



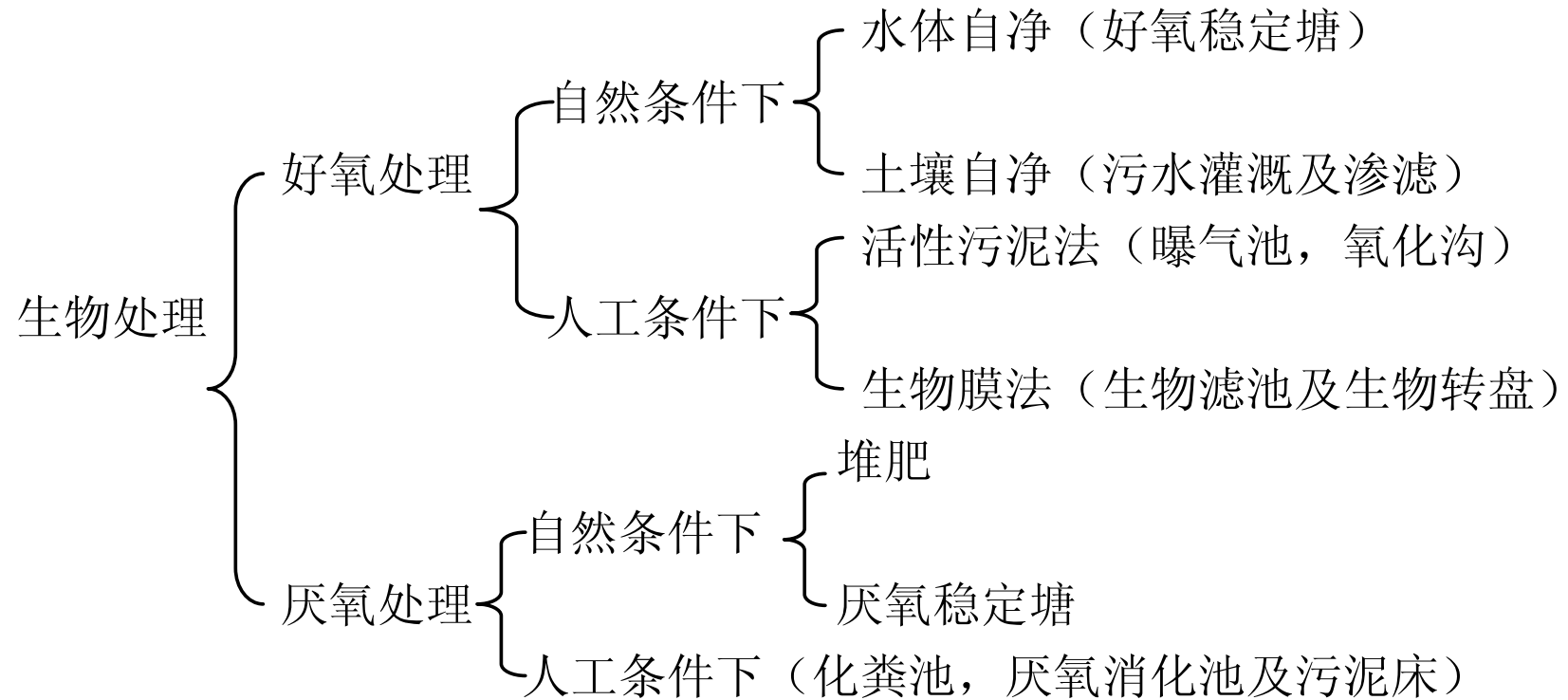
# 水处理工程

## 第十一讲 污水生物处理概述





# 生物处理方法分类





## ● 细菌的营养

### 光能营养



光能自养菌：CO<sub>2</sub>为碳源；无机化合物（分子H<sub>2</sub>，还原性硫化物）为电子供体

光能异养菌：有机物为碳源，如光合细菌PSB（无氧不能合成色素）



## 化能营养：以氧化还原反应获得ATP



化能自养菌：无机物为电子供体，如硝化菌（ $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ ），硫磺细菌（ $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{S}$ 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ），铁细菌（亚铁无机化合物），产甲烷菌和产乙酸菌（利用 $\text{H}_2$ 将 $\text{CO}_2$ 还原为乙酸或甲烷）

