

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2016.05.019



户外 LED 广告屏色光侵扰问题调查研究

李娜, 张明宇

(天津大学 天津市建筑物理环境与生态技术重点实验室, 天津 300072)

摘要:近年来 LED 广告屏在城市中广泛使用,但居住区周围布置的 LED 广告屏在夜间对居民形成了强烈的色光侵扰。为了明确 LED 广告屏形成的色光侵扰程度及其防控措施,以北京、天津地区 17 处 LED 广告屏及受其侵扰的居住建筑为研究对象,展开主观问卷调查,并现场测试 LED 广告屏侵扰光的色坐标、亮度等参数,获得 187 份调查问卷及 288 组测试数据。通过对比分析主观问卷和测试数据,明确了 LED 广告屏的主要侵扰因素为 LED 屏与居住建筑的相对位置关系、LED 屏侵扰光亮度水平及其数值变化和 LED 屏的光色交替变化,提取了各侵扰色光的波长及亮度数值范围,提出了对 LED 屏幕设置的建议。

关键词:光侵扰;主观问卷;测试;亮度;色彩

中图分类号:TU226.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2016)05-0148-09

Investigation of chromatic light trespass caused by outdoor LED advertising screens

Li Na, Zhang Mingyu

(Tianjin Key Laboratory of Architectural Physics and Environmental Technology,
Tianjin University, Tianjin 300072, P. R. China)

Abstract: In recent years, LED advertising screens have been widely used in cities around China. However, LED screens have induced serious chromatic light trespass problem to residential area around. 17 cases of LED advertising screens and residential buildings affected in Beijing-Tianjin region are studied to make clear influence degree and control measures of the light trespass. The survey is conducted by subjective questionnaire and objective measurement, as LED screens are tested for color coordinates and corresponding brightness range. A total of 187 valid questionnaires and 288 sets of valid test data are collected. The questionnaire and test data show that 3 factors (relative location, brightness and its variation, colors change in rotation) is the key factors of intrusive effects. The range of wavelength and their corresponding luminance ranges for chromatic lights are summarized. Finally, some design recommendations are provided concerning LED screens setting.

收稿日期:2016-05-19

基金项目:天津市应用基础与前沿技术研究计划(15JCYBJC22000);国家自然科学基金(51208351)

作者简介:李娜(1990-),女,主要从事建筑光环境研究,(E-mail)840020255@qq.com。

张明宇(通信作者),博士,副教授,(E-mail)zmy0526@163.com。

Received:2016-05-19

Foundation item: Tianjin Research Program of Application Foundation and Advanced Technology(No. 15JCBJC22000);
National Natural Science Foundation of China (No. 51208351)

Author brief: Li Na(1990-), main research interest: building lighting environment, (E-mail)840020255@qq.com.
Zhang Mingyu(corresponding author), PhD, associate professor, (E-mail)zmy0526@163.com.

Keywords: light trespass; questionnaire; test; luminance; color

近年来,随着 LED 技术的不断发展,LED 广告屏因具有发光面积大、亮度高、瞬时变化大和色彩饱和度高的特点日渐普及,但这些 LED 广告屏对夜间环境产生了较强的光污染。由 LED 广告屏引起的光侵扰有其自身特性,既包括较高的亮度水平,也具有不同的光色,并时时发生变化。

目前,学术界关于色光对人的影响已积累了一定的研究成果。主要体现于色光对人的影响、光侵扰的相关规范等。一方面,部分学者研究了色光对人的情感产生的影响,主要包括景观照明色彩偏好、室内照明对人情绪的影响等。肖俊宏等^[1]研究了景观照明设计的色光偏好,提出色光的明度对色光情感的影响最大、色相的影响较小,给出了不同彩色光正、负向情感对应的亮度参考值,并建立了基于心理计量尺度的单色光情感及情感因子预测模型;张明宇等^[2]对商业区室外商业展示照明中使用的彩色灯进行数据采集,结合主观评价实验得到情绪评价系数,情绪调节和初步量化评价公式;安平等^[3]对天津市历史风貌建筑景观照明色光情感表现进行了研究,归纳出景观照明中典型光源色光的不同适应性;刘鸣等^[4]通过实验模拟不同闪光频率的静动态彩色光给人带来的视觉、心理和情绪等方面的影响,总结了颜色、动态等因素对人的视觉干扰和情绪反应;牛盛楠等^[5]提出科学地控制色光与建筑材料的合理选用及搭配的重要性;薛涵君等^[6]提出光的颜色变化对人情绪有显著影响,并总结了红、绿、蓝、黄 4 种彩色 LED 灯光对人的情绪影响;Liu 等^[7]、Knez 等^[8]对室内彩色光照明对人情绪的影响进行了较为深入的研究,为营造良好的室内光环境提出了相应建议。另一方面,一些学者基于色光对人体生物效应的影响进行了研究,Caldwell 等^[9]对受试者在红色光、白色光和蓝色光下生理指标的影响进行了研究,提出各色光对人产生的影响不一致,偏暖色光比偏冷色光更容易激发人们的情绪。柴颖斌等^[10]用受测者的心率及其变化率来评价低照度彩色光对人的非视觉生物效应的影响,指出不同颜色的光所引起的心率变化存在差异,但不同彩光引起的心率变化之间并没有出现显著性别差异。而在色光侵扰研究方面,于娟等^[11]、李娜等^[12]将在亮度侵扰基础上叠加了光色因素的光侵扰形式定义为色光侵扰,测试总结了色光侵扰亮度和主波长的参数范围,针对天津

