

影响 A/O 工艺耗氧量计算的

几个生化反应

(12)

33-35

刘延华 冯生华

(天津市市政工程设计研究院 300052)

x7.3

【摘要】 A/O 工艺的厌氧段,活性污泥能去除大部分进水中的 COD。与传统活性污泥法相比,COD 的去除方式发生了根本性变化。因此,该工艺耗氧量的计算也不应等同于传统活性污泥法。本文结合对厌氧——好氧反应类型的最新同时也是最成熟的认识,探讨了 A/O 工艺耗氧量计算应考虑的因素。

【关键词】 A/O 工艺 耗氧量 微生物 厌氧 好氧 活性污泥法

A/O 工艺中 COD 的去除遵循的生化反应与传统活性污泥法有很大不同。从理论上讲,这些特有的生化反应使 A/O 工艺传统活性污泥法消耗更少的氧。

1 A/O 工艺厌氧反应的类型

A/O 工艺中活性污泥的种群比较复杂,按功能可分为除磷菌、反硝化菌、硝化菌、糖积累菌等。对反硝化菌的反应方式的认识已经比较成熟,在此不再讨论,它所消耗的 COD(计为 COD_{DN})是由回流污泥和进水中所含硝态氮($NO_x - N$)决定的。硝化菌是好氧异养菌,它不参与厌氧反应,下面主要讨论一下除磷菌和糖积累菌的厌氧反应方式。

(1)除磷菌能够在厌氧条件下吸收 COD 合成并贮存 PHA_s 。其反应模式见图 1。

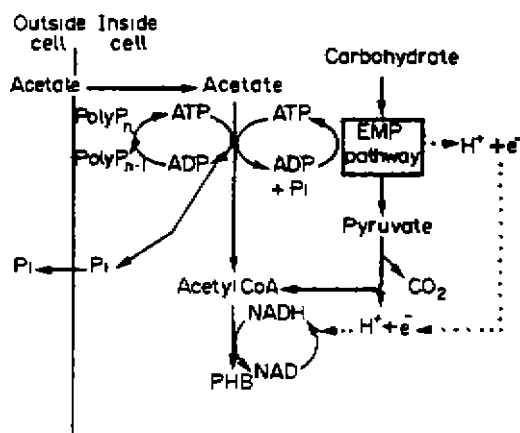


图 1 除磷菌的厌氧代谢模式

城市污水集中处理需有大量管道工程投资,但分散处理应强调处理达标后直接排入河湖,禁止将达标后的出水排入城市污水管道。凡没有排水出路,必须纳入城市污水管道的污水,应将建设及运行费用纳入区域性污水处理厂集中使用。此类项目已建不少,要建的还很多,责任全在当地管理部门。

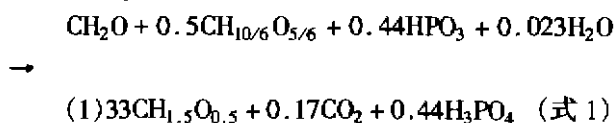
8 城市污水处理技术装备的发展方向

我国城市污水处理设备制造业虽已初具规模,但与国际先进水平相比仍存在着很大的差距,与我

国城市污水处理的需求很不适应。目前,污水处理设备和器材存在质量差、能耗高、产品品种不齐全、设备不配套、可靠性差和自动化程序低等问题。这些状况急待改变,国家有关部门必须切实组织协调,行业管理部门、企业主管部门、国家监督执法部门应将科研、设计、施工、生产、管理及设备制造等诸环节进行有机结合,围绕治理城市水环境的总目标,调动各方力量,发挥各自特长,形成综合优势,满足社会经济持续发展的需求。

Outside cell 细胞外	PHB 聚-β-羟丁酸
Inside cell 细胞内	Carbohydrate 多糖
Acetate 乙酸	EMP Pathway EMP途径
PolyPn PolyP _{n-2} 聚磷酸盐	Pyruvate 丙酮酸
Pi 磷酸根	NADH 还原型辅酶 I
	NAD 辅酶 I
AcetylCoA 乙酰辅酶 A(乙酰—CoA)	

在厌氧条件,由于没有分子氧存在,除磷菌不能进行 TCA 循环,除磷菌水解聚磷酸盐(PP)吸收醋酸(HAc)合成 PHA_s过程中所需还原能力来自它所含糖(CH)单元的厌氧酵解,该酵解的最终产物也是 PHA_s。



该反应的反应物与生成物之间的定量关系(式1)已被实验数据所证实。值得注意的是这些实验并不是用纯的除磷菌来做的,而是以活性污泥来做的。所用活性污泥的特征是:含磷量(P/MLSS)在6%~10%(W/W)范围;糖类物质(CH)含量为11.7%~15.3%(W/W)。这样的污泥每天厌氧吸收1mol HAc 降解 1/6mol 细胞内 CH,同时释放0.88mol PO₄-P。

