

# 生猪智能环境控制技术研究与应

汇报人：王燕

华南农业大学动物科学学院

2024年6月16日



# 目录

- 一、定义及架构
- 二、舍内环境控制
- 三、场区环境控制

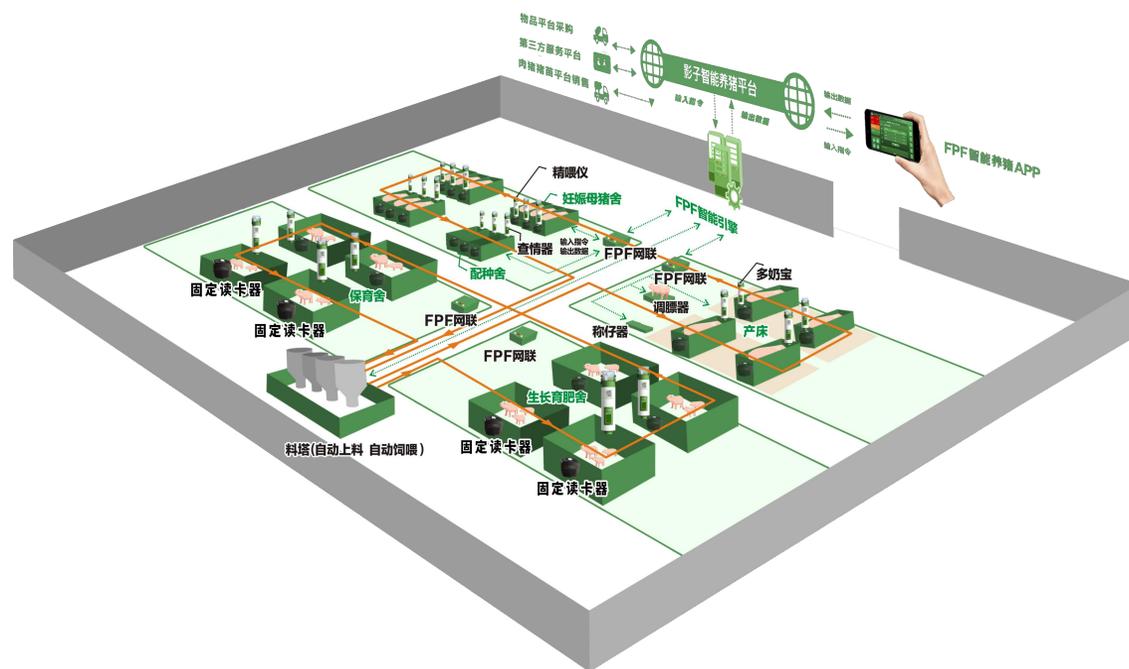


# 第一节

## 定义及架构

# 第一节 定义及架构

(1) 定义：**生猪智能环境控制技术**是利用先进的物联网、传感器和智能控制设备等技术手段，建立**智能化的生猪养殖环境管理系统**，全面监测和控制生猪养殖场内的温度、湿度、气体浓度等**关键环境参数**。通过**实时数据**采集与分析，优化生猪养殖环境，提升生猪健康、生长效率和生产性能，实现生猪养殖过程的**智能化、精细化管理**。



# 第一节 定义及架构

## (2) 架构

摆脱传统运营方式，运用**组网**对环境进行**智能化监测**，实现经营管理者对牧场状态的**实时监控**、对舍内设备的**实时控制**。





## 第二节

# 舍内环境控制

## 涵盖范围

- ① 空气过滤
- ② 智能通风
- ③ 废气处理
- ④ 温湿控制
- ⑤ 清粪系统



# 第二节 舍内环境控制

## 组成部分

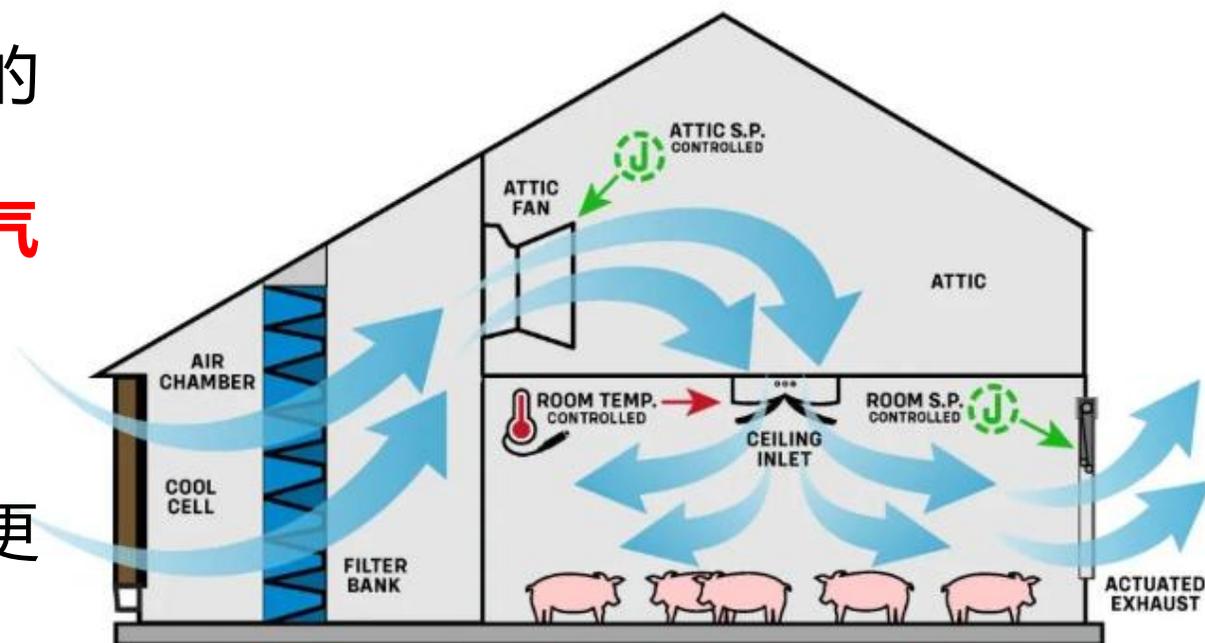
- **传感器**
- 数据处理系统
- **自动控制设备**
- 监控平台（电脑或移动设备上的应用程序）



# 第二节 舍内环境控制

## 一、智能空气过滤——定义

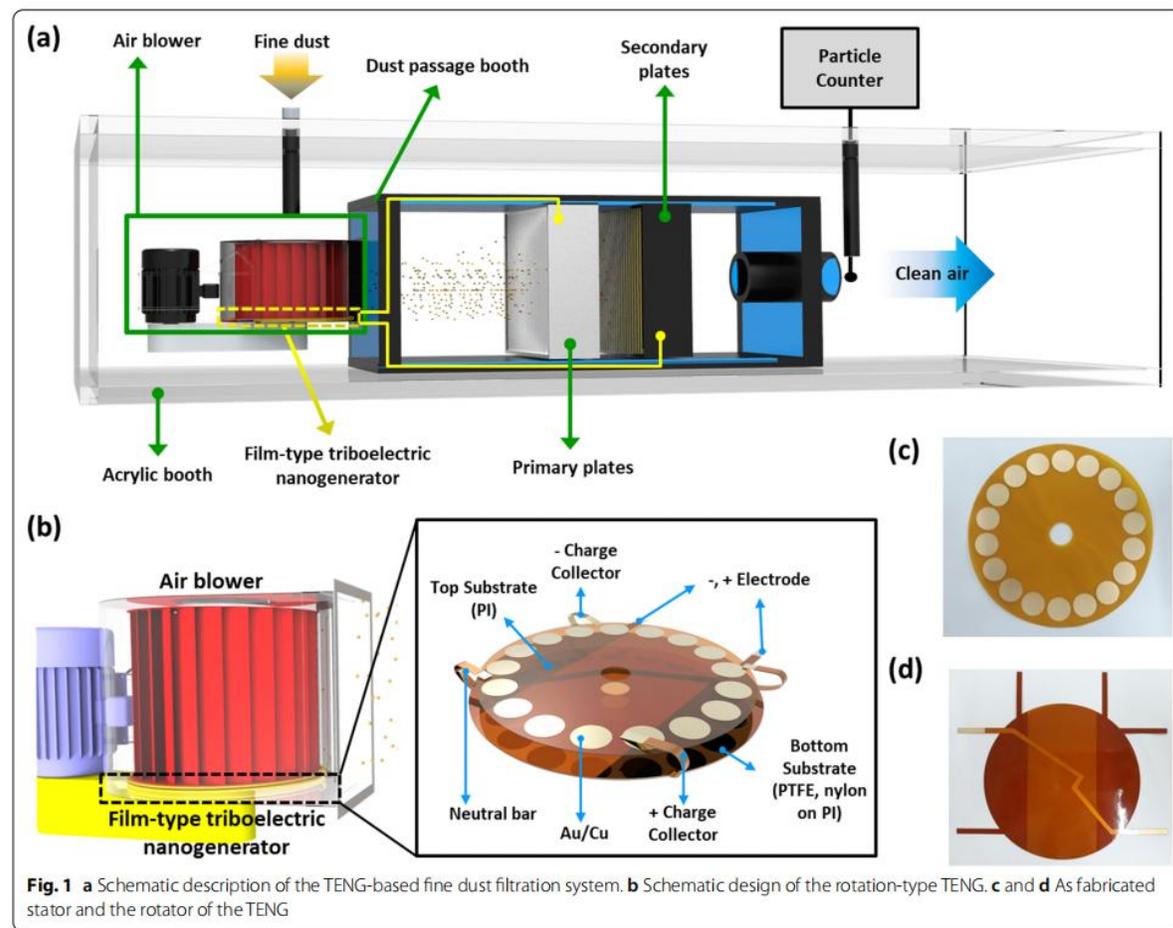
一种集成**先进过滤技术**和**智能控制策略**的环境管理系统，旨在**优化猪舍内部的空气质量**，**减少空气中的有害物质**，如尘埃、细菌、病毒和有害气体，从而提供一个更**清洁、更健康**的环境给猪只生长和繁殖。



# 第二节 舍内环境控制

## 一、智能空气过滤——案例一

一种新型的**摩擦电 (TE) 空气过滤系统**，基于一个**旋转型摩擦电纳米发电机 (TENG)** 和一个**过滤器**，放置在气流通道中。当TENG充电两个板设置相反的电荷时，流动的空气粒子在主板上充电，并由于电场在主板上收集。TE过滤器对细尘颗粒的**PM2.5去除效率为99.97%**。



