

# 基于AIoT和等离子技术构建校园空间灭菌除味系统

申浩冉<sup>1</sup> 张丕喜<sup>1</sup> 董晓芹<sup>2</sup>

1. 青岛第四十二中学 山东青岛 266000

2. 上海医药集团青岛国风药业股份有限公司 山东青岛 266000

**摘要:** 低温等离子和湿热灭菌等技术在当前公共区域的环境空气质量治理方面具有重要的意义, AIoT与传感器技术在环境检测和空气浮游细菌检测等方面数据采集与AI处理具有广泛的应用, 本文从空气浮游细菌数据实时检测、超阈值报警、联动灭菌器自动杀灭细菌病毒、去除污染气体/异味等主要因素出发, 提出校园空间消毒系统, AIoT和低温等离子技术、湿热灭菌技术运用设计方案。

**关键词:** AIoT; 低温等离子技术; 湿热灭菌技术; 无线传输; 细菌

## Construction of campus space sterilization and odor removal system based on AIoT and plasma technology

Haoran Shen<sup>1</sup>, Pixi Zhang<sup>1</sup>, Xiaoqin Dong<sup>2</sup>

1. Qingdao No.42 Middle School, Qingdao, Shandong, 266000

2. Shanghai Pharmaceutical Group Qingdao Guofeng Pharmaceutical Co., Ltd, Qingdao, Shandong, 266000

**Abstract:** Low-temperature plasma and moist heat sterilization technologies play a significant role in the current management of environmental air quality in public areas. AIoT (Artificial Intelligence of Things) and sensor technology have wide-ranging applications in data collection and AI processing for environmental monitoring and the detection of airborne bacteria. This paper proposes a design plan for a campus space disinfection system that utilizes AIoT, low-temperature plasma technology, and moist heat sterilization technology, focusing on real-time detection of airborne bacteria data, exceeding threshold alarms, automated disinfection device coordination for bacteria and virus eradication, and the removal of air pollutants and odors.

**Keywords:** AIoT; Low Temperature Plasma Technology; Wet Heat Sterilization Technology; Wireless Transmission; Bacteria

### 一、研究背景

#### 1. 研究背景

季节性的流行感冒、周边空气质量污染以及其他呼吸道感染病, 在校园很容易引发群体感染, 实现健康校园、空气清洁是我们亟待解决的课题。需要实时监控校园空间及周边空气质量参数、环境变化参数、以及超出阈值的情况进行预警, 并自动联动相关灭菌器和消杀设备进行灭菌除味。随着AIoT技术的飞速发展, 在空气中检测浮游细菌和微生物方面都有了长足的发展, 检测细菌种类越来越多和精度越来越高, 对部分细菌进行灭杀也越来越成熟。

#### 2. 国内外相关领域的现状分析

部分校园搭建了环境监测, 没有细菌、病毒、霉菌、甲醛、苯酚、不良气味等等项目的数据采集; 治理方面

多数采取的是空气净化, 而不是定向细菌、病毒、霉菌等杀菌控制, 不是定向甲醛、苯酚等等有机污染气体的去除控制, 不是定向不良气味的去除控制; 更没有实现采集与杀菌联动。

针对国家卫生健康委办公厅日前在其发布《空气污染(霾)人群健康防护指南》, 改变传统通过安装功能单一的空净产品来满足不同时室内空气环境治理需求, 在学校环境下并非最佳选择, 这是由学校及教室场所与其所使用人员的独特性所决定的。学校空气环境建设与管理应当作为智慧校园与健康校园的重要连接纽带, 为学校智能化建设改造提供更完善、更高效、更节能一体化解决方案, 这也是健康校园空气环境治理的主流方向。

为了实现校园周边和校园空间的环境数据、空气质量参数的采集、超阈值进行报警、联动灭菌除味、数据

存储、大数据分析。因此，采用新一代信息技术，结合AIoT技术、传感器技术、低温等离子技术、湿热灭菌技术，可以一定程度上实现校园空间及周边空气质量的治理，实现校园空气的健康管理。

