

对废水生物处理中若干概念的辨析

史乐君

(平顶山尼龙 66 盐厂 467013)

摘要 文章就废水生物处理中最基本和最常用的概念, 如好氧微生物代谢方程式、营养盐投加比例、碱度的作用及影响, 氨氮的表述形式等传统的理论, 展开讨论, 并对其中不准确的地方阐述了作者的观点。

关键词 微生物代谢 营养平衡 碱度

中图分类号: X 703

1 前言

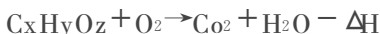
自从艾登 (Arden) 和罗克特 (Rocktee) 于 1913 年在英国的曼彻斯特市创立活性污泥法以来, 废水的工业化生物处理已有八十多年的历史。如今, 全世界已有数以万计的废水生物处理设施在运行, 废水的生物处理技术为减少污染、改善环境做出了巨大贡献。随着废水生物处理技术的广泛应用和发展, 传统的活性污泥法派生出各种改进型式。同时, 人们对传统活性污泥法也产生了新的认识。本文就废水生物处理中若干观点 (做法) 进行讨论, 并提出粗浅的认识。

2 对传统说法 (做法) 的看法

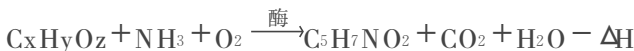
2. 1 关于有机物的代谢方程式的表达方式

在活性污泥法中, 微生物对有机物的代谢过程可概括为: 营养源充足时, 好氧异养菌将一部分底物做为合成新的细胞质的营养源, 并通过氧化其余底物和自身的氧化 (以氧化底物为主) 来提供合成新的细胞质和其它非增长过程所需的能量; 当营养源不足时, 好氧异氧菌则仅靠自身氧化以取得所需的能源。上述过程一般用下面的方程式表示:

A、有机物的氧化



B、细胞质的合成



C、细胞质的氧化

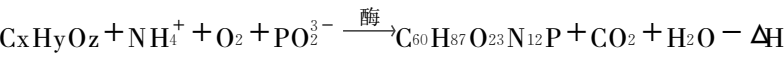


尽管各个文献所表述的细菌的分子式和代谢各个过程的方程式略有不同[1, 3]，但其实质都是一致的。问题在于，上述代表细菌的分子式及代谢过程的方程式中没有给出生命活动过程中极其重要的元素--磷。因此，上述代谢方程式未表示出微生物对有机物的实际代谢过程，至少是不全面的。目前，应用较为广泛的微生物分子结构式是 $C_{60}H_{37}O_{23}N_{12}P^{[3,4]}$ 。由于微生物的生长对各种营养物质都有要求，故专家指出：当废水中 N、P 不足时需补充。虽然磷元素含量在细菌中所占比例很少（仅 1—2%），但是，磷在微生物生命过程中所处的地位非常重要。首先，磷是生物大分子如磷脂、核苷酸、酶、核酸的重要组成元素。没有磷，微生物大分子的合成、核酸的复制都受到影响。另外，研究表明：微生物生命过程中能量的代谢时的能量贮存和转化都离不开磷。微生物在氧化过程中所释放的能量，通过磷酸化作用，被贮存在三磷酸腺苷（ATP）的高能键上。然后通过三磷酸腺苷的水解，将贮存的能量为合成生物大分子、中间产物及营养物质进入细胞所利用。生物体能量代谢的实质就是 ATP 的生成和利用。所以说，微生物的生命活动离不开磷。而且，磷无论是在自然界还是在菌体中都是以磷酸根的形式存在的^[5]。因此，笔者认为微生物对有机物的代谢过程以下述方程式（好氧）表述更为合适：

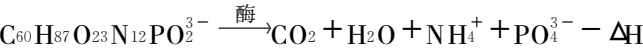
A、有机物的氧化



B、细胞质的合成



C、细胞质的氧化



需要指出的是，多数情况下，废水生物处理过程中，微生物（活性污泥）是处于 PH 为中性的环境里，氨态氮是以 NH_4^+ 的形式存在的，故以 NH_4^+ 表示之。

2. 2 关于碱度与 PH

微生物的一切生命活动是离不开环境的。环境因子对微生物的生命活动的影响和抑制也非常显著。因此，人们早就就环境因子对微生物的影响和抑制进行了深入的研究，也基本弄清楚了某些环境因子对微生物的作用机理。象 PH 值对微生物的生命活动的影响，主要是破坏外酶及存在于细胞质和细胞壁里酶的催化作用。因为 H^+ 和 OH^- 不能穿透细胞壁，故外部介质 H^+ 浓度的改变不影响细胞质中 H^+ 浓度，仅引起细胞电荷发生变化。酶的作用被破坏，微生物的生命活动即减弱甚至停止。另外 PH 值也改变生长环境中营养物质可给性及有害物质毒性。所以，人们一致认为微生物只能在一定的 PH 范围内生存。但是，在工业废水中常见的碱度这一环境因子对微生物有何影响？并非十分清楚。一般只以为，既然碱度是溶液中碱性物质含量的标度，高碱度溶液的 PH 一定显碱性。因此，认为通过加酸调 PH 值，就可以消除碱度的影响^[1]。也就是说，认为碱度和 PH 值对微生物的影响机理是一致的，即 H^+ （ OH^- ）的作用^[3,4]，事实并非如此。工业废水生物处理装置受碱度（经 PH 值调节后）影响实例不少，原因在于它们各自所代表的物理意义不同，其作用机理也不相同。

