

# 基于病毒防控背景下的自助加油站消毒设施设计

韩硕一，金可言

(米兰理工大学，米兰 20161，意大利)

**摘要：**目的 在病毒防控的背景下，针对自助加油站的加油枪所设计开发的消毒设施，使每一位自助加油站的用户在不改变原有的使用流程前提下接触到清洁无毒的加油枪，从而在最大限度上阻止病毒在加油站公共区域的交叉传播。**方法** 利用紫外线消毒技术，将加油枪的外表面充分地消毒杀菌，并在每一次用户使用过后都重复该流程，使得加油枪时刻保持无毒无菌的状态，从而阻绝了病毒在用户之间的传播。**结果** 经过计算和推演，该设计可以有效的消除加油枪表面的病菌，有效阻隔了病毒的传播途径，与此同时新型设备的介入并没有影响到用户原有的自助加油使用流程，保留了原有的使用体验。**结论** 该设计在公共卫生领域起到了阻隔病毒传播的作用，对病毒的防御有着深刻而广泛的作用。

**关键词：**自助加油；加油枪；消毒设施；人机交互

**中图分类号：**TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2023)14-0100-07

**DOI：**10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.14.010

## Design of Disinfection Facilities for Self-service Gas Stations in the Context of Virus Prevention and Control

HAN Shuo-yi, JIN Ke-yan

(Politecnico di Milano, Milan 20161, Italy)

**ABSTRACT:** The work aims to design and develop a disinfection facility for the nozzles of self-service gas stations in the context of virus prevention and control, so that every user of the station can have access to clean and non-toxic nozzles without changing the original use process, thus preventing the cross-transmission of viruses in the public area of the station to the greatest extent. The UV disinfection technology was used to fully disinfect and sterilize the external surface of the nozzles, and the process was repeated after the use of each user, so that the nozzles were kept in a non-toxic and sterile state at all times, thus preventing the spread of the virus among users. After calculation and deduction, the design could effectively eliminate the germs on the surface of the nozzles, effectively blocking the transmission of viruses, while the new equipment did not affect the original self-service refueling process of users, retaining the original use experience. The design plays a role in blocking the spread of viruses in the field of public health, and has a profound and extensive effect in the defense of viruses.

**KEY WORDS:** self-service refueling; nozzle; disinfection facilities; human-computer interaction

劳动力成本的增加和人们对高效工作的追求，使自助加油成为人们越来越普遍的加油方式，与此同时，自助加油站缺乏工作人员连续执行清洁加油设备的工作，使加油站存在着严重的病菌寄存及环境污染的问题。其中主要有以下几点：意外泄漏和溢出、加油站污染违规、加油站污染物等。

在自助加油站的众多设备中，加油枪是污染最严

重的也是最关键的病毒传播媒介<sup>[1]</sup>。一方面由于司机都需要使用它来给汽车加油；另一方面加油作为一个例行过程<sup>[2]</sup>，司机每月大约会加油 5~6 次，加油后加油枪上的病原体会进入车内。根据金伯利克拉克专业实验室对气泵拭子的研究，气泵手柄平均包含 2 011 970 个菌落形成单位，这个数量是马桶座圈细菌和病毒污染数量的 11 000 倍。因此，本文将消毒

收稿日期：2023-02-16

作者简介：韩硕一（1997—），男，硕士，主要研究方向为工业设计工程。

清洁的目标放在自助加油站的加油枪上, 希望通过限制这个重要的病毒传播媒介, 最大限度地阻止用户之间及加油站与汽车之间的病毒和细菌传播<sup>[3]</sup>, 从而在这个公共空间中保障使用者的卫生安全。

## 1 加油枪的污染种类

### 1.1 生物污染

超过 70% 的加油枪携带有高风险的细菌并可能发展为严重的疾病<sup>[4]</sup>。这些细菌中有 50% 被称为“革兰氏阳性球菌”, 它们会引发皮肤不良状况, 甚至是中毒性休克。

### 1.2 化学污染

苯占汽油成分的 1%, 是人类癌症的公认原因<sup>[5]</sup>。国际癌症研究机构已将苯列为威胁人类的第一类致癌物。国际化学品安全计划发现苯通过吸入、皮肤和食入被人体吸收。但在加油的过程中用户需要握住被汽油残留物污染的加油枪手柄几分钟, 其皮肤表面可能残留少量苯。

