采用水平面照度指标,而半柱面照度和立体感指标能否作为更加科学实用的评价方法指导室内照明设计,需要进一步的研究。地下车库的照明中除了保障行人与机动车最基本的交通安全与畅通以外,还应该保证在昏暗光环境下心理方面得到足够的安全感与舒适感^[15-16],这就要求光环境设计应提供良好的辨识效果^[17],使行人能够迅速识别他人的面部特征与动作^[18],以便有充分的时间做出应对措施,降低心理上的威胁感与恐惧感^[19]。研究表明,如果在相距4 m,离地1.5 m的位置获得足够高的半柱面照度和垂直照度,则具有良好的分辨效果^[20]。针对点光源的半柱面照度和垂直照度有如下公式:

$$E_{sc} = I_a \sin\alpha \cdot (1 + \cos\beta) / \pi \cdot d^2, \quad (1)$$

$$E_v = I_a \sin\alpha \cos\beta / d^2, \quad (2)$$

式中: E_{sc} 为半柱面照度,lx; E_v 为垂直照度,lx; I_a 为计算点方向上光源的发光强度,cd; α 为光源垂直方向与入射方向之间夹角; β 为观察方向与投影水平面上光源入射方向之间的夹角; d 为光源至计算点距离,m。

被照对象因在光的照射下,有了明面、暗面与阴影,构成了良好的立体感^[21]。研究表明,良好的立体感能够反映更为真实的面部表情,易于识别他人的善意或恶意,是度量心理舒适与安全的指标^[22-23]。现阶段不同的学者提出了不同立体感指标以度量物体与人的真实度^[24]。其中,垂直照度 E_v 与半柱面照度 E_{sc} 之比的 S_{vsc} 是度量人的立体感特征的最佳指标。研究表明,对于人行步道,当 $0.8 < S_{vsc} < 1.3$ 时,被照射物体的立体感最佳^[25]。但因环境不同,目前还没有相关研究证明上述立体感区间是否满足地下车库等室内空间。

$$S_{vsc} = E_v / E_{sc} \tag{3}$$

文中对重庆大学 B 区公共地下车库进行照明质量评价实验,先通过实测得到半柱面照度 E_{sc} 、垂直照度 E_v 、水平面照度 E_h 等数据,根据式(3)计算出立体感指标 S_{vsc} ,并将数据整理统计后进行分析;同时,让测试者在距离被测试点 4 m 外对目标人物进行辨认,获取辨认效果的主观评价,并对测试者面部表情实时拍照后采用 Facereader 软件采集测试者情绪占比。对实测数据、主观评价与情绪占比进行相关性研究,找到适用于地下车库中照明质量的评价指标及具体标准值。

2 实验方法与数据

2.1 测试场地与测试过程

重庆大学 B 区停车库为 2016 年新建停车库,库内设备较新。根据地下车库的照明条件、规模、使用功能,实验场地选取为车库较为黑暗的区域,实验在晚上 10 点进行,此时车库内使用人数较少,且车库内机动车都处于停车位上,为地下车库内最常见的环境状态,较少有其他因素干扰。车库内现有功能性照明的 T5 荧光灯,如图 1 所示,其高度为 3 m,灯具长度为 1 200 mm,每只 T5 荧光灯管功率约为 30 W,测试区域选择在车位旁的车道上,如图 2(a)所示,测点布置如图 2(b)所示。

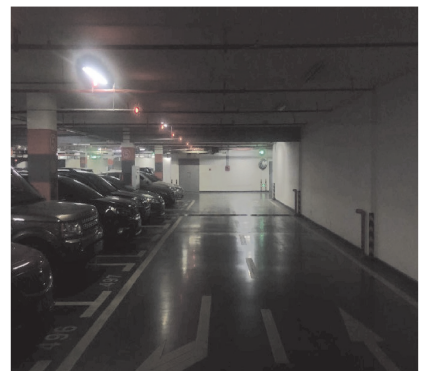


图 1 实测场地场景

Fig. 1 Measured site scene

2.2 实测数据

测量选用 XYI-III 型半柱面照度计与 XYI-III 型普通照度计,半柱面照度、垂直照度测试高度为距离地面高 1.5 m,半柱面照度和垂直照度的测试方向为面向图 2(b)左侧,测试结果如表 1 所示。

