

# 污水处理厂设计与运行

第二版

曾科 主编

朱喜礼 李自勋 副主编



化学工业出版社

# 污水处理厂设计与运行

第二版

曾科 主编

朱喜礼 李自勋 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在介绍污水处理工程设计、污水处理系统及其选择、污水处理工程的方案比较等基本知识的基础上,结合应用实例,重点讲述了污水处理厂的工艺设计、工程验收、调试运行与维护管理,并适当介绍了污水处理厂设计教学指南及参考资料。

本书可作为高等院校相关专业教材,也可供从事污水处理相关工作的工程技术人员与管理人员,以及高等院校相关专业教师及专业管理干部参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

污水处理厂设计与运行/曾科主编. —2版. —北京:化学工业出版社,2011.8  
ISBN 978-7-122-11551-5

I. 污… II. 曾… III. ①污水处理厂-设计②污水处理厂-运行 IV. X505

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第113953号

---

责任编辑:王文峡  
责任校对:郑捷

文字编辑:郑直  
装帧设计:尹琳琳

---

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 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张16 $\frac{3}{4}$  字数406千字 2011年9月北京第2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:32.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

本书自 2001 年出版发行以来，受到广大读者和高等院校师生的关注和好评，在工程应用和院校教学过程中发挥了一定的积极作用。

十年前，作者依据污水处理工程实践和教学经验，尝试性地编著了本书第一版。2001 年本书第一版出版发行，至今已有十年，随着污水处理技术、标准和规范的发展，污水处理工程设计和运行的发展，本书第一版中涉及的某些知识和方法也在更新和变化，为此我们对本书第一版进行了适当修订。希望更加有利于读者和环保工程师在实际工作中的应用，有利于高等院校师生的教学工作。

这次修订工作，延续了第一版“注重实践、强化能力”的特点，在第一版的基础上进行了调整和更新，主要内容如下：

全书基本保留了第一版的结构体系、所阐述的处理技术及其知识，根据读者的建议，参照污水处理技术、标准和规范的发展和变化，作了全面修订。重点对第一章第一节、第五章第三节、第八章第一节和第九章第一节进行了修改和补充。在第六章“污水处理厂工程验收与运行管理”中，增加了第三节“某污水厌氧处理工程的调试运行”和第四节“某污水好氧处理工程的调试运行”；在第八章“污水处理厂设计实例”中，增加了第三节“某城市污水厂深度处理工程设计实例”。

本书由曾科担任主编，朱喜礼和李自勋担任副主编，参加编写的有曾科、朱喜礼、李自勋、陆少鸣、李杉、宋宏杰、崔燕平和侯玉杰。

由于编者水平所限，本次修订工作难免存在疏漏，恳请专家和读者指正，不胜感谢。

编 者

2011 年 5 月

# 第一版前言

自从有了人类的生活和生产活动，便因为用水和排水对水的自然循环产生了量和质两方面的影响。20世纪中期以来，由于人口增长和工农业生产的发展，加剧了这种影响。排放的污水已构成了对水环境生态系统的严重污染，使地表水甚至地下水水质恶化，并致死水生动植物，缺水地区已危及人的生命健康。我国从20世纪80年代初以来，工农业和人口迅猛发展，每年工业废水和城市污水合计排放量已达约400亿立方米，且处理效率较低，大量废水排入天然水体，已使我国约80%的河流湖泊受到不同程度的污染。水污染已成为我国面临的严重环境问题之一。在水资源日益紧缺的今天，做好城市污水和工业废水的处理和再生利用，有利于保护水环境、保护水源，促进有限的水资源能够可持续开发利用。

为减轻和消除水污染所造成的不良影响，1995年以来，国家水污染治理工作力度加大，许多污水处理技术在实际中得到应用。但还存在污水处理技术不适用、工程设计和运行管理水平不高的情况。要实现我国大多数江河流域水体基本变清的目标，还需要学习研究和推广应用适合我国国情的污水处理工艺技术和设备，同时需要环保管理部门、建设单位和技术研究设计单位共同做好污水处理工程的设计与运行管理。本书按照针对和实用的原则，主要阐明城市和工业污水处理的类型、特点和处理方案的比较选优，污水处理工程的设计程序、内容、原则、设计计算方法和步骤，并列举污水处理工艺设计常用的设计资料。由于篇幅限制，本书没有叙述污水处理的基本原理、系统形式和组成、经济特征等，而是从设计和运行角度，通过城市污水和工业废水处理实际工程的设计实例，详细介绍了污水处理常用工艺技术和新工艺技术（例如氧化沟法、序批式活性污泥法、升流式厌氧污泥床）的工艺特征、设计运行参数、设计计算和应用效果。

本书力求占有新的技术和资料信息，编者是十多年来从事污水处理技术研究、设计、教学和运行管理方面的专家。参加本书编写的有曾科、卜秋平、陆少鸣、李杉、高健磊、宋宏杰、石志红、张晓丽、杨丽，全书由曾科、卜秋平、陆少鸣主编，李杉、高健磊副主编。

