

# 城市厨余垃圾中有机质资源回收利用 推动城市低碳发展



无锡市低碳研究院  
Wuxi Low Carbon Research Institute

阮文权

江南大学

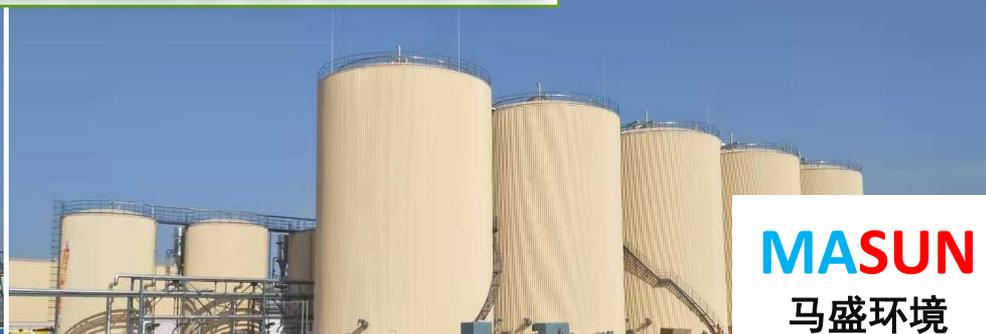
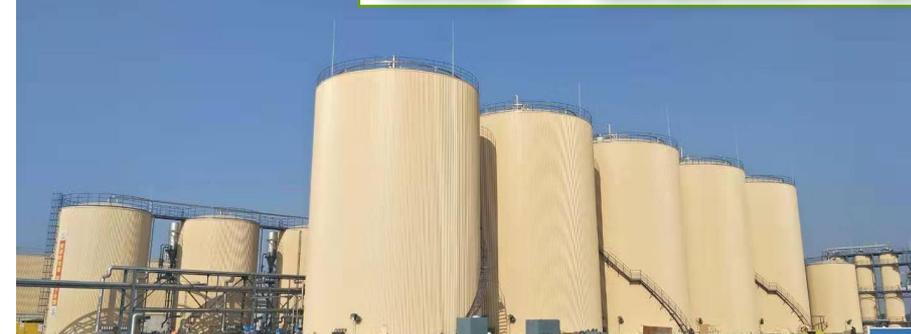
无锡市低碳研究院首席专家

wqruan526@aliyun.com

# 上海老港湿垃圾处理项目——厌氧+提油



## 老港 3 万方湿垃圾厌氧发酵处理系统



# 上海浦东黎明湿垃圾处理项目

一期500吨湿垃圾项目2万方厌氧系统已稳定运行4年  
二期500吨项目的“预处理和厌氧处理”稳定运行



# 西安高陵湿垃圾处理项目

一期500吨湿垃圾项目——国内领先的<sup>最大</sup>减量化全流程解决方案



# 徐州市湿垃圾处理项目

1000吨湿垃圾项目——江苏省最大湿垃圾处理项目，稳定运行6年



2021-11-11

**MASUN**  
马盛资源

# 城市有机废弃物

- 城管分管：家庭厨房、餐厅、饭店、食堂、市场及其他与食品加工有关的行业
- 市政园林分管：污泥、园林垃圾
- 水利分管：水草、底泥等。

餐厨



厨余



果蔬



# 城市有机废弃物——减量、资源化

厨余垃圾中含有80%左右易腐有机质和10%左右塑料类物质



厨余垃圾

易腐有机质 ~80% → ~20%(TS)

