

# 水厂设计

# WATER



上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司组织编写

张辰 主编

羊寿生 主审

# 污水厂设计

中国建筑工业出版社

水厂设计

# 污水厂设计

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司组织编写

张 辰 主编  
羊寿生 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

污水厂设计/张辰主编. —北京: 中国建筑工业出版社,

2010

(水厂设计)

ISBN 978-7-112-12035-2

I. 污… II. 张… III. 污水处理厂-设计 IV. X505

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 071526 号

《水厂设计》1套2册,分别为《净水厂设计》和《污水厂设计》,是以工程设计实践为主题的专著。《污水厂设计》主要阐述污水厂设计的基本理论和实践经验。根据作者长期从事排水工程设计工作的理论、实践和经验,对污水处理中各阶段进行理论分析,提出各阶段设计计算方法和设计实例,系统介绍了污水处理厂工艺设计;主要设计参数的确定;就各处理构筑物的分类和选用、计算和设计进行了详细的介绍。本书还就污水厂厂址选择,总体布置,高程设计,科学运行等方面进行了分析。全书共分绪言、处理工艺选择、进水泵房和预处理、一级处理和一级强化处理、生物处理之活性污泥法、生物处理之生物膜法、消毒、污泥浓缩、污泥厌氧消化、污泥脱水、污泥输送和储存、配电和自控设计、机械设计、污水厂总体布置、污水厂科学运行控制方法和技术经济设计等16章,各章中均附有工程实例。

本书可供从事给水排水、环境工程和市政工程专业的工程决策人员、设计人员、运行管理人员和大专院校师生参考。

\* \* \*

责任编辑:俞辉群

责任设计:李志立

责任校对:王金珠 关 健

## 水厂设计 污水厂设计

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司组织编写

张 辰 主编

羊寿生 主审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本:880×1230毫米 1/16 印张:50 $\frac{3}{4}$  插页:2 字数:1430千字

2011年9月第一版 2011年9月第一次印刷

定价:120.00元

ISBN 978-7-112-12035-2  
(19282)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

本书全面总结上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司 50 多年排水工程的实践,是全体排水设计人员共同智慧和经验的结晶。参与编写的作者在污水厂设计过程中,深切感受到污水厂设计是一项综合性很强的工程技术工作,随着国际交流的日益广泛,污水厂设计技术日新月异,呈现较快的发展趋势,不仅仅是技术的发展,理论也在不断创新,更重要的是,在设计和生产运行实践中取得大量的宝贵经验,为此,必须不断总结、不断创新、不断发展。在我国,这几年涉及污水厂设计方面的书较多,也不断翻译出版了大量国外设计手册和参考文献,但密切结合我国工程实际,一方面自主创新,另一方面通过引进消化吸收,形成有中国特色的污水厂设计技术,正在起步,是我们这一代人的责任和使命。

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司自成立以来,完成排水工程规划设计项目遍及全国,共完成 830 项排水工程设计,获得省部级以上优秀设计奖 229 项,市级以上科技进步奖 64 项;其中完成污水处理厂设计 200 多座,包括上海石洞口污水处理厂、杭州市七格污水处理厂、广州大坦沙污水处理厂、重庆鸡冠石污水处理厂和上海白龙港污水处理厂等一系列大型和特大型污水处理厂的勘察设计;拥有已获授权或申请受理的专利 30 多项。