由于目前尚不多见污水处理厂（站）工艺设计计算和运行管理方面的书，本书的出版带有尝试意义，加之编者水平有限，书中不足和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2001年5月

# 目 录

<b>第一章 污水处理工程设计</b> .....	1
第一节 污水处理技术及其发展.....	1
第二节 污水处理工程的建设程序.....	7
第三节 污水处理工程的设计阶段.....	8
第四节 污水处理工程各设计阶段的内容.....	8
一、设计前期的工作.....	8
二、初步设计.....	9
三、施工图设计.....	10
第五节 污水处理工程的设计依据.....	12
一、污水处理工程基本情况资料.....	12
二、设计任务书或委托书.....	13
三、污水处理工程技术资料.....	13
四、污水处理工程设计资料.....	13
<b>第二章 污水处理工程设计资料</b> .....	14
第一节 污水处理工程设计基础资料.....	14
一、城市或企业现状和规划资料.....	14
二、自然资料.....	14
三、供水、供电及交通运输资料.....	15
四、污染源资料.....	15
五、概算资料.....	15
六、其他资料.....	15
第二节 现场查勘.....	15
一、现场查勘的目的与内容.....	15
二、现场查勘的步骤.....	16
三、现场查勘应注意的事项.....	16
第三节 污染源调查.....	16
一、污染源调查的目的.....	16
二、污染源调查的步骤.....	17
三、污染源调查的方法与内容.....	17
第四节 现场勘测.....	18
一、地形测量.....	18
二、工程地质勘察.....	18
<b>第三章 污水处理系统及其选择</b> .....	20

第一节 污水处理系统的类型及其组成 .....	20
一、概述 .....	20
二、污水处理系统的类型 .....	20
三、污水处理系统构成设施的分类 .....	21
四、污水处理系统规划设计注意事项 .....	23
第二节 城市污水处理工艺及其选择 .....	23
一、污水处理工艺方案的内容与方案确定的依据 .....	23
二、城市污水特征与处理程度 .....	25
三、城市污水处理工艺的典型流程 .....	27
四、城市污水处理构筑物的选型 .....	29
第三节 工业废水处理工艺及其选择 .....	33
一、工业废水特征与处理目标 .....	33
二、工业废水处理方法 .....	34
三、各类工业废水的处理 .....	36
<b>第四章 污水处理工程的方案比较 .....</b>	<b>38</b>
第一节 污水处理工程方案比较的内容 .....	38
一、污水处理工程的方案比较层次 .....	38
二、污水处理工程的方案比较内容 .....	38
第二节 污水处理工程的技术经济指标 .....	38
一、污水处理工程的技术经济指标的内容 .....	38
二、评价设计方案的技术经济指标 .....	39
第三节 污水处理工程设计方案的经济比较方法 .....	40
一、指标对比法 .....	40
二、经济评价法 .....	41
第四节 污水处理工程的建设投资和经营管理费用 .....	42
一、基本建设投资 .....	43
二、可行性研究阶段污水处理工程直接费 .....	43
三、经营管理费用 .....	45
<b>第五章 污水处理厂设计 .....</b>	<b>47</b>
第一节 污水厂设计的内容及原则 .....	47
一、污水厂设计内容 .....	47
二、污水厂设计原则 .....	47
第二节 污水厂厂址选择 .....	48
第三节 污水处理工艺设计 .....	48
一、污水处理厂规模 .....	48
二、进出污水水质 .....	49
三、处理工艺选择 .....	49
四、污水预处理与一级处理 .....	50
五、厌氧生物处理 .....	51

六、好氧生物处理 .....	53
七、供氧设施 .....	55
八、污水自然处理 .....	56
九、污水深度处理 .....	57
十、污水消毒 .....	58
十一、污泥处理和处置 .....	58
<b>第四节 污水厂的总体布置 .....</b>	<b>60</b>
一、污水厂总体布置的内容 .....	60
二、污水厂的平面布置 .....	61
三、污水厂的高程布置 .....	62
<b>第五节 工程结构与辅助工程 .....</b>	<b>64</b>
一、工程结构 .....	64
二、电气与自控 .....	65
三、计量与检测 .....	66
四、其他辅助工程 .....	67
<b>第六节 污水处理工程节能设计 .....</b>	<b>67</b>
一、污水处理中的能耗 .....	67
二、污水处理的节能技术 .....	68
<b>第六章 污水处理厂工程验收与运行管理 .....</b>	<b>71</b>
<b>第一节 污水处理厂工程竣工验收 .....</b>	<b>71</b>
一、工程验收组织与程序 .....	71
二、工程验收的准备 .....	71
三、工程验收的内容 .....	72
四、水池工程验收 .....	73
五、机械设备安装工程验收 .....	75
六、管道安装工程验收 .....	82
<b>第二节 污水处理厂运行管理 .....</b>	<b>84</b>
一、污水处理厂运行管理概述 .....	84
二、沉淀池的运行和管理 .....	86
三、活性污泥系统的运行管理 .....	89
四、生物膜处理系统的运行管理 .....	96
五、厌氧生物处理装置的运行管理 .....	99
六、管道与设备的运行管理 .....	103
<b>第三节 某污水厌氧处理工程的调试运行 .....</b>	<b>110</b>
一、工程概况 .....	110
二、处理工程说明 .....	111
三、调试与运行方案 .....	112
四、调试运行记录 .....	117
五、异常问题与对策 .....	120



