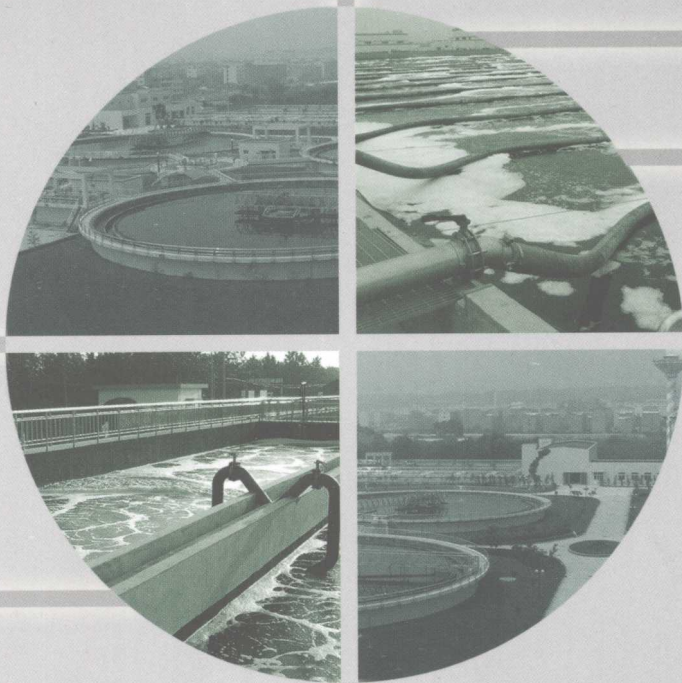




城市污水处理系统 运行及过程控制

马 勇 彭永臻 等/编著



科学出版社
www.sciencep.com

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

城市污水处理系统 运行及过程控制

马 勇 彭永臻 等 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书基于我国污水处理现状以及污水处理系统特性,强调了加强城市污水处理系统过程控制的必要性和重要性,系统地介绍了过程控制的理论、方法与技术,城市污水处理系统的常用仪表、过程控制系统及控制策略,生物脱氮除磷的过程控制、运行中存在的问题,厌氧处理系统的过程控制以及运行优化,污水处理系统智能控制,数据处理和污泥种群优化等内容。另外结合作者在城市污水处理系统运行与过程控制的多年科研成果和技术改造实践,对于城市污水处理系统运行与过程控制的前沿技术也进行了论述和介绍。

本书具有系统全面、内容新颖、实践性强的特点,可作为城市污水处理系统运行管理人员的指导教材,也可作为给排水、环境工程专业的科研、设计人员及大专院校相关专业的师生参考书。

图书在版编目(CIP)数据

城市污水处理系统运行及过程控制/马勇,彭永臻等编著. —北京:科学出版社,2007

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

ISBN 978-7-03-020833-0

I. 城… II. 马… III. 城市污水—污水处理—研究—中国 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 002025 号

责任编辑:朱 丽 / 责任校对:李奕莹

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 12 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2007 年 12 月第一次印刷 印张: 34 3/4

印数: 1—3 000

字数: 664 000

定价: 86.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

近年来,为了改善水环境污染状况,国家对城市污水处理项目的投入持续增加,相继在大、中城市兴建了多座城市污水处理厂。虽然大量污水处理厂兴建起来,但由于我国污水处理事业起步较晚,与其他行业相比,尚无成熟的运行管理经验;许多地区的运行管理水平较低,专业人员匮乏,相当多的污水处理厂建成后维持正常运行比较困难;环境效益及社会效益难以实现,导致我国城市污水处理厂的吨水耗电量是发达国家的近两倍,而运行管理人员数又是其若干倍。因此,迅速提高我国城市污水处理厂的运行管理水平和运行人员的专业素质,以适应污水处理厂的发展速度已成为亟待解决的问题。

