

基于 PUGH 矩阵的自动扶梯消毒产品创新设计

许倩倩¹, 郑兵², 张志峰^{2,3}, 泮佩言^{1,3}, 陆晓芬³

(1. 浙江大学, 杭州 310027; 2. 浙江工商大学, 杭州 310018;
3. 湖州绿产智能制造有限公司, 浙江 湖州, 313000)

摘要: **目的** 为解决目前自动扶梯存在传统人工消毒耗时耗力、每时每刻杀菌消毒难以及消毒不全面等问题, 进行自动扶梯消毒产品创新设计。**方法** 首先, 通过用户评价法, 得出可靠性、功能性、可操作性、高效性、布局合理性、友好度、信任度、环保性及美观性是自动扶梯消毒产品的主要需求要素。其次, 提出 PUGH 矩阵选择法, 为产品设计方案的选择提供有效的评判工具, 通过选择与权衡, 从 3 种设计方案中得到最优设计方案。最后, 所设计和完善产品方案的核心模块, 并将产品创意进行三维可视化, 利用光固化 3D 打印技术打样产品原型。**结果** 采用 ATP 荧光检测仪对该产品的消毒效果进行充分的实验及研究, 通过用户评价法验证该研究的实用性和可行性。**结论** 运用该产品为自动扶梯消毒效果的改进提供了合理的装置, 可以更加准确地满足自动扶梯的消毒需求。

关键词: PUGH 矩阵; 自动扶梯; 消毒产品; 用户评价法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)12-0045-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.12.005

Innovative Design of Escalator Disinfection Product Based on PUGH Matrix

XU Qian-qian¹, ZHENG Bing², ZHANG Zhi-feng^{2,3}, PAN Pei-yan^{1,3}, LU Xiao-fen³

(1.School of Education, Zhejiang University, Hangzhou, 310027, China;

2.State Key Laboratory of Fluid Power and Mechatronic Systems, Zhejiang University, Hangzhou, 310027, China;

3.Huzhou Lvchan Intelligent Manufacturing Co., Ltd, Zhejiang Huzhou, 313000, China)

ABSTRACT: To solve such problems as time-consuming and labor-intensive traditional manual disinfection of escalators, difficult sterilization and disinfection at every moment, and incomprehensive disinfection. First of all, with the user evaluation method, it is concluded that reliability, functionality, operability, efficiency, layout rationality, friendliness, trust, environmental protection, and aesthetics are the main demand elements of escalator disinfection products. Secondly, the PUGH matrix selection method is proposed, which provides an effective evaluation tool for the selection of product design schemes and obtains the optimal design scheme from these three design schemes through cautious selection. Finally, design and improve the core modules of product solutions, the product idea is visualized in three dimensions, and the prototype is printed with light-curing 3D printing technology. The disinfection effect of the product is fully experimented and studied by ATP fluorescence detector, and the practicality and feasibility of this study are verified by user evaluation method. The proper use of this product provides a reasonable device for the improvement of escalator disinfection effect, which can more accurately meet the needs of escalator disinfection.

KEY WORDS: PUGH matrix; escalator; disinfection product; user evaluation method

收稿日期: 2022-01-19

基金项目: 国家自然科学基金(52075479); 湖州市重点研发计划(2019ZD2010); 浙江省重点研发计划(2022C01196)。

作者简介: 许倩倩(1983—), 女, 博士生, 副教授, 主要研究方向为教育数字化、产品设计、创新设计、创新创业教育。

通信作者: 郑兵(1976—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为消费者行为、网络营销、工业管理、心理契约。

1 扶梯消毒产品设计研究现状

1.1 扶梯消毒市场研究现状

2019—2025 年全球自动扶梯的市场规模预计年增长 3%。自动扶梯经常应用于地铁、商场等人流量大、人员密集的地方。扶梯扶手表面被频繁接触,这大大提高了人们传染病的患病概率,也是病毒交叉感染的高危区域。新型冠状病毒发生以来,为应对疫情,消毒是切断传播途径重要措施之一。

研究团队对 72 台自动扶梯消毒情况进行了调查研究,根据蹲点记录显示,100%自动扶梯都只采用传统的人工消毒方式,商城 50%的自动扶梯会定期间隔 2~3 h 消毒一次,地铁站的扶梯则是每天首尾进行消毒工作。通过观察发现,97%的公共场所自动扶梯入口处没有为人们提供消毒洗手液,1/4 的儿童会将摸过自动扶梯的手去擦拭眼睛或伸入口舌,这提高了手足口病的感染率。手足口病是儿童中发病率最高的传染病,无疑是对儿童的健康埋下了隐患。研究团队也关注到目前扶梯消毒方式的持续效果,如自动扶梯上有被消毒水腐蚀的痕迹、消毒剂残留多、消毒有死角、电子元器件腐蚀、气味重等问题。