上海市政工程设计研究院总院(集团)有限公司在 20 世纪 60 年代初开展污水处理工艺的研究,通过技术革新,采用生物吸附法、阶段曝气法,替代传统活性污泥法,提高了处理能力,这些工程一直运行至今。20 世纪 70 年代,开始对工业废水处理进行研究,通过现场试验,获得设计资料,再进行工程设计,工程投产后取得较好效果。其中有食品废水、石油化工废水、含氰酚废水、印染废水、屠宰废水、炼油煤制气废水、钢铁废水、电镀废水、乳制品废水、制药废水等。20 世纪 80 年代后,率先在上海莘庄污水处理厂进行生物脱氮 A/O 工艺试验研究,随后应用于上海周浦、长桥、吴淞等城市污水处理厂;1983 年通过试验,在国内首次采用序批式污水处理工艺,用于上海吴淞肉联厂污水处理站,规模  $2400\text{m}^3/\text{d}$ ,取得成效后用于上海青浦污水处理厂,规模  $7500\text{m}^3/\text{d}$ ;1984 年投产运行的卡鲁塞尔氧化沟,处理上海龙华肉联厂废水,这是国内首次采用此工艺,类似此工艺的工程有福州洋里污水处理厂,规模  $20\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ,上海青浦第二污水处理厂,规模  $5\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ;1983 年投产运行的分流式氧化沟,处理上海乳品五厂废水,该工艺与三槽式氧化沟相似,其中一条氧化沟可交替作为二沉池用;三槽式氧化沟有深圳滨河污水处理厂,规模  $30\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ,上海金山石化厂污水处理厂,规模  $14\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ;1981 年通过试验研究采用 ABF 法处理上海梅林食品厂食品废水,建成投产后取得较好效果;上海嘉定污水处理厂改建中采用 A/B 法工艺,同样在淄博污水处理厂和深圳滨河污水处理厂中也采用 A/B 法工艺,均取得较好效果。

在自主开发先进污水处理工艺的同时,上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司积极与国外公司合作,充分利用世界银行、亚洲开发银行和各国政府贷款,既学习了国外先进工艺技术,又建成了一大批较典型的城市污水处理厂,如第一批奥地利政府贷款项目的济南污水处理厂,规模  $22\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ;淄博污水处理厂,规模  $14\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ;徐州污水处理厂,规模  $10\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ;南通经济技术开发区污水处理厂,规模  $5\times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 。同时,积极与国外工程公司合作,开展新工艺、新技术的

开发应用。

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司对已建污水处理厂开展专题研究，使之达到脱氮除磷要求。上海龙华污水处理厂采用曝气生物滤池工艺进行改造，上海曲阳污水处理厂采用双污泥脱氮除磷工艺等，均具有地方特色。上海石洞口污水处理厂，采用一体化活性污泥工艺，处理规模  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，出水达到一级 B 标准后排放，污泥处理率先采用干化焚烧工艺，充分利用污泥的热资源，解决污泥处理处置问题，目前该污水厂处理运行正常，处理效果良好；上海白龙港污水处理厂，采用多模式 AAO 工艺，处理规模达  $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，目前已投入运行。这两座污水处理厂规模在同类型处理工艺中堪称世界第一。

对城市污水处理厂的污泥处理，上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司进行多项研究，应用实例有上海金山石化总厂污水处理厂污泥厌氧消化，消化污泥脱水干化处理；山东淄博污水处理厂污泥消化后沼气用于鼓风机；山东济南盖家沟污水处理厂在国内首次采用蛋形污泥厌氧消化池，沼气综合利用；厦门污水处理厂污泥厌氧消化，消化后污泥作为绿化肥料，沼气作燃料应用；上海石洞口污水处理厂污泥脱水、干化焚烧工艺，更是污泥处理处置的首例，具有开创性和先进性。

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司是国家工程建设标准化协会城市给水排水委员会主任委员单位，也是全国污水处理厂污泥处理处置分技术委员会秘书长单位，在研究和工程实践示范的同时，积极为国家编制技术政策和标准规范，承担了国家排水、污水、污泥标准的编制和管理工作，作为主编单位承担编制和修订《室外排水设计规范》（从 1974 年版到最新的 2006 年版共修订和编制了 4 次）和污泥处理处置系列标准等国家标准，并负责规范的管理与解释。此外，还主编《镇（乡）村排水工程技术规程》、《城市污水生物脱氮除磷处理设计规程》、《城市排水泵站设计规程》等多项行业和地方标准，为推动污水、污泥处理处置技术的发展作出了贡献。