# 第二节 舍内环境控制

## 一、智能空气过滤——案例二

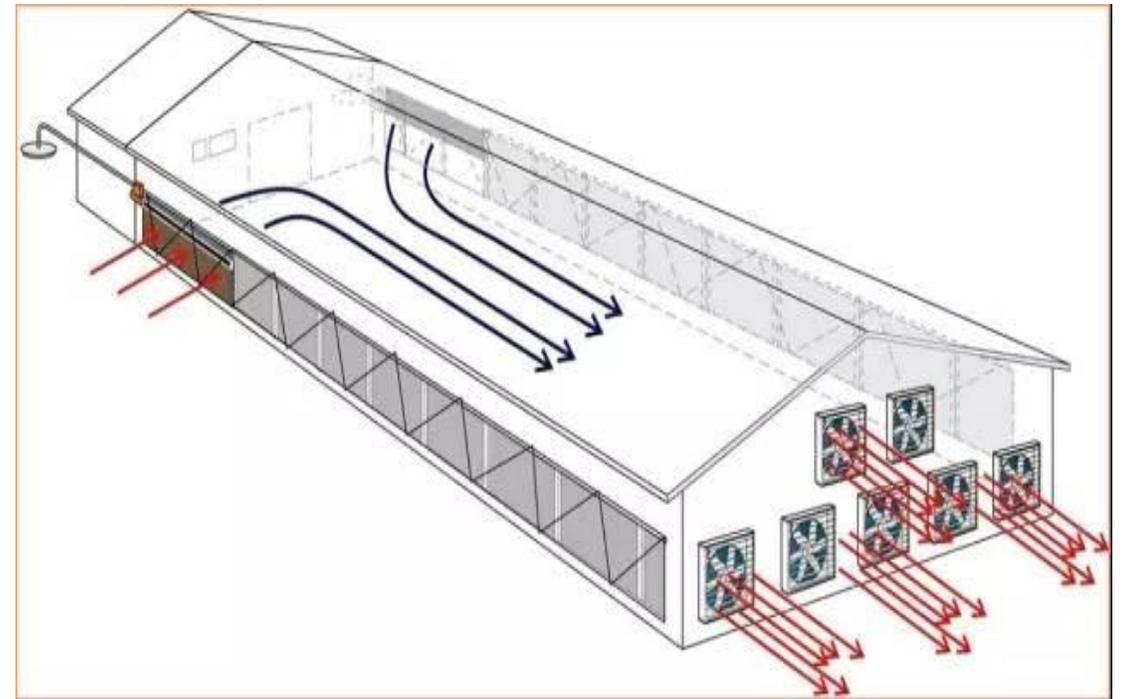
一种利用**风驱动软接触摩擦电纳米发电机 ( SC-TENG )** 的自动力空气净化系统，通过采用**多孔电极阵列**，自动力空气净化系统实现了优异的除尘效率。自动力空气净化系统对烟雾颗粒非常敏感，其尺寸范围为 $0.3\sim 10\mu\text{m}$ 。



# 第二节 舍内环境控制

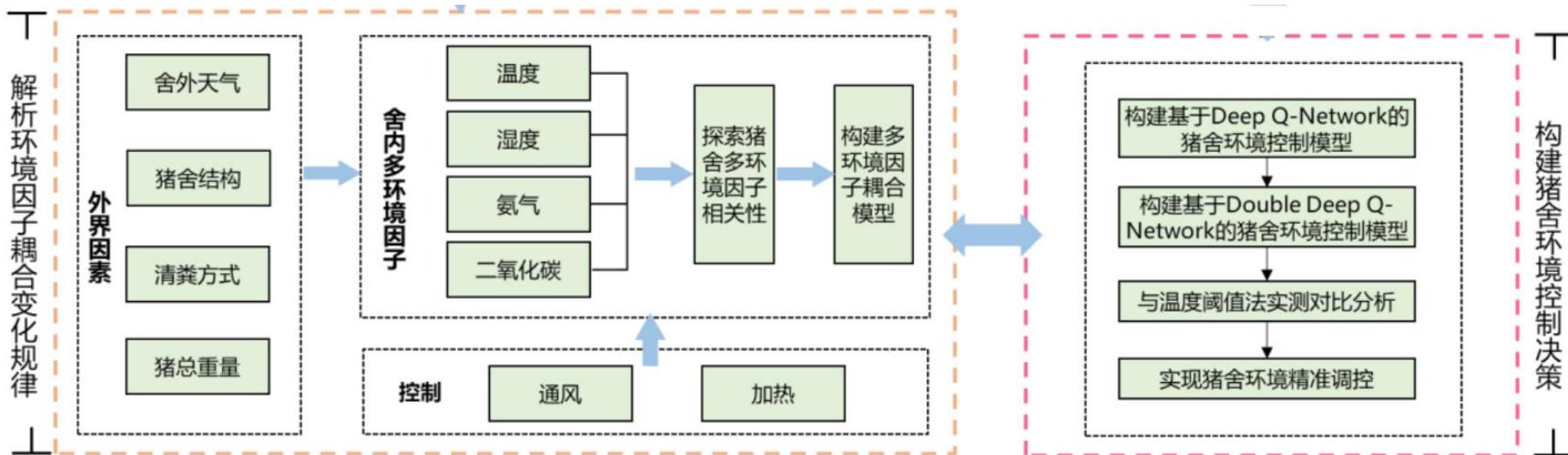
## 二、智能通风——定义

利用高精度的传感器**实时监测**猪舍的环境参数，根据猪舍内的空气质量，系统**自动调整**通风设备的运行，确保猪舍内空气新鲜，减少疾病传播。



# 第二节 舍内环境控制

## 二、智能通风——案例一



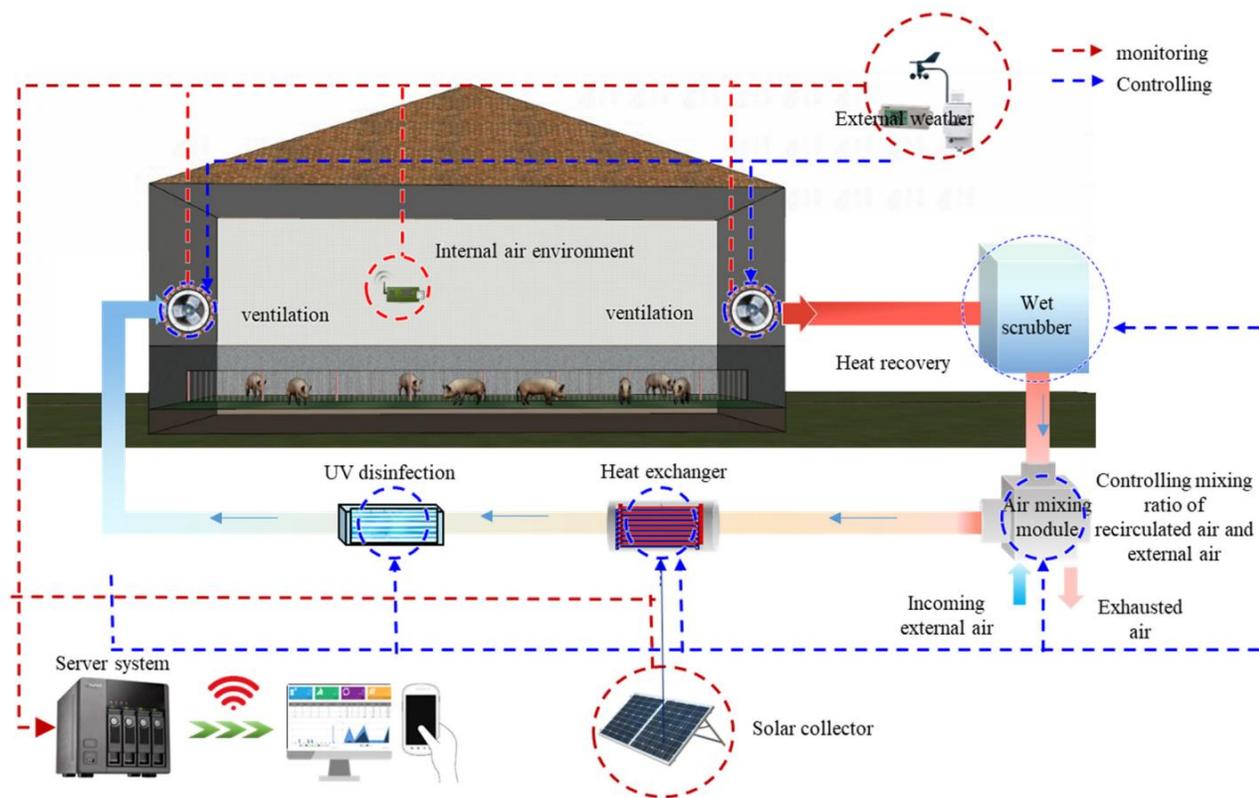
基于物联网技术的猪舍环境智能控制系统流程图

该系统可通过**获取的不同季节的猪舍环境数据**，进一步解析猪舍**多环境因子的耦合变化规律**，通过**深度强化学习**的猪舍环境多目标**自寻优控制模型**，结合冬季和夏季猪舍通风与温度的动态变化关系，实现对猪舍环境参数的**联合精准调控**，实现猪舍**通风与温度的平衡**。

# 第二节 舍内环境控制

## 二、智能通风——案例二

**空气循环通风系统**由空气洗涤器模块、外部空气混合模块、紫外线清洁模块、太阳能热模块和空气分配模块组成。与现有通风系统相比，通风率可提高约**4倍以上**。该空气循环通风系统可以妥善维持猪舍内的生长环境，**减少有害气体排放和预防疾病**。



**Air recirculated ventilation system**

## 二、智能通风——案例三

利用天气预报数据制定了24小时最优通风系统控制策略来控制畜舍温度。与传统控制方法相比，所开发的最优通风系统控制策略具有更好的室内气温维护性能（节能性能）为20.50%。