塑料类物质 ~10%

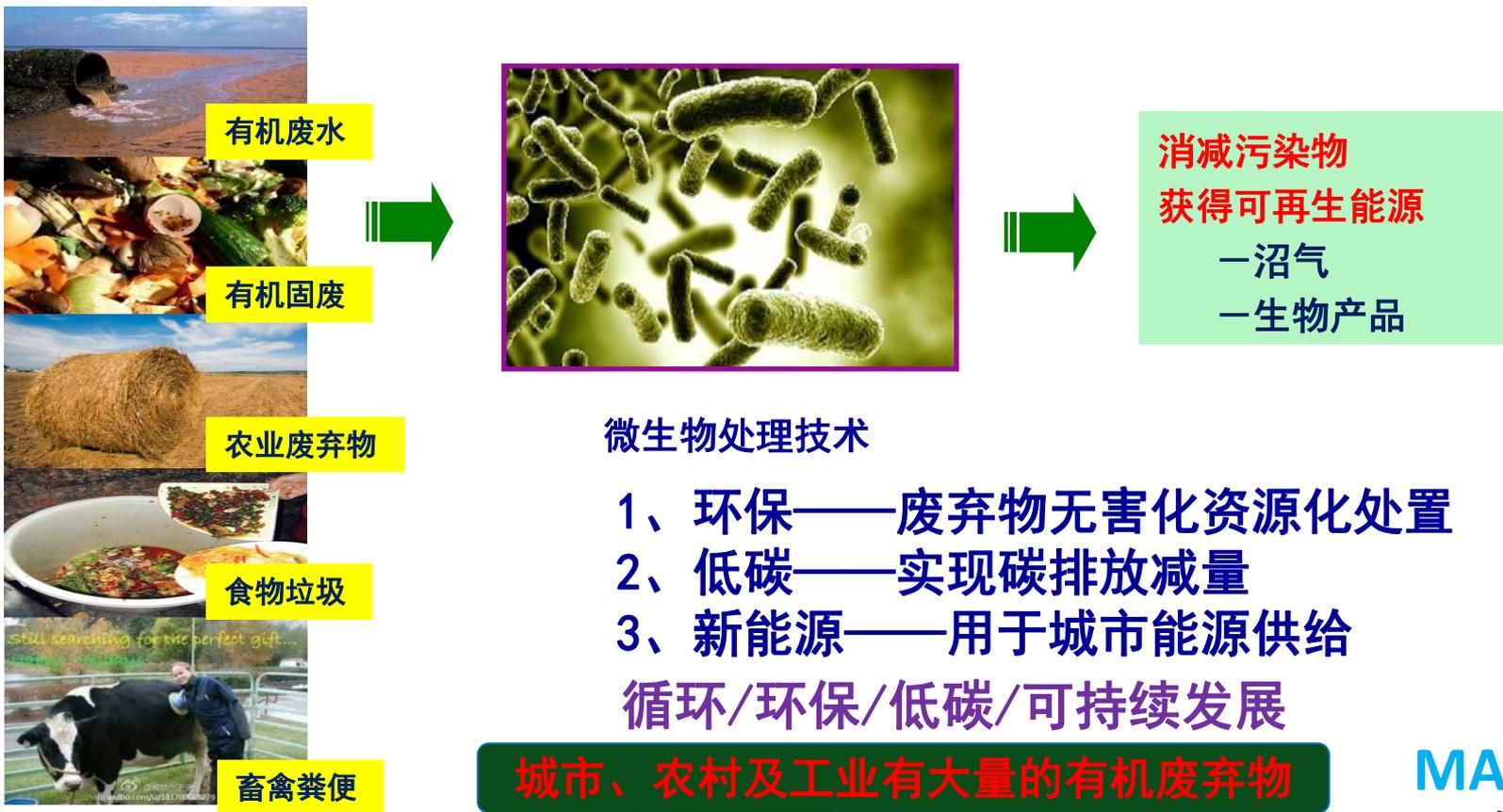
其他垃圾 ~10%

来自（杭州垃圾分类试点城市数据）

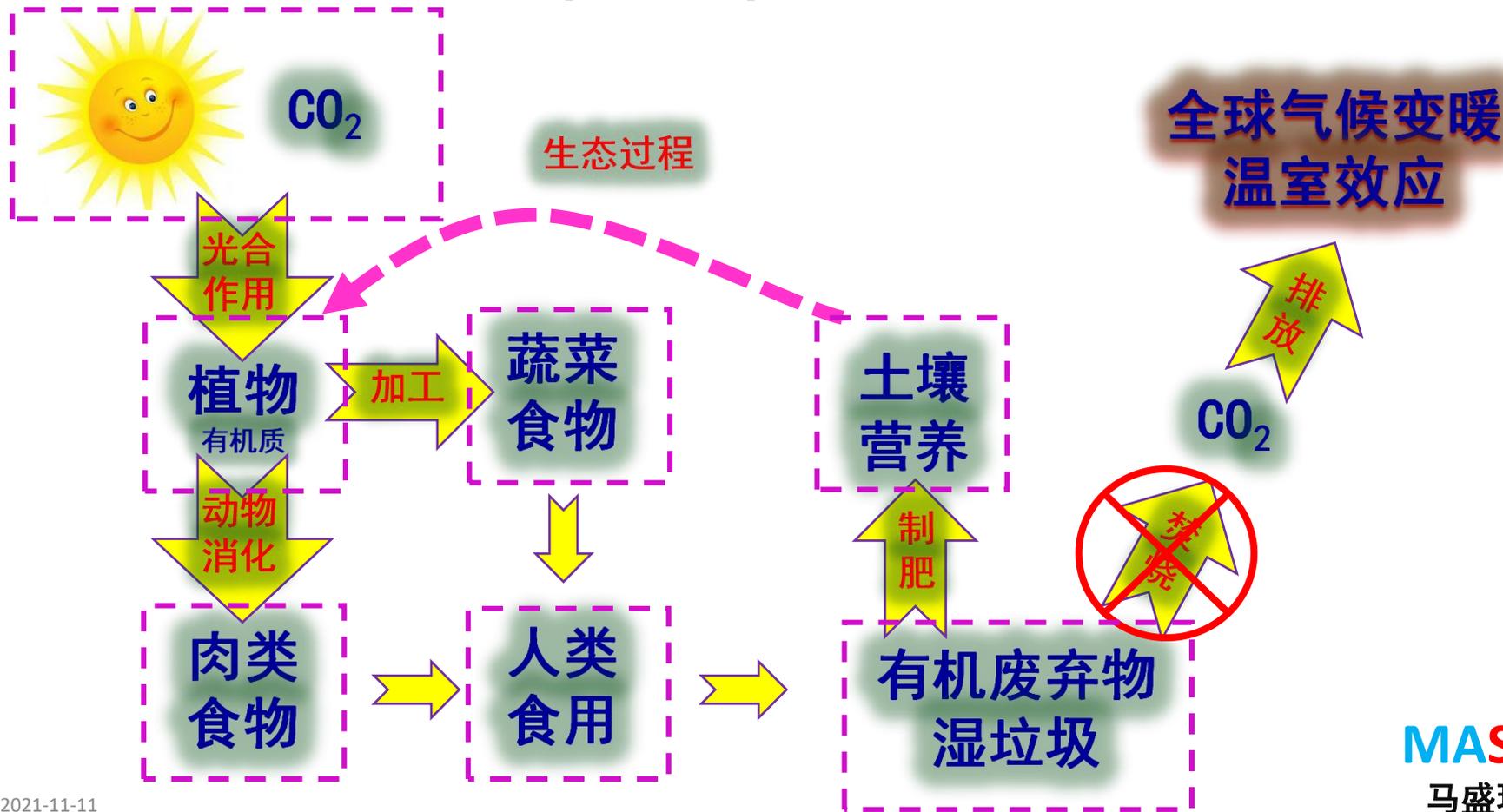
要实现厨余垃圾全量消纳和无害化处理  
关键是易腐有机质和塑料类物质的回收和再利用

