



研究生教育创新工程教材

# The Principles of Wastewater Treatment

# 废水处理原理

杨春平 罗胜联◎主编

湖南大学出版社  
Hunan University Press



研究生教育创新工程教材

# The Principles of Wastewater Treatment

# 废水处理原理

杨春平 罗胜联◎主 编

李荣 李 陈 宏 涂 朱 松 柏◎副主编

藏书章

湖南大学出版社  
Hunan University Press

## 内 容 简 介

本书以《室外排水设计规范》(GB50014—2006)和污水处理厂设计计算为主线,重点介绍污水处理中各类处理过程的基本原理。主要内容包括:管网及创控系统,废水的物理处理及化学处理,废水的生物处理,污水的处理及处置等。

本书既可作为高等院校环境工程与环境科学专业研究生和高年级本科生学习废水处理工程的教材或教学参考书,也可作为从事废水处理工程设计和管理的工程技术人员、参加注册环保工程师考试的工程技术人员和高校师生的工具书,以及环境工程原理等课程的教学参考书。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

废水处理原理/杨春平,罗胜联主编. —长沙:湖南大学出版社,2011.12

ISBN 978-7-5667-0125-1

I. ①废… II. ①杨…②罗… III. ①废水处理  
IV. ①X703

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第271705号

---

## 废水处理原理

FEISHUI CHULI YUANLI

---

主 编:杨春平 罗胜联

责任编辑:丁 莎 张建平

责任校对:全 健

特约编辑:陈正严 李存远 周 媛

责任印制:陈 燕

印 装:衡阳顺地印务有限公司

开 本:787×1092 16开 印张:50.5 字数:1167千

版 次:2012年12月第1版 印次:2012年12月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5667-0125-1/TQ·12

定 价:110.00元

---

出 版 人:雷 鸣

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山 邮 编:410082

电 话:0731-88822559(发行部),88820005(编辑室),88821006(出版部)

传 真:0731-88649312(发行部),88822261(总编室)

网 址:<http://www.hnupress.com> 电子邮箱:dingsha008@126.com

---

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

# 目 次

## 第 1 章 绪 论

- § 1.1 废水处理技术的起源与发展历程 ..... ( 1 )
- § 1.2 废水处理技术的现状 ..... ( 4 )
- § 1.3 废水处理技术的发展趋势 ..... ( 5 )
- § 1.4 城市污水处理厂的建设程序 ..... ( 7 )

## 第 1 部分 排水及检测系统

## 第 2 章 设计流量和设计水质

- § 2.1 生活污水量和工业废水量 ..... ( 12 )
- § 2.2 雨水量 ..... ( 20 )
- § 2.3 合流水量 ..... ( 22 )
- § 2.4 设计水质 ..... ( 22 )
- 思考与练习题 ..... ( 24 )

## 第 3 章 排水管道系统设计

- § 3.1 排水管道系统概述 ..... ( 25 )
- § 3.2 污水管道系统设计 ..... ( 32 )
- § 3.3 雨水管道系统设计 ..... ( 40 )
- § 3.4 合流制管道系统设计 ..... ( 43 )
- 思考与练习题 ..... ( 45 )

## 第 4 章 管渠水力计算

- § 4.1 污水管渠水力计算 ..... ( 46 )
- § 4.2 雨水管渠水力计算设计参数 ..... ( 56 )
- 思考与练习题 ..... ( 58 )

## 第 5 章 附属构筑物

- § 5.1 检查井 ..... ( 59 )

§ 5.2	跌水井 .....	( 70 )
§ 5.3	水封井 .....	( 73 )
§ 5.4	雨水口 .....	( 73 )
§ 5.5	溢流井 .....	( 79 )
§ 5.6	出水口 .....	( 82 )
§ 5.7	倒虹管 .....	( 85 )
	思考与练习题 .....	( 88 )
<b>第 6 章 排水泵站</b>		
§ 6.1	概述 .....	( 89 )
§ 6.2	设计流量和设计扬程 .....	( 97 )
§ 6.3	格栅和集水池 .....	( 99 )
§ 6.4	机器间 .....	( 104 )
§ 6.5	水泵的选型和安装 .....	( 108 )
§ 6.6	污水泵站 .....	( 113 )
§ 6.7	雨水泵站及合流泵站 .....	( 126 )
	思考与练习题 .....	( 137 )
<b>第 7 章 检测与控制</b>		
§ 7.1	废水处理检测与自控的一般规定 .....	( 138 )
§ 7.2	废水处理监测指标 .....	( 139 )
§ 7.3	废水工程控制检测项目 .....	( 150 )
§ 7.4	自动控制和检测仪表 .....	( 152 )
§ 7.5	废水工程的控制与管理 .....	( 165 )
	思考与练习题 .....	( 170 )
<b>第 8 章 分子生物学技术在废水处理系统微生物检测中的应用</b>		
§ 8.1	分子生物学技术在废水处理微生物检测中的应用概述 .....	( 171 )
§ 8.2	分子生物学技术在废水处理微生物检测中的应用 .....	( 172 )
	思考与练习题 .....	( 189 )

