

热烈祝贺“科创中国”生态环境产业创新论坛圆满召开

重构水处理科技产业新业态的思考

任洪强

南京大学环境学院

2023年11月25日

目 录

01

新需求

02

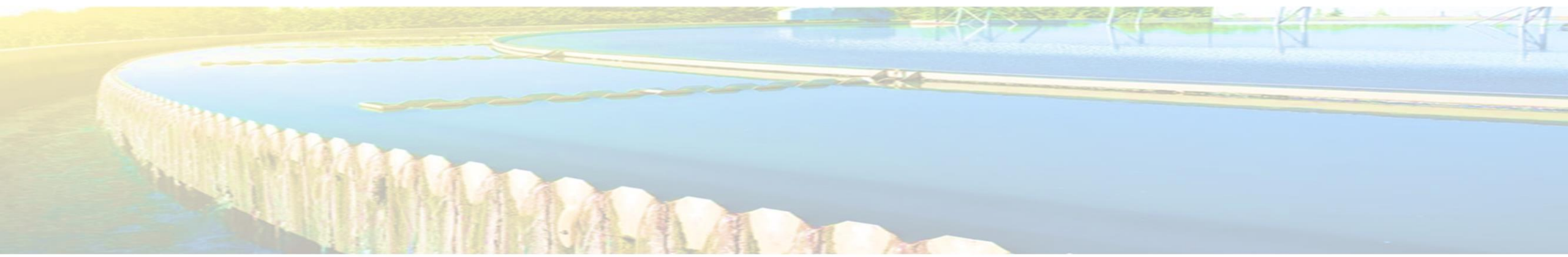
新问题

03

新趋向

04

新挑战



政府新政：重构“双碳+健康+智慧+标准”融合的新业态

1 碳达峰和碳中和

《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》
(2021年10月24日)

生态环境部《新污染物治理行动计划》
(2022年5月6日)
生态环境部等6部委关于《重点管控新污染物清单》(2023年版)

3 新污染物

5 智慧化赋能

2 标准化赋能

国家标准委 教育部 科技部 人力资源部等《**标准**
化人才培养专项行动计划》(2023-2025)
2023年11月15日)

工信部《**制造业**技术创新体系建设和应用实施意见》
(2023年8月15日)
国务院办公厅《**专利转化**运用专项行动方案
(2023-2025年)
(2023年10月23日)

4 装备原创化

趋向：工艺低碳化、装备原创化、管控智慧化、工程微精化、产业标准化

1.1 世界生态环保产业发展的新需求

星球边界(Planetary Boundaries): 综合地球生态系统的**阈值**效应和人类对生态**风险**有效**防控**的保守预计来确定安全**边界**，涉及九个边界**极限**(地球的危险边缘)



图说: 行星边界

来源: Balkan Green Energy News Johan Rockström., Nature, 2009

① 《寂静的春天》揭示污染问题【**生态环保1.0版**】产业发展模式“治污”，走“先污染、后治理”或“边污染、边治理”

② 全球应对气候变化(碳中和)问题【**生态环境2.0版**】产业发展模式“减污+降碳”，绿色生产、生活和良好生态协同推进

③ 地球边界描述的边界极限性问题【**生态环境3.0版**】产业发展模式“减污+降碳+N”，N现时还无法具体定义，但在2.0版基础上将带来新的科技和产业发展空间



水处理科技与产业、工程与服务、基准与标准、水质毒性与风险等核心源驱动力

1.2 我国双碳战略背景下水处理科技发展的新需求

降碳工艺

减污达标，节能、降耗、捕碳

低碳工艺

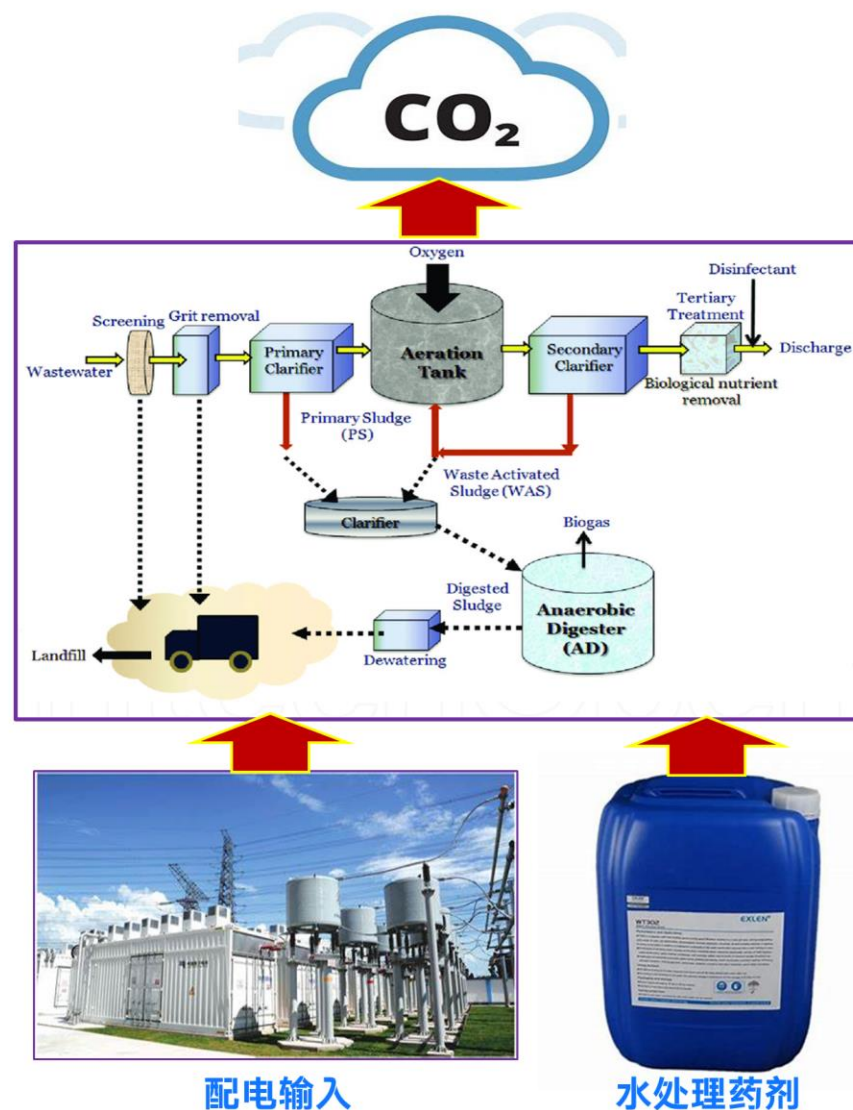
减污达标，低碳“标准”的缺失

零碳工艺

减污达标，零碳的“内涵界定”

负碳工艺

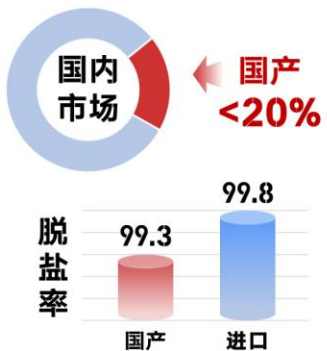
减污达标，碳“源计量方法学”



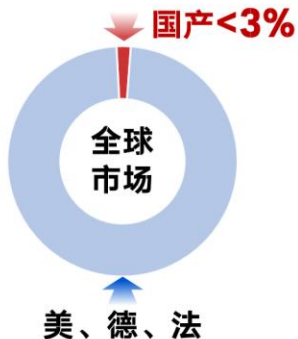
1.3 我国水处理产业高质量发展的新需求

基础材料部件

反渗透膜



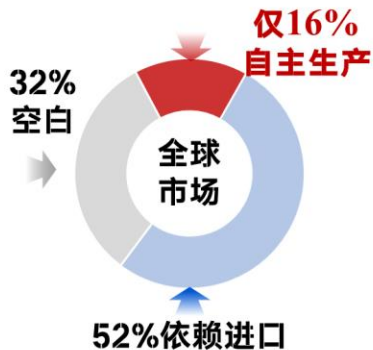
工业软件



高精传感器

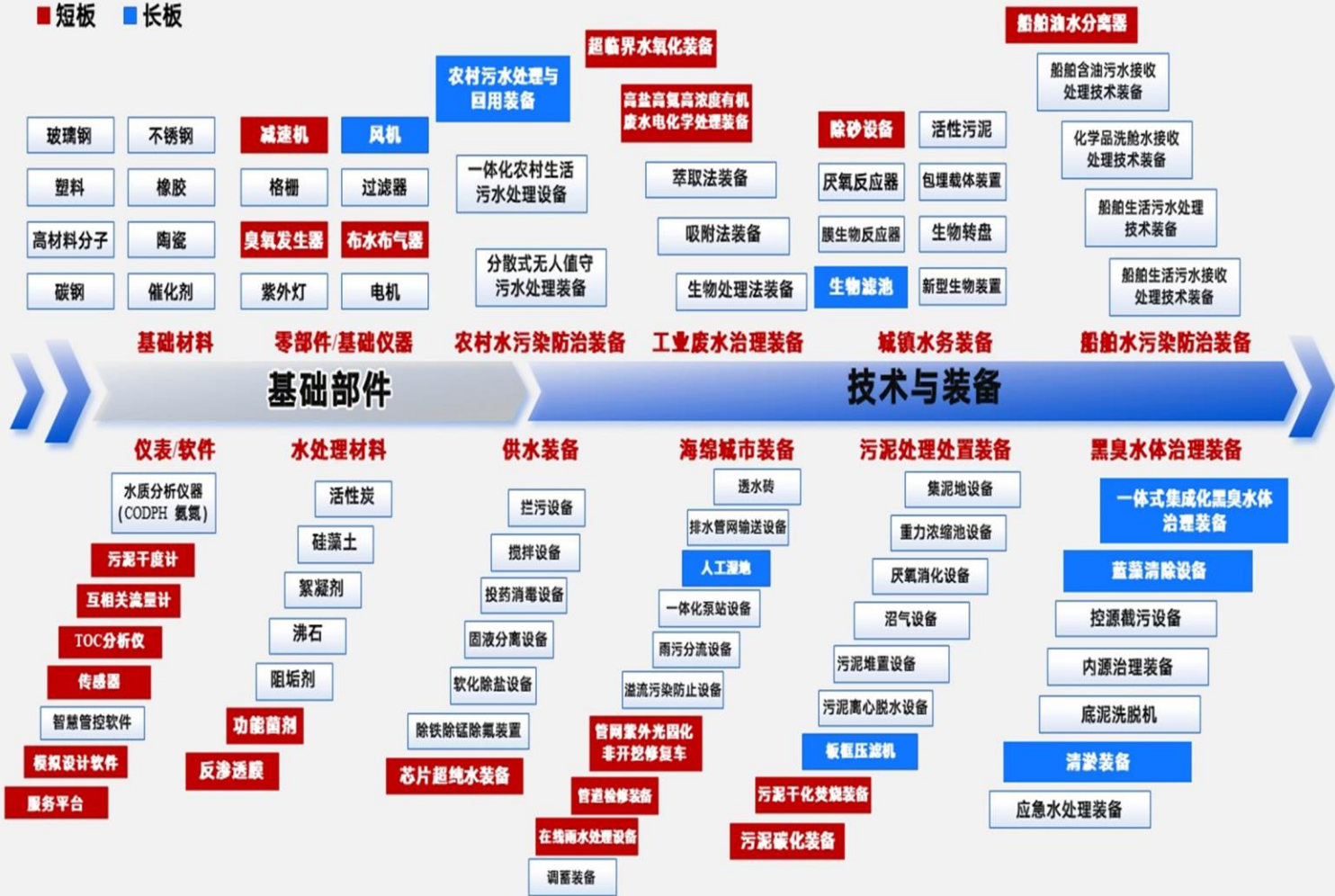


高性能表面材料



核心基础部件“卡脖子”

■ 短板 ■ 长板



水污染防治装备产业链的“困点”

目 录

01

新需求

02

新问题

03

新趋向

04

新挑战



新时期：水处理科技与产业发展的新机遇

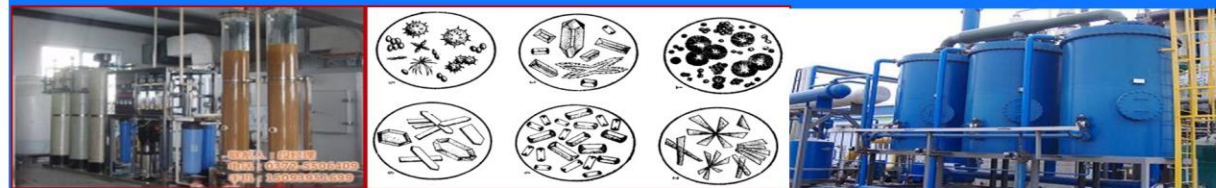


2.1 问题一：水处理减污技术创新的新路径？

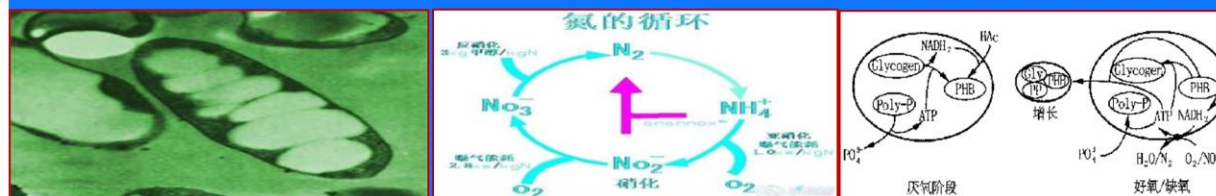
资源化？



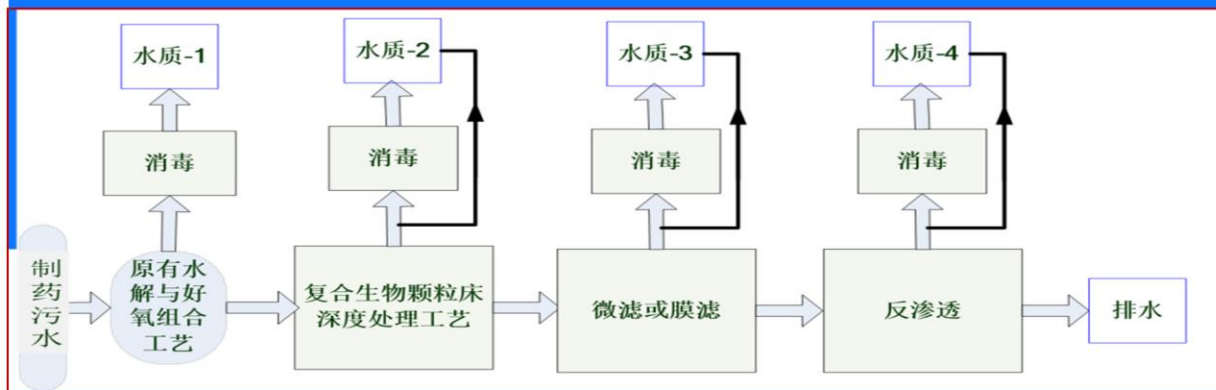
• 特征污染物高值化分离回用技术：



• 废水元素级再利用技术(C/N/S/P):



