

我国城市光污染研究回顾

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: 我国光污染的研究范围逐步拓展, 研究内容不断深化。光污染的研究已从单一的天空光污染研究, 向夜空检测与保护、城市照明安全、居住区光污染以及建筑玻璃幕墙光污染等多领域发展。本文对近些年我国光污染方面的研究进行了回顾、总结与展望, 为深入开展光污染的研究提供参考。

关键词: 光污染; 夜天空; 夜景照明; 光侵扰; 玻璃幕墙

中图分类号: TM923 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1004-440X.2019.05.006

Review of Researches on Urban Light Pollution in China

ZHANG Mingyu

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

Abstract: As the research scope of light pollution in China gradually expanding, the research contents are deepened continuously. And research fields of light pollution have expanded from a single research area of sky light pollution to a variety of research areas such as the detection and protection of night sky, urban lighting safety, residential light pollution and the light pollution of glass curtain wall. In order to provide reference for further research on light pollution, several researches of light pollution in China in recent years have been reviewed, summarized and prospected in this paper.

Key words: light pollution; night sky; nightscape lighting; light trespass; glass curtain wall

引言

随着夜景照明建设的发展, 我国城市及周边城区光污染问题逐渐增多, 城市居民生活受到光污染影响日益严重。继四大环境污染之后(噪声、废气、废水、废渣), 光污染已成为新一类环境污染来源, 对人类诸多方面产生较大影响, 并呈现增长趋势。据研究, 90% 以上的光污染对人类产生危害, 影响人类生活; 光污染在日本每年增长 12%, 在意大利每年增长 10%, 在德国每年的增长也有 6%^[1]。我国的光污染危害也呈加重态势。

1 光污染研究工作概况

20 世纪 90 年代初, 古为民先生首先在国内提

出了光污染的概念^[2], 并将光污染称之为“视觉污染”。进入 21 世纪以来, 光污染的问题引起了以马剑教授为核心的天津大学研究团队的关注, 他们不断拓展研究光污染领域研究的深度、广度, 在夜天空的检测与保护、居住区光污染环境、照明安全等方面开展了相关研究, 较为系统地分析了光污染的形成与构成、光污染的危害与增长以及我国防治光污染的对策与建议, 为以后光污染的深入研究打下了坚实的基础^[3]。

1.1 夜天空检测与保护方面的研究工作

2007 年, 马剑教授科研团队从控制光污染, 保护暗天空资源的角度, 讨论了天空发亮的原因及其量化评价, 并且主要对天津市区内的夜间天空亮度进行了系统的测量与对比, 分析得到了夜天空亮度的监测方法和夜天空亮度的评价程序与方法; 在持

续测量的基础上,对天津市区内的典型天气、主要方位、不同时间、不同角度等条件下的夜天空亮度进行了物理测量,对相应的测量结果进行了对比与分析,初步提出了光污染评价程序和基本技术指标^[4,5]。

之后,马剑教授科研团队进一步从隐性和显性两方面分析了城市夜景照明中光污染的表现形式,总结了光污染对城市环境、生态系统以及社会生活所造成的审美效果破坏、安全感降低、美丽夜空消失、能源浪费等 6 种不良影响。并从控制光污染、保护城市夜间环境资源的角度,探讨了国内外 4 种监测夜天空亮度的技术与方法,以促进我国建立连续性、系统性、地域性的夜天空亮度测量和治理效果的评价资料。最后,从保护全球生态、促进夜景照明科学发展、建立我国光污染防治研究体系等方面探讨了控制和治理城市夜景中光污染的重要性与迫切性^[6]。

2011 年,马剑教授团队将正交设计试验的方法运用到城市光环境污染的研究中,定量地分析探照灯的设置因素(出射角度、光束截面、光源亮度)对天空辉光的影响以及这种影响随因素水平的变化,并得到了各因素对天空发亮的影响次序^[7]。