## 2 自助加油站消毒设施的设计

### 2.1 设计目标

#### 2.1.1 针对环境及病原体

该设备主要针对病毒防控领域, 对自助加油站的加油枪表面的多种病原体的消毒与清洁。

#### 2.1.2 目标用户

本设计的目标用户是日常接触自助加油站的司机(如卡车司机、公交车司机、私家车司机等), 其中日常使用自助加油站的司机每月平均给车加油 5~6 次<sup>[6]</sup>, 而每次加油的过程中都会有病原体被司机从加油站带入车内。

#### 2.1.3 普遍适用性

全球有许多品牌和种类的加油站, 不仅在公司之间存在差异, 在品牌内部也存在差异。由于加油站的种类繁多, 需要针对不同长度的加油站设备合理选择和调整产品的尺寸, 使本设计可以普遍安装在不同的加油枪设备之上。

#### 2.1.4 保持原本的使用流程

为防止用户适应新的操作流程, 产品安装到加油站后, 应保持原有的自助加油流程不变, 确保用户体验的顺畅。

#### 2.1.5 消毒原理

本设计采用紫外线灯照射的方式对加油枪的表面进行消毒处理。由于紫外线满足对杀灭有害病毒的要求<sup>[7]</sup>, 因此这种方式既能满足产品摆脱人工操作的

自动化需求, 又能对加油枪设备的表面进行有效的消毒。具体的紫外线技术细节将在后文详细论述。

### 2.1.6 安全性

虽然采用紫外线照射的方式能够对设备有效消毒, 但其会对设备周边的使用者造成危害。因此该设备在消毒工作的过程中必须将紫外线与使用者相隔离<sup>[8]</sup>, 以确保用户的安全。

## 2.2 设备概述

如图 1 所示为模拟消毒设备在自助加油站环境下的安装效果。设备被安装在加油站的自助设施之上, 并将加油枪“包裹”, 设备内部配有红外感应装置和紫外线消毒装置, 每次用户在使用并放还加油枪时, 设备便会自动感应并关闭隔离罩, 在保护周围人员安全的前提下, 运用紫外线消毒技术对加油枪的表面进行全方位消毒处理, 消毒完成后隔离罩重新打开并回归原始状态, 以此循环往复。下文将对产品的使用流程及结构细节进行详述。

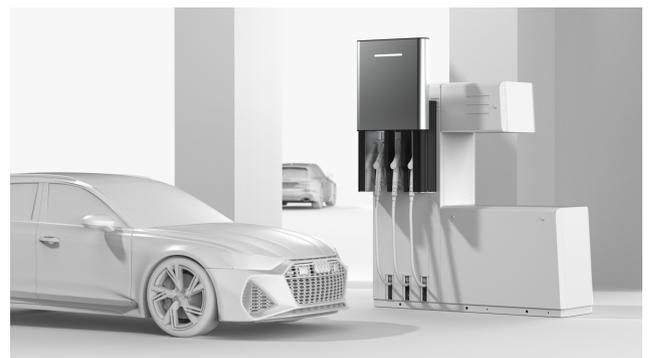


图 1 设备在自助加油站中的安装及使用  
Fig.1 Installation and use of the equipment in the self-service gas station

