

科创中国“猪场之旅”2023行
华中猪业发展论坛



猪场臭气污染问题与系统治理 对策

北京市畜牧总站：张卓毅 高级工程师

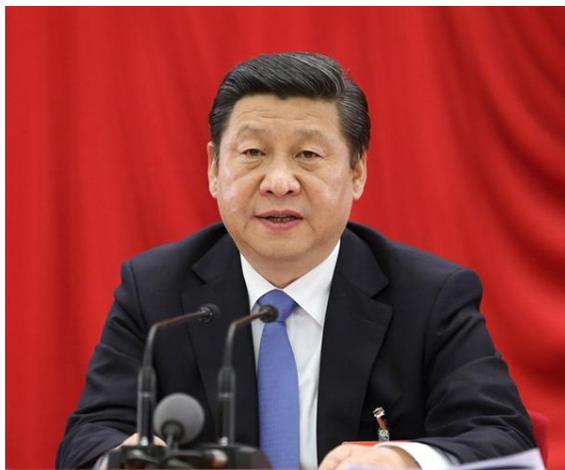
2023.06.08

目 录

- 01 ▶ 背景简介
- 02 ▶ 猪场臭气监测与污染现状
- 03 ▶ 臭气污染系统防治
- 04 ▶ 问题与思考

01

背景简介



“绿水青山就是金山银山”。

“良好生态环境是最普惠的民生福祉”

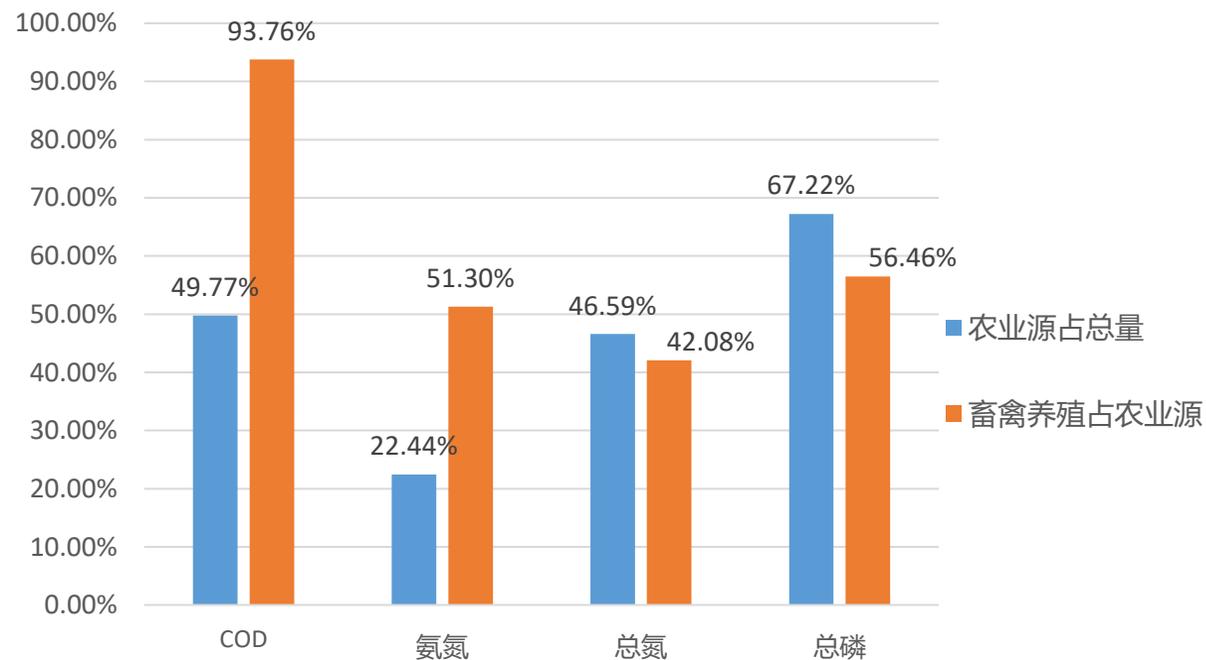
“要像保护眼睛一样保护生态环境，像对待生命一样对待生态环境，在生态环境保护上一定要算大账、算长远账、算整体账、算综合账，不能因小失大、顾此失彼、寅吃卯粮、急功近利。”

- **双碳目标**：2030年碳达峰、2060年碳中和”
- 党的**二十大报告**中指出，“统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化，协同推进**降碳、减污、扩绿、增长**，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。”

- 国务院办公厅《**关于促进畜牧业高质量发展的意见**》。**坚持绿色发展。统筹资源环境承载能力、畜禽产品供给保障能力和养殖废弃物资源化利用能力**，协同推进畜禽养殖和环境保护，促进可持续发展。
- 《畜牧法》中**违法排放**或者因管理不当污染环境（**第46条**）
- 《畜禽规模养殖污染防治条例》对**未环评、未建环保设施、超施粪肥等**造成污染等处罚规定。（**第38-40条**）
- 《大气污染防治法》要求设施配套，防止排放恶臭气体（**第75条**）
- 《环境保护法》第49条、《水污染防治法》第56、58条、《土壤污染防治法》第27、28条，《固体废物污染环境防治法》第65、107条。
“谁污染、谁治理；谁超排、处罚谁”

2 发展需要

- **恶臭污染成为一大公害。** 2020年，全国恶臭或异味投诉占全部环境问题投诉举报件的22.1%，其中**畜牧业投诉占比11.7%，居首位。**
- **养殖污染贡献大。** 全国第二次污染源普查公报显示，农业源氮磷污染分别占总量46.6%和56.5%，畜禽养殖业氮磷污染分别占农业源的42%和56%。



- **畜牧产业可持续发展需要破解资源环境约束问题。** 畜禽肉蛋奶重要农产品稳产保供是端牢中国饭碗，保障粮食安全的头等大事。

3 臭气污染特点

臭气组分复杂

无组织排放

治理难度大

养殖场臭气主要来源于**粪污和畜禽体味**，有研究表明养殖场畜舍内空气中有**100-150种**恶臭物质，粪污处理区有**295种**恶臭物质；此外，养殖场臭气主要为**无组织排放**，受饲养工艺、畜舍结构、温度、通风等**多因素影响**，臭气**治理难度大**。

