

普通高等教育“十三五”规划教材

水环境控制

SHUIHUANJING
KONGZHI
LITI YU XITI

例题与习题

张莉 袁华 程璟 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

水环境控制

SHUIHUANJING
KONGZHI
LITI YU XITI

例题与习题

● 张莉 袁华 程璟 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《水环境控制例题与习题》将水环境生物化学与水污染治理融为一体,突出多学科交叉特色,培养学生工程实践能力。共有9章,各章包含本章要求、内容要点、例题、习题;对具有代表性的例题,给出详细的解题思路,为学生自学提供参考;习题包括单、多项选择题、填空题、简答题、计算题等题型,并提供习题参考答案。全书以水环境微生物学、化学、分析化学的理论为基础,系统地阐述了化学分析和仪器分析的基本知识及在水环境分析、监测中的应用和分析质量保证。在污水生物处理工艺和物理化学处理工艺的理论基础上,结合3个水污染治理典型工程案例,涵盖了水处理微生物学、化学、分析化学和水环境标准等基本知识,污水生物、物理、化学和物理化学处理的工艺原理和影响因素,化学分析和仪器分析在水质分析、检测中的应用,水处理设计、运行管理的基础及典型水污染治理工程实例。

《水环境控制例题与习题》可作为高等学校环境科学与工程类专业师生教学用书,也可供相关专业师生及环保科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水环境控制例题与习题/张莉,袁华,程璟主编.
北京:化学工业出版社,2016.6
ISBN 978-7-122-26791-7

I. ①水… II. ①张…②袁…③程… III. ①水环境-
环境控制-高等学校-习题集 IV. ①X143-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第078367号

责任编辑:杜进祥 高震
责任校对:王静

文字编辑:向东
装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:北京国马装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张12½ 字数308千字 2016年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

前言

水环境控制例题与习题
SHUIHUAJING KONGZHI LITI YU XITI

《水环境控制例题与习题》是依据水污染治理与水环境化学、生物学多学科交叉发展的特色,结合编者多年的实际教学经验的基础上,广泛参考国内外相关的文献资料,依托“《水污染控制工程》省级精品课程”平台,充分利用国家级“环境与化工清洁生产实验教学示范中心”“湖北省资源与环境实验教学示范中心”和“湖北省化工清洁生产中心”等校内实践教学资源编写而成。通过对本书内容的学习,使学生学习和掌握水环境生物化学的基础理论,并培养学生独立分析和解决实际水污染问题的能力。

《水环境控制例题与习题》中的“内容要点”部分,是依据相关高校研究生考试大纲,参考了全国相关高等院校考试试题和重点高校、科研院所的研究生考试试题,分析了相应章节在考试中所占比例、曾经出现的题型,指出了考生应该掌握的重点,对相应章节的重要内容及相互联系进行了总结。“经典例题详解”是从名校和科研院所的考试试题中筛选了极具代表性的试题,按照大纲要求及各类考试中所占的比重,给出了详细的解答,以便于学生比对和参考,是学生考研复习不可多得的好书。

《水环境控制例题与习题》为探讨如何提高教学质量,如何减轻学生学习的压力,如何提高和培养学生的自学能力及学习兴趣,如何培养具有创新精神的高素质人才进行了初步尝试。

《水环境控制例题与习题》内容丰富全面、取材新颖,讲解通俗易懂,理论密切联系实际,突出了科学性、系统性、实用性和前瞻性。各章的例题选题广泛,具有代表性,有利于更好地引导学生深入理解教材内容的重点、难点,提高学生分析问题和解决问题的能力,增强学生的思维能力。大量的习题有利于读者巩固已学知识,拓宽视野,进一步掌握基础知识。本书可作为高等院校环境工程、给水排水、环境科学等相关专业本科生的教学用书,也可作为报考环境工程专业硕士研究生时的参考用书,还可供各类环境监测站、科研院所和从事环境保护的专业人员参考使用。

本书的编写吸收了环境工程和环境分析领域多年来的教学成果，是环境工程和化学教师的长期教学工作和科研工作的共同结晶。本书由张莉、袁华、程璟主编。其中，第1章由张莉、程璟编写，第2章由张莉、程璟编写，第3章由陈伟、袁华编写，第4章由张莉、程璟编写，第5章由张莉、程璟编写，第6章由张莉、程璟编写，第7章由游文章、袁华编写，第8章由陈伟、袁华编写，第9章由刘旭晴、胡立嵩、梅明、程璟编写，附录由张莉、袁华、程璟编写。张莉、袁华、程璟对全书进行统稿。另外，感谢田麟霄、汪志提供的大力帮助。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2016年1月

