

DOI: 10.5846/stxb202003180586

吕晨璨, 张雪琦, 孙晓萌, 李善麟, 董仁才. 基于景感生态学认知的生态环境损害问题辨析. 生态学报, 2021, 41(3): 959-965.

Lü C C, Zhang X Q, Sun X M, Li S L, Dong R C. Discrimination of eco-environment damage based on landsenses ecology cognition. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(3): 959-965.

基于景感生态学认知的生态环境损害问题辨析

吕晨璨^{1,2}, 张雪琦^{1,2}, 孙晓萌^{1,2}, 李善麟³, 董仁才^{1,*}

1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 中国科学院文献情报中心, 北京 100190

摘要: 环境污染和生态破坏行为削弱生态系统服务, 也会造成美学价值的下降。景感生态学从物理感知与心理认知出发探究生态系统服务特点, 有助于剖析生态环境损害特征。从生态环境损害鉴定评估角度, 结合案例对恶臭物质污染、噪声污染、光污染等生态环境损害问题的内涵进行分析, 并对生态环境损害典型案例中造成的美感、视觉、听觉、味觉、嗅觉、触觉、风感、方向感和心理反应等负面影响进行了研判。研究发现, 大多生态环境损害行为都会破坏生态系统美学价值, 给人类感知造成较大冲击; 在发现和处理生态环境损害事件过程中, 按照人类感知类型汇集的居民感觉信息是一种重要的数据来源。总之, 采用景感生态学的研究方法既有利于加强人们对生态系统服务的理解, 从而提升保护生态的动力, 也有利于抵制生态环境损害行为。

关键词: 景感生态学; 生态环境损害; 生态系统服务; 价值量

Discrimination of eco-environment damage based on landsenses ecology cognition

LÜ Chencan^{1,2}, ZHANG Xueqi^{1,2}, SUN Xiaomeng^{1,2}, LI Shanlin³, DONG Rencai^{1,*}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract: Environmental pollution and ecological destruction can weaken ecosystem services and also reduce the value of ecological aesthetics. Landsenses ecology dedicated to investigate the characteristics of the ecosystem services, from both physical perception and psychological cognition, which is also helpful to analyze the characteristics of the eco-environmental damage. The eco-environmental damage have adverse effects on many species, habitats, ecosystem functions, and human use and non-use values. For the situation where the beneficiaries of ecosystem services are mainly humans, the value of many services is subjective, which emphasizes the loss of aesthetic value. From the perspective of the eco-environmental damage identification and assessment, the connotation of ecological pollution such as malodorous substance pollution, noise pollution, and light pollution were discussed combined with the collected cases in this study. And the negative effects caused by eco-environmental damage cases, including aesthetic, visual, auditory, taste, olfactory, tactile, wind, direction, and psychological reactions, were also investigated and analyzed in this study. The research method is mainly to collect different types of eco-environmental damage cases that have typical significance in China in recent years, and classify people's responses to the decline in environmental quality or ecosystem service value into corresponding perception types, and make statistics analysis. Statistics show that the type of eco-environmental damage that can most affect human senses is ecological damage, such as illegal fishing and illegal destruction of vegetation. These behaviors can most cause the loss of

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0503605); 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA23030403)

收稿日期: 2020-03-18; **网络出版日期:** 2020-12-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dongrencai@rcees.ac.cn

ecosystem aesthetic services and are mainly manifested in the impact on human vision. The study found that most of the eco-environmental damage behaviors would destroy the aesthetic value of the ecosystem and cause a big impact on the perception of human. Besides, in the process of discovering and dealing with the eco-environmental damage incidents, the collected residents' feeling information according to the types of human perception is an important data source. The dynamic data of the atmosphere, soil, sound, wind and other environmental elements are very important for remote and real-time monitoring of urban eco-environmental damage, as well as for predicting and quantifying the degree of damage. In addition, the residents' feeling data should be fully utilized, which contain information on human activities and quality of life. Residents' feelings about the deterioration of the eco-environment can also be used as a basis for determining eco-environmental damage, and further providing data support for the eco-environmental damage identification and assessment. In short, the use of landsenses ecology is not only conducive to strengthening people's understanding of ecosystem services, but also conducive to resisting the behavior of eco-environmental damage.

