

# 国内外污泥处理处置挑战与发展

戴晓虎

同济大学 环境科学与工程学院



# 污泥处理处置是活性污泥法的瓶颈



污水厂数量 (2017): 3900

污水处理能力 1.8亿m<sup>3</sup>/d

污泥年产量 >4000万吨

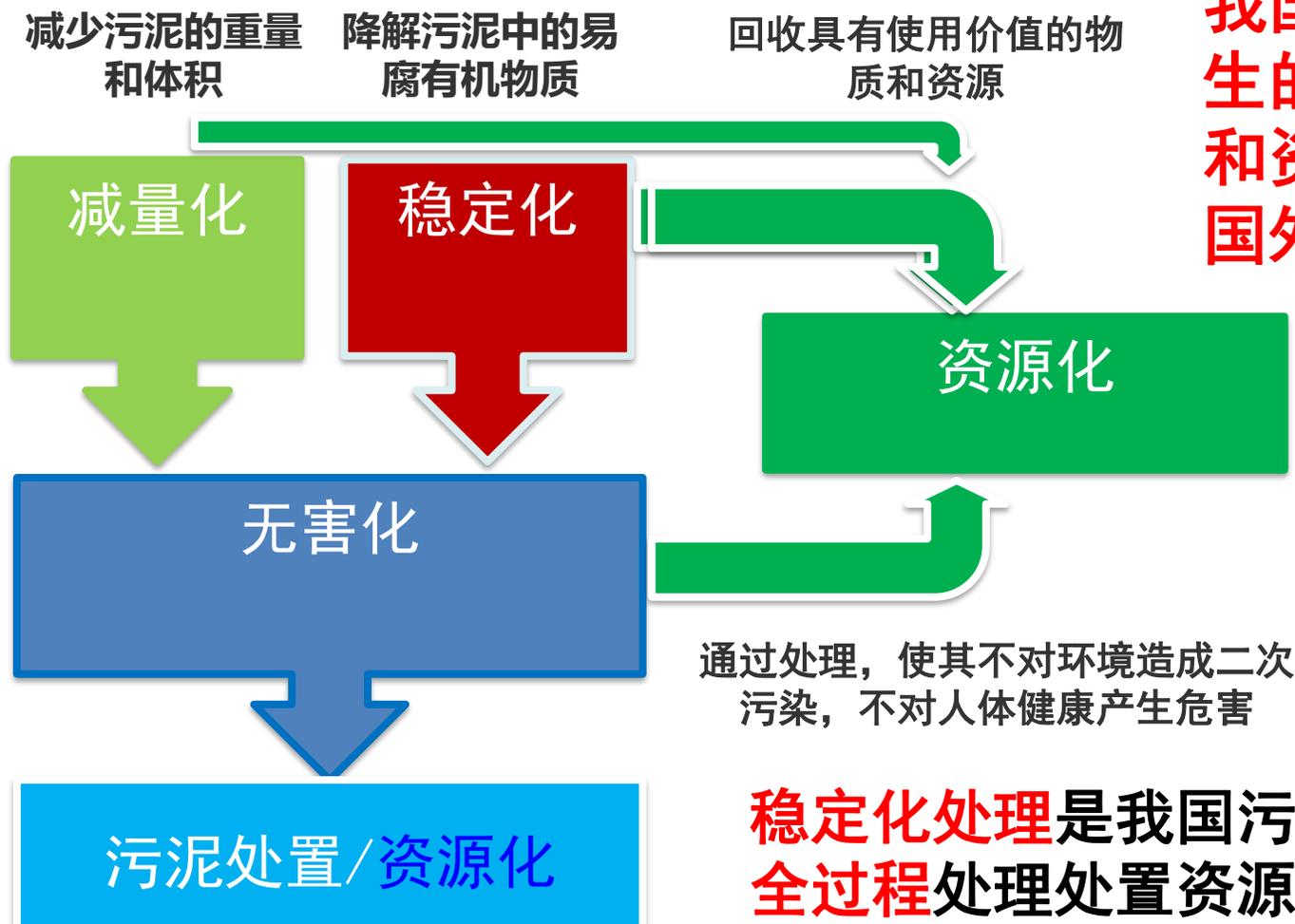
2020年产泥量达到 6000万吨

重水轻泥

- 1、污泥是污水处理中的“世界难题”
- 2、投资占30%、运行占50%以上
- 3、污泥中含原水30-50%有机物、30-50%TN、95%TP
- 4、含重金属、病原菌、持久性有机物
- 5、污水提标改造，污水消毒、四类水、再生水等快速推进，“重水”
- 6、污泥问题始终没有解决（轻泥），新一轮环保督查：污泥问题十分突出
- 7、污泥处理处置现状与我国污水处理差距甚大、远远落后发达国家、与我国大国地位及生态文明建设不相符



