

城市污水厂升级改造技术探讨

中国市政工程华北设计研究总院
李成江

汇报内容

- 一、升级改造的原因与主要内容
- 二、污水厂升级改造的要求
- 三、污水厂升级改造实例
- 四、污水处理厂升级改造总结

一、升级改造的原因与主要内容

- 为应对水环境的持续恶化、减缓水域富营养化，国家环保局2002年12月24日发布了《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918—2002，实施时间2003年7月1日，对城镇污水处理厂排水提出更严格的标准。
- 《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低20%左右，主要污染物排放总量减少10%的约束性指标。

1、排放标准的变化

- 《污水综合排放标准》GB8978—1996，是各种污水的综合排放标准，首次发布1973年，1988年第一次修订，2002年12月24日国家环境保护总局专门发布了《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918—2002，实施时间2003年7月1日。
- 新标准与老标准相比主要强调了氨氮和总氮的去除，同时相应提高了COD、BOD、SS的去除要求，增加了粪大肠菌群数指标。同时对污水厂的污泥稳定化指标、废气排放值提出了要求，这是新标准增加的内容。

新老标准主要水质指标比较如下：

项目 标准		色度	COD _{Cr} mg/l	BOD ₅ mg/l	SS mg/l	氨氮 mg/l	TN mg/l	TP mg/l	粪大肠菌群数 (个/L)
GB8978-1996	一级	50	60	20	20	5		0.5	
GB18918-2002	一级A	30	50	10	10	5(8)	15	0.5	10 ³
	一级B	30	60	20	20	8(15)	20	1.0	10 ⁴
GB8978-1996	二级	80	120	30	30	25		1.0	
GB18918-2002	二级	40	100	30	30	25(30)		3.0	10 ⁴

2、新老标准对应的处理工艺流程

1) 新老标准二级排放标准的处理工艺

(1) 老标准二级排放标准的处理工艺

污水—粗格栅—提升—细格栅—沉沙池—(初沉池)—
普通活性污泥法—二沉池—出水

(2) 新标准二级排放标准的处理工艺

污水—粗格栅—提升—细格栅—沉沙池—(初沉池)—
普通活性污泥法—二沉池—消毒—出水

2)新老标准一级排放标准的处理工艺

(1) 老标准一级排放标准的处理工艺

污水—粗格栅—提升—细格栅—沉沙池—(初沉池)—
除磷脱氮活性污泥法—二沉池—出水

(2) 新标准一级 A 排放标准的处理工艺

污水—粗格栅—提升—细格栅—沉沙池—(初沉池)—
除磷脱氮活性污泥法—二沉池—**混凝沉淀过滤**—**消毒**—出水

(3) 新标准一级B 排放标准的处理工艺

污水—粗格栅—提升—细格栅—沉沙池—(初沉池)—
除磷脱氮活性污泥法—二沉池—**消毒**—出水

3、小结

- 1)、新标准二级与老标准二级相比，工艺流程中增加了消毒单元。
- 2)、新标准一级与老标准一级相比变化较大，新标准提高了氨氮、COD、BOD₅、SS、的去除率、增加了总氮、粪大肠菌群的去除要求，为实现这些新的要求需增加生物处理单元体积、为保证SS达标需增加混凝沉淀过滤单元，为保证粪大肠菌群数达标需增加消毒单元。
- 3)、新标准要求污泥需要稳定化处理，废气也需要脱臭处理。

二、污水厂升级改造的要求

1、整体技术体现当代水平

- 在稳定达标的前提下，贯彻以人为本、节能减排、可持续发展的理念，综合运用新技术、新设备、新材料完成污水厂的改造。
- 污水处理厂升级改造是一项复杂、综合性很强的工作，需经综合分析、多方案的技术经济比较确定。
- 检验的标准是改造的工程量越小，能实现稳定达标、运行管理简单、运行成本低，才真正实现了改造的科学性与合理性。