目 录

水环境控制例题与习题
SHUIHUANJING KONGZHI LITI YU XITI

第一篇 水环境生物化学基础

第 1 章 水处理微生物学基础 ————— 2

- 1.1 水中常见微生物的类型、特点及水环境生物特征性污染指标 2
- 1.2 微生物的生长和代谢 5

第 2 章 水环境化学基础 ————— 9

- 2.1 水环境中的化学平衡、溶解和沉淀作用 9
- 2.2 水环境化学性、物理性污染指标 12

第 3 章 水环境分析化学基础 ————— 16

- 3.1 水环境样品的采样、处理 16
- 3.2 水环境分析方法 18
 - 3.2.1 化学分析法 18
 - 3.2.2 仪器分析法 21
- 3.3 分析数据的处理 24

第 4 章 水环境标准 ————— 28

- 4.1 水环境保护标准的体系和分类 28
- 4.2 水环境保护标准的分析方法 32

第二篇 水处理工艺原理、影响因素

第 5 章 污水生物处理 ————— 37

- 5.1 污染物在水体中的生物降解过程及水体中金属的微生物转化 37
- 5.2 好氧生物处理 40

5.3	厌氧生物处理	56
5.4	废水的生物脱氮除磷	61
第6章	污水物理化学处理	68
6.1	污水的物理处理	68
6.2	污水的化学处理	73
6.3	污水的物理化学处理	78

第三篇 水环境分析

第7章	水环境化学分析	84
7.1	酸碱滴定法	84
7.2	氧化还原滴定法	87
7.3	配位滴定法	90
7.4	沉淀滴定法	94
7.5	重量分析法	96

第8章	水环境仪器分析	100
8.1	分子光谱分析法在水环境监测中的应用	100
8.2	原子吸收光谱分析法在水环境监测中的应用	103
8.3	色谱分析在水环境监测中的应用	106
8.4	电化学分析法	109
8.5	其他仪器分析法	112

第四篇 水污染治理案例分析

第9章	城市污水处理厂的设计、运行管理及水污染治理案例精选	115
9.1	医药化工园区某制药企业 300m ³ /d 污水处理工艺初步设计	123
9.2	济柴动力武汉发动机厂 50m ³ /d 污水处理工艺初步设计	135
9.3	黄鹤楼酒业 100m ³ /d 酿造废水处理工程设计	142
9.4	案例分析习题	152

附录	159
-----------	------------

附录一	习题参考答案	159
附录二	水相关质量标准、排放标准	189

参考文献	193
-------------	------------

水环境生物化学基础

第一篇

水环境生物化学基础

水处理微生物学基础

本章要求

本章内容主要包括水中常见微生物的类型和特点；污水中生物性污染物的分类和水质指标，以及水中微生物的生长、代谢的特征。本章要求重点掌握以下几点：

- ① 掌握常见微生物的分类及特点；
- ② 掌握污水中生物性污染物的分类和水质指标的意义，重点掌握污水中生物性污染指标（细菌总数、大肠菌群和病毒），掌握水质标准中的卫生学指标（细菌总数和总大肠菌群数）；
- ③ 掌握微生物新陈代谢的分类及特点，掌握微生物的生长规律和生长环境，以及微生物生化反应的速度与级数；
- ④ 掌握酶反应动力学（米-门方程）、微生物生长动力学（莫氏方程）和废水生物处理的基本数学模式。

1.1 水中常见微生物的类型、特点及水环境生物特征性污染指标

一、内容要点

(1) 微生物 (microbe)：是肉眼看不见或看不清楚的微小生物的总称。只能凭借显微镜才能观察到的单细胞和多细胞生物。微生物具有个体微小、结构简单、进化地位低等特点。

(2) 酶：是由活细胞产生的能在生物体内和体外起催化作用的生物催化剂。酶有单成分酶和双成分酶之分。单成分酶完全由蛋白质组成，这类酶蛋白质本身具有催化活性，多数可分泌到细胞体外催化水解，所以是外酶。双成分酶是由蛋白质和活性原子基团相结合而成，蛋白质部分为主酶，活性原子基团一般是非蛋白质成分，此部分若与蛋白质部分结合较紧密时，称之为辅基；结合不牢固时，称之为辅酶。