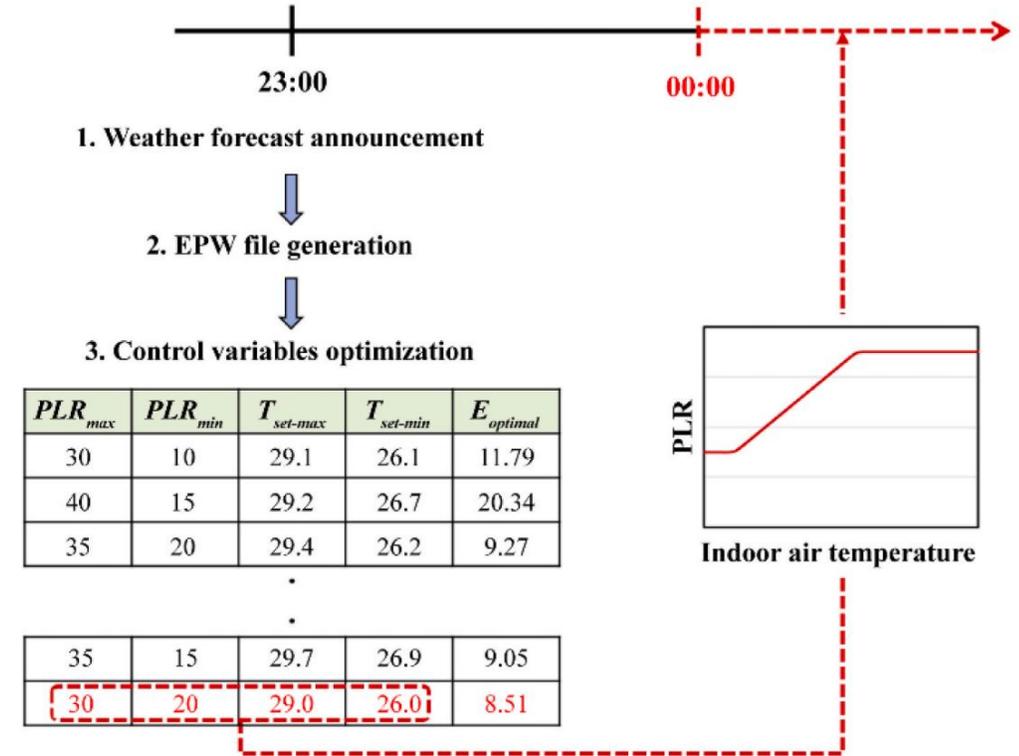
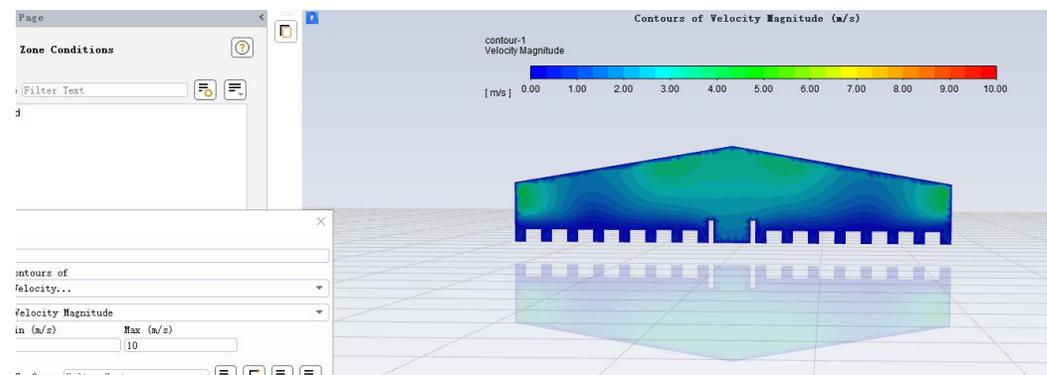
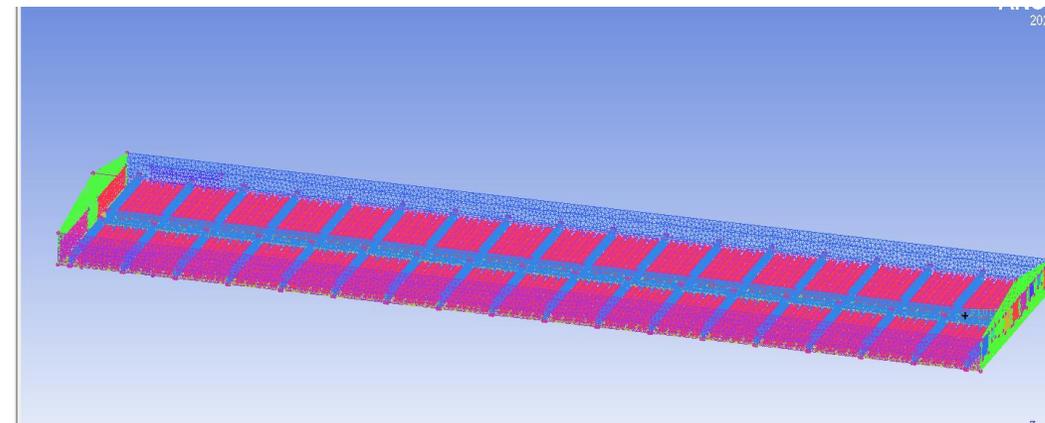
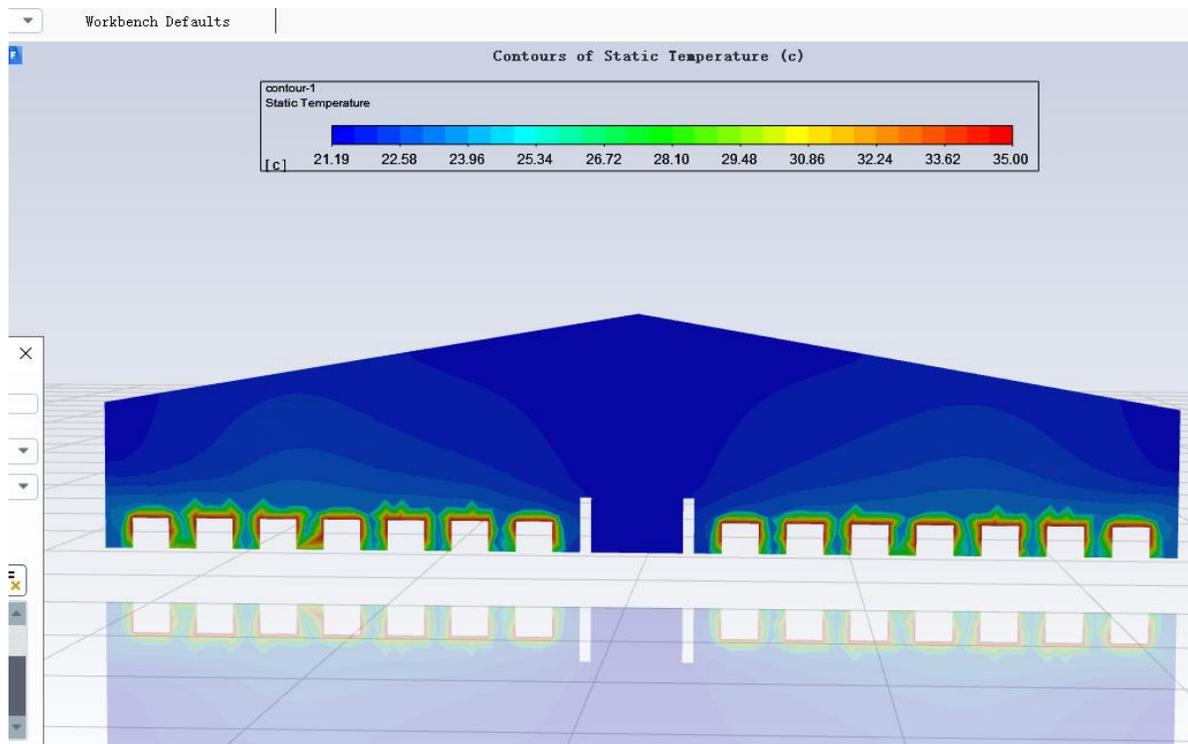


Fig. 8. Development of optimal ventilation system control.

### 最优通风控制流程图

## 二、智能通风——案例四

### CFD模拟技术

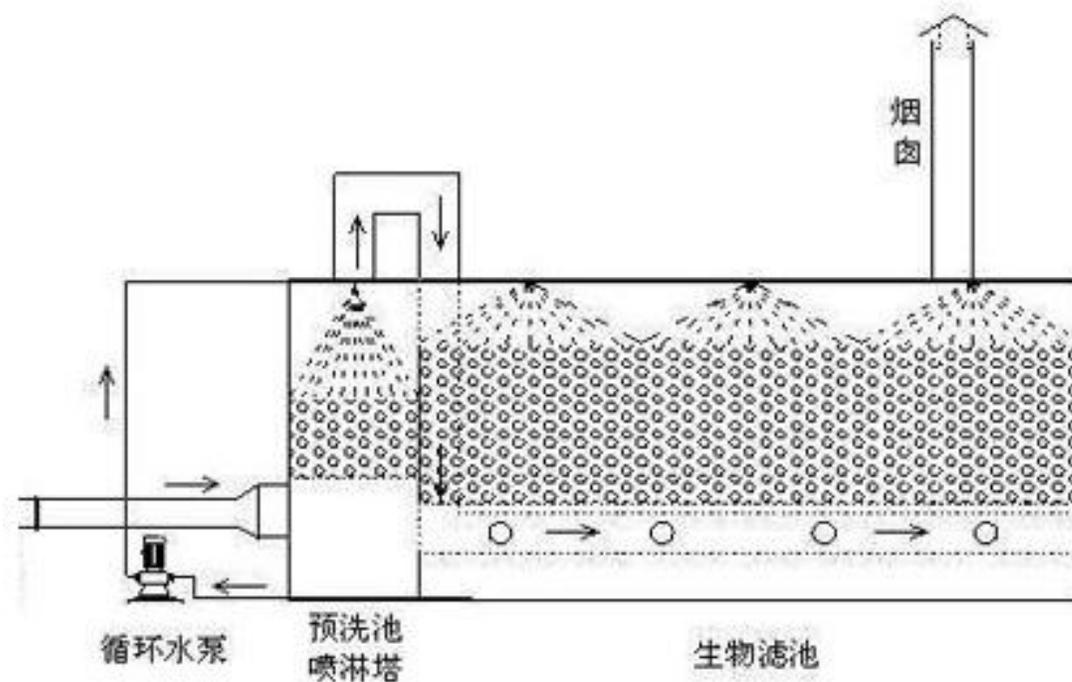


针对猪舍通风不均问题，采用流体力学技术（CFD）模拟实验分析，构建通风模型，实现畜牧场的精准通风。

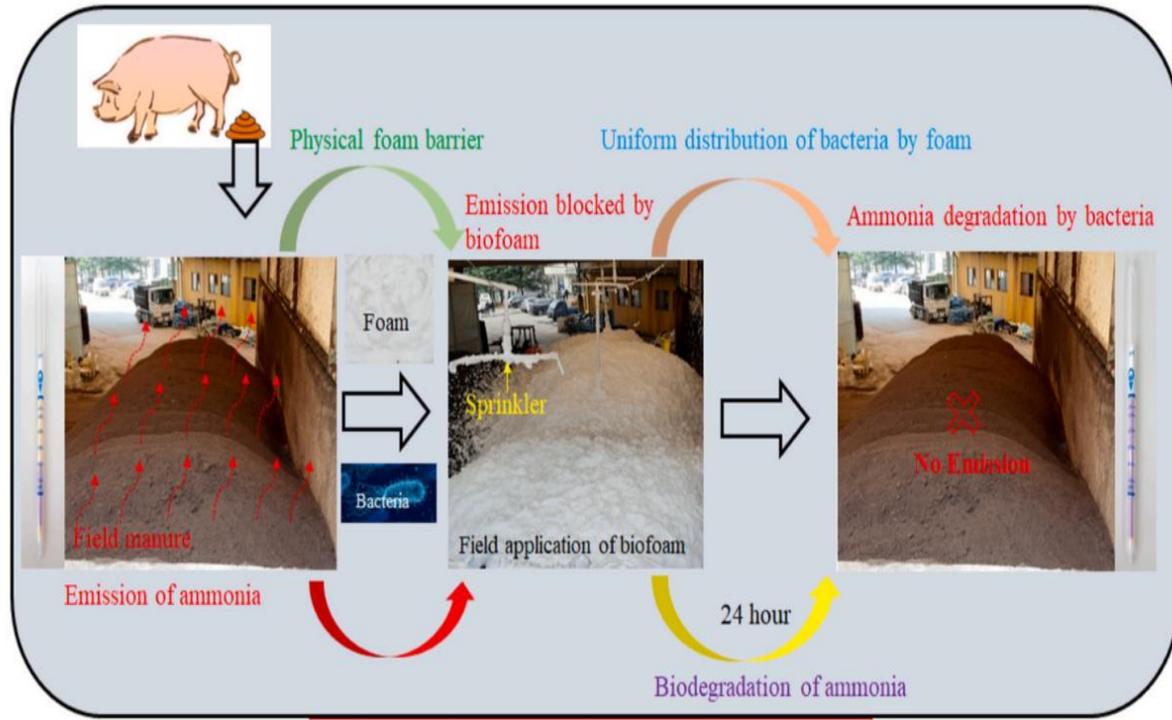
## 第二节 舍内环境控制

### 三、智能废气处理——定义

利用先进的智能技术和设备，对舍内环境进行**实时监测**、**数据分析**，评估舍内环境的状况，进行**自动调节**和**优化**，包括调整通风设备、启动除臭装置等。