2、具体要求

1) 节地

- 污水厂的平面布置要做到分区合理、布置紧凑、附属建筑数量合理，尽量利用社会化服务减少污水厂的负担。
- 生产性建筑物应作到平面和空间上的充分合理利用，减少占地面积，处理单元有条件尽量采用高效处理技术少占地，综合各种因素实现整体占地小，效率高。

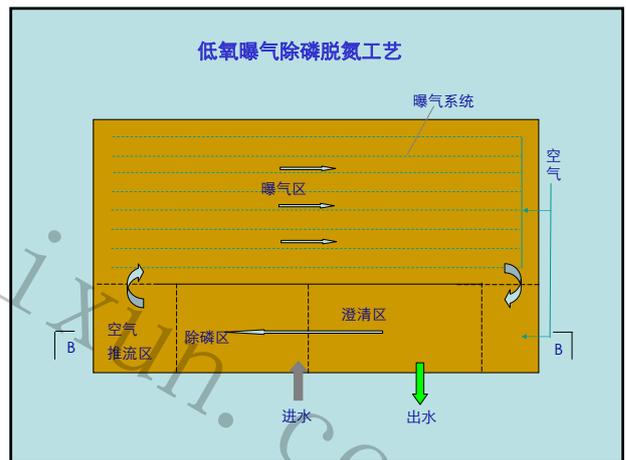
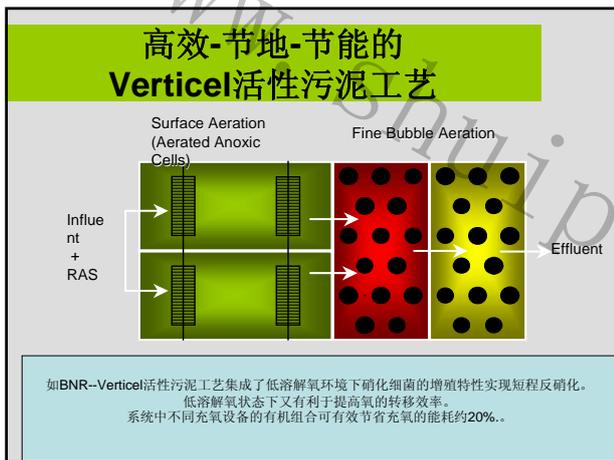
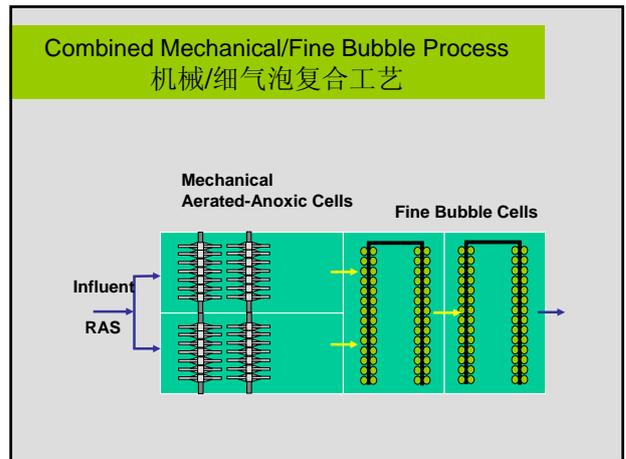
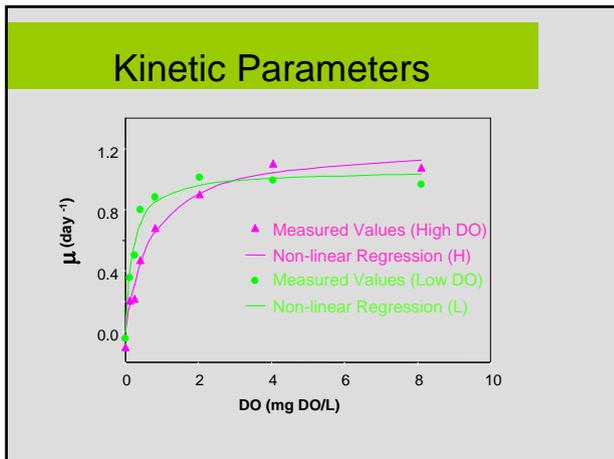


