

A large, irregularly shaped stone monument with the Chinese characters '同济大学' (Tongji University) engraved on it. The monument is set in a paved plaza with a green lawn and modern buildings in the background.

同济大学

# 国内外污泥资源化能源化技术研究现状和进展

**戴晓虎 教授**

同济大学环境科学与工程学院  
国家城市污染控制工程研究中心



# 污泥处理处置现状

- “十二五”期间污泥处理处置得到了关注；
- 发改委、住建部、环保部颁发了处理处置指南；
- 2010年底环保部通知要求2013年实现污泥污水厂脱水到50%；
- 各种高干度脱水在“十二五”期间应用最多，其次是协同焚烧，好氧堆肥，干化焚烧。填埋仍是主要处置方法；
- 高含固厌氧消化、协同厌氧消化完成了5个示范工程，在建和规划的项目有12个；
- 很多新建及扩建污水厂仍旧未考虑污泥的处理处置；
- 经费未落实，地方政府重视还是不够。

# 污泥处理处置目标

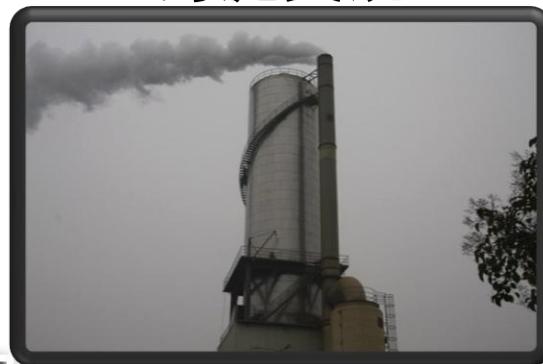


# 污泥处置技术

## 污泥填埋

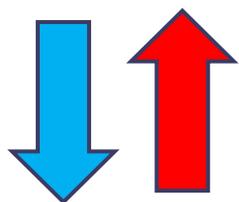


## 污泥焚烧



## 污泥建材利用

## 污泥土地利用



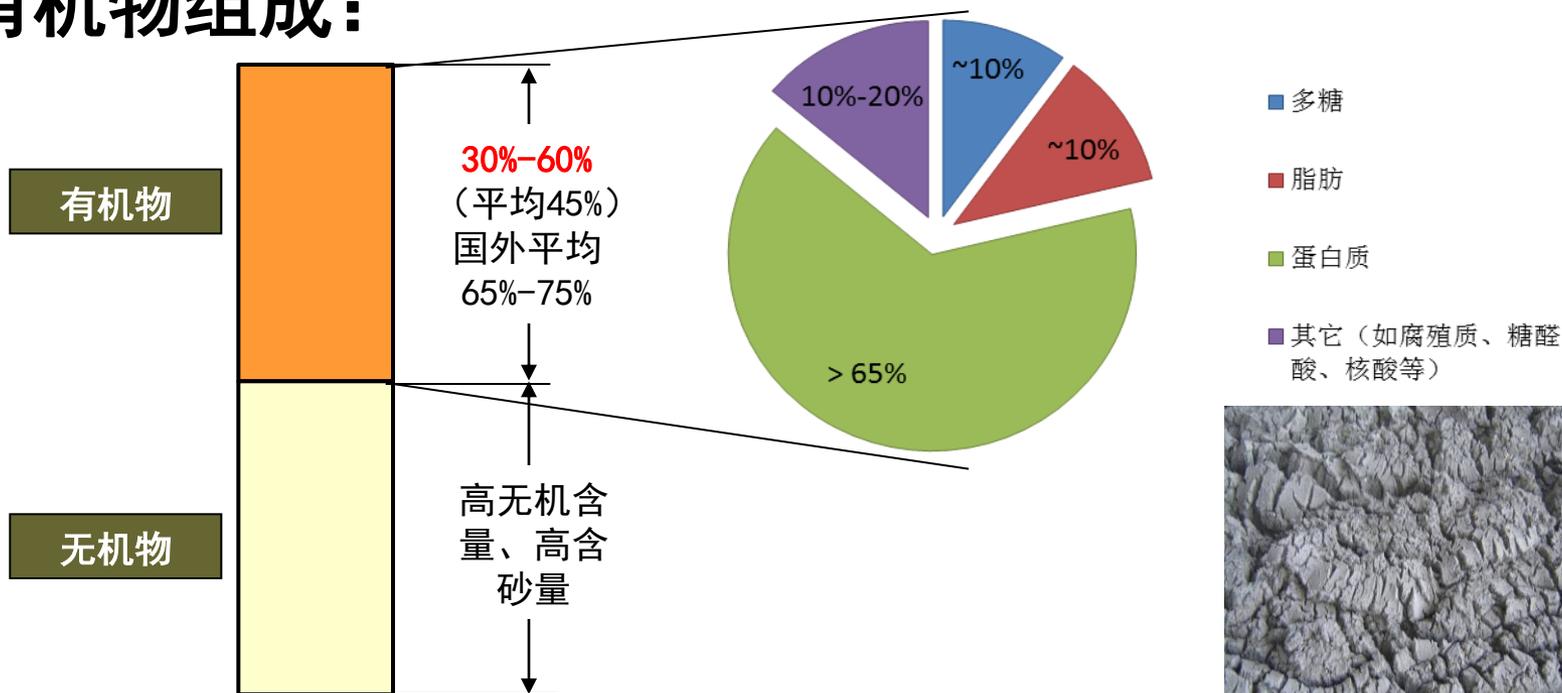
