

针对室内“微环境”PM_{2.5}问题的生态体验设计探索

袁月¹,王帅玉²,黄春³,周睿⁴

(1.2.4. 西华大学 美术与设计学院,成都 610039;3.成都市环境监测中心站,成都 610011)*

摘要:在当前民众高度关注空气质量的PM_{2.5}危机的情况下,应通过设计引导和协助解决被消费者所忽视的室内“微环境”中的PM_{2.5}问题。针对该空气污染问题挖掘室内“微环境”的生态设计诉求,提出了以生态体验设计为出发点,以LED空气净化灯为技术支撑的解决方案,进行设计实践探索,并通过实验验证设计方案的可行性。负离子空气净化灯可以作为适应于办公作业空间“微环境”,通过生态体验设计作为缓解其室内PM_{2.5}污染物的有效途径。

关键词:生态设计;微环境;PM_{2.5};室内空气质量;体验设计

doi:10.3969/j.issn.2095-5642.2017.09.070

中图分类号:X820

文献标志码:A

文章编号:2095-5642(2017)09-0070-06

空气污染已经是当前中国民众最为关心的环境生态问题之一。由于与人们生活息息相关,体现空气质量的PM_{2.5}指标更是成为了普通大众时刻都关注的焦点。在这种严峻的形势下,需要我们重新认识环境问题与人类活动及消费方式之间的关系,特别是应从产品的生产、消费入手,协调人与自然之间的关系,促进人类社会的可持续发展,其重要的方法之一就是产品生态设计^[1]。生态时代背景下,设计理念应该从“以用户个性化需求为中心”走向“以生态可持续设计为中心”^[2]。生态设计对于当前而言,既有协调人与自然环境之间关系的宏观意义,还有响应消费者生态诉求和减少其焦虑的现实意义。“PM_{2.5}”字眼一出现,即刻成为民众热议焦点,大有谈虎色变的民声鼎沸态势。政府部门仅对室外环境的PM_{2.5}进行常规监测并对外发布,PM_{2.5}相关健康研究绝大部分也是基于室外的监测结果。但人们日常生活中的绝大部分时间往往在室内度过,因而室内的PM_{2.5}浓度才更为接近人们实际的暴露水平^[3]。相对于自然界与城市室外的大气环境来讲,居家室内环境的空间虽然比较小微,但有效的室内空气质量的解决方案,能使生态设计更加响应民众关心环境问题的危机意识,更加接近环境与消费者自身利益的休戚相关性。

1 室内环境的空气质量问题

现代城市人的生命历程中,有超过80%的时间是在室内度过的^[4]。随着移动互联网信息技术的普及应用,民众生活方式正发生着深刻变化,诸如办公、购物、娱乐和就餐等等日常生活和工作都经常在室内进行。因此人们在室内的时间呈现不断增加的趋势。人们生产和生活的主要场所在室内,室内的空气质量成为直接影响人们健康和工作效率的关键因素。除了PM_{2.5}以外,室内空气污染物是直接影响空气质量的重要因素,其主要来源有:建筑及室内装饰材料、室外污染物、燃烧产物和人的活动等,参见表1。

* 收稿日期:2017-06-23

基金项目:2017年成都市哲学社会科学规划项目(2017P28)阶段性成果之一

作者简介:袁月(1994—),女,四川南充人,硕士研究生,研究方向:工业设计及其理论;

周睿(1981—),男,四川泸州人,副教授,硕士,研究方向:用户体验与交互设计、文化创意设计。

表 1 造成室内空气污染的常见有害物质

有害物质	来源	危害症候
甲醛	家具、嵌板、微化板、塑料、绝缘体	眼部、咽喉、皮肤、肺部的不适,哮喘、头昏、致癌
苯并芘	吸烟、木质炉	肺癌
苯乙烯	地板、塑料制品	肾和肝受损
二氯甲烷	油漆剥离器、油漆稀释剂	神经错乱、糖尿病
一氧化碳	不完善的火炉、不完全燃烧的气炉、煤油加热器和木质炉	头痛、瞌睡、不规则心跳、死亡
吸烟的烟气	香烟	肺癌、呼吸道疼痛、心脏疾病
石棉	绝缘管、乙烯基天花板、地面瓷砖	肺部疾病、肺癌
一氧化氮	为通风的液化气炉、煤油灯、木材炉	肺部不适、儿童感冒、头痛
三氯乙烯	喷雾剂	头晕、不规则的呼吸
氯仿	热水器中处理含氯的水	致癌
侧二氯代苯	空调、人造樟脑球	致癌
四氯乙烯	熨斗在衣服上留下的不固定烟雾	神经错乱、对肝和肾造成危害、致癌