2) 节能

- 污水厂节能是降低污水厂运行成本的关键，美国污水厂的电耗占到总用电量的1.5%，节能可减少温室气体排放。
- 污水厂节能主要从工艺技术着手，以先进的节能工艺为基础，结合各种高效机电设备的配合使用，实现整体节能的目标。短程反硝化可节省氧量，从而实现节能。

污水厂各处理单元电耗

处理单元	进水泵房	细格栅 除砂	生化系统	提升泵	消毒	小计	絮凝过滤	污泥脱水	用电合计 (kwh/m ³)	备注	
5 万 m ³ /d	耗电 (kwh/m ³)	0.072	0.0024	0.206	0.019	0.03	0.33	0.02	0.047	0.396	一级B 0.356kwh/m ³
	(%)	18.3	0.6	52	4.8	7.3	78	5	12	100	一级A 0.396kwh/m ³ 一级A比一级B多耗电10%
60 万 m ³ /d	耗电 (kwh/m ³)	0.056		0.214	0.009	0.006			0.047	0.332	一级B 0.332kwh/m ³ 水
	(%)	17		64	2.7	1.8			14.1	100	



3) 污水生物除磷脱氮的新技术

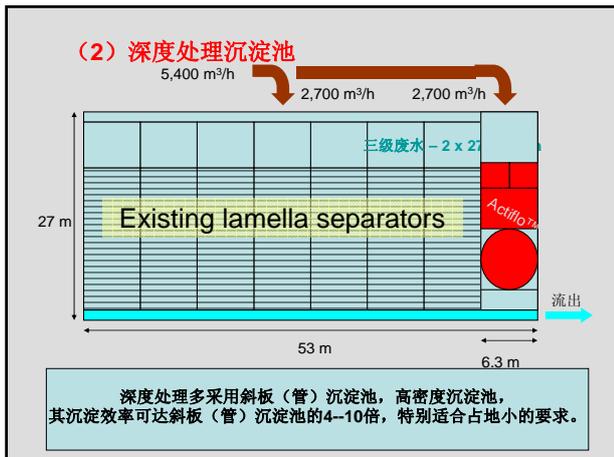
- 目前A/A/O有多种形式, 不同形式主要源于污水的水质和排放要求的不同。主要形式有标准A/A/O、带预反硝化的A/A/O、以脱氮为主的倒置A/A/O、能提高原有生化处理能力的分段进水多级A/A/O或多级A/O, 有短程反硝化功能节省碳源、节能型的A/A/O, 每一种工艺都有其使用的条件, 使用时要对症下药。
- A/A/O工艺有活性污泥法和生物膜法两大类, 还有活性污泥与生物膜法组成的系统如MBBR工艺, 另外还有采用膜技术分离的MBR工艺。
- 污水生物除磷脱氮A/A/O工艺以活性污泥法应用的最广泛, 除标准的由厌氧、缺氧、好氧单元组成的多种A/A/O外, 由厌氧+氧化沟、厌氧+SBR组成的系统也具有生物除磷脱氮功能, 也是A/A/O的一种组合。
- 生物膜法组成的脱氮系统主要是曝气生物滤池工艺, 该工艺是生物膜法的主要技术, 也称为二十一世纪的技术, 在污水厂升级改造中被经常使用。

4) 沉淀过滤技术

沉淀单元广泛用于污水生物处理的活性污泥分离和污水的深度处理, 过滤单元广泛用于污水的深度处理。

(1) 二沉池

- 二次沉淀池的发展;提高沉淀效率, 减少占地面积, 提高回流污泥浓度。
- 增加防止异重流的措施、进水导流筒出口处设置配水消能板, 都能提高沉淀效率, 另外配置扫描式单管吸泥机的双周边沉淀池既能大幅度提高沉淀效率又能提高回流污泥浓度, 其效率提高近一倍。实现了沉淀效率高、节约土地的功能。