(3) 生物污染物：主要指废水中的致病性微生物，包括致病细菌、病虫卵和病毒。

(4) 污水生物性污染指标：主要有细菌总数、大肠菌群和病毒。水中细菌总数反映了水体受细菌污染的程度，可作为评价水质清洁程度和考核水净化效果的指标。大肠菌群被视为最基本的粪便污染指示菌群。

(5) 酶具有一般无机催化剂所共同具有的特点，又具有其独特的性能，主要体现在以下

几个方面：①催化效率高，对于同一反应，酶比一般化学催化剂的催化速度高 $10^6 \sim 10^{13}$ 倍；②专属性，酶对其所作用的物质即底物有着严格的选择性；③对环境条件极为敏感；④酶能在常温、常压和中性环境下进行催化反应，而一般非酶催化剂需要高温、高压的环境下才能进行催化反应。

二、例题

1. () 是活性污泥组成和净化功能的中心，是微生物中最主要的成分。

- A. 细菌 B. 真菌 C. 原生动物 D. 后生动物

答案：A

活性污泥中出现的生物是普通的微生物，主要是细菌、放线菌、真菌、原生动物与少数其他微型动物。细菌占活性污泥中微生物总质量的 $90\% \sim 95\%$ ，在有机物的净化中起着最重要的作用。活性污泥中的细菌主要是菌胶团细菌和丝状细菌，它们构成了活性污泥的骨架。在正常情况下，细菌主要以菌胶团形式存在，游离细菌仅出现在未成熟的活性污泥中，在废水处理条件变化（如污染物浓度升高等），使菌胶团解体时，也可能出现。因此，游离细菌是活性污泥处于不正常状态的特征。除了菌胶团外，成熟的活性污泥中还常常存在丝状菌。

2. 细菌表面具有的 () 是形成菌胶团的物质。

- A. 蛋白质 B. 多糖类黏质层 C. 有机磷 D. 无机磷

答案：B

有些细菌由其遗传特性决定，细菌之间按一定的排列方式互相黏集在一起，被一个公共荚膜包围形成一定形状的细菌集团，叫做菌胶团。它是活性污泥絮体和滴滤池黏膜的主要组成部分。菌胶团有很强的吸附能力和分解有机物的能力，它对有机物的吸附和分解为原生动物和微型后生动物提供了良好的生存环境。菌胶团的形状有球形、蘑菇形、椭圆形、分枝状、垂丝状及不规则形。菌胶团是活性污泥和生物膜的重要组成部分，有较强的吸附和氧化有机物的能力，在水生物处理中具有重要作用。有些细菌在一定的环境条件下可形成一层黏液性物质，包围在细胞壁外面。这层物质叫黏液层，其成分主要是多糖和果胶类物质。

3. 酶是由 () 组成的，它起着特定的生物化学的催化作用。

- A. 蛋白质 B. 糖类 C. 活性菌 D. 好氧菌

答案：A

酶是由活细胞产生的具有催化作用的有机物，大部分为蛋白质，也有极少部分为 RNA。

4. 活性污泥处理污水系统中，占优势的是 () 菌。

- A. 需氧 B. 厌氧 C. 兼性 D. 菌胶团

答案：C

生物处理的主要作用者是微生物，根据反应中氧气的需求，可将细菌分为好氧菌、兼性菌和厌氧菌。好氧生物处理主要是依赖好氧菌和兼性菌的生化作用来完成处理过程的工艺；厌氧生物处理主要是依赖厌氧菌和兼性厌氧菌的生化作用来完成处理过程的工艺。