种类：

- 1) 含硫化合物，硫化氢、硫醇、硫醚类等；
- 2) 含氮化合物，氨、胺类等；
- 3) 芳香族化合物，吲哚、酚类等；
- 4) 含氧有机物，醇、醛、酮等；
- 5) 挥发性脂肪酸，乙酸、丙酸：



3 臭气污染特点

对动物的危害

影响畜禽的**呼吸机能、血压及脉搏，导致体质变弱，抗病力下降，生产性能下降**。生猪长期处于低浓度氨或硫化氢环境中刺激黏膜，引起角膜结膜发炎，视觉障碍，咳嗽、气管炎支气管炎等；高浓度氨或硫化氢环境易引起肺水肿、窒息、呼吸机能紊乱，甚至死亡。研究表明，幼猪在氨浓度 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $70\text{mg}/\text{m}^3$ 的环境中，其增重下降12%和30%。幼猪在硫化氢浓度 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 环境中生猪食欲减退。

对人的危害

工作场所所有害因素职业接触限值（GBZ 2.1-2019）

气体	工作场所职业接触限值 (mg/m ³)		临界不良健康效应
	时间加权平均容许浓度	短时间接触容许浓度	
氨气	20	30	眼睛和上呼吸道刺激
硫化氢	10		神经毒性，强烈黏膜刺激

02

猪场臭气监测与污染现状

1 臭气监测方法

主要臭气物质监测方法

气体	监测方法标准
恶臭	环境空气和废气 臭气的测定 三点比较式臭袋法 (HJ 1262-2022) /(GBT 14675-1993)
氨气	环境空气 氨的测定 次氯酸钠-水杨酸分光光度法 (HJ 534-2009) 环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法 (HJ 533-2009)
硫化氢	空气和废气监测分析方法 5.4.10-2003 第五篇 污染源监测 第四章 气态污染物的测定 十 硫化氢, 碘量法、亚甲基蓝分光光度法
甲硫醇、乙硫醇、甲硫醚、甲乙硫醚、二硫化碳、乙硫醚、二甲二硫、噻吩	固定污染源废气 甲硫醇等8种含硫有机化合物的测定 气袋采样-预浓缩/气相色谱-质谱法 (HJ 1078-2019)
硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫	空气质量 硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫的测定 气相色谱法 (GB/T 14678-1993)
117种VOCs	2018年重点地区环境空气挥发性有机物监测方案、罐采样—大气预浓缩仪结合/气相色谱-质谱法

1 臭气监测方法

■ 三点式嗅袋法 ([GBT 14675-1993](#)) 【嗅辨实验室条件、嗅辨员资格】



嗅辨室



嗅辨员

三点比较式臭袋法厂界环境臭气测定结果登记表 A

第 页 共 页

检测任务编号: _____ 被检单位: _____ 接样时间: _____ 测试时间: _____

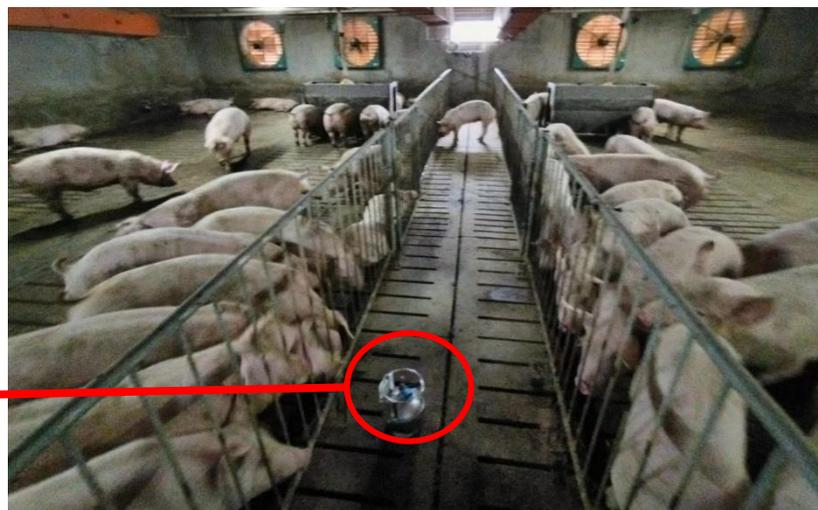
样品编号: _____ 检测依据: GB/T 14675-93 空气质量 恶臭的测定 三点比较式臭袋法

稀释倍数	10			100			1000		
实验次序	1	2	3	1	2	3	1	2	3
嗅辨员	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
小组平均正确率(M) $M = \frac{1.00 \times a + 0.33 \times b + 0 \times c}{n}$	a= _____ ; b= _____ ; c= _____			a= _____ ; b= _____ ; c= _____			a= _____ ; b= _____ ; c= _____		
求得 M ₁ 、M ₂	M ₁ =_____ (0.58<M ₁ <1)			M ₂ =_____ (M ₂ <0.58)					
若稀释 10 倍时的 M ₁ <0.58	臭气浓度=10 或<10								
$\alpha = \frac{M_1 - 0.58}{M_1 - M_2} \quad \beta = \lg \frac{t_2}{t_1}$	α=_____			β=_____					
臭气浓度 $Y=t_1 \times 10^{\alpha \times \beta}$									

注: ×错误 0 正确 △不明 小组平均正确率(M)式中: M—小组平均正确率; a—答案正确的人次数; b—答案为不明的人次数; c—答案为错误的人次数; n—解答总人数