• 废水分质再生回用技术：



2.1 问题一：水处理减污技术创新的新路径？

工艺增效？

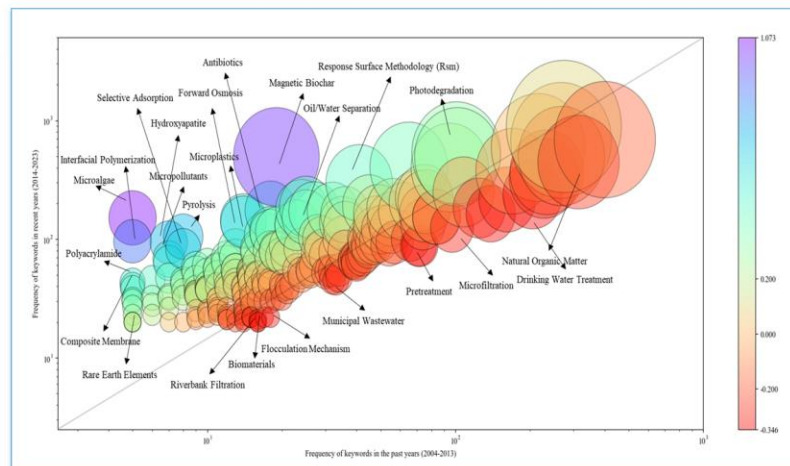
技术难点

效率低

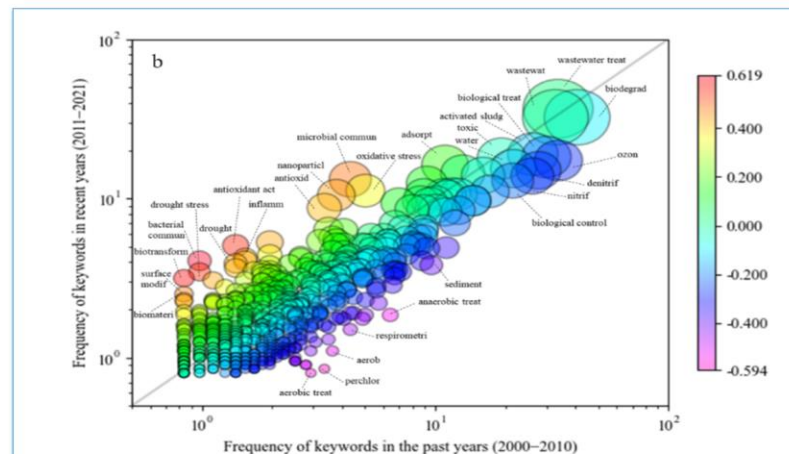
流程长

能耗高

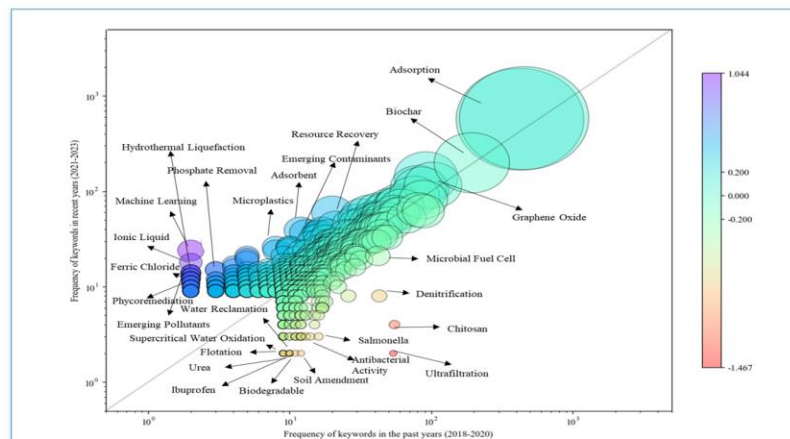
经验控制



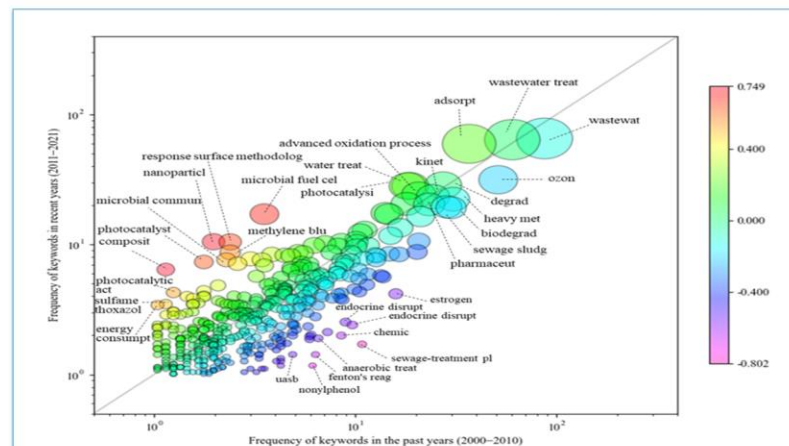
物理技术



生物技术



化学技术



高级氧化

2.2 问题二：水处理减污-提质技术创新的新目标？

基于精细化管理管控的废/污水处理与分质再生

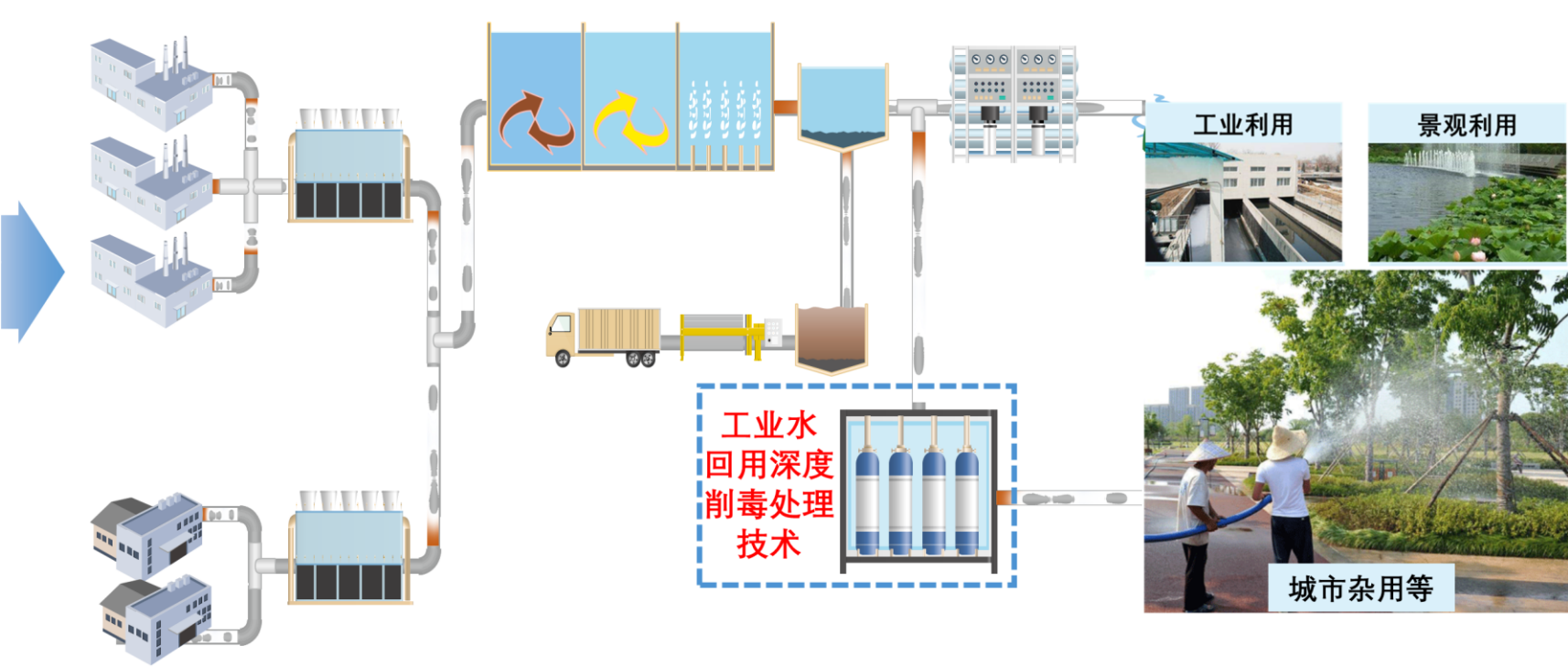
分质再生？

水质特征与预处理(组合)工艺相关性

废水分质预处理

废水处理与梯度再生利用

常规指标	特征污染物	重金属离子		预处理(组合)工艺
温度	苯酚类	Ca		定向水解
COD	苯胺类	Mg		电化学氧化
BOD	烷烃	Fe		Fenton流化床
C/N	酯类	Cu		电絮凝
TP	醇类	Cr		混凝
.....				