要求：对厨余垃圾实施分质分选处理，易腐有机质资源化利用，塑料裂解制油，可以实现全量消纳和无害化处置目标。

# 微生物处理技术是有机废弃物处置的核心技术



# 延长有机废弃物生命（资源化）是低碳发展的要求

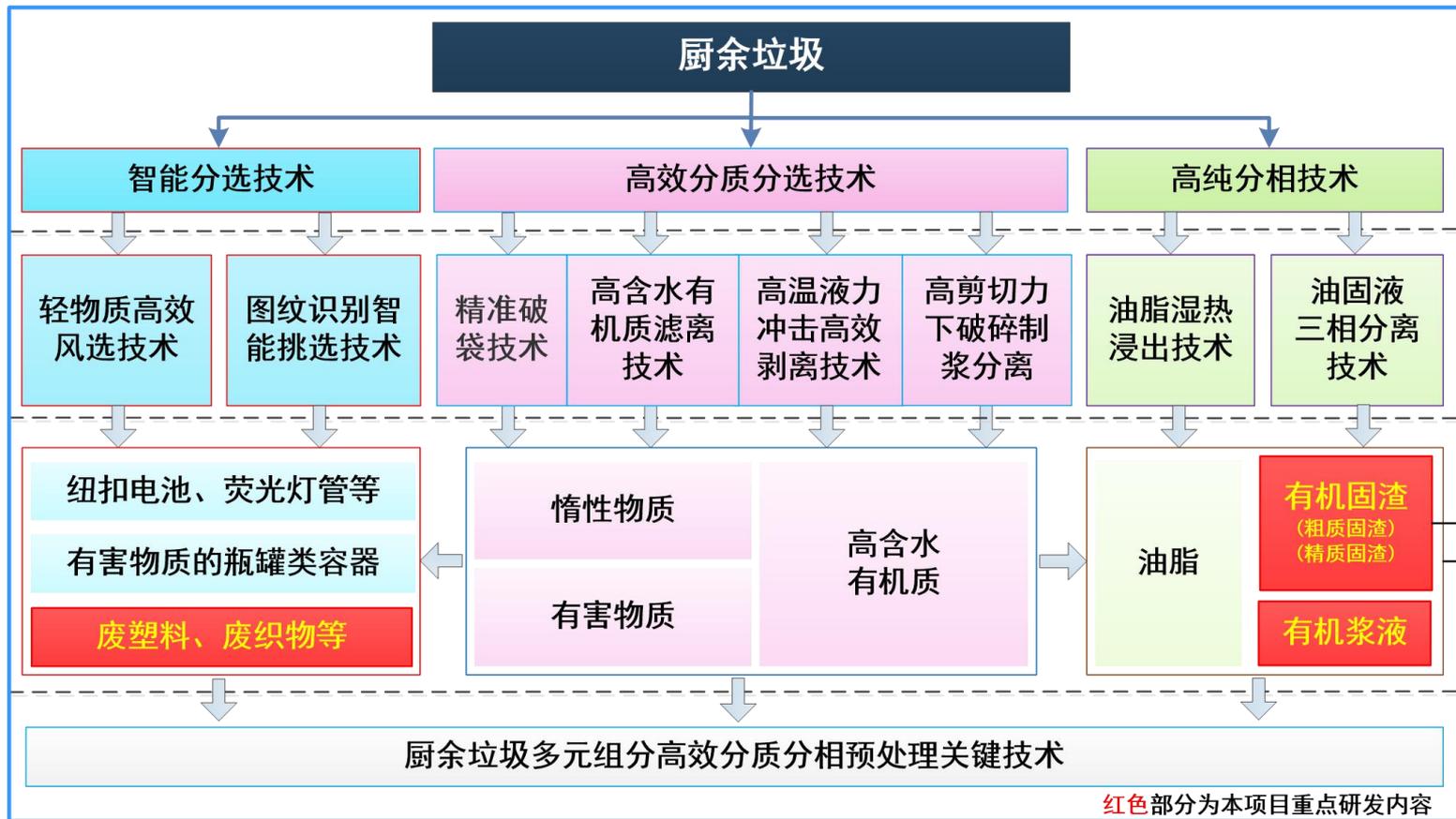


# 精细化分质分选

- 精细化分选
- 粗分选
- 水力分选

越精细越可资源化

# 厨余垃圾的分质分选



# 分质分选

## 马盛餐厨垃圾预处理装备分选和分离效果



# 分质分选

湿垃圾



大件垃圾



贝壳砂砾



轻杂质



粗油脂



有机物料



浆水



# 有机质（固渣）资源化



——淀粉  
——蛋白质  
——纤维

有机质资源利用

# 有机质资源化处理





## 有机质固渣

- 培养**专用微生物（乳酸菌、放线菌、黑曲霉）
- 养殖**蝇蛆、黑水虻
- 制备**氨基酸液
- 生产**有机肥料

# 乳酸菌发酵产物（利用淀粉）

湿垃圾（餐  
厨厨余）



固渣



乳酸菌发酵



发酵产品



宠物饲料  
有机肥料



乳酸菌发酵后：

➢ 乳酸菌  $>10^8$  CFU/g

➢ 抑菌效价  $>1500$  IU/mL

- 乳酸菌生长速率快、发酵周期短，实现连续化生产
- 发酵过程可以抑制和杀灭病原菌，提高产品安全性

# 养殖蛆（黑水虻、蝇蛆，利用蛋白）

畜禽粪便  
湿垃圾（餐厨厨余）等



黑水虻养殖

虫粪有机肥

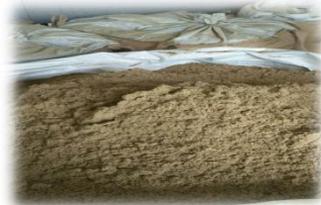


高蛋白质虫体

喂鸡鸭



饲料添加剂  
抗菌肽提取  
虫粪有机肥



# 制氨基酸（利用蛋白）

餐厨固渣  
(淀粉、蛋白质和纤维素)



淀粉酶解

→ 可溶性糖、有机碳源

蛋白酶解

→ 借助半透膜得到高纯度蛋白和多肽

纤维素酶解

→ 可溶性糖、有机碳源

## 目的和意义

- (1) 降低工程和设备成本投入；
- (2) 提高有机组分的附加值。

## 存在主要问题

- (1) 酶解控制条件不明晰；
- (2) 如何实现蛋白质产品的制备；
- (3) 缺乏连续化生产配套装备。

## 创新点

- (1) 可实现有机组分的有效分离；
- (3) 能够获得高纯度的糖和蛋白质。

# 固渣厌氧产沼气（利用碳水化合物）



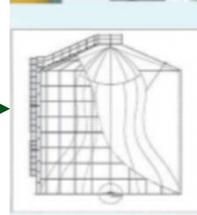
含水80%，含固~20%；  
W=700t/d，TS=140t



厌氧产沼  
含固~15%



废水量Q=500t/d，  
达标排放，回流  
稀释Q=200t/d



沼气体积  
Q=70000m<sup>3</sup>/d，  
=140000KWH/d  
CH<sub>4</sub>=55%



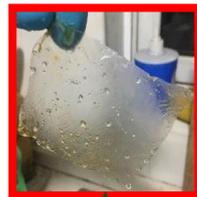
沼渣，含水~60%，含  
固~40%；W=105t/d，  
TS=42t



堆肥干化除杂，含水  
~30%；W=60t/d，  
TS=42t，杂质=20t



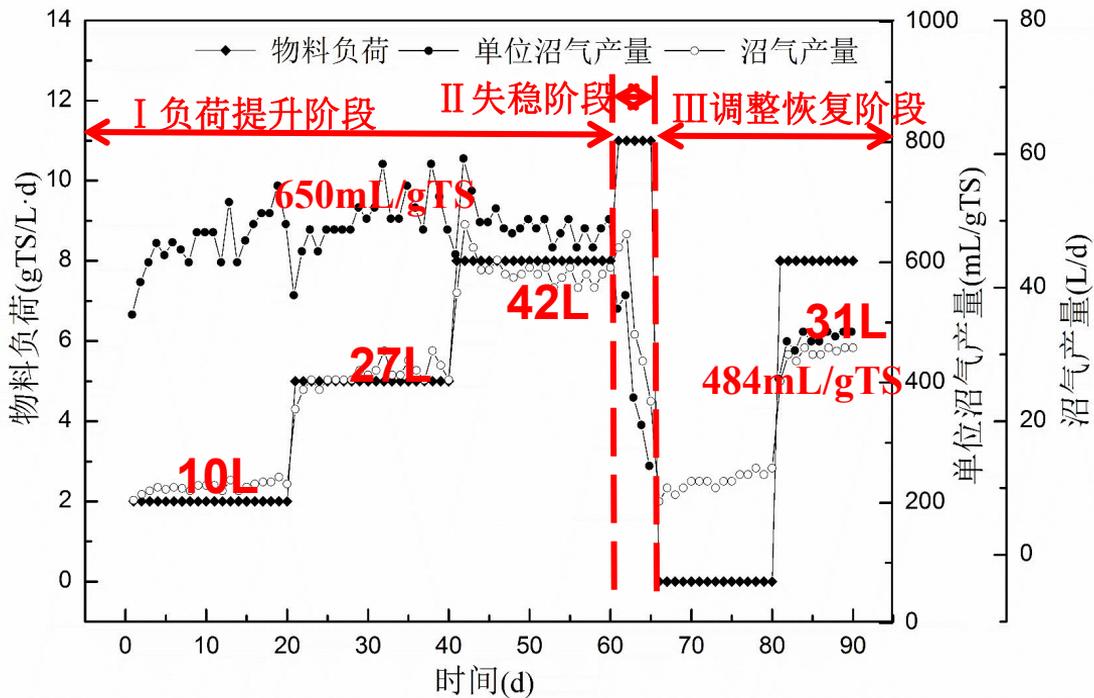
沼气和余热干化  
初级肥，含水  
~30%，含固  
~70%；W=40t/d，  
TS=22t