化能异养菌：有机物为电子供体，如各种需氧菌和厌氧菌（硝酸盐还原菌和硫酸盐还原菌）



## ④ 微生物的呼吸类型

- 好氧呼吸和厌氧呼吸两大类
- 好氧菌、厌氧菌和兼性菌

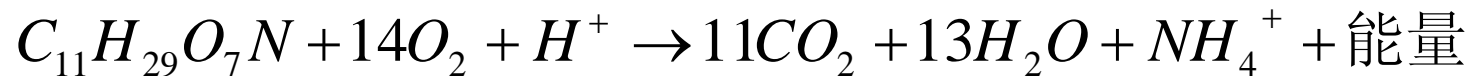
④ 好氧呼吸：有分子氧 ( $O_2$ ) 参与的生物氧化，反应的最终受氢体是分子氧。实质上是脱氢和氧活化相结合的过程，同时放出能量。

- 首先底物中的氢被脱氢酶活化，并从底物中脱出交给辅酶（递氢体），同时放出电子，氧化酶利用底物放出的电子激活游离氧，活化氧和从底物中脱出的氢结合成水。
- 异养型微生物、自养型微生物



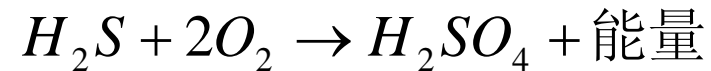
## 异养型微生物

- 以有机物为底物（电子供体），其终点产物为二氧化碳、氨和水等无机物，同时放出能量。
- 有机废水的好氧生物处理，如活性污泥法、生物膜法、污泥的好氧消化等都属于这种类型的呼吸。

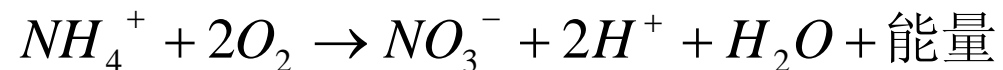




- 以无机物为底物（电子供体），其终点产物也是无机物，同时放出能量。



造成大型合流污水沟道和污水沟道顶部腐蚀的原因



生物脱氮工艺中的生物硝化过程



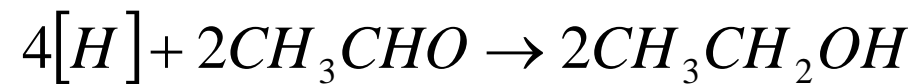
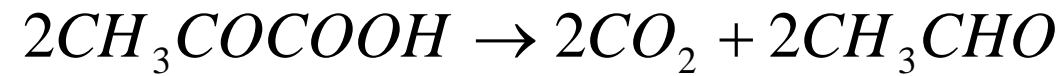
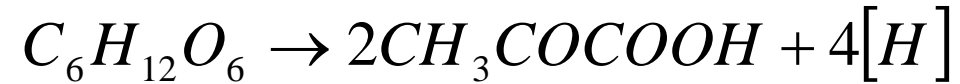
- 在无分子氧 ( $O_2$ ) 的情况下进行的生物氧化
  - 厌氧微生物只有脱氢酶系统，没有氧化酶系统。
  - 厌氧菌对氧很敏感，当有氧存在时，活化的氢和氧结合为过氧化氢，而厌氧菌缺乏分解过氧化氢的酶，过氧化氢的积累对细胞发生毒害。
  - 在呼吸过程中，底物中的氢被脱氢酶活化，从底物中脱下来的氢经辅酶传递给除氧以外的有机物或无机物，使其还原。
  - 按最终的受氢体的不同，分为**发酵和无氧呼吸**。



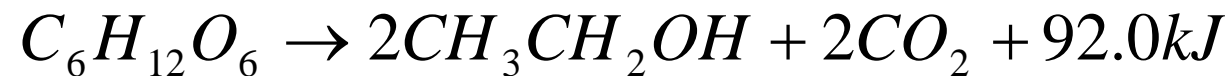


## 发酵

- 指供氢体和受氢体都是有机化合物的生物氧化作用，最终受氢体就是供氢体的分解产物（有机物）。
  - 生物氧化作用不彻底，最终形成的还原性产物是比原来底物简单的有机物
  - 在反应过程中，释放的自由能较少，故厌氧微生物在进行生命活动过程中，为了满足能量的需要，消耗的底物要比好氧微生物多。
  - 以葡萄糖为例，说明发酵的反应过程