## 2.3 使用流程

1) 加油站及设备生产方对具体的自助加油设备的尺寸进行测量, 并根据数据选择合适规格的消毒设备提供给自助加油站。

2) 将消毒设备连接并安装在自助加油设备的主体上, 使加油枪被消毒设备“包裹”。

3) 用户使用自助设备加油之前, 消毒设备处于开放状态: 紫外线隔离板升起, 紫外线灯关闭, 加油枪暴露在用户面前。

4) 用户拿起加油枪使用时, 消毒设备由内部的红外感应装置控制检测到加油枪的位置运动。

5) 用户放还加油枪后, 消毒设备将关闭隔离罩, 在保护周围人员安全的前提下通过紫外线灯的照射对加油枪表面进行消毒处理。

6) 经后期计算, 消毒时间将持续约 1 min, 随后隔离罩重新打开使消毒设施回归原始状态, 见图 2。

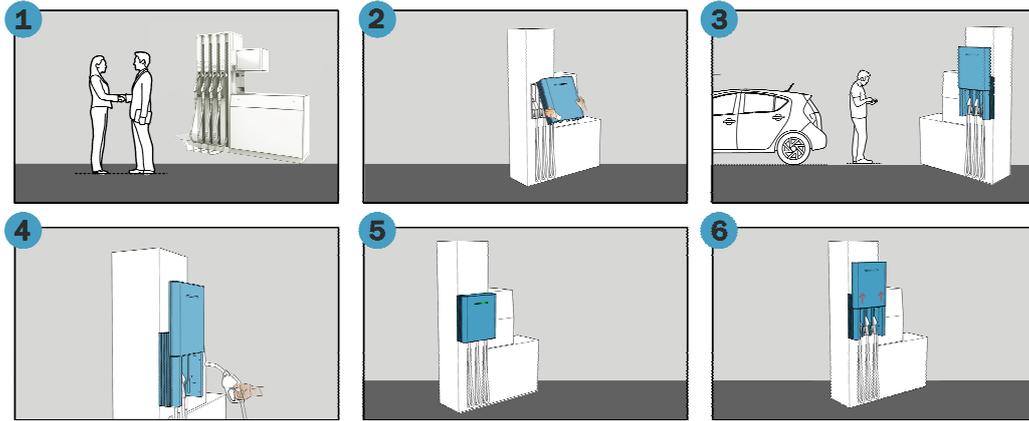


图2 设备的使用流程  
Fig.2 Use process of the equipment

2.4 产品规格

2.4.1 3种规格

在设计概念的发展过程中,消毒产品需要适配不同规格的自助加油设备,根据比较的多种加油站设备的尺寸,笔者创建了3个不同大小的对象,以适应不同的设备。这些设备的水平宽度分别为200 mm、400 mm和600 mm,见图3。



图3 设备的3种基础尺寸  
Fig.3 Three basic sizes of equipment

2.4.2 人机尺寸

如图4所示,通过对用户身高和使用方式的调研<sup>[9]</sup>,使设备尺寸和安装尺寸能够不影响用户的原有使用流程,在用户的普遍身高范围内(145 cm~187 cm)依然可以观察到加油枪的位置并顺利取用。