分离除杂，  
杂质=20t

# 固渣厌氧产沼气

## 反应器运行过程中产甲烷活性的变化

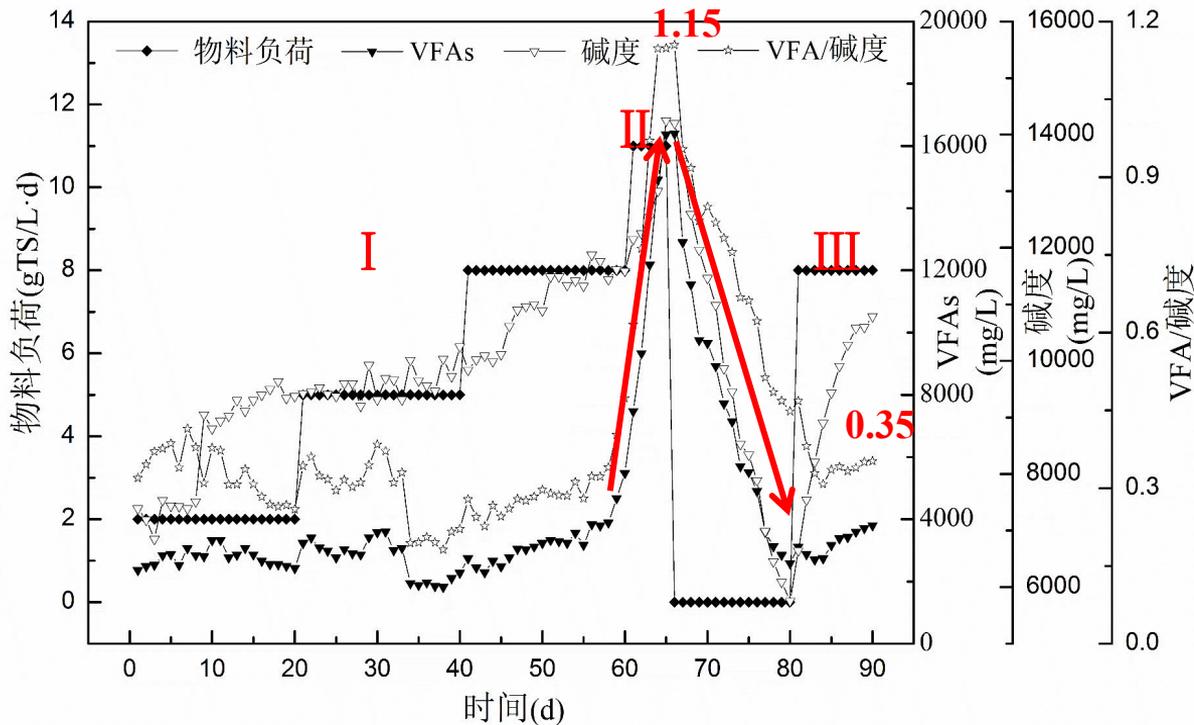


I 沼气日产量基本和物料负荷呈正相关，波动比较平稳

I 单位沼气产量相对比较平稳

# 固渣厌氧产沼气

## 反应器运行过程中碱度和有机酸浓度的变化



IV VFA/碱度基本在0.4以内, 表明反应器运行较为稳定

II VFAs、碱度和VFA/碱度均急剧上升

# 固渣好氧制有机肥



有机质>80%  
含水率<40%  
含氮量>20%



发酵固渣



制肥基质



**MASUN**  
马盛环境

# 浆液



有机质含量15%

——高效厌氧

95%有机质转化成沼气能源

# 马盛高效厌氧 (MA-ANA)碳源转化沼气95%以上



MA厌氧发酵罐

## 反应器特点

多重搅  
拌方式

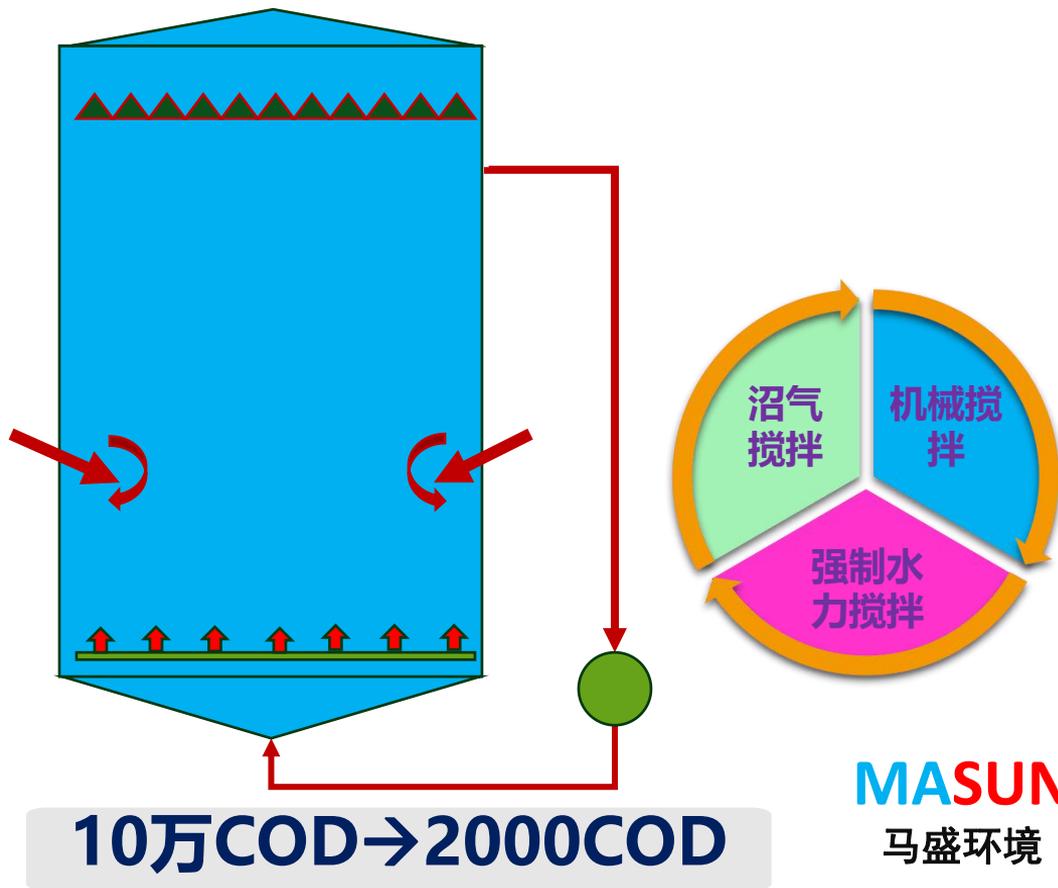
防沉砂  
结壳

环流  
出水

停留  
时间30d

80-100m<sup>3</sup>  
沼气/t餐厨  
物料

## 设计参数



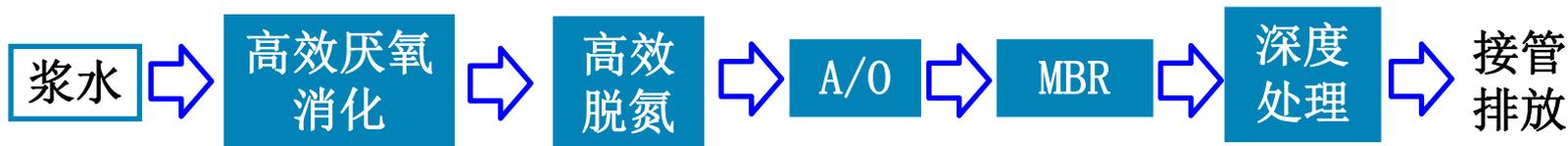
# 废水中回收氮源——脱氮



COD: ~10,000 mg/L

氨氮: 3,000 mg/L

TS: 3~5%



两大脱氮技术：氨氮回收和脱氮技术。

- 氨氮回收(DA)——一种氨回收技术。
- 脱氮 (DN) ——一种脱氮技术。短程硝化和反硝化微生物反应。

# 氨氮回收 (DA)

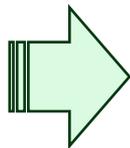


氨氮: 3,000 mg/L



氨氮: 3,000 mg/L → 300mg/L

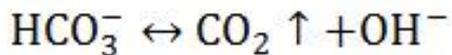
- 氨水氨氮
- 碳酸氢铵



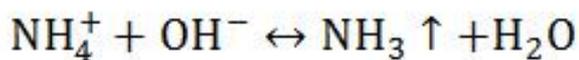
- 有一定效益
- 降低能耗
- 无需反硝化碳源

# 氨氮回收 (DA)

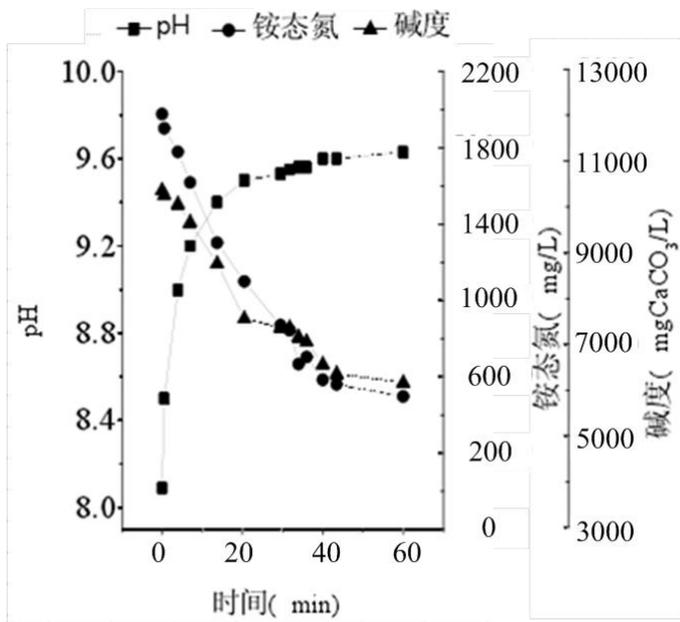
脱氨  
原理



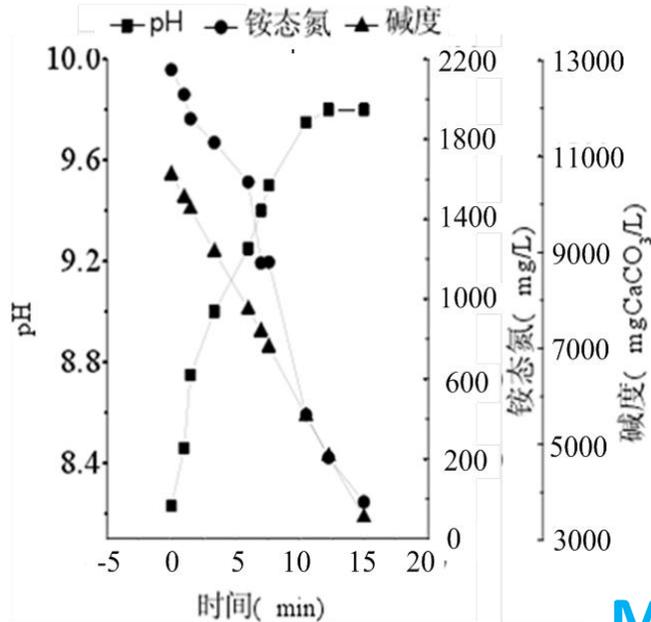
渗滤液 pH 升高



氨气逸出



空气吹脱过程参数变化趋势



蒸汽汽提过程参数变化趋势

# 江南大学

团队开发了国内第一套厨余沼液氨氮回收技术



2000t/d渗滤液脱氨工程



500t/d渗滤液脱氨工程

氨氮：3,000 mg/L → 300mg/L（去除率90%）

- 氨水氨氮
- 碳酸氢铵



- 有一定效益
- 降低能耗
- 无需反硝化碳源

# 高效脱氮 (DN)——低浓度氮源的无害化处理

DN脱氮反应具有超强的微生物脱氮能力，在反应器中筛选集聚了大量的脱氮微生物在微氧条件下通过短程硝化反硝化、氨氧化及硝化反硝化反应去除水中的氮源，具有碳源需求量大低，系统稳定，抗冲击能力强等特点。

DN脱氮反应系统的优点：

1. 耐受高的氮浓度；
2. 耐冲击能力强；
3. 硝化反硝化微生物的高效截留；
4. 碳源需求量大低；
5. 能耗低；
6. 集成结构，安装制作方便，占地面积小。



# 项目脱氮情况 (DN)

莆田餐厨项目运行分析记录表

时间: 2019.12.9

项目 取样点	pH	COD mg/l	TN mg/l	NH <sub>3</sub> -N mg/l	TP mg/l
均质罐	—	—	—	—	—
厌氧	—	—	—	—	—
气浮	8.08	2414	—	—	23.5
调节池	8.19	1114	1264	1028	19
配水池	—	—	—	—	—
脱氮罐	7.79	846	162	90	—
O1	7.85	766	84.4	25.3	8.9
O2	—	—	—	—	—
O3	—	—	—	—	—
膜池	8	—	—	—	—
8日系统出水	8.37	266	24.6	0.1	4.65
出水排放指标	6~9	≤500	≤70	≤45	≤8

配水池总量为进水 150m<sup>3</sup>/d+ 原水 7m<sup>3</sup>/d

日报表:

中型化处理系统:

厌氧出水 TN: 2500 mg/L

脱氮罐 TN: 162 mg/l

系统出水 TN: 24.6 mg/l

# 浆液处理至达标排放

浆液

厌氧  
出水

脱氮罐  
出水

AO  
出水

MBR  
出水

深度处理  
出水



废水各项指标在处理后可达到排放标准，达到接管排放标准。

# 固渣资源化农业实践

——青山湾农场



循环利用

# 城市任督二脉

## 生物质废弃物与生态农业循环

**静脉**——湿垃圾收集处理系统

**动脉**——可持续生态农业循环系统



“青山湾农场”模式

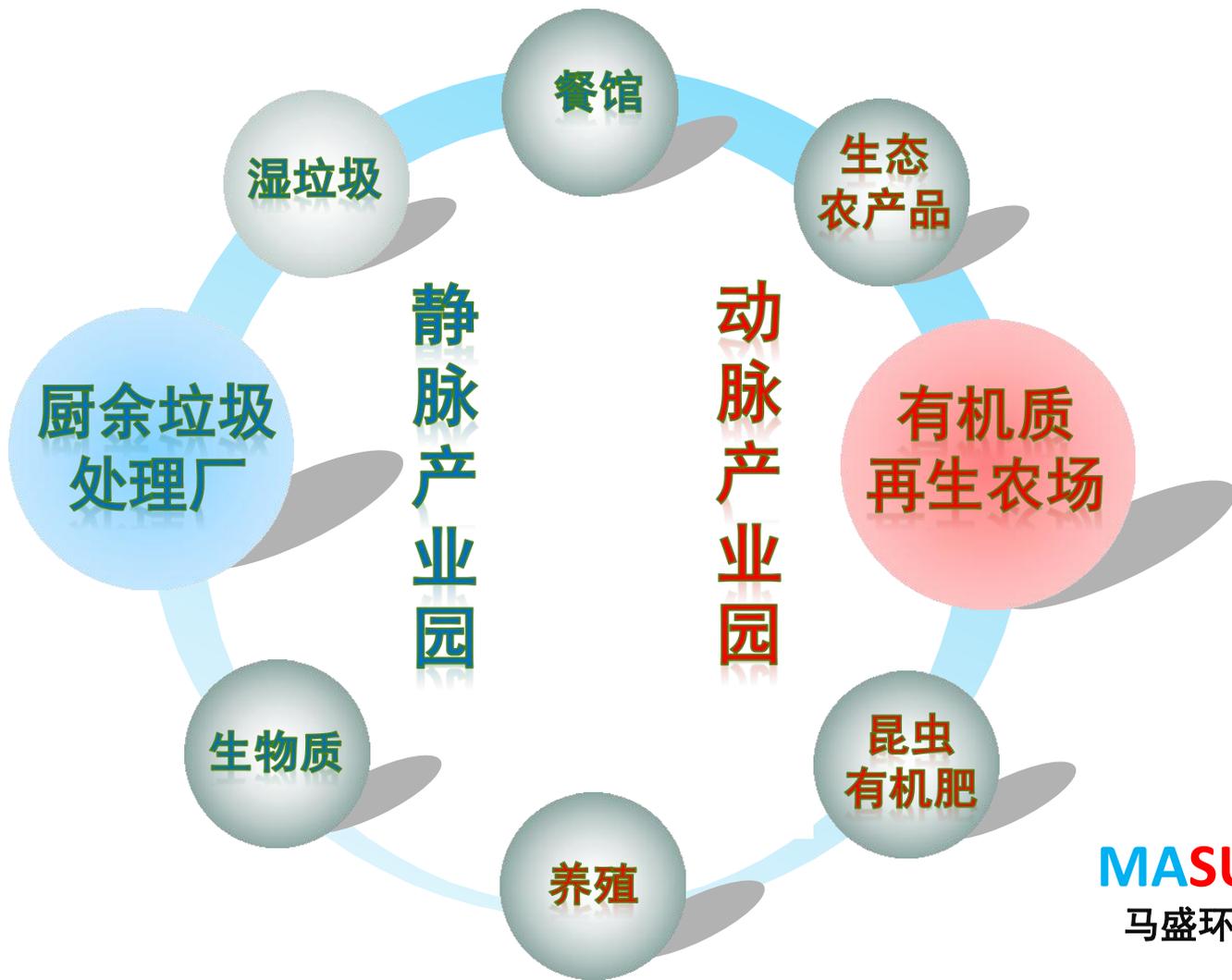


**MASUN**  
马盛环境

# 静动二脉

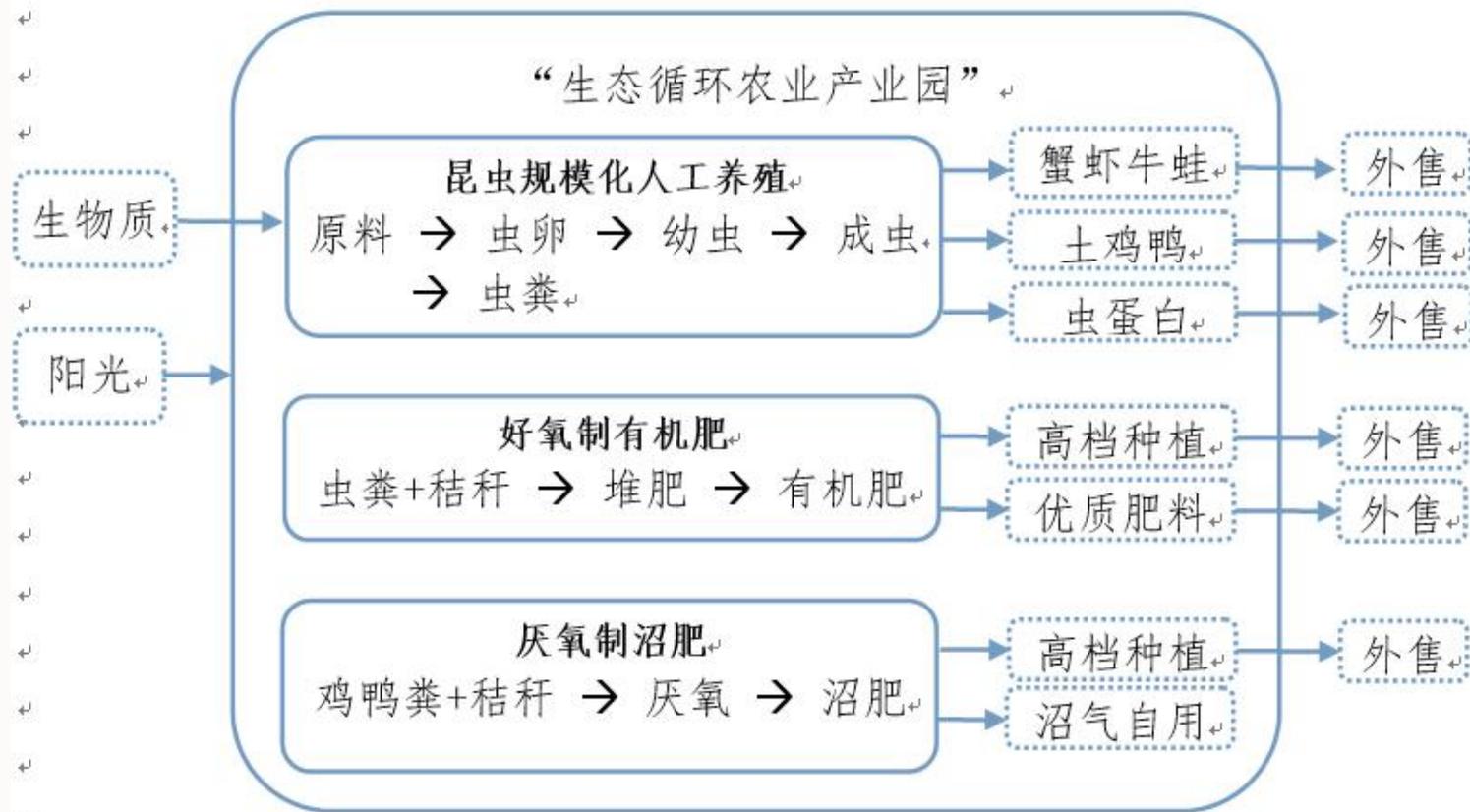