Key Words: landsenses ecology; eco-environmental damage; ecosystem services; value

随着政府对环境保护的重视以及公众环境意识的觉醒,生态环境损害鉴定评估与赔偿已经成为推进生态文明建设的重点任务之一^[1]。2016 年原环境保护部印发的《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》(以下简称《总纲》)中规定了生态环境损害鉴定评估的一般性原则、程序、内容和方法,其中将生态环境损害定义为:指因污染环境、破坏生态造成大气、地表水、地下水、土壤等环境要素和植物、动物、微生物等生物要素的不利改变,及上述要素构成的生态系统功能的退化^[2]。由于生态系统的复杂性和完整性,生态系统的局部受损将导致生态系统的完整性和各类原生态功能的丧失。例如,农田生态系统既作为重要食物来源,也提供着气候调节、生物多样性等多种生态系统服务。观光农业、池塘养殖等休闲娱乐活动的日渐兴起也增加了农田生态系统的文化服务价值^[3]。反之,化肥农药等污染及其他损害行为会破坏农田生态系统的完整性,降低这一系列的生态系统服务价值。而矿山开采对山体景观破坏带来的视觉冲击,黑臭水体散发的异味对居民嗅觉的影响,噪声污染扰动了动物栖息地的宁静等。生态系统服务退化具有不同层次的表现,始终是生态学研究的热点。景感生态学从物理感知与心理认知的角度分析生态系统服务,是联系生态系统服务与可持续发展的桥梁,对研究分析生态环境损害特征,进而为实现可持续发展做出贡献^[4-5]。

本研究将从生态环境损害鉴定评估的角度出发,应用景感生态学的理论与方法,梳理生态系统服务的内涵与生态环境损害的特征;从生态环境损害典型案例解析生态系统美学价值受损对居民感官上的反应及其共性规律,进一步为生态环境损害鉴定评估工作提供理论支撑。

1 从景感生态学视角分析生态系统服务

生态系统服务是指人类从生态系统中获得的惠益,包括生态系统对人类可以产生直接影响的供给服务(提供水资源、食物和能源等)、调节服务(固碳释氧、调节气候、污染物净化、地下水补给、病虫害控制等)、支持服务(土壤保持、生物多样性等)和文化服务^[6],是人类赖以生存和发展必不可少的自然环境条件与效用^[7]。随着社会经济发展和人民生活水平提高,人们越来越注重生态系统提供的非物质惠益,即文化服务,包括休闲、旅游、文化遗产和美学价值。这些功能以人的主观感知和需求为核心,从而影响人们的身心健康和精神文化水平^[8]。其中,生态系统美学价值关注人与自然、人与环境、人与人之间的审美关系^[9],生态系统的美学特征包括连贯性、干扰性、自然性、历史性、复杂度、人工管理、视觉尺度、可辨识度以及动态变化九个方面,各个美学特征对景观美学价值拥有不同的影响方式。例如:通常认为景观自然性越高、自然景观所占比重越大,所带来的视觉美感度也越强烈;较为开阔的视觉尺度也会带给人们良好的美学感受。生态系统的美学质量主要基于人类感受,不仅取决于视觉审美感受,也受环境、文化等因素的影响^[10]。生态系统的美学质量可以直接影响人居环境,反之,人类面对生态环境受到破坏或污染时做出的应激性反应也可以反映出生态环

境损害的程度。

景感生态学基于生态学的基本原理,从自然要素、物理感知、心理认知、社会经济、过程与风险等相关方面,研究土地利用规划、建设与管理^[4-5]。景感生态学理论中将人类的感知划分成视觉、听觉、味觉、嗅觉、触觉、风感、方向感和心理反应等八个类型^[11]。如恶臭物质污染、噪声污染与光污染等生态环境损害将对人们的嗅觉、听觉、视觉等产生不悦,降低人居环境质量或生态系统服务价值。

2 生态环境损害与感官体验下降

2.1 生态系统服务下降的感官体验

造成生态环境损害的原因复杂多样,但大体上可以划分为环境污染与生态破坏两种类型。与其他损害不同,生态环境损害一般持续时间长、影响范围广^[12],会对许多物种、栖息地、生态系统服务及人类使用和非使用价值带来不利影响^[13]。由于生态系统服务的受益者是人类,许多服务价值也就具有了主观色彩,强调美学价值的损失^[14]。文化服务是人们从生态系统中获得的精神和娱乐利益,如知识系统、社会关系和审美价值^[15]。人类的情感变化、活动强度等都能够直接反映文化服务的损害与否及其强弱。

