

· 抗击疫情 + 医用设备研发与临床精准施用 ·

# 紫外线消毒灯在新型冠状病毒肺炎疫情下的防控作用

史强<sup>1</sup> 夏慧琳<sup>1</sup> 夏婷<sup>1</sup> 王颖<sup>2</sup> 曾庆全<sup>2</sup> 贺丹<sup>2</sup>

(1. 内蒙古自治区人民医院医学工程处, 呼和浩特 010010; 2. 内蒙古医科大学计算机信息学院, 呼和浩特 010110)

**【摘要】**目的 根据紫外线消毒原理, 结合对新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 研究成果, 对紫外线消毒灯在 COVID-19 疫情防控中的消毒效果进行探讨。**方法** 结合防疫工作需要, 提出了紫外线消毒灯在 COVID-19 疫情防控中的作用, 分析使用过程中可能存在的问题, 并对存在的问题给出相应的解决方案。**结果** 通过分析发现, 紫外线消毒灯在使用过程中对人体可能存在安全危害, 通过 Arduino Nano 单片机控制红外探测模块、无线定时模块、臭氧检测模块等, 为紫外线消毒灯进行结构和功能改造。**结论** 基于紫外线消毒灯在 COVID-19 疫情防控下发挥的重要作用, 保证紫外线照射消毒效果的同时, 也需要关注对人体可能造成的危害, 并针对性提出紫外线消毒灯改造建议。

**【关键词】** 紫外线消毒灯; 新型冠状病毒肺炎; 消毒; 疫情防控

**【中图分类号】** R197.39 **【文献标识码】** A

**【DOI】** 10.11876/mimt202004006

## Prevention and Control of Ultraviolet Disinfection Lamp in Coronavirus Disease 2019 Epidemic

Shi Qiang<sup>1</sup>, Xia Huilin<sup>1</sup>, Xia Ting<sup>1</sup>, Wang Ying<sup>2</sup>, Zeng Qingquan<sup>2</sup>, He Dan<sup>2</sup>. 1. Medical Engineering Department, Inner Mongolia Autonomous Region People's Hospital, Hohhot 010010, China; 2. School of Computer Information, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010110, China

Corresponding author: Xia Huilin, Email: nmyyxl@163.com

**【Abstract】** **Objective** According to the principle of ultraviolet disinfection, combined with the current research results of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), the disinfection effect of ultraviolet disinfection lamps in the prevention and control of COVID-19 epidemic is discussed. **Methods** Combining with the needs of epidemic prevention work, the role of ultraviolet disinfection lamps in the prevention and control of the COVID-19 epidemic is proposed, the possible problems in the use process are analyzed, and corresponding solutions are given to the existing problems. **Results** It is found that the ultraviolet disinfection lamp may pose a safety hazard to the human body during use. The infrared detection module, wireless timing module, and ozone detection module are controlled by the Arduino Nano microcontroller to modify the structure and function of the ultraviolet disinfection lamp. **Conclusion** Based on the important role played by the ultraviolet disinfection lamp in the prevention and control of the COVID-19 epidemic, it is necessary to pay attention to the possible harm to the human body while ensuring the disinfection effect of ultraviolet radiation, and to propose the transformation of the ultraviolet disinfection lamp.

**【Key words】** UV disinfection lamp; COVID-19; Disinfection; Plague prevention

2019年12月底, 新型冠状病毒肺炎 (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) 疫情暴发<sup>[1]</sup>。受新型冠状病毒肺炎疫情影响, 紫外线消毒灯成为疫情防控工作中的重要物资之一, 得到众多医疗机构大范围

第一作者: 史强, 研究方向: 改善现用设备的方便性, Email: 13789517215@126.com

通讯作者: 夏慧琳, 正高级工程师, 研究方向: 内窥镜, 影像设备、技术评估, Email: nmyyxl@163.com

使用。紫外线消毒灯是利用汞灯发出的紫外线，将病原微生物消灭于外环境中的一种物理消毒方法，可有效杀灭空间中的病毒，阻断病毒的散布，同时不会产生二次污染。紫外线消毒灯的特性奠定了它在 COVID-19 疫情防控过程中的重要作用。