低劣的空气质量会直接影响到人们的工作、学习和生活,会使人的注意力分散,工作效率降低,严重时还会使人产生头痛、恶心、疲劳、皮肤红肿等症状,统称为“病态建筑综合症”^[5]。现实是,一方面人们室内时间的不断增加,另一方面室内装修复杂程度不减,室内空气污染物难以有效杜绝,故而室内环境的空气质量问题是当前民众工作生活面临的巨大挑战。而相对于室外空气质量的关注度,人们正遭遇的室内空气质量问题及其潜在危机却还未引起足够的重视和研究。

2 室内“微环境”生态需求

2.1 室内 PM_{2.5} 问题

室内细粒子 PM_{2.5} 的主要来源一般包括:室外污染源(如机动车排放等,通过空气交换进入室内)、室内污染源(如吸烟、烹饪)以及室内活动引起的粒子再悬浮。房屋自身条件尤其是通风条件是影响室内空气细粒子浓度的首要因素^[6]。人愈发长时间地在室内进行工作或作业,需要重新审视室内空气质量问题。传统的人机工程学在处理空间设计上,主要侧重于作业者与作业对象以及相关设施关系的处理^[7],而面对室内空间的生态问题却往往比较忽略。室内 PM_{2.5} 的解决方案比较单一化,除了空气净化器方式以外没有太多的方案路径。

2.2 室内作业“微环境”

人在室内的工作或作业空间往往相对固定,坐姿比立姿更为明显。尤其诸如写字楼中的电脑作业者更是如此。通风条件无法消除室内 PM_{2.5} 浓度。即使有空气净化器等设备,其净化有效性由于空间面积的制约而千差万别。因此,办公作业形成了被人忽视的具有空气质量危害性的“微环境”。室内“微环境”的空气污染具有几种特征^[8]:累积性、长期性、多样性、互动性。(1)累积性。缺乏通风性的“微环境”更加封闭,各种家电和办公设备、装饰材料、生活用品释放的电磁辐射等污染,长期在室内积累,污染物浓度难以下降;(2)长期性。由于人们长期生活和工作在室内“微环境”中,即使空气中的污染物较少,但经过日积月累,对人体的健康也会产生不利的影晌;(3)多样性。室内微环境的空气污染物来源多样、污染物质种类繁多。(4)互动性。人在室内活动时与空气之间存在密切的关系。一方面,人呼吸产生一定的废气,而作业空间通风条件欠佳。另一方面,人的姿态活动是室内 PM_{2.5} 形成的不可避免的因素。因此,室内“微环境”生态问题日益凸显。

2.3 用户的生态体验

当前移动互联网行业推崇的“用户体验”理念同样可以适用于生态设计。用户体验并不是指一件产品本

身是如何工作的,用户体验是指“产品如何与外界发生联系并发挥作用”,也就是人们如何“接触”和“使用”它^[9]。用户体验与生态设计的融合,形成用户的“生态体验”,包括:(1)契合用户需求中的环境生态方面的诉求;(2)赋予生态设计产品全新的设计体验^[10];(3)促进产品的使用更加契合特定场景或环境;(4)促使产品功能融入“人—产品—环境”系统;(5)满足用户的环保意识和社会的可持续性发展要求。传统的用户体验设计往往是以“人”作为设计的出发点,而“生态体验”则需要从“环境”作为立足点——则是将“人—产品—环境”系统进行设计的反向追溯。

3 生态体验的设计实践

3.1 设计实践目的

室内办公空间的“微环境”PM_{2.5}的空气质量问题日益突出,而对于缺乏新风系统的办公作业场所来讲,单一设备的空气净化器作用非常有限。应该着眼于“人—产品—环境”系统来寻求生态体验的解决方案。使用相对固定作业面的办公空间(诸如一般的使用电脑的工作岗)是具有典型室内“微环境”的情况。针对该普适性的工作办公场景可以使用空气净化灯泡,将对PM_{2.5}的净化作用融入作业空间中台灯照明设备中,从而实现响应用户对办公环境中的生态诉求。

3.2 技术的适用性

LED空气净化灯泡内置负离子发生器,能不断向空气中释放负氧离子;比普通白炽灯相比节约80%的能源,寿命是普通白炽灯的10倍,达3万小时以上。负离子是由负离子发生器将低电压通过升压电路升至直流负高压,利用尖端直流高压产生电晕,高速地释放出大量电子,释放出的电子会立刻被空气中的氧分子捕捉,形成负离子,并借助灯光辐射及波动效应作用,进一步激活氧离子的活性,帮助氧离子快速均匀地扩散到整个室内空间,最终实现对室内“微环境”空气的净化作用。