人类运用感官感受外部事物的方式不同,对生态系统服务损害情况的感受也就可以从多个方面反映出来。例如:PM_{2.5}对老年人的智力有严重影响,包括单词回忆、语言能力和方向感等^[16];空难事件中飞机坠毁导致的航油泄漏、机上其他污染物或爆炸产生的次生污染物的扩散等对公众的心理与行为产生负面影响^[17];在噪声污染事件中,住宅楼内持续发出的噪声干扰了居民的正常生活,会影响到居民的听觉与心理反应。正如生态系统作为一个整体是不可拆分的,人们的视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉等物理感知功能作为一个系统是也是无法拆分的,而且常常是相互影响的。比如古树名木、传统民居、历史街区被拆除,城市记忆最终消失,这类情况属于城市生态系统文化服务的损害甚至丧失。城市景观缺乏地域和民族特色,丧失个性和创造性,也缺少艺术感召力和审美的魅力,会导致人们在心理上产生疏离与厌倦的情感^[18]。下面分别从恶臭物质污染、噪声污染与光污染三种不同的生态环境损害类型对应人的嗅觉、听觉与视觉等三个基本的感觉进行举例论证。

2.2 恶臭物质污染环境空气

恶臭物质种类繁多,来源广泛。迄今为止,凭人的嗅觉即能感觉到的恶臭物质有 4000 多种,对人体呼吸、消化、心血管、内分泌及神经系统都会造成不同程度的危害,其中芳香族化合物如苯、甲苯、苯乙烯等还能使人体产生畸变、癌变,影响人群感受、人体健康和环境安全^[19-21]。除此之外,恶臭物质十分影响人的精神状态和大脑的思维活动,使人烦躁不安,思想不集中,工作效率降低,判断力和记忆力下降。我国恶臭强度分为 6 个等级,从 0 级表示无臭至 5 级表示剧臭逐级递增^[22]。

近年来,我国因恶臭污染导致的城市生态环境损害案例不断增多。由于制药、皮革加工、废油回收加工等企业的有机溶剂的使用和消耗强度很大,其异味和恶臭污染问题十分突出。例如,江苏省溇里镇的废油回收加工厂产生的含油滤渣污染了周边水域,臭气熏天,周边的居民区、学校、医院深受其害,严重影响居民的正常生活^[23];天津某知名生物制药企业由于制药原料的成分复杂,在生产过程中,产生的恶臭污染较为严重^[24];杭州市天子岭垃圾填埋场周边人口密集,周边五公里范围内有多个环境敏感点(居民小区、农田、村庄等)居民反应强烈。臭气问题的关注度不断提升,企业和工厂需严格执行恶臭污染物排放标准,加强对恶臭的监测与治理。

2.3 噪声污染居民区与动物栖息地

随着工业生产、交通运输、城市建筑的发展,以及人口密度的增加,家庭电器设施的增多,环境噪声也日益严重,对居民生活的影响也逐渐加重^[25]。生态环境部发布的 2019 年《中国环境噪声污染防治报告》的统计数据表示,噪声扰民问题举报占全部举报的 35.3%,仅次于大气污染,排第 2 位^[26]。2019 年 6 月,生态环境部公布了 5 月全国“12369”环保举报的办理情况,其中噪声污染举报占比 41.4%。

噪声不仅会干扰人的正常作息、影响其工作效率,从而损伤人的听觉器官,导致人体不同程度的生理和心理上的危害,也会对人体中枢神经系统、心血管、神经系统和内分泌系统产生不利影响。除此之外,噪音对动物,尤其是鸟类的正常生活也会产生严重影响,许多水鸟比人类对噪声更敏感^[27],轻则使鸟类受惊飞走,重则使其丧失通讯能力,影响其中群间的交流,使得鸟类的群落结构失衡。1989年 Reijnen R. 学者对荷兰主要道路的交通对草原鸟类繁殖密度的影响研究表明,12种鸟类中有7种密度降低,并且密集的高速公路网络对鸟类的总密度也有很大的影响^[28]。

社会生活噪声污染经常引起诸如与邻居的人际关系紧张等问题,因此应该主要集中在提高居民意识的举措上,如提高居民对邻里噪声的认识和关注,并采取预防措施。如今迅速发展的“森林疗养”活动的好处之一便是森林中密集的林木能够消除自然环境中的一些有碍人类健康的噪音,使人们在身体和心理上都可以得到休息和调整^[29]。