1.2 不同消毒方法清除病毒的效果

为有效控制疫情的蔓延和扩散,公共场所日常消毒方法有含氯消毒剂溶液擦拭或喷洒、PCR Cleaner 溶液、医用乙醇清洁消毒、紫外线消毒等方法。

含氯消毒剂主要是产生分子量很小且具有强氧化作用的次氯酸,通过强氧化作用将核酸直接分解,可有效氧化细胞内含巯基的酶。含氯消毒溶剂可以对包括病毒、真菌、细菌、结核杆菌、分枝杆菌和阿米巴囊体等在内的各种微生物进行杀灭。特点是杀菌谱广、毒性低、价格低,具有刺激性气味,有腐蚀性、漂白的作用。由于受有机物的影响很大,所以不稳定。

PCR 污染清除喷雾剂(PCR Cleaner)是朗司医疗研发的一种专门用于清除核酸污染的无腐蚀性溶液,是专门用于去除实验室操作台面 DNA 的即用型喷雾剂。PCR 污染清除喷雾剂可有效降解核酸分子,能快速有效地清除 DNA 或 RNA 污染,具有非碱性、无腐蚀性、耐热性和化学稳定性良好等特点。同时,因为该溶液由表面活性剂和非碱性的非致癌物组成,对人体无毒无害。

医用乙醇(酒精)可通过物理沉降和非直接破坏作用达到抑制或清除核酸污染的效果^[1]。研究发现,乙醇溶液浓度低于 60%时不具备杀灭细菌和病毒的功效。当乙醇浓度为 75%~80%时,可以在极短时间内杀死大多数细菌和包膜病毒。因为这种浓度的酒精可以使蛋白质变性,并溶解其脂质,从而破坏细菌的细胞壁/膜。酒精消毒剂的主要用途是通过喷雾或擦拭来清洁和消毒物体的表面,例如门把手、桌面、升降按钮、移动电话、计算机,以及照顾病人所接触

的物体表面。

紫外线通过诱导微生物核酸中的胞嘧啶和胸腺嘧啶为嘧啶二聚体,直接破坏其核酸结构达到日常消毒和清除核酸污染的效果^[2]。1903 年, Niels Finsen 因发现紫外线(UV)可以杀死细菌而荣获诺贝尔奖,此后一个多世纪里,紫外线作为一种消毒方法大受欢迎,并广泛用于消毒病房和其他公共场所^[3]。各类紫外线消毒装置有不一样的辐射范围和强度,所以在消毒过程中要合理放置紫外线消毒装置的位置,以确定杀毒物品放置在紫外线有效作用范围内^[4]。

安超、施嘉楠、何瑞芬等应用不同消毒方法对塑料表面 2019-n Co V 核酸污染清除进行效果观察,得其效果的优劣顺序为 2 000 mg/L 含氯消毒剂=5 500 mg/L 含氯消毒剂>750 mg/L 乙醇>PCR Cleaner。另外,研究团队还测试了紫外线不同照射时间对 2019-n Co V 核酸污染的清除效果,得出清除效果的优劣顺序为紫外线照射 3 h=紫外线照射 4 h=紫外线照射 5 h>紫外线照射 1 h>紫外线照射 2 h。综合以上实验数据,并考虑使用成本,得出 2 000 mg/L 含氯消毒剂和紫外线照射 3 h 清除核酸污染的效果最佳^[5]。Stibich 说:“我们已经将紫外线消毒系统部署在酒店、办公室和任何有高感染风险的地方或者需要额外确保安全的地方”^[2]。

2 PUGH 矩阵选择法在产品中的应用

2.1 PUGH 矩阵选择法对产品设计的意义

在产品开发过程中,当团队面临多种设计方案的时候,对设计原则的决策能力显得尤为重要,需要对各设计方案进行对比和权衡,以选中最优的设计方案。合理运用设计的权衡分析工具可以给方案的选择和权衡过程提供正规、科学的方法,最典型的方法就是 PUGH 矩阵选择法^[6]。它可以协助设计人员完成以下工作:对各种可能的概念设计方案进行概念粗筛和概念评分,排序、评选出最优方案,以满足需求指标的要求^[7];可以透过整合各种评判标准来强化概念设计。