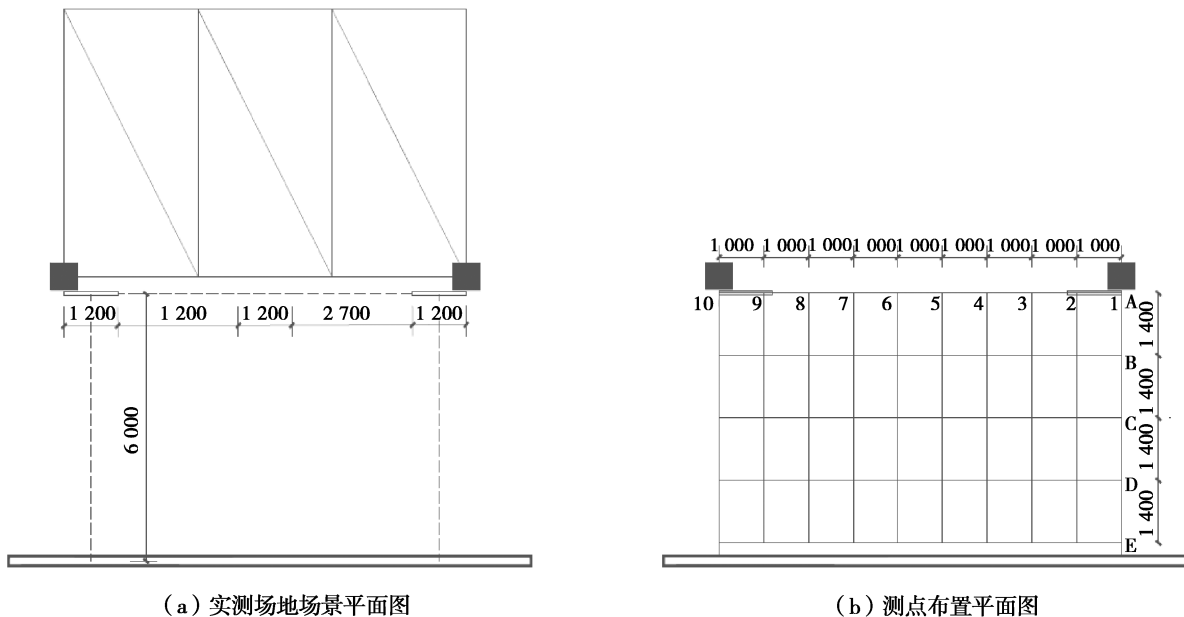


图 2 实地场景平面图及测点布置平面图
Fig. 2 Site plan and measuring point plan

表1 重庆大学B区地下车库测量数据

Table 1 Measurement data of underground garage in Area B of Chongqing University

测点	半柱面照度 E_{sc}/lx (1.5 m)					垂直照度 E_v/lx (1.5 m)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	15.31	11.78	6.77	5.06	4.36	9.49	5.00	2.71	2.46	2.54
2	7.00	10.36	6.31	4.69	4.77	2.60	2.12	1.88	1.98	2.34
3	5.12	4.61	4.80	4.28	3.81	2.98	2.51	2.06	2.03	2.35
4	4.90	4.30	3.97	3.86	3.74	2.79	2.57	2.05	2.17	2.47
5	5.06	4.00	3.91	3.77	3.65	3.25	2.47	2.37	2.41	2.48
9	4.90	4.28	4.36	4.66	3.64	3.58	3.47	3.22	2.79	2.55
7	8.60	6.38	5.05	4.32	3.76	6.40	5.77	3.23	3.05	2.47
8	12.25	9.58	6.32	4.95	3.96	11.27	8.51	4.43	3.38	2.68
9	16.09	14.18	7.14	5.09	4.00	10.67	7.30	2.14	3.07	2.55
10	6.15	10.82	6.70	4.87	4.08	3.87	3.00	2.46	2.43	2.60
平均值	8.54	8.03	5.53	4.56	3.98	5.69	4.27	2.66	2.58	2.50
总平均值	6.13				3.54					
测点	水平照度 E_h/lx (0.0 m)					立体感指标 S_{vsc}				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	10.75	8.60	5.80	4.41	3.75	0.62	0.42	0.40	0.49	0.58
2	11.60	10.18	10.48	4.23	3.77	0.37	0.20	0.30	0.42	0.49
3	9.77	7.75	5.62	3.96	3.45	0.58	0.54	0.43	0.47	0.62
4	5.33	5.16	4.61	3.62	3.36	0.57	0.60	0.52	0.56	0.66
5	4.31	3.89	4.03	3.26	3.14	0.64	0.62	0.61	0.64	0.68
9	3.51	4.14	3.98	3.22	2.89	0.73	0.81	0.74	0.60	0.70
7	5.44	5.20	4.94	3.35	3.00	0.74	0.90	0.64	0.71	0.66
8	9.26	7.61	5.50	3.67	2.91	0.92	0.89	0.70	0.68	0.68
9	12.93	11.20	6.47	4.13	3.70	0.66	0.51	0.30	0.60	0.64
10	13.56	12.40	6.57	4.29	3.22	0.63	0.28	0.37	0.50	0.64
平均值	8.65	7.61	5.80	3.81	3.32	0.65	0.58	0.50	0.57	0.63
总平均值	5.84				0.59					

2.3 主观评价

照度测试结束后,让目标人物依次站在测点并面向图2(b)左侧,测试者在4 m外对目标人物进行辨认效果的主观评价,各测点依次进行。测试者先以舒适感、安全感、清晰度3种分项评价指标对辨识效果进行评价,然后对辨识整体效果进行总体评价。分项评价指标划分为5个等级,其中,1级评价最好,定为5分,2

级为 4 分,3 级为 3 分,4 级为 2 分,5 级为 1 分。总体评价指标分为 2 级,辨识效果好为 1 分,辨识效果差为 0 分,如表 2 所示。评价数据选取结果较为明显的第 2 列与第 8 列,如表 3 所示。