在全体编写人员的支持和共同努力下，在前辈专家、学者的指导下，充分发挥上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司的设计经验，将 50 多年来，特别是近 10 年设计的百余座污水厂的实践经验，按工艺流程进行系统整理，编辑成书。

本书由上海市政工程设计研究总院组织编写，由张辰（第 1 章、第 2 章第 1、2、3 节、第 14 章）、俞士静（第 4 章第 1 节）、曹晶（第 3 章第 2、3、4、5 节）、张亚勤（第 4 章第 2 节）、彭弘（第 3 章第 1 节）、卢峰、王锡清（第 5 章）、邹伟国（第 6 章）、李春光、张欣、徐晓宇（第 7 章）、查眉娉（第 8 章）、孙晓（第 2 章第 4 节、第 9 章、第 10 章）、钱勇（第 10 章）、胡维杰（第 11 章）、陆继诚、李滨（第 12 章）、毛鸿翔（第 13 章）、王国华、沈昌明、陈和谦（第 15 章）、王梅、陆勇雄、袁弘（第 16 章）等参加编写，总工程师张辰任主编，设计大师羊寿生主审。

由于作者水平有限，不足之处，尚请读者批评指正。

本书编写过程中，得到同济大学、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司众多老师、同事的悉心指导，在此表示衷心感谢。

主编：张辰

2010 年 11 月于上海

# 目 录

第 1 章 绪言	1
第 2 章 处理工艺选择	6
2.1 污水组成和特性	6
2.1.1 污水组成	6
2.1.2 污水特性	6
2.1.3 污水处理主要污染物控制指标	11
2.1.4 污水水质替代参数研究	12
2.2 设计流量和设计水质	12
2.2.1 设计流量	12
2.2.2 设计水质	15
2.3 污水处理工艺选择	24
2.3.1 污水处理工艺	24
2.3.2 预处理工艺选择	25
2.3.3 一级处理和一级强化处理工艺选择	25
2.3.4 二级处理和二级脱氮除磷处理工艺选择	27
2.3.5 污水处理工艺选择研究	55
2.4 污泥处理处置工艺选择	57
2.4.1 污泥性质和数量	57
2.4.2 污泥处理处置工艺	59
2.4.3 污泥处理工艺选择	59
2.4.4 污泥处置工艺选择	63
2.4.5 污泥处置标准研究	65
2.4.6 污泥处理处置工艺选择研究	68
第 3 章 进水泵房和预处理	73
3.1 进水泵房	73
3.1.1 进水泵房分类和选用	73
3.1.2 污水泵基本性能	78
3.1.3 进水泵房计算	89
3.1.4 进水泵房设计	93
3.2 预处理工艺	99
3.3 格栅	99
3.3.1 格栅一般规定	99
3.3.2 格栅分类	102
3.3.3 格栅选用	107