地区 LED 广告屏对居民的色光侵扰做出了初步探讨,并总结出针对天津地区 LED 广告屏光侵扰的亮度范围、主要侵扰光色等数据。在控制光侵扰的技术文件和标准规范方面,当前尚没有专门针对色光侵扰的具体规范,相关指标要求均参照光侵扰的技术文件和规范标准,如国际照明委员会(CIE)150 号技术文件《Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations》^[13]、中华人民共和国住房和城乡建设部颁布的行业标准《城市夜景照明设计规范》(JGJ/T 163—2008)^[14]、北京市市政管理委员会颁布的地方规范《北京市户外电子显示屏设置规范》^[15]及上海市质量技术监督局颁布的地方标准《公共场所发光二极管(LED)显示屏最大可视亮度限值和测量方法》(DB 31/708—2013)^[16]。由此可见,当前对居住区色光侵扰的相关指标研究成果较少,而现行的标准规范也不能完全适用于城市居住区的色光侵扰现状。因此,对 LED 广告屏这一典型色光侵扰问题的研究工作十分必要和迫切。

笔者研究的 LED 广告屏是设置在城市户外固定位置用于发布广告和信息的全彩 LED 显示屏。选取北京、天津地区 17 处 LED 广告屏及受其光侵扰的居住建筑,对 LED 广告屏亮度、画面颜色等参数测试,并进行居民问卷调查。将周围居民主观调查问卷结论与测试数据相结合,分析北京、天津地区 LED 广告屏对居民的色光侵扰程度及主要侵扰因素,获取各侵扰色光的波长及亮度参数范围。

1 主观调查及数据测试

采用主观调查问卷和客观数据测试的方法,针对 LED 广告屏及受侵扰居民进行研究,调研时间为 2015 年 6 月及 11 月的 20:00 到 22:00,测试当天天气状况良好,能见度高,可以避免环境因素对测量的干扰。

1.1 调研对象

调研范围为北京、天津市区内。LED 屏的筛选,首先考虑 LED 广告屏本身属性,为设置在城市户外固定位置用于发布广告和信息的大型全彩 LED 广告屏,不包括 LED 字标;其次考虑 LED 广告屏与周边居住建筑的相对位置,确定为距受侵扰居住建筑直线距离 300 m 范围之内、且朝向受侵扰

居住区的 LED 屏为调研对象,并最终确定了 17 处 LED 广告屏及其周边受侵扰居住小区(见表 1)。

表 1 LED 广告屏及受其侵扰的居住小区
Table 1 LED advertising screens and residential community affected by them

编号	LED 广告屏位置	受侵扰小区
1	北京市石景山万达广场	老山东里
2	北京市鼎好大厦	海淀路社区
3	北京市西直门凯德茂	玉桃园一区
4	北京市朝阳大悦城	青年汇佳园
5	北京市迪拉索家具城	呼家里新苑
6	北京市财富购物中心	关东店小区
7	北京市盘古大观	北京社会科学院住宅楼
8	北京市京信大厦	亮马桥外交公寓
9	北京市海龙电子城	中关村 823 号楼
10	北京市世纪金源购物中心	鲁园上河村
11	天津市晋滨大酒店	文化村