在产品设计的早期阶段,PUGH 矩阵分析对项目成功与否关系重大,可以对多种方案快速做出决策。在产品概念设计中,一般由设计团队根据项目需要对众多方案进行内部评估,确定 3~4 个创意方向;再由团队负责人、结构工程师、工业设计师等组成评估小组,依据 PUGH 矩阵评判标准对 3~4 组可选方案进行评分、排序、选择和权衡,列出所有方案的可选项、基准方案和评判准则;对照评判准则对每个可选方案进行评分,比较各选项之间的得分,最后根据总分来确定最优的设计方案,为产品的开发奠定基础。在产品概念设计过程中,PUGH 矩阵通常可对多个可选择概念进行定性的判断和权衡,可帮忙团队快速筛选出比较明显的优胜概念或有希望的概念,以便进一

步观察和对比。

2.2 构建 PUGH 矩阵评判标准、确认权重

根据产品设计方法和用户需求问卷,采用用户评价法,构建自动扶梯扶手消毒需求层次分析模型,见图 1,确定出 PUGH 矩阵在自动扶梯消毒产品设计中的评判标准。通过收集专家及用户的评分,最终计算出各项评判标准的权重,见表 1。

行为体验,主要针对自动扶梯消毒产品的交互需求,包括产品消毒效果的可靠性、产品功能设计的完善性、消毒产品在自动扶梯上布局的合理性、可操作

性、杀毒高效性等方面。

情感体验,是行为体验的延展,关注用户的社会需求、情感需求和环境需求,主要是指用户对自动扶梯消毒产品的需求是友好的,对产品的消毒功能是信任的,产品对于环境是具有环保性的。

感官体验,是用户包括视觉、嗅觉、听觉和触觉等感官上的一种需求,主要指用户视听上的体验,强调舒适性。电梯扶梯扶手消毒产品主要关注产品造型的美观度,也就是视觉感官上的美感体验,产品设计风格要符合大众的审美习惯。

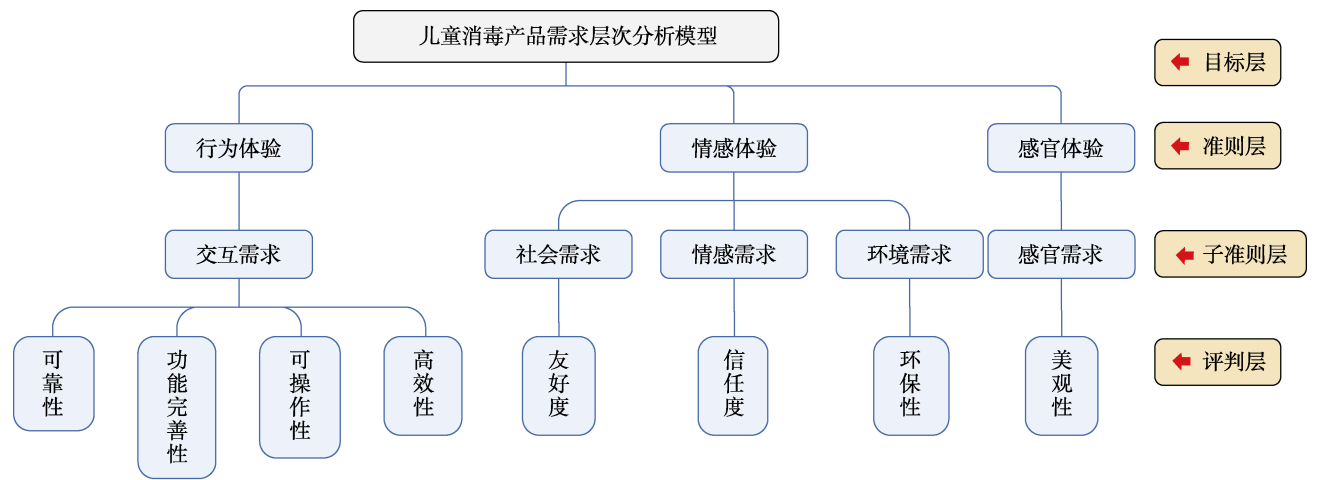


图 1 自动扶梯扶手消毒需求层次分析模型
Fig.1 A hierarchical analysis model of escalator handrail disinfection demand