由于污水水质和水量随时间不断变化,污水处理系统一直处于动态变化过程中,应用传统的自动控制或时间控制,很难满足系统对出水水质逐步严格的要求,也不能有效降低运行费用。当前污水处理厂实现出水达标排放的方法是通过扩建污水处理厂、增加反应器体积、提高系统的安全系数来实现的,这不可避免地增加了基建费用和运行费用,而且大部分时间反应器处理能力没有被充分利用,浪费严重。而采用先进的过程控制可以有效解决上述问题。基于仪表在线检测信息,建立相应的控制策略,可以实现系统的过程控制和运行优化,从而可在满足系统处理标准的前提下,大大节约运行费用。

近十几年来,国内尚没有一本全面系统的关于城市污水处理系统运行与过程控制的论著出版。由于污水处理系统的复杂性,如非线性、模糊性、不确定性、动态性,关于这方面的科学研究工作国内开展得很少。目前我国城市污水处理系统运行与过程控制水平和国际上的先进水平差距较大,原因是多方面的,但是没有系统地开展污水处理系统运行优化和先进控制策略的研究工作以及对于国际上先进技术的跟踪不够是重要原因。

针对上述情况,本书根据作者在城市污水处理系统运行与过程控制的多年科研成果和技术改造实践,并在参考了大量国内外文献基础上,系统地介绍了过程控制的基本理论、方法与技术,城市污水处理系统的常用仪表、过程控制系统及控制策略,生物脱氮除磷的过程控制、运行中存在的问题,厌氧处理系统的过程控制以及优化,污水处理系统智能控制,数据处理和污泥种群优化等内容。本书共分10章,第1章论述我国污水处理现状及其面临的问题,提出实现污水处理系统过程控制的必要性和重要性。第2章介绍了过程控制的基本理论、ICA技术,数学模拟技术在污水处理系统的应用情况以及Benchmark技术。第3章给出了污水处理系统所需要的检测项目、取样方式以及取样位置的确定;并介绍了当

前污水处理系统应用的在线仪表、营养物在线传感器、新型硝化反硝化在线传感器等，以及在线仪表特征和常见的控制器。第4章阐述了污水处理系统的控制目标、污水处理中常见的控制结构，污水处理系统的监视控制，并详细分析了污水处理厂的计算机控制系统，最后介绍了活性污泥处理工艺常见问题及其处理对策。第5、6章从脱氮除磷基本原理出发，对于硝化、反硝化、生物放磷和生物吸磷等过程的动力学、影响因素、存在的问题、主要控制变量、控制结构和在线传感器等方面做了系统的论述，介绍了当前常用生物脱氮除磷工艺——A/O法、SBR法、A²/O等工艺的运行优化和过程控制问题。第7章论述了厌氧处理系统的特点以及存在的问题，提出厌氧处理系统的控制目标，以及如何对pH、产气量、VFA和进水负荷等变量进行控制。第8章讲述如何进行数据过滤、数据检测与信息分析。第9章介绍了污水处理系统的智能控制，重点介绍了污水生物处理系统的模糊控制、专家控制系统和神经网络控制。第10章论述了城市污水处理系统的发展前景、污水处理系统的全厂控制和污泥种群的优化控制。其中，王晓莲编写第6、8章；其他章节由马勇、彭永臻编写。

本书得到了国家自然科学基金重点项目（编号：50138010）“城市污水处理系统的智能控制理论、方法和技术”、国家自然科学基金—国际（地区）重大合作项目（编号：50521140075）“污水脱氮除磷新理论、新工艺及过程控制”以及“十一五”国家科技支撑计划“SBR工艺城市污水处理厂节能降耗关键技术”（2006BAC19B03）等课题的资助，在此表示衷心的感谢！