## 二、研究目的

基于AIoT和等离子技术构建校园空间灭菌去味系统的目标是为了实现健康校园、健康空气，本项目研究需要达到的目的如下：

(1) 通过AIoT技术，融合空气浮游细菌采集终端、环境传感器，实时监控校园空间、以及校园周边的空气质量和环境指标，特别是空气中的浮游细菌、病毒、霉菌、孢子、微生物等等细菌的检测、超阈值预警、上报；

(2) 通过AIoT技术+传感器，实现对于校园周边流入和校园内部特定区域的有机污染气体进行监测、超阈值预警、上报；

(3) 通过AIoT技术远程控制低温等离子消毒器、湿热灭菌等等智能终端对指定区域进行杀灭细菌、病毒等，对校园周边和特定区域的有机污染气体进行去除。

## 三、研究内容

本项目的研究内容包括空气浮游细菌采集终端、空气消毒智能终端、环境采集终端、空气质量调控网关、太阳能充放电系统、可移动底座、校园空间空气质量监测预警平台、物联网、AI分析等十部分，以及这十部分的联动与智能控制，共同完成校园空间及周边空气质量的治理。

### 1. 空气浮游细菌采集终端

本系统中采集空气中的浮游细菌采用基于安德森撞击等级第五级的浮游菌采样器。空气中的浮游菌其实是泛指飘浮在空气的各类微生物，包括病毒、立克次氏体、细菌、真菌、原生虫等，这些微生物一般肉眼不能看到，它们或多或少对人体健康都有影响；对这些细菌的采集方案具体如下：

(1) 选择几款基于安德森撞击等级第五级的浮游菌采样器；

(2) 准备一些发霉的水果、生肉、面食、变质的剩菜，通过吹风机吹向采样器的采样头；

(3) 然后通过空气质量调控网关RJ485接口读取浮游细菌采集器的数据，并记录；

(4) 利用所学的生物实验知识做一个对比实验，准备一台显微镜和一些载玻片，通过吹风机吹向载玻片，吹同等时间后，将载玻片放在显微镜下观察，记录细菌的种类和数量。

对两组数据进行对比分析，佐证浮游菌采样器的采

集精度，并在空气质量调控网关配置校准建模，然后再做对比实验，直到二者的数据误差低于设定值，同时修正网关的建模算法。

### 2. 空气消毒智能终端

对于空气中的部分细菌、病毒和异味的消毒，本系统采用基于低温等离子技术的空气消毒智能终端。

#### (1) 工作原理

低温等离子体技术在产生等离子体的过程中，高频放电所产生的瞬间高能足够打开一些有害气体分子内的化学键，使之分解为单质原子或无害分子；等离子体中包含大量的高能电子、正负离子、激发态粒子和具有强氧化性的自由基。当臭气分子获得的能量大于其分子键能的结合能时，臭气分子的化学键断裂，直接分解成单质原子等无害气体分子。同时产生的大量OH等活性自由基和氧化性极强的O<sub>3</sub>，与有害气体分子发生化学反应，最终生成无害产物。

低温等离子体的净化作用还具备显著的生物效应。发生的静电作用在各种细菌、病毒等微生物表面产生的电能剪切力大于细胞膜表面张力，使细胞膜遭到破坏，导致微生物死亡。

#### (2) 实施方案

启动空气消毒智能终端，将含有一定浮游细菌的载玻片放在空气消毒智能终端喷气端的一侧，距离空气消毒智能终端喷气一侧1米的距离，间隔1分钟、3分钟、5分钟、10分钟，将该载玻片放在显微镜下进行采样记录，分析空气消毒智能终端的杀菌除味精度，将该数据在空气质量调控网关建模。