总反应式

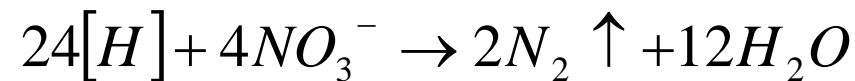
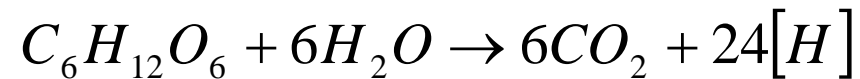




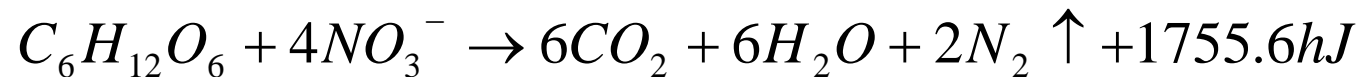
## 无氧呼吸

- 指以无机氧化物，如 $\text{NO}_3^-$ ， $\text{NO}_2^-$ ， $\text{SO}_4^{2-}$ ， $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ， $\text{CO}_2$ 等作为最终受氢体的生物氧化作用。

### 反硝化作用



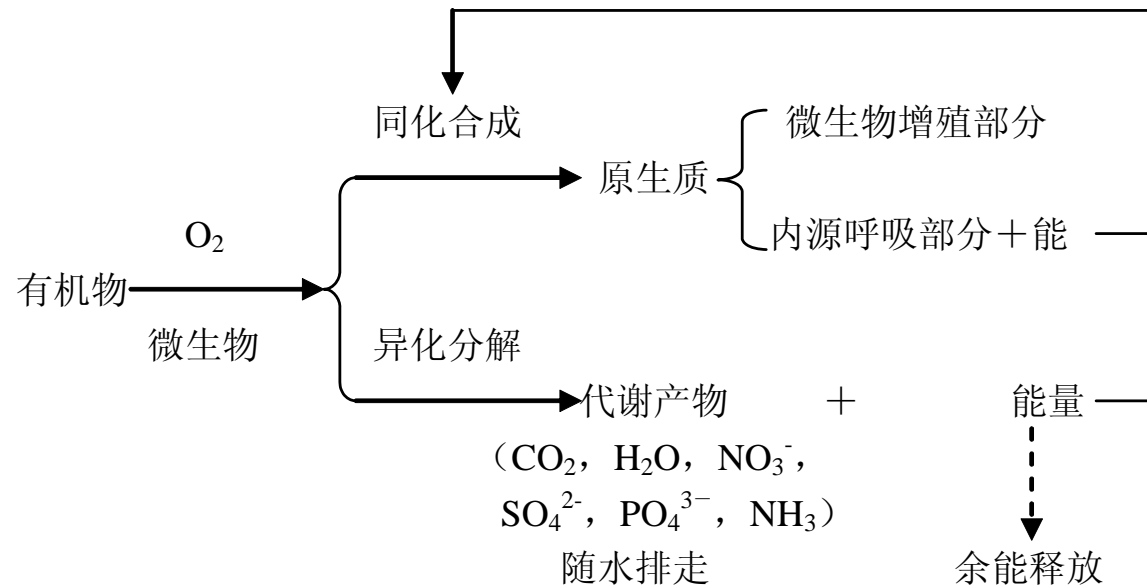
### 总反应式





## 废水的好氧生物处理

- 好氧生物处理是在有游离氧（分子氧）存在的条件下，好氧微生物降解有机物，使其稳定、无害化的处理方法。



有机物的好氧分解过程



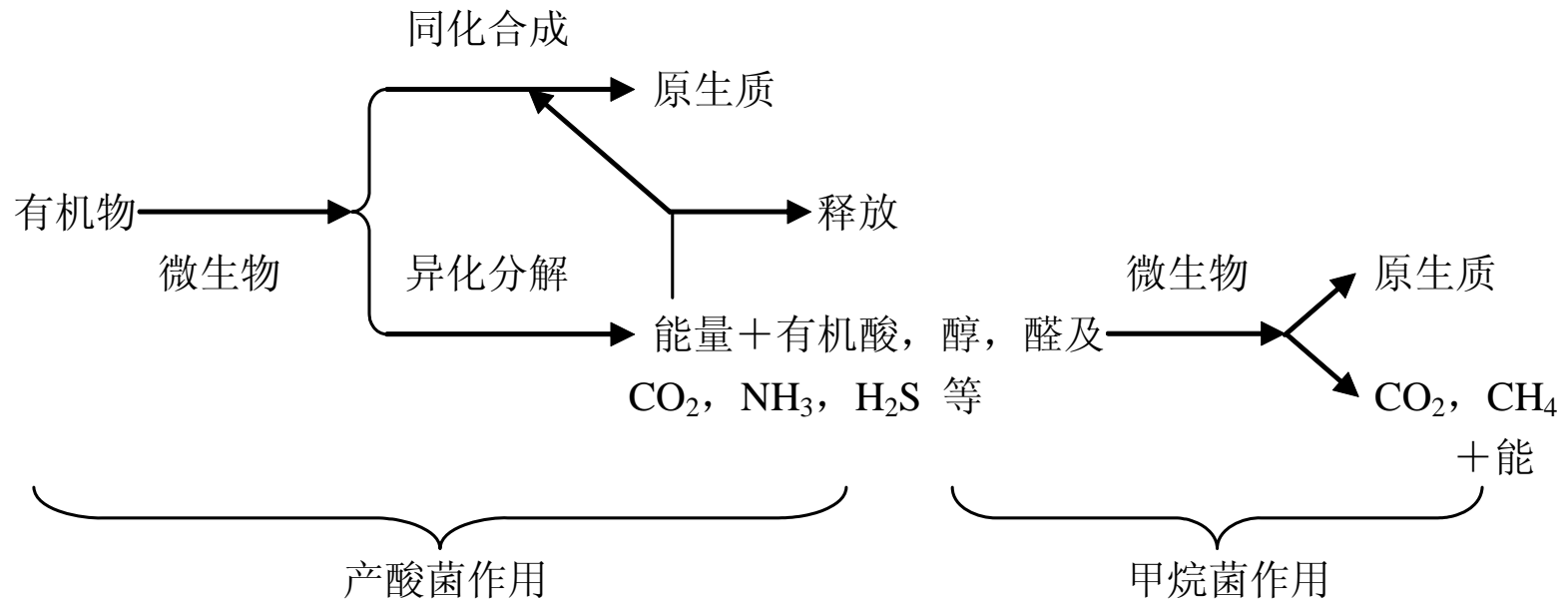