1.2 居住区光污染环境的研究工作

2008 年,马剑教授团队先后发表了《天津市居住区夜间光污染现状调查研究》和《天津市居住区夜间光污染评价体系研究》两篇文章。前者应用天津大学沈天行教授研发的 SM 光环境测试系统对遴选的天津市具有代表性居住区进行数据采集和分析,并结合天津本地特点,分析了居住区夜间光污染的表现形式、影响因素以及居民的主观感受,总结出了天津市居住区夜间光污染现状的特点,为今后城市居住区光污染评价体系的建立以及相关规范的制定提供数据支持和参考;后者在前者研究结论的基础上,提出了基于天津市居住区的光污染评价体系,对于全国其他地区开展相关研究有重要的借鉴意义。

2009 年,马剑教授团队通过对天津、长沙、郑州三座城市 30 个居住区的夜间室外照明情况的调查,总结了我国城市居住区光环境的现状和问题,并整理出了城市居住区光环境的特点,为以后居住区光环境的研究奠定了基础^[8]。

以马剑教授科研团队在光污染方面的研究成果显著,其中马剑教授共发表 11 篇光污染方面的论

文,沈天行教授共发表 3 篇光污染方面的论文,王立雄教授共发表 12 篇光污染方面的论文,王爱英教授共发表 4 篇光污染方面的论文等。此外,该科研团队共培养博士生、研究生 10 余人,为光污染后续的进一步研究提供了人才基础。

1.3 城市照明安全方面的研究工作

2009 年,马剑教授团队通过模拟动态光环境,实验研究了背景亮度、距离和刺激速度三因素的组合和交叉变化对人的视觉、心理、情绪的影响,得到了动态干扰光对人的心理感受和情绪反应干扰程度要比对人的视觉功能干扰强烈和影响被试总干扰评价水平的实验因素次序的研究成果^[9]。该文也是首次关注了动态干扰光的侵扰影响,扩大了已有的光污染研究领域。

在此基础上,马剑教授团队进一步扩大光污染的研究对象,结合生态学等研究成果,于 2012 年较系统地归纳总结了基于鸟类保护的室外照明光生态研究相关领域的国内外研究动态,并阐述了人工光照对鸟类影响的实验研究和鸟类友好型生态照明应用研究的几个发展方向,为以后的光污染对动、植物生理影响的研究打下了坚实的理论基础^[10]。有关光生态的研究也一直在天津大学研究团队进行着。

2 光污染研究的成果

回望过去,之前的相关研究涉及光污染的方方面面,为之后的进一步研究提供了理论基础、研究方向和方法。纵观当前取得的研究成果,我们应对光污染这些研究领域进行了更深入的挖掘、拓展深化,做出新的研究成果。

2.1 夜天空检测与保护方面的研究

2015 年,苏晓明等^[11]通过对呼和浩特城市夜空卫星图像进行等级划分和灰度计算,结合夜空亮度实地测试数据统计分析,考查了该市夜空亮度水平与影响范围,建立了该市夜空光环境检测模型,该方法解决了小范围夜空光污染的精确评价问题,为提高城市夜空光污染检测的效率与精度具有一定意义;郝占国等^[12]通过对夜空亮度测量方法进行分类研究,归纳了夜空发亮研究的三种方法,并依据对三类测量研究的研究对象、研究过程、研究结论等方面进行对比分析,指出不同测量研究方法的优势与薄弱环节,及其未来发展方向。

2015年,宋捷翹等^[13]通过对武汉市主城区夜景照明规划设计案例的分析研究,提出在城市夜景照明规划中采用包括亮度分区控制、地区开发强度、光色分区控制、节能时态控制四大方面的复合控制指标,并指出可以通过对同一亮度区域的各项指标进行叠加,共同控制,使城市夜景照明分区指标与城市用地性质之间实现对应和吻合,使城市夜景照明当亮则亮,该暗则暗,达到从规划层面指导室外侵扰光防治的目的。

2018年,任帅和钱建伟^[14]从设计方案审查角度入手,通过典型案例总结夜景照明设计常见的光污染问题,并从设计范围、灯具选型、布灯设计、效果与控制等角度分析光污染问题产生原因,提出了有效的控制措施。

刘鸣、苏晓明、霍小平等在夜天空检测与保护方面又做了更深入的研究,不仅完善了天空亮度检测方法,还运用遥感技术对光污染开展了应用研究,为夜天空检测技术的发展提出了新的思路^[15]。