2.4 光污染植被和景观

光污染一般是指现代城市建筑和夜间照明产生的溢散光、反射光和眩光等对人、动物、植物造成干扰或负面影响的现象。国际上一般将光污染分为三类:白亮污染、人工白昼和彩光污染^[30]。城市化越明显,光污染越严重。美国《科学进展》杂志2016年的刊文研究发现:光污染导致目前地球上已有三分之一的人口看不到夜空中的银河^[31]。光污染危害人的健康,也会造成生态危机:人工白昼的高温会伤害昆虫和鸟类,破坏夜间活动昆虫的正常繁殖过程;破坏植物体内的生物钟节律、碍其生长、影响休眠,导致其茎或叶变色,甚至枯死。此外,星空不仅代表着极致的美,更是一种珍贵的自然资源和文化遗产,光污染导致星空逝去、天文台一迁再迁。由此可知,空中、陆地甚至水中的生态系统都会受到光污染的影响^[32]。光污染影响生态平衡,会导致生态系统的供给服务、调节服务、支持服务与文化服务都受到负面影响,从人的感官表现上来说,八种类型的感官也都会受到负面影响^[11],可见光污染的影响范围之广。但与其他环境污染不同,光害停止时污染也会随即消失,所以无法量化评估光污染造成的生态系统服务下降^[33]。因此在城市建设的过程中应高度重视从生态角度考虑光污染问题,控制照明设施的使用^[34]。

3 生态环境损害案例中的感官影响

3.1 生态系统服务受损对感官的冲击

污染环境和破坏生态行为造成的生态系统服务下降直接或间接降低了人的视觉、听觉、嗅觉等感受,并给心理感受形成一定负面影响。表1统计了不同类型的生态环境损害的案例,并将其涉及的感官影响按景感生态学的中的人类感知类型进行划分。

3.2 生态系统服务损害对物理感知与心理认知的影响

根据表1的典型生态环境损害案例的统计,影响视觉的事件有14起、听觉8起、味觉1起、嗅觉5起、触觉0起、风感4起、方向感0起、心理反应14起。其中最能影响到人类感官的生态环境损害有违规捕捞、非法破坏植被等行为,这些行为直接造成生态系统美学价值的丧失,并主要表现在对人类视觉的影响。此外,在表1的生态环境损害案例中,除常规生态环境监测数据外,居民的感觉也能够表征不同生态系统服务损害的状态,大部分的生态系统服务的损害都会引起居民的不同程度的心理反应与视觉水平上的反应。包头南海子空难事件中,飞机撞击、爆炸、航油泄露产生了一系列的污染物与次生污染物,对水质、底泥和生物都造成了严重污染,进而对整个南海子的水生态系统产生影响,导致生物多样性、气候调节、水源涵养、美学价值等生态系统服务下降或丧失。人们能够从视觉上直观地感知水质、生物多样性与美学价值的损害,产生的噪声影响人的听觉,污染物扩散过程中产生的气味影响人的嗅觉。在对公众意见的调查中,污染严重、生态恢复成本高、缺失休闲娱乐的去处等对公众的心理反应也产生了负面影响。景田邮政楼玻璃幕墙光污染事件中,大面积的玻璃幕墙反射的强烈光线带来光污染,使本来正常生活的人目眩、视线模糊,进而影响人们的工作学习效率、损害身心健康,对群众的视觉与心理产生了负面影响。东洞庭湖投毒猎杀候鸟案中,涉案人员多次非法投放农

药对国家保护的候鸟进行毒杀,严重损害了湿地生态系统的生物多样性、物种贮存、美学价值、科研价值等服务,公众能够从视觉上直接感知生物多样性与美学价值的下降。此外,严重的后果使公众对保护野生动物的态度更加慎重,影响了公众的心理反应。

表 1 典型生态环境损害在感官上的表现案例统计

Table 1 Sensory performance cases statistics of typical urban eco-environmental damage

