



北京化工大学
BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

颗粒污泥技术 在高浓度工业废水处理中的应用

低碳|低费用|数字化

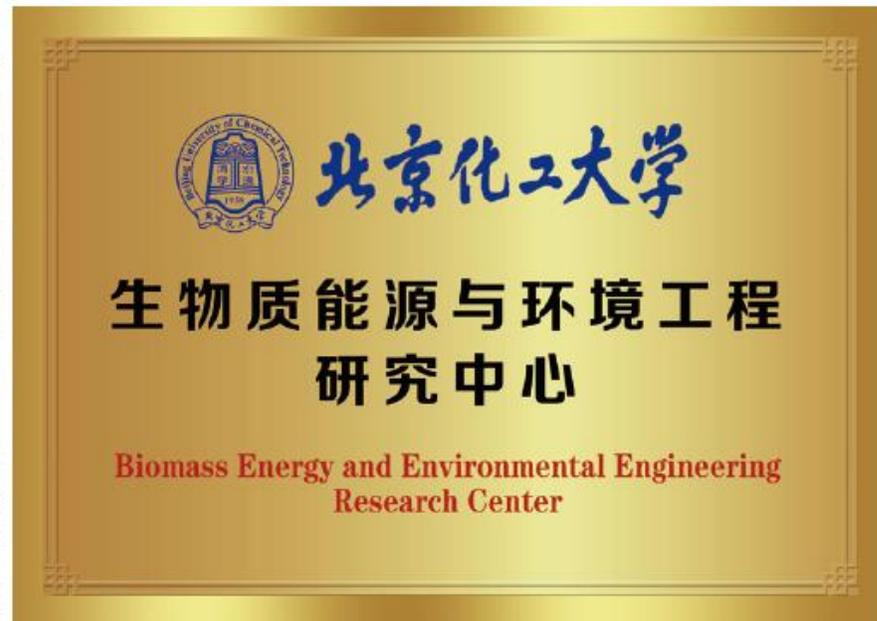
污水处理技术引领者

国拓大美 化育绿能

北京市朝阳区樱花街7号寰球大厦计资楼801

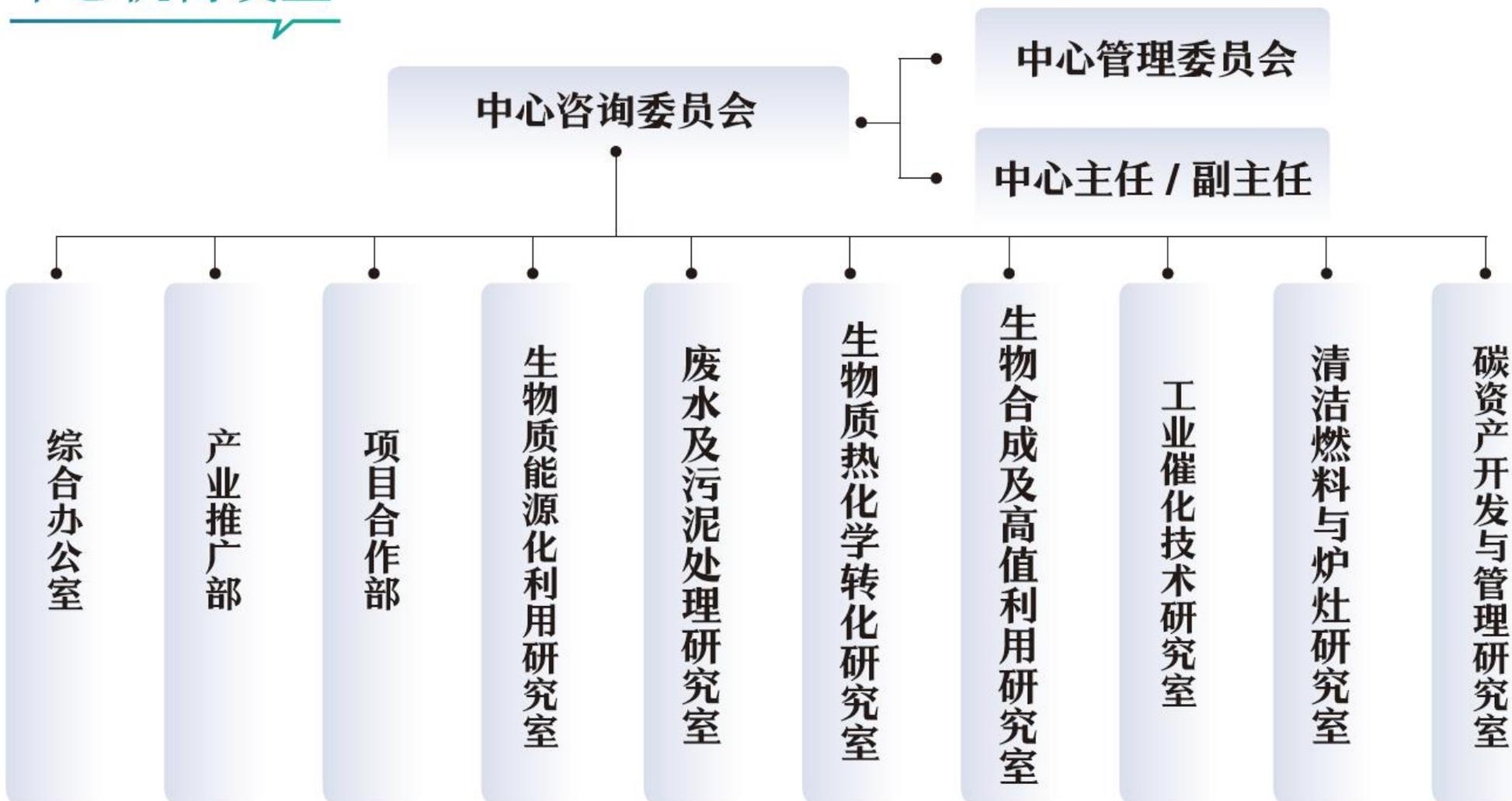


北京化工大学生物质能源与环境工程研究中心成立于 2009 年，是校级科研创新研究中心。团队坚持以国家对生物质能源的重大需求为牵引，以基础研究和原始创新为先导，以形成对国民经济可持续发展有重要影响的标志性成果为目标，致力于生物质能源转化与废弃物资源化综合利用的研究与产业化推广，符合国际和国内重点产业需求，为社会绿色低碳发展与国家双碳目标的实现贡献力量。中心现有全职教授 / 副教授 20 余名，海内外兼职教授 20 余名，博士后及在读博士、硕士研究生 100 余名，是学校环境科学与工程学科领域最重要的科技创新团队之一。





中心机构设置





国家级 / 省部级重点实验室 / 中心

- ◆ 化工资源有效利用国家重点实验室
- ◆ 工业与信息化部工业节能与绿色发展评价中心
- ◆ 环境有害化学物质分析北京市重点实验室
- ◆ 北京市环境污染控制与资源化工程研究中心
- ◆ 国家能源生物质炼制工程中心
- ◆ 环境能源催化北京市重点实验室
- ◆ 北京市水处理环保材料工程技术中心





污水处理技术专家团队与国内外合作

国际、国内合作

- 美国环境总署
- 美国加州大学伯克利分校
- 加州大学戴维斯分校
- 阿布洛维奇研究中心
- 美国伊利诺伊大学香槟分校
- 美国劳伦斯国家实验室
- 丹麦技术大学
- 代尔夫特理工大学
- 清华大学
- 北控水务集团
- 北京排水集团
- 中持水务.....