## 1 COVID-19 疫情下紫外线消毒灯的研究及应用

2020 年 1 月 30 日，世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 宣布，2019 新型冠状病毒肺炎流行暴发构成国际关注的突发公共卫生事件 (public health emergency of international concern, PHEIC)<sup>[2]</sup>，并于 2020 年 2 月 11 日将新型冠状病毒肺炎命名为 COVID-19<sup>[3]</sup>。紫外线消毒灯可破坏 2019 新型冠状病毒 (2019-nCoV) 遗传结构，灭活 2019-nCoV<sup>[4, 5]</sup>，还能影响 2019-nCoV 中许多酶的活性，使其蛋白分子的结构和功能产生改变，影响蛋白质的代谢合成，最终使其丧失活性<sup>[6]</sup>。《新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案》(试行第五版) 中明确指出，2019-nCoV 属于  $\beta$  属的冠状病毒，对紫外线和热敏感<sup>[7]</sup>。使用强度大于  $90 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  的紫外线照射 30min，可以有效杀灭 SARS 病毒<sup>[8]</sup>。2019-nCoV 与 SARS 病毒存在相关性，持续进行 C 波段远紫外线 (far-UVC) 暴露会使约 90% 的 2019-nCoV 在 8min 内灭活，而 25min 内达到 99.9% 失活<sup>[9]</sup>。所有冠状病毒结构相似，科学合理的使用紫外线可以有效灭活冠状病毒<sup>[4]</sup>。

基于 COVID-19 疫情下，紫外线消毒灯在疫情防控方面发挥着重要作用<sup>[10]</sup>，针对防疫涌现出很多新的功能设计。例如多变智能紫外线消毒灯、电梯按键紫外线消毒灯、手机无线充电及消毒器，还有医疗器械清洗消毒装置等<sup>[11, 12]</sup>。虽然紫外线消毒是阻断病毒传播最重要的技术之一，但也应注意紫外线消毒灯使用不当会对人体产生危害。

## 2 紫外线消毒灯使用时可遇到的问题

### 2.1 紫外线对人体的危害

过度暴露于紫外线辐射会对健康造成有害影响，增加患皮肤癌以及其它疾病的风险<sup>[13]</sup>。若长期

以来错误使用紫外线消毒灯会对人眼睛产生危害，诱发结膜、角膜等疾病，甚至会影响视力<sup>[14]</sup>。

### 2.2 臭氧对人体危害

相关研究证明，臭氧浓度达到一定值时，会导致人体产生明显的生理和病理变化，造成皮肤刺痒、眼睛酸痛、呼吸不畅、咳嗽及鼻炎等症状，对人体健康产生急性或者慢性的有害影响，甚至增加死亡率<sup>[15]</sup>。

## 3 解决方案

对消毒区域进行消毒时，除了要考虑消毒效果，还要避免上述消毒过程中对人体造成的危害，为此提出对传统的紫外线消毒灯的功能进行改进。通过实验，设计了一种智能紫外线消毒装置，在紫外线消毒灯上增加控制器、红外探测模块、无线定时模块、臭氧检测模块等，可实现使用安全、操作便捷、