5. 活性污泥中菌胶团的作用是什么？

答：使活性污泥形成絮凝体；使活性污泥易于沉降，达到泥水分离的目的；保护细菌本身不被原生动物吃掉。

三、习题

1. 选择题

- (1) 污泥成分中的有机物一般分三种, 而微生物中的细菌大体可分 () 种。
A. 5 B. 4 C. 3 D. 2
- (2) 由于酸性腐化细菌与甲烷细菌对温度、pH 值的适应性不同, 世代长短相差 ()。
A. 不大 B. 零 C. 悬殊 D. 1 代
- (3) 中温厌氧菌的生长温度范围是 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$, 最适合温度是 () $^{\circ}\text{C}$ 。
A. $38\sim 35$ B. $36\sim 34$ C. $34\sim 33$ D. $33\sim 32$
- (4) 厌氧发酵微生物的营养要求控制在碳、氮、磷在 $(200\sim 300): ()$ 为宜。
A. $3: 1$ B. $4: 1$ C. $5: 1$ D. $6: 1$
- (5) 酸性腐化细菌对 pH 值、有机酸及温度适应性很强, 世代短, 数分钟到数小时即可繁殖一代, 属于 () 细菌群。
A. 异养型兼性 B. 专性厌氧 C. 甲烷球菌属 D. 专性好氧
- (6) 由于甲烷菌的专一性很强, 所以在厌氧消化条件下, 有机物分解往往是 ()。
A. 完全的 B. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ C. 无机物 D. 不完全的
- (7) () 对甲烷菌产生抑制的主要原因是与甲烷争夺氢。
A. NO_3^- B. CO_2 C. H_2SO_4 D. H_2S
- (8) 高温厌氧菌的产生温度范围是 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$, 最适宜温度是 () $^{\circ}\text{C}$ 。
A. $50\sim 51$ B. $51\sim 53$ C. $53\sim 55$ D. $55\sim 56$
- (9) 大部分酶的最适宜温度是 () $^{\circ}\text{C}$ 。
A. $40\sim 50$ B. $30\sim 40$ C. $20\sim 30$ D. $10\sim 20$
- (10) 一般认为微生物处理污水水温在 () $^{\circ}\text{C}$ 时效果最佳。
A. $10\sim 20$ B. $20\sim 30$ C. $30\sim 40$ D. $40\sim 50$
- (11) 细菌的细胞物质主要是由 () 组成, 而且形体很小, 所以带电荷。
A. 碳水化合物 B. 蛋白质 C. 脂肪 D. 纤维素
- (12) 污水的生物处理, 按作用的微生物, 可分为 ()。
A. 好氧氧化 B. 厌氧还原 C. 好氧还原 D. 好氧氧化、厌氧还原
- (13) 当运行条件和处理水质发生变化时, () 亦随之变化, 因此其在评定活性污泥质量和污水处理效果方面具有一定意义。
A. 细菌 B. 真菌 C. 原生动物 D. 后生动物
- (14) 细菌摄入营养物质的方法, 大体可以分为 ()。
A. 主动、被动和有选择 B. 有选择的主动
C. 无选择的被动 D. 主动或被动
- (15) 关于水资源的说法正确的是 ()。
A. 我国的人均占有量世界第一 B. 世界上淡水资源十分富足
C. 我国的水资源北方较南方贫乏 D. 水被污染的现象并不普遍

2. 是非题

- (1) 轮虫不是仅在完全氧化型活性污泥系统中才较多出现。 ()
- (2) 混合液挥发性悬浮固体能较确切地代表活性污泥微生物。 ()



- (3) 易形成絮凝体的细菌有动胶菌、属产碱杆菌、无色杆菌、黄杆菌等。()
- (4) 好氧微生物处理 pH 值一般以 6.5~9.0 为宜。()
- (5) 水温是影响微生物生长活动的重要因素。()
- (6) 后动物在评价活性污泥质量和污水处理效果方面具有一定的意义。()
- (7) 真菌是活性污泥组成和净化的中心。()
- (8) 微生物具有将机物氧化分解并转化为无机物的巨大功能。()
- (9) 细菌是活性污泥在组成和净化功能上的中心,是微生物中最主要的成分。()
- (10) BOD 负荷是影响污泥增长、有机物降解、需氧和沉淀性能的重要环境因素。()

1.2 微生物的生长和代谢

一、内容要点

- (1) 米氏常数 用 K_m 表示。数值等于酶促反应速度为最大反应速率一半时的底物浓度,即当 $V=V_m/2$ 时, $[S]=K_m$, 单位为 mol/L。 K_m 的物理含义是指 ES 复合物的消失速率常数 ($k_{-1}+k_2$) 与形成速率常数 (k_1) 之比。
- (2) 底物浓度 一般指反应物的初始浓度,在废水处理中,是指可降解有机物的浓度。
- (3) 酶促反应 生物体内的化学反应绝大多数属于酶促反应。在酶促反应中,酶作为一种生物催化剂,既具有一般的催化剂的特征,又具有不同于一般催化剂的特殊性。
- (4) 分解代谢 物质由繁到简并逐级释放能量的过程叫分解代谢(异化作用)。
- (5) 合成代谢 微生物获得能量,将低能化合物合成生物体的过程叫合成代谢(同化作用)。

二、例题

1. 生化反应动力学方程式如何表达?在废水处理中,生化反应动力学方程式的两个基本的方程式分别是什么?