3.3 产品设计过程

3.3.1 技术要素分析

采用低温等离子技术,在灯光照明时,通过节能灯中的微型负离子发射器,瞬间释放高浓度的负离子,在灯光照明下,均匀地扩散到空间的每个角落,当负离子与空气中的病菌细胞结合后,使细胞内部能量转移、结构改变并导致其死亡,同时还能使空气中漂浮的苯、甲苯、甲醛、烟、尘、花粉等吸引颗粒物集聚而自然沉降,达到净化空气的目的。

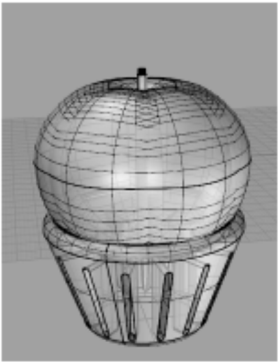
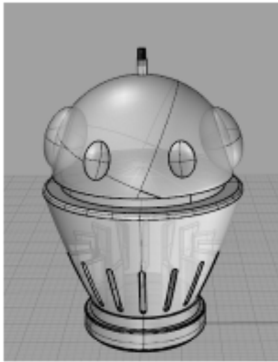
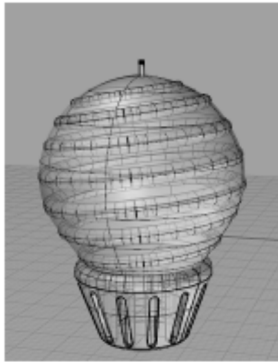
3.3.2 功能要素分析

将照明、净化与节能的功能性集于一体,在台灯照明的同时,通过负离子发射器释放负离子净化空气。同时,台灯的主面板有开关和实时观测室内PM_{2.5}指数的部分,方便使用者了解室内空气质量。集中体现在:当用户在伏案工作时,台灯光源照明的同时,通过LED灯泡释放负离子和臭氧,对室内PM_{2.5}及空气中的甲醛等部分有害物质起到净化效果,从而改善室内空气质量。集中体现在(1)契合环境限制。负离子空气净化灯泡的作用空间范畴虽然较小,但非常适合于针对个人的办公作业室内“微环境”。(2)契合作业场景。产品的净化功能与照明功能自然融合,照明也是该作业场景中的典型需求。(3)契合实际条件。通过多盏空气净化灯的同时作用。将室内“微环境”中通风性差的劣势进行有效利用,加大负离子浓度。

3.3.3 造型要素分析

以“KOCLO”牌的空气净化灯泡为改良设计对象。在灯泡原型里,负离子发射器触须生硬地与球状灯泡罩结合,使得发射器在整个产品造型中显得格格不入。必须通过造型手段,将触须成为形态元素的一个部分,才能减少用户对传统灯泡的造型印象比较。分别使用仿生、拟态、构成三种设计手法对灯泡进行电脑建模的造型改良,探索将负离子发射器的触须结构通过造型语义融入造型元素中,参见表2。造型语义的使用可以传递出产品的功用、使用操作方法以及设计师想要表达的深刻思想内涵等信息^[11]。

表 2 利用发射器触须的灯泡造型改良探索

设计手段	仿生造型	拟态造型	构成造型
建模图例			
造型要素	南瓜形态	机器人形态	螺旋纹形态

4 方案达成度验证

4.1 方法和依据

验证实验测试方案的编制依据参见表 3,采样和分析方法的主要依据参见表 4。

表 3 方案编制依据

GB/T 18801—2008	空气净化器
QB/T 2761—2006	室内空气净化产品净化效果测定方法

表 4 采样和分析方法主要依据

GB/T 18204.26—2000	公共场所空气中甲醛测定方法
GB/T 18883—2002	室内空气质量标准
GB/T 14582—93	环境空气中氨的标准测量方法
HJ 533—2009	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法
HJ 653—2013	环境空气颗粒物(PM ₁₀ 和 PM _{2.5})连续自动监测系统技术要求及检测方法
HJ 654—2013	环境空气气态污染物(SO ₂ 、NO ₂ 、O ₃ 、CO)连续自动监测系统技术要求及检测方法

4.2 监测内容及方案

4.2.1 验证内容

测试 LED 空气净化灯负离子发生量及其对室内空气中 PM_{2.5}、甲醛、苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、苯乙烯、氨、氩、二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳的净化效果。