3.3.4	格栅截除污物搬运和处置 .....	111
3.3.5	格栅计算和设计 .....	113
3.3.6	破碎 .....	133
<b>3.4</b>	<b>沉砂</b> .....	142
3.4.1	沉砂理论 .....	142
3.4.2	沉砂池分类和选用 .....	147
3.4.3	沉砂池设计和计算 .....	155
<b>3.5</b>	<b>工程设计实例</b> .....	171
3.5.1	工程设计实例一 .....	171
3.5.2	工程设计实例二 .....	179
3.5.3	工程设计实例三 .....	181
3.5.4	工程设计实例四 .....	185
3.5.5	工程设计实例五 .....	188
3.5.6	工程设计实例六 .....	192
<b>第4章</b>	<b>一级处理和一级强化处理</b> .....	194
<b>4.1</b>	<b>一级处理</b> .....	194
4.1.1	沉淀理论 .....	194
4.1.2	沉淀池分类和选用 .....	205
4.1.3	沉淀池设计 .....	207
4.1.4	平流式沉淀池设计 .....	208
4.1.5	辐流式沉淀池设计 .....	218
4.1.6	竖流式沉淀池 .....	228
4.1.7	斜板(管)沉淀池 .....	232
<b>4.2</b>	<b>一级强化处理</b> .....	234
4.2.1	一级强化处理技术 .....	234
4.2.2	化学絮凝一级强化处理设计 .....	236
<b>第5章</b>	<b>生物处理之活性污泥法</b> .....	245
<b>5.1</b>	<b>活性污泥法基础理论</b> .....	245
5.1.1	历史和发展 .....	245
5.1.2	活性污泥性质和工艺流程 .....	245
5.1.3	活性污泥反应动力学 .....	261
5.1.4	活性污泥法脱氮除磷 .....	265
<b>5.2</b>	<b>活性污泥法分类和选用</b> .....	276
5.2.1	活性污泥法分类和选用 .....	276
5.2.2	曝气和曝气设备 .....	288
<b>5.3</b>	<b>活性污泥法工艺计算</b> .....	297
5.3.1	AAO工艺设计 .....	297
5.3.2	一体化活性污泥法工艺设计 .....	309
5.3.3	SBR工艺设计 .....	323
<b>5.4</b>	<b>活性污泥法设计</b> .....	331
5.4.1	常规活性污泥法设计 .....	331

5.4.2	脱氮工艺设计 .....	332
5.4.3	除磷工艺设计 .....	335
5.4.4	脱氮除磷工艺设计 .....	337
5.4.5	氧化沟设计 .....	341
5.4.6	序批式活性污泥法设计 .....	342
5.4.7	二次沉淀池设计 .....	345
5.4.8	鼓风机房设计 .....	361
<b>5.5</b>	<b>活性污泥法尚待研究和开发的问题 .....</b>	<b>369</b>
5.5.1	从生物学角度看 .....	369
5.5.2	从工程学角度看 .....	371
5.5.3	展望 .....	371
<b>第 6 章</b>	<b>生物处理之生物膜法 .....</b>	<b>372</b>
<b>6.1</b>	<b>生物膜法处理理论 .....</b>	<b>372</b>
6.1.1	生物膜形成和特点 .....	372
6.1.2	生物膜法主要特征 .....	372
<b>6.2</b>	<b>生物膜法发展过程和分类 .....</b>	<b>373</b>
6.2.1	生物膜法发展过程 .....	373
6.2.2	生物膜法分类 .....	374
<b>6.3</b>	<b>生物滤池 .....</b>	<b>375</b>
6.3.1	概述 .....	375
6.3.2	普通生物滤池 .....	376
6.3.3	高负荷生物滤池 .....	377
6.3.4	生物滤池影响因素 .....	381
6.3.5	生物滤池设计计算 .....	382
<b>6.4</b>	<b>生物接触氧化法 .....</b>	<b>385</b>
6.4.1	概述 .....	385
6.4.2	工艺流程 .....	386
6.4.3	生物接触氧化池构造和形式 .....	386
6.4.4	生物接触氧化池设计计算 .....	389
<b>6.5</b>	<b>曝气生物滤池 .....</b>	<b>391</b>
6.5.1	概述 .....	391
6.5.2	工艺流程 .....	392
6.5.3	曝气生物滤池形式和构造 .....	394
6.5.4	曝气生物滤池影响因素 .....	398
6.5.5	曝气生物滤池设计计算 .....	399
6.5.6	曝气生物滤池应用 .....	403
<b>6.6</b>	<b>复合式生物膜反应器 .....</b>	<b>404</b>
6.6.1	投料活性污泥工艺 .....	404
6.6.2	生物滤池-固体接触 (TF/SC) 联合处理工艺 .....	406
6.6.3	活性污泥-曝气生物滤池联合双污泥处理工艺 .....	408