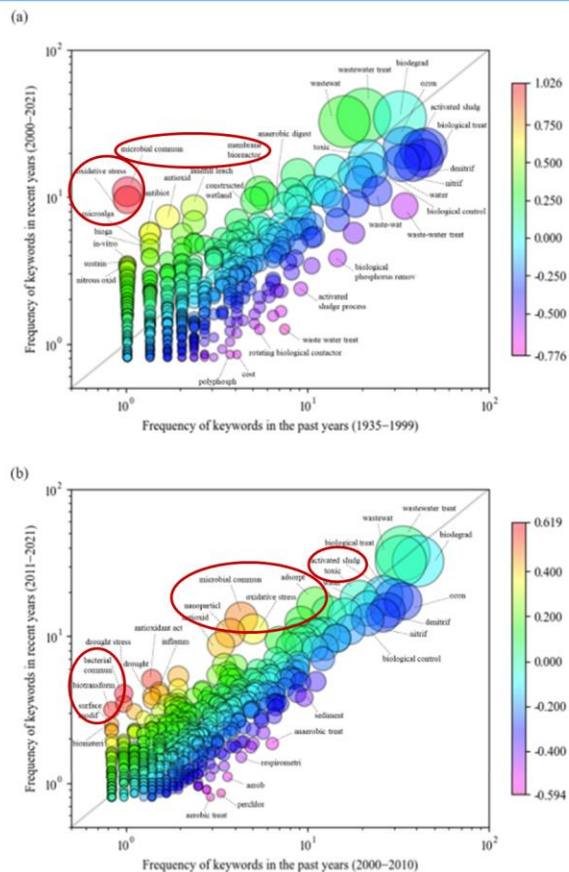


关键技术：废水全息组数据库、水清洁技术耦合创新

2.2 问题二：水处理减污-提质技术创新的新目标？

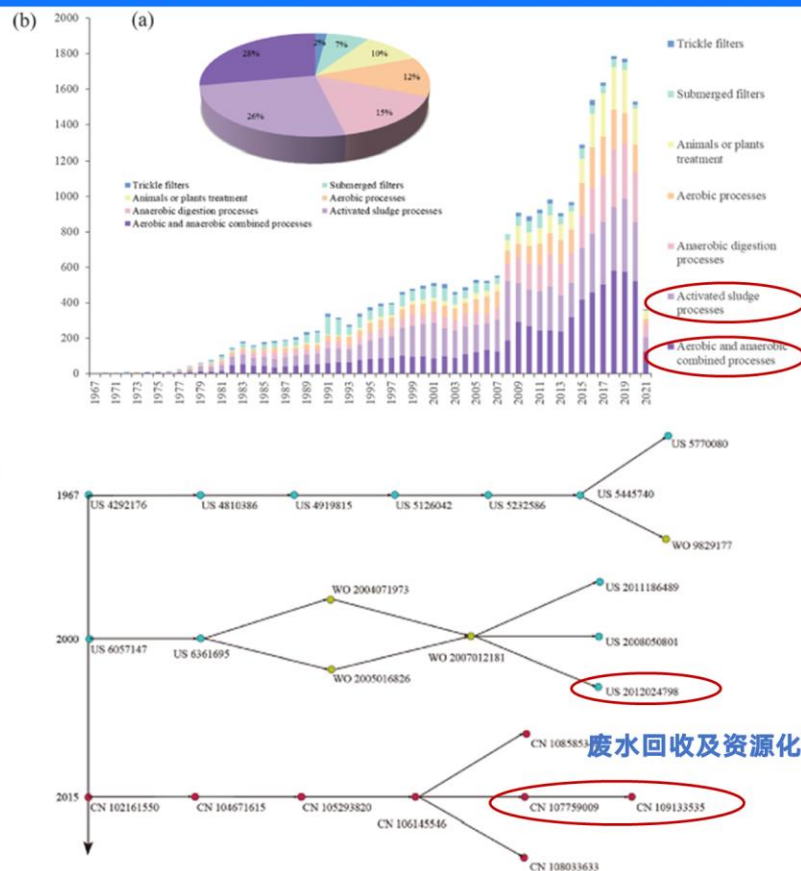
方向：高传质反应器、短流程工艺、定向功能微生物、智控系统

当前主流技术：活性污泥工艺、厌氧-好氧联合工艺

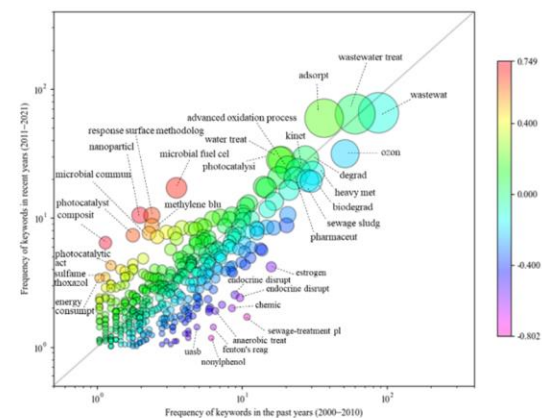
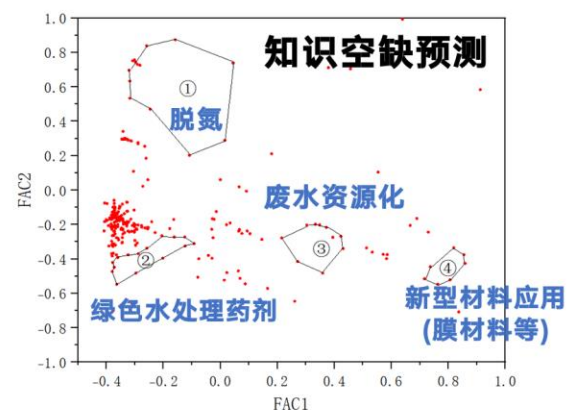


生物处理研究热点：

微污染水、微生物组学、多污染物协同降解、氮磷去除、毒性削减



数据来源：Web of Science Core Collection及Derwent Innovations Index 数据库以“water treat*” AND “biological” AND “chemical treat*”为主题检索的论文及专利数据



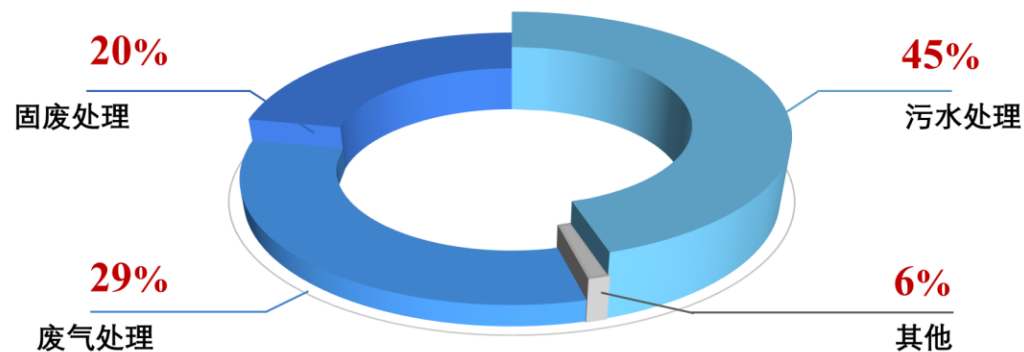
物化处理研究热点：

高级氧化技术(光催化、纳米材料的应用)

2.3 问题三：水处理减污-提质-降碳技术协同的新需求？

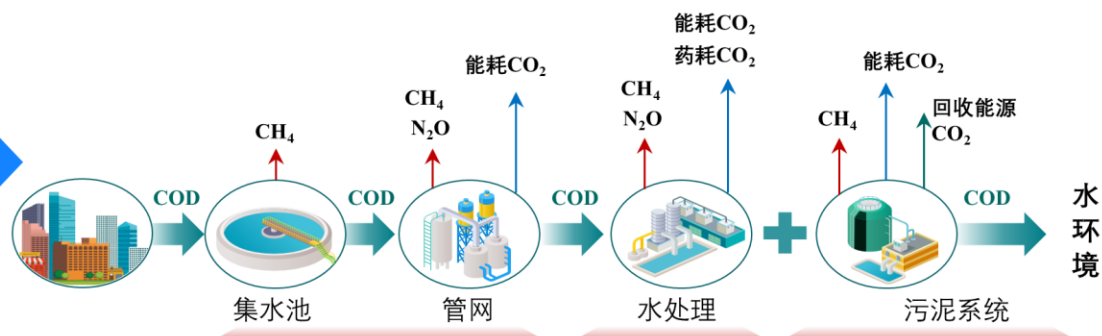
碳排量
大

生态环境治理领域碳排放占比



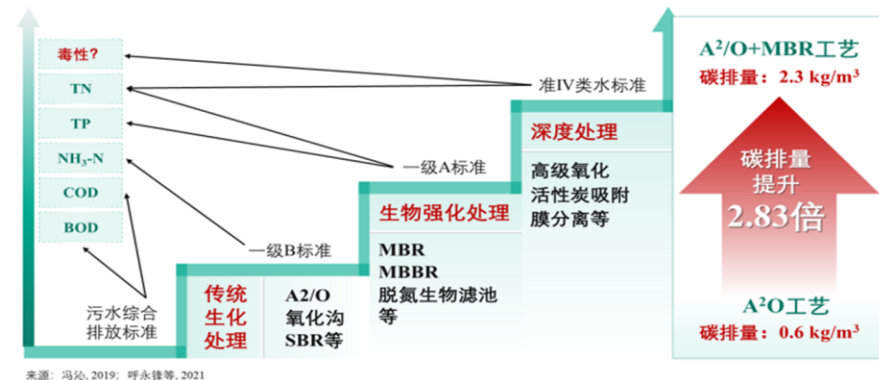
种类多
来源广

工业废水处理碳排放关键节点



综合减污？

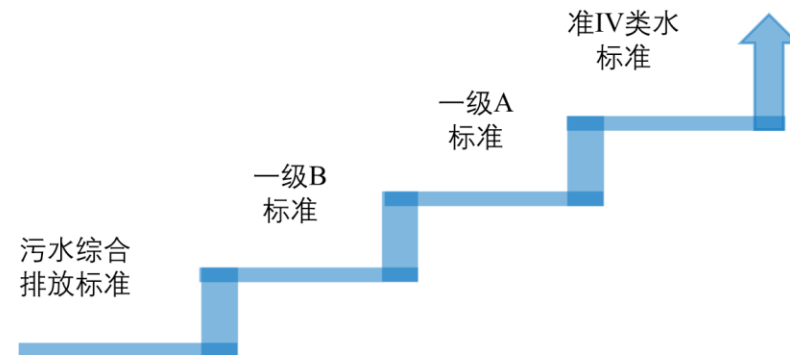
提标过程负碳问题严重



能耗

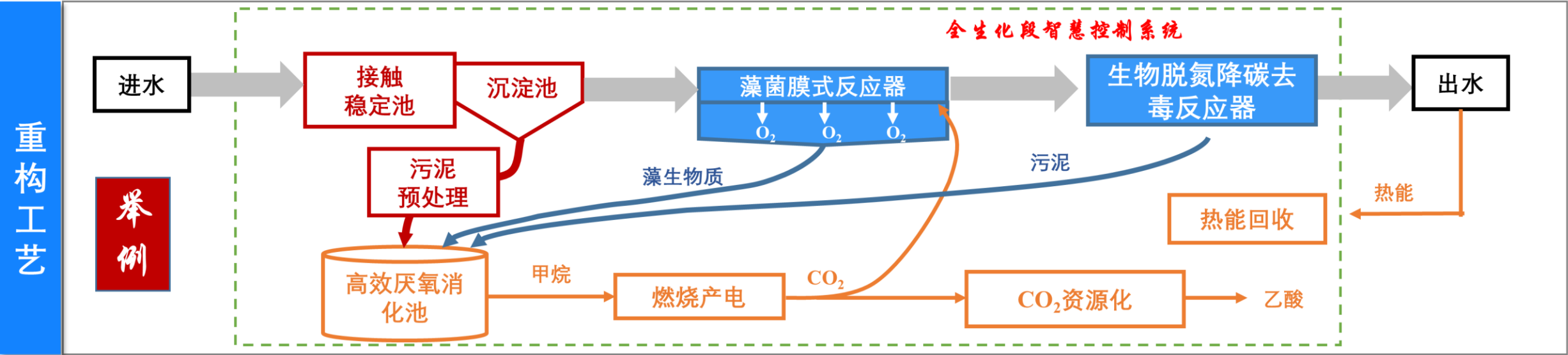
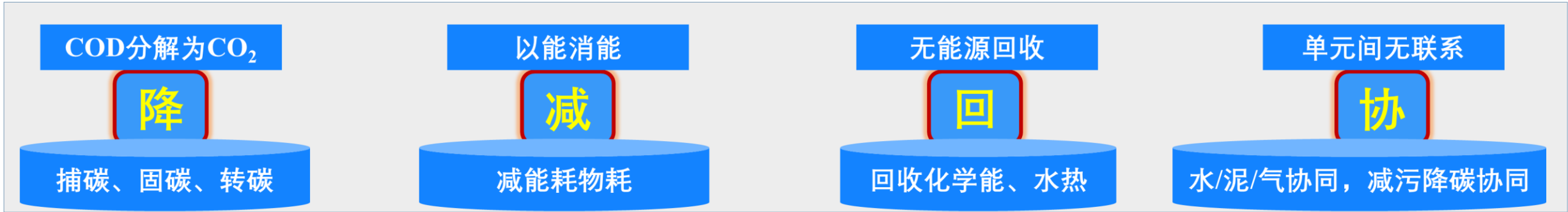
药耗