2.2 城市照明安全方面的研究

2.2.1 光污染对城市交通安全的影响研究

2007年,在立交桥道路照明安全方面,王立雄等^[16]以CIE技术报告中相关条文和推荐技术参数为理论依据,参考国内外城市机动车道路照明质量标准,归纳出适用于我国城市立交桥的照明质量参数建议值。同时,采用照明模拟计算软件的方法,从立交桥高杆灯安装的位置、灯杆间距、安装高度、光源和灯具的合理选择、灯具的安装仰角等几个方面提出控制城市立交桥干扰光的可行性改进建议。

2008年,牛盛楠等^[17]分析总结了立交桥照明的光污染问题,以绿色照明和节能为出发点,针对光源和灯具的合理选择提出了相应的防治立交桥光污染的技术措施。

2012年,苏晓明和郝占国^[18]通过提取典型环境特征,建立了81个沿街建筑照明环境模型,并对光侵害度进行了定义。在对近4000个相关数据分析后,指出了建筑受到光侵害度与建筑立面照度水平、光源灯具特征、灯杆高度和间距特征、灯具到建筑之间距离等因子的密切关系;并综合影响因子,利用统计分析原理,提出了光侵害度的计算关系式,为全面评定建筑受光侵害程度提供了有效依据。

2012年,刘刚等^[19]以天津市区为例,针对道路交会区这一特殊的空间,对夜间户外LED屏的现状进行实地调研,以期对户外LED显示屏的现状有一个初步的了解,对今后在城市道路交会区如何更科学合理地使用这种广告载体,减少其对交通干扰提供一定的参考依据。

2.2.2 光污染对动植物生理上的影响研究

2013年,杜达丰等^[20]从光对植物生理影响的作用机理,LED光源特征及其对植物补光作用的应用出发,探讨LED夜景照明可能对植物生理产生的影响,并提出促进植物生理作用的主要策略。

2017年,刘刚等^[21]从人工照明导致候鸟撞击建筑、干扰鸟类定向机制、破坏鸟类生物节律以及扰乱鸟类生化指标四个方面归纳总结了光生态国内外研究动态,并分析了这些研究中所存在的不足。最后阐述了我国候鸟光生态研究亟待解决的问题与该研究的发展方向。

王立雄、王爱英、刘刚、党睿等先后对城市照明安全展开了更为深入的研究,在城市交通安全以及光污染对动、植物生理影响上开创了新的研究方向,发表了多篇学术论文,在国内外得到了广泛的关注,研究成果被相关标准多次借鉴采用,为城市的照明安全和城市生态安全做出了显著的贡献。

2.3 居住区光污染方面的研究

2010年,李卓等^[22]通过对郑州典型居住区进行的实地调研和主观评价结果总结得出了郑州居住区夜间室外光环境的存在问题和影响因素,为进一步改造、设计和规划居住区夜景照明环境提供一定的参考依据。

2013年,王立雄等^[23]从居住区光环境检测研究、居住区光环境评价方法研究及居住区光污染环境综合评价研究3个方面概述了该项研究的成果。

2014年,于娟、张明宇、李娜等发表了《居住建筑光侵扰现象初步调查与研究分析——以天津居住区调研为例》《天津市居住建筑光侵扰现象的主观调查及评价研究》《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》《城市居住区夜间光侵扰问题调查研究》《户外LED广告屏色光侵扰问题调查研究》等多篇研究论文,回顾了以往室外侵扰光的研究成果和方法,对光侵扰的基础数据进行了广泛调查研究,分析光侵扰的影响程度和侵扰源的类型,确定了侵扰源亮度、光

色、动态形式、发光时间段和发光面积等主要侵扰因素,界定了亮度侵扰、色光侵扰和动态侵扰 3 种主要的光侵扰类别,并通过评价实验、模拟实验进一步研究了侵扰光的亮度、色彩问题,据此给出了光侵扰防治的相关建议指标^[24]。

以上研究成果使得居住区光污染方面的研究得到了深化,从单一的调查评价深入到了实验模拟阶段,获得了更具实际参考价值的数据和建议;同时,居住区光污染方面的研究范围也得到了进一步的拓展,结合亮度、色彩、动态等多因素的综合性研究完善了居住区光污染的研究体系,为提高居民区夜间光环境质量提供了更为全面的理论和数据支撑。