同样的原理在选择一款湿热灭菌器，也做类似的实验，最后也需要在空气质量调控网关建模。

### 3. 环境采集终端

对于校园环境数据采集选择一款11元素的环境传感器，能够采集温度、湿度、风速、风向、PM2.5、PM10、太阳辐照度、紫外线强度、雨量计、噪声，具体指标如表一所示：

表一 11元素环境传感器的技术指标

序号	监测名称	技术指标
1	温度	1、测量范围：-40℃ --- +120℃ 2、精度：±0.5℃（25℃）
2	湿度	1、测量范围：0%RH-99%RH 2、精度：±3%RH（60%RH，25℃）
3	太阳辐照度	1、光谱范围：300nm---3000nm 2、测量范围：0--1800W/ m <sup>2</sup> 3、分辨率：1W/ m <sup>2</sup>

序号	监测名称	技术指标
4	气压	1、测量范围：0-120Kpa 2、精度： $\pm 0.15\text{Kpa}@25^\circ\text{C}$ 75Kpa
5	PM2.5	1、测量范围：0-1000ug/m <sup>3</sup> 2、精度： $\pm 10\%$ （25℃）
6	PM10	1、测量范围：0-1000ug/m <sup>3</sup> 2、精度： $\pm 10\%$ （25℃）
7	紫外线强度	1、波长：240-370 nm 2、测量指数范围：1--15
8	风速	1、测量范围：0--60m/s 2、分辨率：0.01 m/s 3、精度： $\pm (0.2\text{m/s} \pm 0.02*v)$ （v为真实风速）
9	风向	1、测量范围：0-360° 2、分辨率：1° 3、精度： $\pm 3^\circ$
10	噪声	1、测量范围：30dB~120dB 2、精度： $\pm 3\text{db}$
11	雨量计	1、雨强范围：0mm ~ 4mm/min（允许通过最大雨强8mm/min） 2、分辨率：0.2mm/0.5mm 可选 3、精度： $\leq \pm 2\%$

技术方案：在校园部分区域安装温湿度、噪声、PM2.5、PM10、风速、风向、太阳辐射度等等11元素环境传感器，监测相关气象参数。各传感器均采用RS485通信方式，采用一个RS485与空气质量调控网关相连接，将相关气象参数传输到空气质量调控网关上，由空气质量调控网关将数据加工完成后传输到校园空间空气质量监测预警平台上；超设定阈值时以消息推送到方式发给相关管理人员。

#### 4. 空气质量调控网关

选择一款支持二次开发、ARM核心板的网关，具有4路RJ45接口、2路RJ485接口、4路DO口、2路AI口、有线网络/4G/CAT.1、3路12V输出、1路24V输出等外设接口，如图一所示：



图一 空气质量调控网关

需要根据本项目的设计方案进行二次开发，实现一个空气质量调控计算分析功能，成为一个空气质量调控

网关，研究内容如下：

(1) 实现空气浮游细菌采集终端的接口对接、设备管理、参数配置、阈值设置、实时数据采集与上报、超阈值上报、以及数据校准算法建模；

(2) 实现空气消毒智能终端的接口对接、设备管理、参数配置、实时数据采集与上报、以及灭菌、除味等算法建模；

(3) 实现环境采集终端的接口对接、设备管理、阈值设置、实时数据采集与上报、超阈值上报；

(4) 太阳能充放电系统接口对接、管理、充电、数据采集上报、故障上报；

(5) 支持网络参数设置、mqtt上传服务器参数设置；

(6) 可以在本地实时处理分析空气浮游细菌监测、空气消毒、信息发布、环境监测、太阳能充放电等多种类数据、以及设备的联动，分担部署在云端的计算资源，在物联网边缘节点实现数据优化、实时响应、敏捷连接、模型分析等业务，使AI时代下的数字化物联网更进一步；借助加密传输来保障数据的安全性。