第四节	某污水好氧处理工程的调试运行	121
一、	工程概况与特色	121
二、	处理工艺说明	121
三、	调试运行方案	123
四、	调试运行记录	127
五、	调试问题与解决	128
六、	运行的自动控制	129
<b>第七章</b>	<b>污水处理工程课程设计与毕业设计</b>	<b>131</b>
第一节	污水处理工程课程设计	131
一、	污水处理工程课程设计的内容和深度	131
二、	污水处理工程课程设计任务书	131
三、	污水处理工程课程设计指导书	132
四、	污水处理工程课程设计步骤和参考资料	135
第二节	污水处理工程毕业设计	135
一、	污水处理工程毕业设计的目的	135
二、	毕业设计的内容和深度要求	136
三、	毕业设计的选题	136
四、	毕业设计成果要求	136
五、	毕业设计进度计划和步骤	138
<b>第八章</b>	<b>污水处理厂设计实例</b>	<b>140</b>
第一节	某城市污水处理厂设计实例	140
一、	总论	140
二、	污水处理工艺方案比较	143
三、	污水处理工艺设计计算	152
四、	污水处理厂总体布置	165
五、	土建与公用工程	166
六、	投资估算	167
七、	劳动定员与运行费用	169
第二节	某淀粉厂废水处理工艺设计实例	171
一、	概述	171
二、	设计资料	171
三、	处理工艺方案的确定	171
四、	处理工艺构筑物设计	173
五、	污水处理站平面布置和高程布置	198
六、	施工要求	200
第三节	某城市污水厂深度处理工程设计实例	201
一、	工程概述	201
二、	深度处理工艺方案比较	201
三、	深度处理工艺设计计算	202

四、深度处理工程总体布置·····	216
五、投资估算与运行费用·····	216
<b>第九章 污水处理工程设计参考资料·····</b>	<b>217</b>
第一节 有关设计的参考资料·····	217
一、污水综合排放标准 GB 8978—1996 ·····	217
二、常用水质标准索引·····	226
三、污水排入城市下水道水质标准·····	226
四、常用设计与施工规范索引·····	227
五、常用标准图索引·····	227
六、劳动定员·····	228
七、附属建筑与设备·····	228
八、厂区道路与绿化·····	229
九、各种管线允许距离·····	229
十、标准大气压下不同温度的溶解氧量·····	230
十一、消防间距·····	231
第二节 有关制图的基本知识·····	231
一、图纸幅面与标题栏·····	231
二、比例·····	231
三、图线·····	232
四、尺寸注写规则·····	232
五、标高·····	234
六、坐标·····	234
七、方向标·····	234
八、索引标志·····	234
九、图纸折叠方法·····	234
<b>附录·····</b>	<b>236</b>
附图 1 某城市污水厂氧化沟工艺方案总平面布置图 1 : 1000 ·····	236
附图 2 某城市污水厂氧化沟工艺方案工艺流程图 ·····	237
附图 3 某厂污水处理站平面布置图 ·····	238
附图 4 某厂污水处理站高程图 ·····	239
附图 5 SBR 工艺设计图 ·····	240
附图 6 辐流沉淀池工艺设计图 ·····	244
附图 7 潜污泵房工艺设计图 ·····	248
附图 8 污泥浓缩池工艺设计图 ·····	251
附图 9 某城市污水厂深度处理工程平面布置图 ·····	253
<b>参考文献·····</b>	<b>254</b>

# 第一章 污水处理工程设计

## 第一节 污水处理技术及其发展

中国是一个水资源匮乏的国家，人均水资源占有量仅为世界人均占有量的四分之一，而且在时空分布上极不均匀，致使许多地区和约 300 个城市缺水，其中严重缺水城市有 50 个。而 20 世纪 80 年代以来，人口的膨胀、工业的迅猛发展使水环境受到严重污染，同时水污染治理工作没有及时跟上，这就加剧了水资源的短缺。

根据《全国环境统计公报》(2008 年)的数据，2008 年全国废水排放总量 571.7 亿吨，比上年增长 2.7%。其中，工业废水排放量 241.7 亿吨，占废水排放总量的 42.3%，比上年增长 2.0%；城镇生活污水排放量 330.0 亿吨，占废水排放总量的 57.7%，比上年增长 6.4%；2008 年废水中化学需氧量排放量 1320.7 万吨。2009 年《中国环境状况公报》的数据，到 2009 年底，全国化学需氧量排放总量为 1277.5 万吨。