## 第 2 部分 物理化学处理

### 第 9 章 格 栅

§ 9.1	原理构造 .....	( 192 )
§ 9.2	设计参数 .....	( 194 )
§ 9.3	设计计算 .....	( 195 )

---

§ 9.4 栅渣的处理 .....	(197)
思考与练习题 .....	(197)
<b>第 10 章 沉 砂</b>	
§ 10.1 原理构造 .....	(198)
§ 10.2 设计参数 .....	(200)
§ 10.3 设计计算 .....	(201)
思考与练习题 .....	(202)
<b>第 11 章 沉淀、澄清和浓缩</b>	
§ 11.1 沉淀 .....	(203)
§ 11.2 澄清 .....	(214)
§ 11.3 浓缩 .....	(216)
思考与练习题 .....	(222)
<b>第 12 章 隔油与气浮</b>	
§ 12.1 隔油 .....	(223)
§ 12.2 气浮 .....	(226)
思考与练习题 .....	(234)
<b>第 13 章 吸 附</b>	
§ 13.1 吸附的基本理论 .....	(236)
§ 13.2 吸附剂及其再生 .....	(239)
§ 13.3 吸附工艺与设计 .....	(241)
§ 13.4 吸附法的应用 .....	(243)
思考与练习题 .....	(243)
<b>第 14 章 过滤与膜分离</b>	
§ 14.1 过滤 .....	(245)
§ 14.2 膜分离 .....	(256)
思考与练习题 .....	(264)
<b>第 15 章 中和处理</b>	
§ 15.1 中和法的基本原理 .....	(265)
§ 15.2 中和法处理酸性废水 .....	(266)
§ 15.3 中和法处理酸性废水 .....	(272)
§ 15.4 中和过程中设计及计算 .....	(274)
思考与练习题 .....	(278)

## 第 16 章 氧化还原

§ 16.1 空气氧化·····	(279)
§ 16.2 臭氧氧化·····	(280)
§ 16.3 氯氧化·····	(281)
§ 16.4 高锰酸钾氧化·····	(283)
§ 16.5 过氧化氢氧化·····	(285)
§ 16.6 湿式氧化·····	(286)
§ 16.7 超临界水氧化·····	(289)
§ 16.8 电化学氧化·····	(292)
§ 16.9 化学还原·····	(292)
思考与练习题·····	(293)

## 第 17 章 化学沉淀法

§ 17.1 化学沉淀法原理·····	(294)
§ 17.2 化学除磷·····	(295)
§ 17.3 化学沉淀法处理重金属离子废水·····	(299)
思考与练习题·····	(301)

## 第 18 章 萃取、吹脱、汽提

§ 18.1 萃取法·····	(302)
§ 18.2 吹脱法·····	(305)
§ 18.3 汽提法·····	(309)
思考与练习题·····	(312)

## 第 19 章 离子交换

§ 19.1 离子交换的基本理论·····	(313)
§ 19.2 离子交换剂·····	(315)
§ 19.3 离子交换的工艺与设备·····	(317)
思考与练习题·····	(320)

## 第 20 章 消毒

§ 20.1 消毒机理与影响因素·····	(321)
§ 20.2 消毒设计·····	(326)
思考与练习题·····	(342)

## 第3部分 生物处理

### 第21章 活性污泥法

§ 21.1 活性污泥法原理·····	(344)
§ 21.2 活性污泥的动力学基础·····	(358)
§ 21.3 活性污泥法的运行方式·····	(365)
§ 21.4 活性污泥处理系统工艺·····	(373)
§ 21.5 活性污泥处理系统的工艺设计·····	(388)
§ 21.6 活性污泥处理系统设计参数·····	(401)
思考与练习题·····	(428)