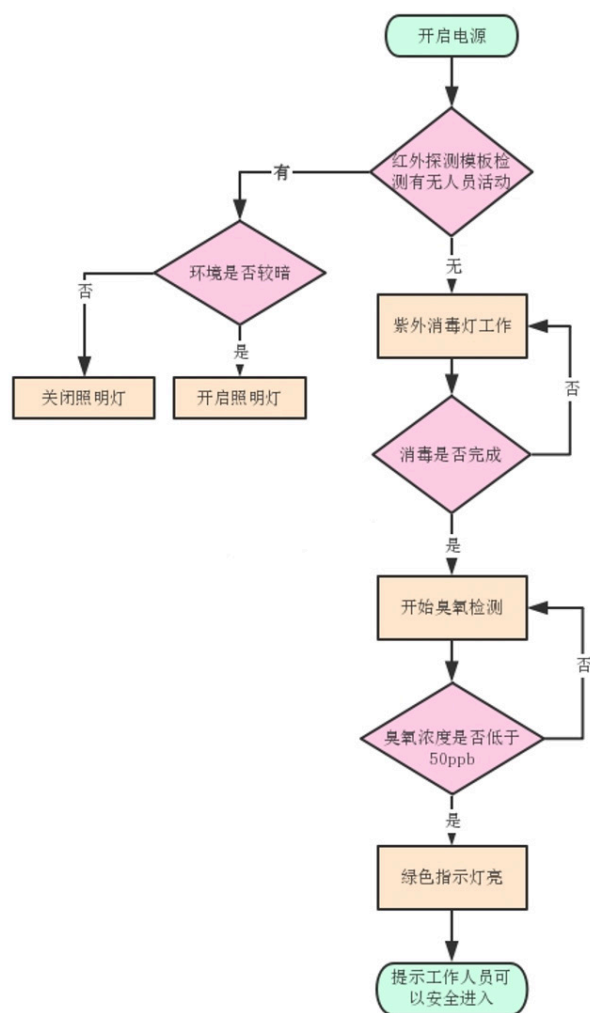


图 1 技术路线图

定时开关等智能消毒功能。

如图1所示,首先开启电源,遥控接收模块接收到开机指令后,系统开始工作。红外探测模块探测该区域内有无人员出入、活动,如果没有人员活动,则紫外线消毒灯正常工作,当有人员进入该区域时,紫外线消毒灯自动关闭。探测环境是否较暗,若环境较暗则开启照明灯,若环境明亮则关闭照明灯,实现“人走关灯、人进关灯”,弥补了现有紫外线消毒灯需要人工控制开关的缺陷,有效避免了紫外线辐射对人体的危害。紫外线消毒灯消毒完成后,臭氧检测装置开始工作,当检测到臭氧浓度低于50ppb时,绿色指示灯亮,提示工作人员可以安全进入;当检测到臭氧浓度高于50ppb时,红色指示灯亮,提示工作人员不可以进入。

### 3.1 利用 Arduino Nano 单片机实现对紫外线消毒灯的总控制

选用 Arduino Nano 单片机实现装置中紫外线消毒灯和照明灯的智能控制。Arduino Nano 单片机具有12个数字输入/输出端口(D2-D13)。8个模拟输入端口(A0-A7)。1对TTL电平串口收发端口(RX/TX)。6个PWM端口(D3、D5、D6、D9、D10、D11)。支持USB下载及供电并支持外接3.3V~12V直流电源供电。其便捷灵活的特性可以与红外探测模块、无线定时模块和臭氧检测模块结合,实现紫外线消毒灯智能化消毒及照明。

### 3.2 利用红外探测模块和无线定时模块控制紫外线消毒灯

为实现智能控制紫外线消毒灯的功能,防止紫外线对人体直接伤害,利用红外探测装置和无线定时模块控制紫外线消毒灯。针对红外探测模块,采用以下五个部件:①NICERA红外热敏探头通过热释电材料极化随温度变化的特性探测红外辐射,双灵敏元互补方法抵制温度变化的干扰,提高了传感器的工作稳定。②菲涅尔透镜完成聚集作用并将探测区域分为若干个明区和暗区,控制开关通断作用。③广角红外探测能保证红外感应角度 $110^\circ$ ,有效探测物体运动轨迹迅速点亮灯具照明。④双向可控硅代替两只反极性并联的可控硅,无触点、无噪音、

性能稳定。⑤人性化6LX流明设计人性化光控。

针对无线定时模块,采用蓝牙定时开关,通过蓝牙模块与终端设备无线连接,可以实现APP手动、自动定时开启关闭功能。其中,主要由蓝牙定时开关,无线连接设置和定时器组成。

### 3.3 增加臭氧检测模块降低臭氧危害

原国家质量检测技术监督局制定的《室内空气臭氧卫生标准》规定了室内臭氧浓度1h平均浓度不得超过50ppb<sup>[6]</sup>,当空气中臭氧浓度高于50ppb时,人员进入消毒区域会对人体造成伤害,所以通过增加臭氧检测装置,实现检测臭氧的目的。

为实现紫外线杀毒区域内臭氧气体探测,避免人员进入高浓度臭氧区域造成的伤害,采用了Arduino SB MQ-131臭氧传感器。具体检测原理如下:Arduino SB MQ-131臭氧传感器是阻性输出传感器,当臭氧浓度增加时,其输出电阻减小。通过电路设计,将其电阻值转化为电压值,并与参考电阻RP上的压降通过比较器LM393进行比较,判断臭氧浓度是否高于预设极限值。根据比较器的结果,对报警灯进行驱动,提醒人员能否进入消毒区域的指示。当传感器检测到臭氧浓度值高于预设极限值,比较器输出为低电平,传感器输出为低电平,红色指示灯亮,提醒人员不可入内。反之,当没有信号的时候,即臭氧浓度低于50ppb时传感器输出高电平,等于电源电压,绿色指示灯亮,提醒人员可以安全进入。该传感器对臭氧气体具有很高的灵敏度。基于Arduino SB MQ-131臭氧传感器,在紫外线消毒灯上增加臭氧检测装置,使紫外线消毒灯消毒完成后臭氧检测装置开始工作,避免了臭氧对人体的危害。