1 臭气监测方法

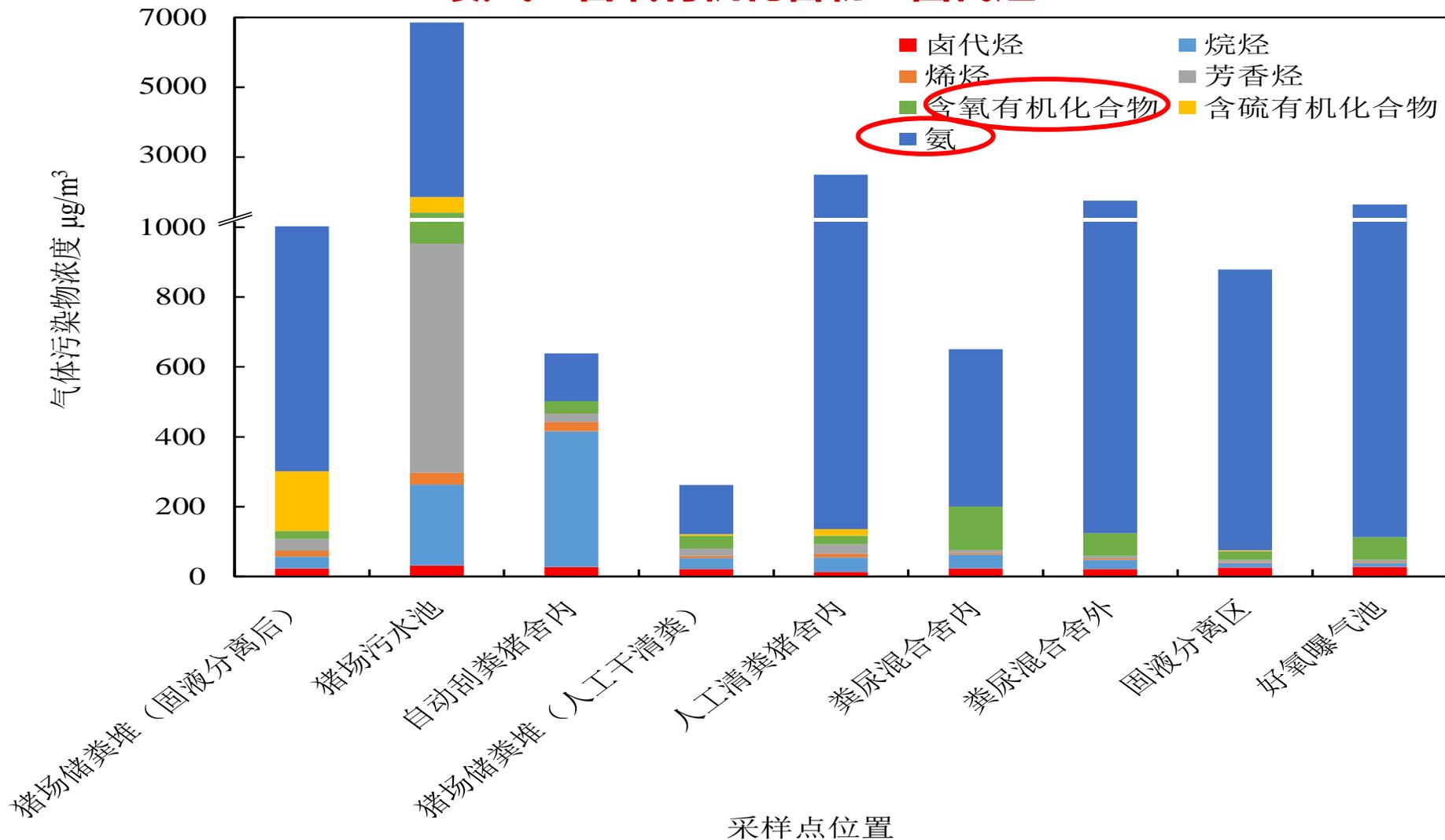
■ 臭气组分定性定量分析（气相色谱和质谱法）



2 猪场臭气污染现状

➤ 臭气组分浓度

氨气 > 含氧有机化合物 > 卤代烃



2 猪场臭气污染现状

单项污染指数评价法

单项污染指数的计算方法：
$$P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

其中， C_i 一污染物实测浓度；

S_i 一相应类别的标准值。

《畜禽场环境质量标准》（NY/T 388-1999）

序号	项目	单位	缓冲区	场区	猪舍
1	氨气	mg/m ³	2	5	25
2	硫化氢	mg/m ³	1	2	10
3	二氧化碳	mg/m ³	380	750	1500
4	可吸入颗粒	mg/m ³	0.5	1	1
5	总悬浮颗粒物	mg/m ³	1	2	3
6	恶臭	无量纲	40	50	70

臭气污染控制标准分析

	GB14554-93		GB14554 征求意见	大气污染物综合 排放标准 DB11/501-2017
	一级	三级		
恶臭	20	70	20	20
氨	1.0	5.0	0.2	0.2
三甲胺	0.05	0.8	0.05	0.08
硫化氢	0.03	0.6	0.02	0.01
甲硫醇	0.004	0.035	0.002	0.007
甲硫醚	0.03	1.10	0.02	0.07
二甲二硫	0.03	0.71	0.05	0.06
二硫化碳	2.0	10	0.5	0.04
苯乙烯	3.0	19	1.0	0.4

2 猪场臭气污染现状

➤ 恶臭贡献率

气体活度值 (OAV) 表示单个物质浓度与其嗅阈值 (OT) 的比值, 气体活度值占气体活度值总和 (SOAV) 的比例可以反映不同组分对恶臭的贡献率, 计算公式为:

$$OAV_i = VOC_i / (1000 \times OT_i) \quad (1)$$

$$P_i = OAV_i / SOAV \quad (2)$$

式中, OAV_i 为第 i 种气体组分的气体活度值; VOC_i 为第 i 种气体组分的排放浓度, $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; OT_i 为第 i 种气体组分的嗅阈值, 即人所能嗅到的最小刺激量, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$; SOAV 为气体样品中的气体活度值加和; P_i 为第 i 种气体组分的**恶臭贡献率**。

嗅阈值越小, 越容易被人感觉到, 浓度高不一定贡献率高。

恶臭气体	氨气	硫化氢	甲硫醇	二甲二硫	甲硫醚	乙硫醇	己醛	丙酸
嗅阈值 (mg/m^3)	0.23	0.0018	0.00014	0.1	8.29	0.000024	0.0012	0.019

2 猪场臭气污染现状

表 1 猪场主要致臭成分气味活度值及恶臭贡献率

采样点位	气体活度值大于 1 的物质名称 (贡献率 %)	总气体活度 值 (SOAV)
猪场储粪堆 (固液分离后)	乙硫醇 (90.53) 、甲硫醇 (9.39)、甲硫醚 (0.08)	1958.86
猪场污水池	乙硫醇 (62.22) 、 甲硫醇 (37.56) 、氨 (0.14)、对二乙基苯 (0.04)、2-丁酮	3045.70
自动刮粪猪舍内	己醛 (78.61) 、 戊醛 (21.39)	5.91
人工清粪猪舍内	甲硫醇 (92.33) 、氨 (7.67)	27.03
粪尿混合舍内	丙醛 (46.11) 、 己醛 (40.19) 、戊醛 (13.70)	9.03
粪尿混合舍外	己醛 (53.45) 、 氨 (23.44) 、丙醛 (23.11)	6.13
固液分离区	甲硫醇 (91.21) 、己醛 (8.79)	16.24
好氧曝气池	己醛 (100.00)	1.26