2.5 产品细节

2.5.1 基本构造

设备的主体框架由折弯和挤压工艺制成的金属壳体构成,内部包含了PCB控制模块、电源模块、运动模块、消毒模块、感应模块等,见图5。下文将对关键模块进行详细阐述。

2.5.2 隔离罩运动机构

如图6所示,该设备的主要部件之一是用于打开和关闭隔离罩的运动机构。为了实现这种运动,笔者

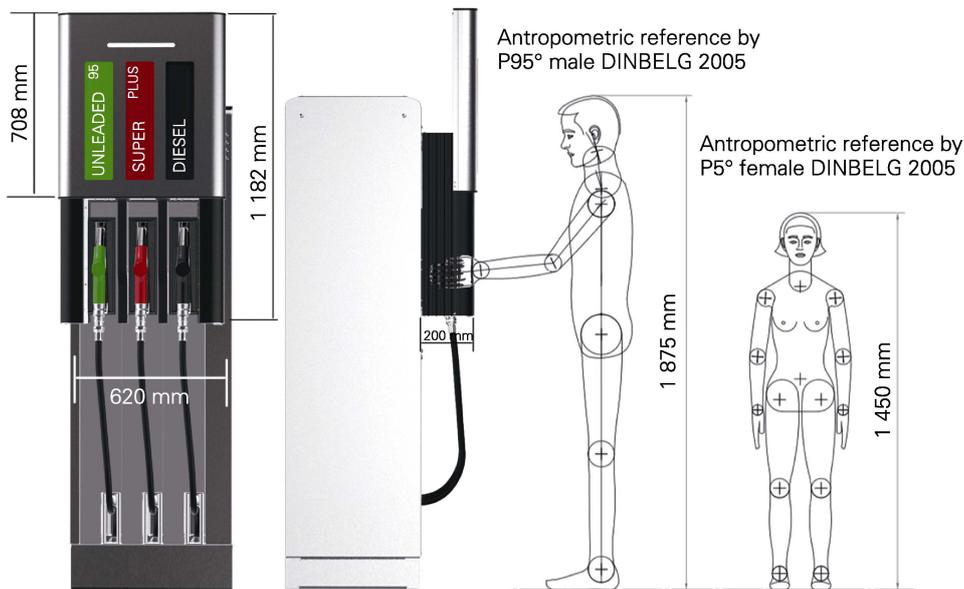


图4 设备的人机尺寸展示  
Fig.4 Display of human-computer interface size of the equipment

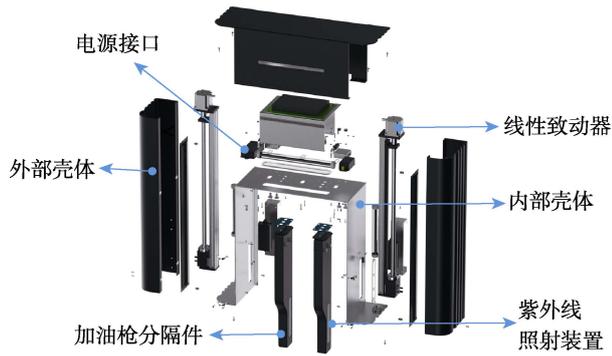


图 5 设备爆炸图  
Fig.5 Exploded view of equipment

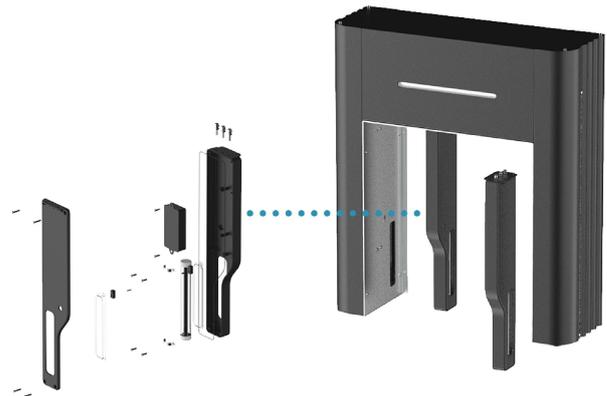


图 7 隔离装置的细节  
Fig.7 Details of the isolation device

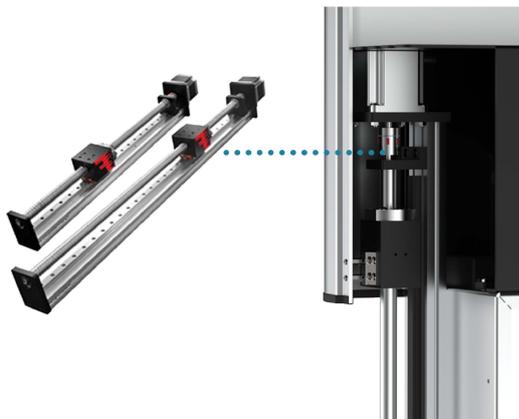


图 6 隔离罩运动机构的细节  
Fig.6 Details of the kinematic mechanism of the isolation cover



图 8 红外感应装置的位置  
Fig.8 Location of the infrared sensing device

分析了电机和铰链等多种选项, 最终选择使用线性致动器。由于内部的旋转轴机构, 隔离罩的运动可以顺利进行, 并且速度快无延迟。此外, 为了确保平衡, 将隔离罩的两侧安装了线性致动器。这种机构形成的运动方式可以使隔离罩以垂直于地面的方向运动, 同时满足了人机工程学和操作的便利性。

### 2.5.3 加油枪隔离装置

如图 7 所示, 加油枪隔离装置设计安装在两个加油枪之间<sup>[10]</sup>。装置内部安装有紫外线灯以及红外感应器, 为了获得最佳的消毒效果, 笔者将紫外线灯的位置设计成可同时照射到左右方向的两个加油枪的形式。此外, 加油枪隔离装置由螺丝固定在设备主体下方, 并可根据加油枪的具体位置来调整隔离装置的安装位置。