### 第22章 生物膜法

§ 22.1 生物膜法概述·····	(429)
§ 22.2 生物滤池·····	(435)
§ 22.3 生物转盘法·····	(445)
§ 22.4 生物接触氧化法·····	(454)
§ 22.5 曝气生物滤池·····	(461)
§ 22.6 生物流化床·····	(474)
思考与练习题·····	(478)

### 第23章 污水自然处理

§ 23.1 稳定塘·····	(480)
§ 23.2 土地处理·····	(493)
思考与练习题·····	(510)

### 第24章 废水厌氧生物处理

§ 24.1 废水厌氧生物处理的原理及分类·····	(511)
§ 24.2 厌氧接触法·····	(513)
§ 24.3 两相厌氧消化工艺·····	(517)
§ 24.4 厌氧滤池·····	(520)
§ 24.5 升流式厌氧污泥床·····	(524)
§ 24.6 厌氧膨胀颗粒污泥床·····	(528)
§ 24.7 厌氧内循环·····	(530)
§ 24.8 厌氧折流板反应器·····	(533)
§ 24.9 厌氧膨胀床及流化床·····	(535)
§ 24.10 水解酸化-好氧处理工艺·····	(540)
思考与练习题·····	(544)



<b>第 25 章 供氧设施</b>	
§ 25.1 传氧原理	(545)
§ 25.2 《室外排水设计规范》中的相关条文	(551)
§ 25.3 曝气系统	(554)
思考与练习题	(568)
<b>第 26 章 污水的回用</b>	
§ 26.1 污水回用概述	(569)
§ 26.2 污水回用的途径与系统	(572)
§ 26.3 回用水水质要求与标准	(576)
§ 26.4 主要的污水回用途径	(584)
§ 26.5 回用工程实例	(592)
思考与练习题	(594)
<b>第 27 章 污水的深度处理</b>	
§ 27.1 污水深度处理技术	(595)
§ 27.2 污水脱氮除磷技术	(604)
思考与练习题	(608)

## 第 4 部分 污泥处理和处置

<b>第 28 章 污泥浓缩</b>	
§ 28.1 污泥重力浓缩	(616)
§ 28.2 污泥气浮浓缩	(624)
§ 28.3 机械浓缩法	(631)
思考与练习题	(632)
<b>第 29 章 污泥消化</b>	
§ 29.1 污泥好氧消化	(634)
§ 29.2 污泥厌氧消化	(639)
§ 29.3 污泥气的收集与利用	(648)
§ 29.4 污泥消化池设计计算实例	(651)
思考与练习题	(658)
<b>第 30 章 污泥脱水</b>	
§ 30.1 污泥自然干化	(659)

---

§ 30.2 污泥的机械脱水·····	(662)
思考与练习题·····	(673)
<b>第 31 章 污泥输送</b>	
§ 31.1 污泥流动的水力特性·····	(674)
§ 31.2 污泥输送方式·····	(675)
§ 31.3 污泥输送设备·····	(676)
§ 31.4 污泥管道输送的设计概述·····	(678)
§ 31.5 污泥管道输送的水力计算·····	(681)
思考与练习题·····	(684)
<b>第 32 章 污泥处理与处置</b>	
§ 32.1 污泥干化·····	(685)
§ 32.2 污泥焚烧·····	(686)
§ 32.3 污泥湿式氧化·····	(691)
§ 32.4 污泥卫生填埋·····	(693)
§ 32.5 污泥填地与填海造地·····	(693)
思考与练习题·····	(694)
<b>第 33 章 污泥的综合利用</b>	
§ 33.1 污泥堆肥·····	(695)
§ 33.2 污泥的土地利用·····	(702)
§ 33.3 污泥的建材利用·····	(706)
§ 33.4 其他方面的利用·····	(714)
思考与练习题·····	(716)
<b>附录 1 室外排水设计规范</b> ·····	(735)
<b>附录 2 暴雨强度公式的编制方法</b> ·····	(789)
<b>附录 3 排水管道和其他地下管线(构筑物)的最小净距</b> ·····	(790)
<b>附录 4 附录 1 规范用词说明</b> ·····	(791)
<b>参考文献</b> ·····	(792)