## 三、智能废气处理——案例一



Field scale biofoam application in swine manure

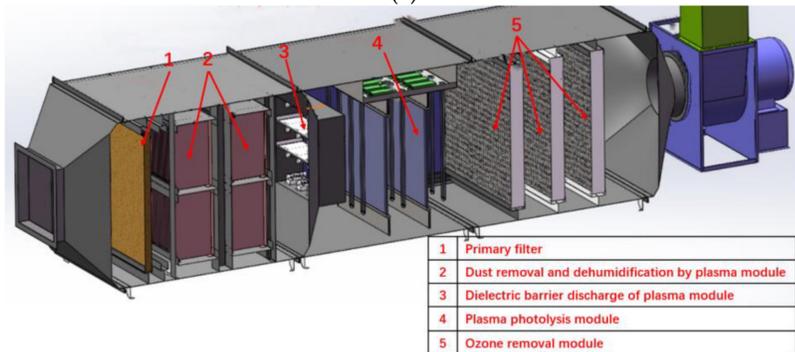
### 生物泡沫在猪粪中的应用

**智能生物泡沫喷洒**，通过物理阻断气体排放源和诱导生物降解，有效地减少了猪粪堆肥堆的恶臭气体排放。所有地点的粪堆使用生物喷后，初始 $\text{NH}_3$ 浓度从616 ppm降低到88ppm，而对照组的 $\text{NH}_3$ 浓度约为650 ppm。

## 三、智能废气处理——案例二



(a)



(b)

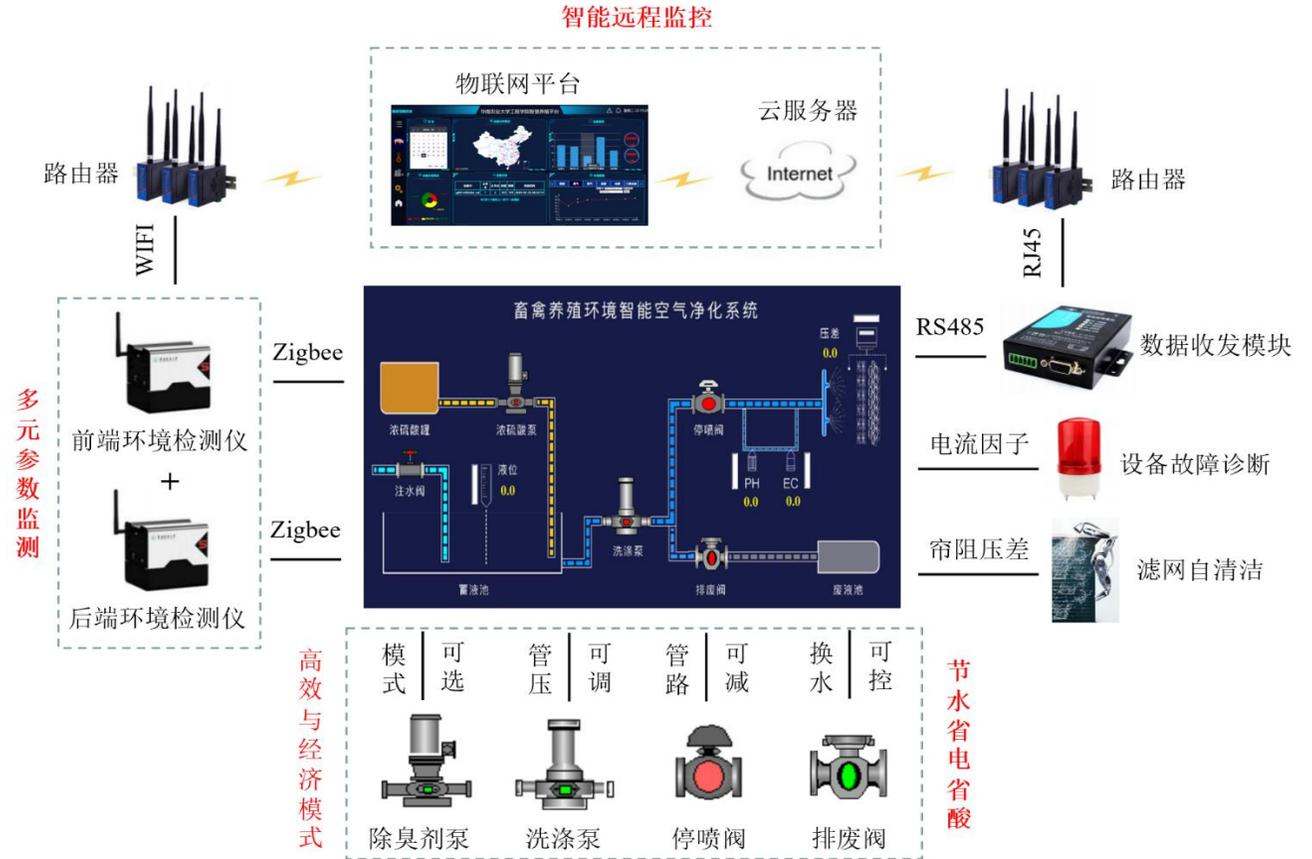
等离子体除臭系统示意图

除臭装置由四个基本部件组成：**初级过滤板（包括除湿风机和除尘电场）、介质势垒放电等离子发生器、微波光解模块和臭氧去除模块。**安装系统后，室内温度和湿度保持在较高水平，与对照室相比，**NH<sub>3</sub>和H<sub>2</sub>S浓度分别下降了63.87%和100%。**

# 第二节 舍内环境控制

## 三、智能废气处理——案例三

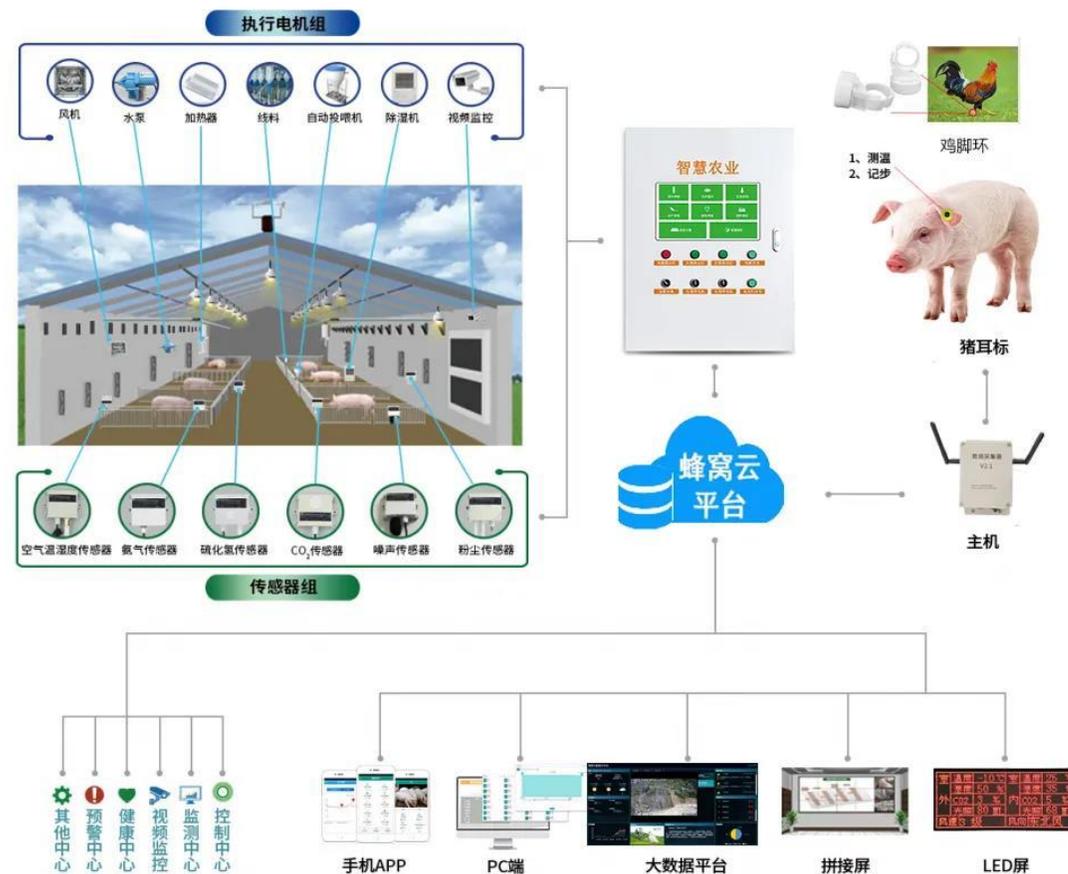
通过编制除臭单元结构参数设计软件，  
建立猪舍废气**除臭复合净化模型**，开发猪  
舍**废气除臭净化系统**，在双胞胎全南猪场  
推广应用，并为30余座猪场提供废气除臭  
净化设计方案。



# 第二节 舍内环境控制

## 四、智能温湿控制——定义

通过**现代信息技术、传感器技术、自动化控制技术**等手段，实现对畜牧养殖环境中的**温度和湿度**等参数的**实时监测、分析和自动调节**，以创造最适宜的动物生长、生产和健康的环境。



养殖智能环境监控系统

## 四、智能温湿控制——案例一

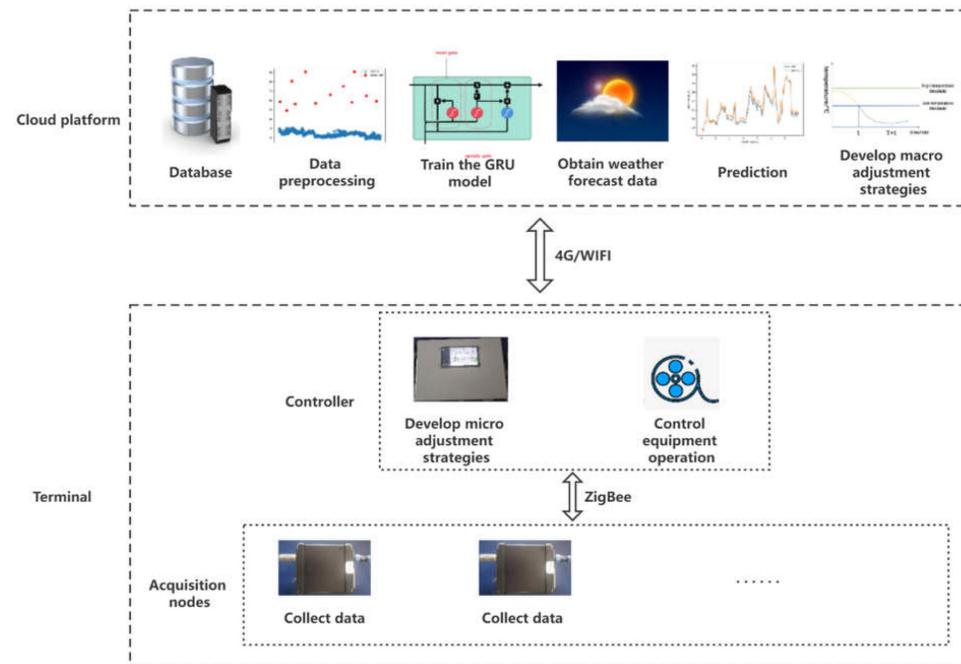
目前有通过智能算法依据生猪不同生长阶段，自动调整灯泡发热功率，无需人工干预，自动精准高效控制保温温度，可以**瞬间加热**，取暖迅速，**提升幼畜成活率，改善幼畜腹泻**情况，相比传统方式**节能 46%**。



出生天数	生长阶段	温度需求
第1天	哺乳期	32°C ~ 34°C
第1~3天	哺乳期	30°C ~ 32°C
第4~7天	哺乳期	28°C ~ 32°C
第8~14天	哺乳期	26°C ~ 28°C
第15~21天	哺乳期	24°C ~ 26°C
第22~35天	保育期	24°C
第35天及之后	育肥期	不低于18°C

