

污泥处理处置全链条技术现状与需求分析

戴晓虎

同济大学 环境科学与工程学院

我国污泥产量大、污泥处理处置形势严峻



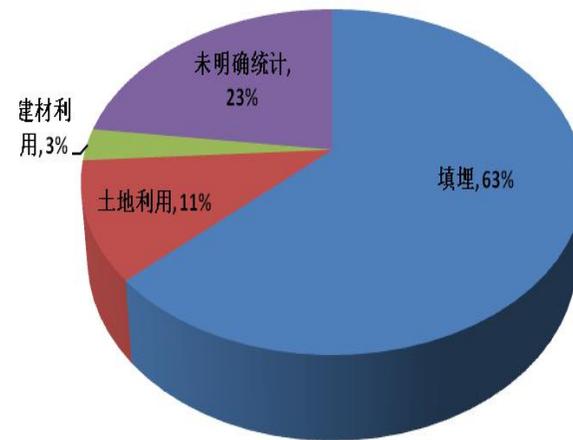
污水厂数量 (2017): 3900

污水处理能力 1.8亿m³/d

污泥年产量 >4000万吨

2020年产泥量达到 6000万吨

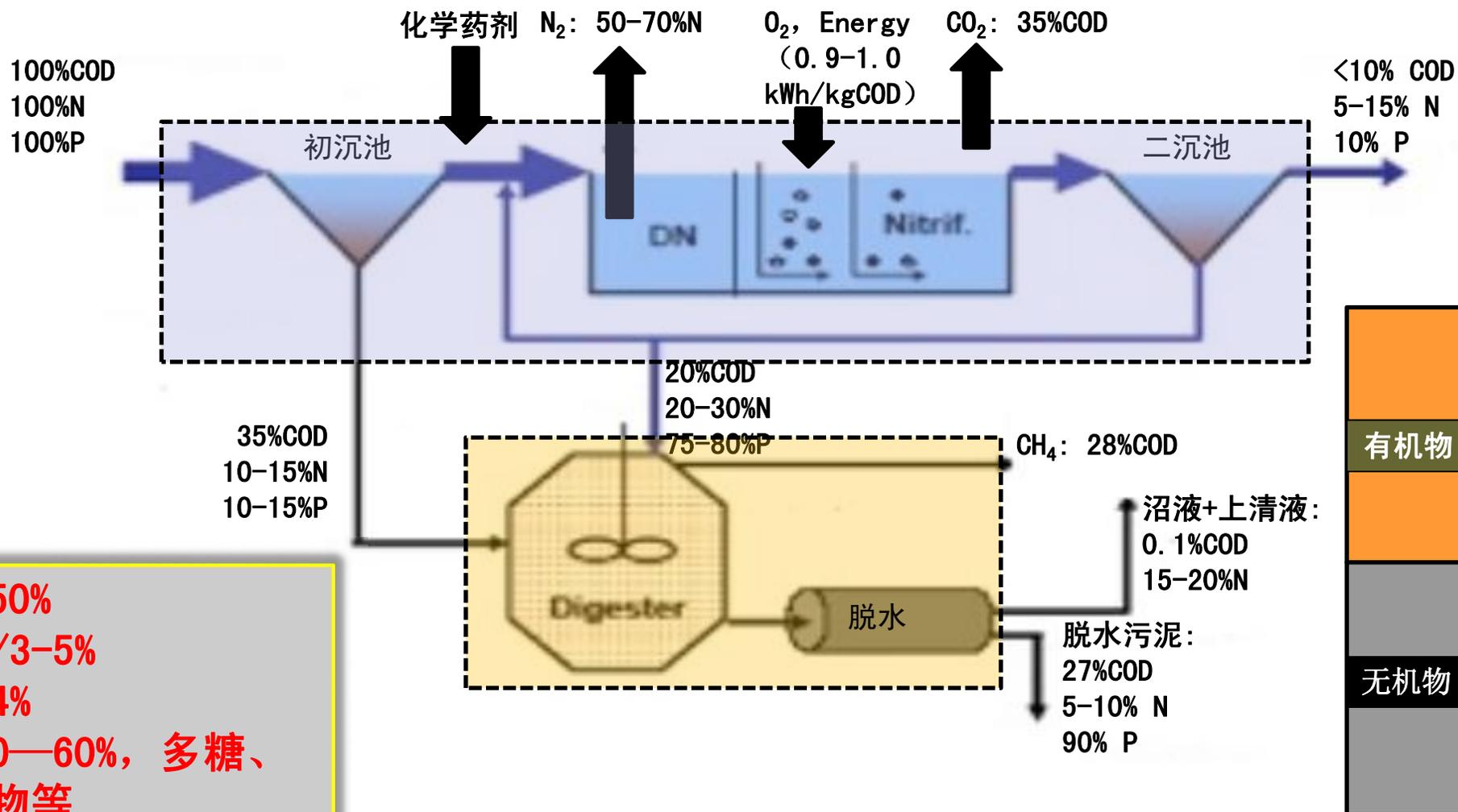
重水轻泥



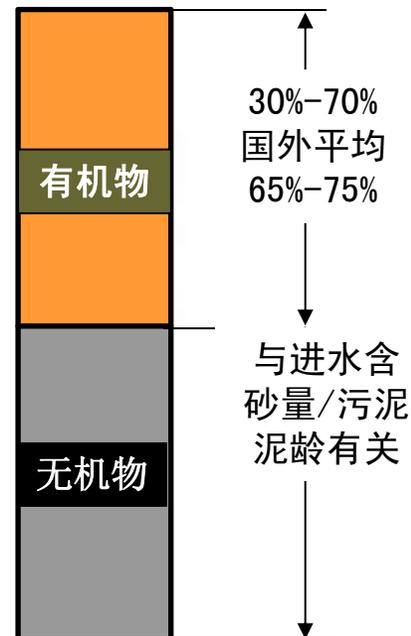
安全处理处置率只有30%



污泥富集了原污水的污染物质和营养物质



- COD: 30-50%
- N 30-45%/3-5%
- P 90%/1-4%
- 蛋白质 30-60%, 多糖、碳水化合物等



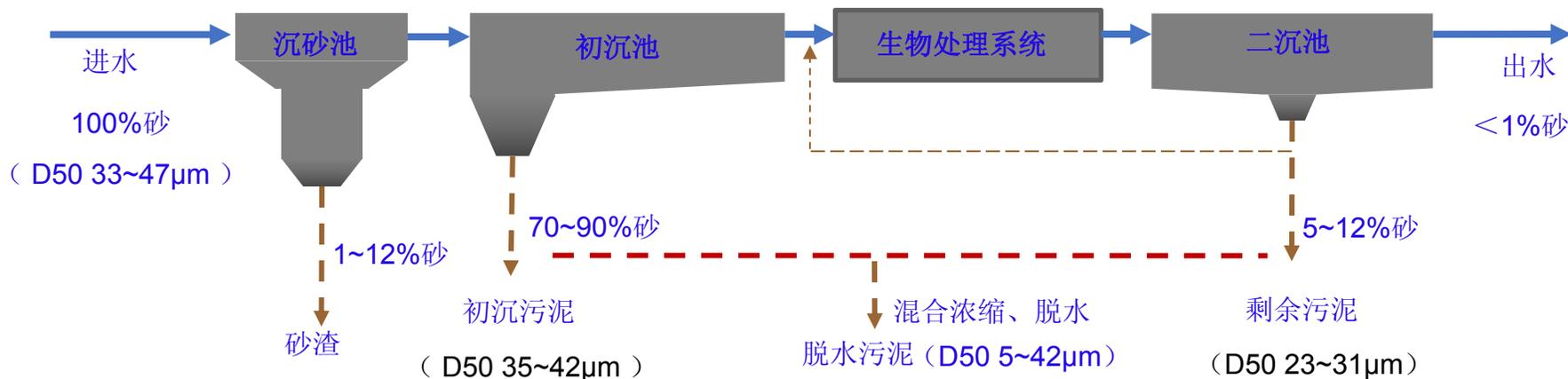
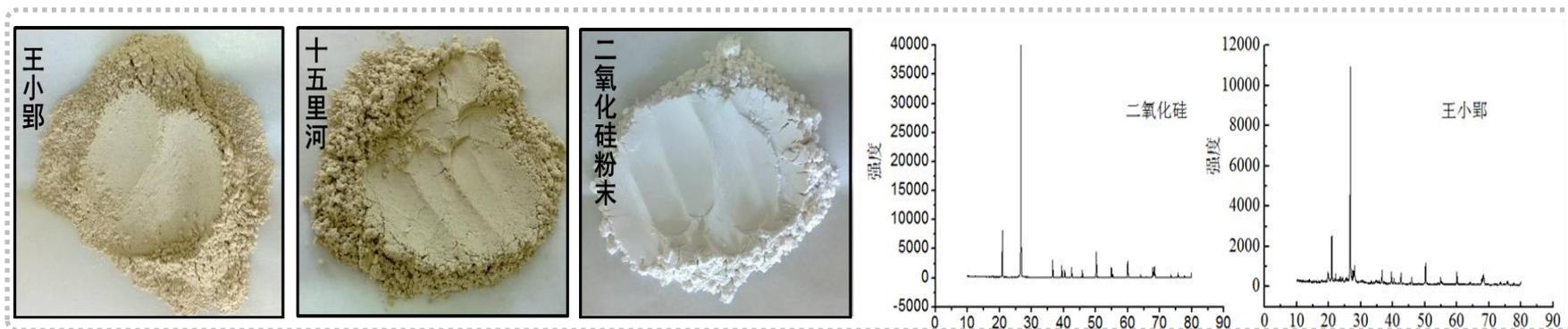


我国污泥有机质含量低

我国主要流域的 22 个污水厂 2014 年四个季度调研数据
(样本数: 88)

	VS/TS (%)	ISS/TS(%)	ISS/IS(%)
最小值	23.1	14	30.2
最大值	73	56.8	78.9
平均值	45.3	34.3	62.1
标准差	10.9	12.2	14.5

我国污泥细微沙含量高



污泥泥质特征及成因：微细砂沉积于污泥系统，污水SS粒径小(平均粒径<50 μm)



取得成效

■ 突破3类关键技术与重大装备

污泥生物稳定化和资源化成套技术

- 污泥高级厌氧消化技术及装备（热水解、高含固、协同）
- 污泥高效好氧发酵及成套设备
- 沼液厌氧氨氧化中试技术

污泥脱水干化技术与装备产业化应用

- 高效低耗干化系统及装备（圆盘、桨叶干化）
- 污泥脱水干化一体化技术及装备（雾化干燥-回转式焚烧炉一体化技术装备）
- 深度脱水技术及装备（低温真空脱水干化、高压隔膜板框、一体可变压滤等）