### 2.5.4 红外感应装置

红外传感器可用于检测加油枪的位置变化, 以便相应地启动消毒过程, 见图 8。设备包含发射型传感器和接受型传感器<sup>[11]</sup>, 通过传感器之间的配合来探测加油枪的位置变化, 进而控制设备的整体工作。对红外传感器的选择, 应从尺寸和安装可行性出发, 选择适合的传感器品类。

### 2.5.5 紫外线照射装置

紫外线灯分别被设置在隔离部件内及设备的内侧顶部, 从而能够全方位地处理加油枪的外表面, 见图 9。紫外线剂量=紫外线强度 ( $W/m^2$ )  $\times$  曝光时间 (s)。根据 ClorDisys 实验室的科学研究, 去除所有微生物和病毒为基础, 使目标消毒率达到 99.9%。在这方面, 最具抵抗力的病毒表现出最大的存活率, 为了破坏病毒, 紫外线灯必须达到  $1\ 400 (J/m^2)$  的值。研究的第二个组成部分是曝光时间, 目标消毒时长大

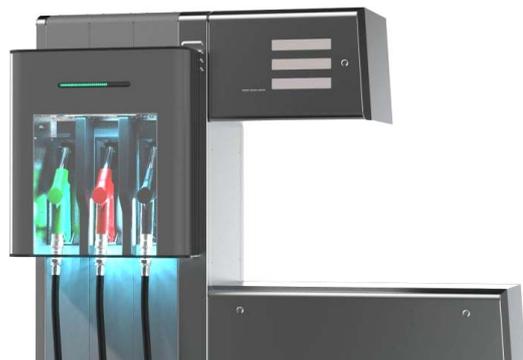


图 9 紫外线消毒状态的内部效果  
Fig.9 Internal effect of UV disinfection state

约 60 s。根据之前的公式,能够计算出设备所需的紫外线灯的强度是 23.3 (W/m)。经过对紫外线灯供应商的审查,最终选择了 far-UVC 222 nm 紫外线灯,如图 10 所示。该紫外线灯对人类眼睛和皮肤较为安全,同时具有使用寿命长、设计紧凑、无需预热的特点。此外,222 nm 波长不会穿透眼角膜,因此不会造成角膜损伤。



图 10 所选的紫外线灯的种类及规格

Fig.10 Type and specification of UV lamps selected

### 2.5.6 设备的安装方式

该产品使用黏合剂来连接消毒设备和加油站设备。由于消毒设备的主体采用金属材料,因此需要黏合剂具有能够承受压力和阻力的质量<sup>[12]</sup>。环氧树脂或聚氨酯黏合剂最适合在零件上施加压力的应用。在比较了环氧金属胶和聚氨酯胶后,得出的结论是大多数环氧树脂在与金属相互作用时,在负载下表现更好,并且可以在恶劣的天气条件下保持可靠性。此外,就价格而言,环氧树脂的成本较低。

基于此,笔者选择环氧树脂黏合剂,并计算了需要支撑的重量,从而得到需要的黏合接触面积。平均 2 300 psi = 15 N/mm<sup>2</sup>,因此对每 mm<sup>2</sup>,可以提供 1.5 kg 的承受力。消毒设备整体重量约 15 kg,加上普通人的体重为 85 kg,因此承受 100 kg。因此接触面积应为 67 mm<sup>2</sup>左右,见图 11。

### 2.5.7 LED 指示灯

设备工作时隔离罩将会关闭,在关闭消毒期间,设计增加了 LED 指示灯作为提示,提醒用户此时设备的工作状态。随着消毒工作的进行,绿色 LED 灯进度条将逐渐全部亮起,消毒完成后,指示灯熄灭,隔离罩抬起,表示消毒完成(见图 12),这个过程将持续 1 min<sup>[13]</sup>,足以在下一个用户使用之前完成消毒。