# 国内外污泥处理处置目标



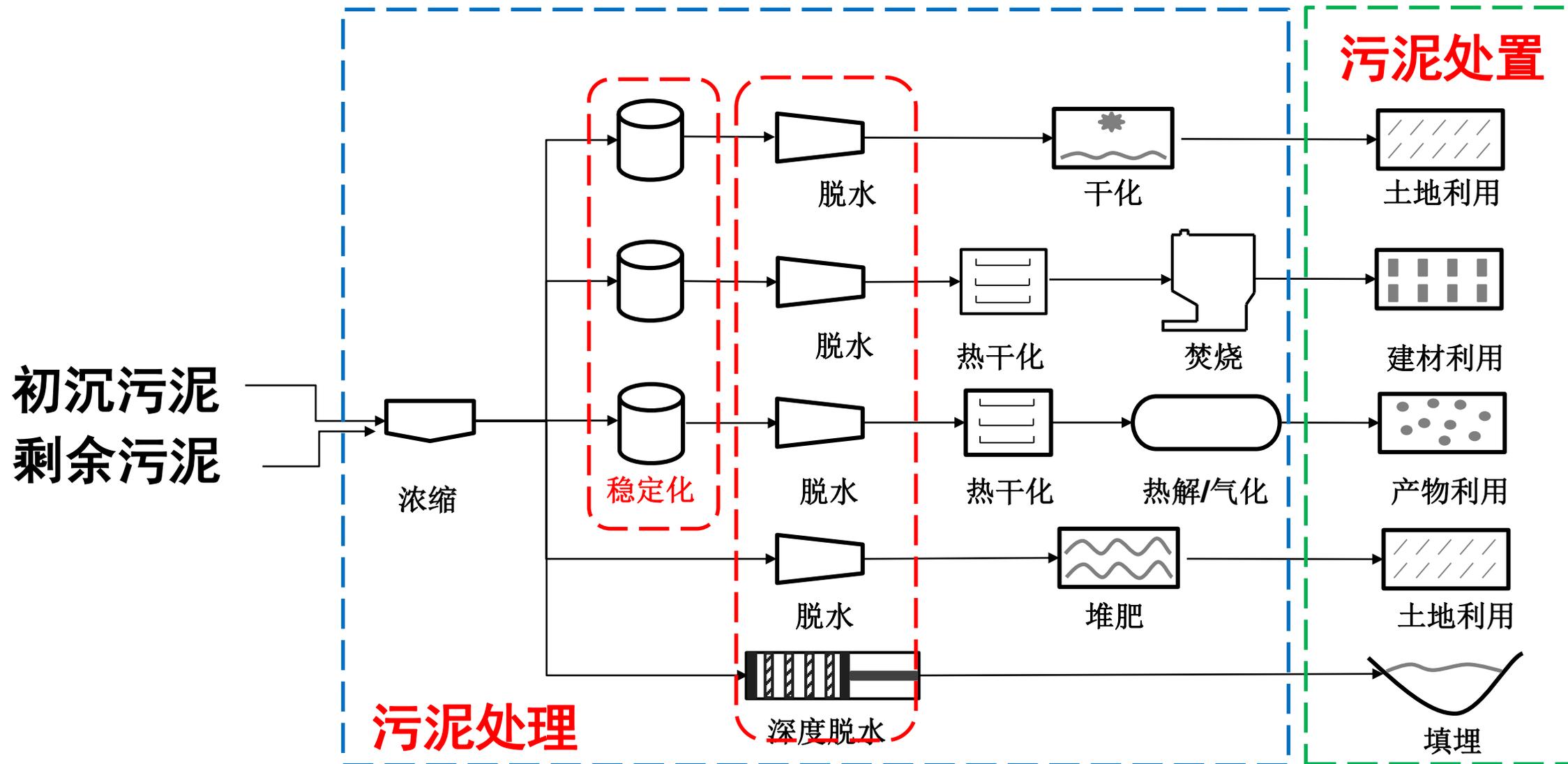
不同的发展阶段：理念和文化  
我国：水十条、污水处理设施产生的污泥应进行稳定化、无害化和资源化处理处置，  
国外发达国家：绿色低碳