污泥（协同）热化学处理技术

- 流化床焚烧技术与装备
- 水泥窑干化焚烧协同处置技术与装备
- 污泥热解系统及中试技术



取得成效

■ 形成4条主流技术路线

主流技术路线

厌氧消化

好氧发酵+土地利用

干化焚烧+灰渣填埋或
建材利用

深度脱水+应急填埋

突破的技术瓶颈

- 低有机质污泥强化厌氧消化关键技术
- 基于热水解的污泥高级厌氧消化技术与装备

- 高温好氧发酵技术智能化控制
- 辅料调控与臭气二次污染控制技术

- 圆盘、浆叶干化等系列装备
- 电厂与水泥窑协同焚烧技术与装备

- 深度脱水集成化技术
- 深度脱水、脱水干化一体化装备

技术发展水平

开发了高含固、协同、基于水热预处理的高级厌氧消化技术和装备；开展了**规模化示范**。

开发智能化控制；高温好氧发酵技术，滚筒一体化好氧发酵设备；开展了**规模化示范**。

干化焚烧装备；大型流化床焚烧技术集成，电厂水泥窑协同焚烧技术；进行**规模化示范**。

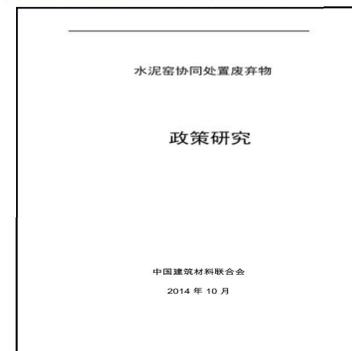
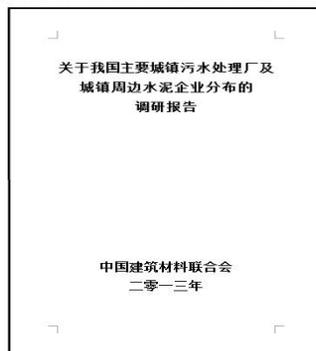
深度脱水技术及装备；成功进行**产业化应用**并抢占国际市场



前期取得成效

■ 制定14项标准规范与政策

- 《城镇污水处理厂污泥处理处置技术指南（试行）》
- 《城镇污水处理厂污泥处理处置及污染防治技术政策（试行）》
- 《水泥窑协同处置废弃物政策研究》
- 《水泥窑协同处置污泥工程设计规范(GB50757-2012)》
- 《关于我国主要城镇污水处理厂及城镇周边水泥企业分布的调研报告》
- 《污水厂污泥深度脱水技术导则》
- 《协同处置与低碳水泥发展对策研究》
- 《城镇污水处理厂分类技术规范》
- 《城镇污水处理厂污泥处置 分类(GBT23484-2009)》
- 《城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质(GBT23486-2009)》
- 《城镇污水处理厂污泥处置 水熟料生产用泥质(CJT314-2009)》
- 《城镇污水污泥流化床干化焚烧技术规程(CECS 250:2008)》
- 《城镇污水处理厂污泥处理 稳定标准(报批稿)》
- 《城镇污水处理厂污泥高温好氧发酵处理技术规程(DB31/T 675-2012)》