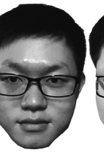




表 2 评价指标与级别

Table 2 Evaluation rating and level

	舒适感	令人舒适的	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	令人不舒适的
分项评价指标	安全感	令人感到安全的	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	令人感到危险的
	清晰度	能看清他人意图的	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	不能看清他人意图的
总体评价指标	辨识效果	好	1 分		0 分		差	

表 3 实测场地测点实拍照片及处理结果列表

Table 3 Actual site measurement point real shot photo and processing result list

目标人物 面部状况											
测点	2a	2b	2c	2d	2e	8a	8b	8c	8d	8e	
E_{sc}	7.00	10.36	6.31	4.69	3.96	12.25	9.58	6.32	4.95	3.96	
E_v	2.60	2.12	1.88	1.98	2.68	11.27	8.51	4.43	3.38	2.68	
E_h	11.6	10.18	10.48	4.23	3.96	12.25	9.58	6.32	4.95	3.96	
立体感指标	0.37	0.20	0.30	0.42	0.68	0.92	0.89	0.70	0.68	0.68	
分项	舒适感	2.80	2.60	2.60	2.60	2.00	3.80	3.80	3.00	2.40	2.00
	安全感	2.60	2.80	2.60	2.30	2.20	3.80	3.80	3.40	2.50	2.20
	清晰感	3.40	2.80	2.30	2.00	2.20	4.20	4.00	3.40	2.60	2.20
	平均值	2.93	2.73	2.50	2.30	2.13	3.93	3.87	3.27	2.50	2.13
主观总体评价	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	

3 实验数据讨论

3.1 实测数据对比分析

通过测量测点,其半柱面照度、垂直照度、水平面照度、立体感变化,如图 3 所示。从柱端至另一柱端的 10 列数据看,半柱面照度、垂直照度、水平地面照度均呈先下降,后平稳,最后上升的趋势。4 号、5 号测量点的各项照度值均处于最低的水平,8 号、9 号测量点的各项照度值处于最高的水平,如图 3(a)、图 3(b)、图 3(c)所示。立体感指标与各项照度值变化趋势不同,立体感指标呈先上升后下降的趋势,各列在 8 号测量点到达最大值,如图 3(d)所示。