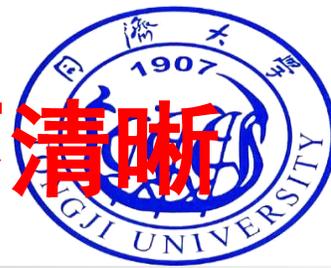


**稳定化处理**是我国污泥处理处置的**瓶颈**  
**全过程**处理处置**资源化**理念缺乏



# 传统典型污泥处理处置全链条技术路线





# 难点：污泥处置出路不明、处理路径选择不清晰

土地利用

水十条：禁止处理处置不达标的污泥进入耕地  
污泥土地利用标准（食物链和非食物链）  
单元技术的衔接，环境经济效益全生命周期评估

无处可去

焚烧

处理单元技术的衔接  
减量化技术应用，实现焚烧量最低  
新技术开发

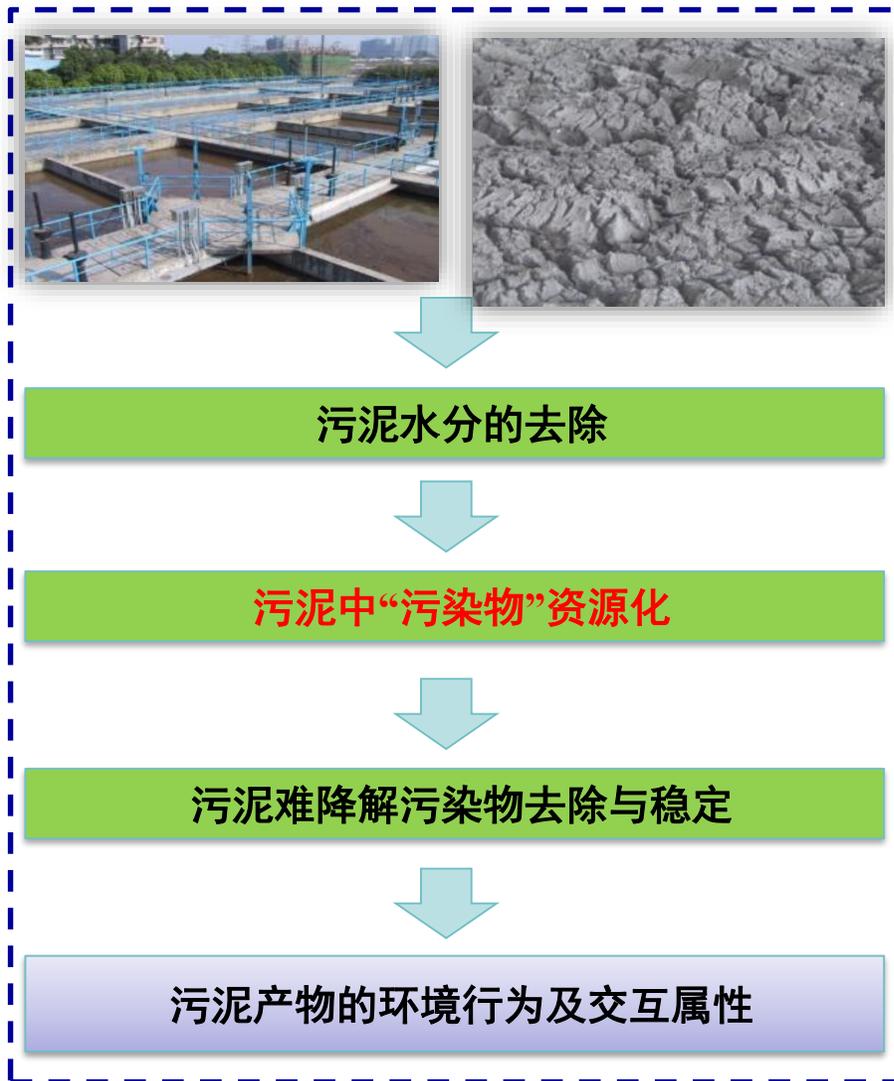
成本太高  
公众接受度低

填埋

我国现有填埋场将满负荷运行  
临时过渡性的技术路线  
不符合未来发展趋势

无地可埋

# 污泥全链条处理处置过程的科学和技术问题

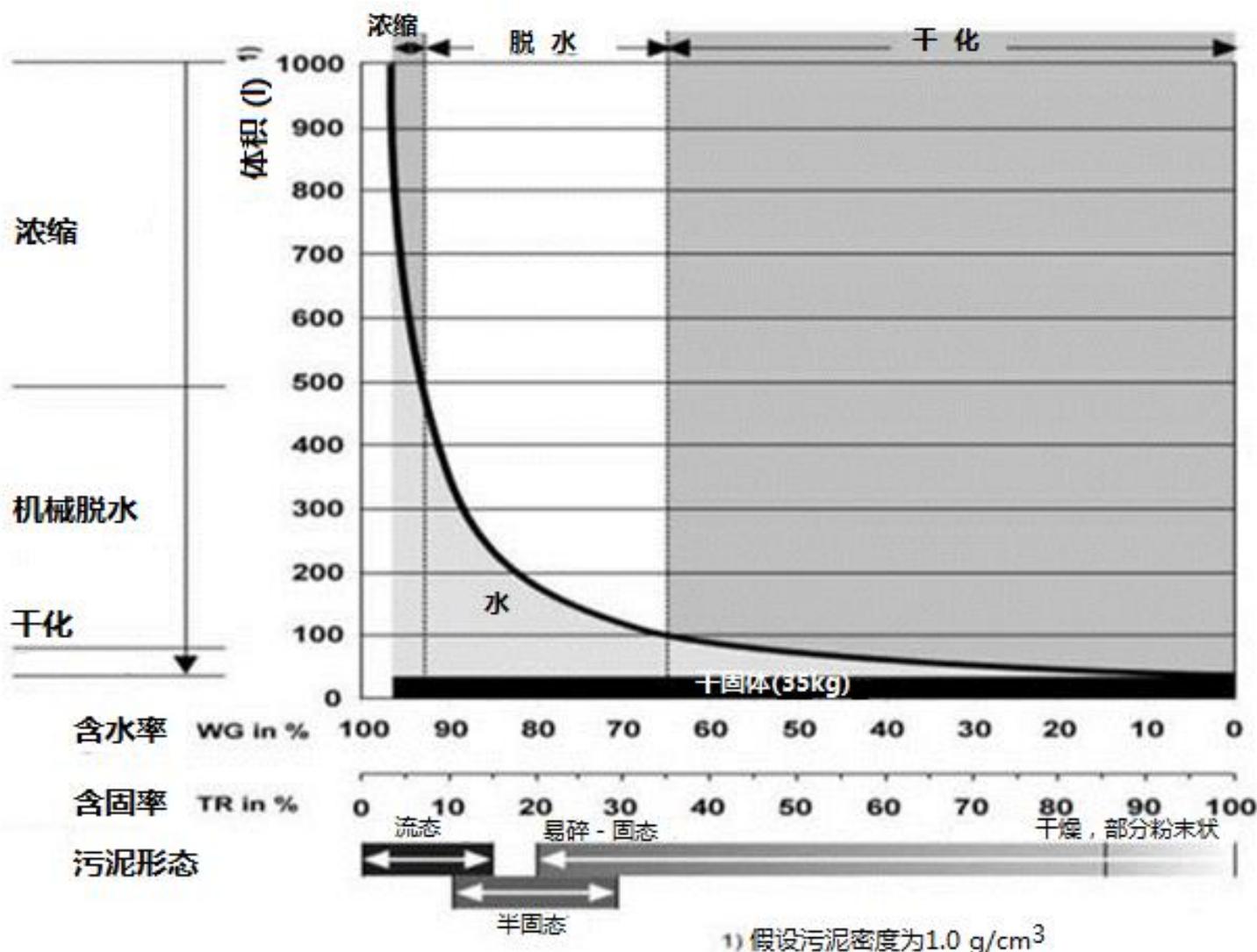


问题  
目标  
导向

- 1、污泥水的结合赋存形态
- 2、污泥水的高效去除原理及方法
- 3、“污染物”存在形态
- 4、生物反应过程物质迁移转化及微生物调控机制
- 5、物理化学过程物质转化原理
- 6、污泥复杂体系多级多相/分质分相资源回收方法
- 7、重金属、微塑料、持久性有机物赋存及转化机制
- 8、污泥产物环境行为与交互属性
- 9、污泥处理处置风险评估与碳排放基准
- 10、污泥残渣制备功能材料原理