# 第 1 章 绪 论

## § 1.1 废水处理技术的起源与发展历程

起源于 19 世纪中叶的环境卫生工程(Sanitary Engineering)与环境类学科及废水处理技术密切相关。随着社会与文明的发展,提供一个卫生的环境来保障人类的健康成为政府的职责,这个观念来自于以下信念:每一个人的生命都与他的邻居的生命一样宝贵,强势阶层和知识分子有责任照顾弱势阶层和未受教育者。

科学本身的发展也促成了环境卫生工程概念的形成和发展。1774 年氧气的发现深刻地影响了人们对生命和降解过程的理解。当时人的过早死亡和频繁的疾病所造成的社会经济的损失已经成为一个引起社会广泛关注的问题,并促使英国的环境卫生工程学科在 1825~1850 年间逐步形成。在这一时期,人们逐步认识到了污水处置问题。1848 年,现代流行病学之父 John Snow 医生即认为水污染是霍乱传染的根源。在英国,城镇流行病的屡次爆发以及对清洁工业用水的需求,促使皇家河流污染委员会(the Royal Commission on River Pollution)于 1865 年成立,并于 1876 年颁布了《河流污染防治法》(the Rivers Pollution Prevention Act)。然而,没有相关的技术措施,这个法律本身并不能停止和防治河流的进一步污染。1885 年,伦敦市工程师 William Dibdin 认识到了微生物在废水处理中的重要性,从而开启了废水生物处理技术时代。Robert Angus Smith (1817~1884)在 19 世纪 80 年代首先研究用曝气处理废水的方法。1898 年成立的皇家污水处理委员会(the Royal Commission on Sewage Disposal)成为废水处理技术发展的一个里程碑。这个委员会组织了更好地理解影响纳污河水质的因素以及评价新型处理过程方面的研究,其中一个应用至今的研究结果是 1908 年该组织推荐使用的 BOD<sub>5</sub> 试验。

在 19 世纪的美国,随着经济的发展以及人口的剧增,饮用水和生活卫生状况问题日益突出,这也引起了社会有识之士的高度重视。麻萨诸塞州于 1869 年率先建立了州卫生厅(State Board of Health)。这时,大多数传染病包括已知的和可疑的水媒传染病是可以预防的观念已经开始被社会大众所认识,急需科学知识来提供检测以防人们的生命受到威胁。直到大约 1880 年,疾病的出现还是传染的第一证据。在这十年的时间里,当时世界各个先进国家都在这一领域内进行了争先恐后的研究,并促进了独立的水处理技术的诞生。

麻省理工学院的 W. R. Nichols (1847~1886)教授于 1871 年提交给麻萨诸塞州卫生厅的一个池塘水质矿物组分的检测研究报告是该州第一个有关供水污染方面的研究。该州立法机构于 1872 年指令州卫生厅收集有关污水及其可能利用、河流污染和城镇供水方面的信息,并在下一个立法机构会期进行报告。因此,麻萨诸塞州有关的环境卫生学方

面的研究工作开始加速。

1879年,美国国家卫生委员会成立,进而就在5年内阻止传染性疾病在美国的爆发开展卫生调查。这些工作培养出了美国卫生学领域的下一代领军人物。对公众的教育也大大进步了,公众也日益关注自己的环境了。

1886年,麻萨诸塞州立法机构要求州卫生厅采用水污染标准,这导致了劳伦斯实验站(Lawrence Experiment Station)的创建。被誉为“美国卫生工程之父”的Hiram Francis Mills(1836~1921)于1886年被任命为麻州卫生厅供水与废水处理委员会主席(Chairman of the Board's Committee on Water Supply and Waste Water Disposal),并于1887~1915年担任劳伦斯实验站主任。1887年,在麻州Medford市建成了第一个正式的废水生物处理单元——间歇式废水砂滤池试验装置,而第一个滴滤池废水处理厂于1901年在威斯康辛州Madison投入运行。1912~1913年,劳伦斯实验室在废水曝气处理的实验研究中,使用石板瓦促进了微生物的增长。英国曼切斯特大学的Fowler G J来该实验室进行学术访问时认识到了该研究的重要性,回到英国后建议曼切斯特污水处理厂(Manchester Sewage Works)工程师Ardern E和Lockett W T借鉴该研究成果,开发出了活性污泥处理工艺。