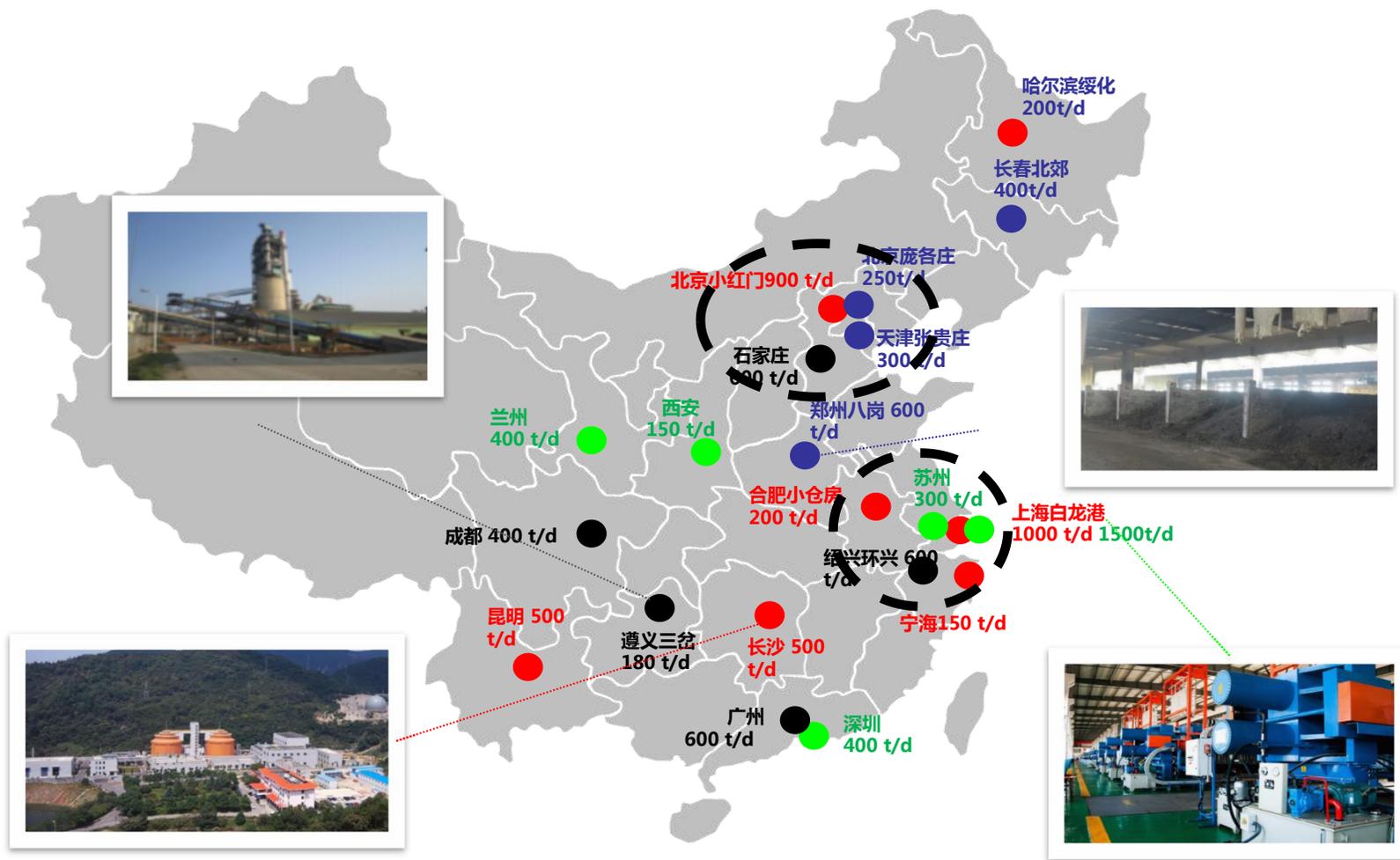


前期取得成效

■ 建成21项示范工程

图例：

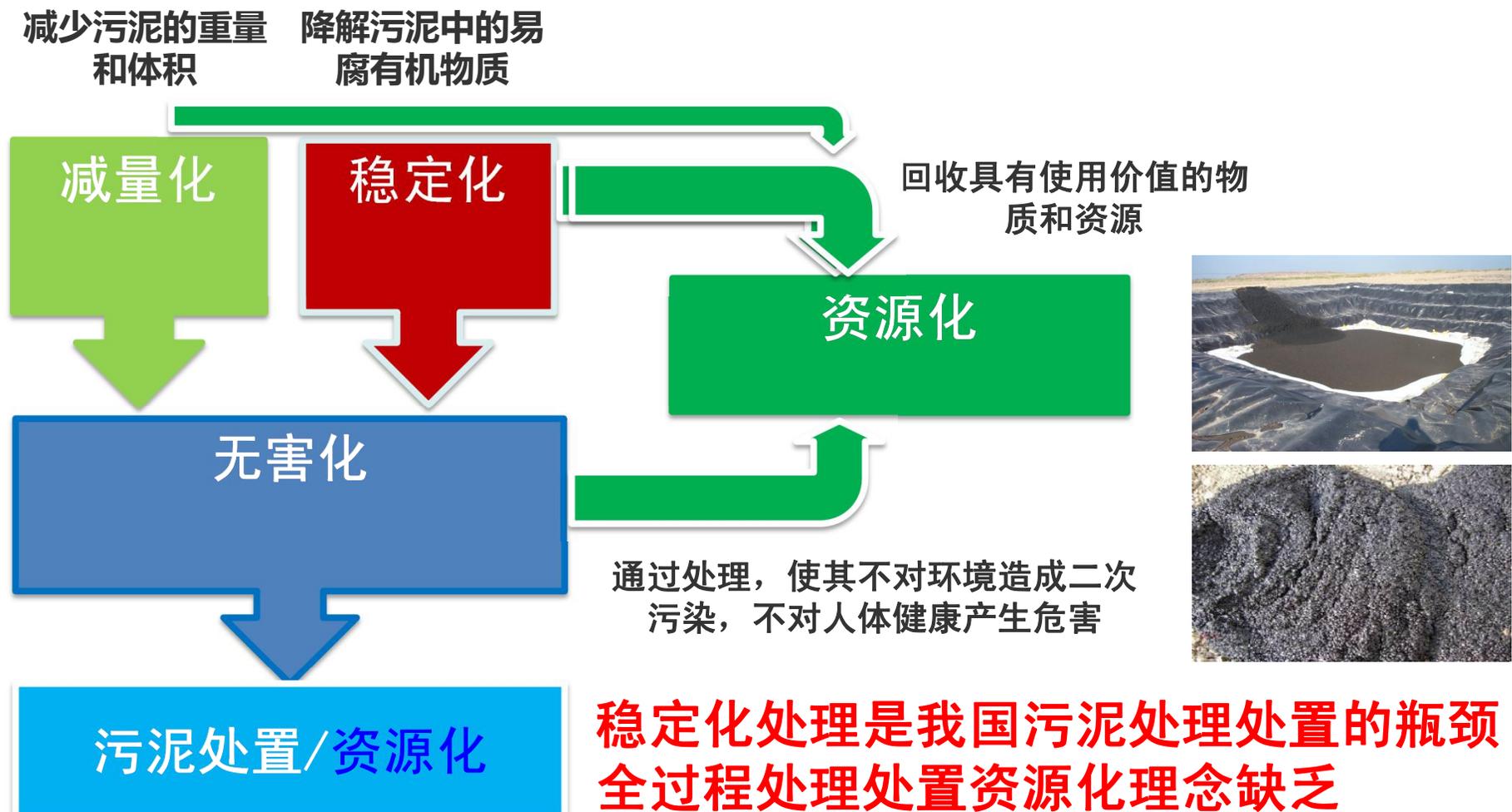
- 厌氧消化
- 好氧堆肥
- 深度脱水
- 干化焚烧





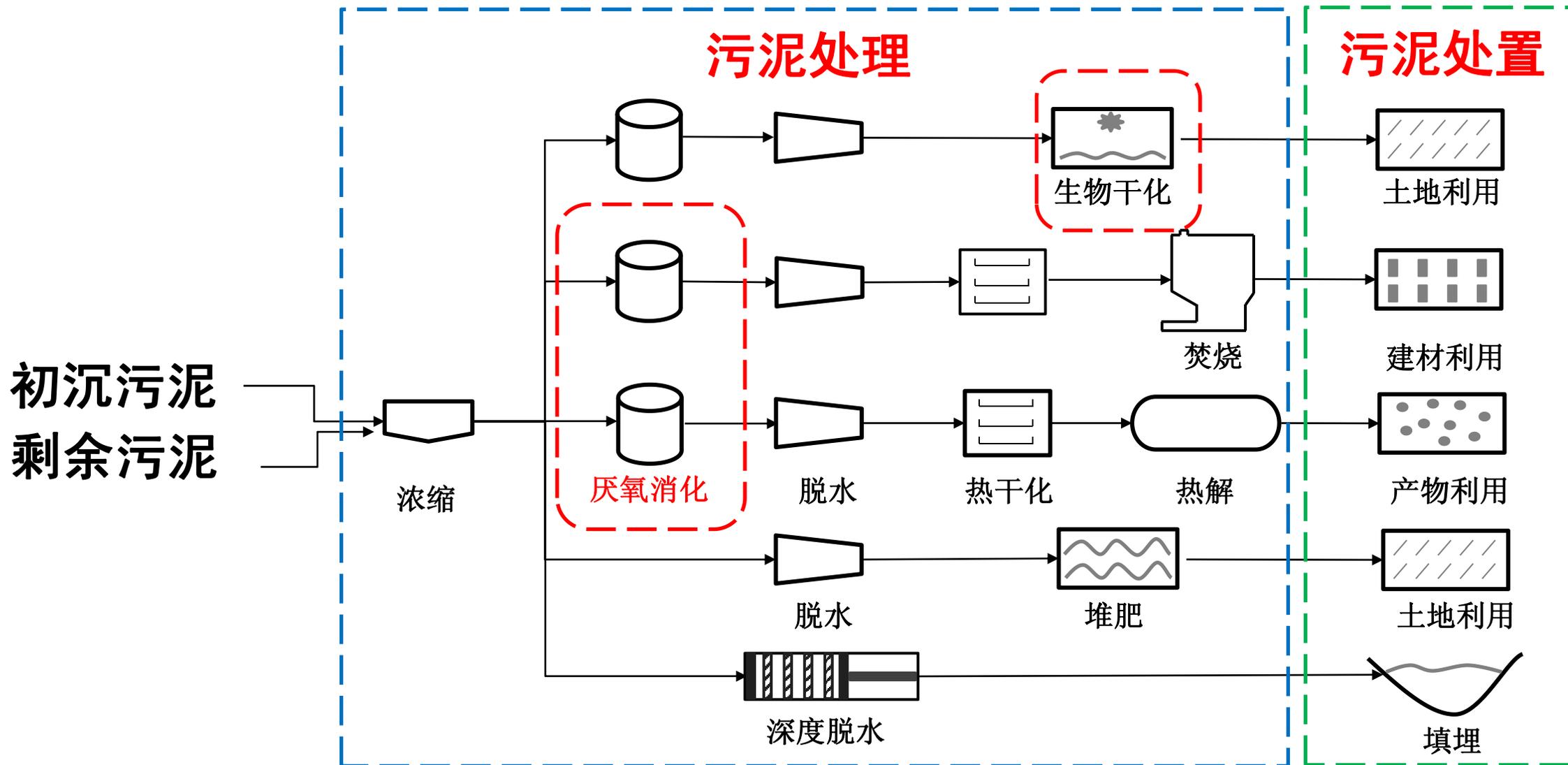
污泥处理处置目标

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





污泥处理处置全链条技术路线





单元技术： 污泥减量化处理

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？自能化水平？



单元技术：污泥减量化处理

污泥深度脱水

- 深度脱水是中国特有的一种脱水工艺；
- 可将含水率降低到60%；
- 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？
- 电渗析等新型污泥脱水技术受到关注。



单元技术：污泥稳定化处理技术

- 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
- 污泥稳定化方法主要有：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 %