## 特点

- ① 好氧生物处理的反应速度较快，所需的反应时间较短，故处理构筑物容积较小。
- ② 处理过程中散发的臭气较少。
- ③ 目前对中、低浓度的有机废水，或者说 $BOD_5$ 浓度小于 $500\text{mg/L}$ 的有机废水，基本上采用好氧生物处理。
- ④ 好氧生物处理法有活性污泥法和生物膜法。



## 废水的厌氧生物处理

- 是在没有游离氧存在的条件下，兼性细菌与厌氧细菌降解和稳定有机物的生物处理方法。



有机物厌氧分解图



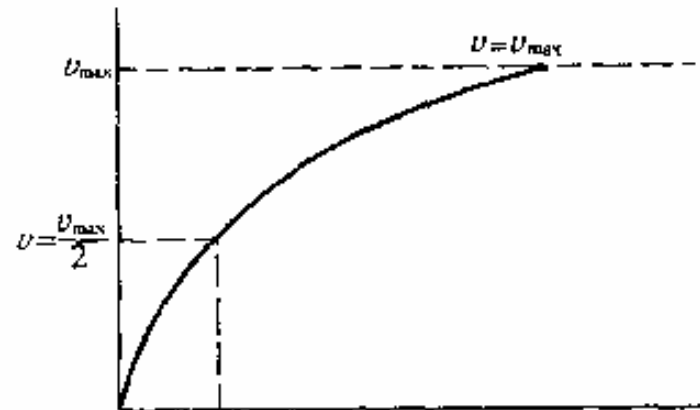
## 特点

- ① 由于厌氧生物处理过程不需另加氧源，故运行费用低，此外还具有剩余污泥量少，可回收能量（ $\text{CH}_4$ ）等优点。
- ② 其主要缺点是反应速度较慢，反应时间长，处理构筑物容积大等。通过对新型构筑物的研究开发，其容积可缩小。
- ③ 此外，为维持较高的反应速度，需维持较高的反应温度，就要消耗能源。
- ④ 对于有机污泥和高浓度有机废水（一般  $\text{BOD}_5 \geq 2000\text{mg/L}$ ）可采用厌氧生物处理。