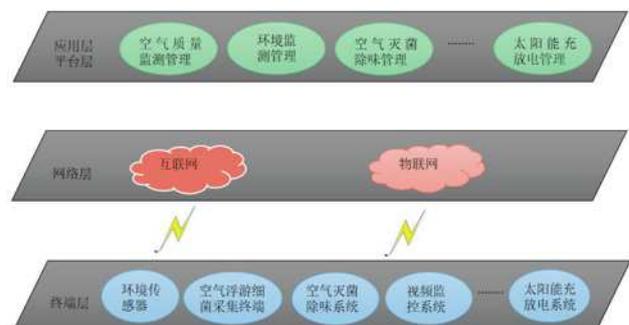
#### 5. 太阳能充电系统

本项目的太阳能充放电系统包括光伏组件、充放电控制器和蓄电池三部分，日常供电采用太阳能发电，当蓄电池的放电达到设定下限时，自动切换市电供电。

在可移动底座底部台面上安装一组光伏组件，锂电池组和太阳能充放电控制器安装在台面另一侧的控制箱内，太阳能充放电控制器的RS232串口与边缘物联网网关的RS232串口相连接，边缘计算分析网关根据锂电池组的存电量情况控制给设备供电，优先采用太阳能给设备供电；当蓄电池的放电达到设定的下限时，边缘计算分析网关自动切换的网关输出供电。

#### 6. 校园空间空气质量监测预警平台

校园空间空气质量监测预警平台从系统架构上分为：感知层、联网层、平台层+应用层，具体如图二所示：



图二 校园空间空气质量监测预警平台架构图

感知层：包括空气浮游细菌采集终端、空气消毒智

能终端、环境采集终端、边缘计算分析网关、太阳能充电放电系统等设备，其为系统的应用提供可靠的、稳定的、有效的数据来源。

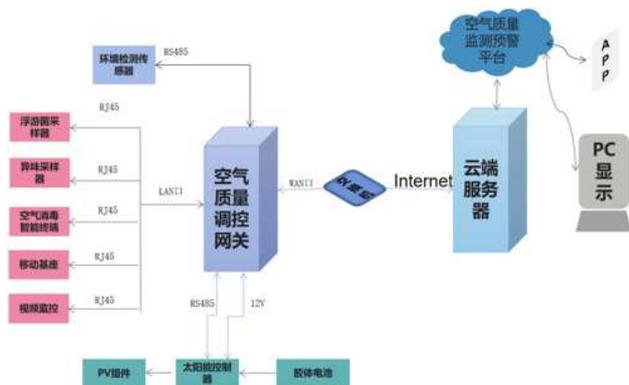
联网层：包括互联网、移动网和物联网，实现感知终端和平台之间稳定的信息传输服务。

平台层：包括向应用服务层提供所需的各种通用服务资源，能够有效的简化应用系统的设计和实现，降低维护成本。支撑平台主要包括：设备接入层、移动终端接入层、安全保障系统、大数据分析挖掘、公共服务组件、第三方服务、各类引擎支撑、灾备平台、云计算平台、运维平台等。

应用层：主要包括空气浮游细菌采集终端管理、空气消毒智能终端管理、环境监测、太阳能充电放电系统、物联网设备管理、系统管理、权限管理、应急管理、数据分析、历史数据、日志管理、能耗管理等诸多数字化应用。

### 7.AI+ 物联网

本项目通过物联网技术实现浮游细菌采集终端、空气消毒智能终端、环境采集终端、太阳能充电放电系统等设备和空气质量调控网关之间的物联，边缘计算分析网关和校园空间空气质量监测预警平台之间互联，如下图三所示：



图三 校园空间灭菌除味系统物联网拓补

硬件系统部署如图四所示：



图四 校园空间灭菌除味系统终端设备部署分布图

## 四、研究方法

### 1.技术路线

基于AIoT和等离子技术构建校园空间灭菌除味系统采用云边端协同的技术路线，研究方法是基于4个系统+1张网+1张图+1个AI平台四大要素进行研制。

四个系统：基于AIoT技术，融合有空气浮游细菌采集、空气消毒、环境采集等终端、太阳能充电放电系统和空气质量调控网关组成区域消毒系统，安装消毒系统，实时采集校园空间的空气质量参数，设定预警阈值，进行报警与灭菌除味