据中国环保网提供的 2010 年《全国环境质量状况报告》的数据，2010 年，全国地表水国控监测断面中，Ⅰ~Ⅲ类水质比例为 51.9%，较 2009 年提高了 3.7%，较 2005 年提高了 14.4%；劣Ⅴ类水质断面比例为 20.8%，与 2009 年基本持平，较 2005 年降低了 6.6%。七大水系中，长江干流水质为优，支流水质良好；黄河干流水质为优，支流为重度污染；珠江干流水质良好，支流水质为优；松花江干流为轻度污染，支流为中度污染；淮河干流水质为优，支流为中度污染；海河水系为重度污染；辽河干流为轻度污染，支流为中度污染。重点湖泊中，太湖湖体为重度污染，属轻度富营养；滇池湖体为重度污染，属重度富营养；巢湖湖体为中度污染，属轻度富营养；洪泽湖湖体为中度污染，属轻度富营养；洞庭湖湖体为重度污染，属轻度富营养；鄱阳湖湖体为轻度污染，属轻度富营养；丹江口水库水质良好，属中度富营养。

地表水总体为中度污染，造成饮用水水源的污染，全国 60%~70% 的饮用水水源不符合卫生标准，使我国城乡供水水源受到严重影响，一些自来水厂按常规工艺运行已无法确保供水水质符合标准，被迫关闭或以生物化学法予以处理进行改造。

我国污水处理面临着水污染严重，污水治理起步晚、基础差、要求高的形势。“十一五”期间，为了适应经济发展和人民生活水平提高的要求，在经济高速发展的同时，我国城镇污水处理厂的建设有了很大的发展，中国水网相关统计清单表明，至 2008 年底，全国建成投运的城镇污水处理厂有 1521 座，污水处理厂设计污水日处理量约 9094.22 万吨，年处理量 331.94 亿吨。

2010 年 2 月 9 日发布的《第一次全国污染源普查公报》表明，至 2007 年全国共有集中式污水处理厂 2094 座，污水处理厂污水年实际处理量 210.31 亿吨。其中：城镇污水处理厂处理 194.41 亿吨，占 92.5%；工业废水集中处理厂处理（不包括工业企业内仅处理本企业工业废水的处理设施处理量）12.90 亿吨，占 6.1%；其他污水处理厂（设施）处理 3.00 亿

吨，占 1.4%。

城镇污水处理厂、工业废水集中处理厂和工业企业内部污水处理设施的运行，为实现“十一五”期间阻止地表水污染加剧的目标发挥了重要作用。

但绝大多数城市的污水处理能力满足不了实际需要，全国城市污水处理率仅为 60.0%~70.0%。全国 5 万多个城镇，近 3 亿多人口居住地尚无污水处理设施，要实现全国主要流域水体水质基本变清的目标，尚需时日。

国家环保部已初步拟定了“十二五”期间节能减排目标，即到 2015 年，COD 的排放总量将比 2010 年减少 5%。从减排目标数据来看，虽然 COD 的减排目标相比“十一五”降低了一半，但是减排的难度却更大了。“十一五”期间，主要靠工程减排方式完成目标任务，这种方式“十二五”期间已经难以为继，减排方式将向结构减排方式过渡。

近三十年来，随着水污染治理工作的发展，污水处理技术也取得了一定的进展，大量的新工艺、新设备和新材料等在实际中应用和发展。而且，与污水处理厂相关的环境或污水水质标准、工程设计规范、工程施工及其质量验收等标准规范体系也基本完善。

以《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)、《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)和《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002)、《广东省地方标准水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)的发布实施为标志，2001 年后，国家、地方和行业的大量水质标准、污水排放标准和城市污水再生水水质标准等得到修订或制定。《污水综合排放标准》(GB 8978)于 1996 年修订之后，第二次修订工作也将要结束，准备发布实施。

设计方面，《室外排水设计规范》在 1997 年发布 97 年版进行局部修订后，于 2006 年 1 月 8 日发布了最新的《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)，之前《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)作为新规范发布实施。《生物接触氧化法污水处理工程技术规范》(征求意见稿)由国家环保部负责编制完成，已于 2010 年 6 月发布征求相关单位和各方面的意见，不久将会发布实施。

《城市污水处理厂工程质量验收规范》(GB 50334—2002)于 2003 年发布，以新的国家标准实施；《给水排水构筑物工程施工及验收规范》(GB 50141—2008)于 2009 年发布实施，取代《给水排水构筑物施工及验收规范》(GBJ 141—90)；《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008)于 2009 年 5 月发布实施，取代 GB 50268—97 和《市政排水管渠工程质量检验评定标准》(CJJ 397)。

### 1. 污水处理工艺

氧化沟 (oxidation ditch) 技术作为 20 世纪 50 年代由荷兰工作师巴斯维尔 (Passver) 发明的一种新型活性污泥法，几十年来在我国城市和工业企业废水处理工程中得到广泛的应用和发展。各种形式的氧化沟得到应用，最普遍的是 CARROUSEL 氧化沟，还有交替工作的三沟式氧化沟和 DE 型氧化沟，以及一体化氧化沟。由于该工艺在处理负荷、混合液流态和曝气装置上的特殊性，其处理流程简单、构筑物少，一般情况下可不建初沉池和污泥消化池，某些情况下还可不建二沉池和污泥回流系统，对于中小型污水处理厂，想节省投资和降低维护管理难度时，是首选。其处理效果好且稳定可靠，不仅可满足 BOD<sub>5</sub> 和 SS 的排放标准，且在运行方式合适时能实现脱氮和除磷，而不像传统活性污泥法（要脱氮除磷时）必须做大量改造工作。同时该工艺还具有较强冲击负荷承受能力、剩余污泥量少、污泥稳定程度好、机械设备少等优点。因为存在于污泥中的有机质最终是在氧化沟中部分好氧代谢而去除