表 1 自动扶梯扶手消毒方案 PUGH 矩阵评判标准 Tab.1 Escalator Handrail Disinfection Scheme PUGH Matrix Evaluation Criteria			
体验类型	用户需求	评判标准	权重
行为体验	交互需求	可靠性	0.172
		功能完善性	0.103
		可操作性	0.113
		高效性	0.112
		布局合理性	0.072
情感体验	社会需求	友好度	0.142
	情感需求	信任度	0.119
	环境需求	环保性	0.102
感官体验	感官需求	美观性	0.065

评判标准的等级评估通过 1~5 分的分值表示相对性能的差别(1 分表示比基准方案更差,2 分表示略差,3 分表示相同,4 分表示略好,5 分表示更好),分值大小结合设计标准的重要度计算得到,最终分值评判见式(1)。 W_i 是根据设计原则重要度确定的第 i 个评判标准的权重, R_{ij} 表示方案 j 在第 i 个评判标准上的评分,最后根据总评分结果确定最终方案。总结自动扶梯消毒产品的设计原则,增强产品实用性和

用户体验满意度。

$$R_j = \sum_{i=1}^n W_i R_{ij} (j = 1, 2, 3, \dots, n) \tag{1}$$

2.3 PUGH 矩阵在产品设计方案上的选择与权衡

在设计自动扶梯消毒产品的过程中,设计团队形成了 3 种可选择的初始设计方案。根据以上设计的自动扶梯扶手消毒方案 PUGH 矩阵评判标准和评判公式,将目前市场使用的扶梯消毒方案作为基准方案,新设计的 3 种方案与之对比,得到以下的 PUGH 矩阵。

从表 2 可以发现,基准方案参考序列为 $R_0 = \{3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3\}$, 加权后总分依旧为 3, 即基准 $R_0 = 3$; 现有可选方案 A 序列为 $R_{11} = \{4, 2, 4, 4, 1, 4, 3, 3, 2\}$, 加权后总分最低为 $R_1 = 3.227$; 其次是可选方案 B 序列为 $R_{12} = \{5, 4, 4, 5, 2, 5, 4, 4, 3\}$, 加权后总分为 $R_2 = 4.217$; 可选方案 C 序列为 $R_{13} = \{5, 4, 5, 5, 4, 5, 4, 5, 4\}$, 分数最高, 即 $R_3 = 4.641$ 。经过选择与权衡,按加权后的方案评分结果来看,3 种方案均优于目前在用的基准方案,可选方案 C 具有明显的优势,因此自动扶梯消毒产品的开发选择方案 C 为基础,进行进一步的开发与设计。

表 2 自动扶梯扶手消毒方案 PUGH 矩阵及分值
Tab.2 PUGH matrix and score of escalator handrail disinfection scheme

评判标准 <i>i</i>	重要度 <i>W</i>	基准方案	可选的方案			加权后方案分值		
			方案 A	方案 B	方案 C	方案 A	方案 B	方案 C
可靠性	0.172	3	4	5	5	0.688	0.86	0.86
功能完善性	0.103	3	2	4	4	0.206	0.412	0.412
可操作性	0.113	3	4	4	5	0.452	0.452	0.565
高效性	0.112	3	4	5	5	0.448	0.560	0.560
布局合理性	0.072	3	1	2	4	0.072	0.144	0.288
友好度	0.142	3	4	5	5	0.568	0.710	0.710
信任度	0.119	3	3	4	4	0.357	0.476	0.476
环保性	0.102	3	3	4	5	0.306	0.408	0.510
美观性	0.065	3	2	3	4	0.130	0.195	0.260
总分							4.217	4.641

3 设计原则

3.1 产品设计思路

如前所述,在对自动扶梯消毒产品创新设计的研究中选择了方案 C,也就是全自动紫外线式扶梯消毒产品设计,见图 2,设计原则归纳如下:

1) 靠性。采用恒流驱动,启动快,更安全;提高产品使用寿命,可以长达 30 000 h,解决每时每刻杀菌消毒的难点,能很好地解决目前自动扶梯传统人工消毒耗时耗力的问题。

2) 功能完善性。具备动能感应、自助预警、自动断电等功能。

3) 可操作性。容易安装,不需要整流器、启辉器,使用方便,成本上低损化,不仅性能提升、磨损率降低,而且节约维修成本,利于消毒产品市场普及推广。

4) 高效性。紫外线光波穿透率更高,强度更大,有效灭菌率≥99%;

5) 布局轻量化。整合优化了系统布局与部件间的合理间隙,保持紫外线消毒产品的内侧面与扶手带表面两者的距离在 10 mm 的范围内,减轻重量,轻量化后仍保证原有未轻量前的消毒杀菌效果。