- (3) 过滤**
- 砂过滤池、微滤机
 - 多数情况下用微滤机替代砂过滤池过滤能满足新标准一级 A 的要求, 占地面积大大减小, 水头损失也仅为砂滤池的1/3左右, 能耗低、管理运行简单、自清洗用水少。
 - 纤维滤料滤池也是近些年来发展起来的一种高速过滤技术, 它具有深层截污的功能, 有超过砂滤池一倍多的滤速, 自清洗用水少, 能耗也较低, 在深度处理中也有一定的应用。

- 5) 消毒技术**
- 满足污水排放新标准的一级、二级出水都需要设置消毒单元。
 - 氯气消毒、二氧化氯消毒、紫外消毒是常用的三种方式。
 - 紫外消毒是近几年在污水上使用的一种新消毒方法, 它靠浸没于水中的紫外灯发出的紫外光通过改变细菌、病毒和其它微生物遗传物质 (DNA), 紫外光灭菌波长位于200nm到310nm之间的波普区, 紫外消毒可以用于二级生化出水、深度处理出水, 一般要求透光率45—70%、SS<30mg/l, 紫外灯的种类有低压低强、低压高强、中压高强三类, 分别适应小中大规模。运行耗电10—30W/m³水。

- 6) 深度处理的曝气生物滤池技术**
- 曝气生物滤池技术用于深度处理主要是去除总氮, 特别适合三级处理、
 - 曝气生物滤池是生物膜法工艺, 生物膜生长在3—6mm的滤料上, 在滤池内滤料的填充高度达3—4 m, 滤池内的生物量远大于活性污泥法, 生物池单位体积处理效率较活性污泥法高出5倍以上, 节省占地, 模块化设计, 便于产品的标准化。
 - 适合污水厂用地紧张条件下的升级改造, 建在城市内要求美观占地少的项目。
 - 该工艺的投资及运行成本并不比活性污泥法节省。由于其独特的工艺特点也适合某些特定条件下的新建项目与升级改造项目。

较高的处理效率

- 可接受的最大浓度负荷:

项目 工艺	COD (kg/m ³ /d)	BOD ₅ (kg/m ³ /d)	NH ₄ -N (kg/m ³ /d)	NO ₃ -N (kg/m ³ /d)
传统的活性污泥	0.4-2	0.35-1	0.04-0.1	0.24-0.72
Biostyr [®] 硝化/反硝化	2-10	2-5	0.9-1	0.7-2.5

- 净化水的水质: 出水的水质可能达到以下标准:

SS ≤ 10 mg/l
COD ≤ 50 mg/l
BOD₅ ≤ 10 mg/l
NH₄-N ≤ 3 mg/l

塞吉, 法国 - 200,000 PE

早季流量: 40,000 m³/d,
最高流量: 64,000 m³/d

麦岛，中国 - 585,000PE

外加Multiflo®沉淀池，UV，Alizair®等

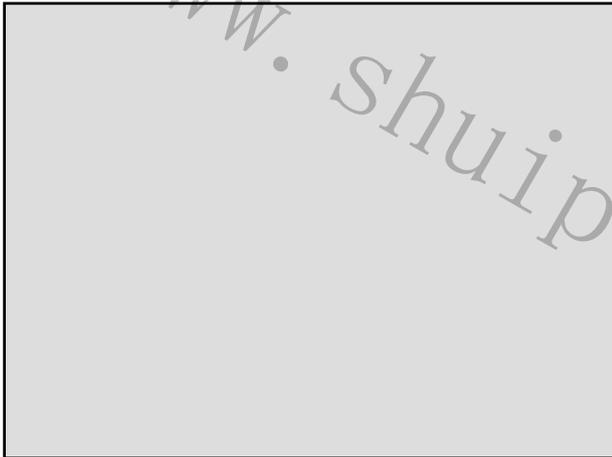


可保证的最终水质：

COD: 60 mg/l
BOD₅: 20 mg/l
SS: 20 mg/l
NNH₄: 15 mg/l
PPO₄: 0.5 mg/l

7) 污泥处理处置

- 污泥处理改造应做好与污泥稳定、减量、无害化、资源化的衔接。
- 污水处理厂升级改造的内容多集中于水处理区、泥区改造局限于污泥浓缩脱水部分，多是对原有设备的更新改造。
- 工艺上没有增加污泥稳定、污泥减量的内容。
- 近10年建设的污水厂几乎都没有污泥消化，随着环境要求的提高，将污泥送填埋场的传统污泥出路已走到尽头，污泥处理处置的问题对一些大城市已经告急。
- 污泥减量化与无害化已经开始实施，对脱水污泥进行堆肥后农业或园林利用、污泥干化焚烧灰填埋或制成建筑材料、污泥干化后再利用等，这些污泥处理处置的方法会尽快得到推广应用。



巴黎SEINE AVAL污水处理厂 二级处理

巴黎210万 m³ /日曝气生物滤池 全厂鸟瞰图



		<10	
• 2、进出水水质	NH ₄ -N (mg/l)	4 0	<4
	硝化		
			<0.5
		反硝化	
	TN (mg/l)	25-45	<3
		反硝化	
	TP (mg/l)	0.8-1.2	

技术经济指标

- 占地35ha，折合用地0.17m²/m³。
- 单位水量投资190.5€/m³，约2000元RMB/m³。
- 耗电0.15-0.2kwh/m³水。
(全厂装机21000kw)

巴塞罗那污水三级处理厂



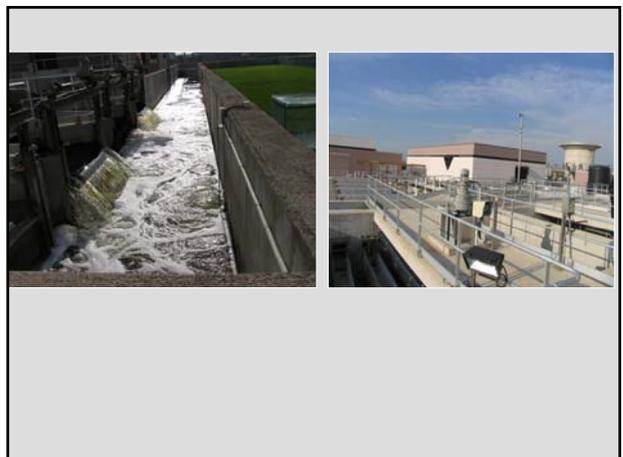
工程技术参数

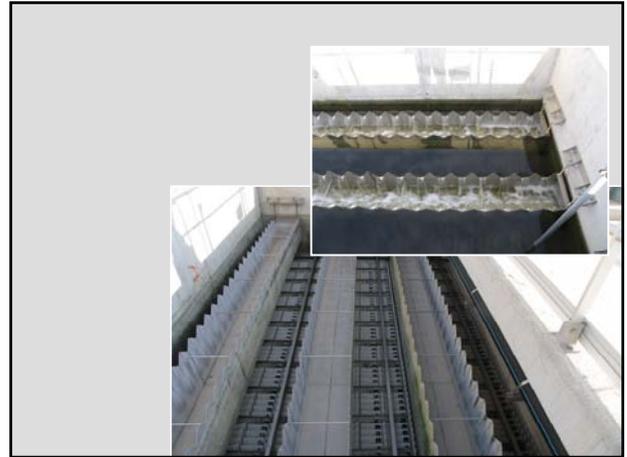
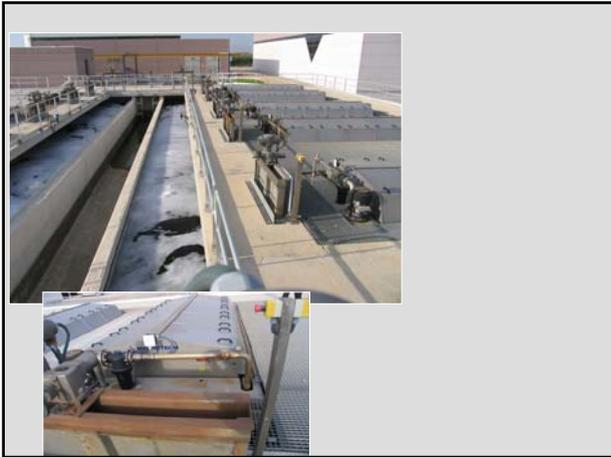
- 1.处理规模 30万m³/d,设计人口当量200万PE
- 2.进出水水质