# 方向一：污泥结合水的高效分离



1吨污泥（99%含水率）：

- 污泥浓缩：含水率从99%下降到95%，将减少到200公斤
- 污泥脱水：含水率从95%下降到80%，将减少到50公斤（水40kg）
- 污泥深度脱水：可将含水率降低到60%，减少到25公斤（水15kg）
- 污泥干化：含水率降至40%以下，降至17公斤（水7kg）
- 污泥焚烧：灰渣 5-7 kg

“污泥水”分离



# 污泥“自由水”的高效分离

## 污泥浓缩

- 污泥含水率从99%下降到95%，体积将减少到原来的1/5；
- 重力浓缩法、机械浓缩法；
- 瓶颈：药耗（PA）如何降低？智能化水平提高？

## 污泥脱水

- 污泥含水率从95%下降到80%，体积将减少到原来的1/4；
- 离心脱水、带式脱水和板框压滤脱水；
- 瓶颈：含水率进一步降低？绿色药剂开发？智能化水平？



# 污泥“结合水”的高效分离

## 污泥深度脱水

- 深度脱水是中国特有的一种脱水工艺；将含水率降低到60%以下；
- 预处理需消耗大量药剂或无机掺混；
- 瓶颈：传统掺混及投加药剂对污泥处理处置的影响大！替代药剂？智能化水平？分级处理？电渗析、电脉冲等新型污泥脱水技术受到关注。

## 污泥干化

- 自然干化、太阳能干化、热干化（桨叶、转盘、流化床）
- 能耗为800-1000千瓦时/吨水；低温真空干化、低温带式干化等新型干化方法受到关注！

# 污泥热化学处理处置技术 焚烧技术



## 流化床、转炉、污泥喷雾干化焚烧等单独焚烧

- 投资运营成本高（300-700元/吨），
- 尾气处理要求高、邻避效应，公众接受度低，环评要求高

## 利用现有的工业焚烧炉进行协同焚烧处理

- 火力发电厂、垃圾焚烧厂、水泥窑；
- 添加量对炉体影响、对水泥的影响、飞灰处理、烟气的总量控制。



# 污泥热处理技术 污泥热解气化

- 污泥热解气化是指干化污泥在一定温度下（400–900度）无氧热解气化，生成合成气和碳的处理方式。
- 产物主要有：合成气、油和碳
- 国内外均有应用案例。
- 相比焚烧热解气化的二次污染小。
- 瓶颈：属于新型工艺，装备还不成熟，产物的出路（油、碳）有待进一步研究。



# 污泥热处理技术 污泥水热处理

- 污泥水热是指污泥在一定温度和压力下有机物分解的过程，分成亚临界和超临界
- 亚临界温度下是碳化过程，污泥易脱水，底物是碳，液体是高浓度有机混合物
- 超临界加入纯氧氧化，实现无机化
- 国内外均有工程案例
- 瓶颈：属于新型工艺，装备还不成熟，高压反应运行要求高，亚临界的液体达标处理？



# 方向二：污泥生物稳定化处理

- 污泥稳定化能去除污泥中易降解有机物，杀灭病原菌，抑制恶臭，减少二次污染风险
- 污泥生物稳定化方法是最经济、遵循自然的处理方法：厌氧消化、好氧稳定。

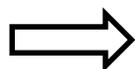
	厌氧消化	好氧稳定		
		常温延时	高温浓缩稳定	堆肥
适用范围	大厂	小厂	小厂	大中小厂
占地	小	大	小	大
能耗及药品	沼气回收能源	耗能	耗能	辅料
脱水性能	好	差	差	-
污泥有机质量减少	30-50 %	10 %	10-30 %	10-30 %



# 污泥厌氧稳定化与减量化技术与发展方向



污泥



厌氧消化

- 资源化 (CH<sub>4</sub> 60~65%)
- 减量化 (30%~35%)
- 稳定化 (VS降解~50%)
- 无害化 (杀灭病原菌)