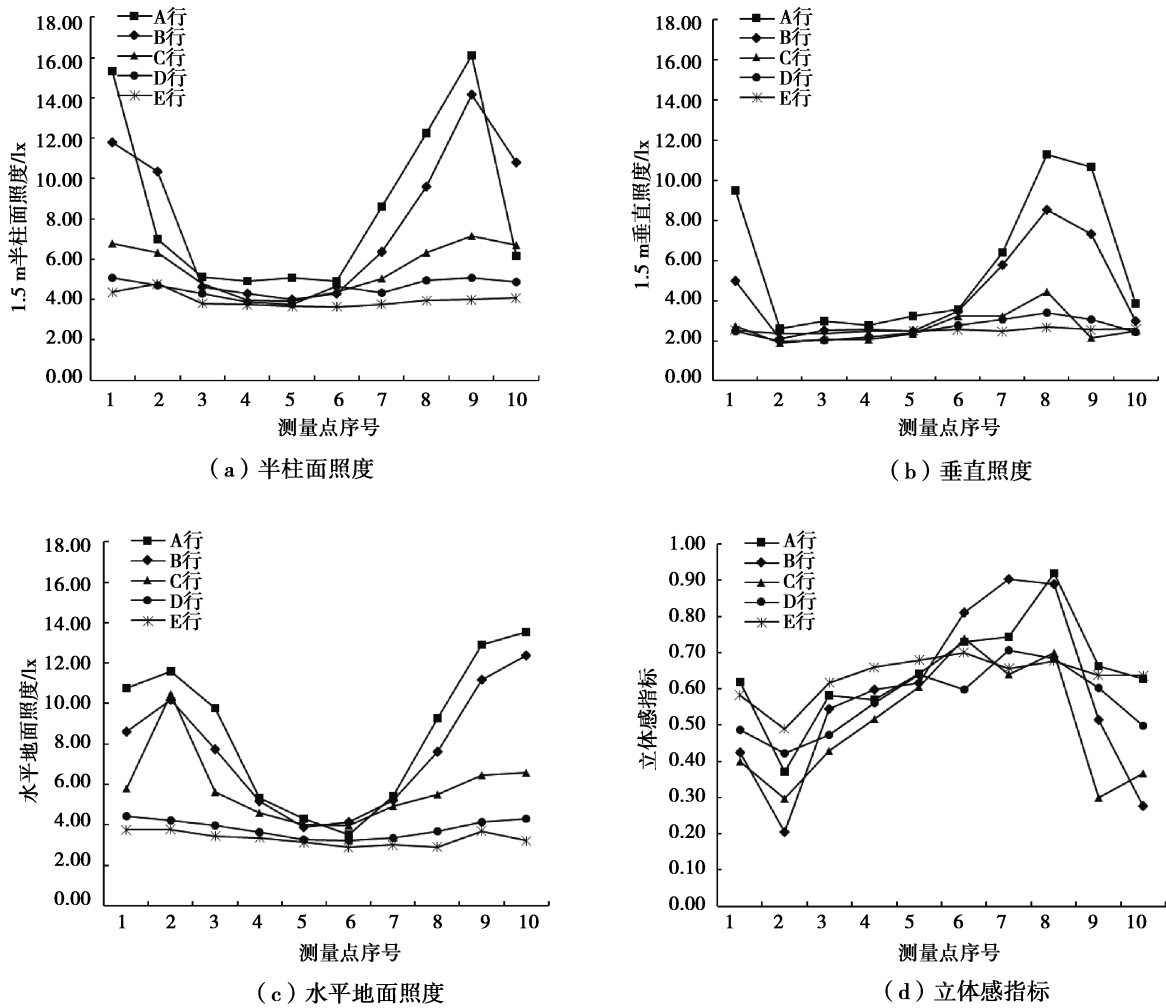


图 3 立体感指标与照度变化

Fig. 3 Stereoscopic indicators and changes in illuminance

从柱端至墙端的 5 行数据看,各行在 1.5 m 处半柱面照度、垂直照度以及该处水平地面照度值变化趋势具有一致性。又因 E 行距离光源较远,其各项照度值变化的振幅较小,但 E 行各项照度值与立体感指标的变化趋势与其他行仍然相同,故各行的各项照度值与立体感指标在所测区域的范围内的变化趋势具有一致性。

经过实测数据可知,水平照度值的范围在 2.89~13.56 lx;垂直照度的范围在 1.88~11.27 lx。根据《车库建筑设计规范》(JGJ 100—2015)中规定车库照明水平照度标准值为 50 lx^[1],测试区域的水平照度远低于照度标准值,说明不能很好地辨识地面的障碍物。对于行人的辨识效果,根据日本公共安全学会提出的公共防范照明中表明,当水平照度平均值高于 5 lx,垂直照度最小值高于 1 lx,便可以分辨出 4 m 距离内其他行人的基本特征^[26],车库部分区域已经达到公共防范的最低值,可以看清楚其他行人的基本动作,具有一定的安全感保障,但要达到足够的舒适感与安全感,必须提高对行人面部的辨识效果,需引入半柱面照度等评价指标。

测试区域半柱面照度值的范围在 3.64~15.31 lx。因照明相关标准并未提及车库的垂直照度值与半柱面照度值,此处借鉴具有类似光环境的照明标准进行比较^[27],INSNA 对于夜间人行地下通道的照明要求中提出垂直面照度标准应达到 40 lx,以满足安全感的需要,车库未能达到推荐值;CIE 中规定夜间人行地下通道最小半柱面照度为 10 lx^[28],车库最小半柱面照度为 3.64 lx,未能达到推荐值;最小水平地面照度为 15 lx,实测最小值为 2.89 lx,未能达到推荐值。参考 CIE 提出的人行道路照明要求,地下车库对应的照明等级与人

行道照明等级 P3 相当,其规定半柱面照度最小值为 1.5 lx,车库内照明水平已基本达到 P3 等级人行道路照明,但尚未满足地下人行通道标准值,半柱面照度与垂直照度在不同规范的标准值对比结果如表 4 所示^[19]。

表 4 实测值、相关标准对比

Table 4 Compared with Standard and measured data

相关标准	半柱面照度/lx			垂直照度/lx		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
车库测量值	6.13	15.31	3.64	3.54	11.27	1.88
CIE 规定人行地下通道(夜间)			10			
CIE 规定人行道路照明(P3 等级)			1.5			
IESNA 人行地下通道要求				40		

道路照明位于空旷的室外,人流量较少,故照明水平要求一般;而地下人行通道因为人流量大,故需要较高的照明水平。地下车库因其封闭感较强与空间感较差的特殊性,为满足其心理舒适与安全需要,半柱面照度应较室外人行道标准更高,略低于夜间地下人行道路照明标准。基于舒适感与安全感的辨识效果考虑,半柱面照度的适宜数值需结合主观评价结果进一步研究。

3.2 主观评价分析

测试者对不同测点下目标人物面部进行辨识的主观评价,取各分项评价数据与相应测点的半柱面照度、垂直照度、水平地面照度以及立体感指标进行分析,如图 4 所示。

图 4(a)中,将半柱面照度与主观评价分数比较,半柱面照度在各测点的分布较为均匀,舒适感、安全感、清晰感评价分数均随着半柱面照度的提高呈上升趋势;图 4(b)中,垂直照度在各测点的分布主要集中在 2l~4 lx 之间,但其变化趋势和半柱面照度相同,随着垂直照度的提高,舒适感、安全感、清晰感评价分数呈上升趋势。因此,半柱面照度和垂直照度均与舒适感、安全感、清晰感呈正相关;

图 4(c)中,将水平地面照度与主观评价分数比较,随着水平面照度的增加,主观评价分数呈先上升后下降的趋势。水平照度旨在看清楚地面上的物体防止触碰障碍物,但与对陌生人的辨识效果相关性较差,不能作为表征辨识行为中舒适感与安全感的指标。