## 2.6 技术分析

### 2.6.1 有限元分析

为了了解该设备是否能够承受足够的外力,笔者使用 SolidWorks Simulation 进行了有限元分析,如

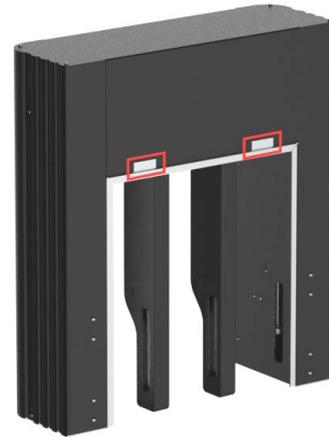


图 11 设备背部的安装位置

Fig.11 Mounting position on the back of the equipment



图 12 消毒进度的反馈效果

Fig.12 Feedback effect of disinfection progress

图 13 所示,当机体材料为铝时,如果从侧面施力<sup>[14]</sup>,整个机体的最大变形约为 4.9 mm,隔离板的最大变形为 4.25 mm,是材料可以接受的范围。

### 2.6.2 失效模式效应分析

通过 FMEA (失效模式效应分析)的分析,证明产品的组成部件和连接方式是便于重新设计的,这主要指对产品生产或装备过程中所产生的错误能够进行及时的改良。通过分析得出,每个案例的 RPN 数量都小于 100。分析过程不仅考虑了制造和装配层面的重新设计,而且包含维护层面的重新设计。通过以上步骤,结论是产品各个部件的翻新和替换工作是相对简易的,这充分满足了实际生产和安装过程中工作人员的需要,见图 14。

### 2.6.3 工艺与材料

如图 15 所示,消毒设备的主体采用铝制金属材料,并采用金属折弯及挤压成型工艺,在最大程度上减少了工艺成本。中间的加油枪隔离部件由于主体形态和内部构造的限制,最终将其设计成以 ABS 塑料为基本材料并使用塑料注塑工艺,这既能满足形态和结构的需求,又能有效降低设备的质量。