# 城镇污泥的特点

## 🔥 N, P, K 营养物质:

\* 占污泥干基的%

污泥类型	中国污泥	发达国家
总氮 TN	2.7 ± 1.4	4-5
磷 P	1.4 ± 1.2	2-3.5
钾 K	0.7 ± 0.3	0.2-0.3

## 🔥 有机物组成:





# 污泥处理处置资源化的意义

- 污泥资源化能源化符合目前科技发展水平；
- 能源、资源短缺、全球气候变化；粮食安全、土壤矿化，全球磷资源的短缺等等；
- 国外发达国家成功经验，回收污水运行能耗50-60%、污泥N、磷回收，污泥有机质土壤改良；
- 污泥无害化和资源化不矛盾，不必要的提标改造的费用或水费合理增加（污水费增加0.3-0.5元/立方）可以解决污泥无害化，并实现部分资源化回收；
- 目前瓶颈：稳定化要求、重金属不超标的稳定污泥的土地利用和处理处置费用的保障。



# 污泥资源化能源化研究的热点

资源循环、可持续发展

生物质能源回收

污泥营养物质回收

温室气体排放

健康安全保障



# 污泥污染物利用的研究热点



# 污泥厌氧消化

- 能源危机：厌氧消化技术备受关注！
- 厌氧消化实现污泥稳定化同时，可以实现污泥减量30-50%，可以回收沼气30-50立方/吨污泥；
- 但是对于污泥厌氧，特别是对高含固厌氧消化的物质迁移转化，协同效应及降解调控机制的认知还很缺乏；和水处理技术研究相比差距较大！
- 瓶颈：有机质转化效率（max. 50%）、停留时间（min. 18 d）、沼气产率。