公司简介

国拓化能环境科技（北京）有限公司是经北京化工大学党委审批同意，由北京化工大学校办产业携手国拓能源有限公司合资成立的科技型公司。

是北京化工大学出资设立唯一环保公司。

公司紧密围绕工业、市政废水的核心关键科学问题，以绿色低碳、数字化技术为导向，实现技术产品化、装备化和服务标准化，致力于解决当前废水处理及资源化循环利用的工程实际问题，推动中国水处理领域的技术革新与产业升级。

北京化工大学是教育部直属的全国重点大学、国家“211工程”和“‘985’优势学科创新平台”重点建设院校，国家“双一流学科”建设高校。学校的环境科学与工程专业具有一级学科硕士学位及博士学位授予权，拥有环境科学与工程博士后流动站。

2008年入选北京市特色专业，2011年入选教育部“卓越工程师计划”，2014年入选国家级综合试点改革专业，2018年获得环境工程专业工程教育认证。





国拓化能
GUO TUO HUA NENG

业务领域与服务模式

业务领域

- 高浓度工业废水处理及循环利用
- 污水处理生化段“数字化-低费用”好氧颗粒污泥工艺
- 污水深度处理催化氧化工艺

服务模式

- 技术服务
- 专用设备及产品提供
- 委托运营

国拓大美 化育绿能



行业先驱，成熟稳定

2倍催化效率提升

高浓度有机工业废水处理解决方案

高浓度前段：新型厌氧工艺
CUASB单元

深度处理/回用单元：臭氧催化高级
氧化

中低浓度好氧段数字化低碳：好氧
颗粒污泥AMOGS单元

OUT:1000
COD:5000-30000

OUT:10-30
COD:100-30

COD:1000-300

OUT:30

土地节省60%，节能省费50%

核心技术

CUASB(新型UASB技术) COD: 6000-20000最佳

技术介绍

针对高浓度有机难降解废水开发的CUASB技术，是传统UASB和EGSB的升级版；其先进性主要体现在循环方式的优化，更高效的泥水分离系统，均匀防堵的新型布水、布泥系统

应用范围

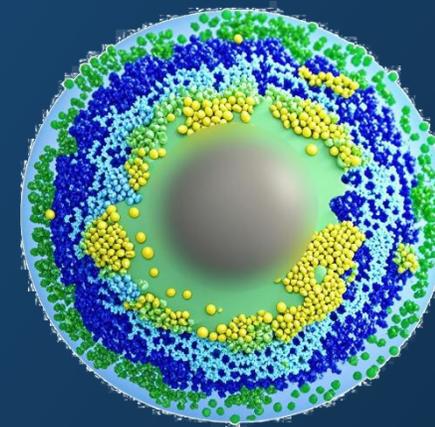
印染、染料、颜料、生物制药、聚氨酯、煤化工、养殖、石油化工等高浓度难降解废水的生物厌氧处理，适用于新建项目和原有系统升级改造。

技术优势

沼气资源化，有毒有害物质缓冲抵抗能力强；
运行费用低，反应区和沉降区有效分离；
污泥浓度高，颗粒和絮体污泥共存；
污泥龄长，污泥产量低，有机污泥零排放；
系统运行稳定，无堵塞布水和污泥回流系统。



国拓化能
GUO TUO HUA NENG





三相分离系统升级



分离效率提升

采用新型模块化设计，使气、液、固分离效率提升**40%**，有效提高了沼气收集率和污泥回流效果。

分离器内部结构优化，减少了气泡的破碎和重组，提高了分离精度，确保了系统的稳定运行。



模块化设计优势

可选配传统分离器或新型模块化设计，满足不同用户的需求，提高了技术的适用性和灵活性。

模块化设计便于安装、维护和更换，降低了设备的维护成本和时间，提高了系统的可靠性和经济性。



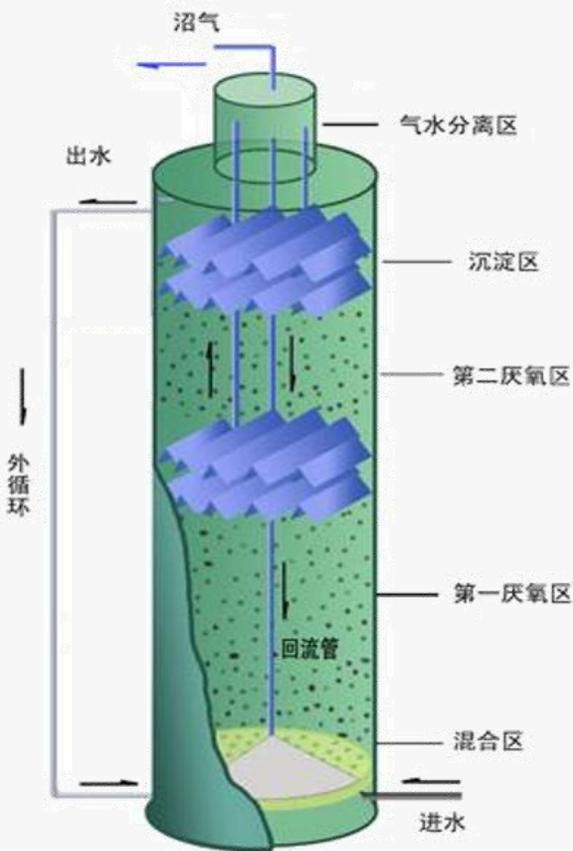
系统稳定性增强

强化三相分离系统在高负荷运行时，仍能保持良好的分离效果，避免了污泥流失和沼气泄漏，确保了系统的长期稳定运行。

分离器的优化设计提高了系统的抗冲击能力，能够适应废水水质和水量的波动，增强了系统的适应性和稳定性。



布水系统创新



01

旋流布水设计

360°旋流布水设计使废水在反应器内形成均匀的旋流，提高了废水与污泥的混合效果，增强了传质效率。旋流布水减少了死角区域，避免了污泥堆积和布水不均，提高了反应器的运行效率和稳定性。

02

工业领域适用耐磨材料

采用耐磨材料，延长了布水系统的使用寿命，降低了维护成本。涂层材料具有良好的耐腐蚀性和耐磨性，适应高浓度废水的恶劣环境，确保了布水系统的长期稳定运行。

03

流量控制精度

流量偏差率小于5%，通过精确的流量控制，确保了布水的均匀性和稳定性，提高了废水处理效果。精确的流量控制能够根据废水水质和水量的变化进行自动调节，实现了智能化运行，提高了系统的自动化水平和运行效率。

功能扩展



强化水解酸化

强化水解酸化作用，将大分子有机物分解为小分子有机物，提高了废水的可生化性，降低了后续处理难度。
水解酸化过程中产生的酸性物质能够调节废水的 pH 值，减少了酸碱中和药剂的使用量，降低了运行成本。



适应复杂水质

该技术能够适应高浓度化工废水、制药废水、印染废水等多种复杂水质，具有广泛的适用性。通过优化工艺参数和培养生成的微生物菌种，能够提高系统对不同水质的适应能力和处理效果。



系统集成性

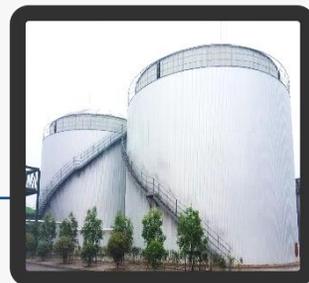
*CUASB*技术可与其他废水处理工艺集成，如好氧处理、深度处理等，形成完整的废水处理系统，提高整体处理效果。
系统集成能够实现资源的优化配置，提高系统的运行效率和经济性，满足企业的多样化需求。



关键参数



建造规格



运行参数



效益指标

直径：6-22米（模块化扩展），高度：16米（行业最高径深比），满足不同规模废水处理需求。

大型化设计和模块化扩展提高了系统的处理能力和经济性，减少了设备的占地面积，降低了建设成本。

温度：35-38°C，pH值：6.5-7.5，水力停留时间：10-20天，确保系统稳定运行，达到最佳处理效果。

优化运行参数能够提高系统的处理效率和稳定性，降低运行风险，提高系统的可靠性和经济性。

COD去除率≥85%（高浓度工况），沼气纯度>75%，沼气发电收益提升25%，运维成本降低40%。

高COD去除率和高沼气纯度提高了系统的处理效果和能源回收效率，降低了运行成本，提高了企业的经济效益和环境效益。

工程案例

厌氧技术深耕者，业绩丰富
建设、改造了诸多UASB、EGSB的项目



染料废水 (江苏)



丙烯酸废水
甲醛2000mg/L,烟台



生物制药废水 (宁夏)



聚氨酯废水
(山东)



味精废水
(山东)

核心技术及案例

AMOGS(好氧颗粒污泥技术)