排放标准日趋严格



碳排量
增长快

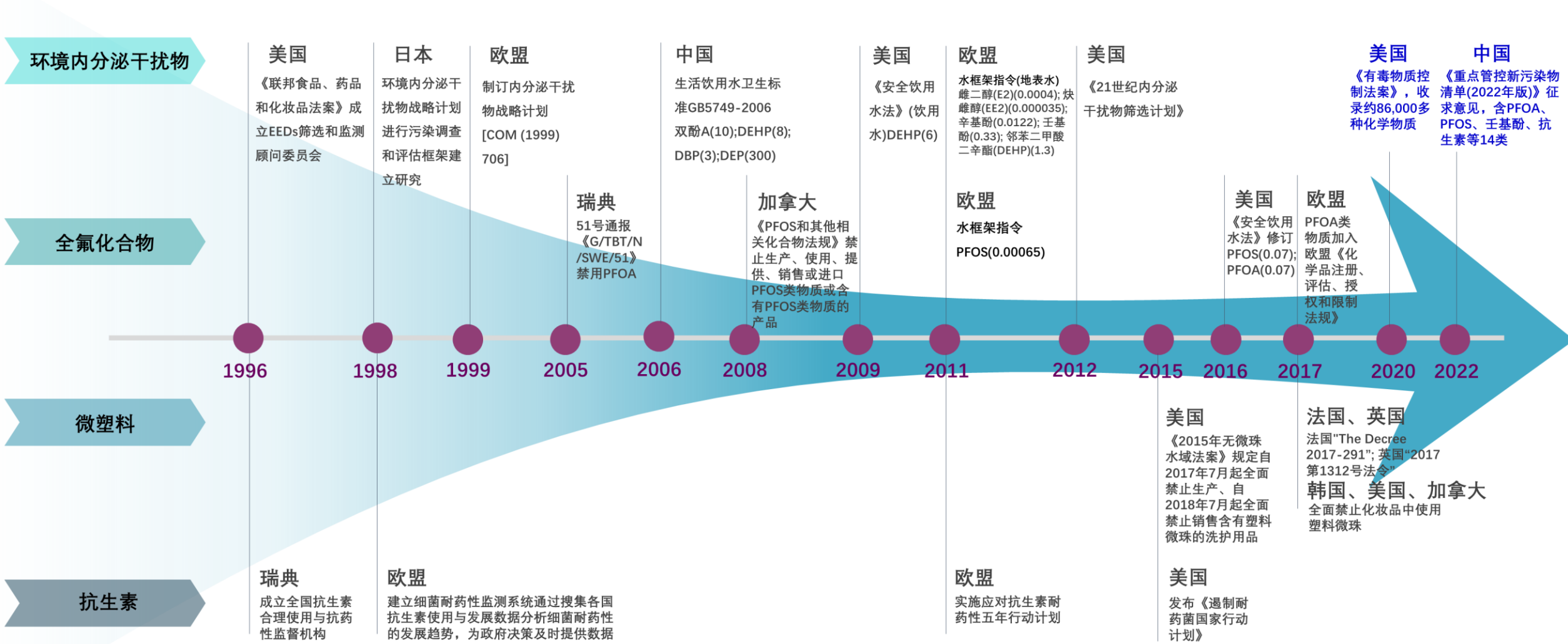
2.3 问题三：水处理减污-提质-降碳技术协同的新需求？



2.4 问题四：水处理减污-降碳-提质-健康技术发展新趋向？

新污染物管控法案演进

新污染物？

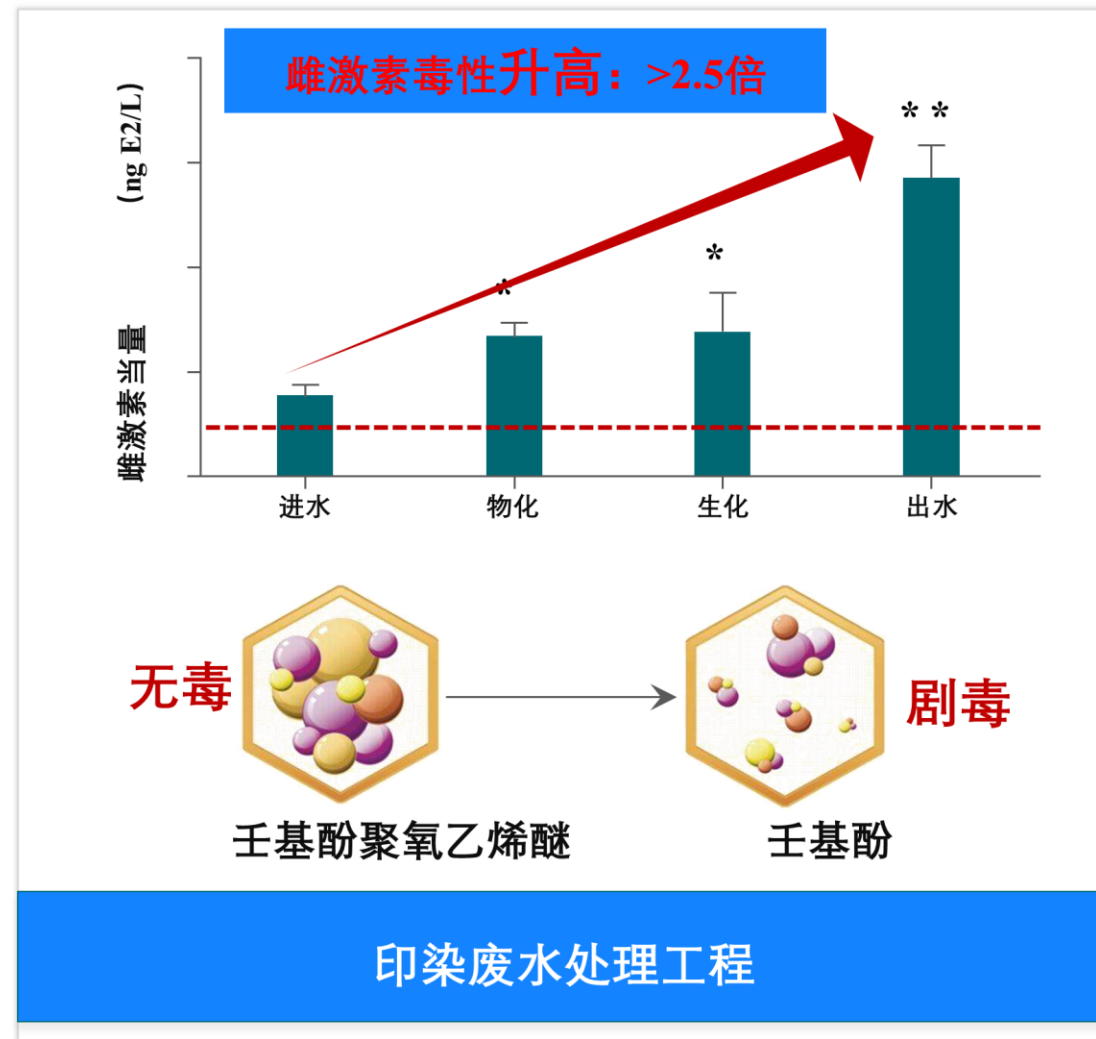
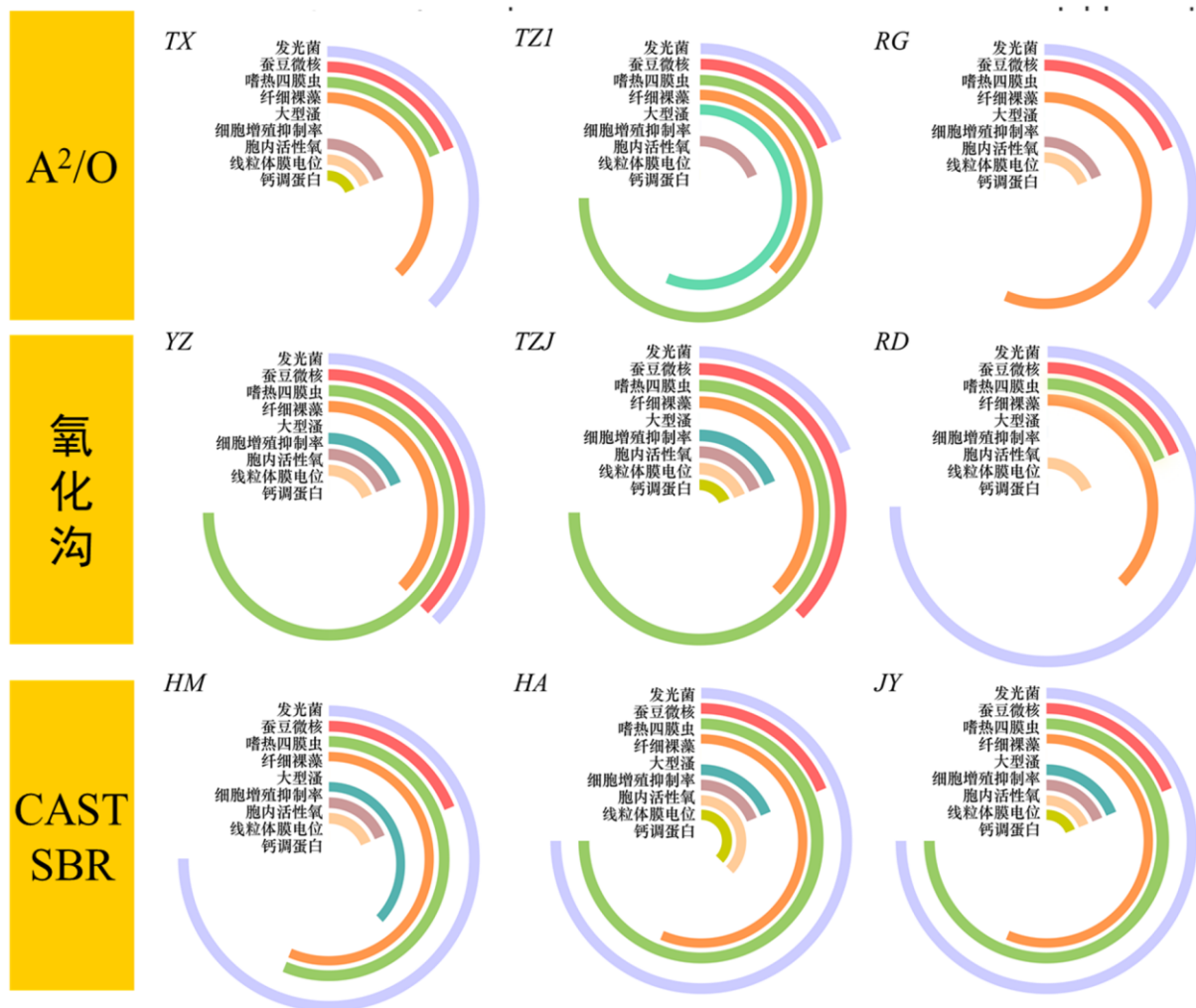


2.4 问题四：水处理减污-降碳-提质-健康技术发展新趋向？

实例：不同污水相同工艺出水水质相似

效应削控？

常规废水处理工艺难以有效控制毒性/风险的主因？



2.5 问题五：水处理减污降碳协同增效标准新体系？

指标提升？

工业三废
排放标准

行业排放标准

综合/行标并行

新行业标准

新标准体系(团标)

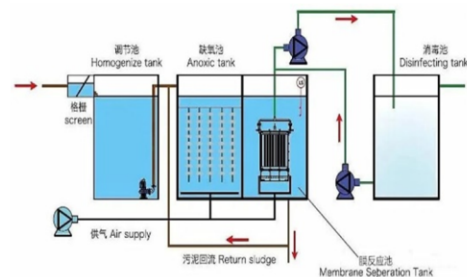


《污水综合排放标准》
(GB 8978-1988)

二级生物处理：
普通曝气活性污泥法

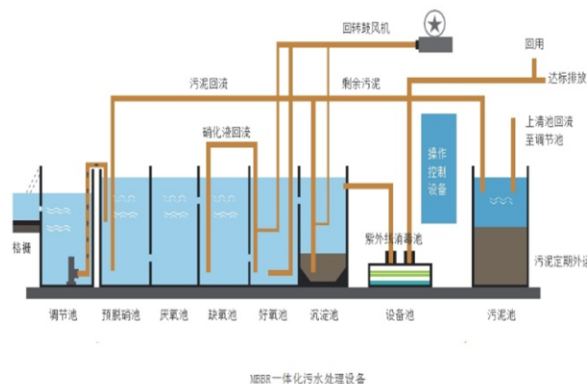
《城镇污水处理厂污染物
排放标准》(GB 18918-2002)

一级B标准：传统生物处理
A²/O工艺、氧化沟等



《城镇污水处理厂污染物排
放标准》(GB 18918-2002)