表 2 调查问卷设计
Table 2 Questionnaire design

个人情况	性别:(1)男 (2)女	
	年龄段:(1)18~35 岁(2)36~60 岁(3)60 岁以上	
	地点、门牌号、在现居住地居住时间	
	评价要素	问题
		选项
调查项目	光侵扰影响程度	您的居住环境受到 LED 广告屏产生的光侵扰影响程度是? 1. 无感 2. 有点 3. 一般 4. 较强 5. 严重
	亮度刺眼程度	您觉得 LED 广告屏刺眼的程度是? 1. 无感 2. 有点 3. 一般 4. 较强 5. 严重
	形成光侵扰的因素	您最介意 LED 广告屏哪方面对您的影响?(可多选) 1. 太亮了 2. 讨厌光的颜色 3. 光色交替变化 4. 亮的程度忽高忽低 5. 休息之后还亮 6. LED 广告屏的发光面积 7. 其它
	光侵扰时段	主要影响您的时间段是?(可多选) 1. 白天 2. 天黑之后一直存在 3. 19:00—21:00 4. 21:00—23:00 5. 23:00 之后 6. 其它时间段
	厌烦广告画面颜色评分	请您对广告屏播放画面中各个颜色的厌烦程度进行评价 (1~5 代表厌烦程度依次增加) 黄色:厌烦程度() 蓝色:厌烦程度() 红色:厌烦程度() 白色:厌烦程度() 绿色:厌烦程度() 橙色:厌烦程度() 紫色:厌烦程度()
其他建议		关于避免 LED 广告屏光侵扰的建议

1.3 LED 广告屏数据测试

现场选用 TOPCON BM-7 型彩色亮度计进行测试,主要测试数据为侵扰光亮度和色坐标。现场测试在以下条件下进行:居民室内关灯、LED 广告屏正常播放且 LED 广告屏与测试窗口间没有遮挡物。现场测试时,将仪器置于居民室内受侵扰窗口处、楼梯间窗口、走廊窗口等位置进行测量。测量方

续表 1

编号	LED 广告屏位置	受侵扰小区
12	天津市经联大厦	海光新村
13	天津市友谊精品广场	明源里
14	天津市劝业场西南角店	华兴楼
15	天津市环球置地广场	海光新村
16	天津市图书大厦	江浦里
17	天津市国投商务大厦	新会里

1.2 居民问卷调查

问卷调查通过入户发放问卷(表 2),调查对象主要为居住在调研小区内且居住时间为一年以上的居民。问卷旨在了解周围居民对 LED 广告屏形成的光侵扰的主观感受,明确 LED 广告屏的侵扰因素等。现场共发放问卷 200 份,回收有效问卷 187 份。其中男性 81 人,女性 106 人;老年人占 43%,中年人占 27%,青年人占 30%。

向为窗口与 LED 广告屏连线,仪器采集范围大于 16 个相邻像素,并进行连续测量。在每个点位进行多次测试,广告循环 1 次的测试数据为 1 组,共测试 3 组数据,最终数据取 3 次测试的算术平均值。以上测试条件满足相关测试规范要求^[17]。最终,获取有效测试数据共计 288 组。

2 调查及测试结论

2.1 主观问卷结论

2.1.1 问卷信度分析和效度分析 为验证问卷数据的可靠程度及问卷研究的有效性,利用 SPSS 软件对问卷数据进行信度分析和效度分析。

1)信度分析 信度是指测验结果的一致性、稳定性及可靠性。为验证问卷的可靠程度,采用克朗巴哈(Cronbach) α 系数进行内部一致性的信度检验。通过 SPSS 软件分析,克朗巴哈(Cronbach) α 系数大于 0.8(表 3)。因此,问卷设计信度较高,内部一致性较好,表明问卷结论可信,可用于分析研究。

表 3 问卷信度分析

Table 3 Questionnaire reliability analysis

Cronbach's Alpha	基于标准化项的 Cronbach's Alpha	项数
0.802	0.813	9

2)效度分析 效度即有效性,是衡量综合评价体系是否能够准确反映评价目的和要求。效度分析最理想的方法是利用因子分析测量量表或整个问卷的结构效度。经 SPSS 分析,得到 KMO 值和巴特利特值(Bartlett)如表 4 所示。根据表中数据可知,本次问卷的 KMO 值大于 0.7,巴特利特值(Bartlett)小于 0.001。因此,问卷各变量间具有一定的相关性,适合合并可以进行因子分析。

表 4 问卷效度分析

Table 4 Questionnaire validity analysis

KMO 取样	Bartlett 的球形度检验		
适切性量数	上次读取的卡方	自由度	显著性
0.785	615.544	36	0.000

2.1.2 主观问卷结论

1)LED 广告屏光侵扰影响程度 根据问卷所获数据,居民大多认为受到 LED 广告屏的光侵扰影响。认为 LED 广告屏“较强”和“严重”干扰其生活的居民占 51%,仅 4%对 LED 广告屏产生的光侵扰“无感觉”(见图 1)。对于 LED 广告屏的刺眼程度方面,认为广告屏刺眼程度为“较强”和“严重”的居民比例达 62%(见图 2)。以上数据说明,大部分居民认为其居住周围的 LED 广告屏亮度太高,感觉很刺眼,并形成了较强侵扰。