技术介绍

通过微生物菌群的筛选，实现优势菌群的自聚集，形成了集好氧、缺氧、厌氧与一体的新型颗粒污泥，协同实现碳、氮、磷的高效去除。

应用范围

改造或新建市政污水处理；工业污水代替原来A²/O系统；中小规模点源废水(装备化)。

技术优势

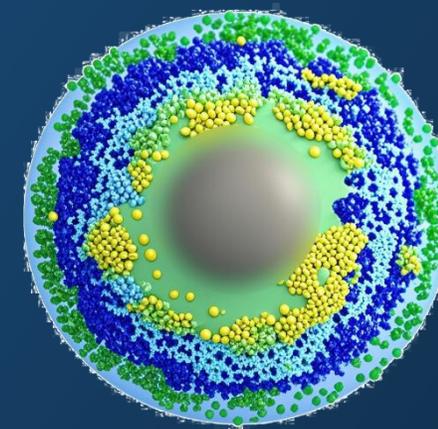
能耗低，较传统好氧工艺节能至少35%

占地面积小，无需二沉池，较传统好氧工艺节约50%

碳、氮、磷协同去除，不用加药除磷，药剂费用节省50%以上；

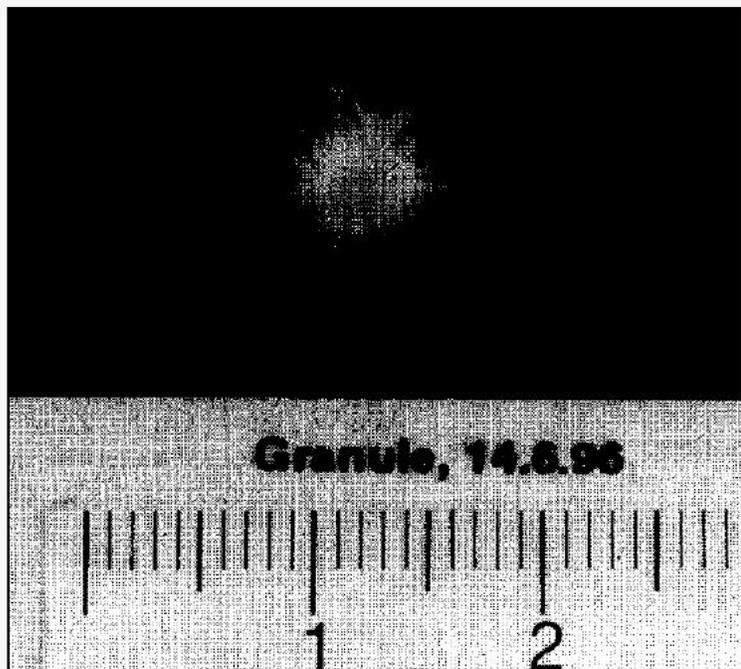
污泥含水率低，可实现资源化；

污泥产量低，污泥浓度高，沉降性能好。



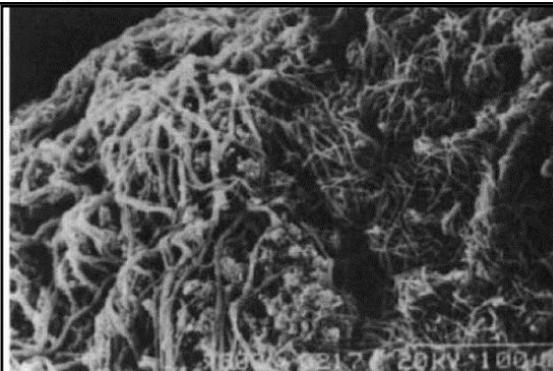
好氧颗粒污泥发展历史

第一篇报道 1991年，
UASB，距今已经34年



Morgenroth, 1997
霉菌组成

Self-Immobilization of Aerobic Activated Sludge--A Pilot Study of the Aerobic Upflow Sludge Blanket Process in Municipal Sewage Treatment
[Mishima, K](#) | [Nakamura, M](#)
Water Science and Technology WSTED4, Vol. 23, No. 4/6, p 981-990 , 1991. 4 fig, 3 tab, 4 ref.



Soft and weak
丝状微生物



Beun, 1999
丝状真菌球为
骨架

1991-1999：发现阶段，好氧颗粒
污泥开始引起研究者的注意

发展历史-好氧颗粒污泥技术里程碑意义



DOI: 10.13227/j.hjkk.1999.02.009
1999年 3月

ENVIRONMENTAL SCIENCE

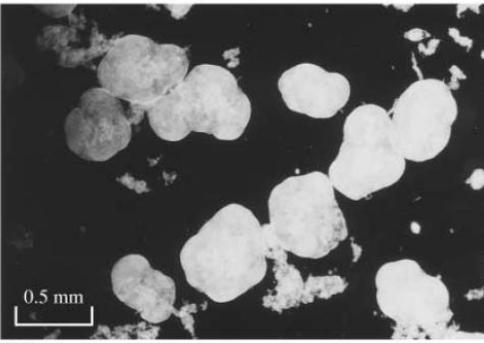
Mar., 1999

好氧颗粒活性污泥的培养及理化特性研究*

竺建荣 刘纯新

(清华大学环境科学与工程系,北京 100084)

PENG DANGCONG², NICOLAS BERNET^{1*}, JEAN-PHIL
RENE MOLETTA¹



从1999年开始，在SBR中开始发现以球菌和杆菌为主要微生物相好氧颗粒污泥。



PERGAMON

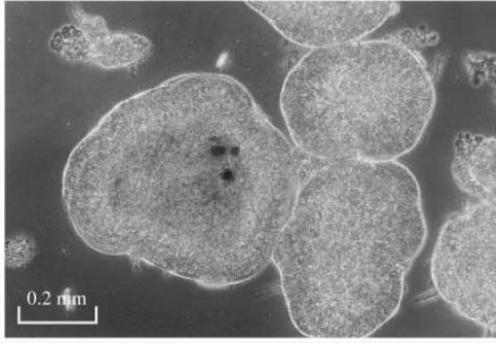
Wat. Res. Vol. 33, No. 10, pp. 2283–2290, 1999
© 1999 Elsevier Science Ltd. All rights reserved
Printed in Great Britain
0043-1354/99/\$ - see front matter

PII: S0043-1354(98)00463-1

AEROBIC GRANULATION IN A SEQUENCING BATCH REACTOR

J. J. BEUN^{1*}, A. HENDRIKS¹, M. C. M. VAN LOOSDRECHT¹Ⓜ,
E. MORGENROTH²Ⓜ, P. A. WILDERER²Ⓜ and J. J. HEIJNEN¹Ⓜ

¹Department of Biochemical Engineering, Kluwer Laboratory for Biotechnology, Delft University of Technology, Julianalaan 67, 2628 BC Delft, The Netherlands and ²Institute of Water Quality Control and Waste Management, Technical University Munich, 85748 Garching, Germany



2004年，国际水学会(IWA)在德国召开了第一届好氧颗粒活性污泥的国际学术研讨会影响力团队：荷兰，德国，新加坡以及中国

好氧颗粒污泥技术的产业化-北化 产业化进程与国际同步



国拓化能
GUO TUO HUA NENG



Mark 教授



Lettinga 教授



2007 ▲

2003 ▼

2005 ▼

2009 ▲

2009 ▼▲

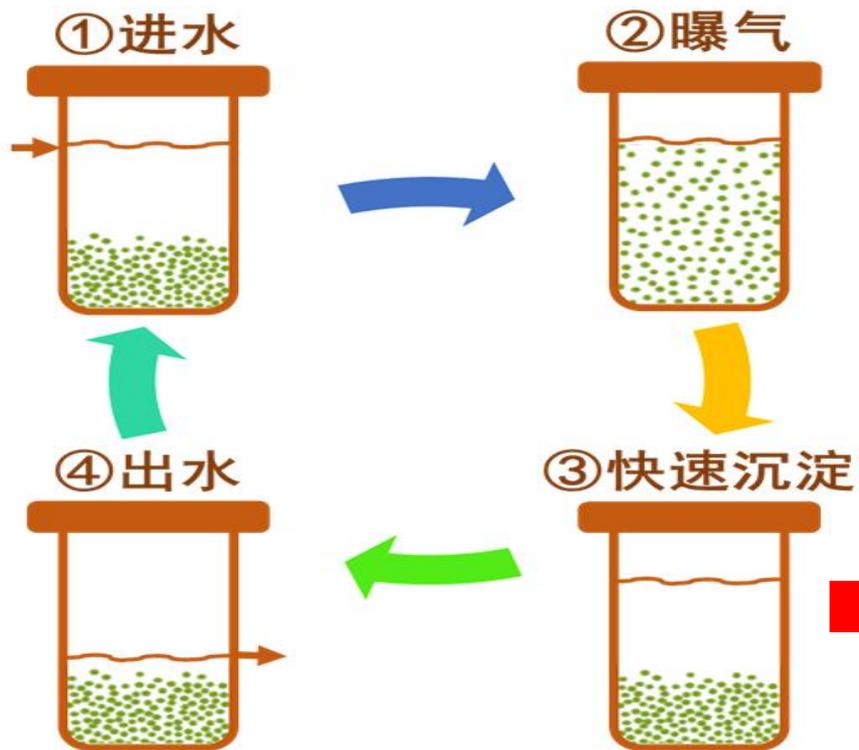
2010 ▼



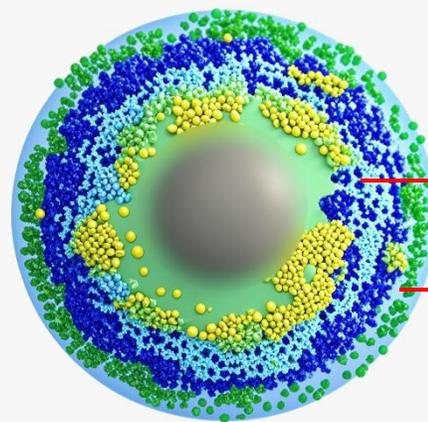
好氧颗粒污泥工艺



国拓化能
GUO TUO HUA NENG



- 无需澄清池
- 无需移动式滗水器
- 无需搅拌机
- 大量去除COD, N, P
- 耐高盐、耐低温
- 操作简单



缺氧/厌氧区:

- 硝酸盐还原成氮气
- 除磷

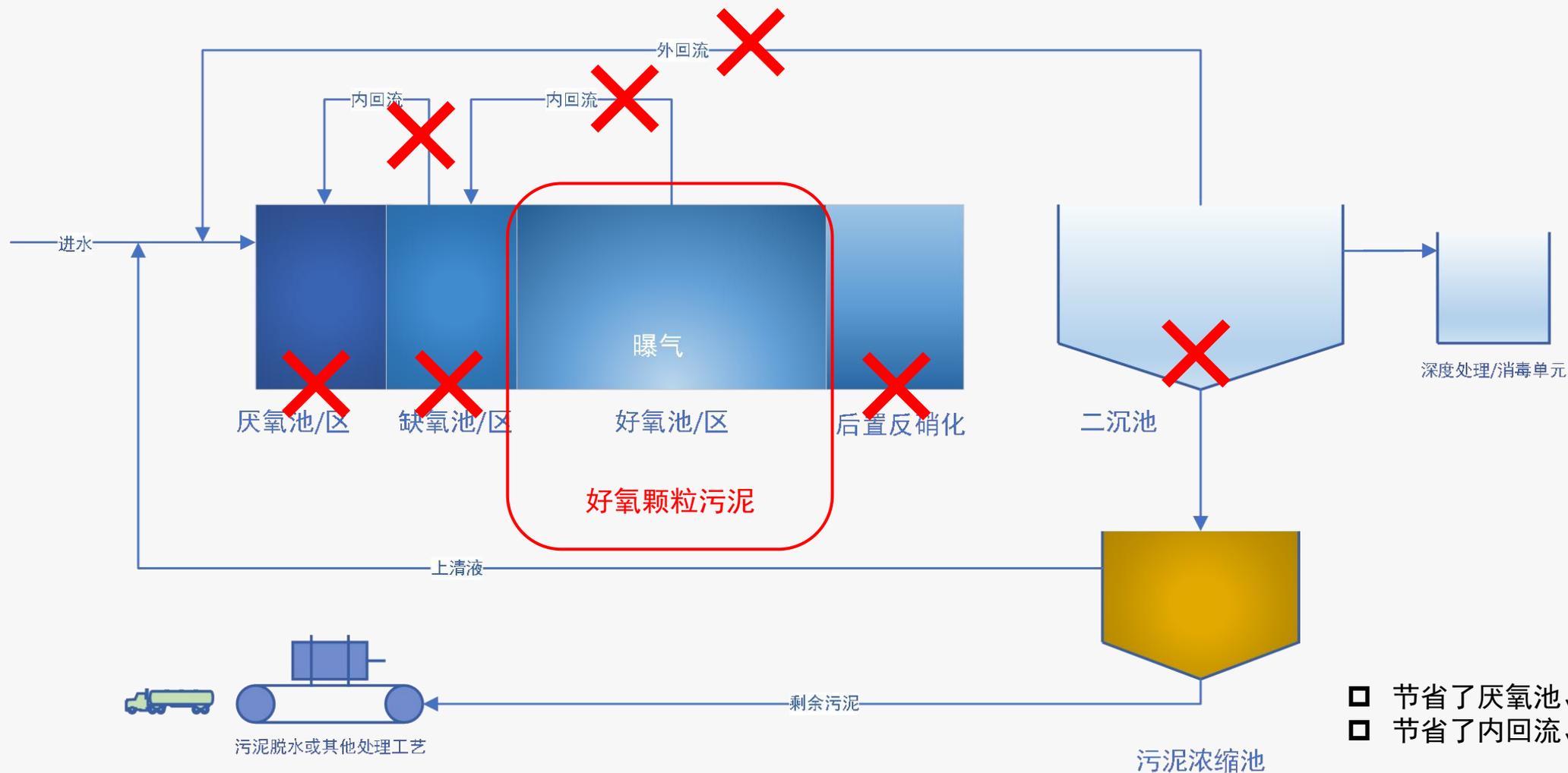
好氧区:

- 生物氧化
- 铵盐氧化为硝酸盐

好氧颗粒污泥系统的典型 (GSBR) 运行方式

一个反应器内脱氮除磷

传统脱氮除磷活性污泥法与好氧颗粒污泥法的工艺流程区别



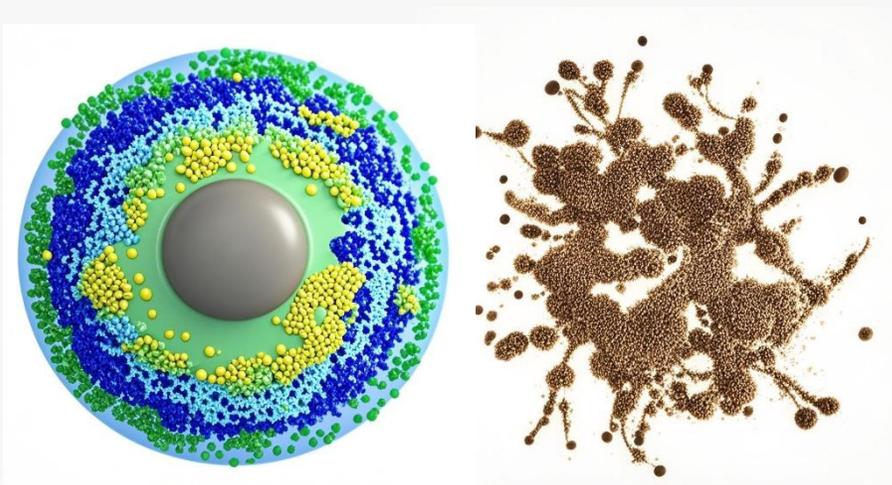
- 节省了厌氧池、缺氧池、二沉池占地
- 节省了内回流、外回流设备与电费

好氧颗粒污泥领先性体现之“沉淀排泥不加药”



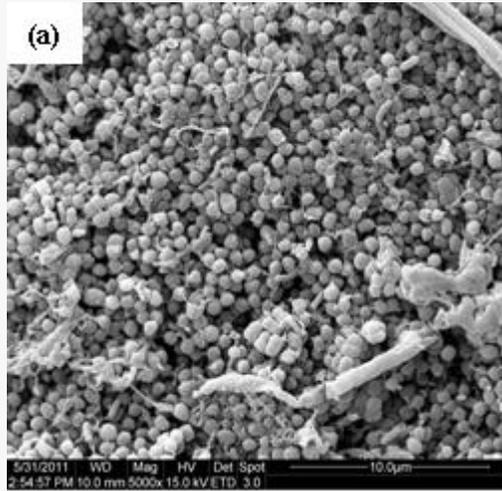
好氧颗粒污泥沉降效果展示

好氧颗粒污泥水样

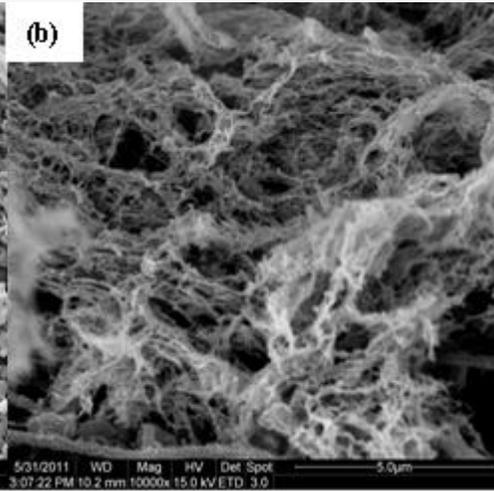


颗粒污泥 GRANULES	絮状污泥 FLOCS
污泥浓度 8 g/l	污泥浓度 4 g/l
污泥容积指数 SVI ₅ ≈ SVI ₃₀	污泥容积指数 SVI ₅ > SVI ₃₀