6) 友好度。消毒产品非常契合市场的实际需求,能降低传染病和细菌感染对人们造成的伤害,能自动预警,减少患病的概率,为公共自动扶梯提供一个更为卫生清洁的环境,对用户友好。

7) 信任度。紫外线产品利用了杀菌效果突出的 UVC 波段,确保有效达到日常消毒和清除核酸污染的效果。

8) 环保性。相对传统消毒带来的弊端,紫外线式产品破坏了微生物的核酸结构,使微生物死亡,并不可再生复制,从而达到杀菌的目的,无化学残留或重金属残留,更环保。

9) 美观性。采用白色基调,关注产品的造型美观性和材质的舒服性。

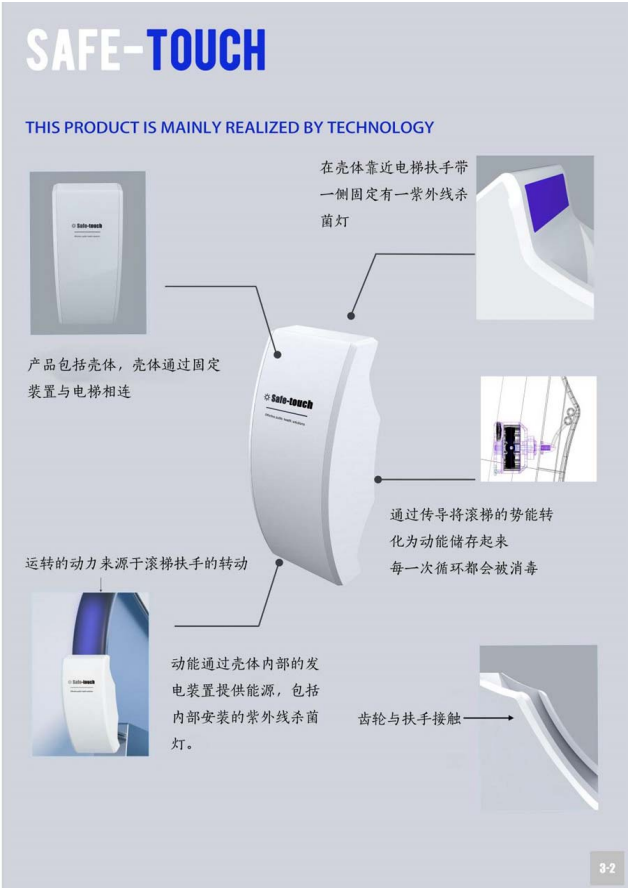


图 2 全自动紫外线式扶梯消毒产品设计
Fig.2 Design of automatic ultraviolet escalator disinfection product

3.2 产品核心技术模块设计

1) 动能转换技术模块。产品放置在自动扶梯拐弯处的两侧,扶梯转动带动产品齿轮转动,将扶梯势能转化成动能为发电装置提供能源,再经发电装置转化为电能,为紫外线消毒灯提供电力能源,从而达到对扶梯实时杀菌的作用。动能转换技术模块实现了动能转换成电能的动能转换过程。

2) UV-LED 消毒技术模块。产品消毒方式采用紫外线杀毒方式, 在箱体底部设置了第一 UV-LED 灯板, UV-LED 灯珠均布在第一 UV-LED 灯板上, 灯板采用的 UV-LED 照明技术具有环保的特点, 为纯物理杀菌方式, 无化学腐蚀性或化学物质成分残留, 能够快速有效地清除自动扶梯扶手带上的细菌等微生物。

3) 智能断电技术模块。装置具有自助断电的智能技术, 当自动扶梯长时间未使用, 扶梯转动所带来的势能无法再将动能为发电装置提供能源, 使其通过发电装置转化为足够的电能时, 将进入自动断电功能, 可以节约耗电量。

4) 锂金属电池模块。产品采用的电池是轻而小巧的锂金属电池, 以锂金属或锂合金为负极材料, 使用非水电解质溶液的电池。与其他电池不同, 具有更高充电密度、长寿命和高单位成本等特点。采用恒流驱动, 启动快, 无频闪, 更安全。

4 设计实践

4.1 产品外观设计

全自动紫外线式扶梯消毒装置的壳体两侧设计有卡槽, 其内部设计为中空, 通过固定装置与扶梯固定连接。发电装置安装在壳体中空的内壁, 发电装置的输出端与齿轮相连, 齿轮与扶手滚动连接。紫外线消毒灯安装在壳体上部, 即靠近自动扶梯扶手的顶端, 与壳体固定方式为合扣, 与扶手的间距为 10 mm, 紫外线消毒灯通过导线电性连通发电装置。见图 3。