一张网：校园空间通过物联网、互联网、无线wifi网获取空气质量、环境、物联感知、智能终端等信息数据。实现校园空气质量感知、信息系统的互联互通。

一张图：校园空间通过BIM、三维地图重现等技术手段实现传统校园的可视化管理。通过刻画校园内部精细化电子地图，实现资源可视化展示，用“一张图”掌握校园总体态势。

一个AI平台：构建一个共建共享通用功能云端协同的校园空间空气质量监测预警平台，实现校园智慧空间多源数据规模化处理与实时分析技术，构建空气质量大数据深度学习等多种雏形算法模型，融合互联网+、物联网、边缘计算、AI、BIM以及云端协同等技术，实现空气浮游细菌采集终端管理、空气消毒智能终端管理、环境监测、太阳能充电放电系统、物联网设备管理、系统权限以及应急管理、历史数据日志能耗管理等数字化应用，实时掌握校园空间及周边空气质量。

### 2.研究方案思路

(1) 基于AIoT技术，融合空气浮游细菌终端、低温等离子等灭菌器、环境传感器、太阳能充电放电系统组成校园消毒系统，实时采集校园空间的空气质量参数，并设定相应的预警阈值，超阈值进行报警与灭菌除味；

(2) 基于低温等离子技术通过过滤、净化、杀菌等原理设计出空气消毒的智能终端，远程实现杀灭细菌、病毒、霉菌、孢子等杀菌控制功能，远程实现空气中的甲醛、苯酚等有机污染气体的去除控制功能，远程实现不良气味去除功能；

(3) 实现空气质量采集终端与空气消毒智能终端联动，空气质量采集终端采集到空气质量出现警情，根据类型启动空气消毒智能终端相应的杀菌或去除功能。

(4) 校门口、周边、特定区域安装消毒系统，检测区域空气质量实时上报平台；

(5) 搭建校园空间空气质量监测预警平台, 实时掌握校园空间及周边空气质量。

## 五、实验过程和结果

### 1. 实验过程

包括空气质量相关采集设备选型与实验对比、太阳能供电系统搭建调试、边缘计算分析网关选型与二次开发、校园空间空气质量监测预警平台的搭建与开发、以及整个系统的联调; 最后是系统采集数据, 通过显微镜观察进行对比分析。

### 2. 实验结果

实验结果如下:

(1) 采集到空气中的部分细菌、病毒、有害气体以及厕所异味, 误差稍大;

(2) 能够对指定区域进行杀菌、病毒, 去除甲醛、苯酚和不良气味;

(3) 会产生过量的臭氧、氮氧化物等, 需要对这些衍生有害物进行去除;

(4) 太阳能供电系统能够满足终端消毒系统日常工作, 节能减排效果显著。

## 六、分析

通过本项目的研究与过程中的实验数据分析如下:

(1) 该系统在空气质量参数方面采集误差大, 需改进采集终端, 提高精度;

(2) 会产生过量的臭氧、氮氧化物等衍生物, 需对这些污染物进行去除。

## 七、研究结论

“基于 AIoT 和等离子技术构建校园空间灭菌除味系统”, 能够实现校园空间空气质量检测、预警、杀菌, 对校园空间突发空气污染防控有一定作用。

### 参考文献:

[1] 曲献伟, 程志兵, 陈刚. 放电等离子体技术在恶臭气体净化中的应用[J]. 中国市政工程, 2005, 6: 33-35

[2] 奚旦立, 孙欲生, 刘秀英. 环监监测[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001

[3] 侯建, 刘先年, 侯惠奇. 低温等离子体技术及其治理工业废气的应用[J]. 上海环监科学, 1999, 18(4): 151-153

[4] 张文福. 低温等离子灭菌技术现状与质量控制, 360文库, 2018