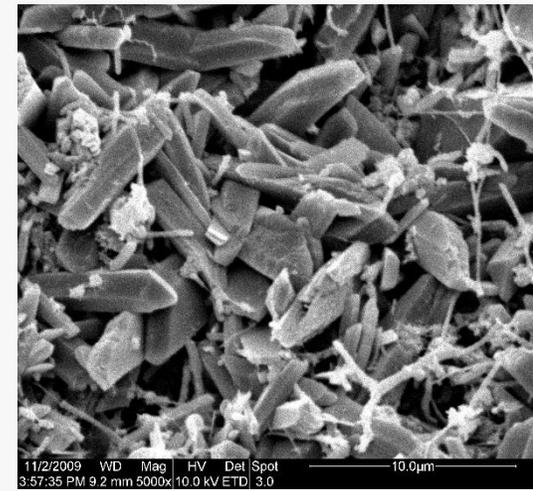
高效的沉降效率，省却了PAC的投加，节省了药剂费用



球菌



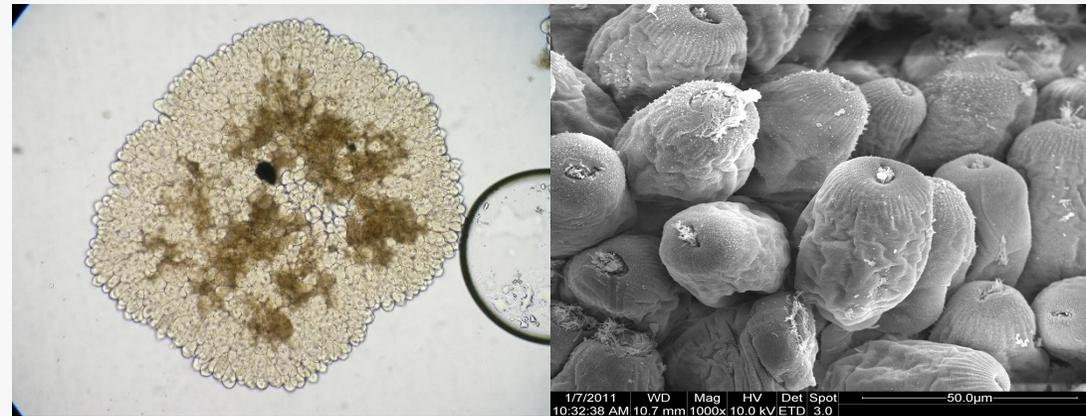
框架结构



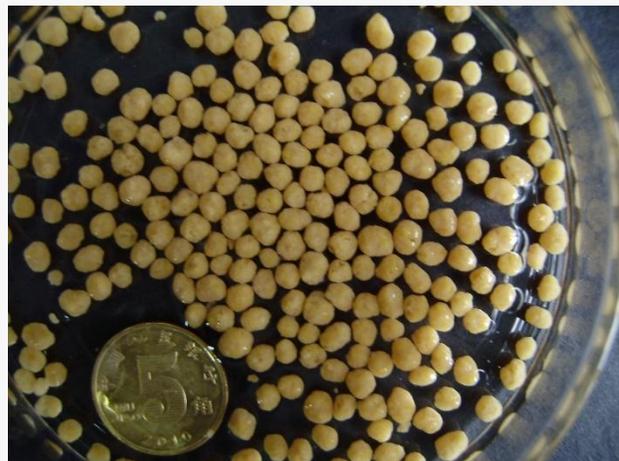
结晶体



丝状微生物



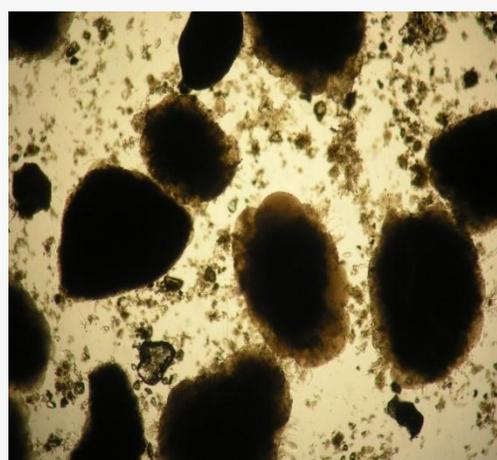
钟虫



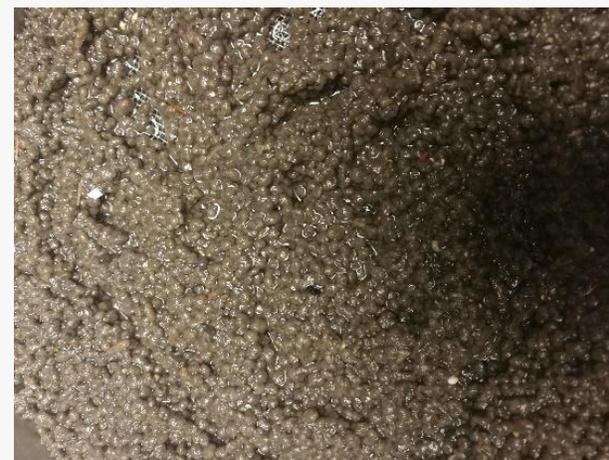
颗粒污泥 (实验室)



霉菌



颗粒污泥 (中试)



颗粒污泥 (工程)

好氧颗粒污泥技术相关专利



证书号第4071729号

发明专利证书

发明名称：一种用于处理低C/N比市政污水的A/O/A-SBR工艺

发明人：苏永生;王丽谦;刘广青;姜鑫艳;刘娜娜

专利号：ZL 2019 1 0409922.0

专利申请日：2019年05月17日

专利权人：北京化工大学

地址：100029 北京市朝阳区北三环东路15号北京化工大学

授权公告日：2020年11月03日 授权公告号：CN 110054296 B

局长 申长雨

第1页(共2页)

证书号第6333865号

发明专利证书

发明名称：一种微氧升流式生物滤池处理市政污水装置及其处理工艺

发明人：苏永生

专利号：ZL 2020 1 1550735.3

专利申请日：2020年12月24日

专利权人：北京化工大学

地址：100029 北京市朝阳区北三环东路15号

授权公告日：2022年07月28日 授权公告号：CN 112645480 B

局长 申长雨

第1页(共2页)

证书号第6181676号

发明专利证书

发明名称：一种升流式连续好氧颗粒污泥反应器装置及工艺

发明人：苏永生;李天雨;袁茂熙;樊奕麟;刘广青

专利号：ZL 2022 1 0868266.2

专利申请日：2022年07月22日

专利权人：北京化工大学

地址：100020 北京市朝阳区北三环东路15号

授权公告日：2023年07月25日 授权公告号：CN 115321682 B

局长 申长雨

第1页(共2页)

证书号第19085345号

实用新型专利证书

实用新型名称：自循环式泥水混合装置

发明人：苏永生;李晓玲;樊奕麟;王雯;刘广青

专利号：ZL 2022 2 3397150.X

专利申请日：2022年12月19日

专利权人：北京化工大学

地址：100000 北京市朝阳区北三环东路15号

授权公告日：2023年05月30日 授权公告号：CN 219091846 U

局长 申长雨

第1页(共2页)

证书号第7708758号

实用新型专利证书

实用新型名称：一种交替供/好氧序批式反应装置

发明人：苏永生;张磊;韩黎明;马敬;王雯;刘广青;王旭鹏

专利号：ZL 2017 2 0978010.1

专利申请日：2017年08月07日

专利权人：北京化工大学

地址：100029 北京市朝阳区北三环东路15号北京化工大学

授权公告日：2018年08月14日 授权公告号：CN 207726817 U

局长 申长雨

第1页(共1页)

工程案例-酿酒废水好氧颗粒污泥项目



3000吨/天

污染物指标	进水浓度范围	出水设计限值	去除率要求
COD	15000mg/L	≤50 mg/L	≥95%–99%
BOD₅	6000 mg/L	≤20 mg/L	≥97%–99%
SS	5000 mg/L	≤50 mg/L	≥90%–99%
pH值	5-6.5	6.0–9.0	—
氨氮 (NH₃-N)	150 mg/L	≤10 mg/L	≥80%–95%
总磷 (TP)	20 mg/L	≤0.5 mg/L	≥90%–99%
总氮 (TN)	300 mg/L	≤15 mg/L	≥85%–95%
色度	300倍	≤30倍	≥70%–90%