	进水	出水平均值
COD (mg/l)	107	41
BOD (mg/l)	23	3
SS (mg/l)	67	1.3
浊度 (NTU)	35	1.3

运行结果

	原水平均	出水最高	出水平均	出水最低	去除率(%)
pH	7.73	8.21	8.01	7.52	-
Turbidity (NTU)	34.7	2.37	1.29	0.83	96.3
SST (mg/l)	67	4.0	2.6	2.0	96.2
TP (mg/l)	3.41	1.66	0.90	0.33	73.5
COD (mg/l)	107	81	41	18	61.1
BOD5 (mg/l)	23	8	3	1	86.7

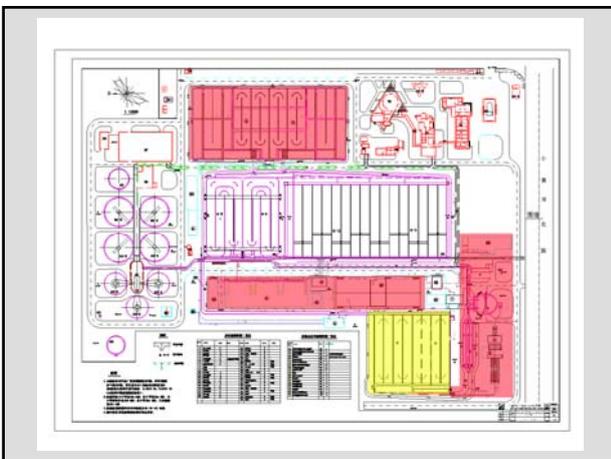




进水水质分析确定

项目	BOD5	COD	SS	TN	NH3-N	TP
进水水质 (mg/l)	150	350	320	50	35	5

本工程有50%左右的数据，BOD5/TN比值小于3，平均值为2.11



工程主要经济指标为：

工程总投资23678.20万元。

年生产成本	11112.19万元
年经营成本	8340.15万元
单位生产成本	1.015元/m ³
单位经营成本	0.762元/m ³
单位水量耗电	0.35度/m ³