立体感指标与主观评价分数则呈现不一样的趋势。图 4(d)中,随着立体感指标的增加,舒适感、安全感、清晰感首先呈下降趋势,在立体感指标为 0.46 达到临界值,之后随着立体感指标的增加,舒适感、安全感、清晰感呈上升趋势。由于立体感指标是垂直照度和半柱面照度的比值,在图 5 中,将立体感指标与半柱面照度和垂直照度进行比较,当立体感指标 <0.46 时,由于评价点的垂直照度较低而半柱面照度较高,二者相差较大,主观评价分数随立体感指标的上升呈下降趋势;当立体感指标 >0.46 时,垂直照度与半柱面照度的走向和数值趋于一致,此时立体感指标与舒适感、安全感、清晰感呈正相关。因此,在车库照明设计中,应调整适宜的半柱面照度和垂直照度,使立体感指标达到一定数值后,才能够准确评价舒适感、安全感、清晰感等照明效果。

分析比较图 4(d)和图 5,当立体感指标为 0.46 时,此时的半柱面照度也趋向最低(4.5 lx)。对比图 5 的半柱面照度和垂直照度曲线,发现半柱面照度曲线的走向最接近立体感指标与主观评价的关系曲线。因此,半柱面照度相对于垂直照度和立体感指标更能直接反应辨识效果,对提高地下车库的舒适感、安全感、清晰感等心理因素具有重要作用。

对所有测点主观分项评价取平均值,再和主观总体评价结果进行比较,如表 3 所示,发现当测点分项平均值达到 2.5 以上时,主观总体评价为好,平均值在 2.5 分以下时,测试者表示其舒适感、安全感、清晰感较差。分项平均值为 2.5 时所对应半柱面照度为 6.5 lx,立体感指标为 0.75 lx,即 2 项指标分别高于 6.5 lx, 0.75 lx 时,辨识行为的舒适感、安全感、清晰感均较好。

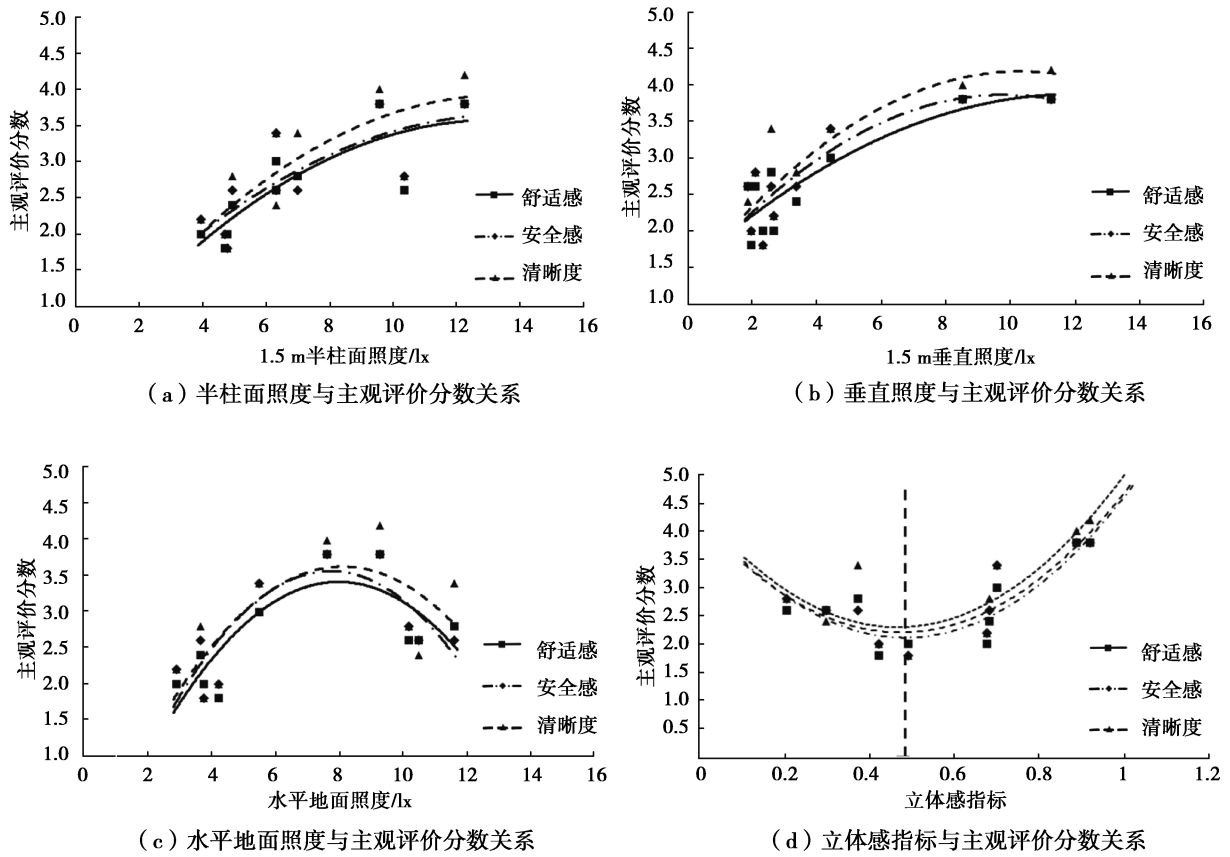


图 4 实测数据与主观评价的关系

Fig. 4 Relationship between stereoscopic index, semi-column illumination and comfort, security and clarity