本书内容涉及给水排水、过程控制、人工智能等若干不同学科，由于作者水平有限，在诸多问题的研究和认识上还欠深刻，所以书中难免存在缺点和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年2月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 我国水环境、水污染及城市污水处理现状	1
1.1.1 我国水资源和水环境现状	1
1.1.2 我国水污染状况	2
1.1.3 我国城市污水处理现状及面临的问题	4
1.1.4 污水排放标准日趋严格	6
1.1.5 污水处理系统具有的特性	7
1.1.6 加强污水处理系统过程控制的必要性和重要性	10
1.2 污水处理系统实现过程控制的优势	11
1.3 污水处理系统过程控制的应用现状	14
1.3.1 传统控制在污水处理系统中的应用	14
1.3.2 最优化控制在污水生物处理系统中的应用	16
1.3.3 在线仪表在污水处理系统中的应用	18
1.4 本书内容概览	25
参考文献	26
第2章 过程控制基本原理与技术	31
2.1 自动控制基础	31
2.1.1 自动控制系统的组成	31
2.1.2 自动控制系统的分类	32
2.1.3 自动控制系统的的基本控制方式	32
2.1.4 污水处理自动控制系统的的功能和特点	33
2.2 常见的过程控制结构	34
2.2.1 反馈控制	34
2.2.2 前馈控制	41
2.2.3 串级控制	45
2.3 污水处理系统 ICA 技术	49
2.3.1 ICA 技术现状、发展及其限制因素	50
2.3.2 污水处理系统 ICA 技术的发展过程	52
2.3.3 ICA 技术在欧洲的应用现状	56

2.3.4 ICA 技术的发展趋势	60
2.4 污水处理系统数学模拟	61
2.4.1 活性污泥数学模型的发展概述	61
2.4.2 数学模型的主要应用方向	64
2.4.3 数学模拟工具	65
2.5 污水处理系统 Benchmark 技术	68
2.5.1 BSM1 模拟平台	69
2.5.2 BSM 其他模拟平台	72
参考文献	73
第3章 污水处理系统的仪表与控制器	76
3.1 概述	76
3.2 污水处理厂的检测项目	78
3.2.1 常规检测项目	78
3.2.2 检测的取样	79
3.3 检测仪表与方法的选择	82
3.3.1 仪表的安装位置与检测对象	82
3.3.2 检测仪表的选择	88
3.4 污水处理厂常用检测仪表	91
3.4.1 流量的检测方法及设备	91
3.4.2 液位仪表	99
3.4.3 压力检测仪表	101
3.4.4 温度计	103
3.4.5 污泥浓度的检测方法 with 仪表	104
3.4.6 污泥界面的检测方法 with 仪表	106
3.4.7 有机物的检测方法 with 仪表	106
3.4.8 在线检测传感器	109
3.5 新型检测仪表	113
3.5.1 呼吸仪	113
3.5.2 营养物在线传感器	114
3.5.3 硝化反硝化反应在线传感器	119
3.6 仪表的性能特征及其规范化	124
3.6.1 在线仪表的性能特征	124
3.6.2 在线仪表的标准化	129
3.7 检测仪表信号变换、接收和维护	130
3.7.1 检测信号的变换方法	131

3.7.2 信号的接收及其仪表设备	133
3.7.3 仪表设备的设置	134
3.7.4 仪表维护人员的要求	135
3.8 污水处理系统过程控制的执行器和控制器	137
3.8.1 执行器	137
3.8.2 控制仪器	140
3.8.3 系统显示和报表	143
参考文献	144
第4章 污水处理过程控制系统的设计和建立	146
4.1 污水处理系统的过程控制目标	146
4.1.1 污水处理系统总体控制目标	146
4.1.2 污水处理系统不同单元控制目标	148
4.1.3 污水处理厂运行目标	159
4.2 污水处理控制系统的建立	163
4.2.1 污水处理控制系统的建立	163
4.2.2 污水处理系统的自动控制水平	167
4.3 污水处理系统监视控制方式与项目的选择	168
4.3.1 监视控制方式	168
4.3.2 监视控制项目	172
4.4 污水处理系统监视控制仪表的选择	173
4.4.1 监视操作仪表	174
4.4.2 控制设备	177
4.5 污水处理厂的计算机控制系统	179
4.5.1 计算机控制系统的基本组成与特点	179
4.5.2 计算机控制系统的分类	182
4.5.3 计算机控制系统的规划与设置	186
4.5.4 计算机控制系统的设备选择	187
4.6 活性污泥法污水处理系统的过程控制与运行管理	188
4.6.1 活性污泥的培养驯化	188
4.6.2 活性污泥法系统的主要控制方法与控制参数	190
4.6.3 活性污泥法处理系统运行中的异常情况	193
4.6.4 二沉池的运行管理	203
参考文献	207
第5章 污水生物脱氮系统的过程控制和优化	211
5.1 污水生物脱氮原理及其影响因素	211