高含固污泥厌氧消化新技术是未来污泥资源化的重要发展方向

全球气候变化、资源能源短缺的背景下，
高含固厌氧消化为污泥厌氧消化技术的效率提升提供了新的技术路线。



第一代厌氧消化
污泥含固率3%



第二代厌氧消化
污泥含固率5%



第三代厌氧消化
污泥含固率
10%~20%

已有技术应用，
新技术原理的突破的提升了厌氧的综合效率

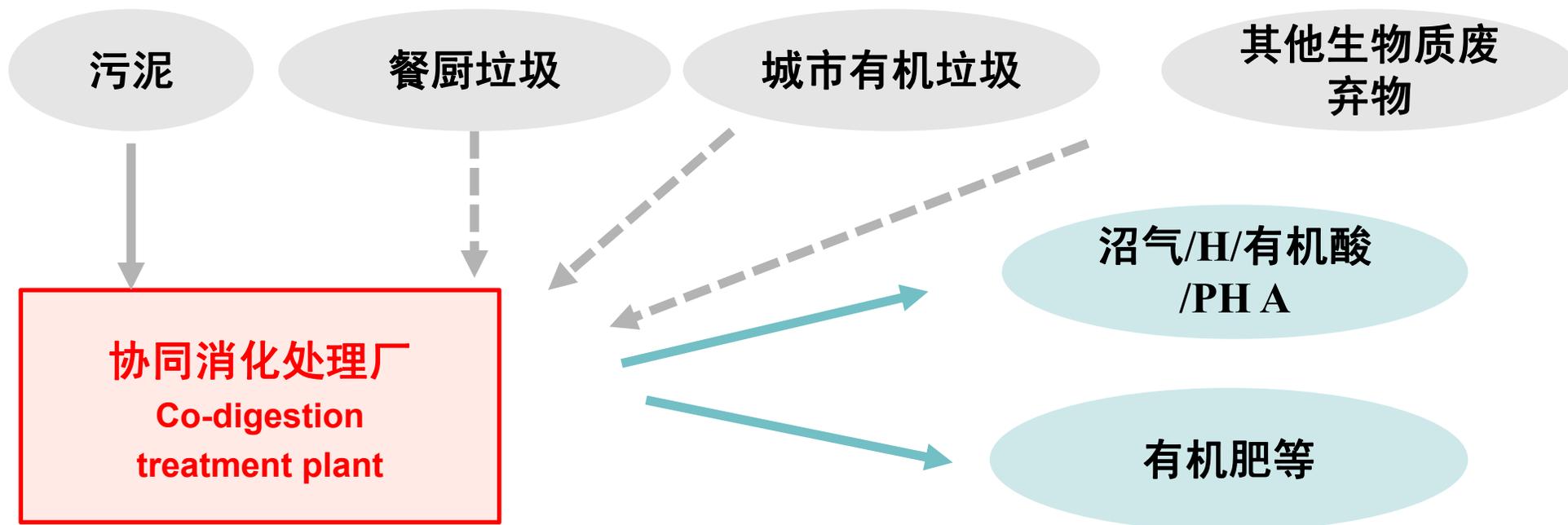
高含固与传统厌氧消化比较	含固率	有机负荷	反应器体积	沼液产量	产能效率	沼气特性
	2~4倍	2~4倍	1/2~1/4	1/2~1/4	>2倍	H ₂ S含量低， CH ₄ 含量高



污泥/有机质高效协同厌氧消化

■ 生物质废弃物协同厌氧消化技术

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。





污泥厌氧消化技术瓶颈

- 有机质转化效率较低 (max. 50%)、停留时间较长 (18 d)、沼气产率0.8-1.0、甲烷含量65% ;
- 微生物定向调控机制？预处理技术？多级分相？微量污染物的赋存形态及迁移转化？
- 全链条：沼渣（原污泥量的20-50%）的最终出路？
- 全链条：沼液单独处理达标排放成本较高？植物激素（赤霉素、吲哚乙酸、脱落酸）？富里酸生成机制与调控？



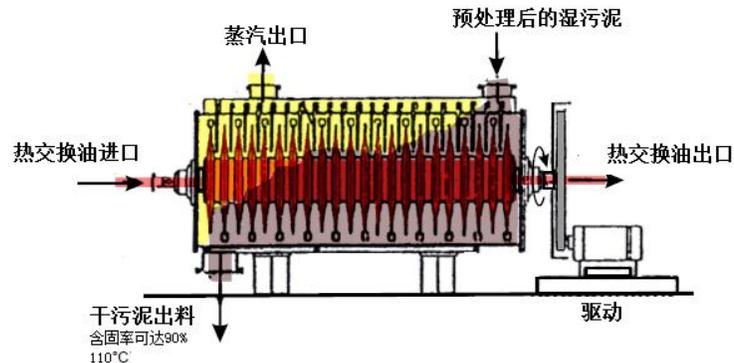
污泥稳定化处理技术 好氧堆肥

- 好氧堆肥是通过好氧微生物作用降解有机物，温度升高，实现有机物降解、污泥干化、消毒杀菌等稳定化处理；
- 相比厌氧消化：工艺流程短、简单、运行要求低；
- 瓶颈：产品的品质保障？臭气控制成本高！辅料添加！占地面积大！污泥产品的出路？
- 高温好氧、智能化控制受到关注！