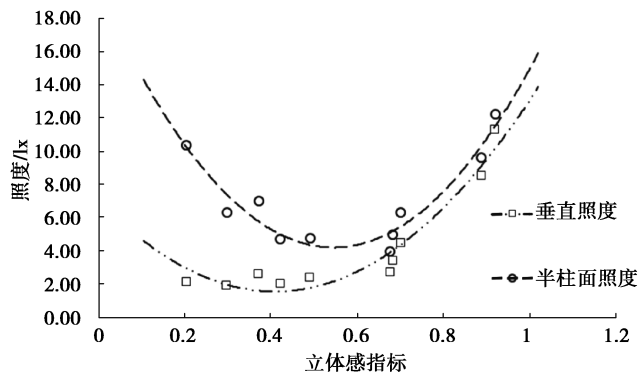


图 5 立体感指标与半柱面照度和垂直照度的关系

Fig. 5 Relationship between stereoscopic index and semi-column illumination and vertical illumination

结合以上数据,对测试者在多个车库再次进行验证。地下车库中半柱面照度达到 6.5 lx 以上时,即使水平地面照度处于一个较低水平,被测试者同样感觉辨识效果良好,而半柱面照度在 6.5 lx 以下时,即使水平地面照度较高,也不能获取足够的舒适感与安全感。

3.3 Facereader 数据分析

在测试者对目标人物进行主观评价的同时,对其面部表情实时拍照后采用 Facereader 软件得到测试者的心理变化数据^[29],并与主观评价结果进行验证比对。仍选取第 2 列与第 8 列的数据,如表 5 所示。

表 5 Facereader 测点验证
Table 5 Points verification by Facereader

测试内容		所测值										
测试点	标准态	2a	2b	2c	2d	2e	8a	8b	8c	8d	8e	
立体感指标		0.37	0.20	0.30	0.42	0.49	0.92	0.89	0.70	0.68	0.68	
E_v		2.60	2.12	1.88	1.98	2.34	11.27	8.51	4.43	3.38	2.68	
E_{sc}		7.00	10.36	6.31	4.69	4.77	12.25	9.58	6.32	4.95	3.96	
E_h		11.6	10.18	10.48	4.23	3.77	12.25	9.58	6.32	4.95	3.96	
Facereader 情绪指标	中性	0.43	0.15	0.09	0.09	0.18	0.08	0.15	0.33	0.09	0.08	0.29
	愉快	0.13	0.07	0.01	0.08	0.09	0.08	0.02	0.01	0.02	0.08	0.03
	悲伤	0.22	0.07	0.11	0.19	0.04	0.11	0.07	0.14	0.16	0.10	0.03
	愤怒	0.33	0.69	0.81	0.82	0.64	0.83	0.70	0.36	0.82	0.85	0.87
	惊奇	0.06	0.04	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.07
	惧怕	0.17	0.00	0.00	0.01	0.05	0.02	0.03	0.17	0.00	0.00	0.05
	厌恶	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04	0.02	0.03

对 Facereader 处理的数据进行分析。将半柱面照度与测试者的情绪占比进行比较,结果如图 6(a)所示,发现随着半柱面照度的上升,代表不舒适的愤怒情绪呈下降趋势,当半柱面照度为 10 lx 左右时,测试者情绪指标处于一个最舒适的状态;将立体感指标与测试者的情绪占比进行比较,结果如图 6(b)所示,随着立体感指标的上升,愤怒情绪先上升后下降,当立体感指标处于 0.50 时,测试者处于最不舒适的状态。结合之前结论,半柱面照度为 6.5 lx,立体感指标为 0.75 时,其情绪参数正好都处于一个舒适状态中。当半柱面照度低于 6.5 lx,立体感指标低于 0.75 时,其不舒适的情绪变化速率明显增加,故半柱面照度不宜低于 6.5 lx,立体感指标不宜低于 0.75。

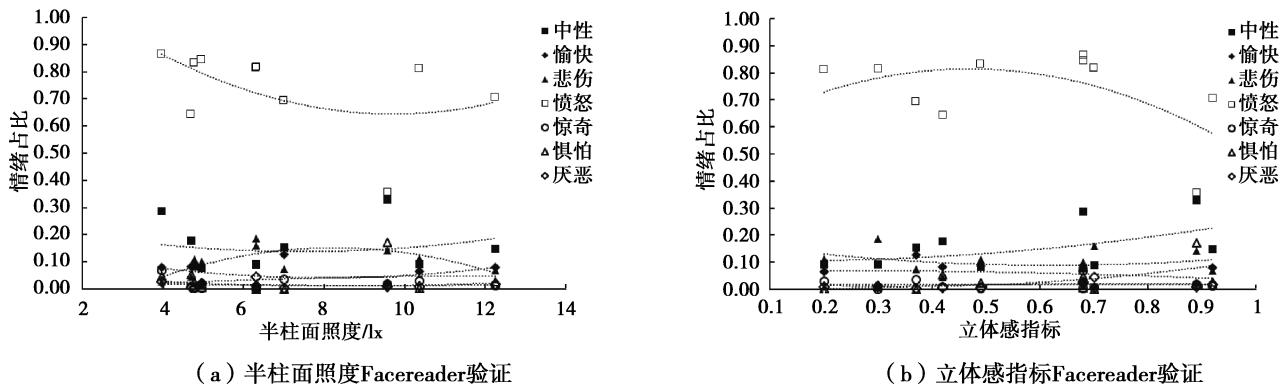


图 6 Facereader 所测情感占比

Fig. 6 The proportion of emotions measured by Facereader

主观评价结果与 Facereader 数据共同表明,半柱面照度低于 6.5 lx 时,具有不舒适感与不安全感;立体感指标低于 0.75 时,目标的清晰感较差。验证了地下车库内半柱面照度在 6.5 lx 以上,立体感指标 0.75 以上时,地下车库环境照明较为合适。