在进水中有机物被吸收之后,除磷菌在厌氧状态下生存所需能量主要来自聚磷的水解(式2)。



(2)除了磷菌之外,有一些微生物能够在厌氧条件下降解细胞内的糖单元为吸收有机物合成 PHA_s 提供能量,这个过程中没有磷释放。这样的细菌称为聚糖菌,其代谢模式见图2。

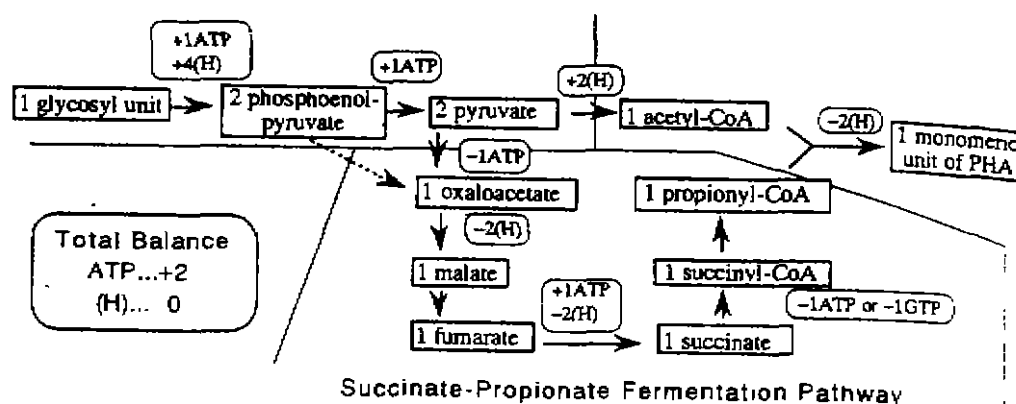


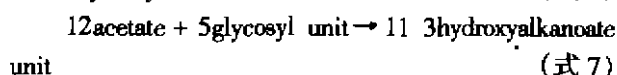
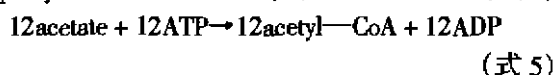
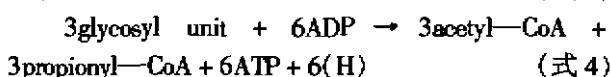
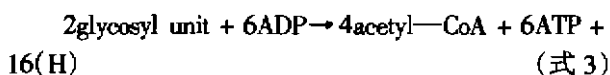
图2 聚糖菌厌氧酵解所含糖单元的途径

glycosyl unit 糖基单元
Phosphoenol - Pyruvate 磷酸烯醇丙酮酸
Pyruvate 丙酮酸
acetyl - CoA 乙酰—辅酶 A
monomeric unit of PHA 聚羟基链烷酸单体单元
Total Balance 总平衡
oxaloacetate 丁酮二酸

malate 苹果酸
fumarate 反丁烯二酸
propionyl - CoA 丙酰辅酶 A
Succinyl - CoA 丁二酰辅酶 A
Succinate 丁二酸
Succinate - Propionate Fermentation Pathway 丁二酸—丙酸发酵途径

图2所示的反应模式包括了两个反应过程(式3、式4),它们共同作用为聚糖菌吸收醋酸合成 PHA_s(式5、式6)提供能量和还原能力。

整个厌氧反应的总反应式,见式7。



可见,聚糖菌每吸收 1molHAc 只需降解 5/12mol糖单元,不须要释放磷。式7也已被实验数据证实,这些验证试验所用活性污泥含糖量(CH/MLSS)在24%~40%(W/W)范围。

2 A/O 工艺的好氧反应方式及其需氧量计算

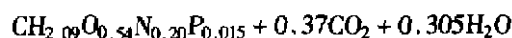
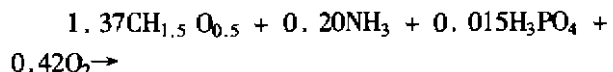
A/O 工艺的好氧生化反应包括下面几个方面:硝化反应、细胞合成反应、磷吸收反应(聚磷盐合成反应),CH 合成反应及为维持活性污泥微生物生命

活动所进行的氧化反应(以M反应表示)。硝化反应的需氧量计算已经很成熟。在此不重述。

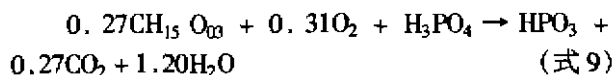
假设在理想状态下,进水中的COD都在厌氧反应中被去除,其反应产物为PHB(PHA_s的一种),除硝化反应外的其它好氧反应都是用分子氧化去氧化PHB的氧化反应。

式8是活性污泥细胞物质的合成反应,每合成一个碳摩尔的细胞物质,所消耗分子氧量为0.42 mol,相当于0.45 gO₂/g新污泥。因此,细胞物质合成所耗氧量可用污泥产率Y来计算。即

$$0.45 \times Y \times \text{COD 总量}$$



(式8)