**污泥厌氧消化是污泥处理技术，是较经济的污泥减量化稳定化资源化技术。**

**与末端污泥焚烧是互补关系。**



农业秸秆



畜禽粪便



餐厨废弃物

沼气

沼液

沼液

沼渣

C回收

N回收

P回收

土地利用



甲烷制天然气



硫酸铵/碳酸氢铵



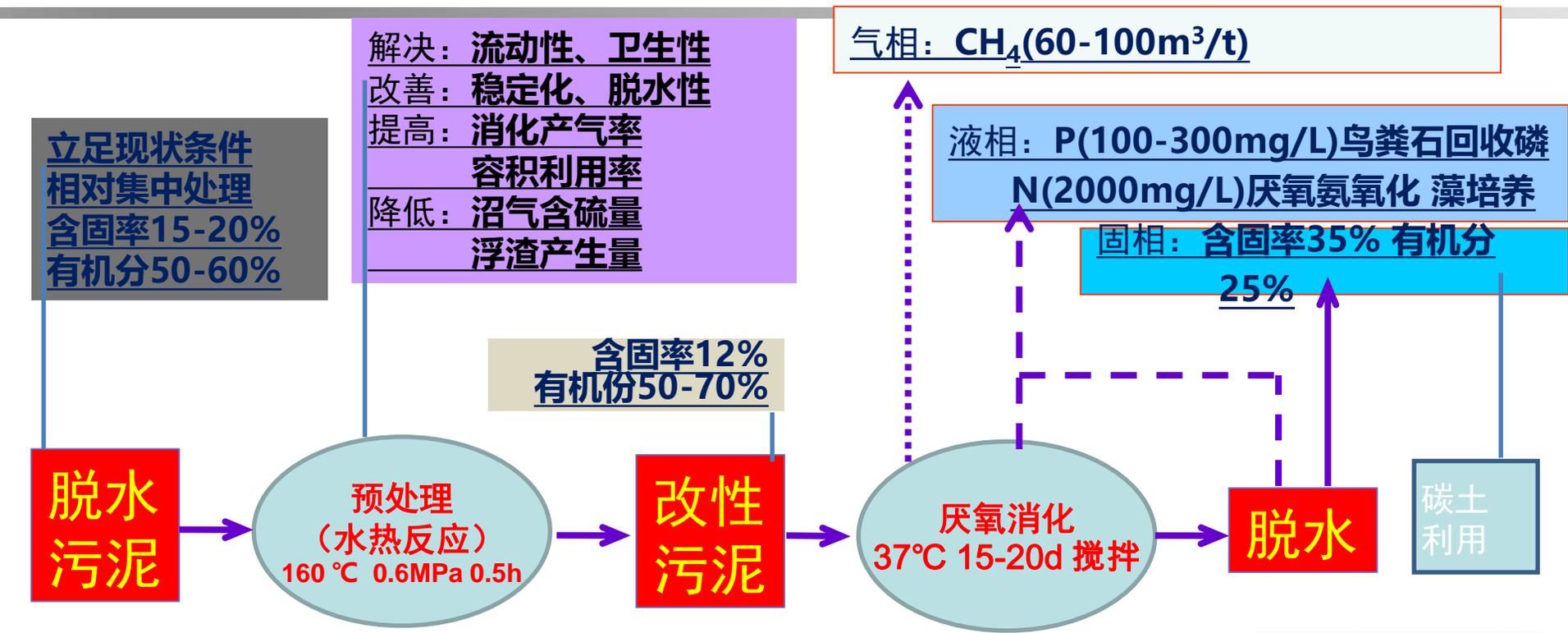
鸟粪石MAP



生物碳土



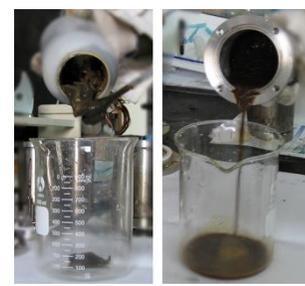
# 基于污泥改性预处理高级厌氧消化技术（张悦司长）



脱水污泥



水热反应器



预处理前 预处理后



厌氧消化池

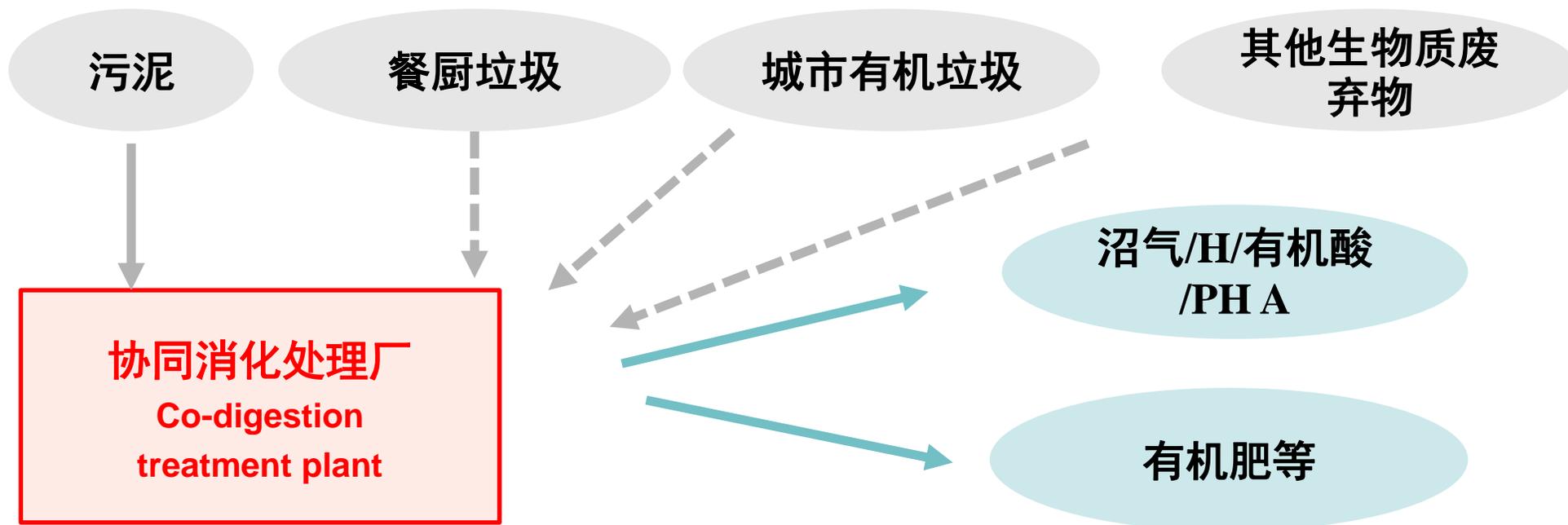