4 结 论

采用主观和客观相结合的研究方法,通过对重庆大学 B 区地下停车库照明的实测数据进行分析,得到以下结论:

1)在车库照明中,水平照度是使用者对路面状况视察效果的主要评价标准,但是不能作为空间照明质量的标准,建筑规范及照明标准中通常只规定了水平照度,但即使车库水平照度满足了要求,在半柱面照度较低的情况下,地下车库内不能看清他人的行为与意图,也会产生不舒适感与不安全感。车库照明标准中需要反应空间照明质量的半柱面照度与立体感指标。

2)CIE规定人行地下通道半柱面照度最小值为 10 lx ,规定人行道路照明(P3等级),半柱面照度最小值为 1.5 lx 。地下车库照明与二者照明环境类似。道路照明在室外布置,需要照明水平相对较小;而地下人行照明因为人流量大,故需要较高的照明水平。地下车库因其封闭感较强与空间感较差的特殊性,为满足其心理安全需要,半柱面照度应较室外人行道标准更高,略低于夜间地下人行道路照明标准。

3)半柱面照度在低照度条件中具有更重要的辨别意义。随着半柱面照度的降低,使用者的舒适感随之减少,不舒适感随之上升。研究发现,地下车库建筑中半柱面照度在 6.5 lx 以下时,不能很好地分辨他人面部表情与意图,并且舒适感与安全感较低。半柱面照度在 6.5 lx 以上、立体感指标在 0.75 以上时,使用者能较好地分辨他人表情并获得足够的舒适感与安全感。

4)半柱面照度与立体感指标、垂直照度相比更能直接地评价辨识行为中的舒适感、安全感和清晰感。立体感指标在满足合适的半柱面照度与垂直照度后才更能表现出对照明环境的评价意义。当立体感指标 >0.46 时,能较准确地评价照明环境的质量。

目前,半柱面照度与立体感指标在国内外防侵犯照明设计中多运用于室外,将其引入室内地下车库的照明质量评价中,更有利于满足使用者安全、舒适的需求,提高幸福指数,减少违法犯罪事件的发生。研究结果也可对类似的昏暗室内公共空间的照明质量评价体系的建立提供依据。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.JGJ 100-2015, 车库建筑设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2015.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. JGJ 100-2015, Code for design of parking garage building[S].Beijing: China Architecture & Building Press, 2015. (in Chinese)
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.GB 50034-2013, 建筑照明设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. GB 50034-2013, Standard for lighting design of buildings[S].Beijing: China Architecture & Building Press, 2013. (in Chinese)
- [3] 张路. 立体停车设施建设发展探讨[J]. 交通科技,2014(6):131-134.
ZHANG Lu. Three-dimensional parking facilities construction and development [J]. Transportation Science and Technology, 2014(6):131-134.(in Chinese)
- [4] Kang Ts, Kwon Y J. Device for guiding parking space in underground or rooftop of large building, for vehicle e.g. car, has control unit for controlling input signal based on presence of vehicle and driver estimation signal[P]. KR2018119230-A, 2018.
- [5] 梁树英,杨春宇,张青文,等. 日光色温及显色性实验研究[J]. 土木建筑与环境工程,2013,35(5):112-117.
LIANG Shuying, YANG Chunyu, ZHANG Qingwen, et al. Experimental analysis of color temperature and color rendering properties of daylight[J]. Journal of Civil Architectural and Environmental Engineering, 2013, 35(5):112-117.(in Chinese)
- [6] 姚其,史悦,赵海天. 建筑景观照明设计中光源光谱与环境作用的关系[J]. 土木建筑与环境工程,2014,36(5):76-80.
YAO Qi, SHI Yue, ZHAO Haitian. Theoretic analysis on effect of light source's spectrum on environment in architecture landscape lighting[J]. Journal of civil architectural and environmental engineering,2014,36(5):76-80.(in Chinese)
- [7] Boyce P R, Fotios S, Richards M. Road lighting and energy saving[J]. Lighting Research & Technology, 2009,41(3), 245-260
- [8] 姚杨.城市地下空间环境质量保障关键技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
YAO Yang. Key technologies for environmental quality assurance of urban underground space [M]. Beijing: China Architecture & Building Press,2010.(in Chinese)
- [9] 王晓喜. 从提高人行道路照明质量的角度探讨LED道路照明设计[J]. 照明工程学报,2018,29(3):89-95.
WANG Xiaoxi. Discussion on LED road lighting design based on improving the quality of pedestrian lighting[J]. China Illuminating Engineering Journal,2018,29(3):89-95.(in Chinese)
- [10] 赵海天,赖冠华,胡艳鹏,等. 高速公路现行照明方式解析[J]. 土木建筑与环境工程,2014,36(5):71-75,94.
ZHAO Haitian, LAI Guanhua, HU Yanpeng, et al. Analysis of the current highway lighting type[J]. Journal of Civil