答:生化反应动力学方程式是表示整个生化反应过程中,底物浓度与酶促反应速度之间的关系式。在废水生物处理中,采用了 $\mu=\mu_{\max}\frac{\rho_s}{k_s+\rho_s}$ 和 $q=q_{\max}\frac{\rho_s}{k_s+\rho_s}$ 两个基本方程式。

2. 在初始底物浓度为 10^{-5} mol/L 时试验某酶。1min 终了时有 2% 的底物转变成产物,已知 $K_m=2\times 10^{-3}$ mol/L, 计算 3min 终了时废物转变成产物的百分数是多少? 3min 底物和产物的浓度各是多少?

解 $\because [S]<0.01K_m \therefore$ 是一级反应,即 V 与 $[S]$ 成正比。

(1) 计算一级反应速率常数 k : $k_t=2.3\lg\frac{[S_0]}{[S]}$; 1min 时, $k=2.3\lg\frac{100}{98}=0.0207\text{min}^{-1}$

(2) 利用 k 计算 $t=3\text{min}$ 时 $[S]$: $2.3\lg\frac{100}{[S]}=0.0207\times 3=0.0621$;

所以,得 $\lg[S]=1.975$; $[S]=94.4$

或 $[S]=10^{-5}\times 94.4\%=9.44\times 10^{-6}(\text{mol/L})$

$[\text{产物}]=100\%-94.4\%=5.6\%$; $[\text{产物}]=10^{-5}\times 5.56\%=5.6\times 10^{-7}(\text{mol/L})$

3. 活性污泥生长过慢的原因及处理方法有哪些?

答:(1) 营养物不足,微量元素不足;(2) 进液酸化度过高;(3) 种泥不足。活性污泥

生长过慢的处理方法：(1) 增加营养物和微量元素；(2) 减少酸化度；(3) 增加种泥。

4. 微生物的营养物质组成有哪些？

答：碳源，氮源，能源，生长因子，无机盐，水。

5. 简述好氧生物膜的净化作用机理。

答：首先上层生物膜中的生物吸附废水中的大分子有机物，将其分解成小分子有机物，同时吸收溶解性的有机物和小分子有机物氧化分解，构件自身细胞，并释放代谢产物；下层生物膜吸收从上一层生物膜流下来的代谢产物，进一步氧化分解成 CO_2 和 H_2O 。