生物碳土

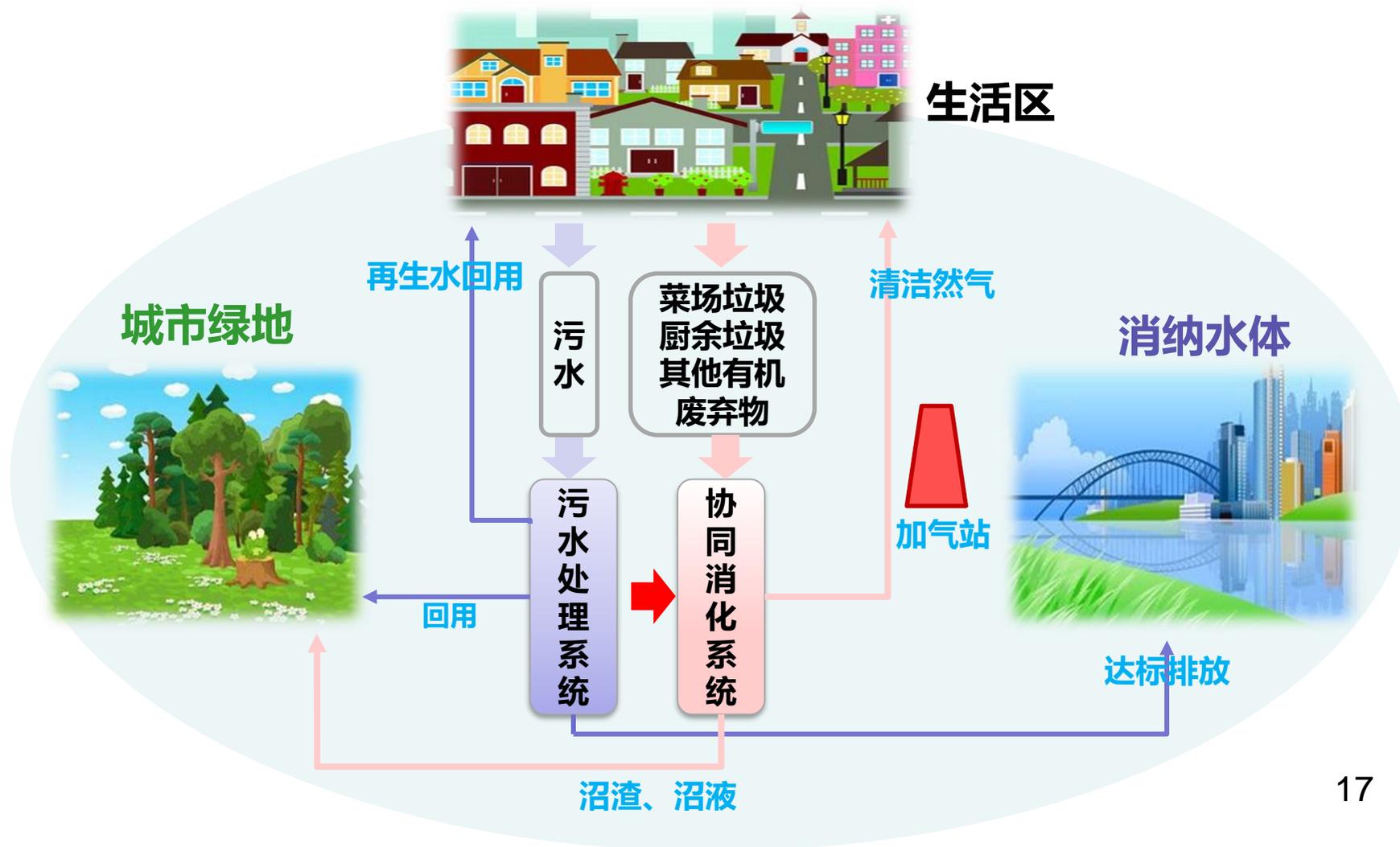


# 污泥/有机质高效协同厌氧消化

协同消化优势的机理：平衡对于厌氧消化比较重要的物料参数，如常量微量元素、营养物质、C/N、pH、可降解有机质比例、抑制性物质、甲烷含量的调控、传质影响机理等。



# 水-泥-有机质协同处理

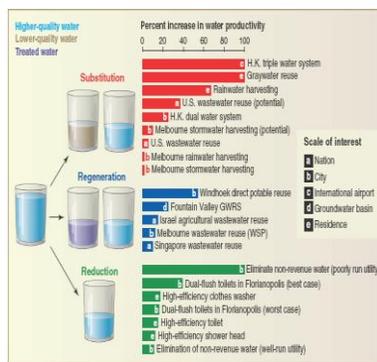


# 污泥处理处置国际关注的热点和前沿

## Taking the “Waste” Out of “Wastewater” for Human Water Security and Ecosystem Sustainability



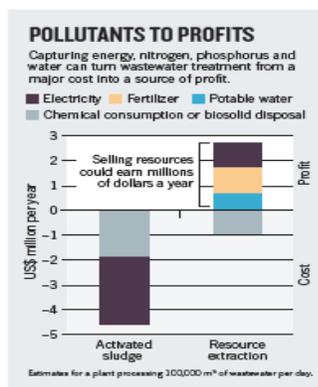