的,氧化沟工艺在节约能耗、降低运行费方面不具有优势。

与此同时,A-B法和A-O或A-A-O法得到了推广应用。A-B法具有对进水负荷变化适应性强、运行稳定、污泥不易膨胀、脱氮除磷效果较好等优点,适合在解决老污水处理厂超负荷运行而改造时采用,在我国山东、深圳、新疆等地区多有应用。A-O法或A-A-O法,与传统活性污泥法比,具有能大大提高脱氮除磷效果的优点,适用于城市污水处理后排入需防止水体富营养化的水体,或要求对于工业废水有较高的总氮去除量时(如屠宰厂、化肥厂废水等)。但A-B法或A-O或A-A-O法均需增加一些构筑物 and 设施(缺氧池、回流设施等),工程投资要增加。

相对而言,间歇式活性污泥法或序批式活性污泥法(sequencing batch reactor activated sludge process, SBR)作为一项新技术,不论在工业企业废水还是城市污水处理工程中均得到了更广泛的应用。这主要是该工艺特殊的运行和净化机制,比传统活性污泥法具有更高的污染物净化效果,尤其对高浓度难生物降解污水,SBR工艺能省去二沉池、污泥回流设施,某些情况下还可省去调节池和初沉池,一般情况下能使整个工程占地减少、投资降低。另外还具有较强的冲击负荷调节能力,污泥不易膨胀、易于沉淀、脱水性能好,可实现脱氮除磷功能等优点,该工艺要求配备专用排水装置和自动控制系统,在目前环保资金还比较紧张的情况下,限制了SBR工艺的高效稳定运行。由于间歇运行,空气扩散器的堵塞可能性大于传统活性污泥法,当采用大气泡空气扩散器时(也为降低投资),其节能效果不如传统活性污泥法。如何按照曝气过程需氧量来自动控制SBR工艺的运行,是有待进一步研究,可提高节能效果的方法。

生物膜法是微生物附着生长的一类好氧生物处理技术,主要包括生物滤池、生物转盘、生物接触氧化、生物流化床。其与活性污泥法比较,具有净化效果好(适合于低浓度污水)、抗冲击负荷能力强、能耗低(尤其是低浓度污水采用生物滤池和生物转盘方法处理时)、污泥量少且易于沉淀分离等优点,在城市污水和工业废水处理中得到了广泛应用,特别是在新型填料开发应用后,中小规模污水厂,气候条件较好时合适采用生物接触氧化法。而生物滤池、生物转盘工艺,在污水浓度较高时,由于(生物滤池)填料易堵塞、影响环境卫生、占地面积大等缺点应用较少,一些较小工程容易克服以上缺点而采用了生物塔滤和生物转盘。

新型生物膜法——微生物固定化技术,例如包埋固定化微生物处理技术,具有反应器中微生物浓度大大提高,固液分离简便迅速,能利用特种微生物,被包埋起来的微生物受毒物侵害少,剩余污泥量少等优越性。其中特别是对特种微生物的固定,更受研究者的关注(例如对硝化脱氮菌,分解酚、氰化物等难降解物的特种微生物的固定)。但其要应用于工程实际还需进一步研究开发。

氧化沟技术、A-B法、A-O法或A-A-O法及SBR工艺技术,与传统活性污泥法一样,仍为好氧活性污泥法,包括生物膜法,污水中的有机污染物的去除是依靠微生物的好氧代谢来完成的,因此具有能耗大、费用高的缺点,促使人们去研究高效节能的污水处理技术,目前这方面可应用的技术有自然生物处理系统、厌氧生物处理法。

自然生物处理系统是指依靠天然水体或土的自净作用对废水进行处理的系统,污水中有机污染物的降解是微生物在不进行人工充氧条件下完成的,因此节能效果好,运行费用低,而且投资小、处理效果好。自然生物处理系统,主要包括生物稳定塘和土地处理系统,在早期(1985~1997年)工程投资成为控制因素时在一些规模不大的工程中得到应用,但1995~2005年间受到自身占地面积大、受气候条件影响大等缺点的限制,没有得到大规模

应用。2005年后,随着污水排放标准的提高,自然生物处理技术作为生态净化体系的一部分又得以应用。例如垂直与水平潜流式人工湿地技术,在我国经历了二十余年的技术研究与开发之后,在很多的城市污水的中小规模深度净化厂得以应用,构造、防渗、填料、植物和水流等方面的人工设置,使其在运行负荷、进水浓度、净化作用和占地面积方面,比自然土地处理系统有突破,但其推广应用的一些问题尚未解决。