序号 No.	案例名称 Name	受损对象 Damaged object	受损生态系统服务 Loss of ecosystem service	感官影响 Sensory effects
1	内蒙古包头空难南海子公园受损	湿地公园	生物多样性、气候调节、水源涵养、观赏价值;美学价值	视觉、听觉、嗅觉、心理反应
2	山东青岛莱西小沽河盗毁防护林	生态防护林	水源涵养、防风固沙、水土保持、护岸护堤等;美学价值	视觉、风感
3	福建省南平市葫芦山非法开采、破坏植被	生态公益林	林地植被生态系统服务;林木产品、固碳释氧、涵养水源、土壤保持、净化空气;美学价值	视觉、风感、心理反应
4	海南海石实业建设灰沙环保砖厂设备噪声、违规排放污染物	大气环境、声环境	粉尘、废烟等污染大气,易进入人体肺部,噪声影响人的听觉,危害人体健康	视觉、听觉、嗅觉、风感、心理反应
5	江苏省连云港市连云区海域违规出海作业	海域生态	海洋生态系统服务:食品生产、原料生产、生物控制	视觉、心理反应
6	广州嘉富房地产公司商品房噪声超标	声环境	噪声干扰休息和睡眠;损伤听觉、视觉器官	听觉、心理反应
7	湖南省东洞庭湖国家级自然保护区投毒杀害野生候鸟	生物多样性	湿地生态系统服务:物种贮存;美学价值、科研价值	视觉、听觉、心理反应
8	贵州戈家寨水库筑坝拦水	水生态	河流生态系统服务:供水、通航、灌溉、养殖	视觉、味觉
9	岳阳县东洞庭湖非法捕捞水产品	生物多样性	湿地生态系统服务:净化水质、促进水藻生长、为鱼类提供食物;美学价值	视觉、听觉、嗅觉、心理反应
10	青海省玉树市三江源地区非法交易珍贵、濒危野生动物制品	生物多样性	生物多样性服务;美学价值	视觉、听觉、心理反应
11	岳西县鹞落坪自然保护区核心区违法建设水电站	自然保护区生态	生物多样性、水源涵养服务;美学价值	视觉、听觉、风感、心理反应
12	上峰建材公司排放废气	大气环境	污染空气,危害人的健康;对植物造成危害	嗅觉、视觉、心理反应
13	景田邮政玻璃幕墙光污染	光环境	人会出现目眩和视线模糊的情况,影响学习和工作效率;美学价值	视觉、心理反应
14	江苏仁信作物保护技术有限公司排放合成车间废气	大气环境	废气污染空气,危害人的健康;对植物造成危害	嗅觉、视觉、心理反应
15	上海首例光污染纠纷案件(路灯刺眼)	光环境	严重影响住户休息,对正常生活环境造成不利影响	视觉、心理反应
16	天津东南新城城市建设投资有限公司噪声污染责任纠纷案	声环境	持续的噪声排放干扰居民正常生活并超过国家规定的环境噪声排放标准	听觉、心理反应

空气质量状况、垃圾处理、绿化率等能够影响居民的幸福感。表 1 的案例中可以看出,人们能直观地从视觉上感知空气污染、地表水污染、垃圾堆放、绿地景观破坏等生态环境的损害,因此公众的感觉与意愿,也可以作为环保工作开展的依据^[35],有助于制定出相应的生态恢复策略。此外,这些动态数据表征着大量生态系统状态信息,也隐喻着各类生态系统中的成分以及关系的复杂性,进一步反映了人类活动和环境响应之间密切的关系^[36]。

公众对生态系统具有多样化的感知渠道和表达方式,公众参与对于生态文明建设至关重要。对生态系统美学的评估可参考景观美学评价的常用方法,即心理物理学方法,建立环境刺激和人们感觉、知觉和判断之间的关系,通过测量公众对风景的审美态度,获得美景度量值,然后将景观进行要素分解并测定各要素量值并建立美景度与各要素之间的关系模型^[37-38],从而得到环境受到损害的程度、影响范围等结果。此外,还可采用社会调查法,即入户调查和网络问卷等方式。这些评估方法都是对人们心理感知的应用。

4 讨论与建议

4.1 生态环境损害鉴定评估应关注感官影响

生态环境损害鉴定评估的工作中,由于环境污染和生态破坏行为的性质和持续时间不同、受损生态环境的复杂多样化,其损害价值量化的内容与方法也较为复杂^[39]。景感生态学强调关注人的物理感知及心理认知,从景感生态学的视角分析多样化的生态环境损害,能够更有效地帮助人们理解生态系统本身的服务,并且对于生态系统文化服务尤其是美学价值能够得出针对不同的感官感知的认识,进而研究生态环境损害的特征并对其进行评价。从多角度出发提高人们对生态环境损害的认识,可减少人类对生态环境的损害,进而降低其对人类生产生活的影响,保持和改善生态系统服务,更好地进行生态文明建设,最终实现可持续发展^[40]。此外,在生态环境损害鉴定评估的过程中,应该首先考虑不同地区和不同群体的传统、偏好及文化的差异性,并将其放在特别重要的位置加以关注。