## 四、智能温湿控制——案例二

利用传感器采集猪舍内的温度和湿度，并按时间顺序**训练GRU模型**，再利用GRU模型**预测未来24小时内猪舍内的温度和湿度变化曲线**。最后建立猪舍及相关设备（分机、湿帘、保温灯等）的数学模型，输出功率，与基于阈值的环控系统相比，该**减少了约90%的异常温湿度**。



系统框架图：云平台 and 终端设备两部分

**云平台**：数据预处理、训练GRU模型、获取天气预报数据、预测室内温度、制定宏观调控策略。

**终端设备**：制定微观调控策略、控制设备运行、上传数据，采集数据。

# 第二节 舍内环境控制

## 四、智能温湿控制——案例三

- **智能猪舍**根据猪群最佳生长环境实时调整环境参数
- 智能环控：接入**多种降温设备**，灵活配置运行**参数和时间**，统一管理账号和权限。实现配置与监测一体化，支持远程参数配置和程序升级，**有效降低生物安全风险**。
- 养殖场通过该智能环控管理系统，采用全自动温控、风控、光控和饲喂，无需人工干预，**节约饲料12.5%；相比现代猪舍节约建材超过80%，能耗节约20%。**



移动式智能猪舍环控系统



中控系统

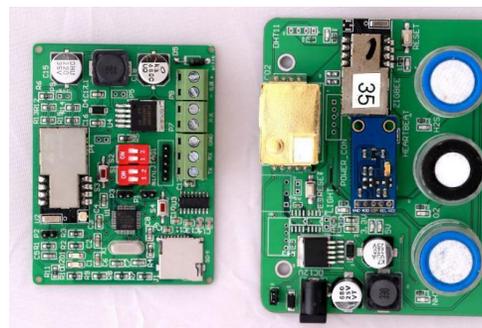
# 第三节 舍内环境控制

## 四、智能温湿控制——案例四

- 监测温、湿、氨、PM2.5等9参数(可选)
- 定时采集+无线传输+定位
- 阿里云数据保存+网站下载
- 单点+多点组网灵活



网关	节点	光照/Lx	湿度 RH	氨气ppm	硫化物ppm	氧气%	二氧化碳ppm	温度/C	数据号id
1	1	0	89.6	0	0	20.1	0.0	3.9	103
1	1	0	88.0	0	0	20.1	0.0	3.8	91
1	1	0	87.9	0	0	20.1	0.0	3.8	90
1	1	0	87.9	0	0	20.1	0.0	3.8	89
1	1	0	87.8	0	0	20.1	0.0	3.8	88
1	1	0	87.8	0	0	20.1	0.0	3.8	87



### 三大功能



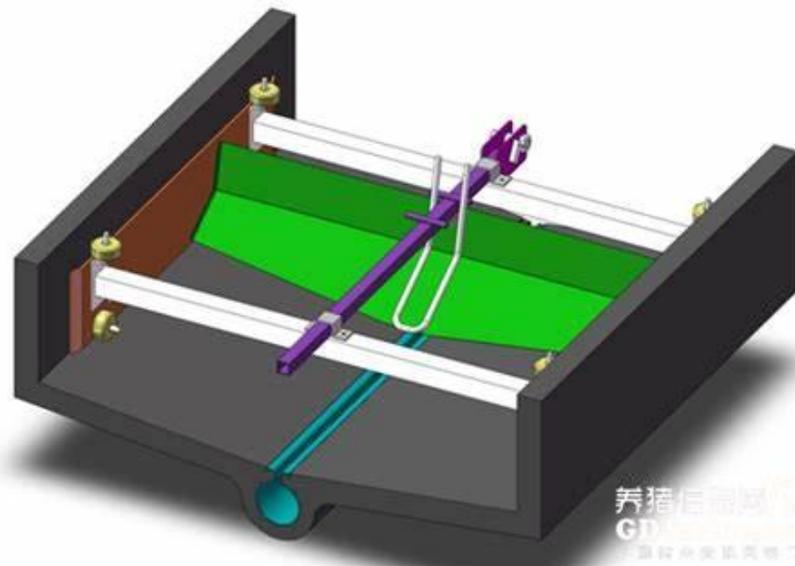
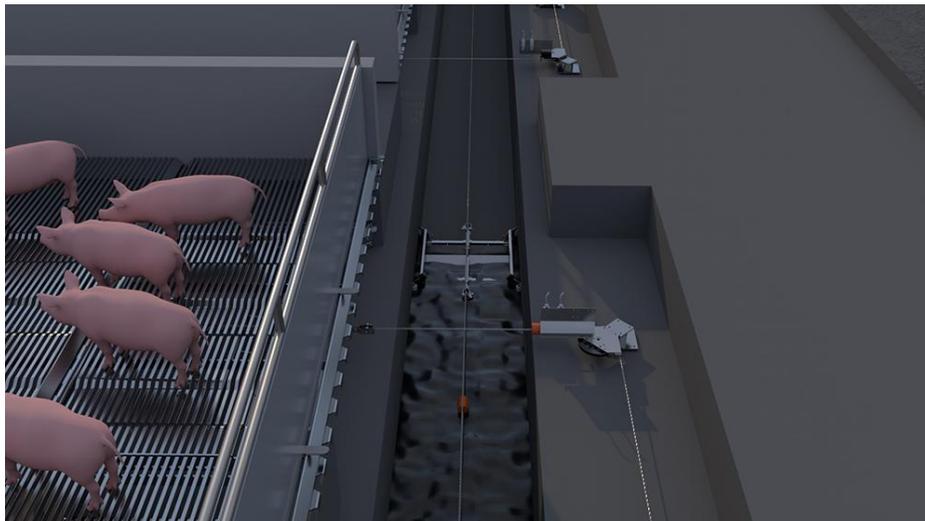
### 四大特点

-  **便携移动**  
体量小巧方便携带  
灵活摆放
-  **远程诊断**  
数据实时上传云平台  
网站数据即时查看下载
-  **多点组网**  
多源多点自组网监测  
覆盖范围广
-  **定制服务**  
传感器扩展定制  
最多支持扩展4种传感器

开发**智能环境监测仪**，开展无线多点多源远程监测研究，试制样机，并在温氏集团、大北农集团、双胞胎集团的规模猪场推广应用。

### 五、智能清粪系统——定义

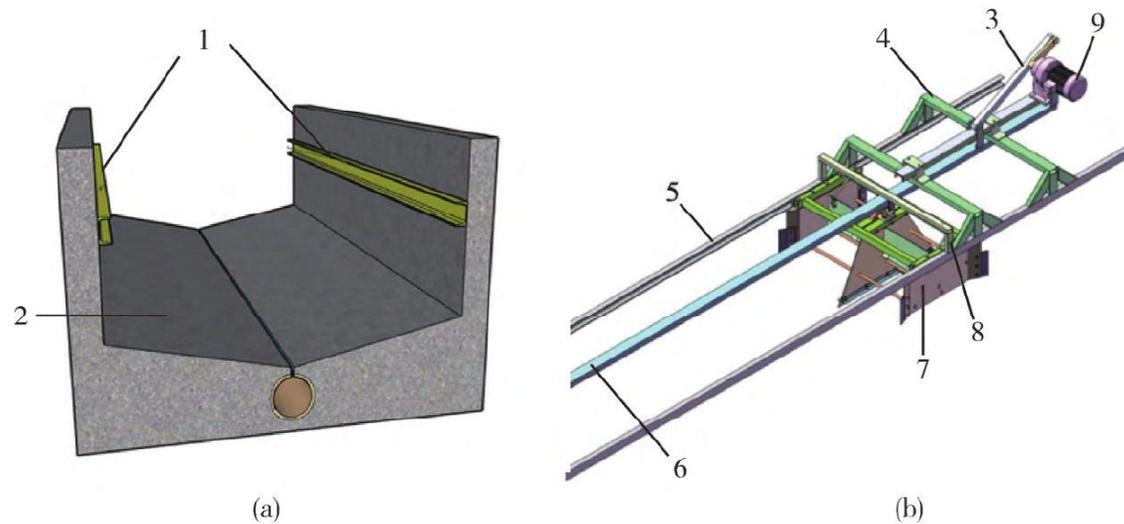
一种利用**自动化技术和传感器网络**来清除畜舍内粪便的系统。该系统可以**定时**或**根据实时监测的数据**，**自动启动清粪设备**，如刮粪机、冲洗设备等，保持畜舍的清洁和卫生。



智能清粪系统示意图

## 五、智能清粪系统——案例一

有研究设计一种**曲柄连杆传动机构**，测试了多种材料在销钉和焊接两种链接方式找到合适的电机转速，使得除粪系统**运行阻力最小，能耗最低，粪便清除时间适中。**

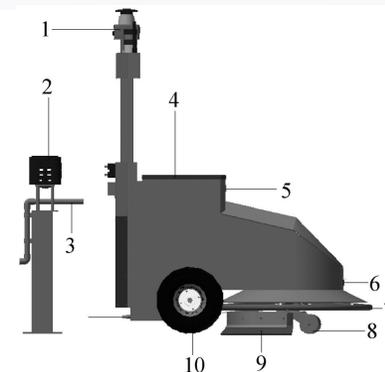
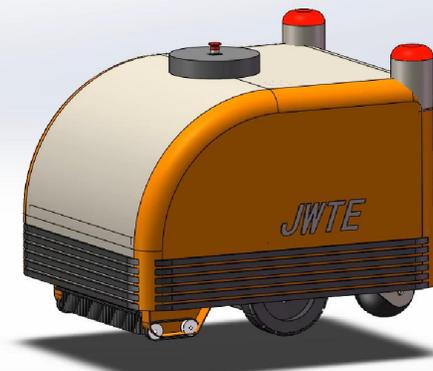
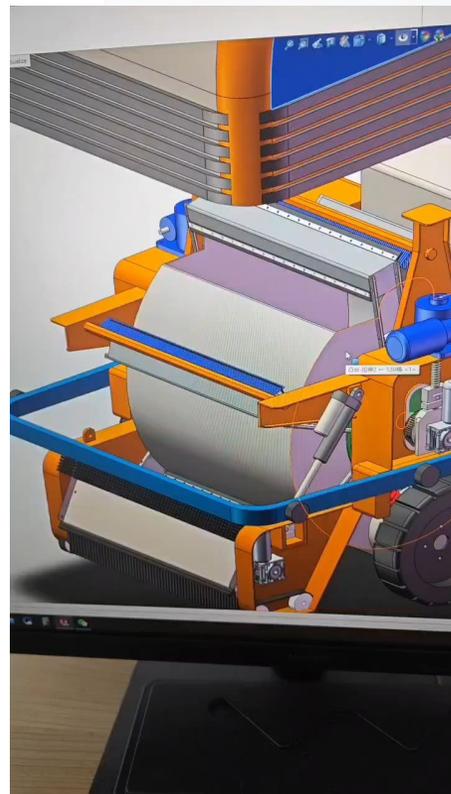