在追求高效节能方面,与自然生物处理系统,以及好氧活性污泥法、生物膜法比较,厌氧生物处理法具有更强的能力,得到更多的研究和应用。尤其是为了处理高浓度难生物降解的工业废水,大批新型厌氧生物反应器研究开发出来,例如:厌氧生物滤池(UF)、升流式厌氧污泥床反应器(UASB)、厌氧复合床反应器(UBF)。这些厌氧生物处理装置,均能有效地将系统的污泥停留时间与水力停留时间相分离,克服了早期普通厌氧生物工艺水力停留时间长(中温消化一般需要20~30d)的缺点。这些新型厌氧生物反应器具有显著优点,第一,适应性强,可处理高浓度有机废水亦可处理低浓度有机废水(一般要求 $\text{COD} \geq 1000\text{mg/L}$ );可处理易生物降解工业废水,亦能处理难生物降解工业废水;水量大水质负荷变化小时好处理,水量小水质负荷变化大时亦可处理;第二,节能效果好,有机污染物的生物降解完全在无氧条件下进行,不需要充氧,与好氧生物法比较,能节省大量供氧能源;而且厌氧生物代谢产生的沼气(每去除 $1\text{kgCOD}$ 产生沼气体积为 $0.3 \sim 0.5\text{m}^3$ )具有高热值( $21000 \sim 25000\text{kJ/m}^3$ ),可用去发电或直接作为燃料;第三,剩余污泥量少,厌氧生物反应系统在水力停留时间不长的条件下,仍维持很高的污泥停留时间,微生物污泥在系统内进行了一定的自身代谢;厌氧处理法产生的剩余污泥量约为好氧生物处理法的 $1/5 \sim 1/10$ ,而且这种污泥有机质含量低,易于脱水,不再需要进行稳定化处理,可降低污泥处理工程投资和运行费用;第四,处理能力大,表现在厌氧生物处理法容积负荷大,一般为好氧法的 $5 \sim 10$ 倍,这主要是因为厌氧生物反应器系统能使生物污泥滞留在反应器内,形成很高的生物固体浓度(絮状污泥浓度可达 $10 \sim 20\text{g/L}$ ,颗粒污泥浓度可达 $30 \sim 40\text{g/L}$ )。

当高浓度工业有机废水的处理面临新问题,需要更高效、更稳定、更省地的技术时,第三代厌氧反应器技术,近十年来在我国得以迅速开发和应用。第三代厌氧处理技术包括膨胀颗粒污泥床(EGSB)、厌氧内循环反应器(IC)、厌氧折流板反应器(ABR)等。它们不仅有典型的反应器,而且有突出的性能特征:第一,颗粒污泥为主,水力停留时间与固体停留时间分离;第二,高负荷、高强度与高流失的分离。这些新型厌氧生物处理技术,除了满足反应器能够保持大量厌氧活性污泥的要求之外,还满足进水与反应器内污泥的良好接触的要求。与第二代厌氧反应器(UF、UASB等)技术相比,具有处理负荷高、运行稳定性好、工程占地小等优点。但它们具有内部结构相对复杂、安装和维护困难、动力消耗大等不足。由于反应器相分离及其微生物代谢条件要求高,对预处理的要求也较高。

随着《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)于2002年12月发布,2003年7月1日实施,原国家环保总局2006年第21号公告提出,城镇污水处理厂出水排入国家和省定重点流域及湖泊的水域时,执行GB 18918—2002一级标准的A标准,意味着一级A标准在全国范围内的推行。随后一些地方水污染物排放标准、工业水污染物排放标准均颁布或即将颁布,例如:《北京市水污染物排放标准》(DB11 307—2005)、《城市污水再生利用工业用水水质标准》(GB/T 19923—2005)、《工业循环冷却水处理设计规范》(GB 50050—2007)、《制浆造纸工业水污染物排放标准》(GB 3544—2008)、《发酵类制药工业水污染物排放标准》(GB 21903—2008)已颁布,《合成氨工业水污染物排放标准》、《味精工业

污染物排放标准》、《制革及皮毛加工业水污染物排放标准》等新标准即将颁布。这些新标准的实施，将提出更新、更高的污水处理要求。

污水深度处理回用，既可减少污染，又可增加水资源，随着全国各地用水价格的提高，污水回用需求的提高，污水深度处理技术也得以较快发展。

深度处理可以采用三级处理工艺，但又不限于此，采用二级处理新工艺取得更好的水质也是深度处理。例如采用生物脱氮、除磷就是在二级处理中完成的，此二级处理工艺也是深度处理工艺。目前污水深度处理工艺主要有：

① 常规三级处理工艺，工艺流程为混凝+沉淀+过滤/连续微滤（CMF），以进一步去除 COD、SS、TP 为目标，要实现 TN 去除目标，对前部的二级处理应有较高要求。

② 新型的二级生物处理工艺，例如 A-A-O、UCT、Bardenpho、改良型氧化沟等，与常规二级生物处理比较，可以进一步去除 COD、TN、TP，某些情况下后面要接混凝+沉淀。