在随后的30来年中,世界各地水处理技术取得了巨大的进步。在水处理领域,过滤、混凝、沉淀、消毒等技术渐渐成熟了,霍乱、伤寒、痢疾等传染病的传播也基本上得到了根治。这是水处理技术领域值得自豪的成就。

在水处理技术的发展过程中,高等教育也起到了重要的作用,其中美国水处理高等教育的发展对世界水处理技术的产生和发展产生了非常重要的影响。

在水处理高等教育领域,美国麻省理工学院的生物学教授W. T. Sedgwick(1855~1921)于1889年帮助组建了该校环境卫生工程专业(Sanitary Engineering Program)。该校化学教授W. R. Nichols在给水化学方面的研究和成果对于该专业的组建贡献很大。环境卫生工程专业逐步演化成为环境工程专业。因此,从一开始,环境工程专业就与化学、生物学和工程学密切相关,而且很多工程领域以外的学者对环境工程专业的发展作出了重要贡献(Winslow, 1921)。

然而,直到20世纪50年代末,水污染控制问题并没有得到应有的重视。环境工程领域的许多工作还只是将河流进行分类,仅仅保护一部分河流使其达到鱼类能生存的水质状态,其余大部分河流则处于污染状态。水处理领域高等教育的发展也进展不大,这也可从环境卫生工程专业在麻省理工学院的地位可见一斑。1892年该校就建立了土木与环境卫生工程系(Dept of Civil and Sanitary Eng);1934年该系名称增加了建筑工程;而在环保浪潮高涨的20世纪60年代,环境卫生工程却被从系名中删除了,环境卫生工程本科专业也在麻省理工学院停办了。这固然与该校的办学思路有关,但也从一定程度上反映了环境工程本科教育在部分精英阶层中所处地位。直到1992年,该系才重新命名为土木与环境工程系。

另一方面,美国有关政府部门(主要是联邦公共卫生署)官员和环境工程界的专业人士越来越认识到水污染的严重性。因此,联邦政府的资金开始大量投入到高校环境工程教育领域,很多大学通过扩大环境工程专业来争取联邦资金。出于对这些新学校缺乏必

要的师资和技术来培养学生的担扰,业内人士希望提高环境工程专业的准入条件。

在这样的背景下,1960年第一次美国全国环境工程教育会议在哈佛大学召开。会议主要讨论环境工程统一原理的教学。1967年第二次会议主要强调环境工程教育的多学科特征。1973年第三次会议讨论环境质量目标和人力需要。1980年第四次会议的重点是课程优化,以及研究生课程和本科生课程之间的关系。1986年的第五次会议强调大气、水和土地之间的综合作用问题,以及计算机的应用和设计在课程体系中的重要性。1991年的第六次会议主题是环境工程本科生专业和学位的发展,将有害废物的方向纳入环境工程教育,以及环境工程研究生教育的未来关注的课题(Mc Carty, 1991)。1996年第七次会议的主旨是环境工程教育的结构与功能的评估。2002年召开的AEESP/ASEE环境教育和研究会议的主题是环境教学、科研和实践的相结合:联合应用工程和科学来解决复杂问题。这是将教学和研究结合起来的环境工程会议的开端。2005年AEESP研究和教育会议的主题是扩大环境工程和科学的研究、教育的效果和范围。

在这些环境工程教育会议特别是早期会议中,美国主要大学的很多环境工程教授们都积极参与了环境工程教育发展方向和会议主题有关的讨论,这对于环境工程教育的进步和发展具有重大影响。

目前,环境工程已经成为致力于应用科学原理保护人类免受不利环境因素的影响,保护当地和全球环境免受人类活动的不利影响,并通过改善环境质量来保护人类健康和幸福的学科(Patterson, 1980)。美国环境工程师和教授协会在2004年的报告中,将环境工程学科定义为是将科学和工程原理应用到评估、管理和设计可持续的环境系统,其目的是保护人类和生态系统的健康。