2)LED 广告屏形成的侵扰因素 问卷统计结

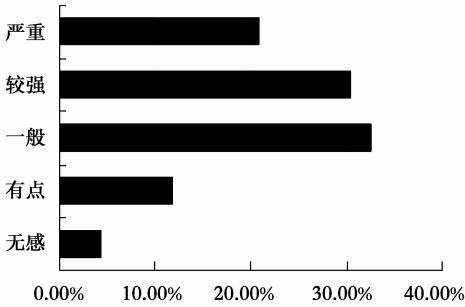


图 1 LED 广告屏的光侵扰影响程度

Fig1 Influence degree of light trespass

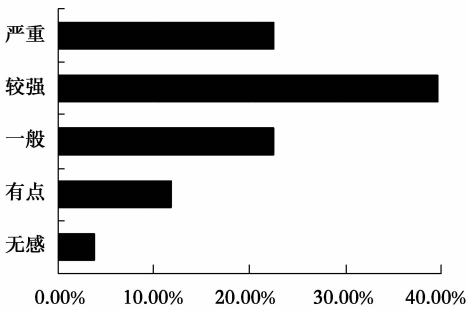


图 2 LED 广告屏刺眼程度

Fig 2 Dazzling degree of light trespass

果显示,28%的居民认为 LED 广告屏“光色交替变化”最影响其生活(见图 3),其次为“太亮了”、“亮的程度忽高忽低”,分别占 26%,25%;选择“讨厌光的颜色”及“休息之后还亮”两选项的居民均占 7%,有 5%的居民认为由于“广告屏发光面积太大”对其构成了影响。由此可见,光色交替变化、高亮度及其数值变化构成了 LED 广告屏干扰居民生活的主要原因。

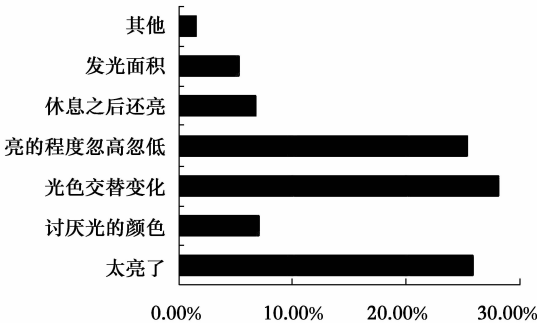


图 3 LED 广告屏形成光侵扰的因素

Fig 3 Intrusive factors of LED screens

3)LED 广告屏光侵扰的时间段 统计数据如图 4 所示,大部分居民受到 LED 广告屏光侵扰的时

间段为从天黑到 23:00。这一时段居民正进行学习工作、休闲娱乐或睡眠休息等活动,很容易受到 LED 侵扰光侵扰。因此,应考虑周围居民作息,控制 LED 广告屏开启和关闭时间。

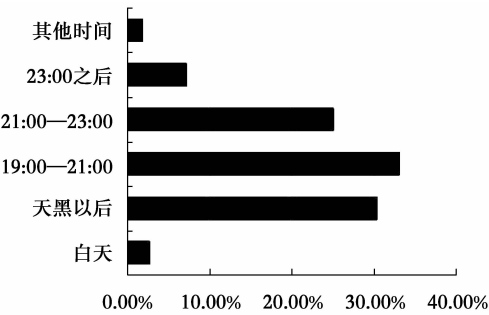


图 4 受 LED 广告屏影响的时间段
Fig4 Time periods of light trespass

4)居民对 LED 广告屏播放画面的颜色厌烦程度经统计,如图 5 所示,居民对白色最厌烦,其次为红色、黄色、蓝色。从整体来看,居民对白色、红色、橙色、黄色、绿色、蓝色、紫色这 7 种颜色的厌烦程度均处于 2~4 分之间,数据表明居民对带有一定亮度的色光都会产生厌烦。同时也反映出居民对红色、黄色、蓝色 3 种色光厌烦程度要高于其他色光。