MBR改造实例



四，污水处理厂升级改造总结

• 工艺支撑技术

改良型 A/A/O 活性污泥法、MBBR、MBR、曝气生物滤池、BNR—Vertical、高密度沉淀池、微过滤机、MF/UF过滤技术。

• 达到的标准

通过对以上技术的综合运用，可以将原污水厂的二级排放标准升级至新标准的一级B、一级A，直至主要指标达到地表水IV类标准，实现清水还河的水环境目标。



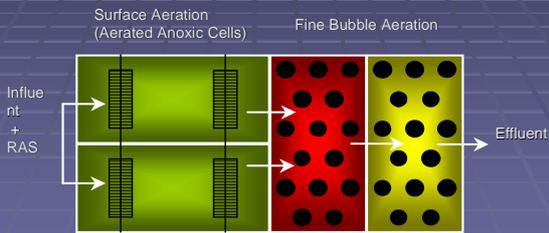
Aerated Anoxic Reactors

SIEMENS

Page 47

Water Technologies

高效-节地-节能的 Verticel活性污泥工艺



Change footer applying <View><Header and Footer>

主要内容

- 1、Verticel工艺的由来
- 2、微生物学原理
- 3、提高充氧效率、节省曝气能耗的途径
- 4、应用不同曝气设备组合实现节能--示例

Change footer applying <View><Header and Footer>

总体介绍

- Verticel活性污泥工艺是在传统污水生物除磷脱氮活性污泥法的基础上演变而来,它的组成类似于orboal氧化沟工艺。它集成了低溶解氧环境下硝化细菌的高增长性实现短程反硝化。污泥在低溶解氧与高溶解氧的循环下增强了絮凝性,能保持生物反应系统内较高的污泥浓度。同时低溶解氧状态下又有利于提高氧的转移效率。系统中不同充氧设备的有机组合可有效节省充氧的能耗(约20%)。是一种新理念的综合创新。

Change footer applying <View><Header and Footer>

- Verticel工艺实际工程案例的污泥浓度达5 g/l 以上,用于老厂升级改造时通过提高污泥浓度的方式来增加处理能力,具有方法简单、易实施、投资低的特点。同时节能的曝气方式有利于降低运行成本,也符合国家节能减排的大政方针。

Change footer applying <View><Header and Footer>

Verticel工艺的由来

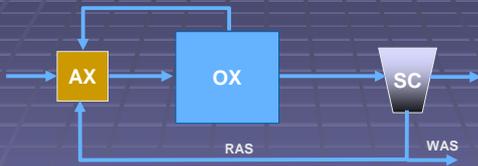
Change footer applying <View><Header and Footer>

Basic Activated Sludge Process 基础活性污泥工艺



Change footer applying <View><Header and Footer>

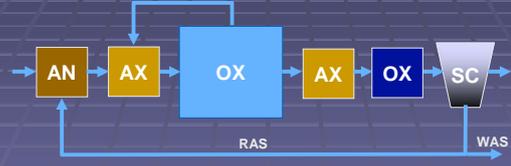
Nitrogen Removal Processes 除氮工艺 Modified Ludzack-Ettinger Process MLE工艺



AX = anoxic OX = aerobic SC = Clarifier
AX = 缺氧 OX = 好氧 SC = 澄清器

Change footer applying <View><Header and Footer>

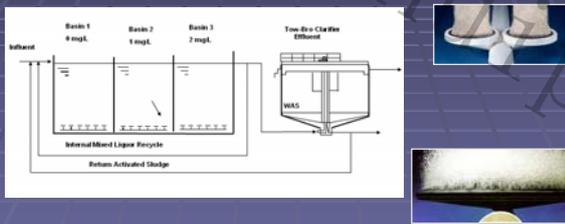
Phosphorus + Nitrogen Removal Processes Five-Stage BNR Process 磷+氮清除工艺—5级生化去氮



AN = Anaerobic AX = anoxic OX = aerobic SC = Clarifier
AN = 厌氧 AX = 缺氧 OX = 好氧 SC = 澄清器

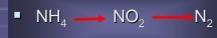
Change footer applying <View><Header and Footer>

BIONUTRE® Process



Change footer applying <View><Header and Footer>

Orbal BNR 脱氮旁路捷徑



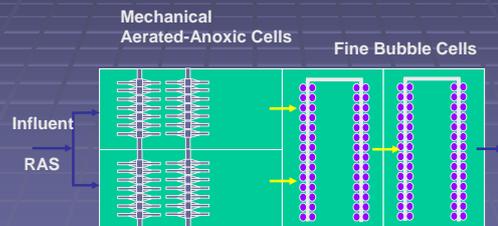
■ Nitrobacter 量遠比 Nitrosomonas
量少可証明以上反應的存在