## 米-门公式 (Michaelis-Menten)

$$v = \frac{v_{\max} \rho_s}{K_m + \rho_s} = v_{\max} \frac{\rho_s}{K_m + \rho_s}$$







## 米氏常数的意义及测定

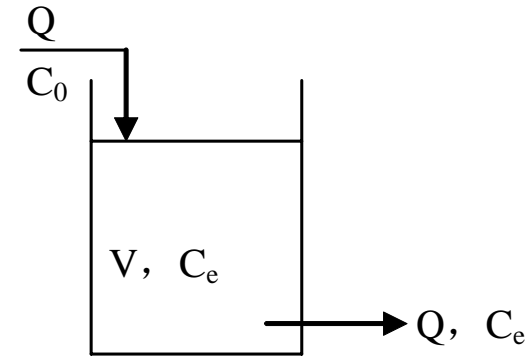
- ①  $1/K_m$ 可近似的反映酶对底物亲和力的大小，越大，表明亲和力越大。
- ② 双倒数作图法

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{v_{\max}} \cdot \frac{1}{\rho_s} + \frac{1}{v_{\max}}$$

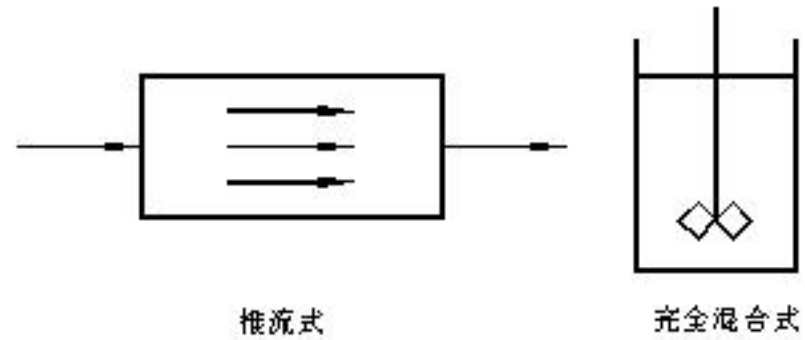


# 反应器

完全混合式



推流式





- 液流一进入反应器即和反应器内源有的混合液很好的、完全的混合了，反应器内各点的水质和活性污泥浓度都是均匀一致的。
- 在稳态运行条件下，反应器的出流和反应器内的液体的成分完全相同，若搅拌良好，液体粘度不大，且加入反应器的液流量以比液体在反应器中的平均停留时间要短得多的时间迅速均匀分布到反应器内任何部位时，可认为该反应器的水力混合是完全混合的。
- 实际运行情况与“完全混合”假定的偏离程度，通常比推流式假定的偏离程度要小得多。



## 理想的推流式反应器中水流特征

- 通过反应器的混合液沿纵向轴线以一个整体的形式向前流动，没有一个液流单元与任一其他单元相混合，即进口处各层水流依次流到出口处，互不干扰，液流中的各组分也互不扩散。
- 在垂直于液流流动方向上任一截面上，质量流动速率和混合液性质是均匀的，任一液流单元（或液流中的所有组分）在反应器中的停留时间都是相同的。因此，这些液流单元可看作为小型的间歇式反应系统而通过推流式反应器。
- 作为一个整体，推流式反应器的性能等同于一个间歇式反应系统，液流单元通过推流式反应器的时间等于液流在间歇式系统所持续的时间，推流式反应器所经历的反应过程与间歇式系统相同。



# 停留时间

$$HRT = \frac{V}{Q}$$

$$SRT = \frac{V}{\Delta V / \Delta t} = \frac{m}{\Delta m / \Delta t}$$



## 习题

- 说明异养微生物、自养微生物、发酵和无氧呼吸的电子供体和电子受体，废水生物处理中那些污染物的处理分别用到它们。
- 说明推流式和完全混合式反应器的特征。
- 分别说明米门公式中参数的意义及其求解方法。



谢 谢!