美国环境工程本科教育发展至今,主要出现了三种环境工程学科模式:独立的环境工程模式,土木工程专业中的环境工程方向,化学工程专业中的环境工程方向。后两种模式中,有很多环境工程专业课程可以在研究生阶段修读,其中又以土木工程专业中的环境工程方向为主要模式。因为很多专业人士和教育工作者相信环境工程硕士学位和实践培训应当是从事环境工程专业工作的最低要求。由于环境工程专业的迅速演化和专业领域的快速扩大,美国大学的环境工程教育不得不面对这些新形势。然而很多大学的环境工程专业都感到要面对这些挑战的压力很大,特别是没有设置独立的环境工程课程的专业。因此,越来越多的大学设立了授予环境工程学士学位的独立环境工程专业,一些大学已经设立了单独的环境工程系(Bishop, 2000; Bishop et al., 2004)。

作为工程教育的一部分,环境工程教育的发展和演变也离不开工程教育的大趋势。其中美国国家研究委员会的工程教育协会1995年出版的研究报告《Engineering education: designing an adaptive system》(Board on Engineering Education, National Research Council, 1995)和美国国家工程院的报告《Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century》(National Academy of Engineering, 2005)都强调了工程教育的适应问题。相对于其他工程专业,环境工程专业近年来面临的挑战和产生的演变都堪为各专业之首。

学科的发展和演变必须适应社会的需要。美国的环境工程教育就是为了解决因为污染导致的对人类健康和福利的影响而产生和发展起来的。由于环境问题的持续存在和人类

对环境问题的认识,对环境质量的要求的日益提高,以及我国经济的高速发展战略特别强调可持续、清洁生产、循环经济和科学发展观等理念,环境工程科学与工程教育、环境科学与工程专业在中国具有广阔的需求基础和远大的发展前景,环境科学与工程教育也需要进一步改革以适应新时代的挑战。

高等教育准入条件的设立和评估是促进环境科学与工程教育的必要手段。美国环境工程教育通过美国环境工程师研究院(ASEE)组织学术研讨会提出了环境工程专业的准入条件,包括师资和设备配置方面的最低条件,促进了资源向该领域的投入,从而在一定程度上为提高人才培养质量提供了条件,也促进了环境工程教育和科研整体水平的提高。我国环境科学与工程教育也已经组织了有关的环境科学与工程教育评估。

建立一个供环境科学与工程专业教师定期交流和讨论的并对公众开放的平台。一方面,美国环境工程师研究院(ASEE)以及美国环境工程师和教授协会(AEESP)就定期举办这样的研讨会,这些研讨会对于促进美国和世界环境工程教育的发展起到了重要作用,特别是在本科教育准入条件的制定方面,这些既有著名院校教授们参加,又有普通院校教授们参加,并对公众开放的研讨会,起到了不可替代的作用。这种机制既避免了条件好的著名院校将准入条件定得太高,从而将一般院校排除在环境工程教育之外,也避免了一些资源不足的普通院校希望将标准过分降低的要求,进而可以促使普通院校增加投入,改善办学条件,提高环境工程专业人才培养水平。另一方面,环境工程是一个在快速演变的专业,建立这样的平台对于环境工程专业适应时代的变化可望能够起到应有的作用。幸运的是,我国在清华大学郝吉明院士等人的主持和组织下,在高等教育出版社等的支持下,自2006年以来,已连续4年非常成功地举办了大学环境类课程报告论坛,为提高我国环境科学与工程高等教育水平做出了贡献。

环境道德教育是促进环境学科发展的重要因素之一。强势阶层和知识分子有责任照顾弱势阶层和未受教育者,关怀弱势群体,为他们提供经济、安全、卫生的环境条件,是早期环境保护人士和科学家的坚定信念,也是环保研究和环境教育事业得以形成和发展的重要动力。加强环境道德教育,对于进一步促进社会各阶层支持环境保护和环境教育事业,具有重要作用。

## § 1.2 废水处理技术的现状

### § 1.2.1 污水处理工艺

技术成熟的污水处理活性污泥法包括传统活性污泥法、 $A^2/O$ 、氧化沟及其变型、SBR及其变型、AB工艺、BIOLAK等工艺;生物膜法包括普通接触氧化法、微动力生物膜(DEST)、曝气生物滤池、生物流化床等工艺;自然生物处理法包括稳定塘处理法和土地处理法,土地处理法又包括人工快渗、地表漫流、人工湿地等。