4.2.2 监测方案

使用“KOCLO”牌 LED 空气净化灯,5W 功率,普通的 E27 旋口。参照 QB/T 2761—2006 的测试方法,设置两个密闭的实验舱 A 和 B(A 为空白舱,B 为样品舱),在常温常压下监测两个实验舱内污染物的浓度来计算其净化效率。

(1)实验舱的准备及预处理

两组容积为 30m³ 的实验舱 A(空白舱)、B(实验舱),A 舱内安装普通 6 只 5W 的 LED 灯。B 舱内安装 6 只 5W 的 LED 空气净化灯(安装位置与 A 舱同),并安装家用吊扇用于混匀舱内空气,开关均设置在舱门外;采样孔连接聚四氟乙烯材料,孔径 6mm 和 8mm 的采样管,外端用橡胶帽密封;实验舱体的材料表面光

滑、应无吸附性,所有连接处进行密封,保证实验舱漏气率小于 $0.05\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 释放源的准备与释放

两舱配制相同浓度的甲醛、氨气、苯系物的水溶液各 500ml,用 10 支香烟发生颗粒物预先放置在舱内固定位置,连接吸烟器。将医用脱脂纱布 5 层卷在直径 5mm、长度 30cm 的玻璃棒上,用棉线固定并将其直立放在试剂瓶中,装入上述溶液。两容器分别贴 A、B 标识,待纱布完全湿润后即可投入使用。

(3) 释放源的平行情况

用 PID 检测仪测定在经历不同时间后舱内挥发性有机物浓度的变化来观察 A、B 释放源的情况,基本平行后,进行下一步实验。

(4) 验证试验

①将配置好的释放源溶液分别放置于空白实验舱 A 和样品实验舱 B 中,点燃预先放置好的香烟并立即关闭舱门。

②待释放源纱布完全浸湿、香烟燃尽,同时开启两舱的风扇,搅拌 1min,使舱内空气与释放源释放的污染物混合均匀后,关闭风扇,对两舱内空气进行采样,测定舱内空气中污染物浓度值,作为初始浓度,记作 C0A 和 C0B, C0A 和 C0B 浓度值,偏差应小于 10%。

③同时打开两舱内的所有 LED 灯,分别于 12h、20h 后对两舱内空气污染物进行采样,分析测试结果。

4.3 监测结果

按以上方案要求对 LED 空气净化灯的效果进行了采样和分析,按照相关规范要求,经计算,监测结果统计汇总参见表 5。

另外,测定了与 LED 空气净化灯不同距离的负离子浓度,参见表 6,同时也测定了 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度随开灯时间变化而变化的情况,并计算了不同时间 LED 空气净化灯对 $\text{PM}_{2.5}$ 的去除率,参见表 7。

表 5 LED 空气净化灯效果验证监测结果表

项目	A 舱(空白舱)			B 舱(实验舱)			去除率(%)	
	初始	12h	20h	初始	12h	20h	12h	20h
氡(Bq/m^3)	22.10	23.40	14.90	16.80	14.90	24.70	/	/
甲醛(mg/m^3)	0.40	0.54	0.46	0.27	0.26	0.22	/	/
氨气(mg/m^3)	26.70	27.40	25.60	56.70	63.70	55	/	/
$\text{PM}_{2.5}$ (ug/m^3)	178	340	337	181	8	6	97.60	98.20
苯(ug/m^3)	137	133	96.60	144	138	117	/	/
甲苯(ug/m^3)	186	245	207	198	195	176	20.70	14.90
乙苯(ug/m^3)	38.70	103	102	40.30	91.10	97.3	11.90	4.20
邻二甲苯(ug/m^3)	88.70	194	190	96.30	187	198	3.30	/
间对二甲苯(ug/m^3)	26.50	86.60	87.50	27.60	80.20	87.80	7.40	/
苯乙烯(ug/m^3)	38.30	32.50	24.60	41.90	33.50	28.00	/	/
一氧化碳(mg/m^3)	29.00	21.00	19.00	7.00	21.00	19.00	/	/
二氧化硫(ug/m^3)	2.50	0.80	0.80	2.20	0.70	0.70	/	/
二氧化氮(ug/m^3)	3.58	3.32	2.96	3.47	3.23	3.08	2.70	/
TVOC(mg/m^3)	52.60	23.40	21.40	53.10	25.40	23.30	/	/