5.1.1	污水生物脱氮原理	211
5.1.2	硝化和反硝化反应的影响因素	213
5.2	A/O 工艺的过程控制和优化	215
5.2.1	控制目标、参数和变量	218
5.2.2	影响因素分析	223
5.2.3	曝气量控制	231
5.2.4	污泥回流量和剩余污泥排放量的控制	239
5.2.5	内循环回流量的控制	246
5.2.6	外碳源投加量的控制	252
5.2.7	应用 DO、ORP 和 pH 在线传感器控制 A/O 工艺	259
5.3	SBR 法的过程控制	266
5.3.1	实现 SBR 法过程控制的必要性和意义	267
5.3.2	以 DO、pH 和 ORP 作为 SBR 法的实时控制参数	269
5.3.3	SBR 法计算机自动控制系统的研制	278
5.4	污水处理中 N_2O 的产生及其减量控制	279
5.4.1	N_2O 逸出机理	279
5.4.2	污水生物处理过程中 N_2O 的释放量	282
5.4.3	影响 N_2O 释放量的主要因素	284
5.4.4	减排途径及其控制策略	288
5.5	实际生物脱氮污水处理厂的过程控制与运行优化	288
5.5.1	Marselisborg 污水处理厂的运行优化	288
5.5.2	Galindo-Bilbao 污水处理厂的过程控制	291
	参考文献	295
第 6 章	污水生物除磷系统的过程控制和优化	303
6.1	强化生物除磷系统的生化反应机理	304
6.2	强化生物除磷系统的主要环境影响因素	306
6.2.1	温度	306
6.2.2	pH	307
6.2.3	进水组分和有机碳源种类	308
6.2.4	硝酸盐和 DO	310
6.2.5	污泥龄	311
6.2.6	厌氧停留时间	311
6.3	生物除磷系统的过程控制方法	311
6.3.1	初沉污泥酸化——改善进水水质	312
6.3.2	降低二沉池出水悬浮物浓度	313

6.3.3 优化污泥的处理和处置——降低内部磷负荷	315
6.3.4 辅助化学除磷	317
6.3.5 强化反硝化除磷性能	318
6.3.6 GAO 和 PAO 的竞争	327
6.3.7 运用控制策略	330
6.4 生物除磷系统的优化设计	332
6.5 A ² /O 工艺过程控制和优化	335
6.5.1 A ² /O 工艺的影响因素	337
6.5.2 A ² /O 工艺的过程控制原则	340
6.5.3 A ² /O 工艺的过程控制	342
6.5.4 强化 A ² /O 工艺反硝化除磷性能	345
6.5.5 A ² /O 工艺的检测变量	351
6.6 A/O 生物除磷工艺优化和控制	352
参考文献	356
第7章 污水厌氧生物处理系统的过程控制与优化	362
7.1 概述	362
7.1.1 厌氧生物处理技术的发展	362
7.1.2 厌氧生物处理的特点	364
7.2 厌氧生物处理的基本原理	367
7.3 厌氧微生物主要影响因子	371
7.3.1 影响产酸细菌的主要因素	372
7.3.2 影响产甲烷细菌的主要因素	374
7.3.3 影响硫酸盐还原菌的主要因素	377
7.3.4 厌氧生物处理过程微生物优势种群的演替	378
7.4 厌氧处理工艺的控制目标和主要检测变量	380
7.5 厌氧消化过程的 pH 控制	381
7.6 温度对厌氧生物处理系统的影响及其控制	387
7.6.1 温度对厌氧微生物宏观活性的影响	387
7.6.2 温度对厌氧反应过程中动力学参数的影响	389
7.6.3 厌氧生物处理系统反应温度的选择与控制	391
7.7 厌氧生物处理过程中的监测和控制	392
7.7.1 工艺控制条件	392
7.7.2 厌氧生物处理系统的监测与控制对策	393
7.7.3 厌氧系统的早期预警变量	394
7.8 污泥处理系统的运行控制	395