### § 1.2.2 污泥处理工艺

城市污水处理厂典型污泥处理工艺如下:剩余污泥→污泥浓缩→污泥稳定→污泥脱

水→泥饼。

污泥需经过浓缩、消化、脱水三个处理步骤,污泥脱水后含水率降至70%~80%,最后达到稳定状态。

污泥浓缩有重力浓缩、气浮浓缩和机械浓缩;污泥消化的常用工艺是:厌氧消化、好氧消化、热处理、加热干化或加热稳定等;污泥脱水的方法有自然干化、机械脱水、污泥烘干及焚烧等。

### § 1.2.3 城市污水处理工程一般推荐工艺

I类:50~100万 m<sup>3</sup>/d——传统活性污泥法,A<sup>2</sup>/O;

II类:20~50万 m<sup>3</sup>/d——传统活性污泥法,A<sup>2</sup>/O;

III类:10~20万 m<sup>3</sup>/d——A<sup>2</sup>/O,氧化沟及其改进型;

IV类:5~10万 m<sup>3</sup>/d——A<sup>2</sup>/O,氧化沟及其改进型;

V类:3~5万 m<sup>3</sup>/d——氧化沟及其改进型,SBR及其改进型;

VI类:1~3万 m<sup>3</sup>/d——DEST,SBR及其改进型。

## § 1.3 废水处理技术的发展趋势

随着工矿业的发展、生活水平的提高以及城镇化,人类对水体污染的关注和认识也从早期的水体有机污染问题,到随后的水体富营养化问题,再进一步到日前的有毒有害物质对人类健康和自然生态的影响问题等领域逐步深入。

目前,废水处理技术的发展趋势除了创新技术与工艺的研究开发外,具体表现在以下几个方面:

污水处理技术的研究重点包括:活性污泥系统中丝状菌生长及污泥膨胀与控制技术,新型活性污泥与生物膜工艺的研究,复合固定/悬浮生长过程和移动床生物反应器及其应用,膜分离生物反应器处理技术,生物和化学脱氮除磷技术,湿气候条件下的污水处理问题,初沉池和二沉池的优化,过程的模拟与优化,工业废水的物理及化学处理,新出现的痕量污染物的迁移、转化及深度处理。

在污泥和残留物的处理与处置研究方面,研究重点和发展趋势包括:与残留物有关的病原体的检测与控制技术,生物固体体积的减量化、稳定化、资源化和无害化技术,生物固体的质量控制技术包括重金属的固定或去除技术,高效厌氧消化技术,焚烧和加热干燥技术等。

在废水收集方面,研究重点包括对收集系统的规划、模拟、设计、建造和修复等方面的新技术及应用,以及湿气候条件下的废水收集与处理系统的管理技术。

在废水的深度处理与回用方面,对膜分离反应器应用中的问题和挑战,包括膜沾污问题,水回用的规划和战略问题,水回用中新出现的污染物及其管理对策,水回用中的风险评估与管理,以及地下水回灌和雨水管理等问题,将继续得到深入研究。

在社区废水及其自然处理技术方面,分散废水管理与处理技术,营养的去除和管理系统,水质和系统规划,小型社区废水处理,以及废水的自然处理技术及应用将进一步得到

重视。

在消毒和其他新技术方面,研究重点包括废水紫外线消毒的应用研究,新型消毒剂的选择,应对气候变化与温室气体减排的废水处理技术,沼气技术,以及设计和管理的可持续性等领域。

在污水处理过程中挥发性有机物和恶臭气体控制技术方面,除物理与化学处理方法外,传统生物过滤技术、滴滤技术、生物洗涤技术及生物转鼓过滤技术将得到进一步的研究和应用。

在固体废物的处理和处置方面,剩余活性污泥的减量、稳定、脱水、干燥、质量控制、资源化等技术和应用将继续得到深入研究。

在自动控制及计算机应用方面,新型在线监测仪器和自动监测,分子生物学在活性污泥过程中的应用,废水处理设计,水力模拟和节能技术,好氧控制技术,无线监测系统的研发与应用等是研究应用的重点问题。

废水处理技术中另一个重要的方向和理念是废水的资源化和能源化。废水就是一种原料,有用成分是其中的水和其他物质,污水处理厂就是一个加工废水的工厂,其产品包括处理后的出水以及将废水中的其他物质转化为能源等。