Science 2012, vol. 337



## Reuse Water Pollutants

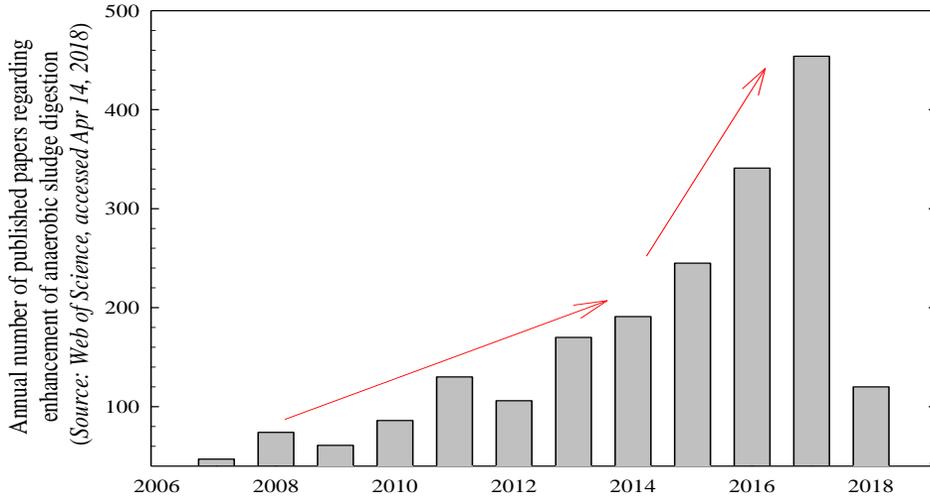
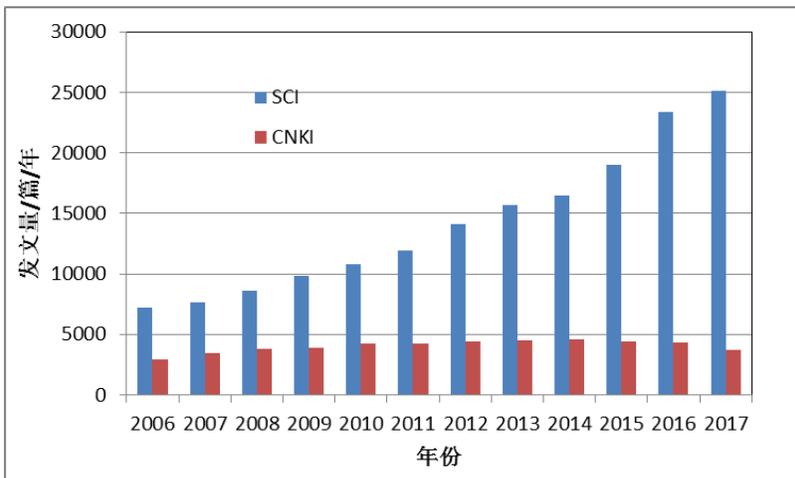


Nature 2015, vol. 528



国际：污泥中富含有机物和营养物质，污水污泥C、N、P物质资源化回收是国际研究热点。

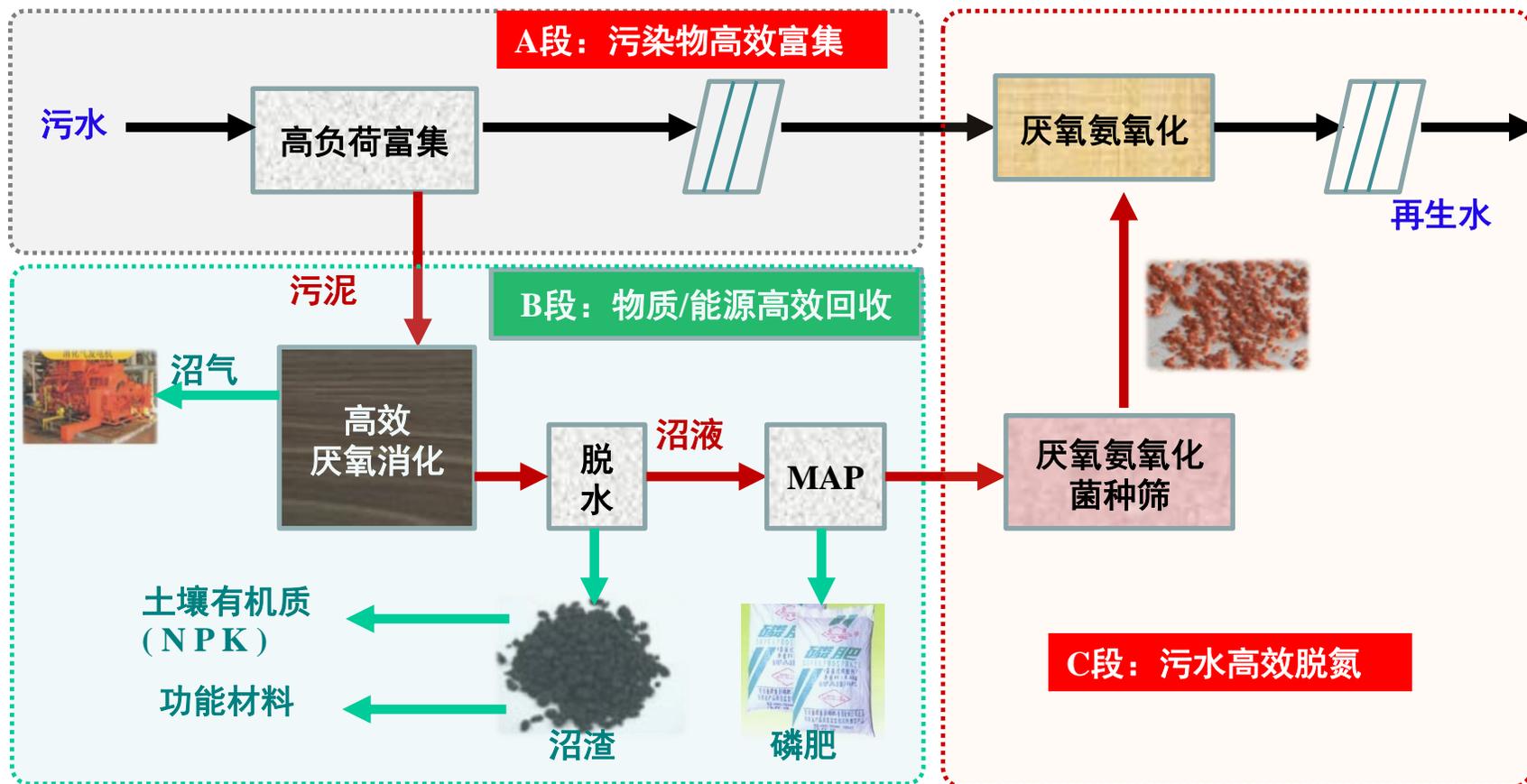
我国：污泥量大，泥质差，国外既有污泥处理处置理论和技术无法切实解决当前面临的特殊困境，迫切需要通过科技创新，形成我国污泥系统性解决方案。