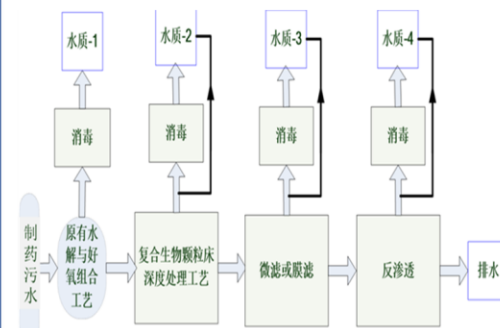
一级A标准：生物强化处理
MBR、脱氮生物滤池等



高排放要求的地方标准

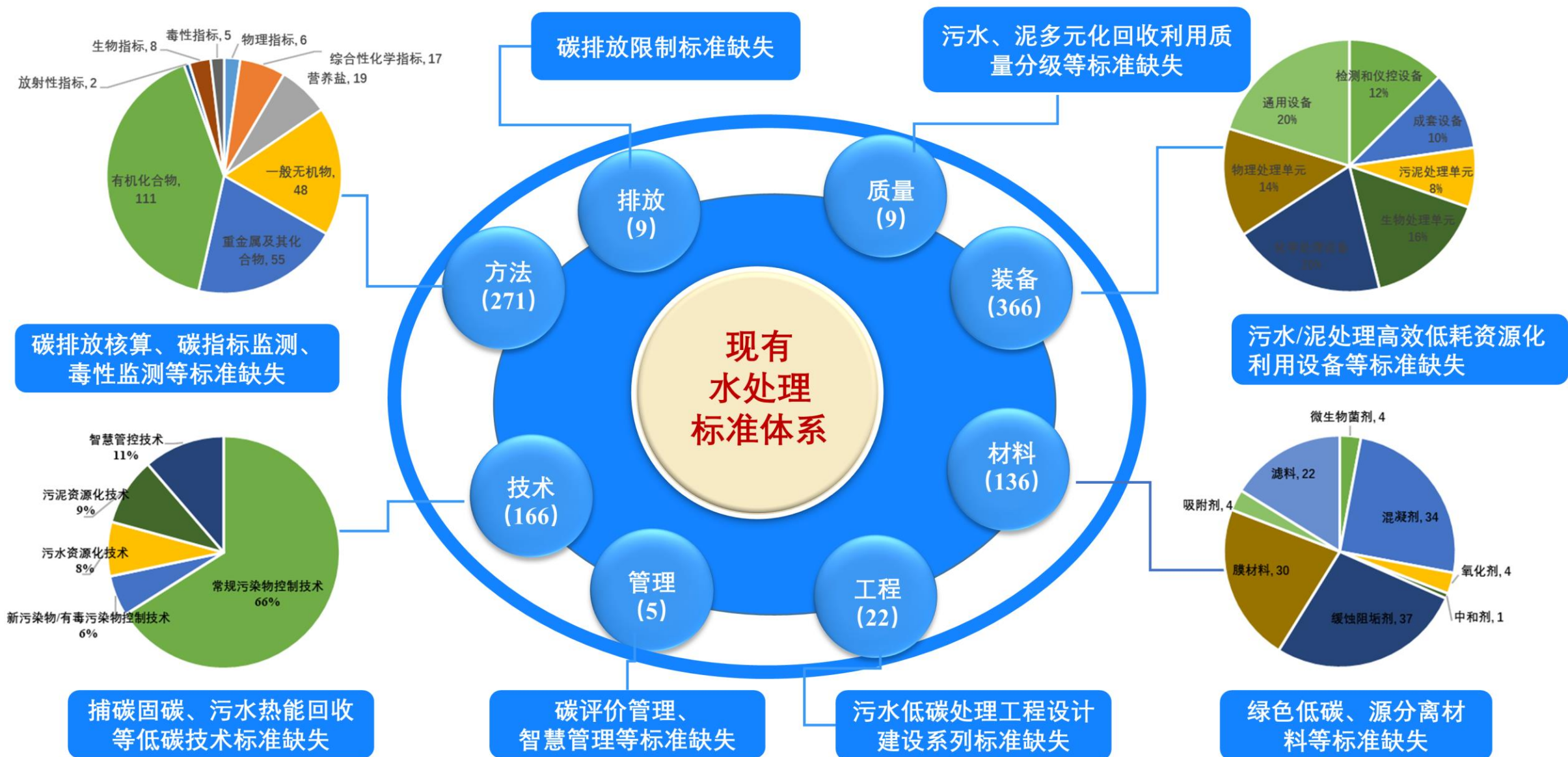
深度处理：

膜过滤与反渗透、高标
准除磷脱氮、化学高级
氧化等



2.5 问题五：水处理减污降碳协同增效标准新体系？

体系重构？



目 录

01

新需求

02

新问题

03

新趋向

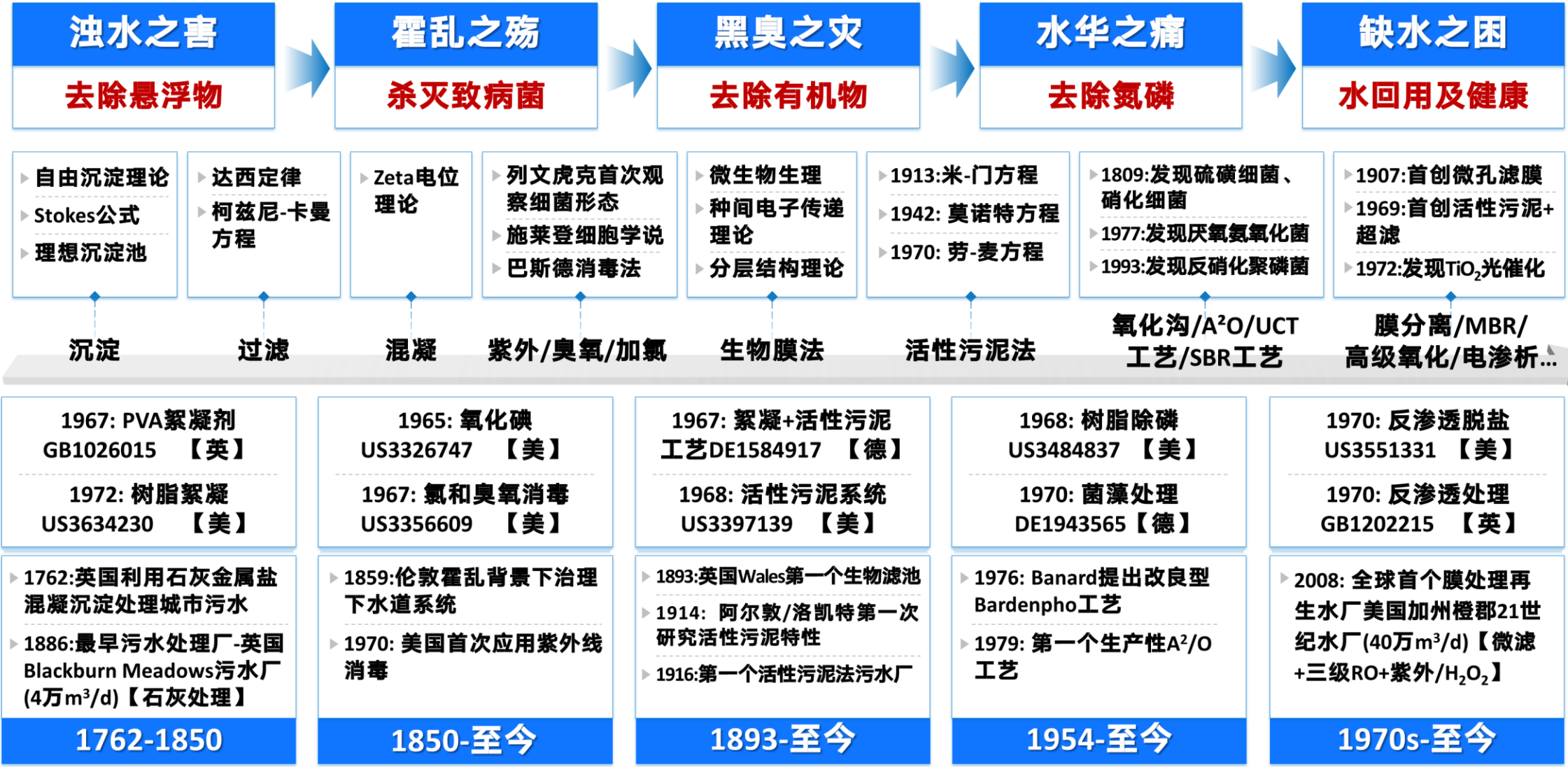
04

新挑战



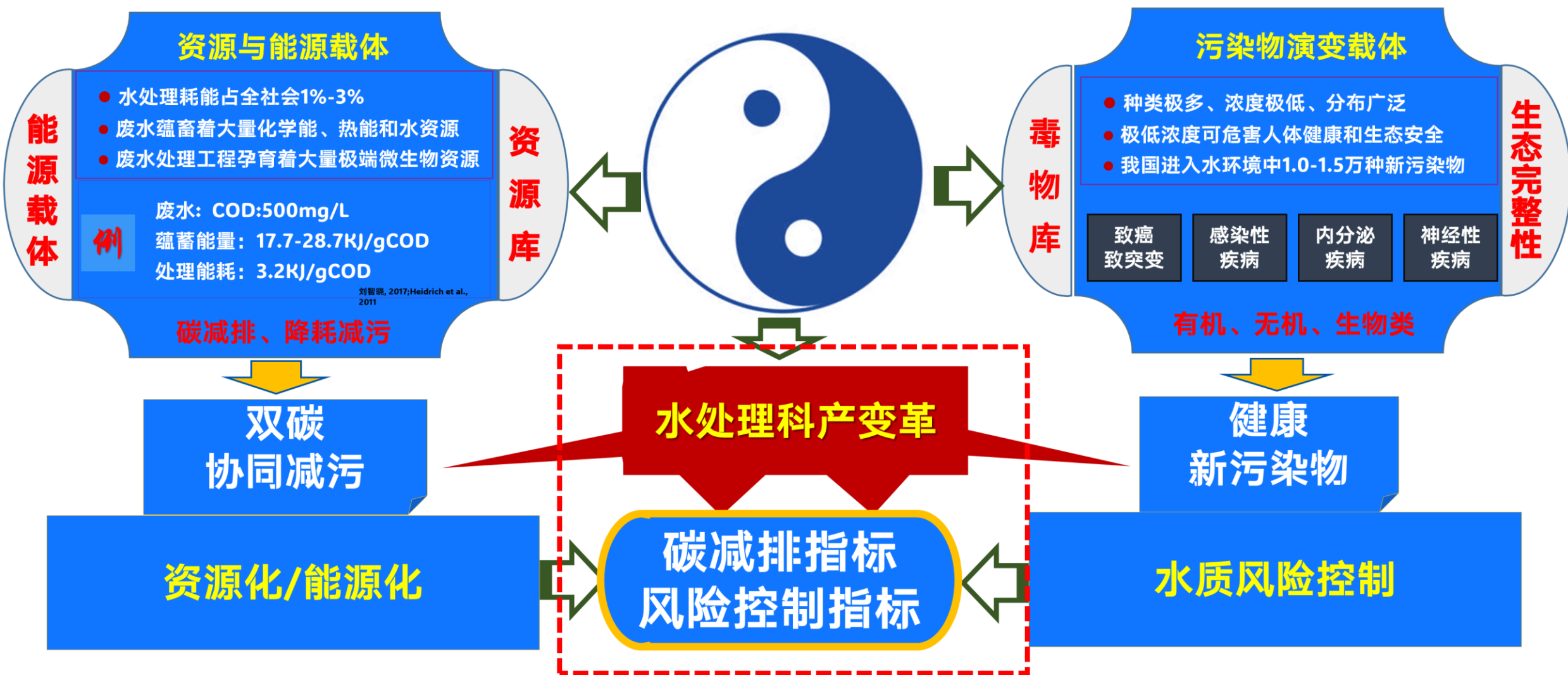
水处理科技与产业创新发展的历程

需求
↓
理论
↓
技术
↓
应用



3.1 水处理产业内涵边界拓展性变革

全要素：体现废水全要素的资源化与清洁产业拓展的解决方案



3.2 水处理工艺设计颠覆性变革

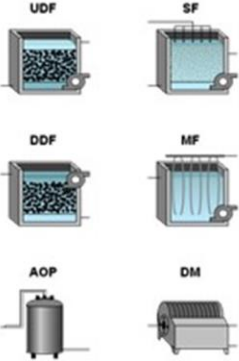
水质大数据资源：重构风险控制/碳减排等新指标的水处理新工艺

基于多层机器学习模型构建的SVM多分类算法实现污控工艺单元优选

生物类



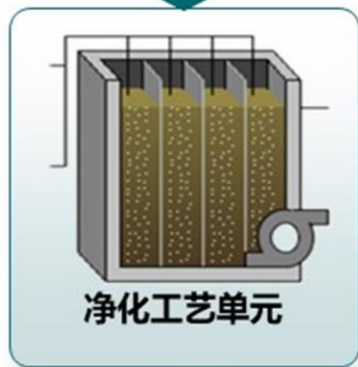
物化类



筛选

污染(指示指标)削减
泥/膜/材料等性能提升

目标
导向



结果

支撑

衍生水质数据库



三维荧光数据库



功能物质数据库



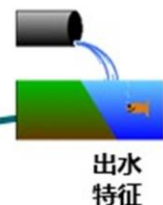
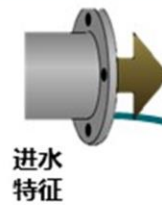
常规水质数据库