2.4 玻璃幕墙建筑光污染防治方面的研究

建筑玻璃幕墙光污染作为一个新的城市问题,得到了社会的广泛关注。与此同时,防治建筑幕墙光污染的方法、方式等研究成果的出现,也对城市环境的改善有着积极的意义。

2016 年,杨侦^[25]从反射光的成因出发,挖掘影响反射光的各类影响因素,全面了解分析反射眩光的影响机理,进而在设计层面总结控制反射光的规律方法。文章实现了对玻璃幕墙建筑反射光的定量化评价研究,不仅对城市玻璃幕墙反射光污染研究提供基础数据和研究方法,也为实际设计实践提供一定的参考依据。

2017 年,杨侦和张明宇^[26]为研究如何在建筑设计阶段通过采取设计措施预防高强度反射眩光的形成,分析了各具体影响因素的时间、空间分布特点,结合调研中发现的玻璃幕墙反射眩光的方位、范围、形态、强度等指标,将各项因素归纳为环境、建筑形体、材料构造三方面因素,并将各因素对应于建筑设计的各个阶段,提出了各设计阶段控制玻璃幕墙建筑反射眩光的设计策略。

2019 年,毛鹤群等^[27]以上海市光反射评价体系为基础,对影响道路光反射的建筑设计因素进行定量分析。在此基础上,提出对建筑进行优化设计、采用低反射率玻璃和设置外遮阳装置等优化建议。

2019 年,高正文等^[28]从光污染对人体健康的危害、交通电子监控闪光的负面影响、城市玻璃幕墙的污染隐患以及光污染对生物多样性的威胁等方面进行分析,对如何防治城市光污染,逐步解决“城市生态病”提出了建议。

3 总结

近年来,国内关注光污染研究的科研人员越来越多,有关光污染研究的不同方向也得到了很大的拓展,也取得了突出成果和日渐扩大的国际学术影响。当前,光污染的研究仍然有着巨大的空白和空间。我们应坚持以“理论创新”为研究目标,不断探索、系统完善我国光污染领域的研究,提高科研成果的原创性和中国特色,同时注重创新研究方法和技术手段,有效地进行光污染防治、光环境保护是光污染研究的未来之路。

参考文献

- [1] 曹猛. 天津市居住区夜间光污染评价体系研究. 天津: 天津大学, 2008.
- [2] 古为民. 光污染与健康. 中国城乡企业卫生, 1991 (1): 30.
- [3] 沈天行. 略谈城市夜景照明设计及光污染. 城市环境设计, 2004 (1): 66.
- [4] 刘鸣, 马剑, 张宝刚, 等. 夜天空亮度的测量及其评价研究——以天津夜空为例. 照明工程学报, 2007, 18 (3): 6.
- [5] 刘鸣, 马剑. 城市照明中主要光污染的测量、实验与评价研究. 天津: 天津大学, 2007.
- [6] 张士磊. 城市夜景照明中的光污染和夜空保护的研究. 数字通信世界, 2019 (3): 160.
- [7] 刘鸣, 马剑, 张宝刚, 等. 基于正交设计的强光射灯对夜空影响的试验研究. 照明工程学报, 2011, 22 (2): 8.
- [8] 马剑, 姚鑫, 刘刚, 等. 城市居住区室外光环境评价指标研究. 照明工程学报, 2010, 21 (1): 1.
- [9] 刘鸣, 马剑, 苏晓明, 等. 动态干扰光对人的视觉、心理、情绪的影响. 人类工效学, 2009, (4): 21.
- [10] 李媛, 刘刚, 马剑. 基于鸟类保护的夜间人工照明光生态研究综述//2011 四直辖市照明科技论坛论文集. 2011.
- [11] 苏晓明, 郝占国, 张明宇. 呼和浩特城市夜空光污染特征研究. 照明工程学报, 2015, 26 (4): 124.
- [12] 苏晓明, 郝占国, 张明宇. 国内外夜空亮度测量研究进展. 照明工程学报, 2015, 26 (2): 37.
- [13] 宋捷翹, 王立雄, 张明宇, 等. 基于侵扰光防治的城市夜景分区控制指标的探讨. 照明工程学报, 2015, 26 (5): 1.
- [14] 任帅, 钱建伟. 建筑夜景照明设计常见光污染问题分