**动静  
2脉**

APP  
构建  
产业互联网  
B to B  
B to C

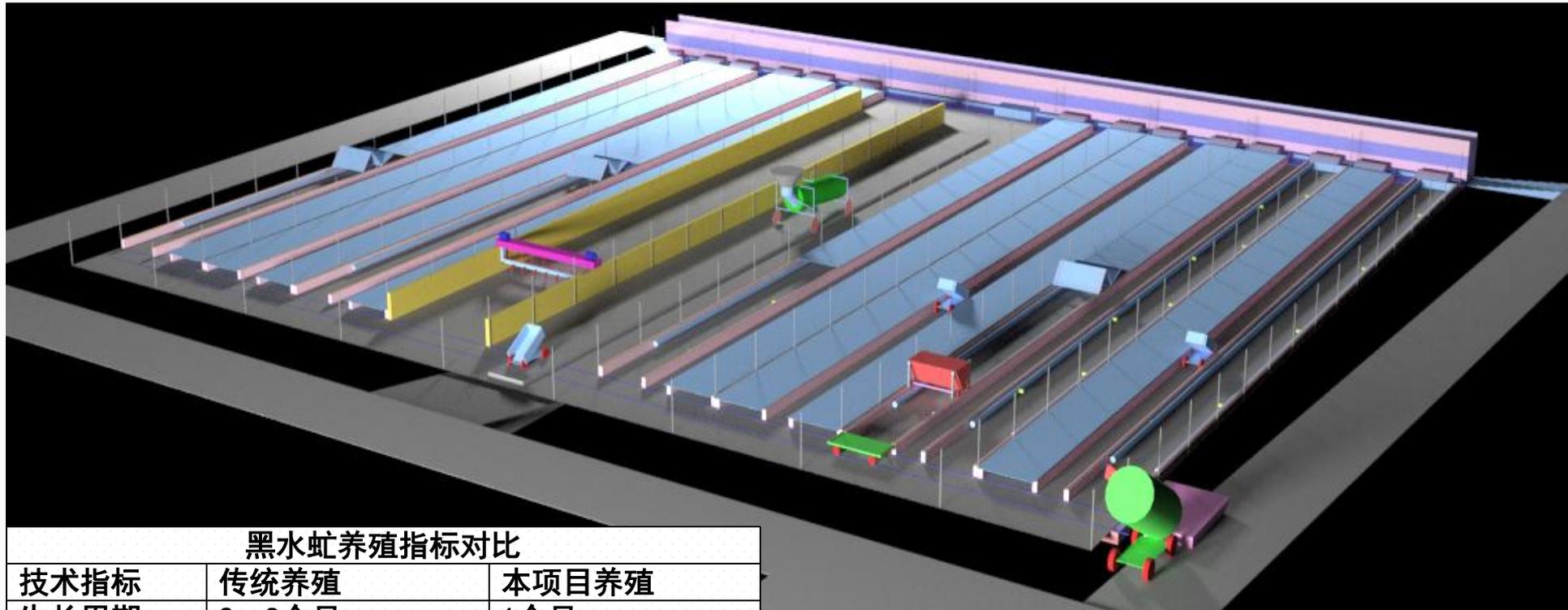


# “青山湾农场”模式

利用黑水虻降解生物质，转化为高附加值的水虻虫体蛋白。通过昆虫不同生长阶段的梯级利用实现高值水产、畜禽等农产品的生产，构建循环式、封闭式和无污染式农业产业园



# 黑水虻养殖繁育

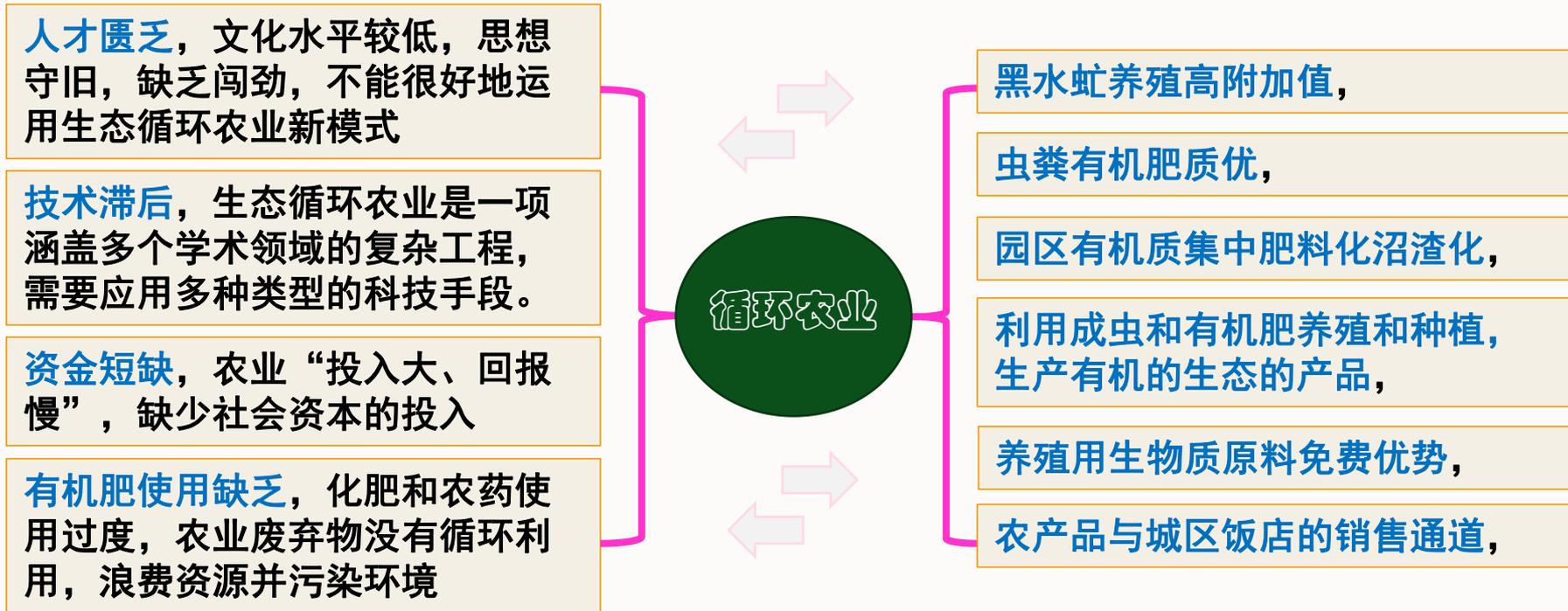


黑水虻养殖指标对比

技术指标	传统养殖	本项目养殖
生长周期	2~8个月	1个月
养殖稳定性	冬季低温难以养殖	一年四季稳定生产
蛋白质含量	35%~40%	40%~45%
产量		提高2倍
交配率		提高2倍