特征工艺数据库

优化污控工艺单元系列库

显性特征



进水特征

出水特征

优化净化工艺单元库

隐性特征

运行参数

特征性能

指标削减

优选等级

实现

基于进出水水质特征
匹配特征工艺单元重构

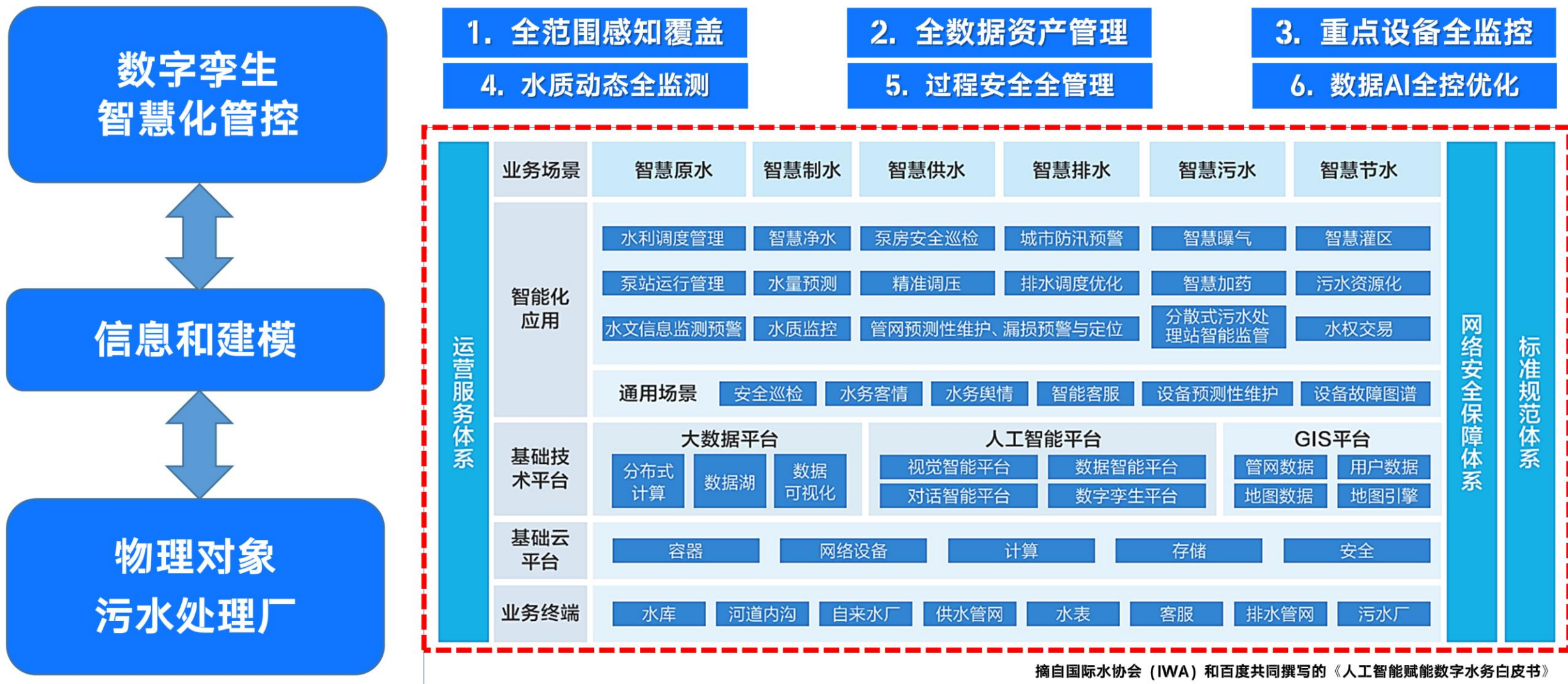
支撑



水质全息组数据库

3.3 水处理过程控制的智慧化变革

智慧赋能：基于云平台的智慧水务和数字孪生应用智慧化管控



3.4 水处理科技创新汇聚重点的聚合性变革

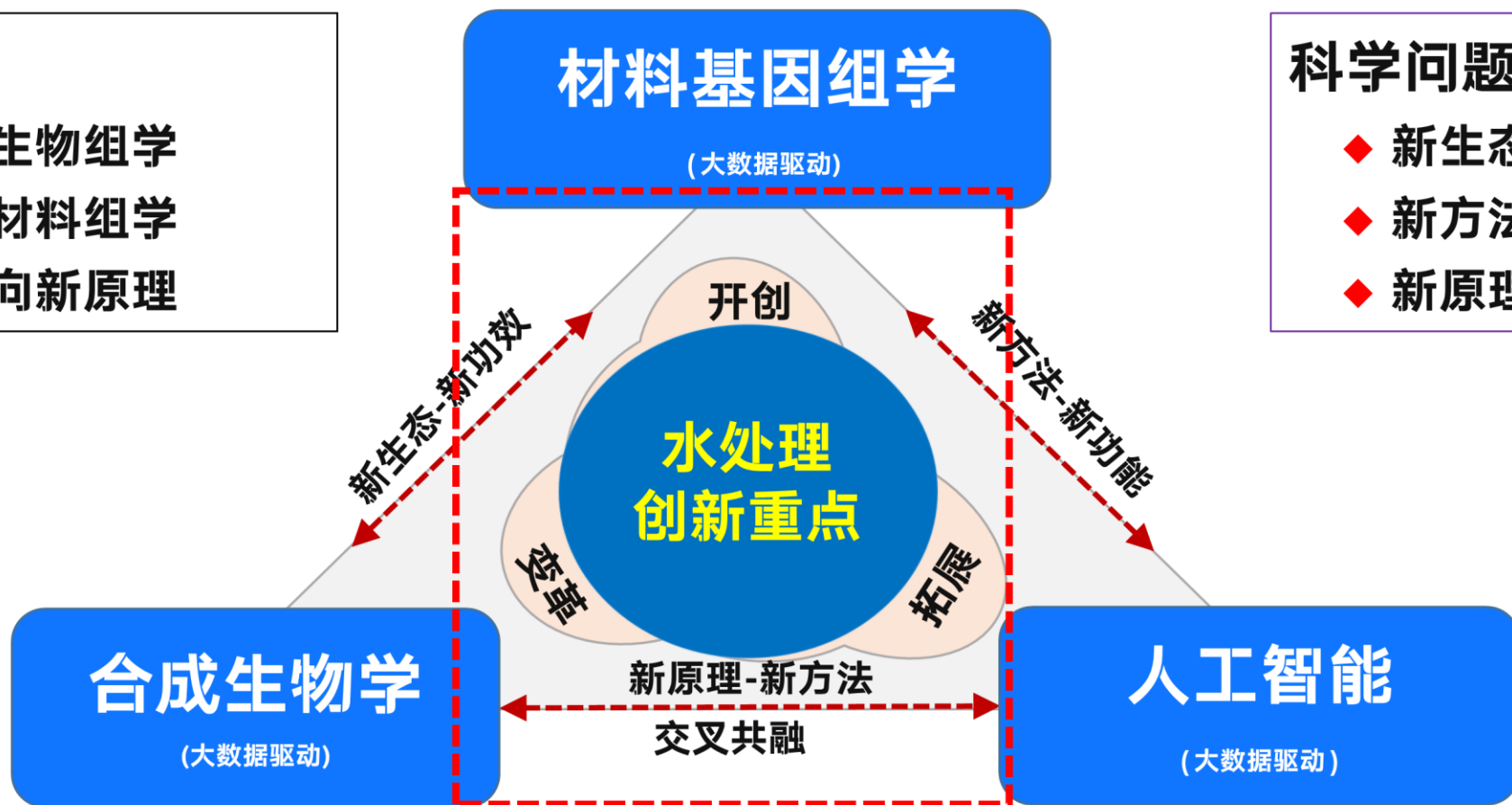
新产品开发：体现多学科成果汇集显效最明显的工程科学日益活跃

重点布局：

- 定向新生态生物组学
- 功能导向型材料组学
- 密集数据定向新原理

科学问题：

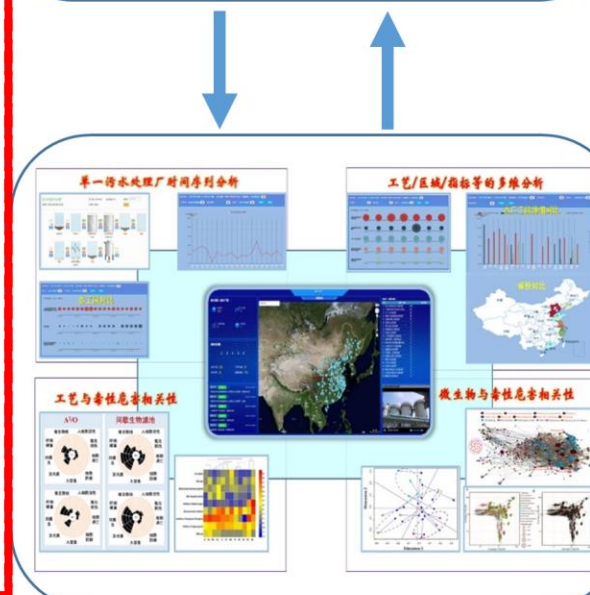
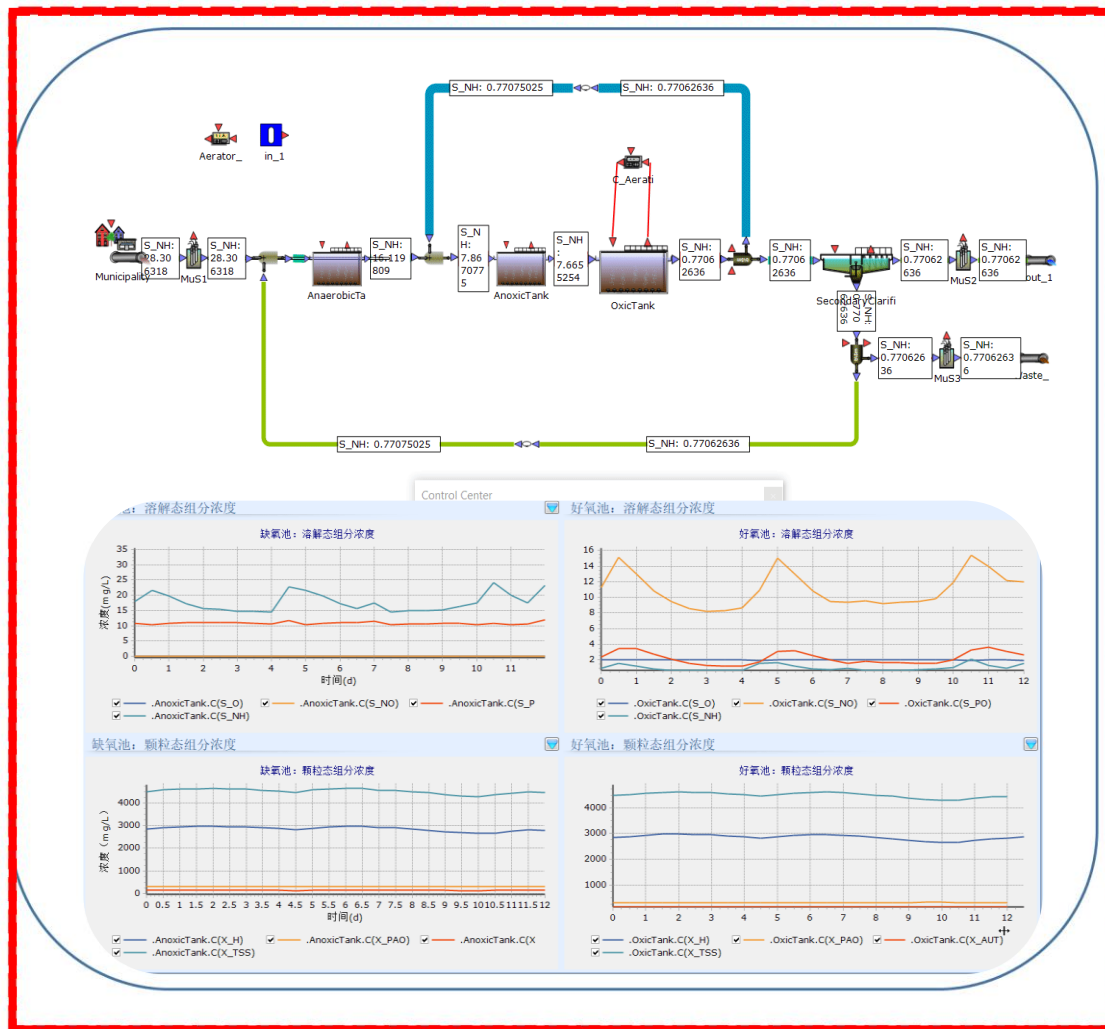
- ◆ 新生态-新功效
- ◆ 新方法-新功能
- ◆ 新原理-新方法