7.8.1	污泥浓缩池	395
7.8.2	污泥厌氧消化池	398
	参考文献	404
第8章	污水处理系统数据加工及预警分析	406
8.1	数据分析和信息获取技术	406
8.2	数据筛选	414
8.3	数据检测和诊断分析	421
	参考文献	429
第9章	污水处理系统的智能控制	431
9.1	污水处理系统的模糊控制	432
9.1.1	模糊控制系统的组成	433
9.1.2	模糊控制的基本原理	433
9.1.3	两段 SBR 系统的模糊控制	439
9.1.4	生物电极脱氮工艺在线模糊控制器	451
9.2	污水处理运行管理与过程控制专家系统	463
9.2.1	专家系统的结构	464
9.2.2	知识的表示和获取	467
9.2.3	污水处理系统专家控制	470
9.2.4	污水处理系统常用决策树	475
9.2.5	其他专家控制系统	486
9.3	神经网络在污水处理系统的应用	492
9.3.1	基本概念	492
9.3.2	神经网络的训练方法	496
9.3.3	神经网络在污水处理中的应用情况	500
9.3.4	神经网络在污水处理中的应用实例	504
	参考文献	510
第10章	城市污水处理过程控制系统的发展趋势	513
10.1	城市水工业的发展趋势	513
10.2	污水处理系统的全厂控制	515
10.2.1	全厂计算机系统	515
10.2.2	全厂运行观点	516
10.2.3	全厂控制的目标	518
10.2.4	污水处理厂进水量的预测	520
10.2.5	污水处理厂溢流的控制	520
10.2.6	通过控制扩充污水处理厂的处理能力	521

10.3 应用过程控制实现污水处理系统微生物种群的优化	525
10.3.1 微生物种群优化的基本思想	525
10.3.2 污水厂的设计和运行对系统的影响	526
10.3.3 微生物种群优化类型	530
10.3.4 应用在线过程控制实现微生物种群优化的实例	531
10.3.5 微生物种群优化的研究与应用展望	537
参考文献	538

第 1 章 绪 论

1.1 我国水环境、水污染及城市污水处理现状

世界上任何国家经济的发展,都伴随着人民生活水平的改善和城市化进程的不断加快。但是相应的淡水资源的需求和消耗也在不断增多。水作为一种必不可少的资源,长期以来一直被认为是取之不尽、用之不竭的。在这种观点的驱使下,水环境的质量越来越恶劣、水资源短缺也越来越严重,这一切都加重了城市的负荷,带来一系列危及城市生存与发展的生态环境问题。另外随着工农业生产的发展,大量使用化肥及排放各类污水,造成我国水环境严重破坏。

1.1.1 我国水资源和水环境现状

据统计,2006 年我国 669 座城市中有 400 多个缺水,其中 110 余座严重缺水,此外还有 2000 多万农村人口饮水困难,年缺水 400 多亿立方米。全国城市日缺水量达 1600 万 t。缺水的主要原因在于水污染严重,属于水质性缺水。据有关专家预测,我国缺水高峰将在本世纪的 2010 年至 2020 年出现,乐观地估计,到 2010 年全国需水量将达到 7300 亿 m^3 ,而供水能力仅 6200 亿~6500 亿 m^3 ,缺水近 1000 亿 m^3 ;2020 年我国将缺水 3000 多亿 m^3 ,人均拥有水量将从 2300 m^3 降至 1700 m^3 。

资源总量的 81% 集中分布于长江及其以南地区,其中 40% 以上又集中于西南五省区,就人均占有淡水资源而言,南方最高地区和北方最低地区相差数十倍,西部比东部甚至高出五六百倍;这些地区水资源短缺的现状将在一个相当长的时间成为难以解决的问题。

随着人类社会的不断发展,城市规模的不断扩大,城市的用水量和排水量都在不断增加,加剧了用水的紧张和水质的污染,环境问题日益突出,由此造成的水危机已经成为社会经济发展的重要制约因素。