4.2 利用动态感知捕捉生态环境损害信息

随着科学技术的持续进步,生态环境信息数据的产生与收集逐渐加快,人们不仅能够通过自身的感知获得生态信息,也能利用环境物联网技术获取社会生活中以及野外自然保护区中的环境质量信息数据和动态变化^[11,41]。在运用景感生态学原理研究生态环境损害的问题时,需要利用更多的数据收集和分析方法。大气、土壤、声音、风以及其他环境元素的动态数据,对于远程、实时监测城市生态环境损害、预测并量化损害程度十分重要^[11]。此外也应该充分利用居民的感觉数据,这些数据蕴含人类活动信息和生活质量信息,居民对生态环境质量下降后的感受也可以作为判定生态环境损害的依据,进一步为生态环境损害鉴定评估提供数据支撑。

景感生态学的理论与研究方法可以帮助人们理解生态环境损害鉴定评估工作中生态系统服务的损失与量化,从人们的物理感知与心理认知的角度出发,通过收集和分析城市环境动态数据及居民感官感知的相关数据,能为管理者和规划者提供更全面的信息数据,从而制订实施合理的生态恢复策略,提高人们保护生态环境的意识,更好地进行生态文明建设,实现可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] 於方, 齐霁, 张志宏.《生态环境损害鉴定评估技术指南 损害调查》解读. 环境保护, 2016, 44(24): 16-19.
- [2] 中华人民共和国环境保护部. 生态环境损害鉴定评估技术指南 损害调查. 环境保护部办公厅关于印发《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》和《生态环境损害鉴定评估技术指南 损害调查》的通知. 环办政法 [2016] 67 号. (2016-06-29). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201607/t20160705_357139.htm.
- [3] 董连耕, 朱文博, 高阳, 李双成. 生态系统文化服务研究进展. 北京大学学报(自然科学版), 2014, 50(6): 1155-1162.
- [4] Zhao J Z, Liu X, Dong R C, Shao G F. Landsenses ecology and ecological planning toward sustainable development. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2016, 23(4): 293-297.
- [5] Zhao J Z, Yan Y, Deng H B, Liu G H, Dai L M, Tang L N, Shi L Y, Shao G F. Remarks about landsenses ecology and ecosystem services. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2020, 27(3): 196-201.
- [6] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Washing, DC: Island Press, 2003.
- [7] 刘洋. 生态系统服务之间关系的尺度依赖[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2016.
- [8] 李想, 雷硕, 冯骥, 温亚利. 北京市绿地生态系统文化服务功能价值评估. 干旱区资源与环境, 2019, 33(6): 33-39.
- [9] 黄春华, 马爱花. 基于城市生态美学视野中的城市生态环境探析. 前沿, 2009, (8): 128-130.
- [10] 吴健生, 袁甜, 王彤. 基于三维景观指数的城市景观美学特征定量表达——以深圳市为例. 生态学报, 2017, 37(13): 4519-4528.
- [11] 石龙宇, 赵会兵, 郑拴宁, 于天舒, 董仁才. 城乡交错带景感生态规划的基本思路与实现. 生态学报, 2017, 37(6): 2126-2133.
- [12] 刘倩. 生态环境损害赔偿: 概念界定、理论基础与制度框架. 中国环境管理, 2017, 9(1): 98-103.
- [13] 中华人民共和国环境保护部. 环境保护部办公厅关于印发《环境损害鉴定评估推荐方法(第 II 版)》的通知, 环办[2014]90 号. (2014-10-24). http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201411/t20141105_291159.htm.
- [14] 李欢欢, 张雪琦, 张永霖, 董仁才. 城市生态环境损害鉴定评估监测体系研究. 生态学报, 2019, 39(17): 6469-6476.