表 6 与 LED 空气净化灯不同距离的负离子浓度情况

测试点与灯的距离	0.5m	1m	1.5m	2m
负离子浓度(个/ cm^3)	6000~8000	1000~2000	200~350	100~200

表7 PM_{2.5}浓度随开灯时间变化情况及去除率

时间变化	0min	10min	20min	30min	40min	50min	60min	70min	80min	90min
PM _{2.5} 浓度(ug/m ³)	351	330	312	307	223	158	110	69	44	25
去除率(%)	/	6.0	11.1	12.5	36.5	55.0	68.7	80.3	87.5	92.9

4.4 监测结论

监测结果表明,LED空气净化灯能使距其0.5m范围内的空气中负离子含量达到6000~8000个每立方厘米,负离子是带有多余负电荷的强还原离子,它能主动与空气中的PM_{2.5}结合,改变PM_{2.5}等悬浮颗粒的物理属性,能使空气中的微尘通过正负离子吸引、碰撞形成分子团并充分沉降。因此,LED空气净化灯对PM_{2.5}有非常好的净化效果,开灯90分钟后PM_{2.5}的去除率可达92.9%,12小时后去除率为97.6%,20小时后去除率可达98.2%。

氡是由放射性元素镭衰变产生,为稀有气体元素,其化学性质不活泼,可被脂肪、橡胶、硅胶、活性炭吸附,LED空气净化灯释放的负氧离子对其没有作用效果。

由于甲醛、二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳和苯系物的分子结构相对稳定,空气中的负氧离子无法破坏其电子结构,对这些物质去除效率较小或没有去除效果。

5 结语

进入移动互联网信息时代的生态设计,一方面需要与民众真实的生活形态及其趋势相契合,另一方面要与“用户体验”理念相融合,从而实现与时俱进的生态体验设计,实现真正的“人—产品—环境”系统。生态设计不仅仅要响应当前民众所高度关注并焦虑的PM_{2.5}问题,还要通过体验设计,挖潜消费者所忽略的真实需求与痛点,探寻恰当地解决方案,才能真正地强化人与环境生态的有机融合,实现“以生态可持续设计为中心”的设计生态。

参考文献:

- [1] 张建强. 基于产业生态学的产品生态设计原理、方法[J]. 生态经济, 2003(10):99-101.
- [2] 杜鹤民. 基于产品语义的形态仿生设计方法研究[J]. 包装工程, 2015(10):60-63.
- [3] 常兰,汪曦,陈仁杰. 不同室内环境中PM_{2.5}浓度变化及其影响因素初探[J]. 上海预防医学, 2014(03):133-134+148.
- [4] 艳菊,清璐. 环境保护要从室内空气质量抓起[J]. 科技智囊, 2008(6):74-77.
- [5] 易明静. 浅谈室内污染的危害与治理[J]. 资源与人居环境, 2007, 20(1):79-80.
- [6] 赖森潮,苏广宁,邹世春,曹军骥. 广州市部分居室空气中PM_{2.5}污染特征[J]. 环境与健康杂志, 2006(01):39-41.
- [7] 周美玉. 人机工程学应用[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2012.
- [8] 张晓辉,李双石,曹奇光,陈红梅. 室内空气污染的危害及其防治措施研究[J]. 环境科学与管理, 2009(7):22-25.
- [9] 用户体验要素:以用户体为中心的产品设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2011.6.
- [10] 陈学渊. 生态设计新思路——体验设计[J]. 生态经济, 2011(12):196-199.
- [11] 王爱红,赛世涛,刘亚明. 生态时代下的引导性设计理念探究[J]. 包装工程, 2014(16):82-84.

A Study of Ecological Experience Design for the PM_{2.5} Pollution Problem of Indoor Micro-environment

YUAN Yue¹, WANG Shuai-yu², HUANG Chun³, ZHOU Rui⁴

(1,2,4. School of Fine Art and Design, Xihua University, Chengdu 610039;

3.Chengdu Environmental Monitoring Center Station, Chengdu 610011, China)

Abstract: Under the crisis of the public concerning about PM_{2.5} in the air, the PM_{2.5} problem in indoor micro-environment ignored by the customers, should be solved by design and guidance. In order to solve the problem of ecological design in the "micro-environment" of the air pollution problem, this paper puts forward the solution which makes the design of the ecological experience design as the starting point and the LED air purification lamp as the technical support. The experiments have been verified and the design program is feasible. Anion air purification lamp can be used as the "micro-environment" suitable for office space and it is an effective way to alleviate the indoor PM_{2.5} pollutants through ecological experience design.

Key words: ecological design; micro-environment; PM_{2.5}; indoor air quality; experience design

(实习编辑:杨晓玲 责任校对:曲比)