改革开放以来,我国城市化进入快速发展时期,城市数量由 1978 年的 193 个增加到 2006 年的 669 个,城镇人口由 1.7 亿人增加到 5 亿人以上。20 世纪 90 年代后,我国城市化速度进一步加快,目前城市化水平达到 44% 左右。城市数量与规模的迅速增加与扩张,带来了严重的城市生活污水和垃圾污染问题。近 10 年来,我国城市生活污水排放量每年以 5% 的速度递增,在 1999 年首次超过工业污水排放量,2006 年城市生活污水排放量近 300 亿 t,工业废水排放总量大

约 240 亿 t。与此同时,我国城市生活污水处理设施严重滞后和不足。

据统计:全国超过 80% 的城市污水未经任何有效的收集处理就直接排放到附近的水体,使得原本具有泄洪和美化景观作用的河渠变成了天然污水渠。特别是在全国 2200 座县城与 19 200 个建制镇中,污水排放量约占污水排放总量的一半以上,但这些中小城市(镇)的污水处理能力都明显低于全国平均水平。照此发展下去,城市的水环境将每况愈下,并进一步加剧水资源的短缺。即使在我国水资源比较丰富的南方地区,由于水体污染,水质型缺水也处于相当严峻的地步。而且随着现代工业的发展及城市化的加速,城镇污水量将越来越大,水环境污染也会日益加重^[1~3]。

1.1.2 我国水污染状况

在我国,主要江、河、湖、库等水域已检测出数百种有机物,有些水域已经受到严重的有机物污染。全国水源污染呈发展趋势,有 90% 以上的城市水域污染严重,近 50% 的重点城镇水源水质不合标准。水污染正从东部向西部发展,从支流向干流延伸,从城市向农村蔓延,从地表向地下渗透,从区域向流域扩散^[4~7]。

2004 年,全国废水排放总量 482.4 亿 t, 比上年增长 4.9%。其中工业废水排放量 221.1 亿 t, 占废水排放总量的 45.8%, 比上年增长 4.1%; 城镇生活污水排放量 261.3 亿 t, 占废水排放总量的 54.2%, 比上年增长 5.5%。废水中化学需氧量排放量 1339.2 万 t, 比上年增长 0.4%。其中工业废水中化学需氧量排放量 509.7 万 t, 占化学需氧量排放总量的 38.1%, 比上年减少 0.4%; 城镇生活污水中化学需氧量排放量 829.5 万 t, 占化学需氧量排放总量的 61.9%, 比上年增长 0.9%。废水中氨氮排放量 133.0 万 t, 比上年增长 2.5%。

1. 河流湖泊污染状况基本没有改善

根据国家环境保护总局 2006 年的统计,我国河流主要污染物为有机物氨氮和石油类物质等。辽河、海河污染严重,松花江、黄河、淮河中度污染,珠江、长江水质总体良好。对七大水系的 197 条河流 408 个监测断面分析表明,Ⅰ~Ⅲ类,Ⅳ、Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 46%、28% 和 26%。

我国的湖泊污染也很严重,多数湖泊的水体富营养化。在几大湖泊中,尤以太湖、巢湖和滇池(简称“三湖”)污染最为严重。多年来,随着经济的迅速发展和人口数量的增加,由陆地非点源污染和工厂废水排入湖内的污染物质不断增多,致使“三湖”的水环境问题日益突出。除此以外,还有许多靠近城镇等人口密集区的湖泊已退化成为流域中的污水库,特别是农村水塘、溪沟污浊不堪,情形令人担忧。

太湖在 20 世纪 80 年代初期水质以Ⅱ类为主, 所占比例为 69%; 80 年代后期水质由Ⅱ类向Ⅲ类过渡, Ⅱ类水质所占比例下降为 59.4%, Ⅲ类水质所占比例增加到 36.6%, 并开始出现了Ⅳ类水质, 即轻污染; 90 年代中期以Ⅲ类水质为主, 所占比例增加到 70%, 并且Ⅳ类水质也增加到 14%, 开始出现了Ⅴ类水质, 即重污染。2006 年监测表明太湖水质为劣Ⅴ类。巢湖流域目前仍属富营养状态, 11 个水质监测点中, 7 个属Ⅴ类和劣Ⅴ水质。滇池在 20 世纪 70 年代水质良好, 生物多样性丰富。到了 90 年代, 出现严重的富营养化, 滇池草海水体发黑发臭, 水质超出Ⅴ类水标准, 特别是氮和磷浓度很高, 曾分别达到 7.5mg/L 和 9.19mg/L, 生物多样性破坏严重, 鱼虾全无。滇池外海水质恶化, 已超过Ⅳ类水标准, 特别是氮和磷浓度分别达到 1.5mg/L 和 0.14mg/L, 导致滇池外海原有极为丰富的水生植物从种类、分布、数量、演替上发生了极大的变化, 2006 年监测表明滇池水质为劣Ⅴ类。