三、习题

1. 选择题

(1) 嗜温的甲烷细菌最适温度 $35\sim 37^\circ\text{C}$ ，产酸细菌最适温度是 () $^\circ\text{C}$ 。

A. 20 B. 25 C. 30 D. 35

(2) 产酸细菌只在低的 () 离子分压条件下发育。

A. 氢 B. 氧 C. 氮 D. 氨

(3) 有机物对细菌的作用大致可分为 () 作用。

A. 促进 B. 抑制 C. 毒杀 D. 促进、抑制、毒杀

(4) 在好氧的条件下，由好氧微生物降解污水中的有机污染物，最后产物主要是 ()。

A. 无机物 B. H_2O C. 悬浮固体 D. CO_2 和 H_2O

(5) 由于甲烷细菌具有一系列的特点，且又是 () 细菌，因此甲烷消化阶段控制着厌氧消化的整个过程。

A. 专性厌氧 B. 异养型 C. 异养型专性 D. 专性好氧

(6) 消化池中的微生物品种主要属于 ()。

A. 好氧菌 B. 厌氧菌 C. 兼性菌 D. 厌氧菌和兼性菌

(7) 微生物增长分为 ()。

A. 对数增长期、减数增长期、内源呼吸期

B. 内源呼吸期、减数增长期

C. 对数增长期、内源呼吸期

D. 对数增长期、内源呼吸期

(8) 活性污泥法中微生物呈 () 状态生长。

A. 附着 B. 分散 C. 悬浮 D. 自然

(9) 生物处理法是利用微生物具有 () 巨大功能，并采用人工措施创造条件，而进行污水处理的方法。

A. 强大的吸附 B. 将有机物分解为无机物 C. 将无机物分解为有机物

(10) 单位质量的酶催化生物反应的反应速率为 $0.8V_{\max}$ 和 $0.2V_{\max}$ ，所需基质浓度之比为 ()。

A. 12 B. 15 C. 16 D. 18

(11) 米氏常数是酶的特征常数之一，它只与酶的 () 有关。

A. 浓度 B. 性质 C. 反应速率 D. 组成

(12) 下列微生物中，不属于原生动物的是 ()。

A. 钟虫 B. 累枝虫 C. 漫游虫 D. 轮虫



(13) 在微生物酶系统不受变性影响的温度范围内, 温度上升会使微生物活动旺盛, 就能 () 反应速率。

- A. 不变 B. 降低 C. 无关 D. 提高

(14) 在适宜的环境里, 细菌的生长繁殖一般每隔 () 分裂一次。

- A. 10min B. 10~20min C. 20~30min D. 30min 以上

(15) 下列说法不正确的是 ()。

A. 微生物的净增长量 = 降解有机物所合成的微生物增长量 - 微生物自身氧化所减少的微生物量

B. 微生物自身氧化率的单位为 d^{-1}

C. 微生物的耗氧量等于微生物降解有机物所需的氧量 - 微生物自身氧化所需的氧量

D. 微生物自身氧化需氧率的单位为 $g\ O_2 / (g\ \text{微生物} \cdot d)$

(16) 厌氧发酵过程中的控制步骤是 ()。

- A. 酸性发酵阶段 B. 碱性发酵阶段 C. 中性发酵阶段 D. 兼性发酵阶段

(17) 厌氧消化中的产甲烷菌是 ()。

- A. 厌氧菌 B. 好氧菌 C. 兼性菌 D. 中性菌

(18) 关于活性污泥处理有机物的过程, 不正确的是 ()。

A. 活性污泥去除有机物分吸附和氧化与合成两个阶段

B. 前一阶段有机物量变, 后一阶段有机物质变

C. 前一阶段污泥丧失了活性

D. 后一阶段污泥丧失了活性

(19) 新陈代谢包括 () 作用。

- A. 同化 B. 异化 C. 呼吸 D. 同化和异化

2. 是非题

(1) 在活性污泥法处理过程中, 净化污水的第一和主要承担者是真菌。()

(2) 细菌是活性污泥在组成和净化功能上的中心, 是微生物中最主要的成分。()

(3) 后生动物在活性污泥中经常出现。()

(4) 生物膜法中能够生成硝化菌。()

(5) 微生物处理污水初期只进行合成新细胞这一过程。()

(6) 活性污泥法初期高的去除率是在真菌处于对数生长期。()

(7) 所有的酶都是一直以活性状态存在着。()

(8) 硝化反应是由一群自养型微生物完成的。()

(9) 水解阶段是易降解多聚物消化过程中的“关键”步骤。()

(10) 产酸细菌只在低的氢离子分压条件下发育。()

(11) NO_3^- 对甲烷菌产生抑制的主要原因是与甲烷争夺氢, 并抑制甲烷菌的生长。()

(12) 丝状菌大量繁殖是引起污泥膨胀的原因之一。()

(13) 在一定能量下, 大部分细菌构成活性污泥絮凝体, 并形成菌胶团。()

(14) 微生物分解代谢产物为 H_2O 、 CO_2 、 NH_3 等。()

(15) 活性污泥微生物由细菌、真菌这两种微生物群体组成。()

(16) 生物膜法中的食物链一般比活性污泥法短。()

(17) 污泥厌氧酸性发酵阶段可分为水解阶段和产酸阶段。()

- (18) 污泥厌氧处理依靠有关的厌氧菌和兼性菌的作用进行有机物的降解。()
- (19) 污泥堆肥料中的 C/N 比小, 分解慢; C/N 比大, 分解快。()
- (20) 硝化细菌为专性好氧菌, 所以在厌氧条件下它将死亡。()
- (21) 反硝化反应中的微生物多数是厌氧菌。()
- (22) 酶由蛋白质组成, 它起着特定的生物化学催化剂的作用。()
- (23) 在污泥处理过程中, 若要分解某一特定物质, 需要有特定的酶起作用。()
- (24) 反硝化反应中的微生物多数是兼性菌。()
- (25) 酶的结构一旦发生任何改变必定影响它的活性。()
- (26) 厌氧-好氧反应是由自养型微生物和异养型微生物来完成的。()
- (27) 微生物代谢分为合成代谢与分解代谢。()
- (28) 污水污泥有机物分解可以利用好氧菌、厌氧菌、兼性菌三种。()
- (29) 污泥的无害化主要是防止有机物腐化发臭。()
- (30) 生物处理中如有有毒物质, 则会抑制细菌的代谢进程。()

3. 简答题

(1) 生物膜成熟的标志是什么?