猪舍步进式清粪系统粪沟 (a) 及刮粪机构 (b) 组成

# 第二节 舍内环境控制

## 五、智能清粪系统——案例二

**智能清粪机器人**：能够与控制器**通信互联实现清粪机器人的自动行驶、充电、加水、避障和清粪功能**。研究证实清粪机器人能**实现自动建图、导航、回充和清粪功能**，解决舍内漏粪板上粪污堆积问题。

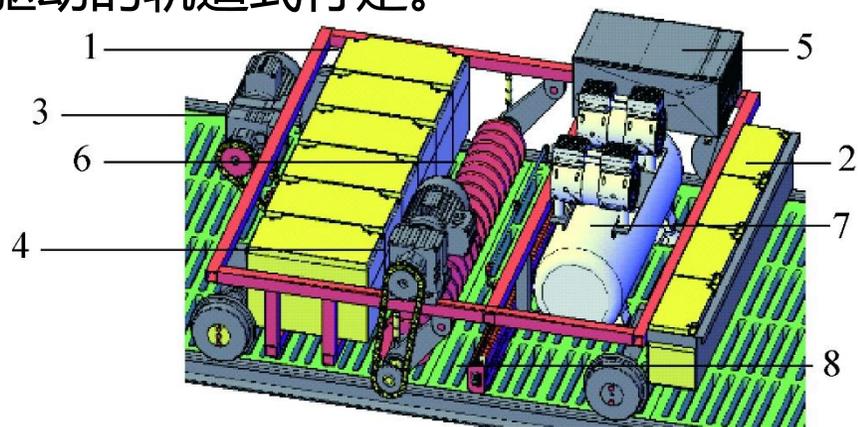


智能清粪机器人

## 五、舍内智能清粪系统——案例三

目前还出现了一些新型清粪工艺，为了解决生猪养殖过程中**漏缝地板式**猪舍粪污的清扫问题，研究了基于**PLC**的猪舍粪污智能清扫小车，小车上装有硫化氢、氨气等气体传感器，小车采用电

池驱动的轨道式行走。



1.12 V、180 Ah 蓄电池;2.12 V、38 Ah 蓄电池;3.行进电机;  
4.清扫电机;5.电机控制器;6.清扫辊;7.气泵;8.导轨。

### 粪污智能清扫小车总体结构



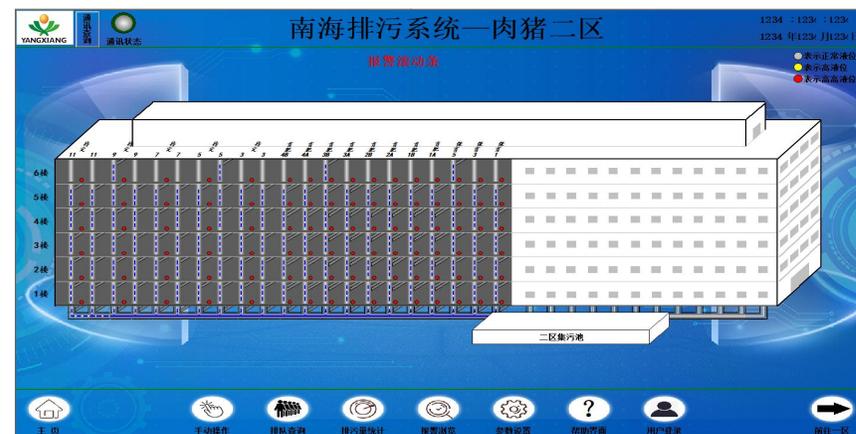
### 粪污智能清扫小车实物

# 第二节 舍内环境控制

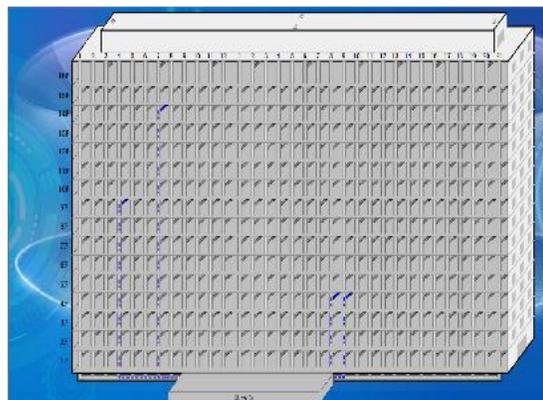
## 五、舍内智能清粪系统——案例四

**独立排污模式，液位自动检测的远程预警并联单流向排**

**污系统**——通过液位监控控制粪污的排放，限制横竖方向的排污量，设计高低液位根据液位高低将对应粪槽排污阀加入排放时序，液位与水泵互联，根据液位进行启停。



排污系统控制界面



楼层控制电箱



CPU控制电箱



IO接线盒



液位开关杆



排污阀



## 第三节

# 场区环境控制

# 第三节 场区环境控制

## 涵盖范围

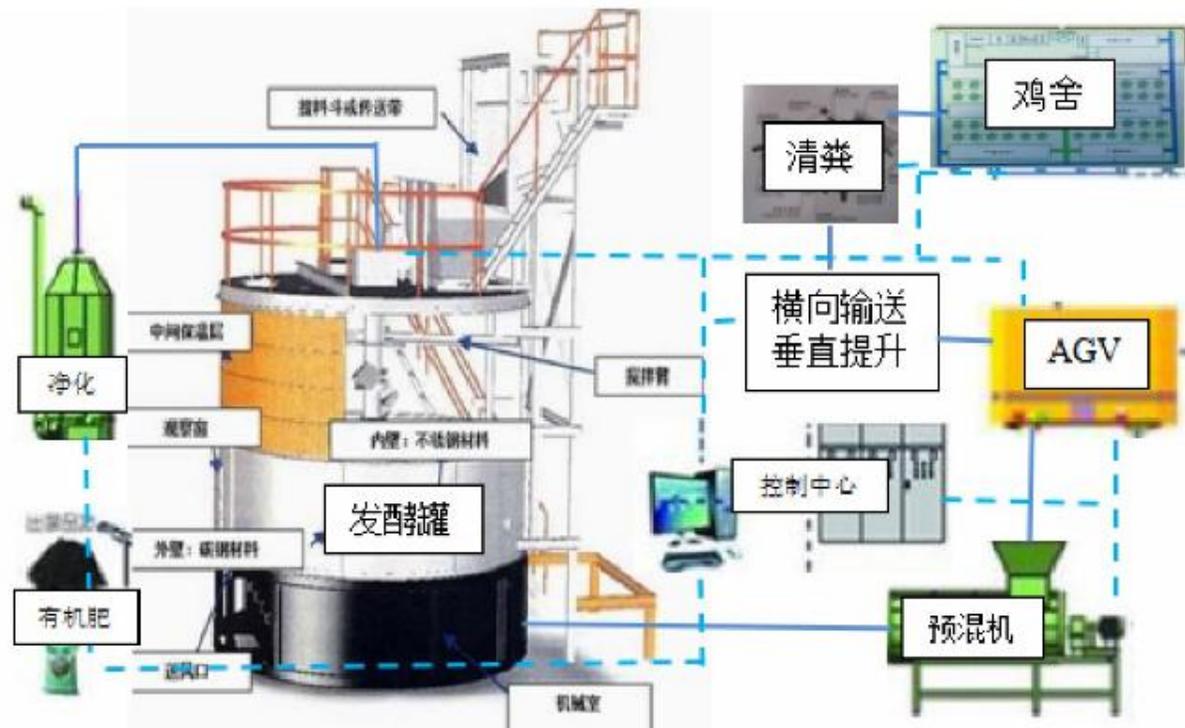
- ① 固废处理系统
- ② 臭气处理系统
- ③ 污水控制系统



# 第三节 场区环境控制

## 一、智慧固废处理系统——定义

通过互联网与软硬件（平台）集成、智能控制软件开发，实现了畜禽固废无害化处理的**智能化**、**无人化**。用户可以通过电脑和手机，**随时随地**了解设备动态信息、故障信息、台账信息与历史数据，还可结合“**大数据**”平台的“**边缘计算**”提前作出**预判**，确保设备的正常运作。



固废处理系统流程图

## 一、智慧固废处理系统——案例一



AGV智能运转车

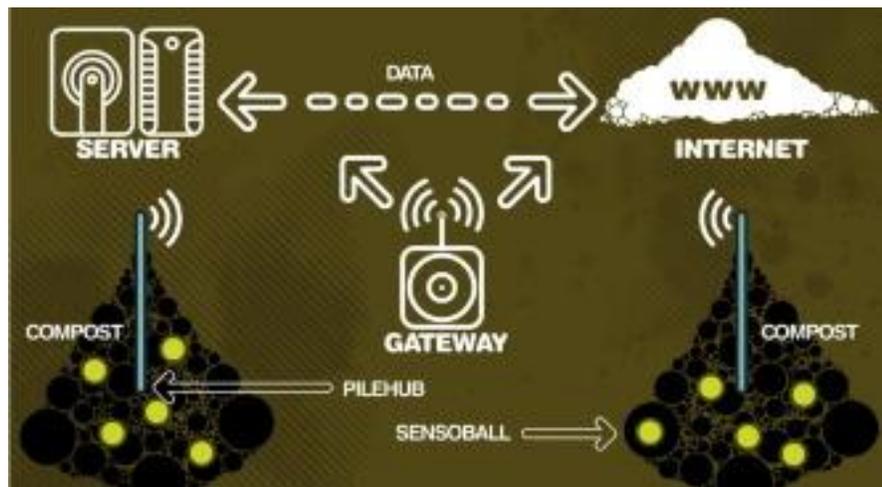


高温好氧生物发酵罐

该固废无害化处理系统基于**AGV智能转运车**和**高温好氧生物发酵罐**研发，通过**PLC程控软件**对关键设备如刮粪板、固废垂直提升斗、AGV智能转运车、物料智能调制机、调制物料提升机和高温好氧发酵罐等进行智能控制，能在无人操作状态下**定时唤醒**和**智能运行**，实现畜禽固废的智能化、无人化处理。



## 一、智慧固废处理系统——案例二



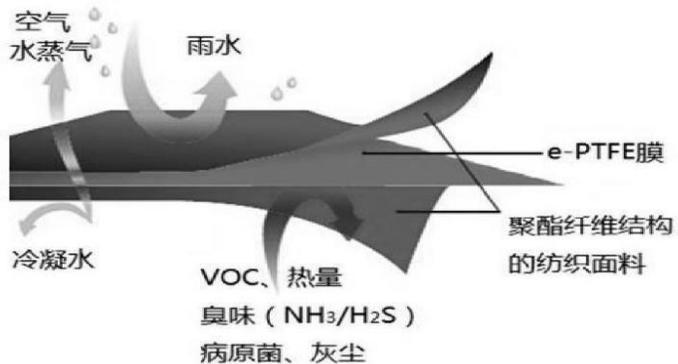
无线传感器网络用于智能堆肥监测和控制。传感器测量介质的温度和湿度，实现每个节点的无线通信，具有非接触充电能力的节点长期供电，构成了一种创新和目前最先进的堆肥控制和管理解决方案，经过非常积极的测试，尽管还有改进的余地，但已进入商业化阶段。



## 一、智慧固废处理系统——案例三



NCS智能分子膜发酵系统

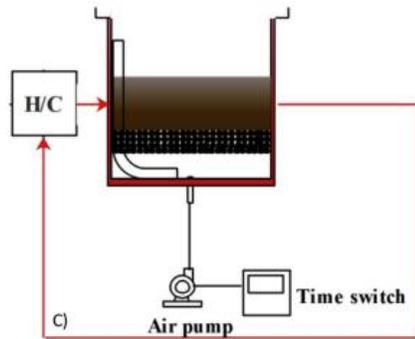
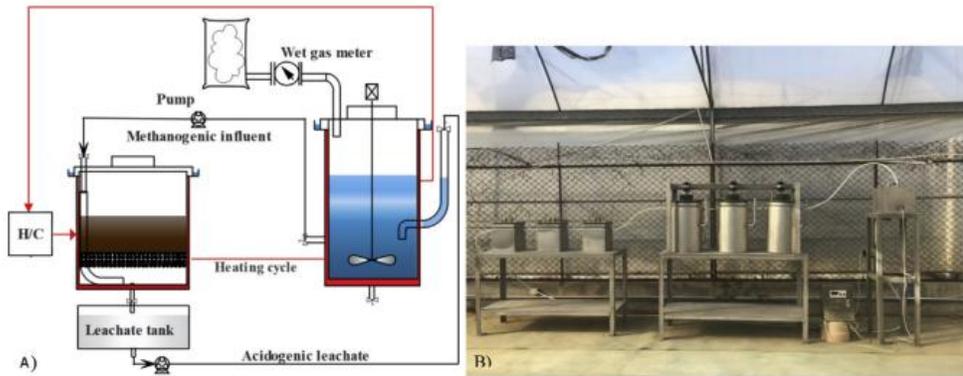