水体富营养化的直观现象是产生“水华”(海洋的富营养化称为“赤潮”)。近年来, 除湖泊的富营养化产生大范围“水华”外, 河流的富营养化也在我国很多地区出现, 如长江最大的支流汉江就曾多次出现“水华”; 上海海域近岸水域多次出现“水华”, 范围之大、频次之高、持续时间之长, 都属罕见。

近年来, 虽然我国污水处理率不断提高, 但是由氮、磷污染引起的水体富营养问题不仅没有解决, 而且有日益严重的趋势。因此水体富营养化问题的加剧对氮、磷的去除提出了严格要求, 可见, 污水处理的主要矛盾已由有机污染物的去除转变为氮、磷污染物的去除。然而, 目前我国污水处理厂脱氮除磷普遍存在着能耗高、效率低以及运行不稳定的缺点。如何提高脱氮除磷的去除效果, 以解决我国日益严重的水污染问题, 在我国现阶段无论从节省资金、提高污水处理效果和优化污水脱氮除磷工艺等方面都有重大的理论意义和现实意义。

2. 饮用水安全程度下降

水体污染的根源来自工业排放的污水、城镇生活污水以及农业化肥、农药流失等。大部分未经处理直接排入水体, 增加了水体的污染负荷。在农业方面, 化肥、农药的低效利用, 使大量营养物质随地表径流进入水体, 更加重了水体污染。

目前全世界有 20% 左右的人群用不到安全的饮用水, 其主要原因是饮用水污染。大量资料表明, 水体中的有机物 86% 是由于人为的生产和生活活动产生的, 只有 14% 的有机物来源于自然环境。在人为来源中, 城市工业、矿业以及其他工业引起的有机物占 57%, 沉淀物中有毒化合物释放引起的有机物占 16%, 农业操作过程中的有机物流失占 12%, 其他为 14%。

农村饮用水源大多受到污染, 根据水利部农水司对饮水安全的调查, 目前,

全国农村有 3 亿多人口仍饮用不合格的水, 其中约有 1.9 亿人的饮用水有害物质含量超标。河北涉县、河南沈丘县、天津北辰区、陕西华县、江苏阜宁县等地区频频出现的“癌症村”等, 无不和饮用水污染有关。

3. 工业污染严重

工业废水是我国水源污染的主要来源之一。近 20 年来, 虽然我国污水的处理率不断提高, 但污水的年排放量仍在大幅度增加。2005 年, 全国废水排放总量 524.5 亿 t, 比上年增长 8.7%。其中工业废水排放量 243.1 亿 t, 比上年增长 10%。城镇生活污水排放量 281.4 亿 t, 比上年增长 7.7%。工业废水排放量中, 乡镇企业排放量为 29.2 亿 t, 占工业排放总量的 14.5%。由于乡镇企业的废水废气处理率、处理达标率和符标率等三项指标很低, 导致农村生态环境的污染。2005 年, 全国工业固体废物产生量 13.4 亿 t, 比上年增长 12%, 工业固体废物的排放堆存不仅占用大量土地, 并对空气、地表水和地下水产生二次污染, 其危害和影响更加隐蔽和长远。

1.1.3 我国城市污水处理现状及面临的问题^[8~10]