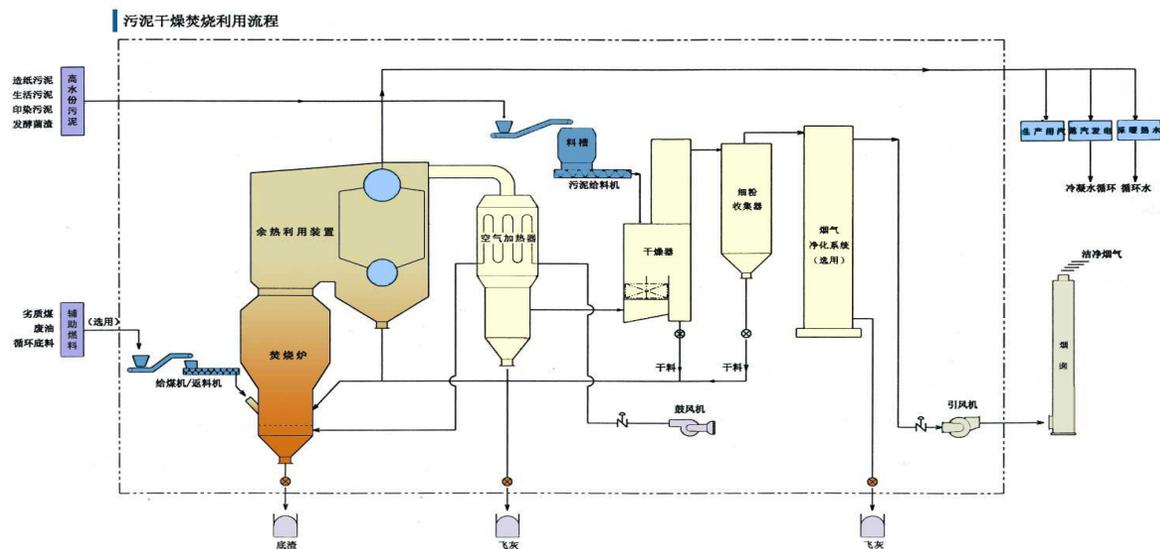
污泥热处理技术 干化处理技术

- 热处理方法，进一步减少污泥体积；
- 半干化含固率至60%，全干化含固率至90%；
- 能耗为800-1000千瓦时/吨水；
- 自然干化、太阳能干化、热干化（桨叶、转盘、流化床）；
- **瓶颈：能耗高**
- 低温真空干化、低温带式干化等新型干化方法受到关注！



污泥热处理处置技术 焚烧技术

- 采用有氧燃烧使污泥无机化；热值不足需添加燃料；
- 减量化彻底；
- 流化床、转炉、污泥喷雾干化焚烧等；
- 瓶颈：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





污泥热处理处置技术 协同焚烧技术

- 协同焚烧是指利用现有的工业焚烧炉将污泥进行协同焚烧处理；
- 火力发电厂、垃圾焚烧厂、水泥窑；
- 技术可行，已有工程实践；
- 瓶颈：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？



污泥全链条处理处置技术现状

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

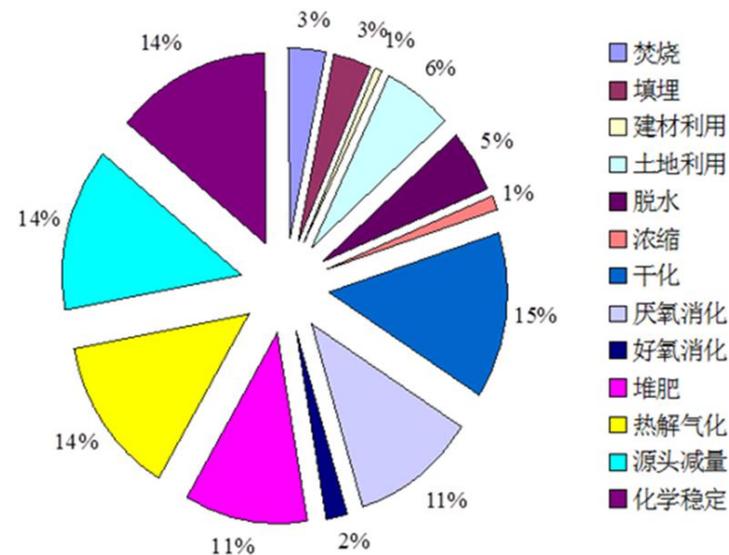
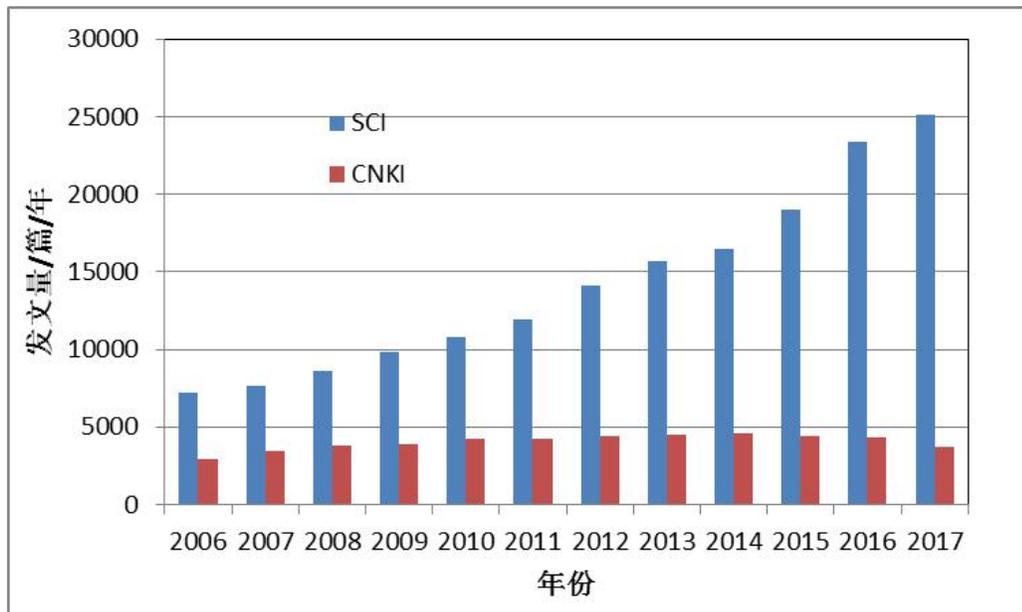
我国现有填埋场将满负荷运行
临时过渡性的技术路线
不符合未来发展趋势