2 猪场臭气污染现状

➤ 臭气排放规律研究现状

氨浓度：妊娠舍 > 育肥舍 > 哺乳舍 > 保育舍，**夏季** > 冬季；**实体地面** > 漏缝地板 > 发酵床；水泡粪 > 干清粪

温度和PH：畜禽舍温度从10°C上升到30 °C，恶臭气体排放增加216%，粪污PH降低，有利于减少臭气排放；

通风量：通风量从0.5L/min 增加到1.5L/min，恶臭气体浓度降低了34%，但排放量增加了97%；

漏缝地板与气流的方向：气流速率大于0.8m/s，与气流方向平行布设漏缝地板释放更多的臭气，气流速率1.6m/s漏缝地板方向间差异达39%。

猪舍臭气污染排放约占总排放量的70%，粪污区排放占30%以上。

2 猪场臭气污染现状

➤ 存在的问题

重视不够

- 重生产，轻环保
重粪污，轻废气
- 缺政策引导
缺资金扶持
缺技术支撑

问题突出

- 污染问题普遍
- 成分复杂，检测难度和治理难度大
- 污染严重，排放强度大
- 普遍无组织排放

基础薄弱

- 治理缺乏系统性，设施不足
- 臭气治理技术工艺存在缺陷
- 日常管理粗放

03

猪场臭气系统防治



1 臭气系统防治方案

三道屏障：减源-控排-净化

系统方案



2 臭气源头减排技术

➤ 主要技术

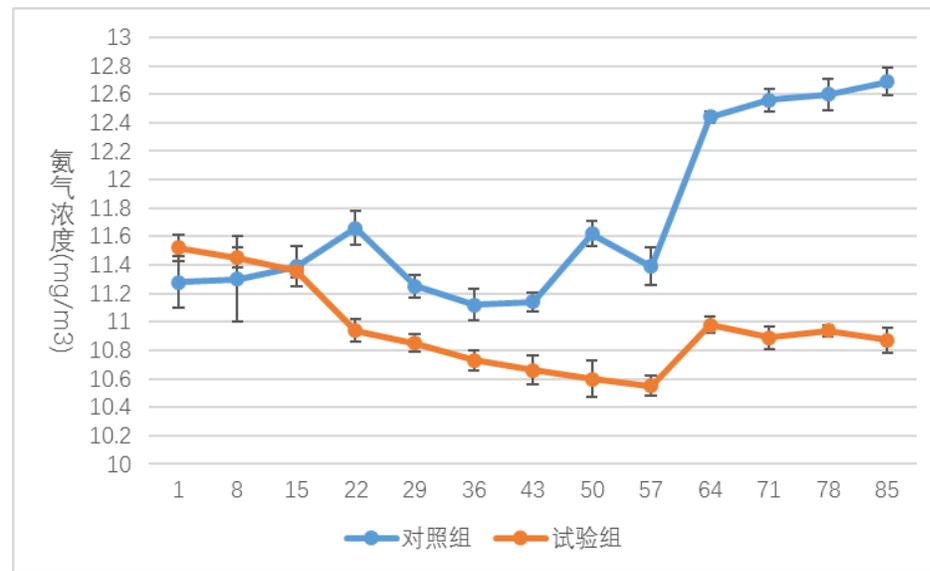
第 1 道屏障——源头减排（舍内除臭）

- 微生物制剂与低蛋白日粮；
- 粪道除臭（漏缝地板下）；



1) 氨基酸平衡，日粮每降低 **1%**粗蛋白水平，可**减少 8%~10%** 的总氮排泄量；

2) 饲料添加益生元、酶制剂等。添加除臭型微生物制剂，饲喂60天，与对照组相比，降低粪便中吲哚和3-甲基吲哚含量的**53.4%和21.9%**。



85d时，氨浓度降低**14.32%**