城市污水是造成水体污染的重要污染源, 对城市污水进行妥善的收集、处理和排放是减轻或防止水体污染的十分重要的一项对策, 城市污水处理厂在这一过程中扮演了重要的角色。近年来, 我国在城市污水处理方面加大了一些工程建设投入, 全国各地陆续建设了一批大型污水处理厂。如北京的高碑店污水处理厂 (100 万 m³/d)、天津的纪庄子污水处理厂 (26 万 m³/d)、东郊污水处理厂 (40 万 m³/d)、深圳滨河污水处理厂 (30 万 m³/d) 等。上述这些大型污水处理厂都已正常运转, 且都采用二级活性污泥法, 有些具有脱氮除磷功能, 对削减污染物、减少排污总量、控制环境质量起到良好的作用。

但是直到目前, 我国城市污水处理率仍然较低, 2004 年, 我国共有城市污水处理厂 667 个, 城市污水处理量达到 3000 万 m³/d, 但污水处理率仅为 30%。美国有污水处理厂 18 000 座, 英国、法国、德国各有约 8000 座, 发达国家污水处理率可达 90% 以上。因此我国城市污水处理厂建设滞后, 而且还存在污水处理厂建设有效投资利用率低及处理出水达标率低等诸多问题。

到 2010 年, 所有城市的城市污水处理率应不低于 60%, 预计未来五年内我国城市污水处理设计规模将超过 5000 万 m³/d。然而大部分污水厂虽然建立起来, 但是由于运行费用不足处于半运行或停运状态。但是由于污水处理的运行费用是庞大的、长期的, 如果通过有效的控制能将城市污水处理厂的运行费用节省 1%, 也是个天文数字, 因此, 实现城市污水处理系统的运行优化及其过程控制至关重要。

我国污水处理事业的实际情况是污水处理率低,很多老城区的排水管网甚至不成系统。城市污水处理能力增长缓慢和污水处理率低是造成我国水环境污染的主要原因,由此导致了水环境的持续恶化,并严重地制约了我国经济与社会的发展。我国城市污水处理能力增长缓慢的主要原因可以归结为以下三个方面。

1. 污水处理设备与仪表落后

由于我国资金不足,技术力量薄弱,为了节约污水处理厂的设备投资费用,所采用的检测仪表大部分是国产的仪表,由于技术水平造成仪表准确性差。另外大部分在线仪表监测手段也是靠取样后测定,然后根据测定结果调整设备运行状态,由于非连续性监测,设备运行状态调整滞后,常常导致出水水质不稳定。一些大型的污水处理厂为了实现自动化控制、保证出水水质达标或利用政府投资和国外的优惠低息贷款,成套引进德国、丹麦、澳大利亚等国的污水处理工艺、设备、监测仪表、自控系统及相应的软件。由于设备配套性好、技术先进、自动化程度高,系统能连续稳定运行,但是设备的维修管理又存在着问题,一旦设备和仪表出现问题,很难及时进行维修,即使维修后也不能保证先前的运行状态,从而逐步损坏。

2. 资金短缺,投资力度不够

城市污水处理系统是城市的重要基础设施之一,也是防止水污染、改善城市水环境质量的重要手段,为发展我国的城市污水处理,有效控制水环境污染,资金是根本问题。我国经济水平相对于发达国家还比较落后,用于水污染治理的资金还很紧缺,不可能完全照搬国外的技术和模式,依靠大规模建设城市污水处理厂来改善水环境在现阶段实现的可能性不大。即使修建了城市污水处理厂,其高昂的运行维护管理费用也是城市污水处理率低、水体污染严重的主要原因之一。据清华大学紫光顾问公司调查:我国污水处理设备运行状况是1/3运行正常、1/3不正常、1/3处于闲置状态,污水处理厂的实际运转率只能达到50%,我国污水的实际处理率远远低于污水处理设施的处理能力。

统计资料表明:2010年要增加6722万t的污水处理,约需1344亿元的环保资金投入。按目前日处理能力2685万t,每立方米的运行费用0.5元计算,需运行费用49亿元/a,到2010年则需171.7亿元,资金不足的情况十分突出。虽然近几年国家对污水处理投资有所增加,但与国外相比还差距甚远,远远不能满足需要。

据有关资料统计:发达国家包括美国、德国、日本、法国、英国等国家用于排水设施与污水处理方面的投资约占国民经济总产值的0.53%~0.88%。而我国