③ 采用生化与膜分离结合的处理工艺，例如 MBR（膜生物反应器）。通过设计和运行优化，MBR 工艺可以进一步去除 COD、TN、SS。要有效地去除磷，要向 MBR 池内投加一定的铁盐。

④ 结合多介质过滤、活性炭吸附法、臭氧氧化法的三级处理工艺，对生物惰性污染物有良好的净化效果，可使出水的色度、AOX、TOC 等指标达到较高排放标准，改善出水水质。

随着污水处理对象的扩展，在采用生物法处理一些难生化降解的有机废水时，预处理技术也得到开发，例如：Fenton 和微电解技术在反应器构造、反应床介质和反应条件等方面有了发展和应用，热解与碱解、生物水解、混凝、臭氧氧化等技术得以发展应用。

## 2. 污水处理设备

我国的城市污水与工业废水处理工艺技术，因为社会市场的需求，在过去的三十多年间有了较大发展，已经接近国际水平。然而，与污水处理相关的设备、装置、材料、仪表的开发研究起步较晚，发展相对滞后，已经成为污水处理事业发展的制约因素之一。尽管如此，十几年来，我国污水处理设备的设计和制造水平在引进、消化的基础上，亦得到了发展。

如离心水泵、潜污泵等产品引进了德国技术，在经历了一般干式离心污水泵、液下污水泵、自吸式污水泵后，目前的潜污泵，因为结构紧凑且系统构成、安装与维护简单，污物通过能力高（某些产品还带撕裂装置），保护措施多，安全性和可靠性高，易于实现自动控制等优点，在污水处理工程中正逐渐占据主要地位。二叶和三叶罗茨鼓风机引进了日本和德国技术，改进了机壳与转子的密封结构、进气出气口结构，提高了机械加工精度，使产品容积效率提高，单位能耗降低，机械和气动噪声降低，运转平稳程度提高。

氧化沟技术相关设备得以发展，竖轴式表面曝气机性能有所改进，如倒伞形表曝机，引进开发了高充氧性能和安装维护性能的卧轴式曝气转刷（电机立式安装），引进并开发了自动排水堰门，为了改善氧化沟中混合液流动效果引进开发了水下推进器，与一般潜水搅拌器相比，推进效果更好，而能耗却低。微孔曝气器吸收了芬兰等国技术，目前已具备刚玉与橡胶膜片式、盘式与管式、固定式与可提升式的微孔曝气器，充氧效率达到 15%~25%，比大气泡空气扩散器可节能 50%左右。

二次沉淀池排泥装置有了发展，由于二次沉淀池池底污泥为密度很轻的活性污泥，不能像初次沉淀池污泥那样刮除，因此开发了吸刮泥机，刮板和吸泥管同时利用，污泥通过虹吸

至池液面的排泥槽中排除。之后消化吸收美国技术，开发了新型吸泥机，该机具有中心传动、池底单管吸泥、结构简单紧凑、调节方便等优点，与传统的管槽式吸刮泥机和周边传动吸泥机相比，重量和传动功率大大降低。带式污泥压滤脱水机引进了法国、德国等国技术，该种脱水机因为处理能力大、运行连续平稳且能耗低，机器滤布的偏移、张紧力和带速可调而得到广泛的应用，而且带式浓缩脱水一体机也完成了引进、吸收和国产化。

无轴螺旋输送机或螺杆压榨机、旋流式或螺旋式除砂设备、带式或离心式污泥浓缩机、离心式污泥脱水机、伸缩管式撇水器等也在引进消化基础上，提升了国产设备的性能。

尽管如此，目前还有大量先进污水处理设备在引进使用中，如单级高速离心鼓风机、阶梯式格栅、转鼓细格栅、潜水推进器、离心污泥脱水机、MBR膜组件和紫外杀菌系统等。这些虽然可以使用国产设备，但在设备性能、产品质量和自动控制等方面，与国外先进设备相比，国产设备还需发展。

### 3. 污水处理工程材料

材料方面，开发应用了多种形式生物接触氧化池填料，使生物接触氧化技术得到推广应用，同时也使生物流化床技术得以发展，如高炉炉渣填料、蜂窝填料、立体波纹填料、球形填料、纤维软性填料、半软性填料、弹性立体填料、改进型弹性立体填料、球形悬浮填料、多孔泡沫塑料块和轻质聚乙烯环等。其中弹性立体填料由多层的放射状弹性丝构成，不像蜂窝和波纹填料，水气直上直下，可以连续不断使气-水混合液多次受到剧烈的碰撞和切割作用，提高了氧转移速度，亦不像纤维软性填料和球形填料容易断丝或结球。球形悬浮填料、多孔泡沫塑料块和轻质聚乙烯环等可悬浮于池体中，促进了泥法和膜法的结合。还有多种用于污水深度处理的新型滤料成功开发应用：陶粒、纤维球、泡沫塑料块、果壳滤料、锰砂滤料等。