实现：自上而下的功能设计、结构重构、产业应用的研发模式

3.5 水处理产业创新发展资源的主体变革

水质全息组学：精心设计实验模拟研究数据到耦合机器学习的大数据资源



目 录

01

新需求

02

新问题

03

新趋向

04

新挑战



新质生产力：全面提升我国高质量发展的现代化

2023年9月7日 习近平总书记在新时代推动东北全面振兴座谈会上



习近平总书记指出，要整合科技创新资源，引领发展战略性新兴产业和未来产业，加快形成新质生产力。

新质生产力：是以**科技创新**为主的生产力，是摆脱了传统增长路径、符合**高质量发展**要求的生产力，是**数字时代**更具融合性、更体现新内涵的生产力。

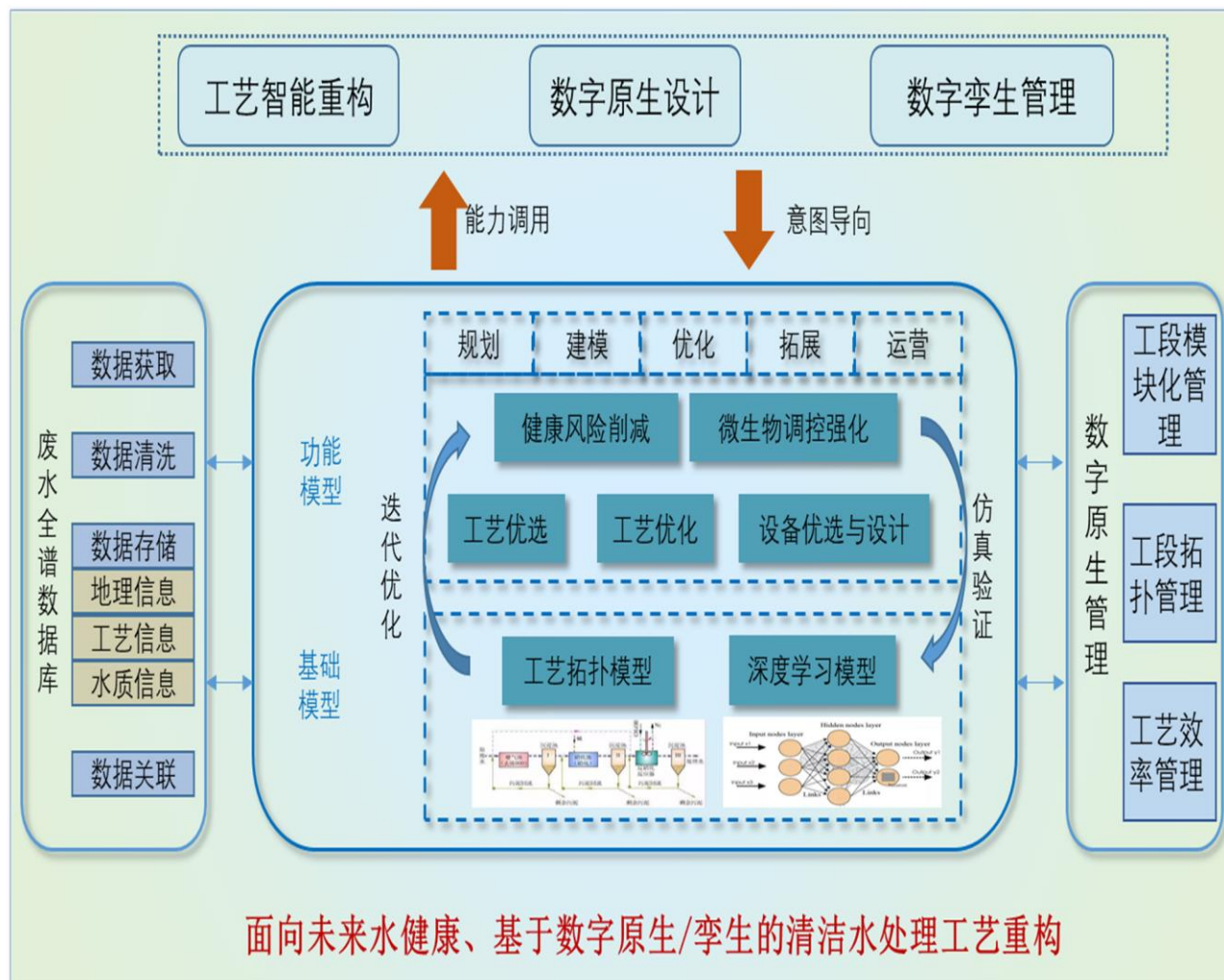
4.1 科技：新体制下创新活动顶天-立地两极性分化

科研

学科聚合

原创范式

数字资源



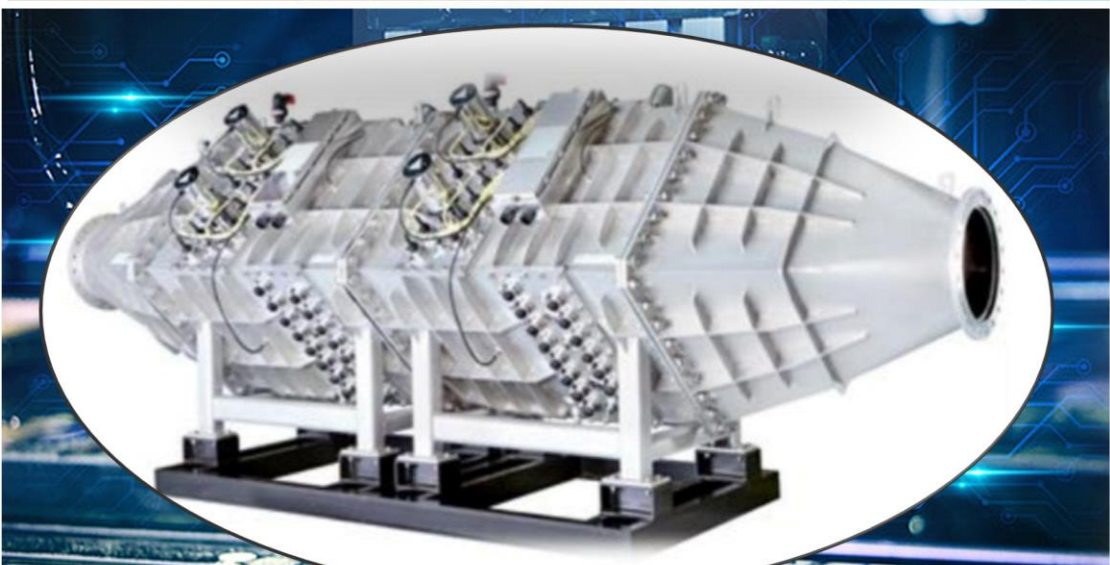
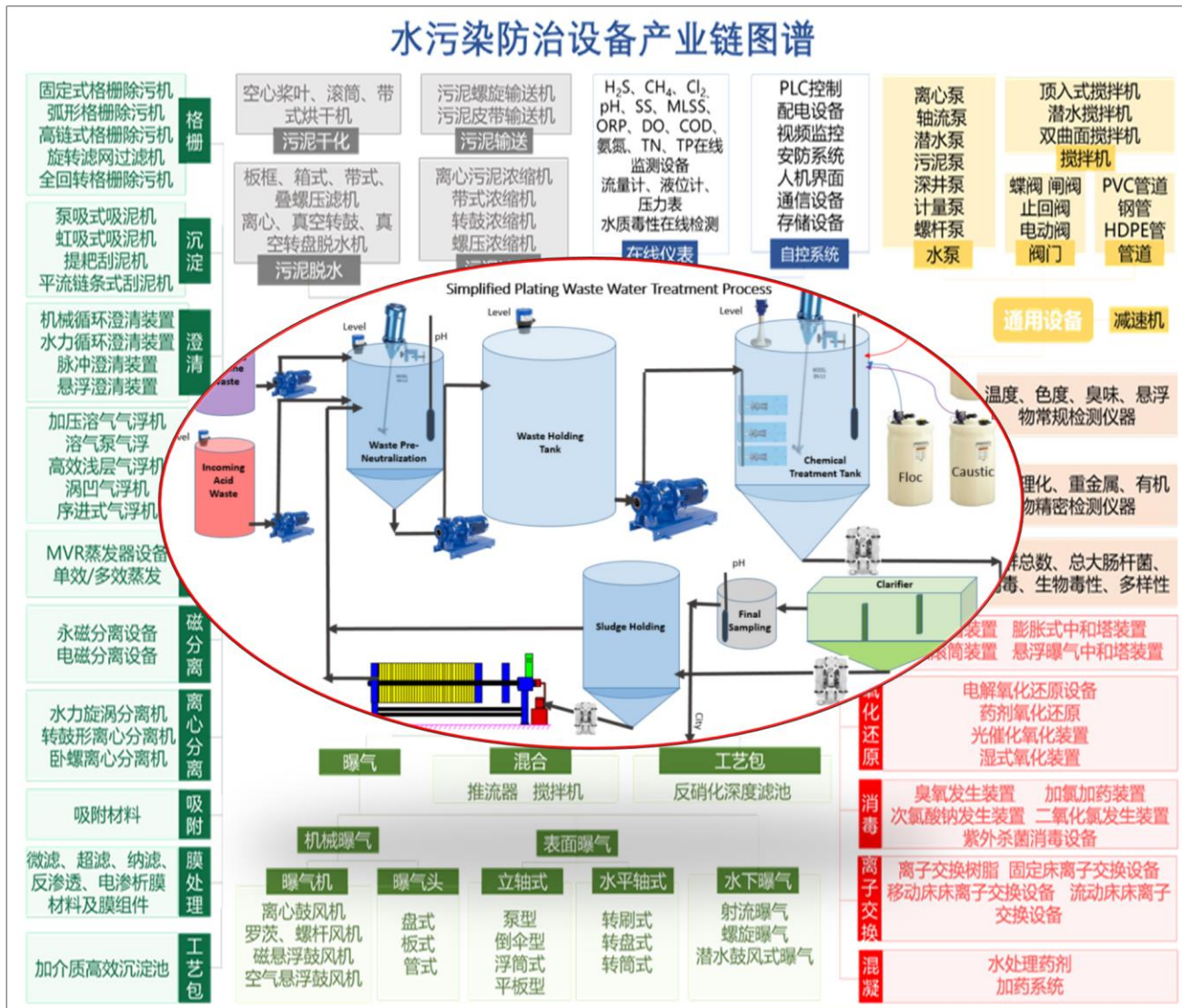
产业