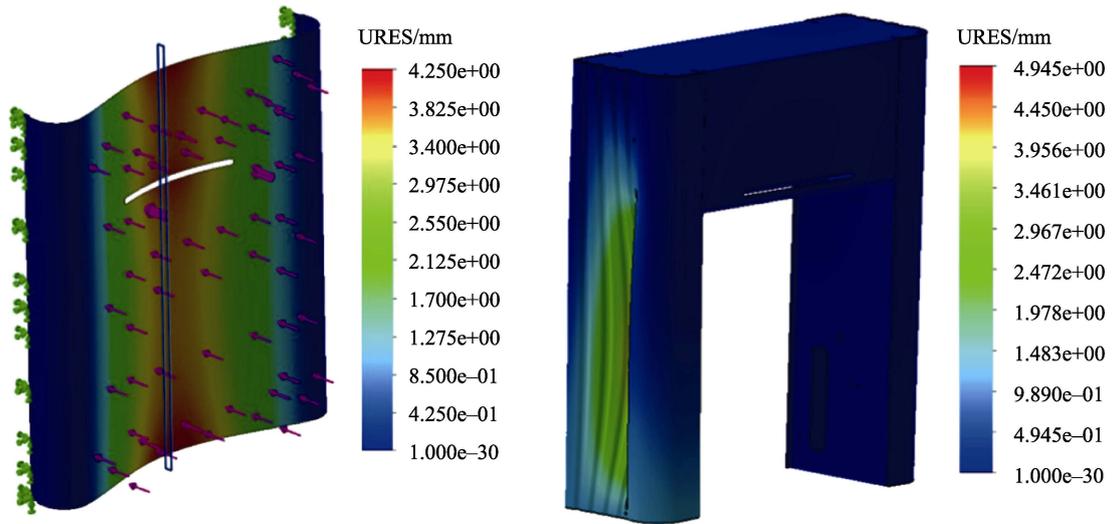


图 13 设备外壳的有限元分析  
Fig.13 Finite element analysis of equipment housing

Name/ Function	Potential Failure	Potential Effects	FMEA							After Actions				
			Severity	Potential Causes	Occurrence	Current prevention	Current detection	Detection	RPN	Recommended actions	Severity	Occurrence	Detection	RPN
Door opening system	The inability to operate the mechanism due to accidental penetration of the object inside	Annoyed customer	8	Manual accidental penetration of the object inside	4	N/A	Visual check	7	224	Creating a part that prevents access of any objects to the hinge	8	1	7	56
	Malfunctioning of the system due to false sensor detection	Spontaneous opening and closing of a door that can harm a person	10	Contamination of sensors with dirt and oil	7	N/A	Visual check	6	490	Adding a second sensor so that the handle can always be recognized. In addition, to program PCB in the way to be unable to open the door in the event of a malfunction to prevent accidental operation and damage.	8	2	6	96
	Insufficient lubrication between parts	Jamming of mechanisms that can bring inconvenience to use	5	Expiration date	10	N/A	Visual check	7	350	Calculate the service life and carry out service work accordingly	5	1	7	35
	General looseness due to the period of use	Jamming of mechanisms that can bring inconvenience to use	5	Service life	10	N/A	Visual check	7	350	Calculate the service life and carry out service work accordingly	5	1	7	35
	Overheating of electrical components leading to the failure of the entire system	Annoyed customer	8	Excessive loads	3	N/A	Visual check	8	192	Calculate that the mechanism will work under any load and, if necessary, add a cooling fan	8	1	8	64

图 14 FMEA (失效模式效应分析)  
Fig.14 FMEA (Failure Mode Effects Analysis)



图 15 设备各部件的制造工艺

Fig.15 Manufacturing process of each component of the equipment

### 3 结语

在当今各类病毒普遍暴发的背景下，病毒防控逐渐成为人们所关注的焦点问题，而公共设施的卫生质量水平又对流行性病毒的传播有着巨大影响。在自助加油站公共区域应时刻关注关键设备的卫生状况，加油枪是该区域最关键的传播媒介。因此，确保了自助加油枪时刻保持在最佳的卫生状态，也就高效地阻止了病毒在使用者之间的传播。本文概念设计的创新点是基于此发展而来，利用紫外线灯及机械自动化等方式，弥补了工作人员无法时刻清洁加油站设备的弊端，使加油枪设备在每次被使用后都能被重新消毒，并带给用户及时的工作进程反馈，最终在病毒传播的关键节点上消除了卫生安全隐患。随着自助加油站普及程度的提高，该设备在未来的市场上也拥有广泛的使用基数和前景；本设计的出发点基于病毒防控背景，对未来可能的各类流行病原体的防控具有积极的指导和预防作用。该设备作为一款立足于实际生产和使用的设备，在文中描述了其基本的操作流程和基础结构，以及设计细节的可行性、生产和使用的可操作性，但该设备能否满足现阶段模拟和推断过程的需要，仍然有待实际的检验。

#### 参考文献：

[1] ALBERT M R, OSTHEIMER K G. The Evolution of Current Medical and Popular Attitudes Toward Ultraviolet Light Exposure: Part 1[J]. Journal of the Ameri-

can Academy of Dermatology, 2002, 47(6): 930-937.

- [2] 曹旭诺, 张明奇, 张震, 等. 软直线执行器综述及介电弹性体直线执行器设计[J]. 美国皮肤病学会杂志, 2019, 32(10): 566-579.
- CAO, Xu-nuo, ZHANG Ming-qi, ZHANG Zhen, et al. Review of Soft Linear Actuator and the Design of a Dielectric Elastomer Linear Actuator[J]. Journal of the American Academy of Dermatology, 2019, 32(10): 566-579.
- [3] 程廷海, 何孟, 李恒宇, 等. 一种新型梯形滑压电直线驱动器采用右圆挠曲铰链机构[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2017, 64(7): 5545-5552.
- CHENG Ting-hai, HE Meng, LI Heng-yu, et al. A Novel Trapezoid-Type Stick-Slip Piezoelectric Linear Actuator Using Right Circular Flexure Hinge Mechanism[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2017, 64(7): 5545-5552.
- [4] GONZALEZ F, GOSSELIN F, BACHTA W. A 2-D Infrared Instrumentation for Close-Range Finger Position Sensing[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2015, 64(10): 2708-2719.
- [5] JUNG S W, YANG H, KIM S W. Self-Service Model Considering Learning Effect: Self-Service Gas Station[J]. Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society, 2012, 37(4): 73-93.
- [6] LYN D A, CHIU K, BLATCHLEY E R. Numerical Modeling of Flow and Disinfection in UV Disinfection Channels[J]. Journal of Environmental Engineering, 1999, 125(1): 17-26.

(下转第 126 页)