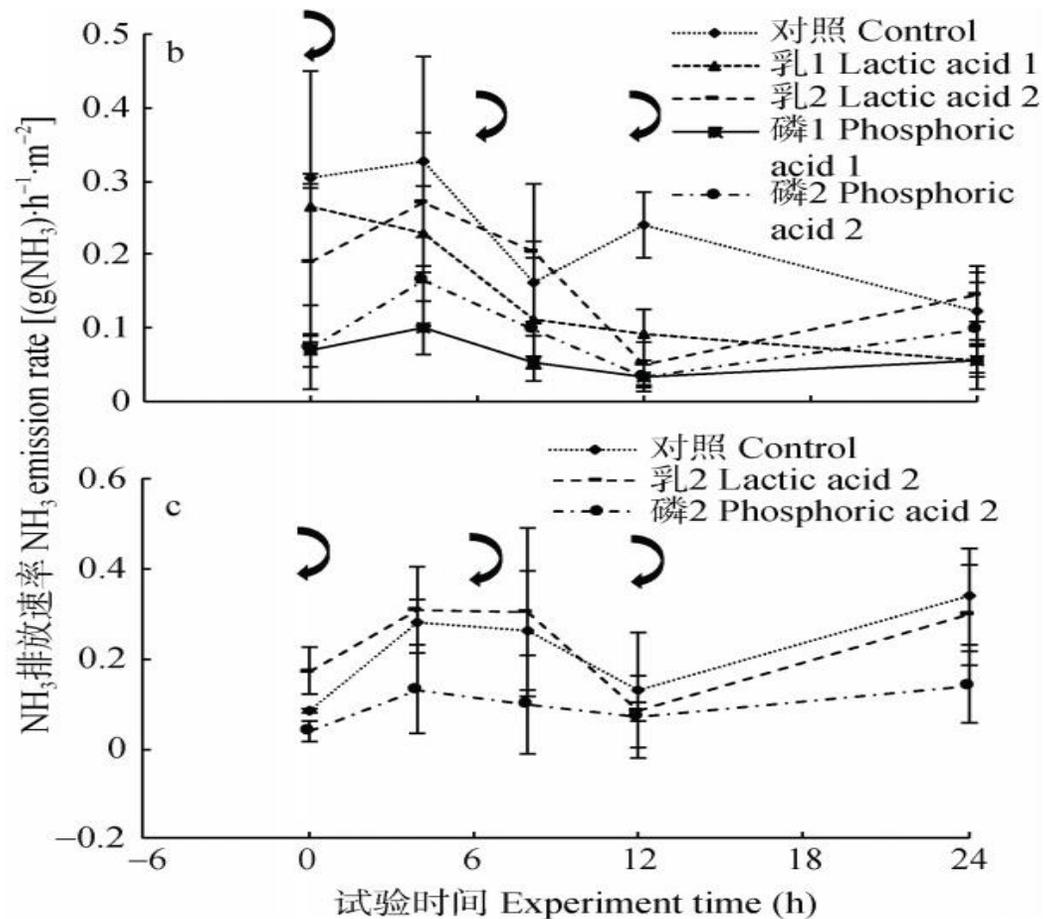
2 臭气源头减排技术

➤ 主要技术

第1道屏障——源头减排（舍内除臭）

- 舍内空气除臭（除臭剂、电解水除臭）
- 粪污酸化处理；粪尿混合收集模式；

- 1) 舍内微酸性电解水喷雾除臭；
- 2) 猪舍粪污中喷洒0.006mol/L乳酸，0.009mol/L磷酸，氨排放速率**降低50%以上**。



粪尿 0~24 h 氨气排放速率及表层酸化对其影响
(刘娟, 2019)

3 臭气过程控排技术

➤ 主要技术

第2道屏障——过程控制（集气与过滤）

- 滤墙过滤除臭技术；（大通风需求）

1) 风机外侧建集气室，采用pp滤墙+雾化吸收除臭工艺，恶臭去除率**60.9%**；

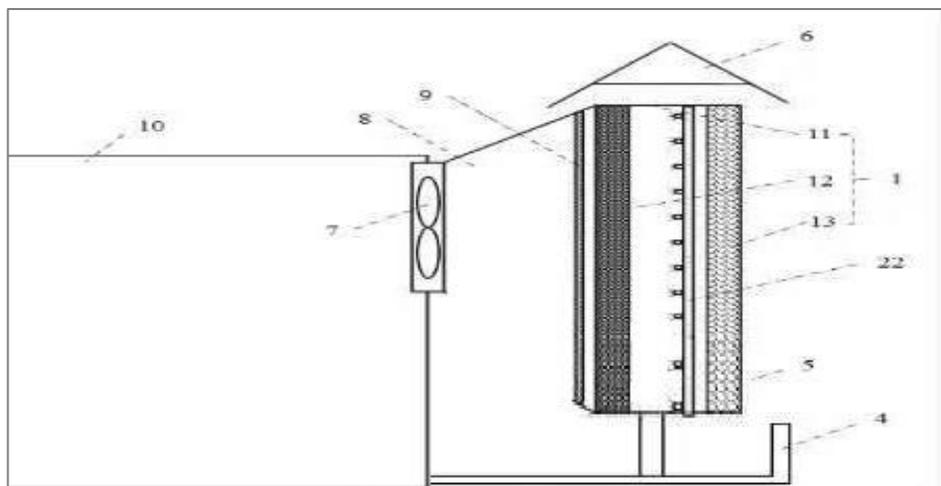
2) 吸收液PH 在线监控。



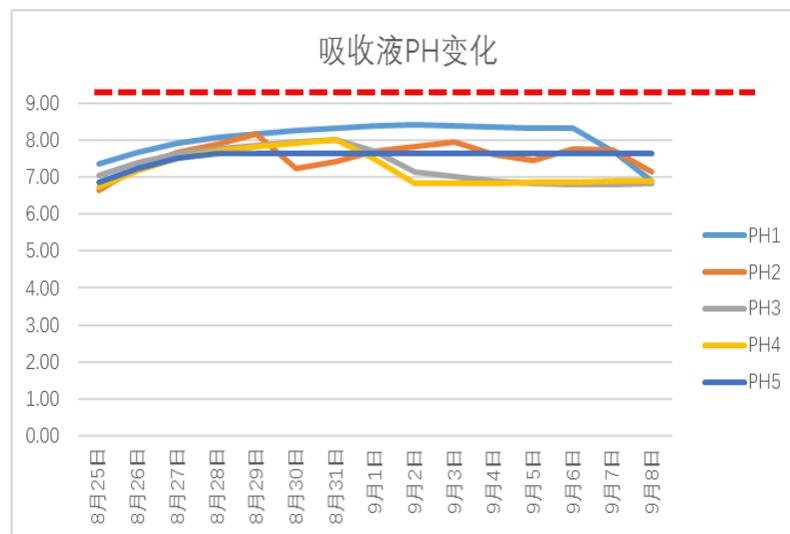
集气室建设（2018年）



滤墙除臭【房山】



畜禽舍臭气过滤设计图



实时数据

09/24/2020 星期三 10:00:34

圈舍内: NH3:0.0ppm 37.0℃ 72.0%
圈舍外: NH3:0.0ppm 35.0℃ 65.0%

水帘外侧1: PH:7.7
水帘外侧2: PH:7.7
水帘外侧3: PH:7.5
水帘外侧4: PH:8.0
水帘外侧5: PH:7.6

传感器	数值	采集时间	状态
PH仪表1	7.55	2020-09-05 21:27:18	正常
PH仪表2	8.07	2020-09-05 21:27:18	正常
PH仪表3	8.08	2020-09-05 21:27:18	正常
PH仪表4	8.06	2020-09-05 21:27:18	正常
PH仪表5	7.86	2020-09-05 21:27:18	正常