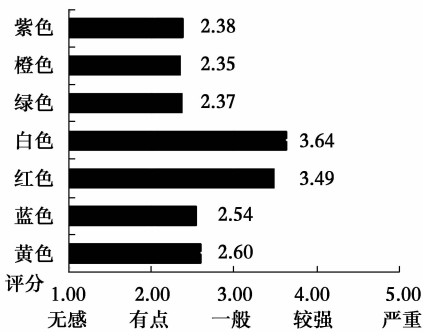


图 5 居民对 LED 广告屏播放画面厌烦程度评价平均分
Fig 5 Average score of residents' boredom degree on LED screens' color

2.2 亮度与颜色测试数据

2.2.1 LED 广告屏侵扰光亮度数据 现场测试条件下,北京、天津地区 17 处 LED 广告屏亮度数值统计情况如图 6 所示。从整体亮度数据来看,这 17 处 LED 广告屏亮度为 4.334~4 863 cd/m²,数值范围很广。但大部分侵扰光亮度处于 1 000 cd/m² 以下水平。据统计,小于或等于 1 000 cd/m² 的数据所占比例约为 83.68%。

根据 CIE150 号技术报告及国内相关城市对

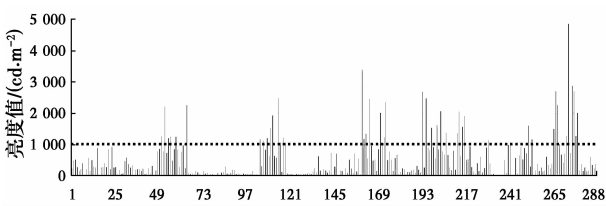


图 6 LED 广告屏亮度数值统计
Fig 6 LED screens' luminance value

LED 屏亮度设置要求(北京、上海),城市的商业区及其周边(E4 区)设置的户外电子显示屏,夜间亮度值应小于等于 1 000 cd/m² 或 600 cd/m²。笔者所测试地区为京津地区,且均属于城市中心的商业与居住混合区(E4 区),参照北京市地方要求,限定值取 1 000 cd/m²。

分别将各 LED 广告屏的最大亮度与限定值比较,统计后发现(图 7),有 8 处 LED 广告屏亮度超标,占总数的 47.1%。其中有 5 处 LED 广告屏远超 1 000 cd/m²,亮度达到其两倍及以上,最高亮度高达 4 863 cd/m²。

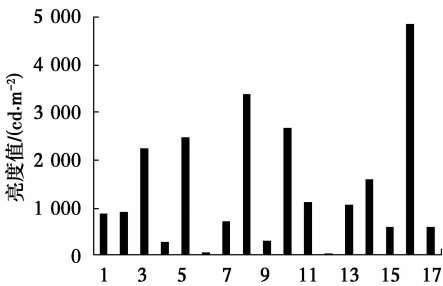


图 7 各 LED 广告屏最大亮度值
Fig 7 Max luminance of LED advertising screens

2.2.2 LED 广告屏侵扰光光谱数值 将现场测试获取的 288 组 LED 广告屏侵扰光色坐标绘制如图 8 所示,将数据坐标值转化为色光波长,各色光所占比例见表 5。其中,绿色侵扰色光最多,占 36.8%;红色侵扰光最少,仅占 2.4%。

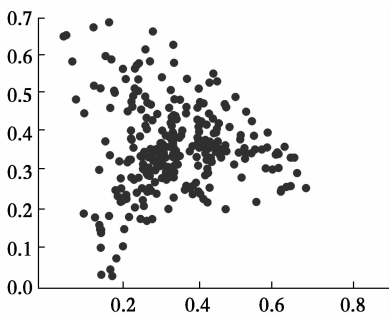


图 8 LED 广告屏侵扰光色坐标数据分布
Fig 8 LED screens' color coordinate data distribution

表 5 LED 广告屏侵扰光波长

Table 5 Wavelength region of intrusive light

侵扰色光	对应波长范围/nm	出现比例/%
红	624~637	2.4
橙	597~613	8.3
黄	578~596	13.5
绿	494~576	36.8
蓝	458~492	20.8
紫	380~452、补色:495~569	18.1

2.2.3 LED 广告屏侵扰光颜色与对应亮度数据

经现场测试,将 17 处 LED 广告屏的数据进行统计可得到各 LED 屏侵扰光对应平均亮度,如表 6 所示。

表 6 LED 广告屏侵扰光颜色与平均亮度

Table 6 LED screens' color and corresponding average luminance

average luminance						cd/m ²
编号	红	橙	黄	绿	蓝	紫
1	239.80	161.30	242.10		281.42	166.08
2		298.05	308.26	398.52	189.07	106.61
3	785.80	548.50		1 162.77	412.47	1 096.54
4		44.68	82.21	85.45	69.44	8.81
5			1 140.00	1 337.29	567.45	650.70
6	60.71		65.89			32.57
7			241.70	176.13		335.30
8			522.30	1 048.38		2 466.00
9		208.30	240.00	127.60		
10			585.90	1 447.73		
11			243.60	1 134.00		
12	4.33			39.46	31.36	
13				344.30	990.80	
14				778.05	707.50	
15		236.00		219.10	144.90	
16				2 218.93	1 010.00	
17	236.00			219.10	144.90	