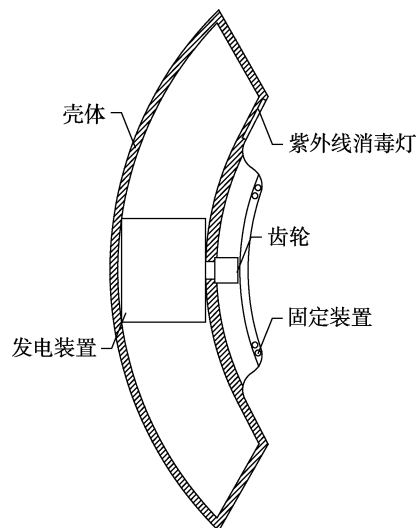


图 3 全自动紫外线式扶梯消毒装置产品结构
Fig.3 Product structure of automatic ultraviolet
escalator disinfection device

4.2 产品创意的三维可视化

确认方案的可实行性后, 运用 MAYA 三维制作软件进行 3D 打印模型制作, 完成产品三维渲染效果,

见图 4—5, 最后采用光固化 3D 打印技术打样原型, 并进行方案展示, 再次用 PUGH 矩阵验证该产品设计的可行性。

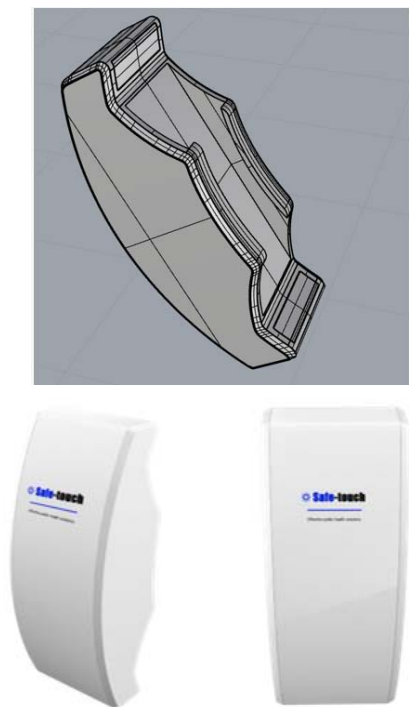


图 4 MAYA 三维打印模型制作
Fig.4 MAYA 3D printing model making

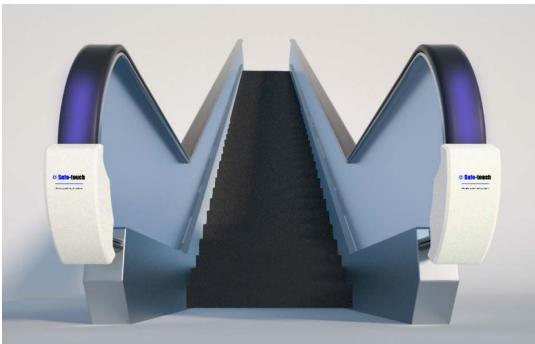


图 5 自动紫外线式电动扶梯消毒产品
Fig.5 Automatic UV-type escalator disinfection products

4.3 产品验证方法及结果

项目组运用 3D 打印技术打样原型后, 采用 ATP 荧光检测仪对全自动紫外线式扶梯消毒产品的杀菌效果进行充分的实验及研究。ATP 荧光检测仪原理是运用腺苷三磷酸 (ATP) 生物发光技术, 通过“荧光素酶 (Luciferase) - 荧光素 (Luciferin) 体系”快速检测出卫生状况^[8]。由于 ATP 是一种在所有霉菌、细菌等活细胞中存在的直接能源物质, 也就是说所有维生素都有衡量的 ATP, 而且 ATP 氧化反应后可以产生类似萤火虫的光, 容易被检测到。可以通过物体表面检测到的 ATP 含量来推断该物品表面的微生物含量, 从而精准判断出其卫生状况^[9]。以原有扶梯杀菌

方式后扶梯上细菌情况为对照组,为采用全自动紫外线式扶梯消毒产品后的扶梯上细菌情况为实验组。采集自动扶梯上的细菌并检测出细菌种类,将采集到的细菌制成载玻片放在显微镜下观察,记录细菌情况,分析与记录对照组的细菌情况。实验证明,全自动紫外线式扶梯消毒装置对常见的细菌有极强的杀灭率,完全可以实现先前的设想。