# 提升厌氧消化效率的途径

- 提高固体负荷：高含固厌氧消化
- 提高转化效率：**预处理**、多段分级
- 提高容积负荷：有机质协同厌氧消化
- 提高沼气中甲烷含量（？）



# 强化厌氧消化手段—高含固厌氧消化技术

## High solid anaerobic digestion



70年代以前  
before 70s



第一代厌氧消化池  
污泥含固率3%  
污泥降解率50%

1 generation, solid content 3%,  
degradation rate 50%

70年代-2000年  
70s-2000



第二代厌氧消化池  
污泥含固率5%  
污泥降解率50%

2 generation, solid content 5%,  
degradation rate 50%

2000年以后  
after 2000

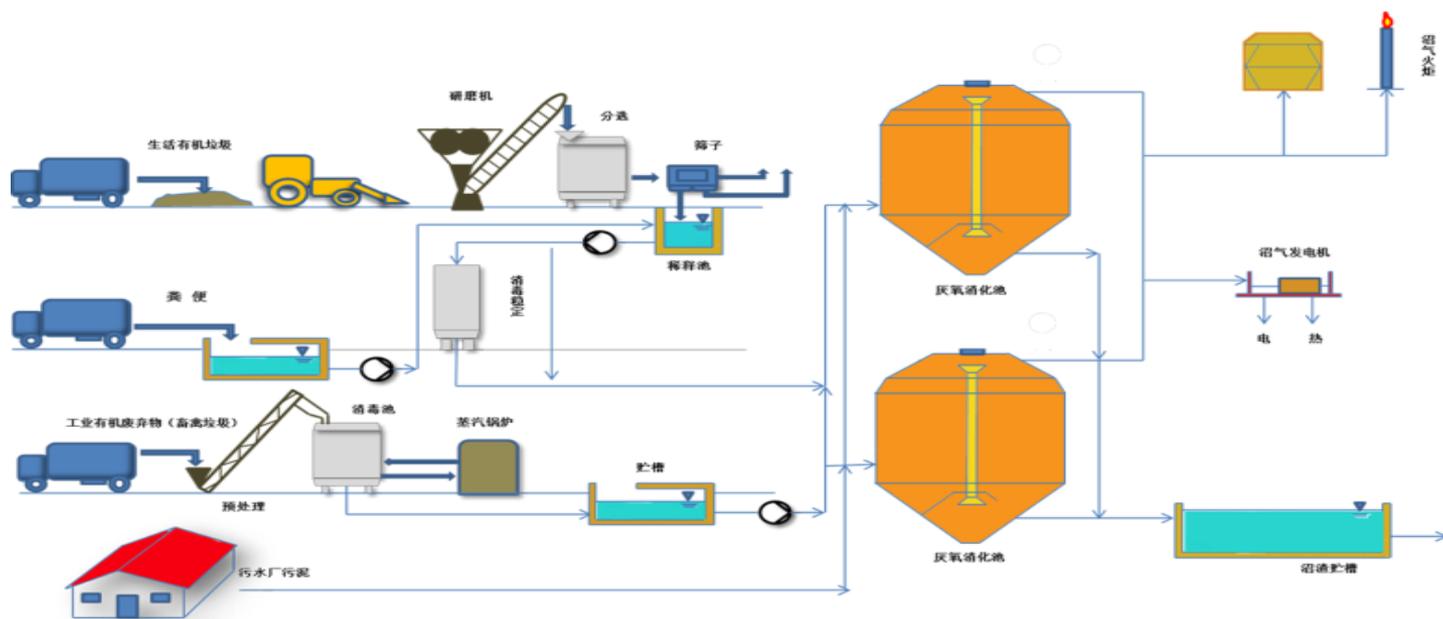


第三代厌氧消化池  
污泥含固率>10%  
污泥降解率50%

3 generation, solid content  
>10%, degradation rate 50%

**关键科学问题：高含固消化物质迁移转化、协同效应  
污泥的降解率提升的影响机制和原理**  
**Key issues: mass flow, increase degradation rate**

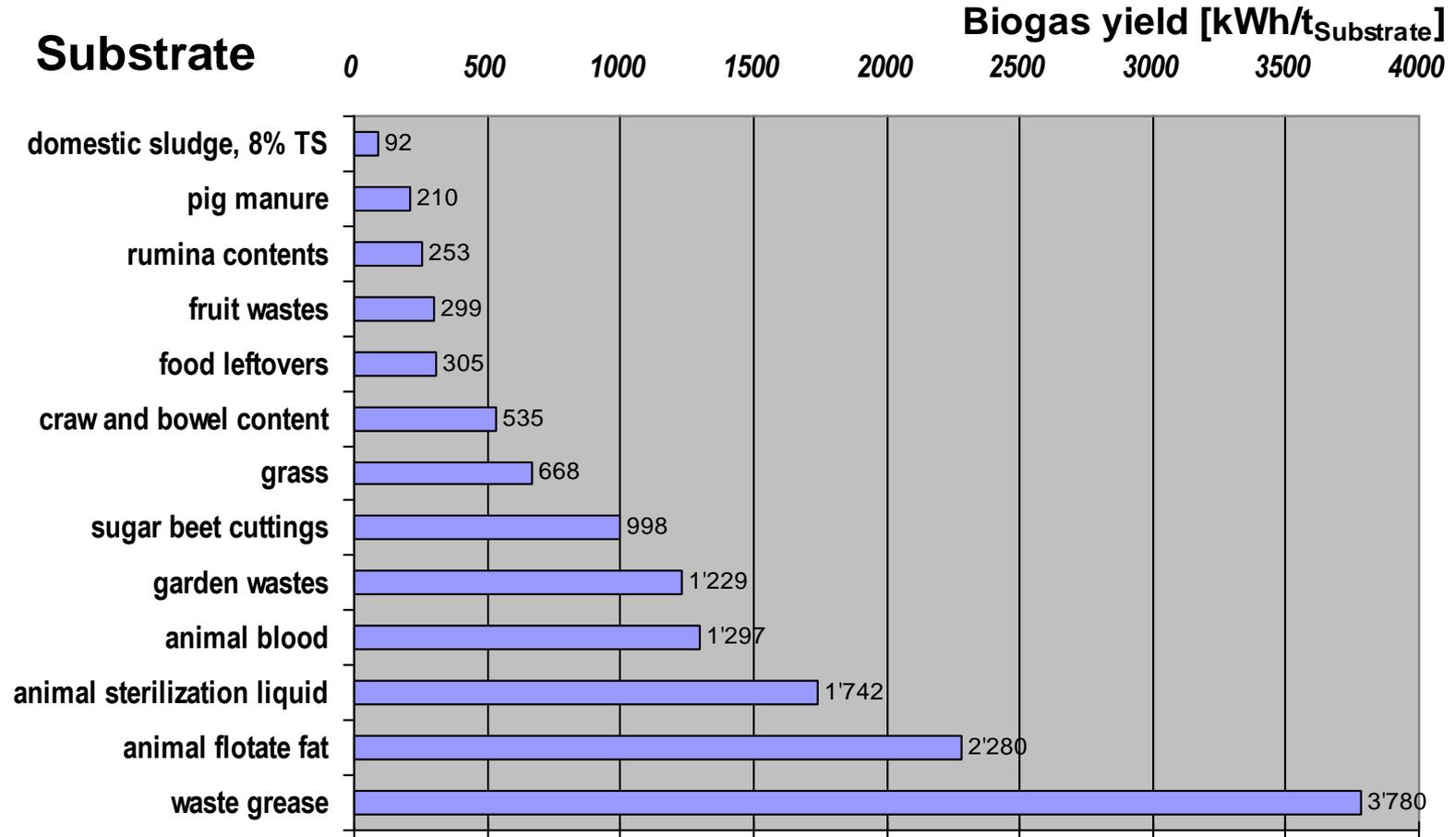
# 污泥/城市有机质高效协同厌氧消化



- **提高系统稳定性：**降低抑制物浓度，缓冲度提升
- **提高产气效益及降解率：**污泥30-50立方，餐厨100立方
- **提高厌氧系统效率：**负荷从1.5-2.0提高到6-10 kgVSS/m<sup>3</sup>d