Change footer applying <View><Header and Footer>

Typical Orbal™ Process Installation 典型的Orbal™工艺安装

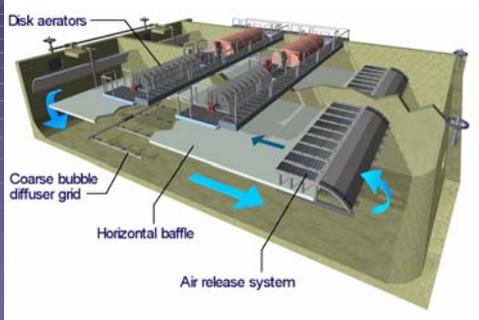


Combined Mechanical/Fine Bubble Process 机械/细气泡复合工艺

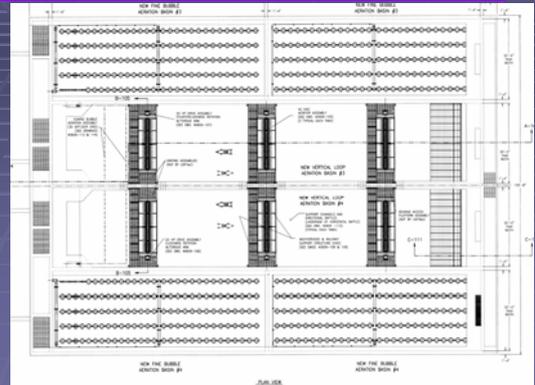


Change footer applying <View><Header and Footer>

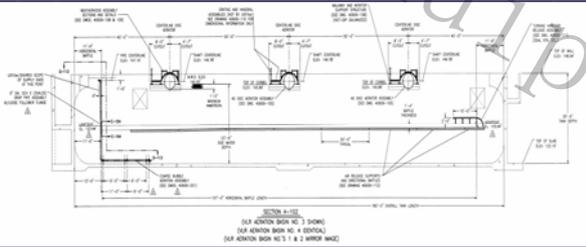
Vertical Loop Reactor (VLR) 立式环流反应器



TYPICAL VERTICE LAYOUT



TYPICAL VLR SECTION



VLR Rotating Disc Aeration 立式环流反应器转盘曝气



Brookfield, OH Vertical Loop Reactor (VLR) Process



Peru, IN VLR / Cannibal Process



Hurricane, WV Two Train VLR System

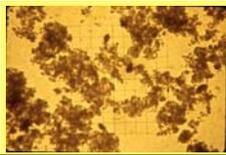
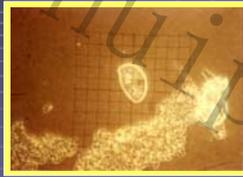


Verticel 活性污泥工艺

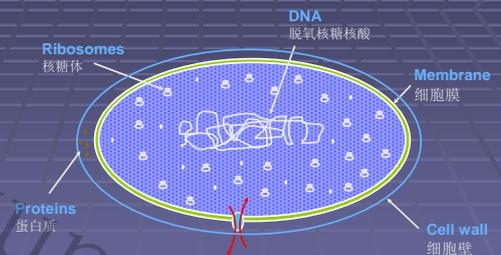
微生物学原理

Change footer applying <View><Header and Footer>

Activated Sludge Microbial Ecology 活性污泥微生物生态学

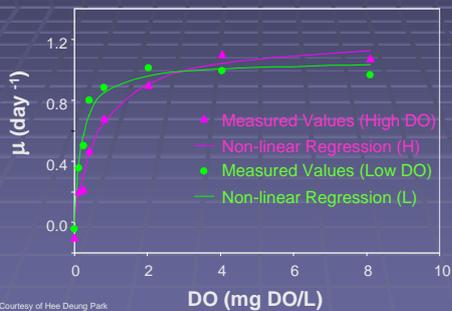


Cell Composition 细胞构成



Courtesy of Dan Hegarty

Kinetic Parameters



Courtesy of Hee Deung Park

Change footer applying <View><Header and Footer>

提高充氧效率、节省曝气能耗的途径

- ∞ 系数——污水中充氧速率与清水中充氧速率的比值
- 生物处理系统的泥龄
- 污水水质。

Change footer applying <View><Header and Footer>