项目亮点：

- ◆ 前段厌氧，曝气段采用好氧颗粒污泥技术改造；
- ◆ 国内自主知识产权第一个工程化项目；
- ◆ 寒冷地区污水项目技术适用性验证；

工程案例-高新区污水处理好氧颗粒污泥项目



项目	指标
处理水量	1000吨/天
进水水质	化学需氧量：250-350mg/L 总氮：60-80mg/L 总磷：3-5mg/L
产水水质	化学需氧量 ≤ 30 mg/L 总氮 ≤ 12 mg/L 总磷 ≤ 0.3 mg/L
占地面积	80平方米
电耗	0.25kW/吨
产泥量	0-0.3公斤/吨水（80%含水率） 实际上很少排泥

化工企业污水处理项目（工程化）



规模30000吨/天

- ▣ 同比一期占地45%
- ▣ 运行成本一期3.7元/吨→二期1.5元/吨



验证了好氧颗粒污泥技术在高盐污水（TDS为17000~21000mg/L）的适应性和处理效果。

项目名称	PH	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	SS (mg/L)	TDS(mg/l) (Cl-)
进水	6~9	155	35	1.0	50	300	18500 (5000)
出水	6~9	50	5 (8)	0.5	15	10	—



【研发进展】连续流好氧微颗粒污泥技术取得重要突破

北化生物质能源与环境工程 2025年02月18日 14:19 北京



北京化工大学生物质能源与环境工程研究中心
Biomass Energy and Environmental Engineering
Research Center of BUCT

中心理念：绿色 低碳 循环 持续
中心文化：立德 创新 开放 担当

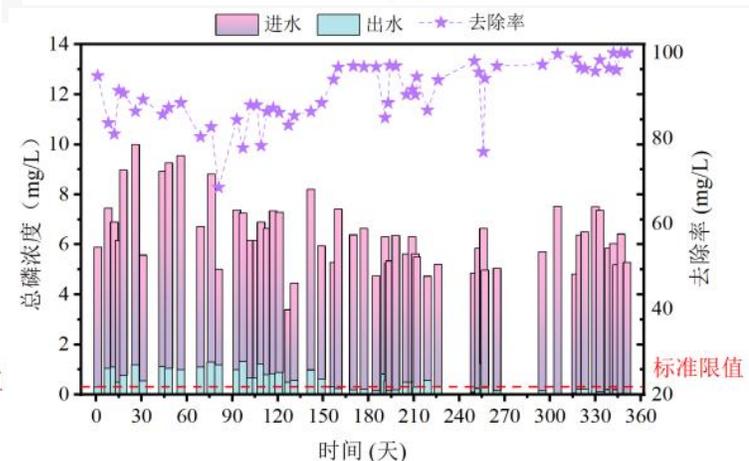
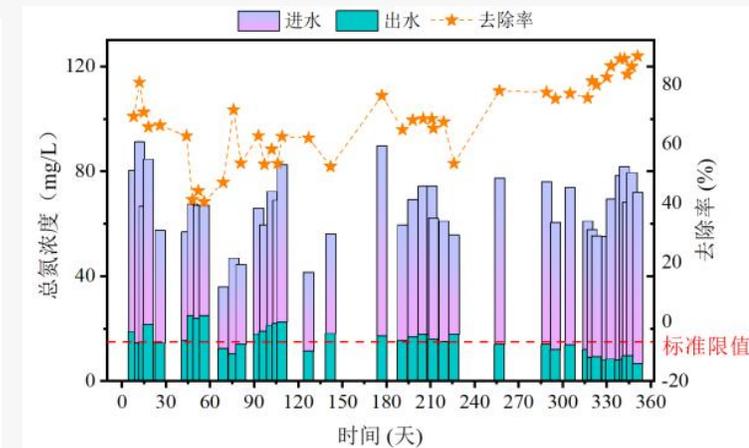
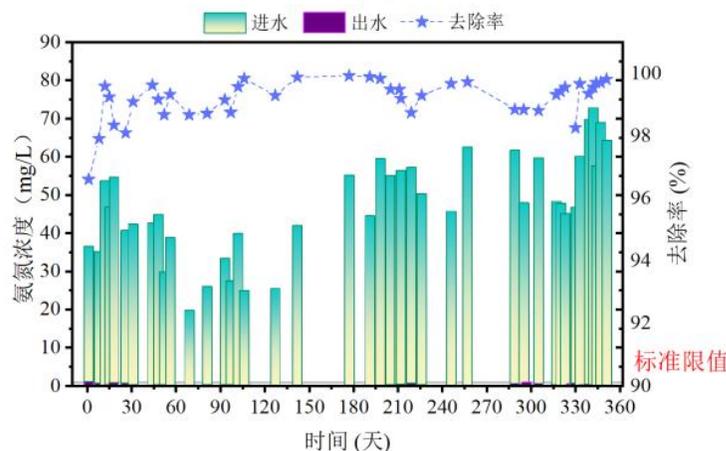
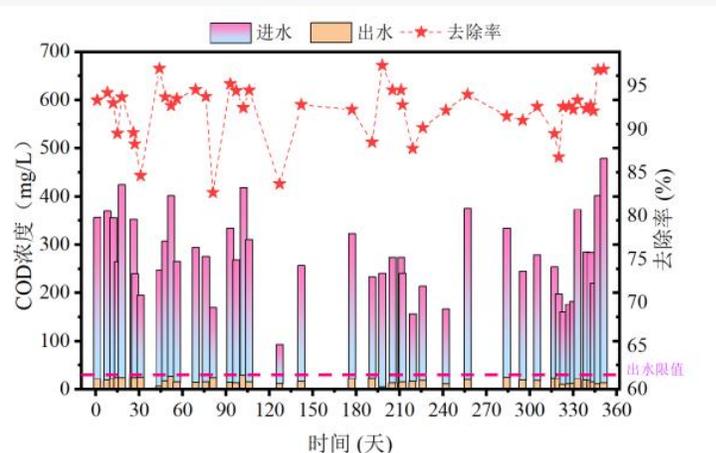
我国有超过5000座的市政污水处理厂，污设计处理能力总和超过 2亿吨/日，工业废水的年产量超过200亿吨。污水与废水处理工艺中，常常存在占地面积大、污泥浓度低、高耗能、高药剂投加量等问题。随着绿色低碳循环经济建设推进，废水处理行业正朝着节能化、高效化、智能化方向发展。好氧颗粒污泥^o技术因其能耗低、污泥浓度高、污泥沉降性能好、占地面积小、脱氮除磷效果好以及适宜新建、改造或者原位扩能市政污水或者工业污水而备受关注。

工程案例-连续流好氧颗粒污泥



CAGS(200m³/d)

指标	CODcr	BOD5	NH4+	TN	TP	pH
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
数值	30	5	<1.5	< 10	0.3	7-8