健康导向

智慧导向

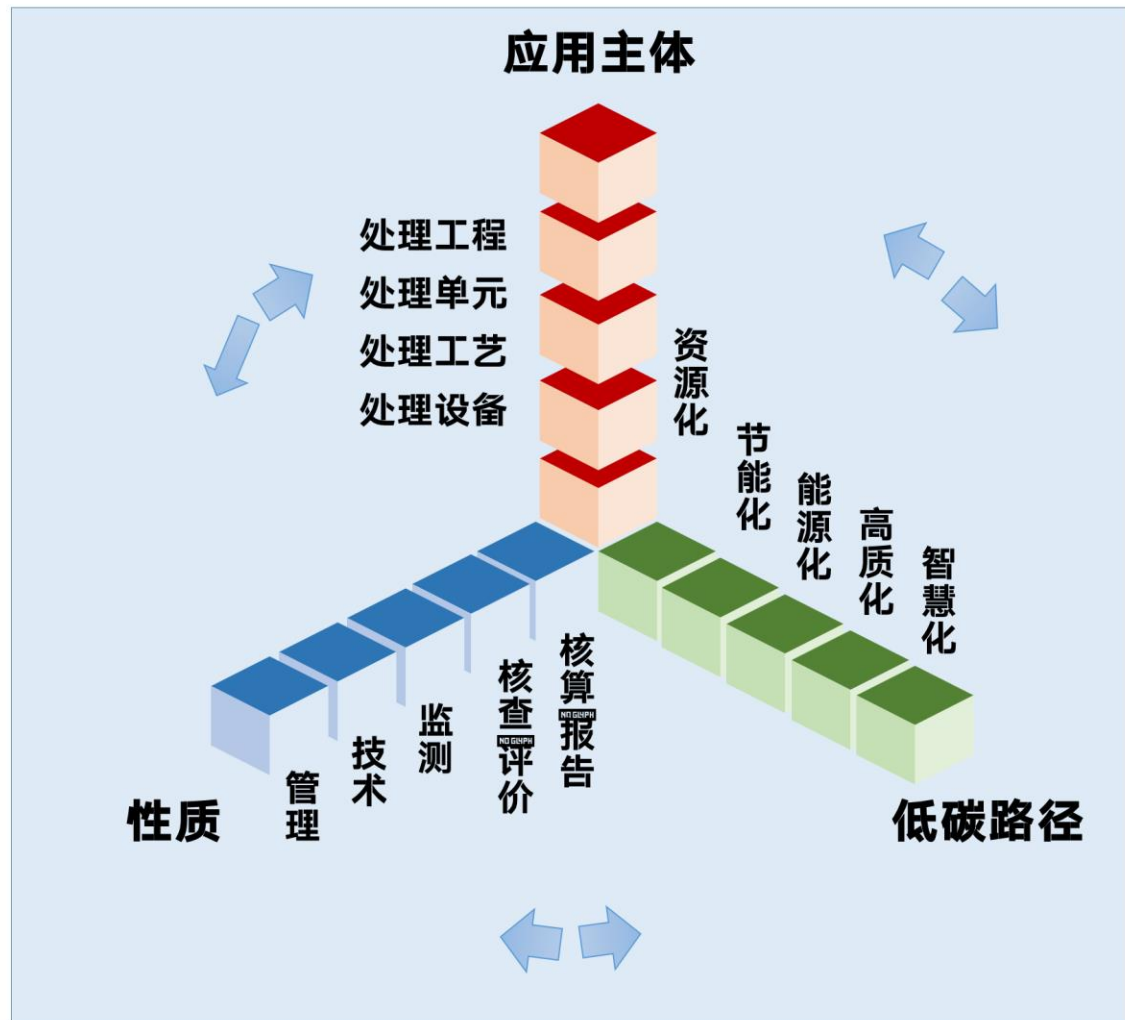
专精特新

4.2 装备：高度集成与“专精特新”产品的高端智造



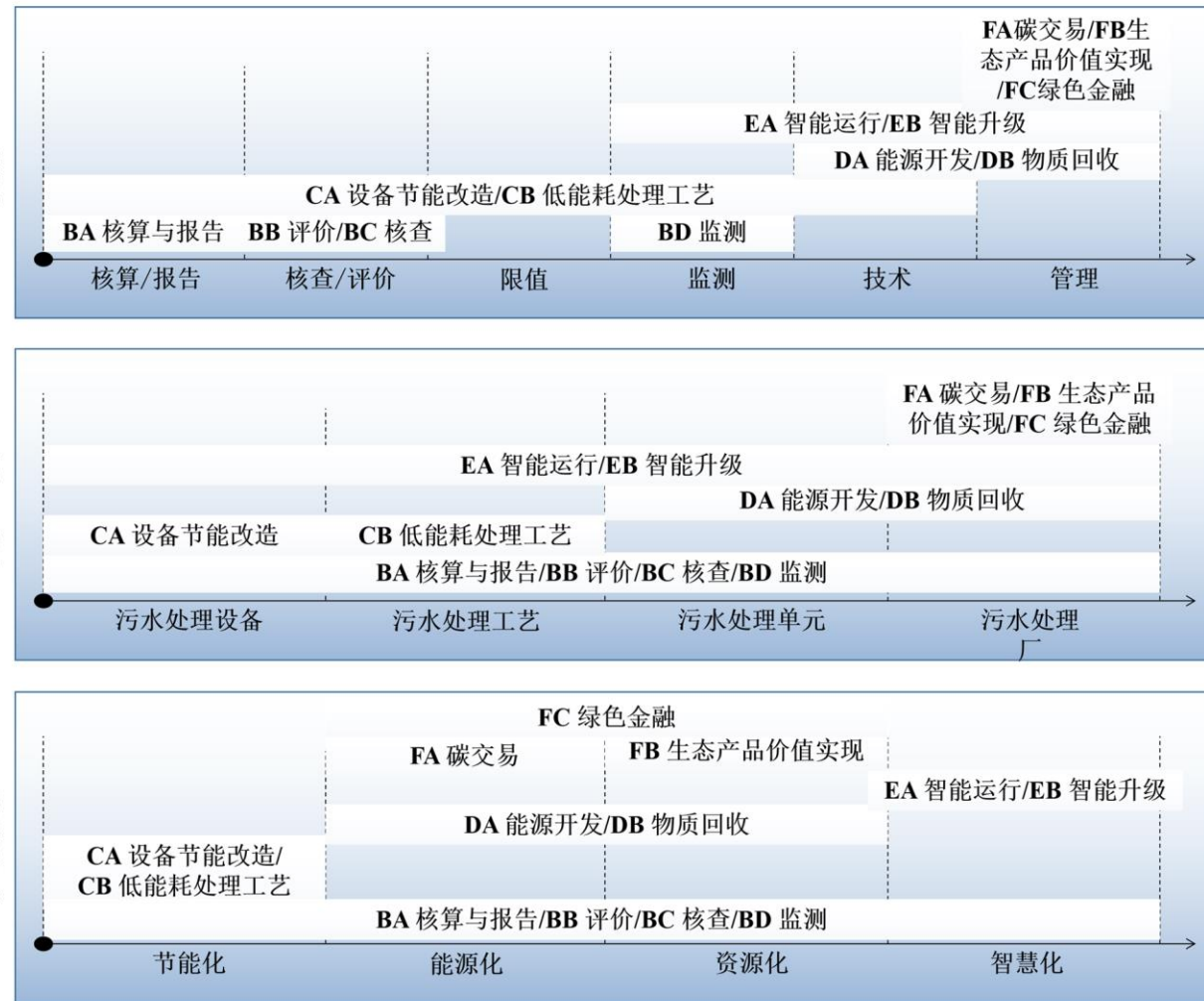
高度集成化的水处理高效装备智造产业

4.3 标准：适应产业高质量发展的标准体系的重构



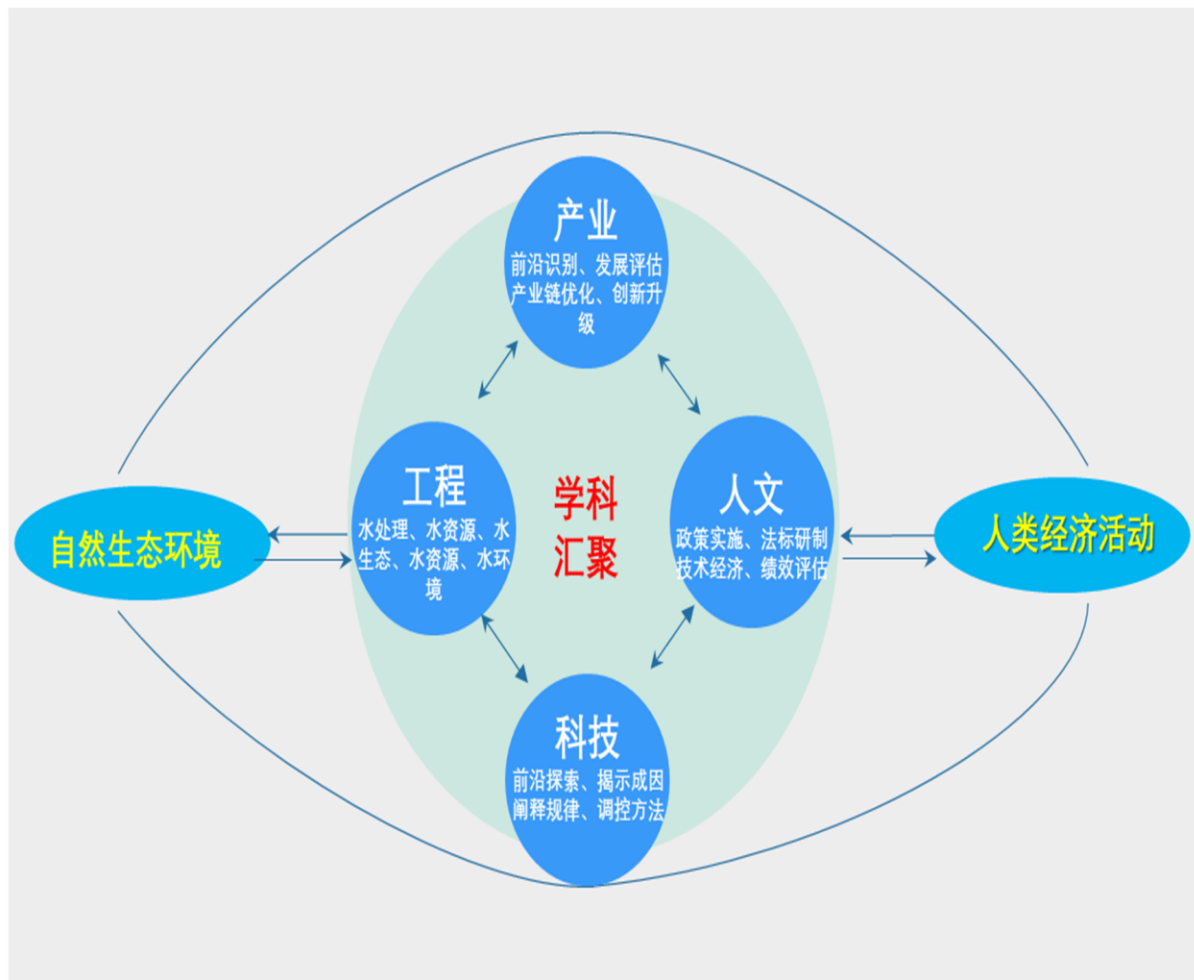
霍尔三维架构模型

降碳减污协同增效产业标准体系



架构映射图

4.4 人才：多学科聚合与人才培养的范式再造



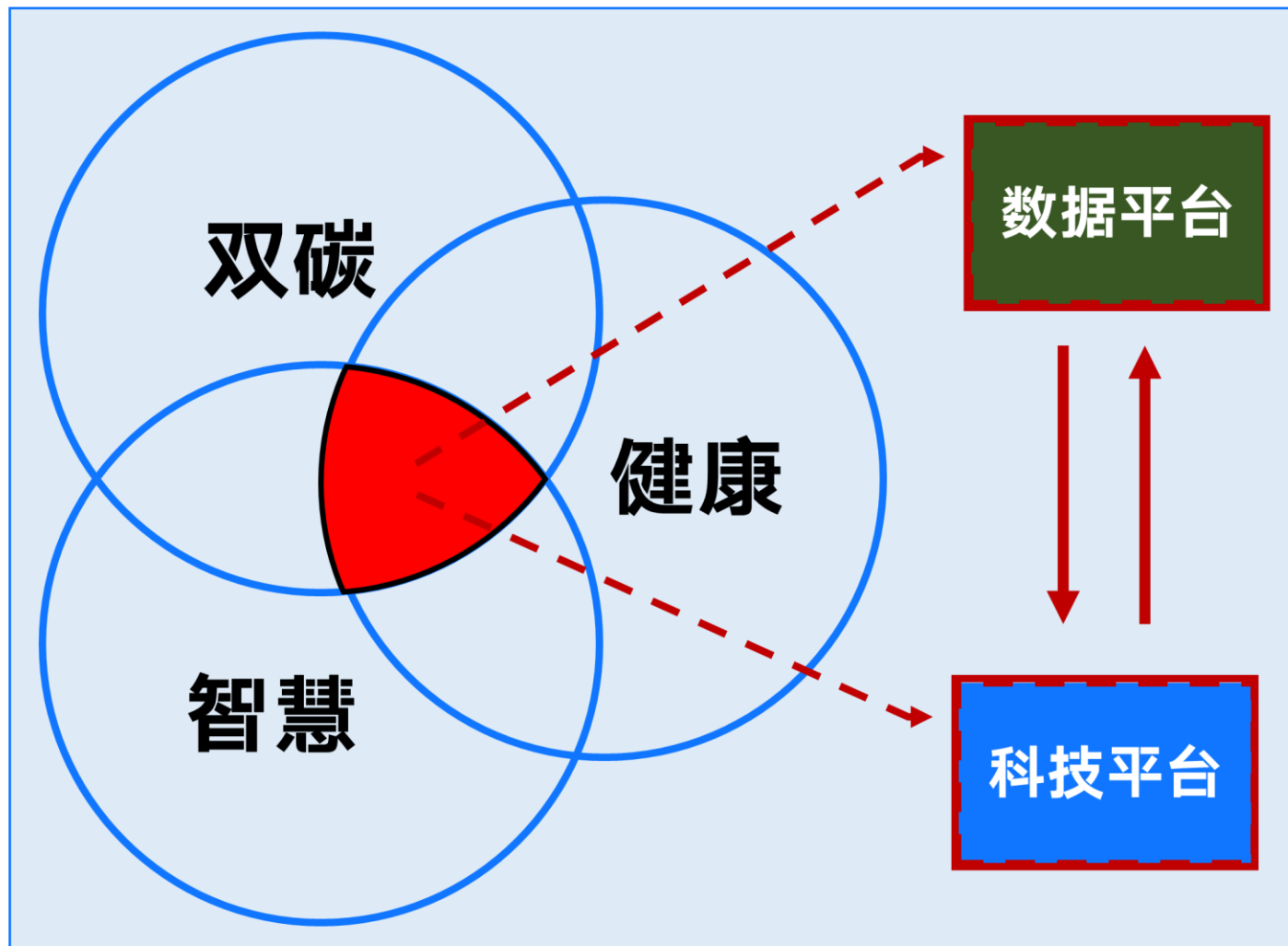
教育部印发《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》
(2022年4月24日)

中共中央办公厅 国务院办公厅印发《关于进一步加强青年科技人才培养和使用的若干措施》
(2023年8月28日)

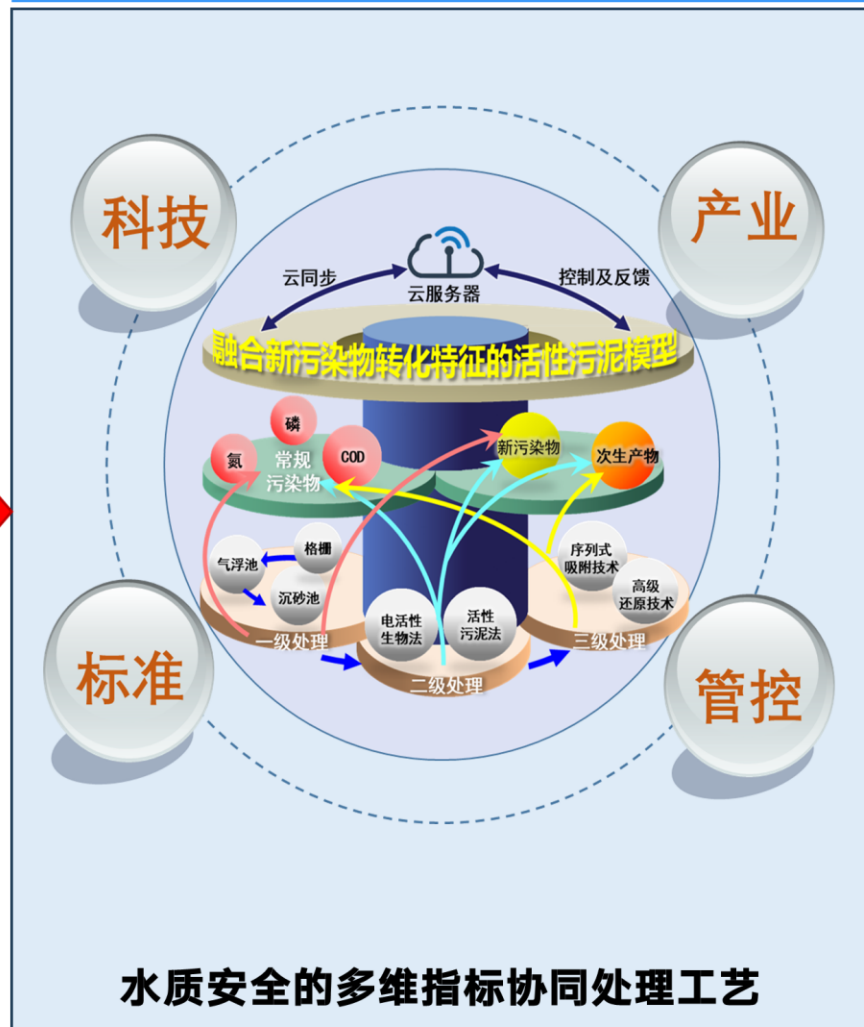
国家标准委 教育部 科技部 人力资源部等《标准化人才培养专项行动计划》(2023-2025)
2023年11月15日)

新需求：杰出创造型和卓越应用型产业人才行业主流

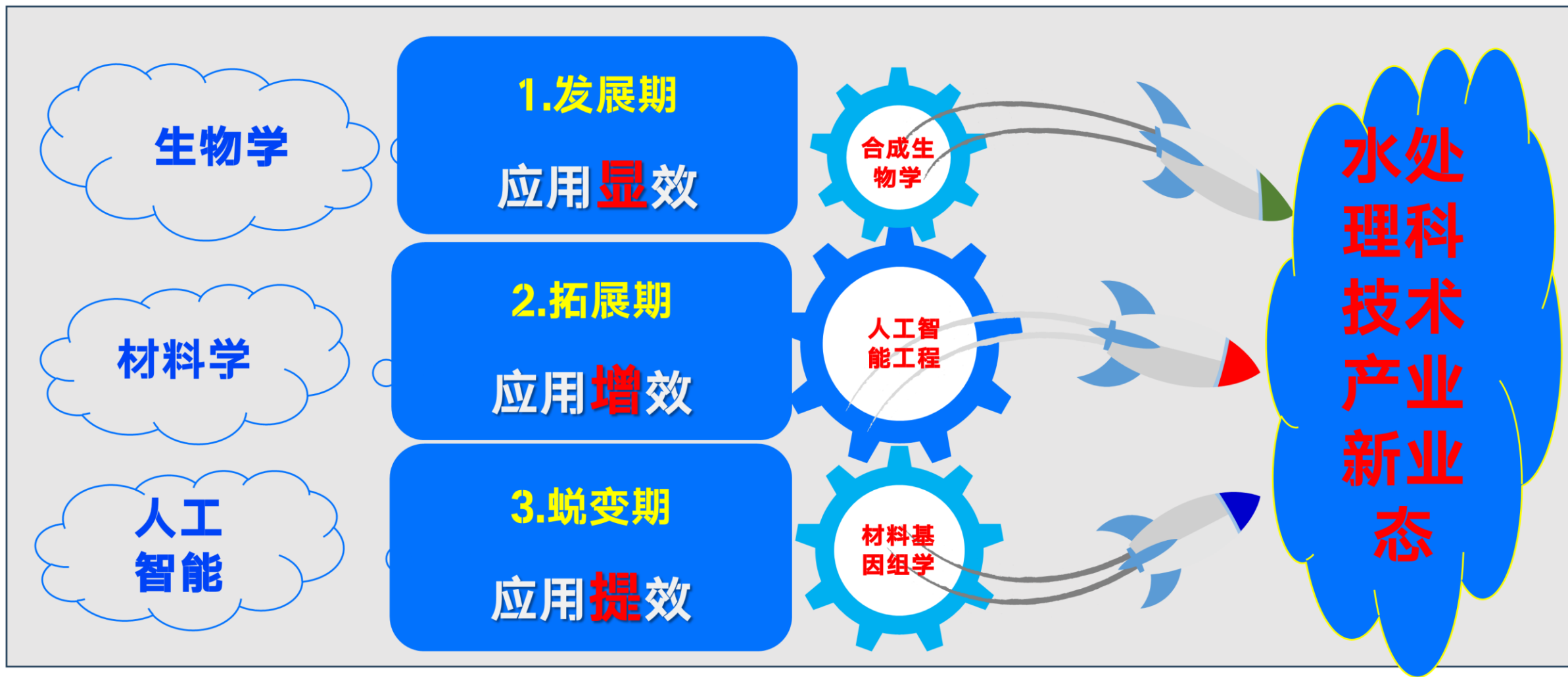
4.5 平台：肩负科技与产业核心技术创新的使命化重组



国家需求型和产业引领型创新平台



展望：双碳战略全面提速水处理科技与产业创新与变革



服务人和自然和谐共生、绿色高质量发展，支撑美丽中国、健康中国建设

◆ 谢 谢 ◆