如上所述，碱度标度的是水中能与强酸进行中和反应的物质的量，即碱性物质的含量。而 PH 的定义为溶液中氢离子浓度的负对数，表示的是溶液的酸碱性。这两个概念相关，但意义并不相同。

如上所述，碱度标度的是水中能与强酸进行中和反应的物质的量，即碱性物质的含量。而

PH 的定义为溶液中氢离子浓度的负对数, 表示的是溶液的酸碱性。这两个概念相关, 但意义并不相同, 对于碱性溶液加酸进行中和处理时, 生成的是盐和水, 中和反应的实质是 H^+ 和 OH^- 结合。中和反应的作用在于消除了 H^+ (或 OH^-) 对微生物的影响。但是, 应该注意到, 在 H^+ 和 OH^- 结合的同时, 碱金属离子和酸根离子也同时生成盐。

在诸多影响和抑制微生物生命活动的环境因子中, 溶液的渗透压亦是重要因素。由于细菌的细胞质膜具有半透膜的性质, 一般情况下, 穿过细胞质膜进入细胞内水分子同通过细胞质膜进入溶液的水分子相同, 即细胞中水分子浓度恒定。如改变溶液中某些组份的浓度 (如盐或糖浓度), 也就是改变了溶液的渗透压。由于细胞质膜的透过作用, 使细胞中水浓度失去平衡, 这将会对细胞产生影响。如果这个改变是缓慢的, 由于微生物是有可驯化性的, 微生物能适应这种环境改变, 能在新环境下生存。若这个改变是急剧的话, 溶液的渗透压无论是增大或降低, 都会对微生物产生严重影响, 或使细菌脱水而亡或使细菌膨胀而死亡。碱度的影响不因 PH 调节而消除的原因亦在于此。碱度不同, 生成的盐浓度不同, 渗透压也不同。当碱度大幅度变化时, 通过 PH 调节生成的盐浓度也将大幅度变化, 微生物必然因渗透压的变化而受抑制或死亡。

综上所述, 碱度对微生物的影响和抑制作用和 PH 并非完全一致, 当含有碱度废水未进行 PH 调节时, 对微生物的影响和抑制作用与 PH 是等同的, 即影响因子为 H^+ (或 OH^-); 但经过中和调节后的含有碱度废水, 对微生物的影响和抑制并未因 PH 的调节而消除, 只不过影响因子由 H^+ (或 OH^-) 演变成渗透压。因此, 笔者认为: 在废水生物处理中, 将碱度和 PH 作为同一因素来考虑是不妥当的, 应将碱度做为一个特定指标加以监测和控制, 以保证微生物的正常生命活动。

2. 3 关于 BOD : N : P = 100 : 5 : 1

根据微生物的营养平衡, 在废水生理处理过程中, 微生物摄取和降解含碳有机化合物的同时, 也需要一定比例的氮和磷, 因为氮、磷是微生物的生命基础的细胞核和酶的组成元素。但是, 大多数工业废水如石油化工废水及某些有机合成化学工业、食品工业、纸浆工业等所排放的废水中, 含氮、磷很少或者几乎不含。所以, 用生物法处理这些废水时, 必须适量投加氮和磷。目前流行于国内的废水生物处理营养盐投加比例均按 BOD : N : P = 100 : 5 : 1, 这个比例关系来源于索耶 (Sawyer) 的研究, 索耶以生活污水、城市污水为底物, 和各种微生物的营养需求进行深入研究, 于 1947 年提出微生物对 BOD、氮、磷的需求比例^{[2][4]}, 一般情况下, BOD 指的是生化系统进水底物含量。

确切地说, 在比例关系式 BOD : N : P = 100 : 5 : 1 中, BOD 所表示的是被微生物所降解的底物的量, 即微生物每分解 100 单位 BOD, 需要 5 单位的氮和 1 单位的磷。换句话说, BOD : N : P = 100 : 5 : 1 所表示的是微生物对 BOD、氮、磷的需求比例, 而非投加比例。如果这个比例式作为投加比例, 必须有两个前提条件: 废水中不含氮、磷及废水 BOD 几乎被 100% 地去除, 否则的话, 投加的氮、磷将过剩。

长期以来, 人们一直把这个比例关系式作为投加比例, 其主要原因是: 发展较早的是城市污水处理, 废水可生化性好, BOD 能几乎被 100% 地去除; 而且, 那个时期的污水中氮、磷含量也是很低的。但是, 在工业高度发达和地球环境日益恶化的今天, 情况就不同了。其一, 各种工业废水的成份、性质差异很大, 工业废水的可生化性差异也很大。同时, 工业废水的不稳定性也影响生化处理装置的运行稳定性, 无论采用哪一种生化处理方法, 底物的去除率也极少能达到 95%。有的只能达到 60%, 况且, 对底物的去除率也是不稳定的 (因活性污泥经常受“冲