(式9)

式9是聚磷合成反应式,可见除磷菌每吸收1mol磷所消耗的氧量为0.31 mol。该反应式可以用有磷/无磷平行耗氧曲线来测定(图3)。由图3可见当混合液液相中有磷存在时,好氧反应消耗了较多的氧。混合液液相中无磷时,好氧反应消耗的氧就较少,二者之差即为微生物吸磷反应所耗的氧量。其比值大约为0.31 molO₂/PO₄-P-mol。与式9的理论值相同。

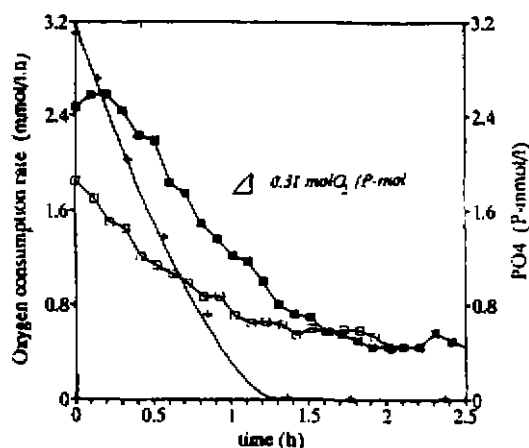


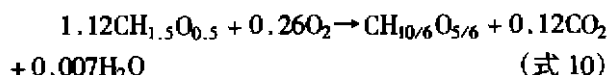
图3 聚磷合成反应耗氧量的测定

Oxygen consumption rate (mol/l·h)

耗氧速率 (毫摩尔/升·小时)

PO₄(P-mol/l)

PO₄(P-毫摩尔/升)

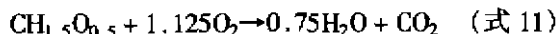


(式10)

式10是细胞内糖类物质的合成反应式,和聚糖菌在好氧条件下都合成糖(CH),每合成一个mol

糖单元(C₆H₁₀O₅)所耗氧(O₂)量为1.56mol。

式11是微生物维持基活性所进行的氧化反应它主要是受污泥的泥龄和好氧反应时间影响的,它所耗氧量与泥龄的关系尚待确定。



3 A/O工艺传统活性污泥法耗氧量的比较

在可比的泥龄和好氧反应时间的运行条件下,A/O工艺与传统活性污泥中的活性污泥用于细胞物质合成和细胞活性维持所耗氧量是基本相同的。如果不考虑厌氧反应对硝化菌活动的不利影响,硝化作用所耗氧量也应该是相同的。因此,活性污泥所含聚磷的代谢和糖类物质的代谢以及在厌氧段可能发生的反硝化反应是造成这两个工艺耗氧量差别的主要因素。

在稳定的运行状态下,除磷A/O工艺去除1molHA_c所消耗的CH和PP分别是1/6mol和0.88mol,它们应该在好氧条件下得到再生,这些再生过程所消耗的氧量可用式9和式10来计算共0.53mol。类似可以计算出聚糖菌去除1molHA_c后,好氧再生所耗糖的需氧量为0.65mol。这两种代谢使一部分进水COD不经充分氧化而形成了活性污泥的聚合物成份(包括PHA_s和CH)。这是使A/O工艺节省需氧量的一个主要原因。而且可以看出,活性污泥中的除磷菌越多,工艺所消耗的氧就减少。当然,耗氧量的多少还受厌氧时间的影响,因为厌氧时间直接影响厌氧段PP度的水解程度。

除此之外,使A/O工艺耗氧量节省的另一个因素是可能在厌氧段发生的反硝化反应,来自回流污泥的NO_x氧化去除了一部分进水中的COD。

参考文献

- 1 Y-H. Liu Low sludge carbohydrate content: a prerequisite for enhanced biological phosphorus removal. Water Environment Research, 1997, 69(7): 1~7
- 2 Y-H. Liu Relation between sludge carbohydrate content and biological phosphate removal. Water Research, 1998, 23(5): 1635~1641
- 3 刘延华,冯生华.微生物细胞糖类物质含量的变化对生物除磷的影响.中国给水排水,1997,13(6):4~6
- 4 刘延华,冯生华.影响活性污泥糖类物质含量的因素.中国给水排水,1998,14(1):32~34
- 5 刘延华,冯生华.厌氧——好氧活性污泥法快速低耗氧去除COD的机理初探.给水排水,1997,23(6):12~16
- 6 刘延华,冯生华.对活性污泥过剩摄磷发生条件的新认识.给水排水,1997,23(10):18~20
- 7 Smolder G. J. F. et al., A metabolic model for the biological phosphorus removal process, Water Sci. Tech., 1995, 31(2), 79~93.
- 8 Satoh H. et al., Anaerobic substrate uptake by enhanced biological phosphorus removal activated sludge treating real sewage: Proc. for the 18th IAWQ biannual conf. in Singapore, 1996