养殖车间功能八大  
**MASUN**  
马盛环境

# 农业的系统支持/可持续性的盈利模式



打破生态循环农业的困局，依然需要依靠技术、人才和模式的创新

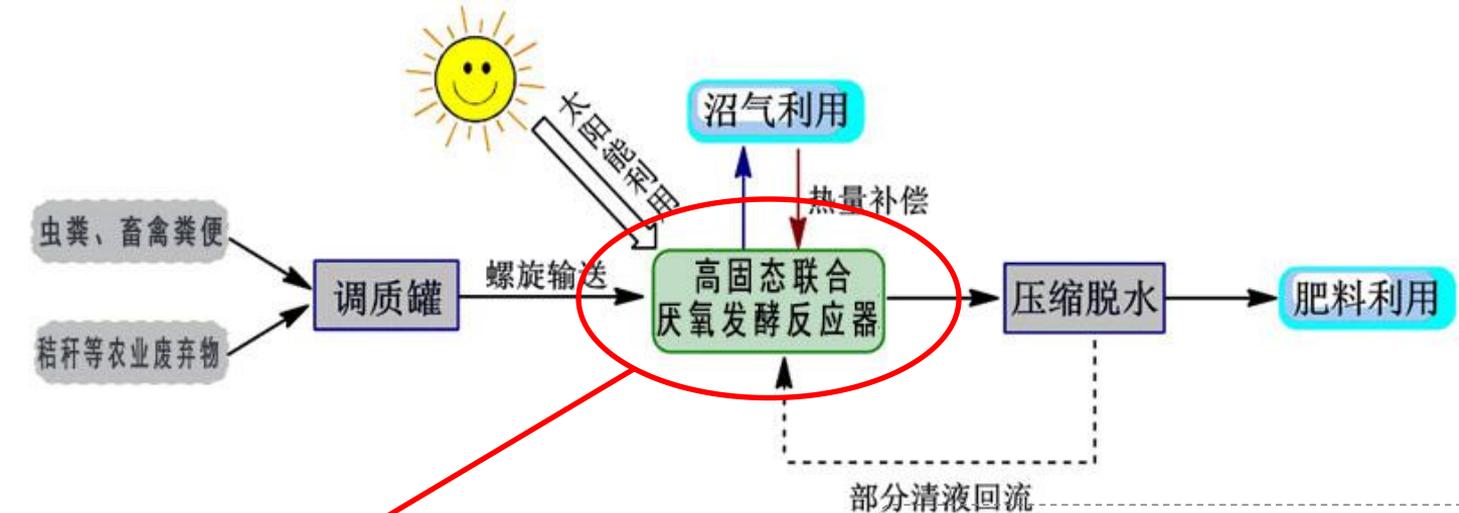
# 废弃物制肥 好氧发酵制有机肥



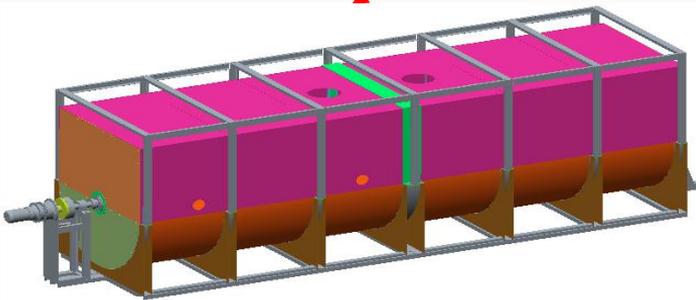
## 技术优势



# 废弃物制肥 厌氧发酵制沼肥



## 核心技术



**进出料系统:**  
高固态进料、螺旋输送、自动出料

**搅拌系统:**  
实现物料充分混合

**保温系统:**  
保证发酵温度, 降低能耗

**自动控制系统:**  
数据在线收集



# 青山湾农场生产标准与推广



虫卵



商品幼虫



水产畜禽

高端果蔬



微生物肥料

**MASUN**  
马盛环境

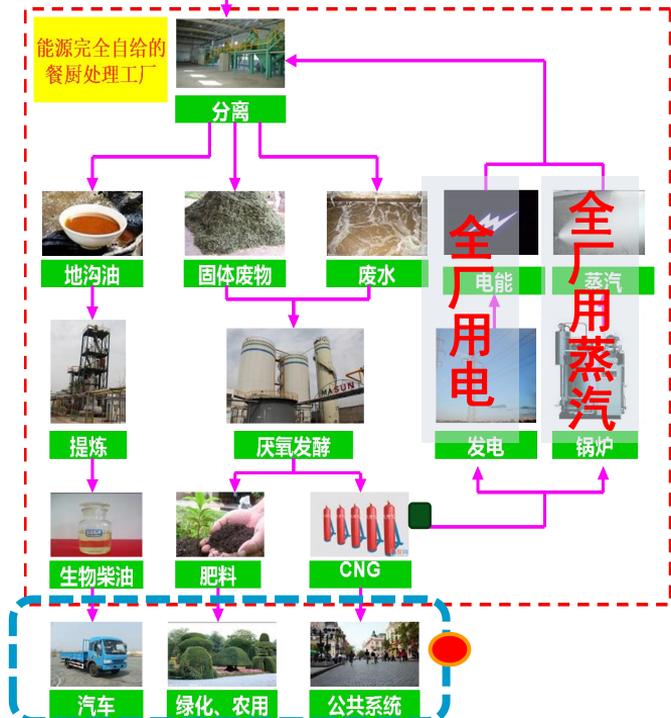
# 厨余垃圾全量化消纳示范

## 减量率90%以上





# 厨余垃圾全流程解决技术和产品

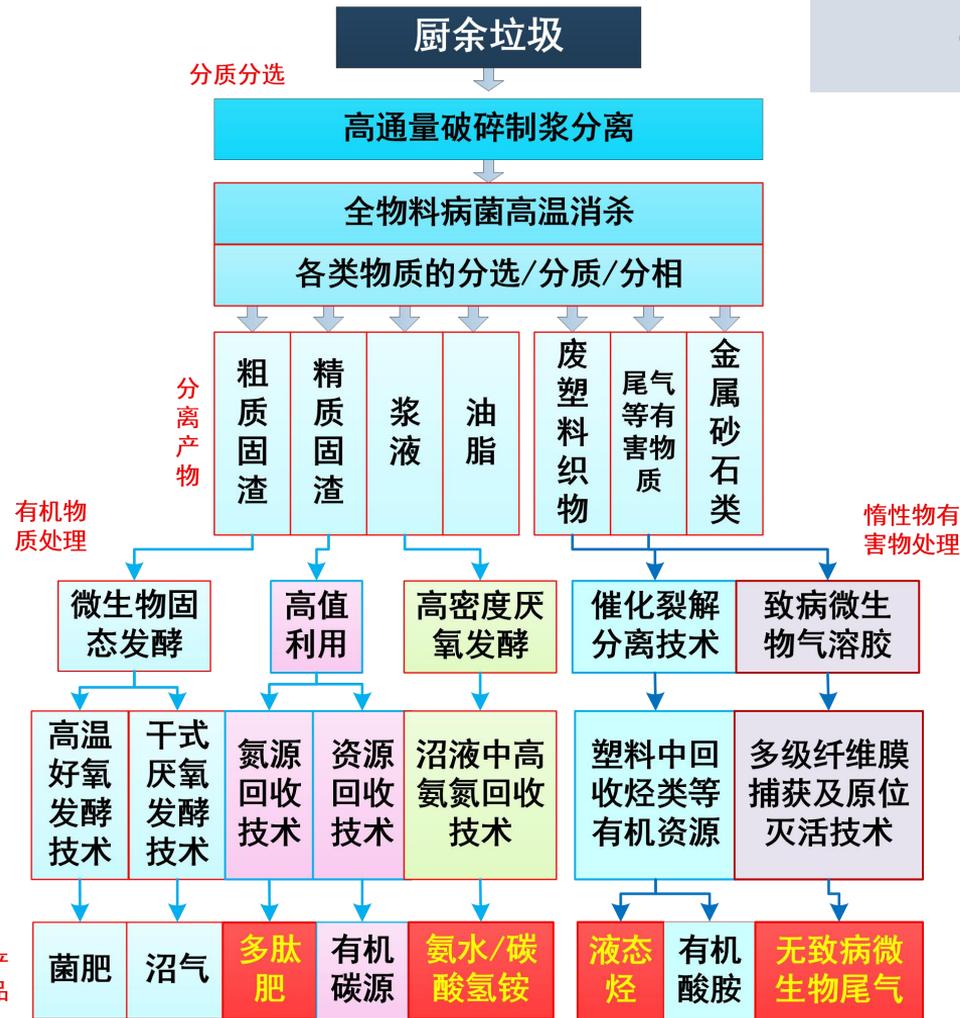


前处理分选除杂 → 厌氧 → 水处理 →  
 除臭 → 沼气处理 → 能源综合利用 →  
 固渣综合利用 → 公用设施

实现湿垃圾的最大减量  