实时数据 | 历史数据 | 报警记录 | 数据对比

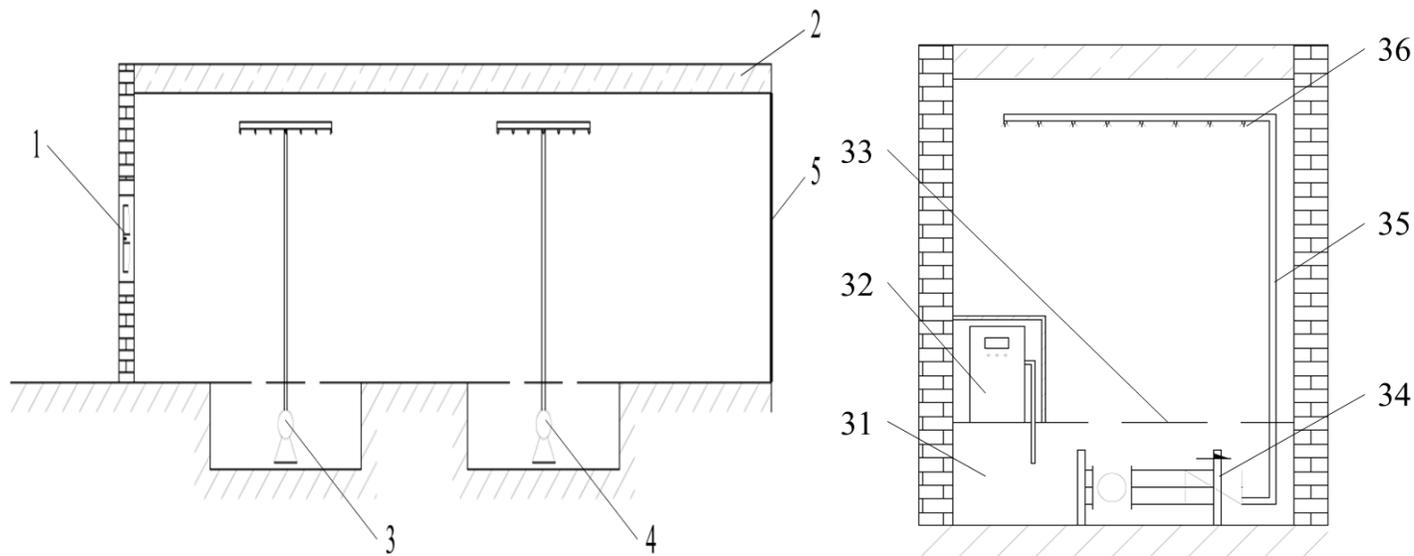
3 臭气过程控排技术

➤ 主要技术

第2道屏障——过程控制（集气与过滤）

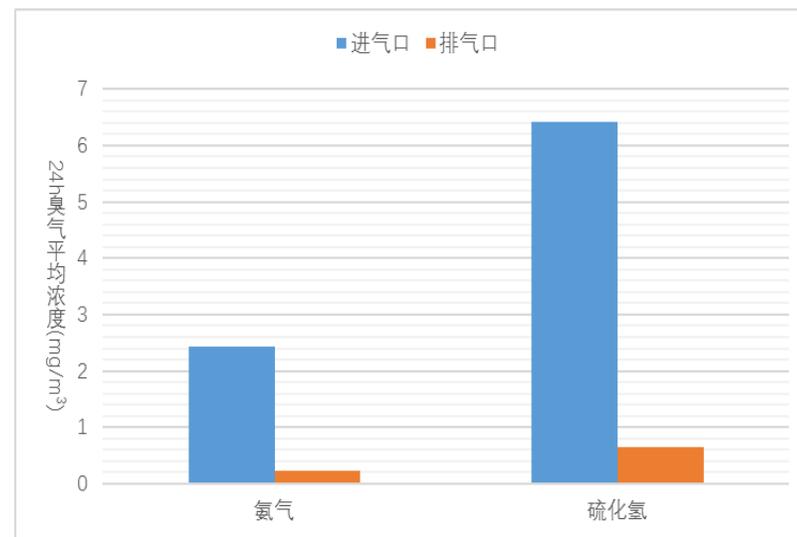
- UV光解除臭技术；（小通风需求）
- 猪舍废气多级除臭技术（多组分）

1) 通风管道收集，UV+喷淋塔； 2) 臭氧+酸洗+静电电离



1-风机； 2-顶棚； 3-臭氧系统； 4-酸洗系统； 5-静电电离系统。

31-蓄水池； 32-臭氧发生器； 33-板条地板； 34-高压水泵； 35-水管； 36-喷头



3 臭气过程控排技术