为进一步保证该产品的实用性与有效性,运用用

户评价法^[10],将可靠性、功能性、可操作性、高效性、布局合理性、友好度、信任度、环保性和美观性等 9 个方面的问题作为评判标准,每项满分设置为 5 分,邀请 10 位消毒工作负责人员进行体验,对原有方案和改造后的设计方案进行对比评价,见表 3。

根据之前所得的重要度序列 $W = \{0.172, 0.103, 0.113, 0.112, 0.072, 0.142, 0.119, 0.102, 0.065\}$,见表 4,分别计算各项内容得分,得出比较序列,见表 5—6。

表 3 方案体验用户评分
Tab.3 Program experience user rating

方案	用户	可靠	功能	操作	高效	布局	友好	信任	环保	美观
原有方案	用户 1	4	3	5	3	2	2	3	4	2
	用户 2	3	4	5	4	3	3	3	4	3
	用户 3	3	3	5	3	3	3	3	4	3
	用户 4	2	2	4	2	4	4	4	4	3
	用户 5	4	3	4	2	2	3	4	4	4
	用户 6	3	3	5	3	3	4	5	3	3
	用户 7	5	4	5	2	3	4	5	4	4
	用户 8	3	4	4	3	3	5	4	3	3
	用户 9	3	3	5	2	2	5	3	3	3
	用户 10	4	4	4	3	4	4	3	4	3
改造后的 设计方案	用户 1	3	4	5	5	5	4	4	4	4
	用户 2	3	5	5	5	4	4	4	5	4
	用户 3	5	4	5	4	4	5	5	5	5
	用户 4	4	5	4	5	5	5	5	5	4
	用户 5	5	5	4	5	5	5	5	4	5
	用户 6	4	4	5	4	5	4	5	5	4
	用户 7	5	4	5	5	4	5	5	5	5
	用户 8	5	4	5	5	4	4	5	5	4
	用户 9	4	5	5	4	4	5	5	4	4
	用户 10	5	4	5	5	5	4	5	5	5

表 4 评判标准的权重
Tab.4 Weight of the judging criteria

可靠	功能	操作	高效	布局	友好	信任	环保	美观
0.172	0.103	0.113	0.112	0.072	0.142	0.119	0.102	0.065

表 5 体验用户现有原有方案加权
Tab.5 Weighting of users experience existing and original schemes

用户	可靠	功能	操作	高效	布局	友好	信任	环保	美观	总分
用户 1	0.688	0.412	0.565	0.56	0.144	0.284	0.357	0.408	0.13	3.548
用户 2	0.516	0.412	0.565	0.560	0.216	0.426	0.357	0.408	0.195	3.655
用户 3	0.86	0.412	0.565	0.448	0.216	0.426	0.357	0.408	0.195	3.887
用户 4	0.688	0.412	0.452	0.560	0.288	0.568	0.476	0.408	0.195	4.047
用户 5	0.688	0.412	0.452	0.560	0.288	0.426	0.476	0.408	0.260	3.970
用户 6	0.516	0.309	0.565	0.448	0.216	0.568	0.595	0.510	0.195	3.922
用户 7	0.86	0.412	0.565	0.560	0.216	0.568	0.595	0.408	0.260	4.444
用户 8	0.86	0.412	0.452	0.560	0.216	0.710	0.476	0.408	0.195	4.289
用户 9	0.516	0.309	0.565	0.448	0.144	0.710	0.357	0.306	0.195	3.550
用户 10	0.688	0.412	0.452	0.560	0.288	0.568	0.357	0.408	0.195	3.928
平均值	0.688	0.391	0.520	0.526	0.223	0.525	0.440	0.408	0.202	3.924

表 6 体验用户改造后设计方案加权
Tab.6 Weighting of design scheme after user experience transformation

用户	可靠	功能	操作	高效	布局	友好	信任	环保	美观	总分
用户 1	0.516	0.412	0.565	0.56	0.36	0.568	0.476	0.408	0.260	4.125
用户 2	0.516	0.515	0.565	0.56	0.288	0.568	0.476	0.510	0.260	4.258
用户 3	0.860	0.412	0.565	0.448	0.288	0.710	0.595	0.510	0.325	4.713
用户 4	0.688	0.515	0.452	0.560	0.360	0.710	0.595	0.510	0.260	4.650
用户 5	0.860	0.515	0.452	0.560	0.360	0.710	0.595	0.408	0.325	4.785
用户 6	0.688	0.412	0.565	0.448	0.360	0.568	0.595	0.510	0.260	4.406
用户 7	0.860	0.412	0.565	0.560	0.288	0.710	0.595	0.510	0.325	4.825
用户 8	0.860	0.412	0.565	0.560	0.288	0.568	0.595	0.510	0.260	4.618
用户 9	0.688	0.515	0.565	0.448	0.288	0.710	0.595	0.408	0.260	4.477
用户 10	0.860	0.412	0.565	0.560	0.360	0.568	0.595	0.510	0.325	4.755
平均值	0.740	0.453	0.542	0.526	0.324	0.639	0.571	0.479	0.286	4.561