# 各类生物质沼气产率比较

## Biogas generation from organic matters





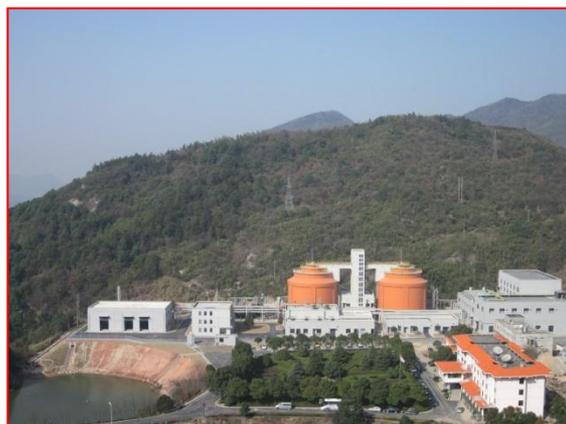
# 高含固污泥/协同厌氧消化示范工程

大连夏家河污泥集中处理示范工程

浙江宁海污泥处理示范工程

襄阳污泥处理示范工程

长沙污泥集中处理示范工程





# 污泥处理处置资源化能源化路线

重金属超标  
污泥

- 厌氧消化回收生物能
- 协同焚烧/热解气化、热能回收利用
- 高附加值资源提取回收

重金属不超  
标污泥

- 厌氧消化回收生物质能源 – 土地园林利用
- 好氧堆肥 – 土地园林利用
- 高附加值资源提取回收

**污泥和城市有机质协同厌氧消化，  
生物质燃气回收和高品质绿化营养土  
(清洁燃气科技工程)**



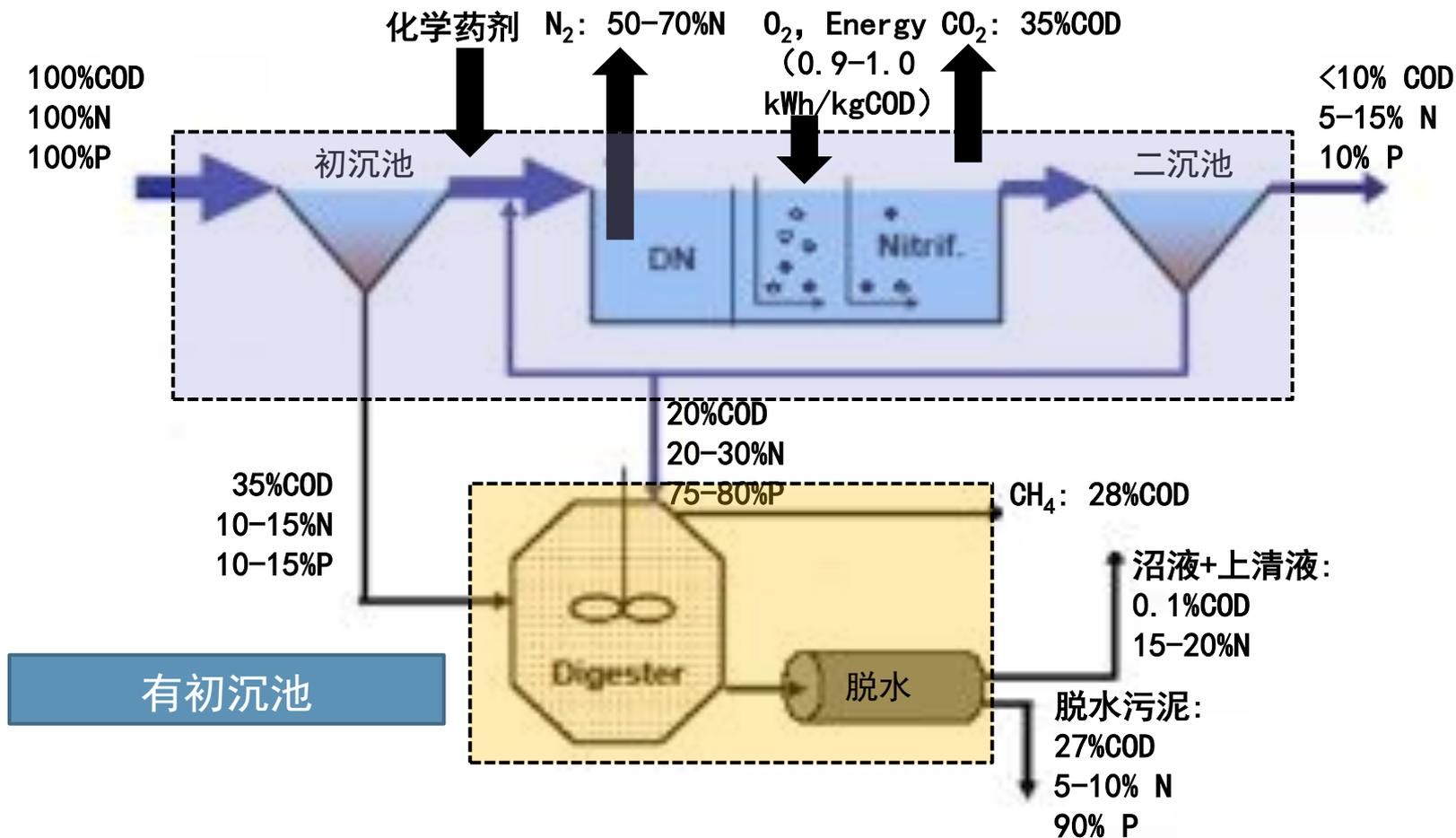
# 污水资源化利用潜能

- 处理出水可作为再生利用资源，每人天200-300 l；
- COD：每人年40-45kg、潜能85-90kWh（-10/ 15kWh）
- N：每人年3-5kg、回收可替代30%（化学固氮）氮肥；
- P：每人年0.5-0.7kg、回收可替代30-40%磷肥需求（磷矿开采周期：中国约40年，全球约70-100年）。