规模: 200t/d

好氧颗粒污泥工艺-占地、节电的表现



AAO



SBR



BAF



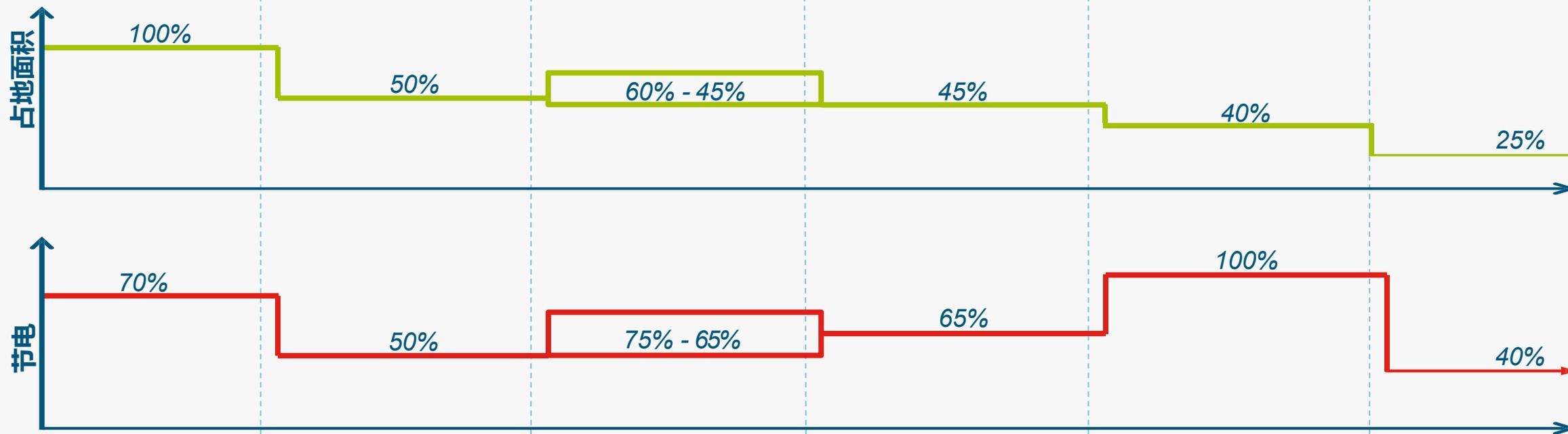
MBBR



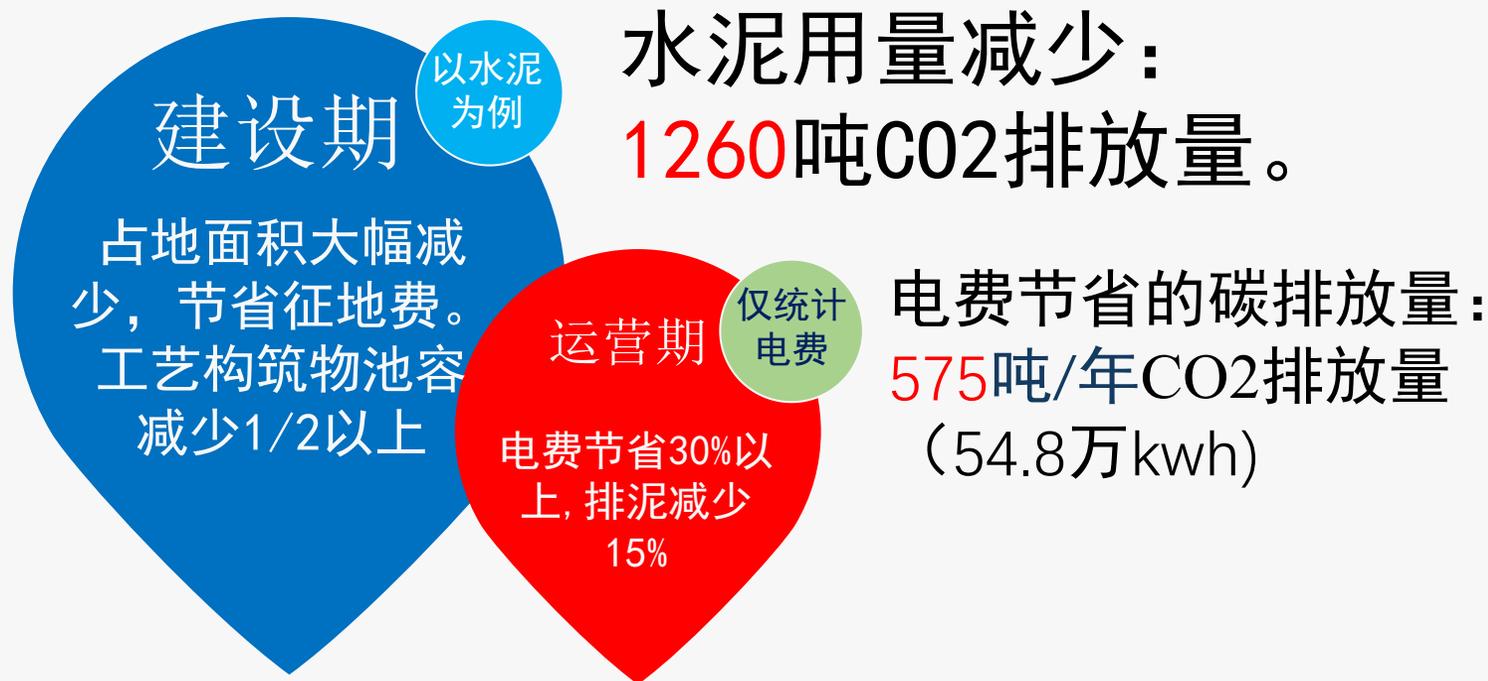
MBR



AGS



好氧颗粒污泥技术和常规生物处理的技术对比



以1万吨/天的污水处理规模计算

好氧颗粒污泥工艺具备行业AI所有基础



基础数字化需求

- 数据采集与感知：**可靠的传感器网络**
- 数据传输与通信
- 数据存储与管理



智慧化应用需求

- 智能控制与优化—**必要的硬件支撑，但资金需平衡**
- 预测性维护与故障诊断
- 可靠的工艺模型

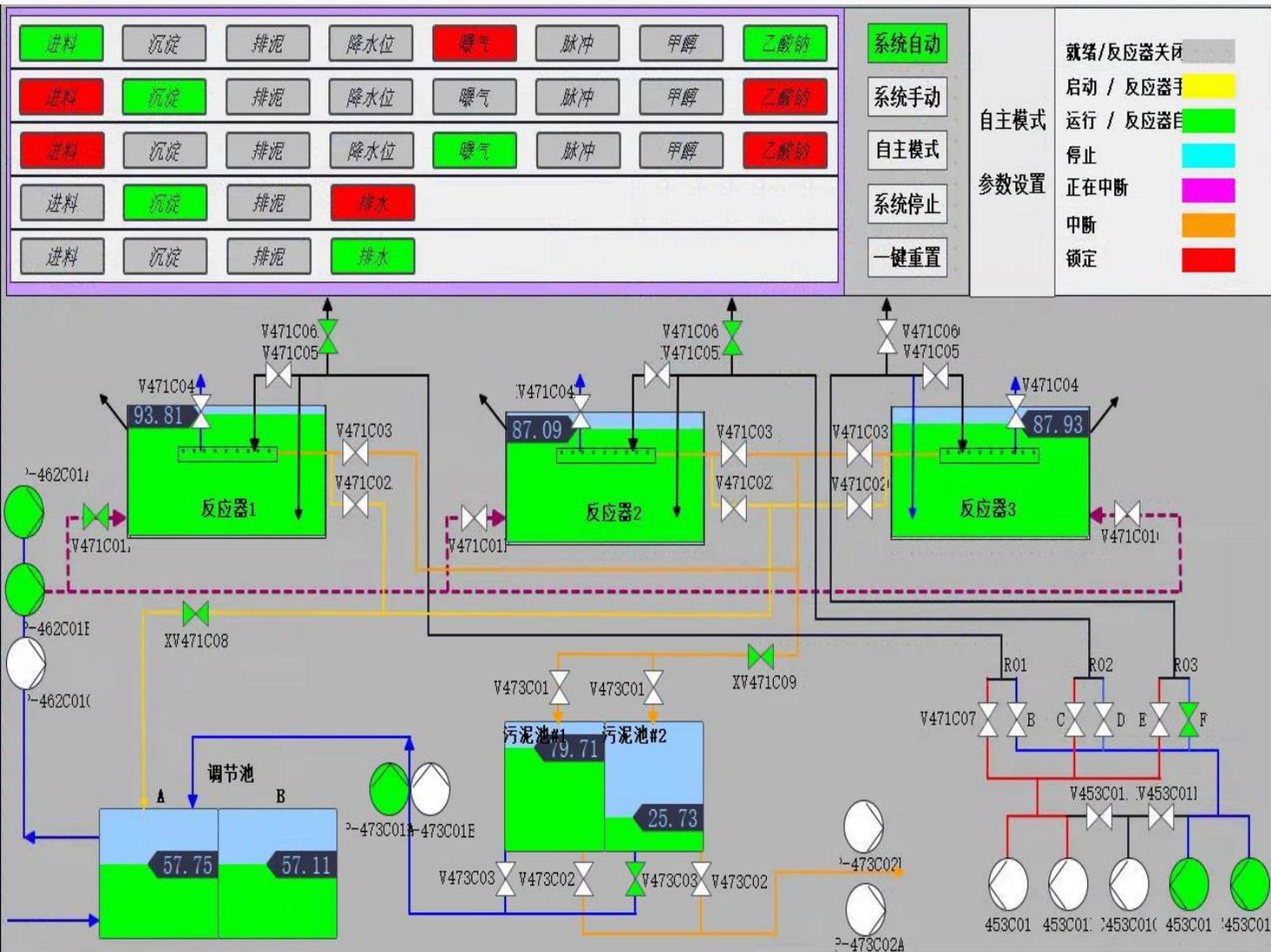


经济效益与可持续性

- 成本效益分析：费用节省
- 可持续发展目标：环境效益、经济效益提升

高质量的硬件设备，造价仍比其它工艺节省30%，**“又好又便宜”**

好氧颗粒污泥工艺的“AI”属性：硬件支持下的软件实现



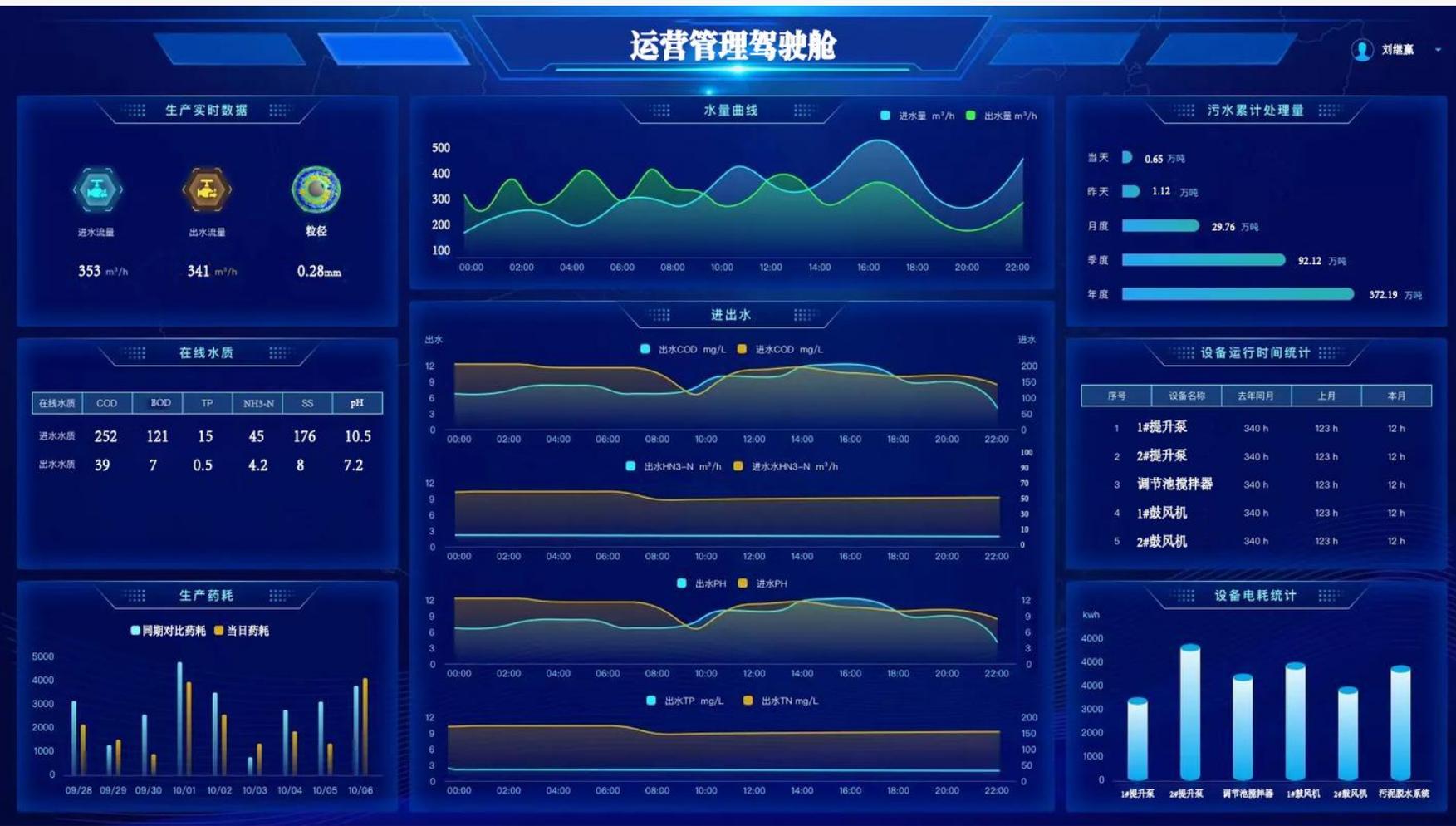
智能顺控：可选择不同的顺控菜单，实现高效生物反应器的顺序控制和多个反应器之间的交替运行。