击”)。因此，在工业废水处理中，如仍按上述比例关系投加氮、磷，将造成氮、磷因 BOD 未被去除而过剩，这样，不仅在经济上不合理，剩余的氮、磷随处理水排向水体，会加剧水体的富营养化。其二，行业不同，工业废水氮、磷含量差异也极大，某些工业废水，如含腈废水的氮的含量很高，处理这类的废水多采用生物脱氮工艺。所以，应视具体水质情况确定营养盐的投加。

综上所述，笔者以为，营养源比例关系式 $BOD : N : P = 100 : 5 : 1$ 如作为投加比例，只能用在废水中含氮、磷极少或几乎不含的场合。而且，其中的 BOD 应该是被降解的底物的量，即 $(BOD_{\text{进水}} - BOD_{\text{出水}})$ ，为了便于区别，可表示为 $\Delta BOD : N : P = 100 : 5 : 1$ ，按照这个关系式投加氮、磷，既能满足微生物对各种营养元素的要求，也尽可能地避免了氮、磷投加过多而造成的浪费和二次污染。

另外，笔者建议，投加营养盐最好采用国外流行，更为先进的，以污泥的增加量来确定氮、磷投加量的方式^[4]。

2. 4 关于氨氮的表示形式

根据自然界水中含氮化合物不同，将氮分别称为硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮和有机氮。长期以来，人们习惯上将水中以游离氨 (NH_3) 和离子氨 (NH_4^+) 形态存在的氮称为氨氮，国内学术界将氨氮统一表示为 $NH_3 - N$ ^[6]。

笔者认为将氨氮统表示为 $NH_3 - N$ 是不确切的，既然氨在水中以两种形态存在，那么，就应该依具体情况而恰当表示之。

NH_3 和 NH_4^+ 在水中浓度可分别用下式表示^[4]

$$NH_4^+ \% = \frac{100}{1 + (K_a / [H^+])} \tag{2-1}$$

$$NH_3 \% = \frac{100}{1 + ([H^+] / K_a)} \tag{2-2}$$

其中：

$$K_a = \frac{[NH_3][H^+]}{[NH_4^+]} \tag{2-3}$$

因此，氨氮的存在状态和 PH 值有关，PH 为 9 以上时，游离氨 (NH_3) 含量增高，PH 值显中性或酸性时，游离氨几乎不存在，绝大多数氨以离子氨的形式存在，由于大多数情况下，微生物适于在 PH 为中性的条件下生存，也就是说，废水的 PH 值多在 6—8 左右，因此，在污水生物处理中，氨氮是以离子氨 (NH_4^+) 的形式存在，所以，表示为 $NH_4^+ - N$ 较为恰当。

应该指出的是，近年来国外的废水生物处理文献中，对于氨氮，多表示为 $NH_4^+ - N$ 很少见到用 $NH_3 - N$ 表示氨氮的。

3 结束语

由于工作关系，经常接触废水生物处理方面基础理论和废水生物处理运行装置，多年的生产实践，使笔者深深感到：某些传统的说法（或做法）不太科学，也不大符合实际情况，而废水生物处理工作中又离不开。这些不大妥当的说法（或做法）不仅会造成人们概念上的混淆，而且对指导废水生物处理生产运行会产生不利影响，故在此撰文，大胆阐述自己的看法和粗浅的认识，不妥之处，恳请指教。

参 考 文 献

1 (美) 梅特卡夫和埃迪公司著 秦裕衍等译《废水工程》(第二版) 北京: 化学工业出版社, 1979, 62, 282

2 (日) 井出哲夫著, 张自杰等译, 全浩校《水处理工程理论及应用》(第一版), 北京: 中国建筑工业出版社, 1986, 167-168, 188-189

3 张自杰, 周帆著《活性污泥生物学与反应动力学》(第一版), 北京: 中国环境科学出版社, 1989, 96, 408~503

4 (美) 拉里·D·贝尼菲尔德、克里福德·W·兰德著, 邢建、段宁译《废水生物处理过程设计》(第一版), 北京: 中国建筑工业出版社, 1984, 77-87, 192

5 无锡工学院:《微生物学》(第二版), 北京: 中国轻工业出版社 1994. 22-277

6 国家环保局:《水和废水监测分析方法》(第三版), 北京: 中国环境出版社, 1989, 252

Dispute About Several Conceptions of Waste Water
Biological Treatment

Shi Luojun
(*Pingdingsham Nylon 6. 6 Salt Plant*)

Abstract Several basic conceptions commonly used in waste water biological treatment are discussed in this thesis. Such as aerobic microorganism metabolism equation, feeding proportion of nutrients salt, function and influence of alkalinity and behaving form of ammonia-N etc. Moreover, author's opinions are elaborated to these traditional theories which are not very exact.

Keywords microbiological metabolic nutrition balance alkalinity