(2) 污水中大量繁殖的微生物群体凝聚而成的黄色或褐色絮绒状泥团有很强的吸附和氧化分解有机物的能力称为“活性污泥”。其主要组成部分是什么? 各自的特点有哪些?

(3) 在污泥消化过程中, 约 72% 的甲烷是由乙酸裂解的甲烷菌产生的; 其余的 28% 则是由减少 CO_2 的甲烷菌产生的, 其中 13% 从丙酸中产生, 15% 从其他中间产物产生, 请填写“有机物厌氧分解甲烷形成来源”图 1-1 中箭头上的数字。

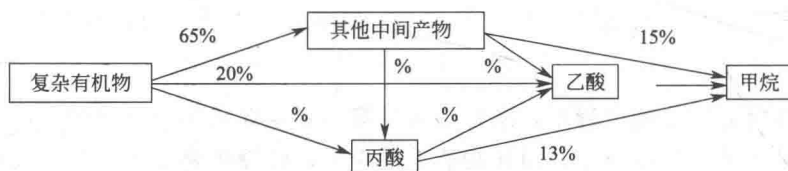


图 1-1 有机物厌氧分解甲烷形成来源

(4) 简述藻类对环境工程的影响。

(5) 什么叫生长曲线? 单细胞微生物的典型生长曲线可分为几期?

4. 计算题

(1) 请写出劳麦方程及微生物增长的基本方程。并说明其物理含义及方程式中符号含义。

(2) a. 当 $\rho_s = 0.5K_m$ 、 $\rho_s = 1K_m$ 、 $\rho_s = 5K_m$ 和 $\rho_s = 10K_m$ 时, 酶反应速率 V 与最大反应速率 $V_{\max}$ 的比是多少? b. 求算单位质量的酶催化生物反应的反应速率为 $0.9V_{\max}$ 和 $0.75V_{\max}$ 时所需基质浓度之比。

(3) 某一酶的 $K_m = 24 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, 当 $[S] = 0.05 \text{ mol/L}$ 时, 得 $V = 128 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$, 计算出该酶的浓度为 $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 时的速率 V 。

第 2 章

水环境化学基础

本章要求

本章内容主要包括天然水中的化学平衡；水环境中的溶解和沉淀作用；以及水环境化学性、物理性污染指标。结合主要内容，本章要求重点掌握以下几点：

① 掌握天然水中的化学平衡，包括酸碱平衡、溶解沉淀平衡和氧化还原平衡；

② 掌握沉淀的四种基本类型，化学沉淀的基本原理；

③ 掌握氢氧化物沉淀法、硫化物沉淀法的原理；

④ 掌握污水中化学性污染物的主要指标，分为有机物（生化需氧量、化学需氧量、总需氧量、总有机碳、油类污染物、酚类污染物、表面活性剂、有机酸碱、有机农药、苯类化合物 10 个指标）和无机物（pH 值、植物营养元素、重金属、无机性非金属有害有毒物 4 个指标）；

⑤ 掌握污水中物理性污染物的主要指标，包括温度、色度、嗅和味及固体物质（悬浮物和浊度指标）。

2.1 水环境中的化学平衡、溶解和沉淀作用

一、内容要点

（1）溶解沉淀平衡：在一定温度下，难溶电解质晶体与溶解在溶液中的离子之间存在溶解和结晶的平衡，称作多项离子平衡，也称为溶解沉淀平衡。

（2）平衡浓度：当吸附质在吸附剂表面达到动态平衡时，即吸附速率与解吸速率相同，吸附质在吸附剂及溶液中的浓度都不再改变，此时吸附质在溶液中的浓度就称为平衡浓度。

（3）溶度积：在一定温度下，难溶电解质饱和溶液中各个离子浓度幂的乘积为一常数，称为溶度积，用 K_{sp} 表示。溶度积的大小只与此时温度有关。

（4）沉淀：是固液分离或液液分离的过程；在重力作用下，依靠悬浮颗粒或液滴与水的密度差进行分离。

（5）氧化还原反应：在化学反应中，若反应前后有元素的氧化值发生变化，这样的化学反应称为氧化还原反应。对简单无机物的化学氧化还原过程的实质是电子转移；对有机物的氧化还原过程，由于涉及共价键，比较复杂。因此，凡是加氧或脱氢的反应称为氧化，加氢