- Architectural and Environmental Engineering, 2014, 36 (5): 71-75, 94. (in Chinese)
- [11] Weng J, Du F, Hu Y K, et al. Dark adaptation time study on road tunnel daytime lighting based on visual performance method[J]. Chemical Engineering Transactions, 2017, 59, 691-696.
- [12] 李景色. 机动和人行交通道路照明的建议(CIE技术报告 No. 115-1995)[J]. 照明工程学报, 2004, 15(3): 57-61.
LI Jingse. Suggestions on road lighting for motor and pedestrian traffic (CIE technical report No. 115-1995)[J]. China Illuminating Engineering Journal, 2004, 15(3): 57-61. (in Chinese)
- [13] Knight C. Field surveys of the effect of lamp spectrum on the perception of safety and comfort at night[J]. Lighting Research & Technology, 2010, 42(3): 313-3289.
- [14] Fotios S, Goodman T. Proposed UK guidance for lighting in residential roads[J]. Lighting Research & Technology, 2012, 44(1): 69-83.
- [15] Vishwas H N, Ullas S. Power efficient automated lights results to security for underground parking space, International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)[P]. NOV 23-24, 2017.
- [16] Paakkinen M, Tetri E, Halonen L. User evaluation of pedestrian way lighting[J]. Light & Engineering, 2014, 22(1): 40-47.
- [17] Weng J, Hu Y K, Ying W. Study on calculation model of road lighting visibility[J]. Science China Technological Sciences, 2010, 53(7): 1768-1773.
- [18] Van Bommel W J M. Trends in lighting criteria forexternal lighting[C]. MCIBS National Lighting Conference, April 1982, Warwick, England.[S.l.]: IEEE, 1982: 23.
- [19] 日本照明学会编. 照明手册[M]. 李农, 杨燕译. 北京: 北京科学出版社, 2005.
Japan Lighting Institute. Illumination Handbook[M]. Translated by Li Nong, Yang Yan. Beijing: Beijing Science Press, 2005. (in Chinese)
- [20] 张青文. 主城区人行交通道路照明质量评价指标[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2007(8): 89-94.
ZHANG Qingwen. Quality evaluation indicators for urban sideway traffic road lighting [J]. Journal of Chongqing University (Natural Science Edition), 2007(8): 89-94. (in Chinese)
- [21] 杨公侠, 杨旭东. CIE技术报告 136-2000号出版物: 城区照明指南(续二)[J]. 光源与照明, 2002(4): 30-34.
YANG Gongxia, YANG Xudong. CIE technical report publication No. 136-2000: guide to urban lighting (2)[J]. Lamps and Lighting, 2002(4): 30-34. (in Chinese)
- [22] 杨公侠. 视觉与视觉环境[M]. 上海: 同济大学出版社, 2002.
YANG Gongxia. Vision and Visual Environment[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2002. (in Chinese)
- [23] 陈仲林, 王玉琳, 胡英奎. 城区照明光环境的立体感照明质量指标[J]. 重庆大学学报, 2009, 32(7): 839-843.
CHEN Zhonglin, MA Yulin, HU Yingkui. Lighting quality indicators with space sense for urban lighting environment [J]. Journal of Chongqing University, 2009, 32(7): 839-843. (in Chinese)
- [24] 杨公侠, 杨旭东. CIE技术报告 136-2000号出版物 城区照明指南(续三)[J]. 光源与照明, 2002(4): 30-34.
YANG Gongxia, YANG Xudong. CIE technical report publication No. 136-2000: Guide to Urban Lighting (3)[J]. Lamps and Lighting, 2002(4): 30-34. (in Chinese)
- [25] 陈仲林, 杨春宇, 邓申君, 等. 景观照明安全研究[J]. 灯与照明, 2006, 30(3): 3-6.
CHEN Zhonglin, YANG Chunyu, DENG Shenjun, et al. Study on the safety of landscape lighting [J]. Light and Lighting, 2006, 30 (3): 3-6. (in Chinese)
- [26] Kyoichi H, Toshinari M. Urban lighting for crime prevention and psychology[J]. Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan, 2005, 89(1): 12-15.
- [27] 李景色. 机动车和人行交通道路照明的建议(CIE技术报告 No.1151995)(续)[J]. 照明工程学报, 2005(1): 56-62.
LI Jingse. Suggestions on road lighting for motor and pedestrian traffic (CIE Technical Report No. 115-1995) [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2005(1): 56-62. (in Chinese)
- [28] Matsui T. Contribution to urban design for crime prevention [J]. Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan, 2005, 89(1): 25-30.
- [29] 张青文, 胡英奎, 翁季, 等. 基于心理和生理效应的公路隧道中间段照明--利用诱导照明装置(逆向反射材料)提高驾车安全性的研究[J]. 灯与照明, 2018, 42(3): 1-9.
ZHANG Qingwen, HU Yingkui, WENG Ji, et al. Research on lighting of middle section of highway tunnel based on psychological and physiological effects: improving driving safety by using induced lightings devices (retroreflective materials)[J]. Light and Lighting, 2018, 42(3): 1-9. (in Chinese)