3 分析与讨论

将居民对侵扰光亮度的评价及对 LED 侵扰色光的评分,分别结合现场测试的侵扰光亮度参数、光色参数进行统计对比。对亮度参数的对比分析主要有:居民反映的刺眼程度与 LED 广告屏平均亮度之间的关系;LED 屏亮的程度忽高忽低与 LED 广告屏亮度差之间的关系。对光色参数的对比通过居民

对画面颜色的评分和侵扰色光测试数据展开。

3.1 居民对侵扰光亮度的评价与 LED 屏亮度参数的对比分析

主观问卷中涉及到居民对侵扰光亮度的评价有以下两方面:“光刺眼程度”、“亮的程度忽高忽低”。分别针对这两个方面与亮度数据进行对比分析。

1)基于距离关系下居民反映的刺眼程度与 LED 广告屏平均亮度的对比分析

根据主观问卷结果,认为 LED 广告屏刺眼程度为较强和严重的居民占 62%,由此可知,大部分居民认为 LED 广告屏亮度过高。按照 LED 广告屏距居住建筑的直线距离(表 7),将距离 150 m 范围内、200 m 范围内、300 m 范围内的 LED 广告屏的平均亮度与刺眼程度(选较强及严重选项所占比例)进行相关性分析,发现当其直线距离处于 150 m 以下时,LED 广告屏的平均亮度与刺眼程度正相关, $P=0.640$ (表 8);直线距离处于 200 m 范围内、300 m 范围内 LED 广告屏的平均亮度与刺眼程度相关度较小,但在主观调查中,这些 LED 屏周围居民仍反映广告屏亮度大,受其光侵扰。因此,LED 广告屏距居住建筑的距离控制仍需要进一步研究。

表 7 刺眼程度与 LED 广告屏平均亮度及与受侵扰建筑距离的关系

Table 7 The relationship among dazzling degree, average brightness and linear distance which between LED screens and residential buildings

LED 广告屏位置	LED 屏距受侵扰建筑直线距离/m	平均亮度/(cd·m ⁻²)	刺眼程度比例/%
北京市盘古大观	41	246.72	41
北京市石景山万达广场	57	324.06	69
北京市财富购物中心	66	61.19	54
天津市晋滨大酒店	72	433.32	100
天津市国投商务大厦	98	288.16	75
北京市迪拉索家具城	114	1 061.32	100
北京市鼎好大厦	121	251.34	53
天津市图书大厦	143	1 786.87	88
天津市经联大厦	148	31.57	25
天津市劝业场西南角店	148	749.34	71
北京市世纪金源购物中心	175	1 082.36	44
北京市京信大厦	189	1 016.5	57
北京市海龙电子城	198	156.59	56
天津市友谊精品广场	206	495.7	88

续表 7

LED 广告 屏位置	LED 屏距受 侵扰建筑直 线距离/m	平均亮度/ (cd·m ⁻²)	刺眼 程度比 例/%
天津市环球置地广场	220	288.16	67
北京市朝阳大悦城	263	80.67	41
北京市西直门凯德茂	300	953.41	73

注:刺眼程度比例指选择“较强”和“严重”的居民人数所占比例。

表 8 LED 广告屏的平均亮度与刺眼程度
相关性分析(直线距离≤150 m)
Table 8 Correlation analysis between dazzling degree
and average luminance (Straight line distance≤150 m)

项目	平均亮度			刺眼程度比例		
	Pearson 相关性	显著性 (双侧)	N	Pearson 相关性	显著性 (双侧)	N
平均亮度	1		10	0.643 *	0.045	10
刺眼程 度比例	0.643 *	0.045	10	1		10

注: * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关

2)居民反映 LED 屏亮的程度忽高忽低与 LED 广告屏亮度差的比较分析 主观问卷中有 25%的居民认为 LED 广告屏“亮的程度忽高忽低”是光侵扰的主要原因。对比各广告屏最高亮度与最低亮度的差值,各 LED 广告屏亮度变化较大,最高差值达 4 444.9 cd/m²(图 9)。因此,设置 LED 广告屏时,应注意控制相邻画面亮度差,尽量避免亮度瞬时变化过大对居民的侵扰。