- 析与防治. 建筑电气. 2018: 45
- [15] 刘鸣, 郝庆丽, 刘玥. 遥感技术在城市夜间光污染研究中的应用进展. 照明工程学报, 2019, 30 (2): 109.
- [16] 牛盛楠, 王立雄, 杨现国. 立交桥高杆照明干扰光与TI值研究. 照明工程学报, 2007, 18 (2): 25.
- [17] 牛盛楠, 王立雄, 杨现国. 绿色照明在防治城市立交桥光污染中的应用. 中国照明电器, 2008, (5): 7.
- [18] 苏晓明, 郝占国. 城市道路照明对沿街建筑的光侵害影响研究. 照明工程学报, 2012, 23 (1): 46.
- [19] 刘刚, 于婷婷, 党睿, 等. 夜间天津城市道路交会区户外LED显示屏照明现状调研及分析. 照明工程学报, 2012, 23 (3): 69.
- [20] 杜达丰, 王洪珍, 王爱英. LED夜景照明对植物生理的影响探讨. 灯与照明, 2013, 37 (4): 27.
- [21] 刘刚, 彭晓彤, 苏琛浩. 人工照明对鸟类影响研究综述. 照明工程学报, 2017, 28 (6): 70.
- [22] 李卓, 刘刚, 姚鑫, 等. 居住区夜间室外光环境现状探讨与分析——以郑州市为例//海峡两岸第十七届照明科技与营销研究会论文集. 2010.
- [23] 王立雄, 苏晓明, 党睿, 等. 居住区光环境检测及评价研究. 建筑科学, 2013, 29 (8): 19.
- [24] 于娟, 王立雄, 于娟. 居住建筑光侵扰现象初步调查与研究分析——以天津居住区调研为例. 照明工程学报, 2014, 25 (1): 54.
- [25] 杨侦. 玻璃幕墙建筑反射眩光防控设计策略研究. 天津: 天津大学, 2016.
- [26] 杨侦, 张明宇. 玻璃幕墙建筑反射眩光的影响因素分析. 照明工程学报, 2017, 28 (3): 51.
- [27] 毛鹤群, 王帆, 等. 建筑玻璃幕墙反射光对城市道路的影响. 上海船舶运输科学研究所学报, 2019, 42 (2): 74.
- [28] 高正文, 卢云涛, 陈远翔. 城市光污染及其防治对策. 环境保护, 2019, 13 (9): 44.

(上接第15页)



图3 外滩、北外滩和陆家嘴鸟瞰实景 (摄影: 郭峰)

Fig. 3 A bird's eye view of the Bund, North Bund and Lujiazui (Photograph: Guo Feng)



图4 2018年第一届上海进博会期间金三角区域整体实景 (摄影: 郑雯红)

Fig. 4 Overall Scene of the Golden Triangle during the First Shanghai Expo in 2018 (Photograph: Zheng Wenhong)

3 结束语

黄浦江承载着城市的记忆,也是上海未来发展的重要资源。黄浦江两岸景观照明总体方案的设计和实践,通过灯光、色彩立体呈现了上海这座现代化国际大都市的独特魅力,为游人夜间漫步浦江营造了丰富多彩的夜景空间。

参考文献

- [1] 上海市人民政府. 上海市城市总体规划 (2017-2035年). 2017.
- [2] 上海市绿化和市容管理局. 黄浦江两岸景观照明总体方案. 2018.
- [3] 上海市绿化和市容管理局. 上海市景观照明总体规划. 2017.
- [4] 尉颖琪, 王咏笑, 王洁, 等. 城市景观的照明的国际经验及其对上海的启示. 照明工程学报, 2015, 26 (3): 1-6.
- [5] 黄文芳. “夜上海”明细帐. 瞭望东方周刊, 2014-09-15.
- [6] 袁樵. 上海市景观照明规划——项目研究报告. 2017.