由表 5—6 可知, 设计方案在 9 个方面的得分远高于现有的消毒方案, 更加接近理想设计方案, 能够有效解决目前电动扶梯存在的消毒需求问题, 符合设计预期。

5 结语

研究提出了全自动紫外线式自动扶梯消毒产品设计的方法, 改进了现有自动扶梯扶手消毒遇见的问题。通过用户评价法, 得出可靠性、功能性、可操作性、高效性、布局合理性、友好度、信任度、环保性及美观性是自动扶梯消毒产品的主要需求要素, 确定了 PUGH 矩阵在自动扶梯消毒产品设计中的评判标准。结合 PUGH 矩阵选择法权衡 3 种可选设计方案的合理性和优劣性, 确定最终设计方案。然后对选择的产品方案进行外观设计, 并将产品创意进行三维可视化。项目采用了 ATP 荧光检测仪对全自动紫外线式自动扶梯消毒产品的杀菌效果进行了充分的实验及研究, 同时, 通过用户评价法验证了本设计能够有效应用于自动扶梯的消毒, 并能够有效解决其目前存在的消毒需求问题。

参考文献:

[1] 庞宏兵, 丁鑫泽, 王万旭. 不同消毒方式对现场 DNA 检出影响研究[J]. 中国法医学杂志, 2021, 36(1): 78-81.
PANG Hong-bing, DING Xin-ze, WANG Wan-xu. Study on the Influence of Different Disinfection Methods on DNA Detection and It's Investigation Practice Value[J]. Chinese Journal of Forensic Medicine, 2021, 36(1): 78-81.

[2] DANA, MACKENZIE. 利用紫外线灭活新型冠状病毒[J]. Engineering, 2020, 6(8): 851-856.
DANA, MACKENZIE. Inactivate the Novel Coronavi-

rus with Ultraviolet Light[J]. Engineering, 2020, 6(8): 851-856.

[3] The Nobel Prize. The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1903[EB/OL]. (2020-07-01)[2021-10-17]. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1903/summary/>.

[4] 文尚胜, 左文财, 周悦, 等. 紫外线消毒技术的研究现状及发展趋势[J]. 光学技术, 2020, 46(6): 664-670.
WEN Shang-sheng, ZUO Wen-cai, ZHOU Yue, et al. Research Status and Development Trend of Ultraviolet Disinfection Technology[J]. Optical Technique, 2020, 46(6): 664-670.

[5] 安超, 施嘉楠, 何瑞芬, 等. 应用不同消毒方法清除新型冠状病毒核酸污染的效果观察[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2022, 43(2): 273-277.
AN Chao, SHI Jia-nan, HE Rui-fen, et al. Comparison of Disinfection Effects of Different Methods for Nucleic Acid Pollution in 2019-nCoV[J]. Journal of Xi'an Jiao-tong University (Medical Sciences), 2022, 43(2): 273-277.

[6] 李永斌, 陈婷, 梁权攀. PUGH 概念选择法在产品设计中的应用研究[J]. 包装工程, 2018, 39(10): 167-172.
LI Yong-bin, CHEN Ting, LIANG Quan-pan. Applied Research of PUGH Concept Selection Method in Product Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(10): 167-172.

[7] 杨静. 基于 AHP-PUGH 的产品概念选择技术研究[J]. 包装工程, 2016, 37(20): 162-167.
YANG Jing. Technical Research on Product Concept Selection Based on AHP PUGH[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(20): 162-167.

[8] 许倩倩, 韩悦心, 牛梦琦, 等. 一种电梯扶梯杀菌消毒辅助装置: 中国, 214692835U[P]. 2021-11-12.
XU Qian-qian, HAN Yue-xin, NIU Meng-qi, et al. Sterilization and Disinfection Auxiliary Device for Escalator: China, 214692835U[P]. 2021-11-12.

(下转第 86 页)