总之,废水处理技术涉及的领域很广,废水处理现在是一个市场巨大的产业,废水处理技术也是一个发展前景非常广阔的领域。

### § 1.3.1 中国城市污水处理的发展趋势

中国城市污水处理的发展趋势是大力发展先进的水处理工艺技术,大力推进水处理技术和设备的产业化,大力鼓励水处理设施运营产业化。

在先进的水处理工艺技术方面,首先,先进工艺的标准应适合中国国情的高效、低耗和低成本的污水处理技术。具体而言,吨水投资低,吨水造价宜控制在 800 元以下;运行费用低,吨水运行费应控制在 0.3 元以下;采用总承包和实施运营的机制。其次,现有的物化—生化工艺、一级强化化学处理技术、水解—好氧工艺、曝气生物滤池、高中负荷的好氧工艺和厌氧—好氧处理技术等工艺都是有希望的新工艺,但需进一步完善。然后,高效废水深度处理和回收利用技术将得到进一步的发展。我国水资源缺乏的地区很多,对这类技术的需求非常大。

在水处理技术和设备的产业化方面,需要重点加强水处理设备的规模化、系列化、成套化、本地化生产,以降低成本。这些设备主要包括:格栅除污设备,成套除砂、洗砂设备,沉淀池刮吸泥设备,高效曝气设备,通用机械设备如风机、污水泵等,浓缩、脱水设备,污泥消化或堆肥成套设备,管道、阀门等。

### § 1.3.2 水处理技术发展趋势的几点思考

任何领域内技术的进步最终是由社会的需求和科技人员的研究兴趣决定的,而社会的需求又要受到技术水平和经济能力的约束。现代科技发展日新月异,我们已经“可上九天揽月,可下五洋捉鳖”,将废水处理达到需要的程度也已经不存在不可克服的技术难题。由于目前废水处理技术的日益进步,世界各地与废水处理、与水环境质量有关的水质标准



的要求也越来越严。例如,对照中国现行的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)中的一级标准中的A标准与《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)中的V类标准,可以发现其中很多污染物的标准值已经很接近(见表1-1);而且《城镇污水处理厂污染物排放标准》对出水的水质要求可能进一步提高,特别是在水资源缺乏地区。但人类社会的资源总是有限的,如果在环境保护方面投入过多,必然需要降低在其他领域的投入。技术进步为未来环境标准进一步严格提供了技术支撑,要更好地判断未来环境标准的演变,就需要回答以下问题。

首先,什么是清洁?什么是应该达到的清洁?什么是目前可以经济地达到的清洁?其次,什么是污染?什么是可承受的污染?什么是应该修复的污染?

表 1-1 不同标准的水质标准值

单位:mg/L

环境保护标准	编号	分类或标准	化学需氧量(COD)	日生化需氧量(BOD <sub>5</sub> )	氨氮(NH <sub>3</sub> -N)	总磷(以P计)	悬浮物(SS)	
《地表水环境质量标准》	GB3838—2002	I类	15	3	0.15	0.02(湖、库0.01)		
		II类	15	3	0.5	0.1(湖、库0.025)		
		III类	20	4	1.0	0.2(湖、库0.05)		
		IV类	30	6	1.5	0.3(湖、库0.1)		
		V类	40	10	2.0	0.4(湖、库0.2)		
《城镇污水处理厂污染物排放标准》	GB18918—2002	一级标准	A标准	50	10	5	0.5*	10
			B标准	60	20	8	1*	20
		二级标准	100	30	25	3'	30	
		三级标准	120	60	—	5'	50	
《污水综合排放标准》	GB8978—1996	一级标准**	100	30	15	0.5***	70	
		二级标准**	150	60	25	1.0***	200	
		三级标准**	500	300	—	—***	400	

注:\* 2006年1月1日起建设的。

\*\* 仅指《污水综合排放标准》中的“其他排污单位”适用范围项。

\*\*\* 磷酸盐(以P计)。

因此,废水处理已经不仅仅是一个技术问题,也是一个政治和社会问题。人类社会已经从单纯的污染治理向污染防治、污染阻断、清洁生产、循环经济、可持续发展等方向发展。人类社会的目标应该是环境保护与经济社会的协调与可持续发展。

## § 1.4 城市污水处理厂的建设程序

城市污水处理厂建设一般包括四个阶段:前期阶段、设计阶段、施工阶段和验收阶段。