■ 示范应用



顺义益奥源



昌平中育



房山二商



延庆丰森源



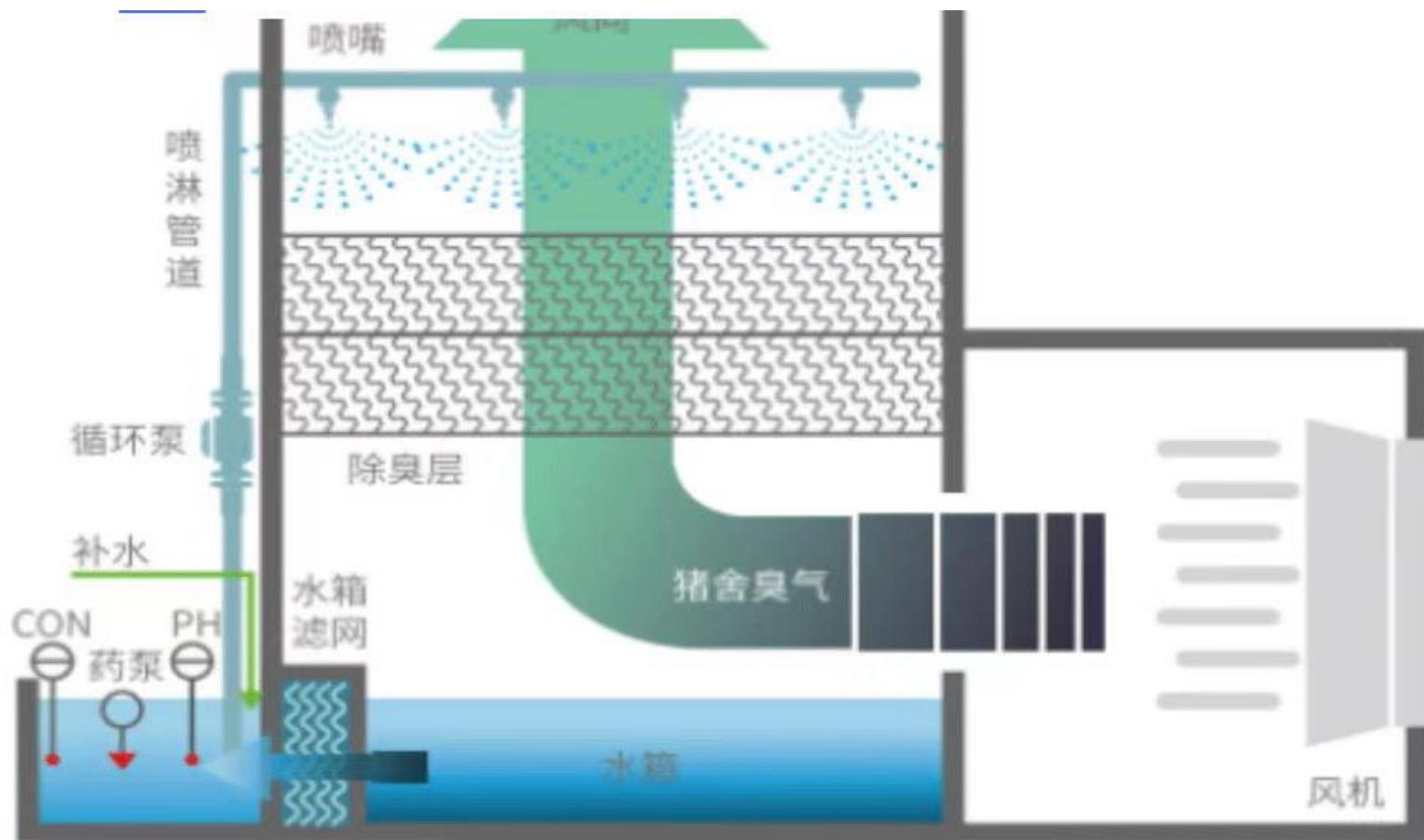
密云隆盛



平谷中育

3 臭气过程控排技术

- 楼房养猪纵向过滤除臭



楼房养猪，废气收集间，垂向布设除臭过滤墙、喷淋系统，关注臭气污染负荷和除臭效率，同时过滤液回收，避免二次污染。

4 粪污臭气治理技术

➤ 主要技术

第3道屏障——末端治理（密闭阻挡）

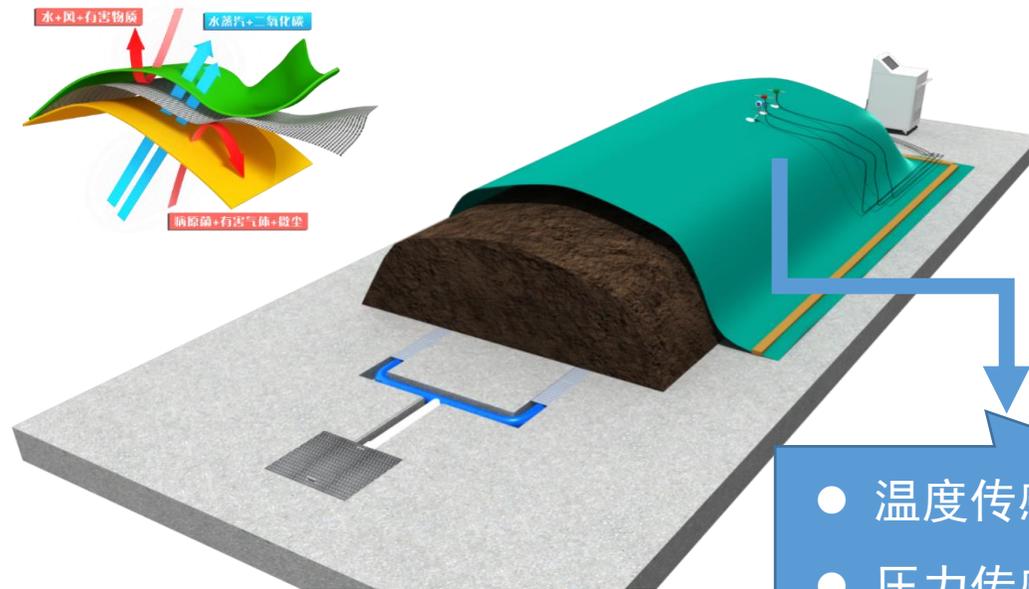
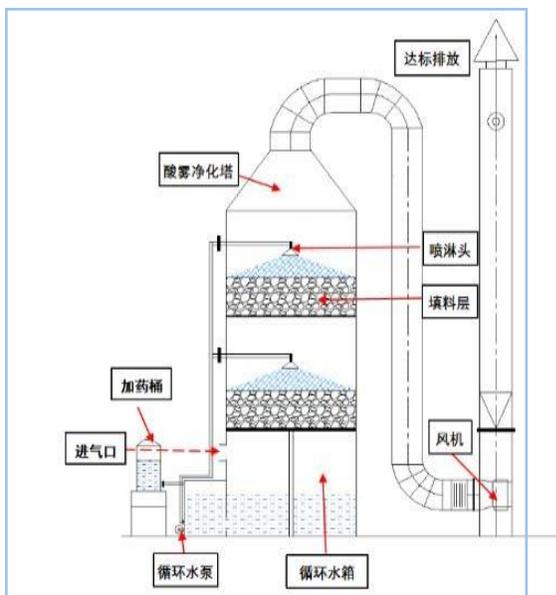
罐式反应器，纯粪便堆肥、
高温好氧、废气过滤塔处理