NCS智能分子膜功能

**NCS智能分子膜发酵系统**主要由膜覆盖系统、微压送风系统、堆肥监控系统三大部分组成，将**分子纳米膜技术**与**静态好氧发酵技术**有机结合。有效克服了北方地区冬季低温粪便冻结，发酵时间长的问题。具有适用范围广，投资运行成本低，操作简单，粪肥成品品质好等优点。



## 一、智慧固废处理系统——案例四

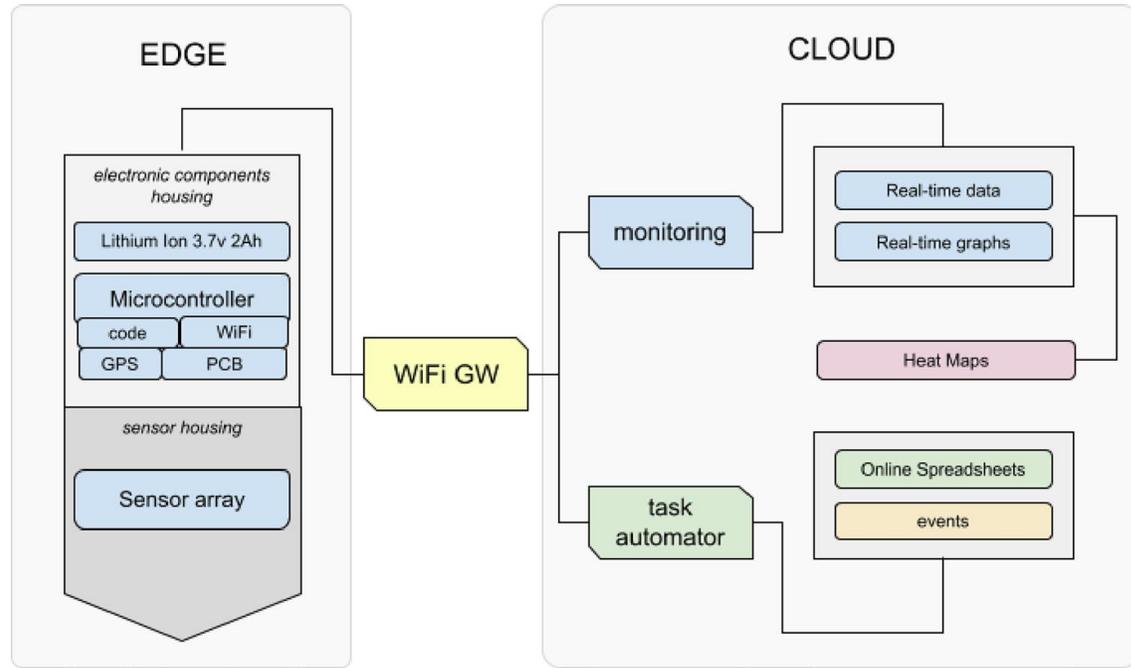


浸出床反应器、CSTR和干燥反应器

利用**浸出床反应器**（使用过滤介质和无厌氧污泥）和**连续搅拌槽反应器 (LBR-CSTR)** 的高效耦合进行猪粪的厌氧单消化，然后采用**生物干燥法**对猪粪渗滤液渣进行干燥处理。以陶粒为过滤介质使得LBR-CSTR效果最佳，猪粪减重最高，有机降解率为**86.82%**。同时种子萌发指数大于50%，克服了浸出床的堵塞。实现了猪粪的能源和资源利用。



## 一、智慧固废处理系统——案例五



物联网系统设计

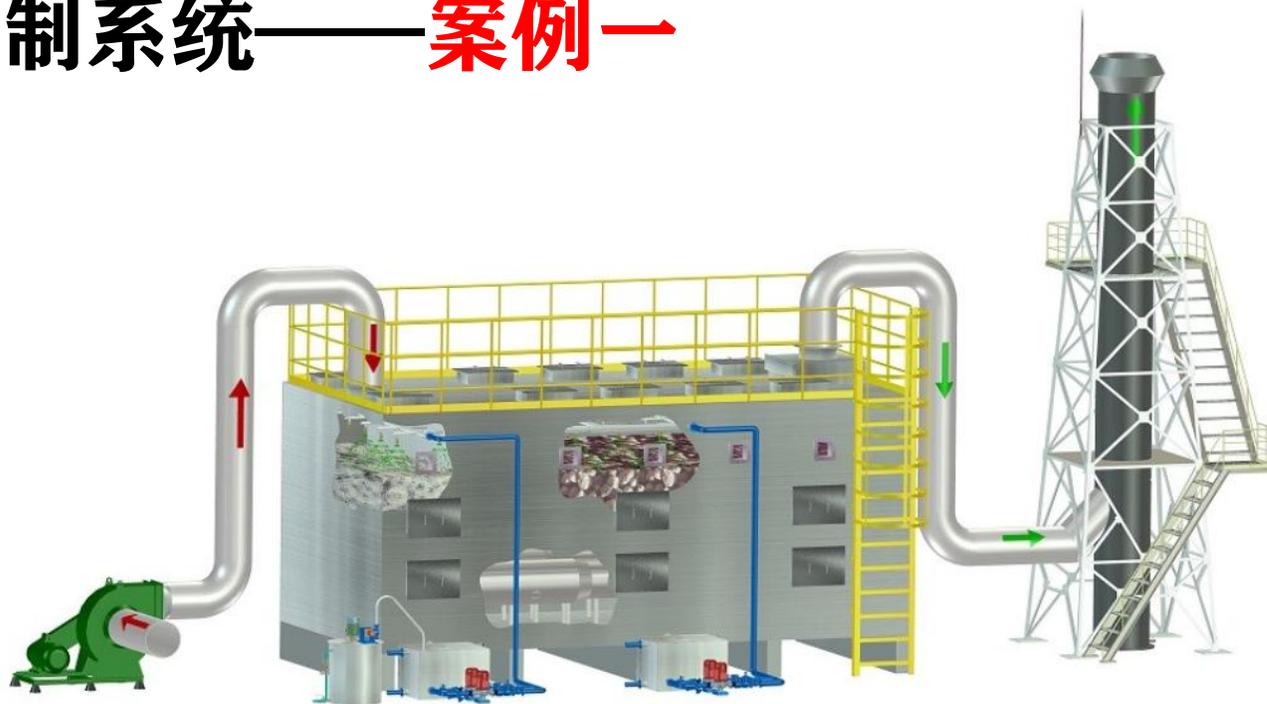
提出了一种**基于物联网的新型农业堆肥监测系统**。该系统由物联网**传感器探头**、**边缘/云平台**以及用于网络、监控、记录、报告和可视化的集成解决方案组成，对堆肥作业进行监测、跟踪、记录、可视化、自动化和分析，实现堆肥过程的精准控制和优化，最终产出高质量的有机肥料，实现废弃物的高效处理和资源化利用。

## 二、智慧臭气控制系统——定义



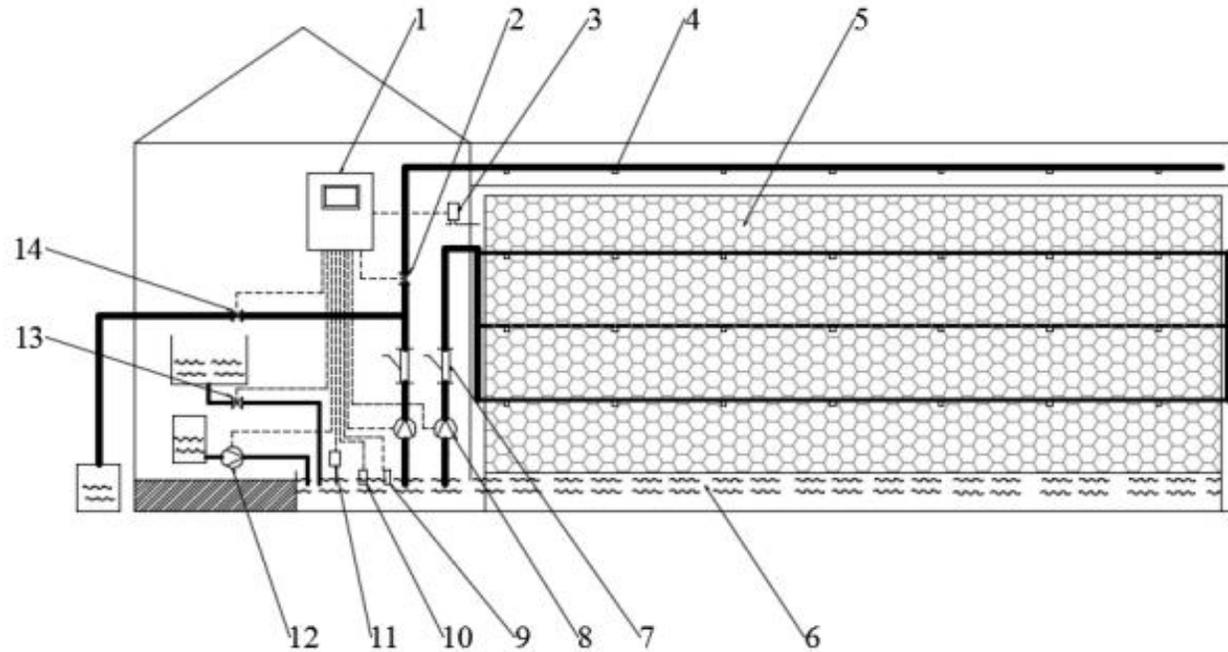
通过**监测和分析场区的空气质量**，实时调节通风设备和臭气处理设备工作状态，通过**实时监测和数据分析**，实现**远程监控和管理**，它可以实现**自动化控制**，减少人工干预，提高运行效率和稳定性。

## 二、智慧臭气控制系统——案例一



**智能生物除臭装置**：臭气从集气系统中排出后经引风管导入引风机，经引风机输送首先进入生物除臭装置预处理系统，经过温度调节、除尘及增湿后，进入生物除臭装置内进行生物除臭。

## 二、智慧臭气控制系统——案例二



一种基于 **PLC 控制技术**的猪舍废气净化系统，主要应用于猪舍末端废气净化，提高主要空气污染物的减排与高效转化，实现废气处理的智能化，可通过MCGS触摸屏实时监测与控制。

- 1.控制机柜 2.喷淋电磁阀 3.压差传感器 4.螺旋形喷嘴 5.塑料网格填料 6.Y 型过滤器
- 7.蓄液池 8.洗涤泵 9.pH 值传感器 10.电导率传感器 11.液位传感器 12.加酸计量泵