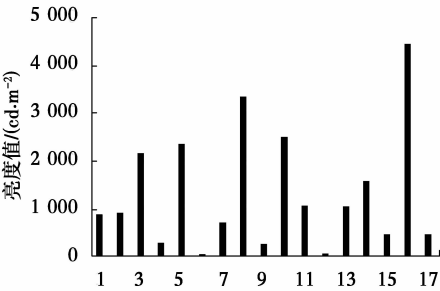


图 9 各 LED 广告屏最高亮度与最低亮度差值
Fig 9 Luminance difference value of LED advertising
screens' max luminance and min luminance

通过分析,除编号 2、3、7、8、10 等 5 个点位的数
据外,其他 12 处点位主、客观调研数据的结果(如表
9)表明,居民选择“亮的程度忽高忽低”选项的比例
与 LED 广告屏亮度差呈正相关($P=0.683$),即
LED 广告屏播放画面亮度变化越大,越容易对居民

产生干扰。而上述关系也进一步表明,居民受影响
程度与 LED 广告屏亮度差之间的关系尚不完全清
晰,其原因大体为现场测试条件复杂、调研样本数
量、个体差异等因素影响。

表 9 居民选择“亮的程度忽高忽低”选项
的比例与 LED 广告屏亮度差相关性分析
Table 9 Correlation analysis between
“great transient luminance variation difference”
and luminance difference value

项目	亮度差			亮的程度忽高忽低		
	Pearson 相关性	显著性 (双侧)	N	Pearson 相关性	显著性 (双侧)	N
亮度差	1		12	0.683 *	0.014	12
忽高忽低	0.683 *	0.014	12	1		12

注: * 在 0.05 水平(双侧)上显著相关

3.2 居民对画面颜色的评分与侵扰光参数统计分析
根据居民对不同色光的评分,以评分为 3 分、4
分及 5 分(分别为对该颜色厌烦程度为一般、较强、
严重)的居民人数占该点位问卷总人数的 50%以上
定义为该色光产生侵扰,最终筛选出侵扰色光对应
亮度数值范围。结果表明,居民对红色侵扰光接受
的亮度最低(4.334 cd/m²),居民对橙色侵扰光接受
的亮度最高(44.68 cd/m²)。结合表 5,最终得到表
10 中所示数据。目前,该数值范围只是基于测试数
据的统计分析,后续应通过评价实验对色光侵扰的
亮度数值范围进行深入研究。

表 10 不同颜色侵扰光波长、亮度数值范围
Table 10 Wavelength region and corresponding
range of luminance of each intrusive chromatic light

侵扰光色	对应 波长范围/nm	产生侵扰亮度数 值范围/(cd·m ⁻²)
红	624~637	4.334~785.8
橙	597~613	44.68~846.7
黄	578~596	32.02~1 219
绿	494~576	24.26~2 686
蓝	458~492	16.91~1 010
紫	380~452、补色:495~569	8.519~2 466

4 结 论

1)LED 广告屏对居住建筑构成光侵扰的主要
影响因素有 LED 屏与居住建筑的相对位置关系、
LED 屏侵扰光亮度水平及其数值变化和 LED 屏光

色交替变化。并经过主客观调查数据的对比分析,获得了各侵扰色光的光谱和亮度数值范围。

2)要严格控制LED广告屏的最大亮度,并减小各广告画面播放时的亮度差异,避免亮度瞬时变化过大。同时,居民对高亮度的白色、红色、黄色、蓝色等侵扰光较厌烦,建议尽量减少播放此类颜色画面或尽量降低该颜色画面的亮度水平。

3)LED广告屏的刺眼程度与距离有较大关系。应尽量避免LED广告屏邻近居住区周围设置,如不能避免,建议布置位置与居住建筑之间直线距离应尽量大于150 m。

4)从主观问卷结果反映的侵扰时间来看,建议根据周围居民的生活作息情况严格控制LED广告屏开启及关闭时间,降低LED广告屏对居民的侵扰影响。

参考文献:

[1] 肖俊宏,马剑,刘刚,等.景观照明中色光情感的量化实验[J].天津大学学报,2010,43(1):9-13.

XIAO J H, MA J, LIU G, et al. Quantitative experiment on chromatic-light emotions in landscape illumination [J]. Journal of Tianjin University, 2010, 43(1): 9-13. (in Chinese)

[2] 张明宇,刘晓希,马剑,等.室外商业橱窗的色光情感定量化研究[J].照明工程学报,2011,22(3):5-8.