污水处理药剂，主要用于除去水中的悬浮物、有毒有害物质，除臭脱色，脱出污泥水分等。这些药剂生产和使用技术具有较强的专业性，同时由于处理药剂大都直接作用于废水处理，会间接影响到排放废水水质。

无机絮凝剂，除了向高分子聚合、高电荷多核、低价向高价等方向发展外，一些新型复合型无机高分子絮凝剂也有开发应用，例如聚硫氯化铝（PACS）、聚磷氯化铝（PACP）、聚铝硅酸盐和聚铁硅酸盐等产品。

有机高分子絮凝剂仍以丙烯酰胺聚合物为主，主要通过独资、合资方式引进国外成套技术和装置生产，向高分子量、超高分子量和低游离单体含量发展，阳离子品种、两性产品的也得到开发应用。

活性炭在污水处理中得到广泛的应用，生物活性炭以及臭氧活性炭联用取得了工业应用上的突破。

### 4. 污水处理运行控制

污水处理厂的自动控制水平，正经历着一个从零开始不断发展的过程。目前，不仅单一工艺过程可以实现自动控制，而且可以对整个污水处理厂全过程各单元实现多级自动控制。

近年来，污水厂利用光缆、双绞线，将 PLC、服务器和操作站等相连，构成一个工业以太网，可以和现场的传感器、变送器、自动化仪表相连，进行数据通信、数据处理、数据管理。信号通过传感器、自动化仪表反馈到 PLC，通过 PLC 进行数据处理，上传给监控设备，然后对控制对象进行自动控制管理，能够根据系统运行过程中设施设备、进出水的相关参数的变化，及时自动地调整系统的运行状态，使其运行一直保持一个最佳的工作状态。



如通过中央控制室内计算机和大型模拟屏进行全厂集中监视和自动控制,亦可通过分级现场控制站分别对污水预处理、污水生物处理、污泥消化系统和污泥脱水系统的生产过程进行控制,可实现对流量、液位、水质(如 pH 值、溶解氧、化学需氧量)和污泥浓度的在线自动监测,并通过水质等参数监测值自动调节设备的运行,以保证好的处理效果、低的能源消耗。

然而,由于资金不足、技术力量薄弱等原因,大多数中小型污水处理厂的自动控制水平还很低。如仪表离线、人工取样测试、设备状态滞后调整等,导致系统运行效果不稳定。

SBR 生化处理系统运行的自动控制,一般情况下,全厂设置中央控制室,采用 DCS 控制系统形式,对工艺过程的进水、曝气、混合、沉淀、排水和闲置 5 个阶段,进行自动控制,也可能分为管理级、控制级、现场级 3 部分。控制目的是:①工艺过程控制,能可靠、灵活地执行不同运行任务;②设备及其操作自动控制,现场、中控两级管理;③采集、监控运行数据,按来水与运行目标变化,调整工艺运行方案;④多画面实时监控处理单元设备设施、进出水口设备的安全运行。但是大多数污水厂,没有根据运行期间 DO 等参数的变化,实现对 SBR 曝气量和反应时间的模糊控制,从而实现在保证出水水质前提下尽可能节省运行费用。尤其是面临生物脱氮的任务时,SBR 运行自动控制是否方便、有效和节能,对处理系统至关重要。这一目标的实现,理论和技术上并不困难,需要工艺和自控工程师现场大量辛苦的调试工作。应该说,SBR 系统工艺控制是一个多参量、多任务、多设备的复杂系统,随着污水处理自动控制技术的发展和成熟,计算机和网络的飞速发展,SBR 处理系统的自动运行,相信不久就能实现工业化。

## 第二节 污水处理工程的建设程序

污水处理工程是城市市政建设、工业企业建设或排污达标治理的一个重要部分,其建设须按国家基本建设程序进行,现行的基本建设程序一般分编制项目建议书、项目可行性研究、项目工程设计、工程和设备招投标、工程施工、竣工验收、运行调试和达标验收几个步骤。

这些建设步骤基本包括了项目建设的全过程,它们也可划分为三个阶段。

**第一阶段 项目立项阶段。**该阶段需根据城市市政规划或环境保护部门要求,分析项目建设的必要性和可行性。本阶段以确定项目为中心,一般由建设单位或其委托的设计研究单位编制项目建议书和项目可行性研究报告,通过国家计划部门、投资银行或企业计划部门论证便可获得立项,对于某些小规模项目,只编制污水处理工程方案设计,并通过投资部门的论证便可立项。

**第二阶段 工程建设阶段。**包括工程设计、工程和设备招投标、工程施工、竣工验收等过程。

① 工程设计,项目立项后,设计单位根据审批的可行性研究报告进行施工图设计,其任务是将可行性研究报告确定的设计方案的具体化,要将污水处理厂(站)区、各处理构(建)筑物、辅助构(建)筑物等的平面和竖向布置,精确地表达在图纸上,其设计深度应能满足施工、安装、加工及施工预算编制要求。在施工图设计之前,可能还需进行扩大初步设计,进一步论证技术的可靠性、经济合理性和投资的准确性。

② 工程设备招投标,是经过比较投标方的能力、技术水平、工程经验、报价等,来选