或脱氧的反应为还原。

(6) 氧化还原能力：指某种物质失去或取得电子的难易程度，可以统一用氧化还原电位作为指标。

(7) 沉淀类型：根据水中悬浮物的密度、浓度及凝聚性，沉淀可分为自由沉淀、絮凝沉淀、成层沉淀和压缩沉淀四种基本类型。

(8) 化学沉淀法：向水中投加某些化学药剂，使之与水中溶解性物质发生化学反应，生成难溶化合物，然后通过沉淀或气浮加以分离的方法。

(9) 氢氧化物沉淀法：水中金属离子很容易生成各种氢氧化物，其中包含氢氧化物沉淀及各种羟基配合物。

(10) 硫化物沉淀法：金属硫化物比氢氧化物的溶度积更小，所以在废水处理中常用生成硫化物的方法，从水中去除金属离子。通常采用的沉淀剂有硫化氢、硫化钠等。

二、例题

1. 电镀废水含 ZnSO_4 为 9g/L ，若用 NaOH 沉淀 Zn^{2+} ，且处理水含 Zn^{2+} 必须低于 5mg/L ，则出水的 pH 值为多少？（已知元素的相对原子质量： Zn 65.4、 Na 23、 O 16、 H 1、 S 32，氢氧化锌的溶度积 $K_{\text{sp}} = 1.8 \times 10^{-14}$ ）

答案：9.19

解：∵ $[\text{Zn}^{2+}] = 5\text{mg/L} = (5 \times 10^{-3}\text{g/L}) / (65.4\text{g/mol}) = 7.65 \times 10^{-5}\text{mol/L}$

$K_{\text{sp}} = 1.8 \times 10^{-14}$ $K_{\text{w}} = 1 \times 10^{-14}$ $-\lg[\text{Zn}^{2+}] = -\lg K_{\text{sp}} + n\lg K_{\text{w}} + n\text{pH}$

∴ $-\lg(7.65 \times 10^{-5}) = -\lg(1.8 \times 10^{-14}) + 2\lg(1 \times 10^{-14}) + 2\text{pH}$

则： $2\text{pH} = \lg(1.8 \times 10^{-14}) - \lg(7.65 \times 10^{-5}) - 2\lg(1 \times 10^{-14})$

$= -14 + 0.255 - 0.884 + 5 + 28 = 18.371$

$\text{pH} = 9.19$

2. 含有溶性铁量较大的地下水，涌出地面成地面水，问地下水和地面水的碱度是否一致？为什么？

答：不一致。因为可溶性铁含量较大的地下水中有大量的 Fe^{2+} 存在水中，当其涌出地面暴露于空气中后， Fe^{2+} 被空气中的 O_2 氧化成 Fe^{3+} 形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀，使水的酸度增加，碱度下降。其化学反应式： $4\text{Fe}^{2+} + 10\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 8\text{H}^+$

3. 解释浅层沉降原理

答：理想沉淀池中沉降速率为 u_i 的颗粒的去除率为 E ，当 $u_i > u_0$ （截留沉降速率）时，颗粒全部去除；而 $u_i < u_0$ 时， $E = u_i / u_0 = u_i / q$ （表面负荷） $= u_i / (Q/A) = Au_i / Q$ ，则 E 只与 u_i 、 A 、 Q 有关，当 Q 不变、 u_i 不变，增大沉淀池表面积 A ，可使 E 增大，这样若沉淀池体积 V 不变，池高 h 变浅、 $A = V/h$ 变大，而使 E 变大，这种由于浅池而使 E 增大的理论就是浅池理论。

4. 解释说明二次沉淀池里存在几种沉淀类型。

答：(1) 自由沉淀：沉淀初期，历时短暂，刚从曝气池内排出的水，沉淀颗粒互不干扰；(2) 初期的沉降为絮凝沉淀：此时从曝气池中随水流进来的生物污泥和悬浮物浓度不高，而且絮凝性很强，在二次沉淀池中聚集成大的絮体从而沉下；(3) 后期沉降为成层沉淀：当在初期沉淀中的絮体聚集到一定程度，下降到一定程度，在中下部就出现悬浮固体浓度较高，颗粒彼此靠得很近，而且有很强的吸附力使所有颗粒聚集成一个整体，各自保持位