ZHANG M Y, LIU X X, MA J, et al. The research on quantificational method of chromatic-light emotion of outdoor commercial shopwindow illumination [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2011, 22(3): 5-8. (in Chinese)

[3] 安平,马剑,刘刚,等.天津市历史风貌建筑景观照明色光情感表现研究[J].照明工程学报,2010,21(4):10-13.

AN P, MA J, LIU G, et al. Research on chromatic light emotion preference in landscape illumination of the historic buildings in Tianjin [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2010, 21(4): 10-13. (in Chinese)

[4] 刘鸣,张宝刚,李维珊,等.城市照明光色实验模拟与评价研究[J].照明工程学报,2015,26(6):50-54.

LIU M, ZHANG B G, LI W S, et al. Research of simulation and evaluation on the experiment about the city's light color [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2015, 26(6): 50-54. (in Chinese)

[5] 牛盛楠,左长安.基于建筑材料的色光情感因子研究

[J].新型建筑材料,2013,40(5):52-54.

NIU S N, ZUO C A. Research on building materials-based chromatic-light emotion factors [J]. New Building Materials, 2013, 40(5): 52-54. (in Chinese)

[6] 薛涵君.彩色LED灯光之心理特性研究——以光的三原色及黄色为例[D].台湾:国立清华大学,2012.

XUE H J. A study on psychological sense of colored LED lighting: yellow and the primary colors of light [D]. Taiwan: National Tsing Hua University, 2012. (in Chinese)

[7] LIU X Y, Luo M R, Li H. A study of atmosphere perceptions in a living room [J]. Lighting Research & Technology, 2014, 47(5):581-594.

[8] KNEZ I, KERS C. Effects of indoor lighting, gender, and age on mood and cognitive performance [J]. Environment & Behavior, 2000, 32(6): 817-831.

[9] CALDWELL J A, JONES G E. The effects of exposure to red and blue light on physiological indices and time estimation [J]. Perception, 1985, 14(1):19-29.

[10] 柴颖斌,孙耀杰,林燕丹.低照度彩光对人眼非视觉生物效应的影响[J].照明工程学报,2012,23(3):18-22.

CHAI Y B, SUN Y J, LIN Y D. Non-visual biological effects of different color light under low illuminance conditions [J]. China Illuminating Engineering Journal, 2012, 23(3): 18-22. (in Chinese)

[11] 于娟,王立雄,张明宇,等.城市居住区夜间光侵扰问题调查研究[J].土木建筑与环境工程,2015,37(6):114-119.

YU J, WANG L X, ZHANG M Y, et al. Survey of light trespass for urban residential area [J]. Journal of Civil, Architectural and Environmental Engineering, 2015, 37(6): 114-119. (in Chinese)

[12] 李娜,张明宇,于娟,等.LED广告屏对居住建筑形成的典型色光侵扰数据调查研究——以天津市为例[J].照明工程学报,2015,26(6):45-49.

LI N, ZHANG M Y, YU J, et al. Investigation on typical chromatic light trespass around residential buildings caused by LED advertising screens: Tianjin city as an example [J]. 2015, 26(6): 45-49. (in Chinese)

[13] International Commission on Illumination. Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations: CIE 150:2003 [R]. CIE Central Bureau, Vienna, Austria, 2004.

[14] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市夜景照明设计规范:JGJ/T 163—2008 [S].北京:中国建筑工业出

版社,2009.

Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for lighting design of urban nightscape: JGJ/T 163-2008 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009. (in Chinese)

[15] 北京市市政管理委员会. 北京市户外电子显示屏设置规范[S]. 北京:北京市市政管理委员会, 2008.

Beijing Municipal Administration Committee. Standard of outdoor electronic display settings in Beijing City [S]. Beijing: Beijing Municipal Administration Committee, 2008. (in Chinese)

[16] 上海市质量技术监督局. 公共场所发光二极管(LED)显示屏最大可视亮度限值和测量方法: DB 31/708—2013 [S]. 上海:上海市质量技术监督局,2013.

Shanghai Municipal Bureau of Quality and Technical Supervision. Limits for maximum visible luminance and measure methods of light emitting diode (LED) panels in public places: DB 31/708-2013 [S]. Shanghai: Shanghai Municipal Bureau of Quality and Technical Supervision, 2013. (in Chinese)

[17] 中华人民共和国信息产业部. 发光二极管(LED)显示屏测试方法:SJT 11281—2007 [S]. 北京:电子工业出版社,2008.

Ministry of Information Industry of the People's Republic of China. Measure methods of light emitting diode (LED) panels; SJT 11281-2007 [S]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008. (in Chinese)

(编辑 胡英奎)