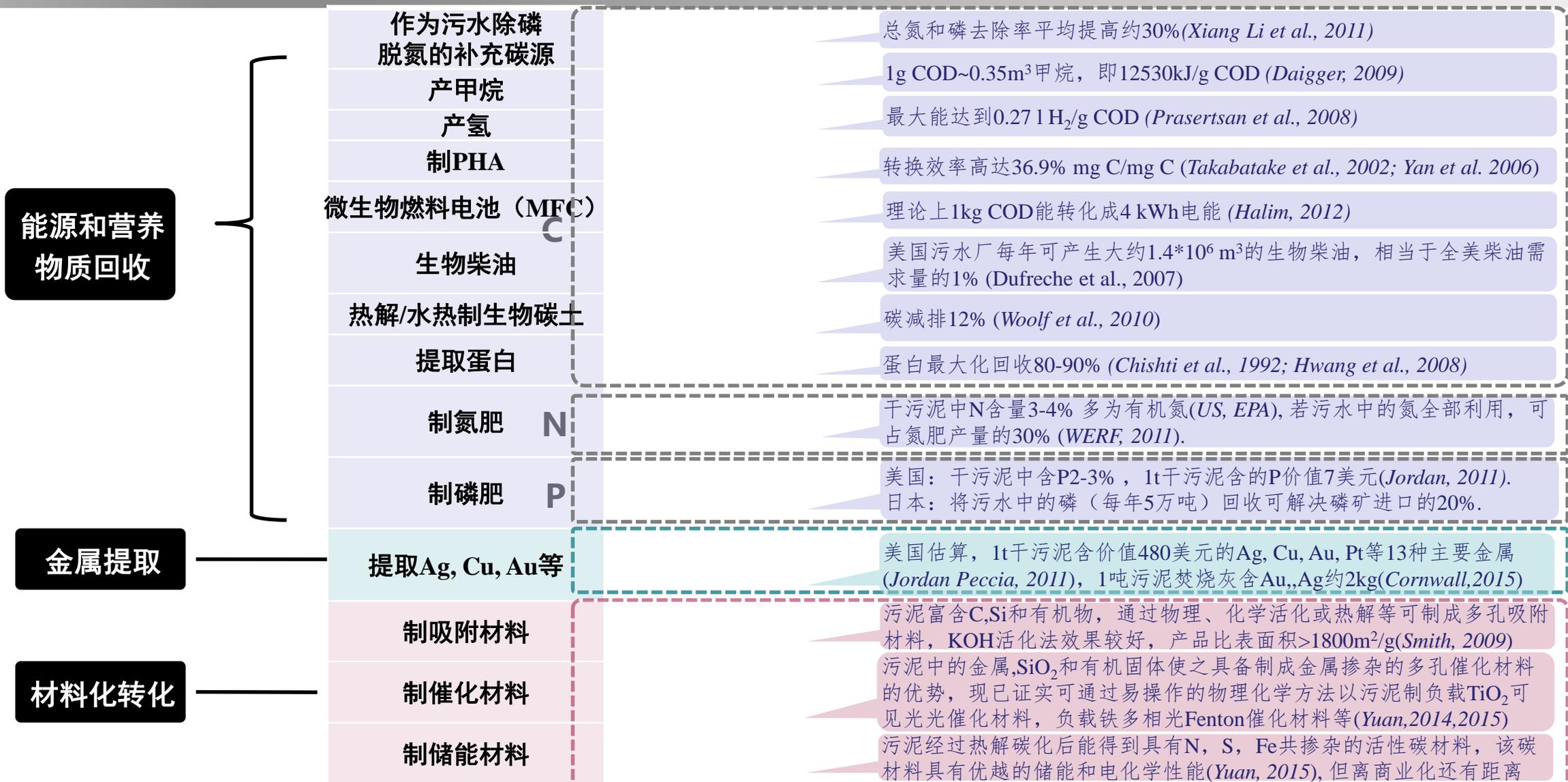
# 国际热点方向：未来污水厂-污水污染物资源化回收利用解决方案

## 城市污水高效处理与再生利用、城市污泥中C、N、P高效资源化回收





# 污泥处理处置资源化研究热点方向



# 结语



- 我国环境容量缺乏，污泥量大，泥质差，污泥问题依然十分严峻
- 和污水处理相比，污泥处理处置的投入和重视程度严重滞后，减排效果大打折扣。
- 国外：资金到位，关注资源（如C、N、P）回收；我国：资金政策不到位，但要求很高（如处置途径不畅问题），关注简单适用短期见效的解决方案
- 未来新技术开发更注重单元技术的衔接及全链条解决方案，是未来发展重点
- 面临气候变化，能源资源短缺等问题，“资源循环、绿色、健康”的未来技术创新的重点，污水污泥中“污染物”资源化回收利用是未来发展趋势；

谢谢!