 达到所有环保要求



# 十大厨余垃圾全量消纳技术



- 1、最大程度减量化处理技术；
- 2、高通量餐饮垃圾预处理技术；
- 3、厨余垃圾全量分质分拣技术；
- 4、ANA高级厌氧技术；
- 5、DA氨氮回收技术；
- 6、有机质高值利用技术；
- 7、SF沼渣生物干化技术；
- 8、污水深度处理技术；
- 9、臭味点面结合全方位收集集中除臭技术；
- 10、全厂能源管理技术。

回收  
塑料

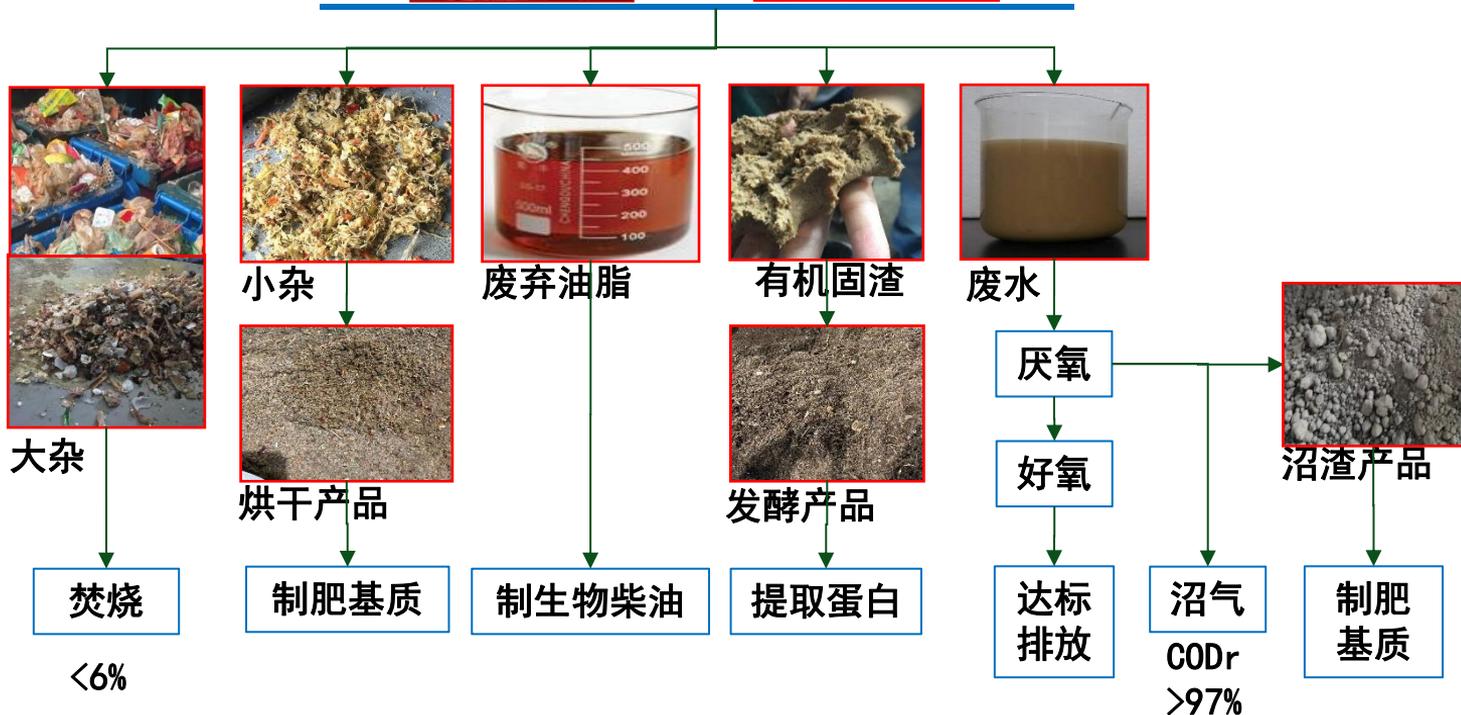
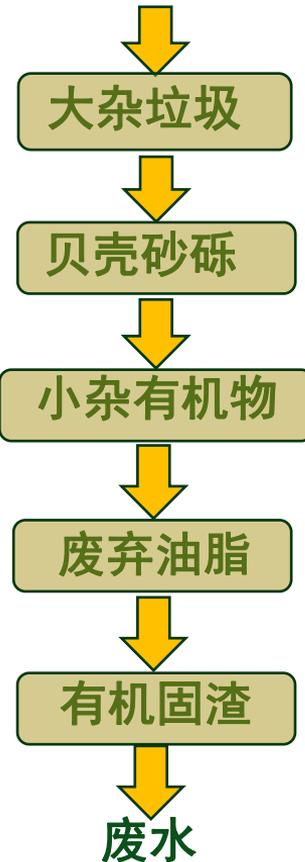
回收  
碳源

回收  
氮源

# 国内领先的餐厨垃圾资源化处理：减量率>90%，有机质资源化率>98%

MASUN  
马盛环境

餐厨厨余垃圾



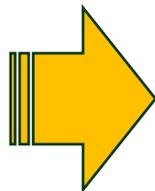
# MASUN研发平台

- 江苏省厌氧生物技术重点实验室
- 环境微生物——菌种库

打造国内一流的环境生物技术研究平台



研究开发平台(江南大学)



工程应用平台  
(MASUN)

MASUN  
马盛环境

谢谢！  
Thank You !



[wqruan@jiangnan.edu.cn](mailto:wqruan@jiangnan.edu.cn)  
Tel:13861753187