# 传统活性污泥法主要污染物物质流

## Mass balance in WWTPs

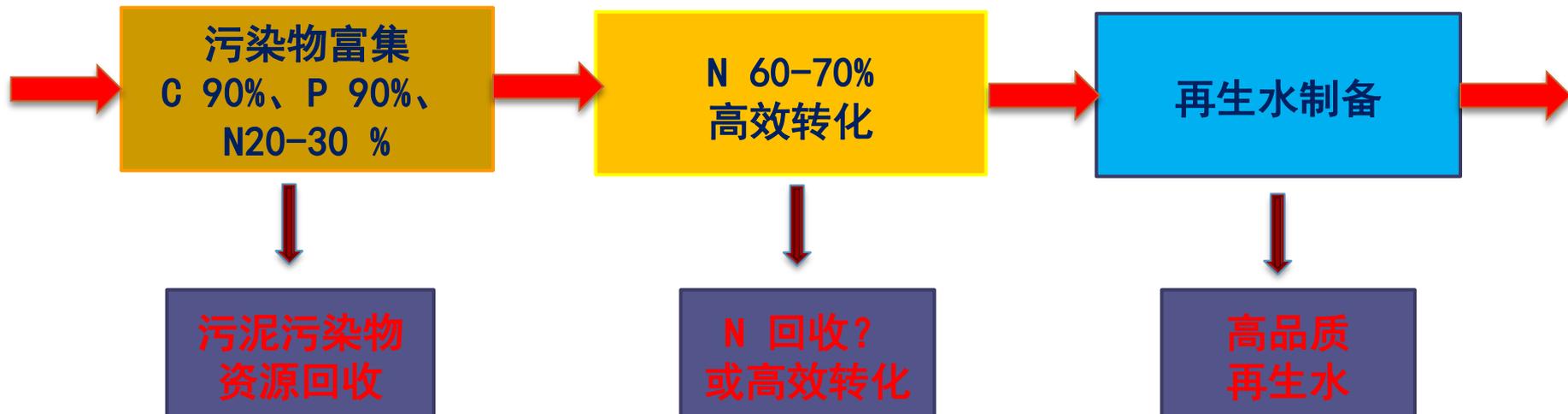


- COD in sludge about 30-50%
- N in sludge about 30-45%
- P in sludge about 90%

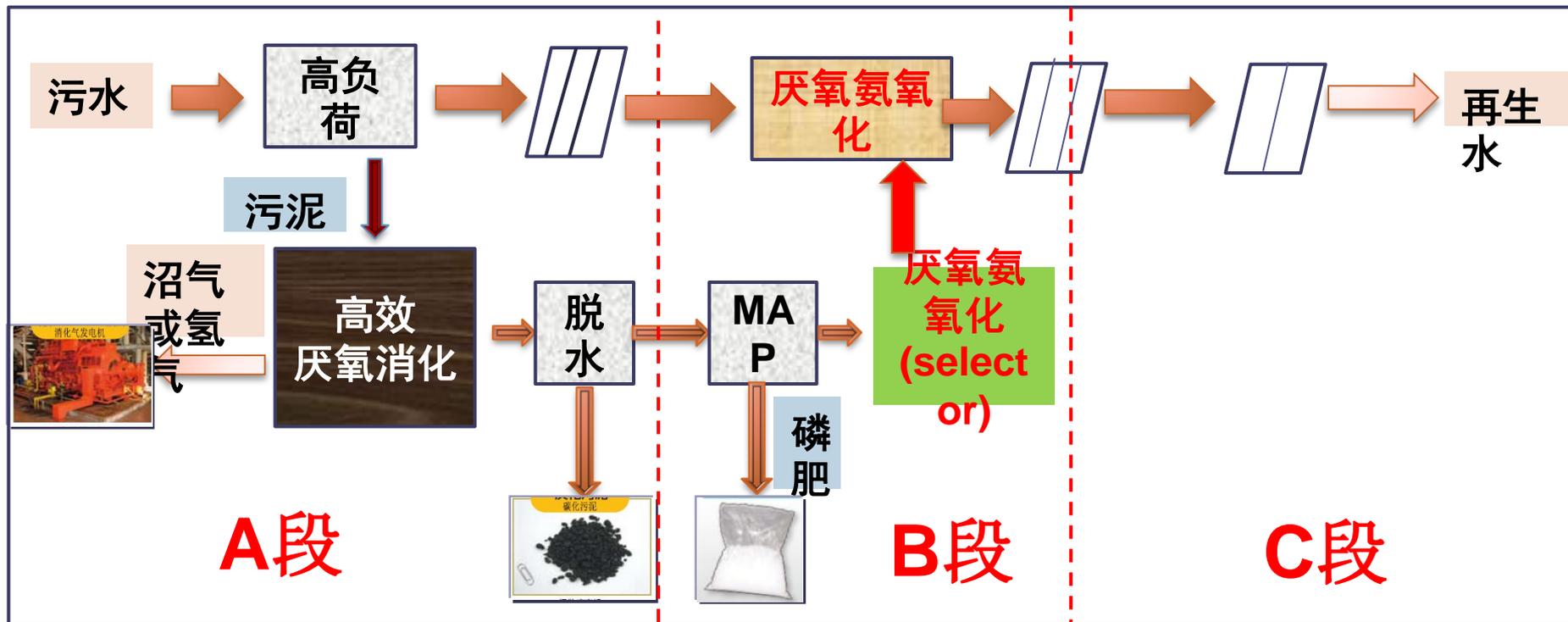
- 污染物通过污泥处理, 有限利用  
Limited use of pollution by sludge treatment

# 基于污染物污泥富集资源回收模式

- 最大化利用生物污泥富集污染物，回收C和P，实现高效高值利用
- N高效转化、回收
- 目标：能耗输出、N、P回收，反应时间为传统活性污泥法1/3-1/4



# 污染物的富集+厌氧氨氧化技术



原理:	利用微生物富集, 碳磷最大化转入污泥	A段水中的溶解性氨氮和溶解性COD通过沼液的厌氧氨氧化强化手段, 达标排放
进展:	A段已有大量工程实践, 高效厌氧消化已有技术需要提升降解效率	厌氧氨氧化>25度已有工程化, 低温条件下的厌氧氨氧化正在开发

**目标: 能源外输, N转化能耗低, 反应时间为原1/3-1/4, 磷最大化回收**



# 结语

- **共识：**思维理念转变、污水污泥提取资源、回收利用是国际发展大趋势；
- **共识：**污泥问题是挑战、更是机遇；污泥资源化利用是未来发展方向；**高效**厌氧消化技术的开发应用将会得到更多地关注；
- 清洁燃气科技工程，配套政策出台：污泥和城市有机质协同厌氧消化是我国未来新城镇化发展的重要模式；
- 技术创新和市场模式有效结合是关键；更多关注全产业链的系统解决方案；
- 中国巨大的市场和需求，定会引领未来污泥处理处置资源化技术的发展。

谢谢!