固体
粪便

覆膜堆肥发酵，聚四氟乙烯，选择
透过膜，臭气阻隔，减少挥发



密闭反应器除臭滤塔



分子膜堆肥发酵

- 温度传感器
- 压力传感器
- 氧气传感器

4 粪污臭气治理技术

■ 示范应用

槽式堆肥车间除臭-房山窦店（过滤塔）



集气管

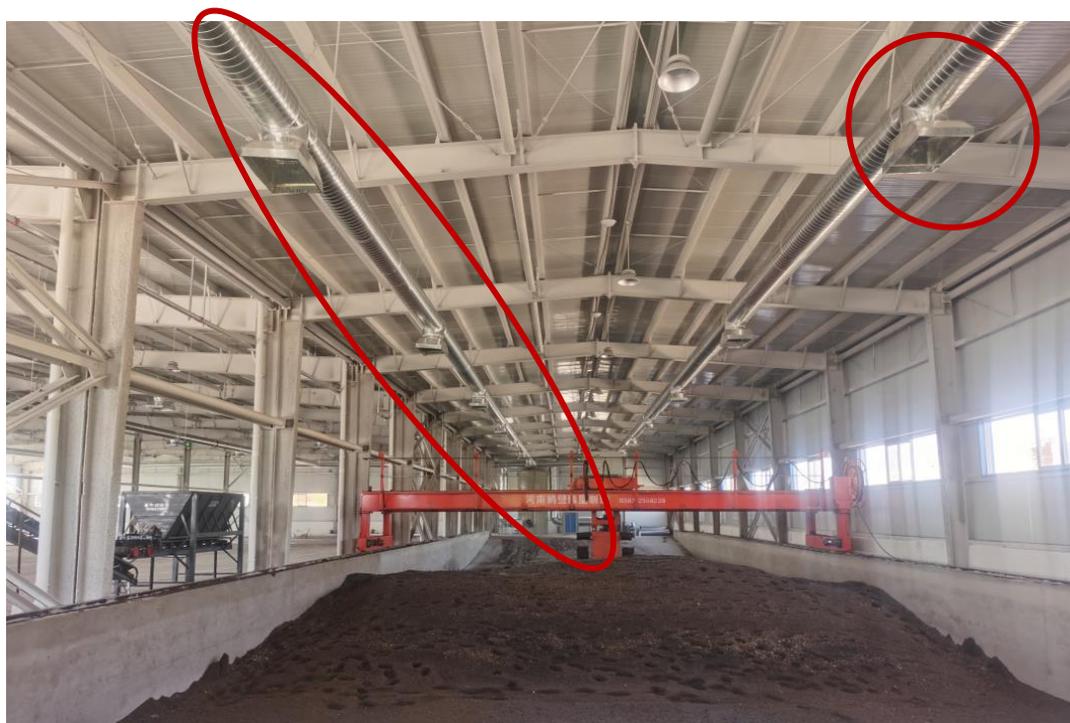


过滤塔

4 粪污臭气治理技术

■ 示范应用

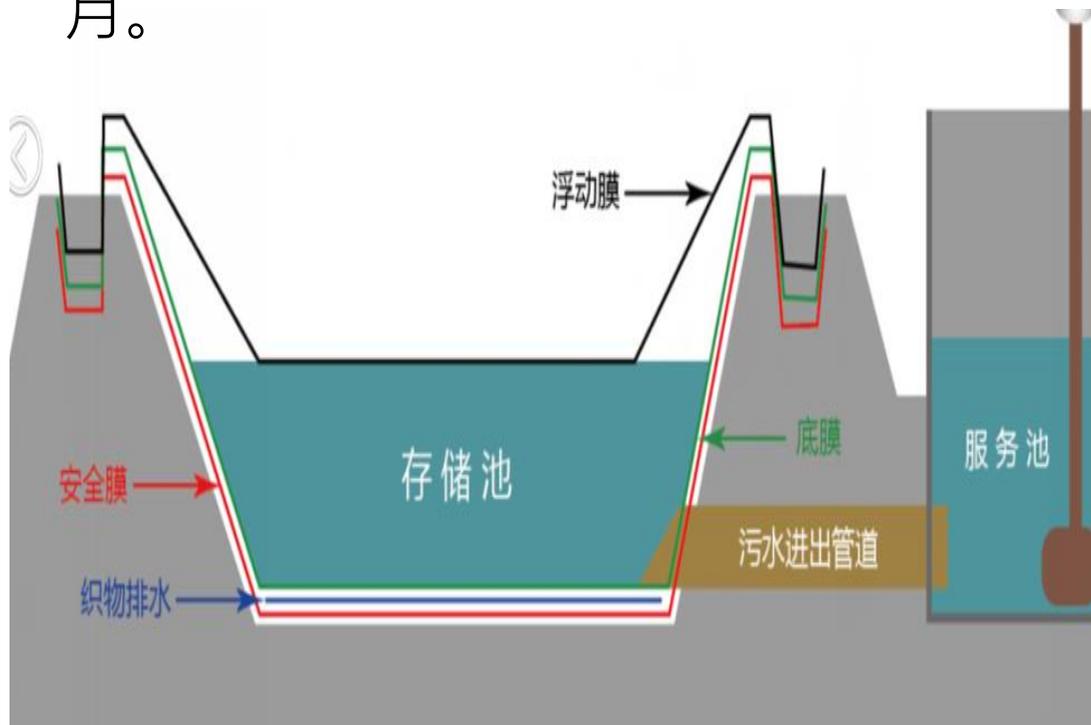
延庆东祥有机肥厂【UV光解】



4 粪污臭气治理技术

➤ 主要技术

液体覆膜存储：厌氧存贮，二层或三层膜黑膜厌氧池，存储发酵4-6个月。



延庆丰森源覆膜储存池



房山牧原覆膜储存

4 粪污臭气治理技术

■ 示范应用



昌平农科院基地



延庆康庄



平谷新希望



顺义奥格尼克



大兴金银岛牧场



延庆丰森源

5 粪污还田臭气减排

➤ 主要技术

养分平衡施肥，液肥采用沟施、穴施、注施等方式，及时覆土，减少臭气挥发。



6 在线监控系统



多参数耦合

智慧牧场

7 全程精细化管理

全要素——粪便、污水、废气三要素协同治理

全过程——从投入品，饲养管理，粪污收、处、用全过程
加强管理

标准化——抓好清洁减量化、收集全量化、处理无害化、
末端资源化、管理标准化“五化”

精细化——落实相关标准、防范各类风险，方案计划、实
施、总结等档案资料完善。

04

问题与思考



1 问题



污染源

绿色
低碳

**高度集约化
养殖方式**

**年出栏100
万头以上**

1 思考

问题

- **排放源集中：**100万头出栏，年产粪污120多万吨，臭气排放强度大；
- **气体收集难度大：**组分复杂、通风量大，猪 $0.35\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{kg活重})$ ；
- **处理要求更高：**纵向排放，废气出风楼处理负荷很高

思路

- **转变观念：**大农业，种养、绿色低碳，系统防治；
- **因地制宜：**选址与布局、工艺模式选型，补短板；
- **技术创新：**高效低成本除臭工艺、智能化监控；
- **规范管理：**强化标准落实，强弱项，提高管理水平。

1 建议

第一个字“有”：意识、制度、设施；

第二个字“适”：设施工艺与生产配套、相适宜；

第三个字“用”：持续有效运行；

第四个字“查”：跟踪监测、运维管理、定期自查；

第五个字“管”：日常规范管理。

管理与技术齐头并进：源头减排-过程控制-末端利用多级系统防治技术，**多措并举，综合管理措施，筑牢三层屏障。**



感谢聆听， 敬请指正！