## 二、智慧臭气控制系统——案例三

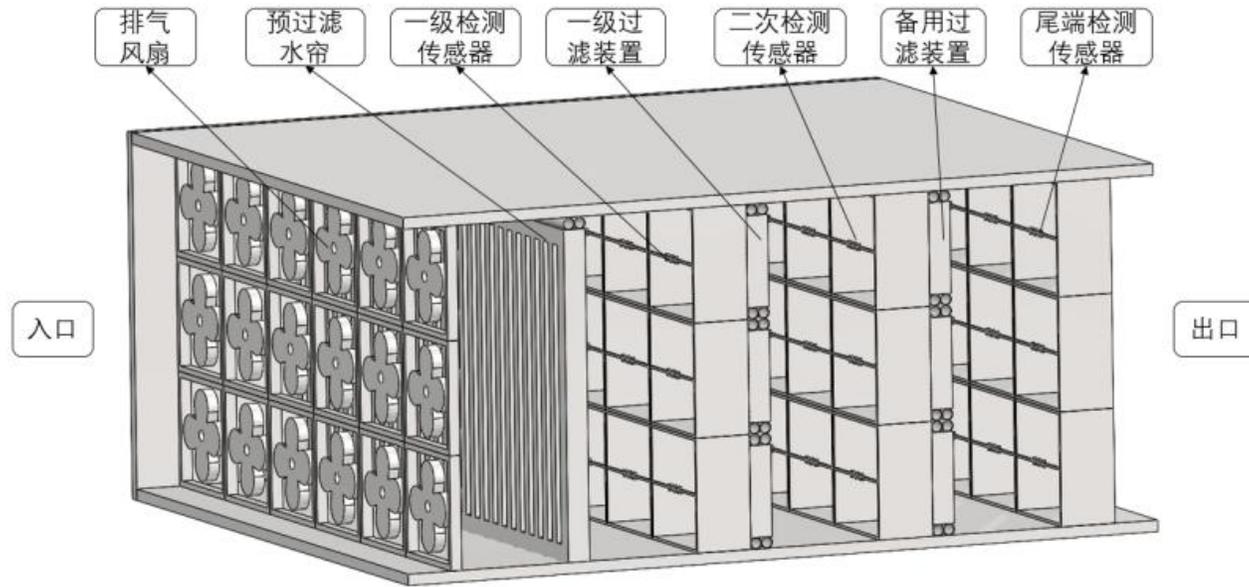


图 1 废气处理装置

该系统集成**废气监控、预测、过滤及处理**模块。一级监控模块实时采集数据并调控水帘过滤装置。智能预测模块利用时空图神经网络预测废气浓度变化。二级监控检测处理效果，超过警告值时启动备用处理装置。



## 三、智慧污水控制系统——案例一

厌氧序批式反应器(Anaerobic Sequencing Batch reactor, ASBR)是在“厌氧活性污泥法”基础上提出并发展的一种新型高效厌氧反应器，通过“**进料-反应-沉降-排料**”的运行时序使SRT与HRT分离，提高反应器内厌氧微生物浓度和分解转化效率。

通过**进水流程改变**和**运营方式**由连续进水改为间歇序批式进水，把原有的UASB厌氧反应器改为ASBR反成器。



ASBR智能污水处理系统示意图

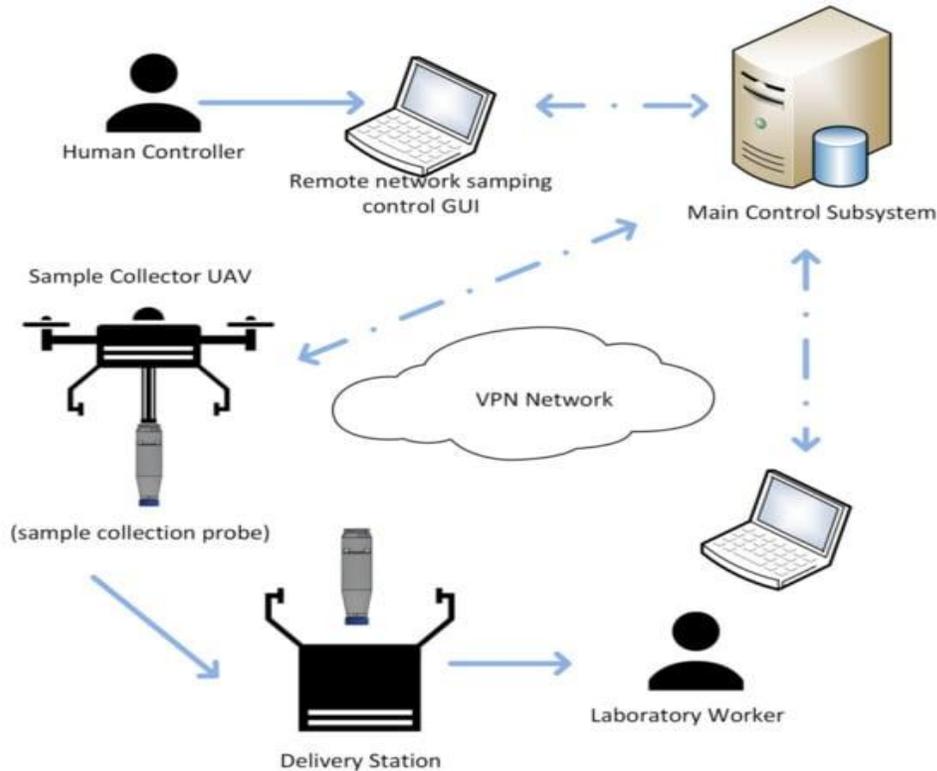
## 三、智慧污水控制系统——案例二



某猪舍废水处理系统外观

将物联网引入生猪养殖场，设计并建造了由**原污水处理池、一级澄清池、厌氧消化池、调节池、序批式反应器(SBR)、出水池和污泥池**组成的智能污水处理系统，并检测了经处理后污水的多项指标，结果表明智能猪场污水处理系统大大提高了污水处理的效率。

## 三、智慧污水控制系统——案例三

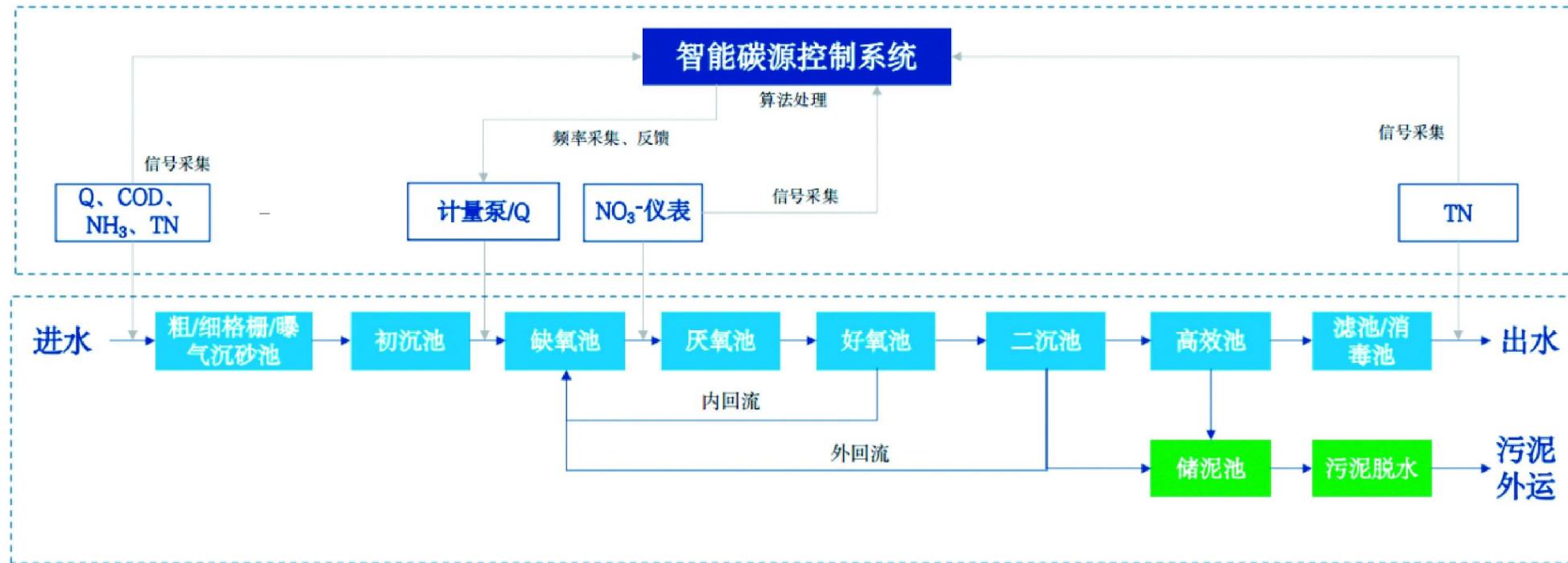


### 基于自主无人机的虚拟传感器网络

无人机可以用于在需要**捕获废水样品**时执行采样任务。无人机将把样本采集探头浸入水中，并将其带到一个交付站，实验室工作人员可以在那里取回它并运行所需的分析。

## 三、智慧污水控制系统——案例四

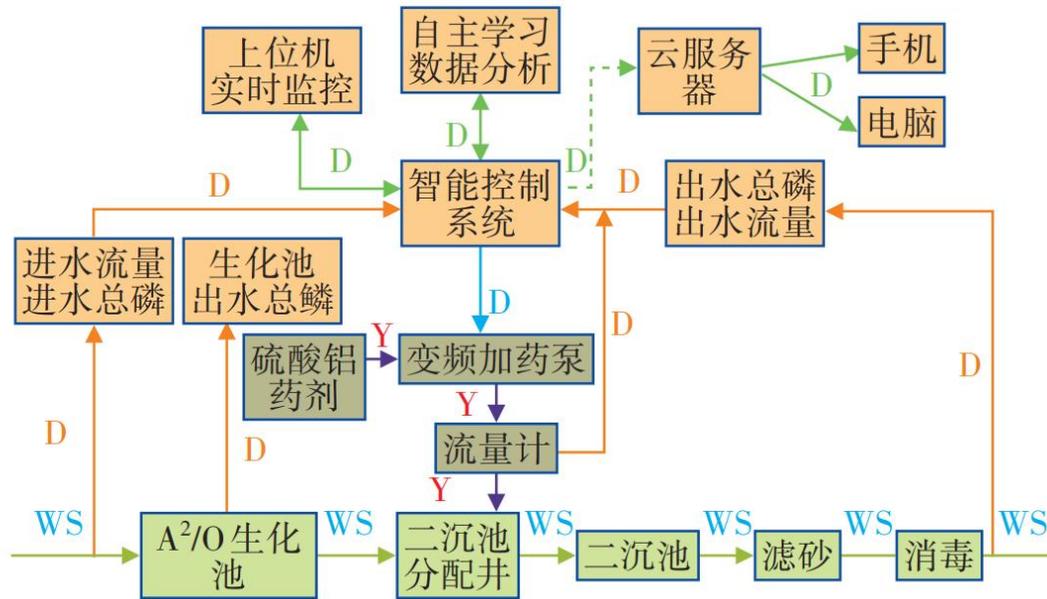
### 智能碳源监测系统



碳源智能投加系统组成示意图

## 三、智慧污水控制系统——案例五

### 除磷加药智能控制系统



除磷加药智能控制系统

该系统主要由**在线监测设备、加药设备、控制设备及云服务器**等组成，可**提前计算出合理的药剂需求量**，然后再利用模糊-PID智能算法**控制变频加药泵的频率**，同时**在线监测出水总磷浓度**，提供出水总磷浓度超标的**报警功能**。该系统能够**精准计算除磷药剂的投加量**，能够在满足生产需求和水质稳定达标的前提下，有效降低加药的量，能够为企业减少污水处理成本，具有一定的经济效益。



请批评指正