- [15] Zhang Y, Anil B, Bhavik R B. Accounting for ecosystem services in life cycle assessment, Part I: a critical review. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44(7): 2232-2242.
- [16] The Gerontological Society of America. Bad Air Means Bad News for Seniors' Brainpower. [2020-05-21]. <https://www.geron.org/press-room/press-releases/2012-press-releases/68-bad-air-means-bad-news-for-seniors-brainpower>.
- [17] 陶克菲. 包头坠机引发国内首例空难污染诉讼案. *环境保护*, 2006, (1): 38-41.
- [18] 蒋宇. 中国城市化进程中城市景观美学问题研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [19] 李立清, 杨健康, 陈昭宜. 恶臭污染及其治理技术. *化工环保*, 1995, 15(3): 141-144.
- [20] 鞠美庭, 邵超峰, 李智. *环境学基础*(第二版). 北京: 化学工业出版社, 2010: 230-236.
- [21] 顾鑫生, 修光利. 基于 SPECIATE 数据库的典型行业挥发性有机恶臭物质筛选. *环境工程学报*, 2019, 13(3): 716-724.
- [22] 邹凯旋, 张勇强. 恶臭污染现状与处理技术. *现代农业科技*, 2007, (11): 203-205.
- [23] 皇甫冰, 牟维熙. 检民同行, 水碧气清. *检察日报*, 2015-03-05(005).
- [24] 商细彬, 王元刚, 卢志强, 张妍, 刘英会, 王健壮, 张君. 生物制药厂恶臭污染现状研究//第五届全国恶臭污染测试与控制技术研讨会论文集. 天津: 国家环境保护恶臭污染控制重点实验室, 2014: 7.
- [25] 胡庆琼, 贺彬. 城市环境噪声污染现状与防治. *科技创新导报*, 2017, 14(5): 90-90, 92-92.
- [26] 中华人民共和国生态环境部. 2019 年中国环境噪声污染防治报告. 北京: 中华人民共和国生态环境部, 2019.
- [27] 陈栋, 苏桑桑, 汤坤. 公路噪声对东洞庭湖自然保护区水鸟的影响评价. *湖南理工学院学报: 自然科学版*, 2008, 21(3): 78-82.
- [28] Reijnen R, Foppen R, Meeuwse H. The effects of traffic on the density of breeding birds in Dutch agricultural grasslands. *Biological Conservation*, 1996, 75(3): 255-260.
- [29] 但新球. 森林公园的疗养保健功能及在规划中的应用. *中南林业调查规划*, 1994, 13(1): 54-57.
- [30] 张式军. 光污染——一种新型的环境污染. *城市问题*, 2004, (6): 31-34, 42-42.
- [31] Falchi F, Cinzano P, Duriscoe D, Kyba C C M, Elvidge C D, Baugh K, Portnov B A, Rybnikova N A, Furgoni R. The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness. *Science Advances*, 2016, 2(6): e1600377.
- [32] 王东, 罗启秀, 孔令丰, 黄恒. 光污染防治立法的研究及探讨. *环境科学与管理*, 2011, 36(2): 36-40.
- [33] 刘鸣, 马剑. 光污染对生态的影响及防治对策. *上海环境科学*, 2007, 26(3): 125-128.
- [34] 杨春宇, 刘炜, 陈仲林. 城市生态与光污染控制. *城市问题*, 2002, (2): 53-55.
- [35] 苏杨, 席凯悦. 环境质量与公众认知比较: 自民生指数观察. *改革*, 2014, (9): 95-104.
- [36] Dong R C, Li T, Li Y L, Jiang T Q, Li S Y, Yan Y, Li Q. Data issue considerations for the monitoring and evaluation of natural resources and the environment—a case study of Shangri-La County, Yunnan Province, China. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2015, 22(2): 178-183.
- [37] 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 吝涛, 李元. 丽江城市不同区域景观美学. *生态学报*, 2014, 34(7): 1794-1799.
- [38] 王冰, 宋力. 景观美学评价中心理物理学方法的理论及其应用. *安徽农业科学*, 2007, 35(12): 3531-3532.
- [39] 杨佳. 水生态环境损害价值量化方法研究进展. *绿色科技*, 2019, (22): 97-99.
- [40] 赵景柱. 关于生态文明建设与评价的理论思考. *生态学报*, 2013, 33(15): 4552-4555.
- [41] Li C M, Chen D K, Wu D, Su X D. Design of an EIoT system for nature reserves: a case study in Shangri-La County, Yunnan Province, China. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2015, 22(2): 184-188.