无地可埋

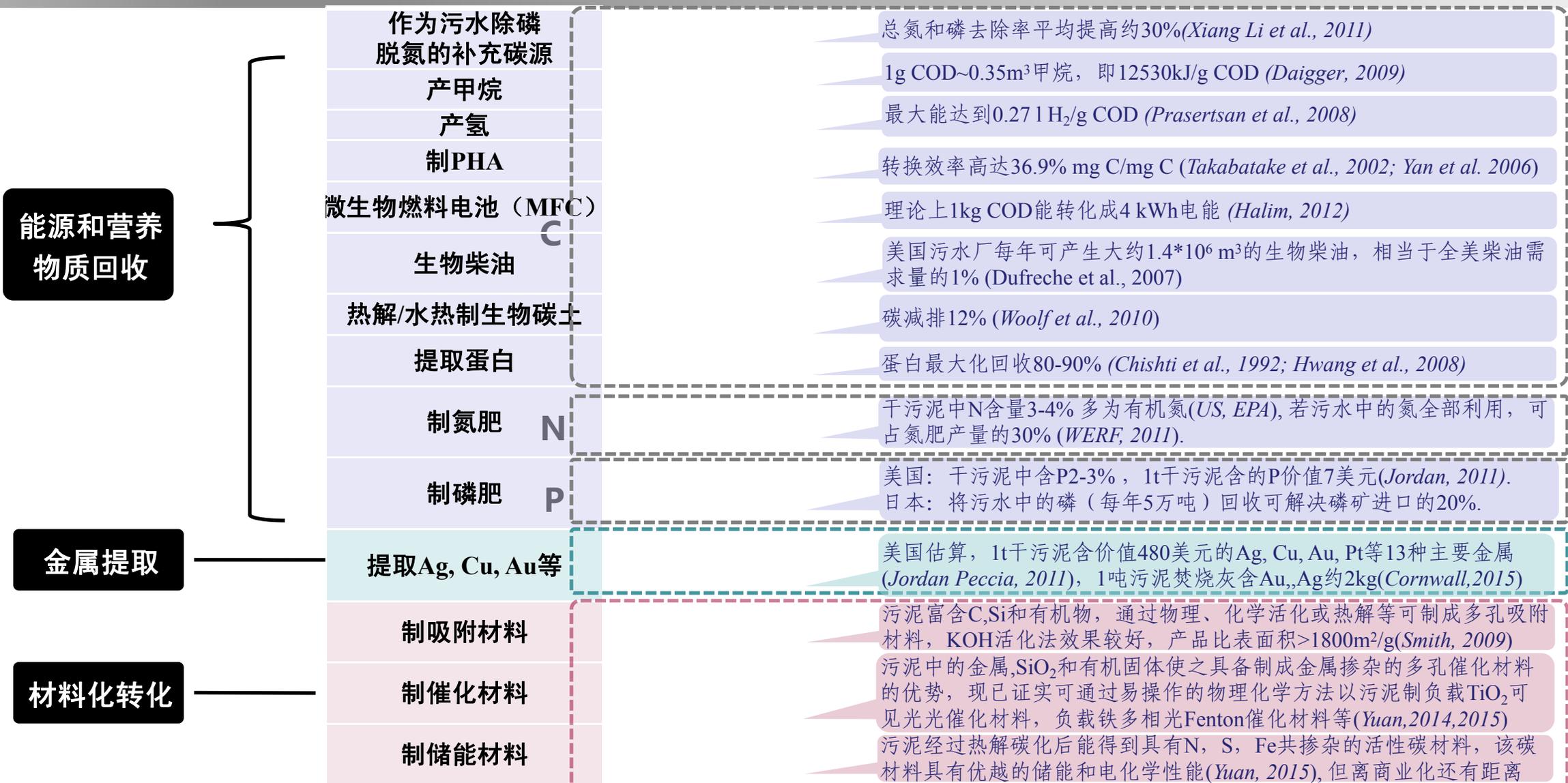


科技创新必要性

- 污泥中富含有机物和营养物质，随着污水资源化研究的深入，污泥资源化领域的研究已成为全球研究热点。
- 我国城市污泥量大，质差，在世界范围内十分罕见；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，形成我国污泥绿色低碳安全的理论体系和系统性解决方案。



污泥及生物质废弃物资源化研究热点



结语



- 我国环境容量缺乏，污泥量大，污泥泥质差，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
- 处置决定处理，处置途径不畅是困扰我国污泥工艺路线选择的瓶颈
- 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!