综上所述,通过研制智能紫外线消毒装置(图2),可以实现智能紫外线消毒功能,当室内无人员活动时进行紫外线消毒,紫外线消毒结束后进行臭氧检测;当室内有人员活动时检测环境是否昏暗,若环境较暗则开启照明灯,若环境明亮则关闭照明灯。

## 4 结论

基于紫外线在COVID-19疫情中的重要作用,



图2 智能紫外线消毒灯

针对紫外线消毒灯在使用过程中可能出现的问题，对紫外线消毒灯进行结构及功能改进，通过增加Arduino Nano单片机、红外探测模块、无线定时模块、臭氧检测模块等模块，实现紫外线消毒灯使用空间人员活动检测和臭氧浓度检测，避免紫外线和臭氧对人体可能造成的危害。

#### 参考文献

- [1] 张华吉, 李秀记, 郭媛媛, 等. 2020年1~4月全国新型冠状病毒检测试剂获准数据分析[J]. 现代仪器与医疗, 2020, 26(2): 17-21.
- [2] 刘继敏, 李力. 医院紫外线消毒的质量管理[J]. 中国消毒学杂志, 2012, 29(1): 83-84.
- [3] 李丹荣, 何冬红. 紫外线消毒灯的应用及其相关标准分析[J]. 中国医疗器械信息, 2006, 12(11): 40-41+59.
- [4] Buonanno M, Welch D, Shuryak I, et al. Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Sci Rep.* 2020, 10(1): 10285. Published 2020 Jun 24. doi: 10.1038/s41598-020-67211-2.
- [5] 李俊杰, 李亚玲, 刘永琦, 等. M1/M2型肺泡巨噬细胞亚群在新型冠状病毒肺炎中的作用及中医药调控机制研究进展[J/OL]. 中国实验方剂学杂志: 1-12[2020-07-21]. <https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfx.20201907>.
- [6] World Health Organization. Interim guidance—rational use of personal protective equipment for coronavirus disease 2019(COVID-19)[S]. Geneva: World Health Organization, 2020-02-27.
- [7] 新型冠状病毒感染的肺炎诊疗方案(试行第五版)[J]. 江苏中医药, 2020, 52(2): 96+95.
- [8] 张朝武, 王国庆, 姚玉红. SARS-CoV对外环境中理化因子的抵抗力和稳定性[J]. 现代预防医学, 2004, 31(1): 1-3.
- [9] HeBling M, Hones K, Vatter P, et al. Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation—review and analysis of coronavirus photo inactivation studies. *GMS Hyg Infect Control.* 2020, 15: Doc08. Published 2020 May 14. doi:10.3205/dgkh000343.
- [10] 刘广, 李璐. 多变智能紫外线消毒灯[J]. 设计, 2020, 33(6): 20.
- [11] 刘志刚. “按安”电梯按键紫外线消毒灯[J]. 设计, 2020, 33(6): 21.
- [12] 齐天白, 施惠芬, 侯珺琳. 一种医疗器械用清洗杀菌消毒装置的研制[J]. 医疗卫生装备, 2019, 40(2): 104-105.
- [13] V é liz K, Chand í a N, Bischof K, et al. Geographic variation of UV stress tolerance in red seaweeds does not scale with latitude along the SE pacific coast [published online ahead of print, 2020 Apr 29]. *J Phycol.* 2020; 10.1111/jpy.13009. doi:10.1111/jpy.13009.
- [14] 沈振邦. 紫外线杀菌灯应用中应注意的问题[J]. 中国消毒学杂志, 1994, 21(1): 10.
- [15] 杨喆. 南京地区住宅内臭氧的影响、来源与贡献[D]. 南京大学, 2019.
- [16] 郭超, 郜志. 关于国内外臭氧限值浓度标准的探究[J]. 建筑科学, 2020, 36(2): 163-170+199.