故障复位：可根据反应器故障发生时的状态以及故障恢复时状态，自动选择合适的恢复策略。

精确反应：可根据反应器内各参数的状态，自动调整各反应功能段的时间，以及曝气的总量和强度。

水量自平衡控制：可根据进水缓冲池进水流量及液位，自动匹配高效生物反应器的进水流量和出水缓冲池的出水流量，保证流量的平稳及连续。

具备污水处理解决方案的“AI”实现基础



具备数字化基础

设备高质量配置

多项指标在线监测仪表

多参数联动的模糊控制

丰富的后台数据支撑



好氧颗粒污泥技术主要能力优势

好氧颗粒污泥主要能力

真正实现全自动控制，节省人工成本70%+

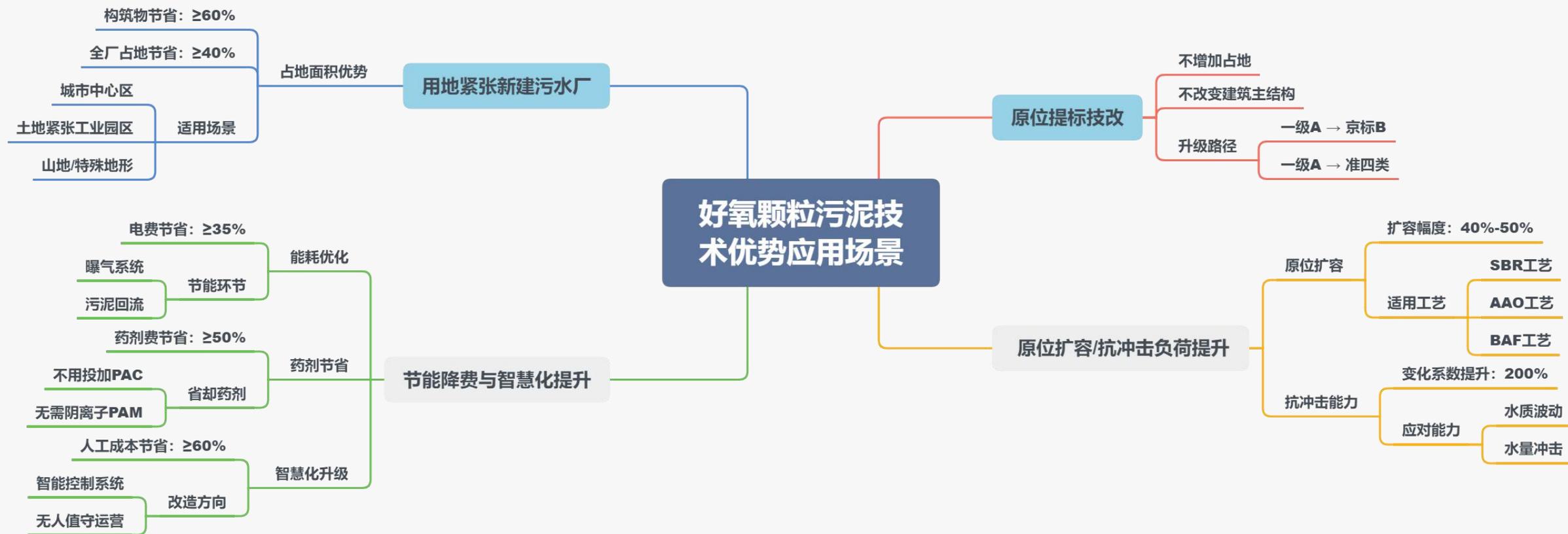
没有内、外回流，省电45%以上

处理出水达准四类水体、京标B

占地较传统工艺构筑物节省70%以上，整体省地40%+

沉淀不用加药，节省药剂费用45%，减少了脱水污泥30%以上

好氧颗粒污泥技术优势应用场景



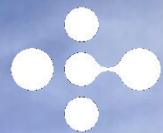


国拓化能
GUO TUO HUA NENG





北京化工大学
BEIJING UNIVERSITY OF CHEMICAL TECHNOLOGY



国拓化能
GUO TUO HUA NENG

宏德博学 化育天工