<b>第 7 章 消毒</b> .....	410
<b>7.1 消毒标准和机理</b> .....	410
7.1.1 消毒标准 .....	410
7.1.2 消毒机理 .....	411
<b>7.2 消毒分类和选用</b> .....	412
7.2.1 消毒分类 .....	412
7.2.2 常见消毒方法 .....	413
7.2.3 综合消毒技术 .....	417
<b>7.3 消毒计算</b> .....	417
7.3.1 氯消毒计算 .....	417
7.3.2 紫外消毒计算 .....	418
<b>7.4 消毒设计</b> .....	419
7.4.1 氯消毒设计工程实例 .....	419
7.4.2 二氧化氯消毒设计工程实例 .....	421
<b>7.5 紫外消毒设计</b> .....	429
<b>第 8 章 污泥浓缩</b> .....	435
<b>8.1 污泥浓缩理论</b> .....	435
8.1.1 污泥浓缩目的 .....	435
8.1.2 污泥水分和去除方式 .....	435
8.1.3 重力浓缩原理 .....	435
8.1.4 气浮浓缩原理 .....	437
8.1.5 机械浓缩原理 .....	438
<b>8.2 污泥浓缩分类和选用</b> .....	438
8.2.1 污泥浓缩分类 .....	438
8.2.2 污泥浓缩选用 .....	439
<b>8.3 污泥浓缩计算</b> .....	443
8.3.1 污泥干重 .....	443
8.3.2 污泥设计流量 .....	444
8.3.3 浓缩后污泥体积 .....	444
<b>8.4 污泥浓缩池设计</b> .....	445
8.4.1 污泥浓缩池的主要设计参数 .....	445
8.4.2 计算公式 .....	446
8.4.3 工程实例 .....	447
<b>8.5 气浮浓缩池设计</b> .....	447
8.5.1 气浮浓缩池主要设计参数 .....	447
8.5.2 计算公式 .....	449
8.5.3 工程实例 .....	450
<b>8.6 机械浓缩机设计</b> .....	452
8.6.1 离心浓缩机 .....	452
8.6.2 离心筛网浓缩器 .....	452
8.6.3 其他污泥浓缩设备 .....	453

8.7	工程设计图 .....	453
8.7.1	污泥浓缩池设计图 .....	453
8.7.2	污泥浓缩机房设计图 .....	454
<b>第9章</b>	<b>污泥厌氧消化 .....</b>	<b>456</b>
9.1	概述 .....	456
9.1.1	厌氧消化原理 .....	456
9.1.2	厌氧消化工艺分类 .....	457
9.1.3	影响污泥消化效率因素 .....	458
9.2	厌氧消化计算和设计 .....	462
9.2.1	设计参数确定 .....	462
9.2.2	厌氧消化设计 .....	465
9.2.3	工艺要求 .....	467
9.2.4	消化池设备和池型设计 .....	471
9.3	厌氧消化工程实例 .....	476
9.3.1	重庆鸡冠石污水处理厂污泥厌氧消化工程 .....	476
9.3.2	青岛麦岛污水处理厂污泥厌氧消化工程 .....	483
9.3.3	厦门第二污水处理厂扩建工程污泥厌氧消化工程 .....	490
<b>第10章</b>	<b>污泥脱水 .....</b>	<b>494</b>
10.1	污泥脱水理论 .....	494
10.1.1	污泥脱水机理 .....	494
10.1.2	污泥脱水效率影响因素 .....	495
10.2	污泥脱水工艺分类 .....	497
10.3	污泥脱水设计和计算 .....	498
10.3.1	带式压滤脱水工艺设计 .....	498
10.3.2	离心脱水工艺设计 .....	500
10.3.3	板框压滤脱水工艺设计 .....	502
10.3.4	螺旋压榨式脱水工艺设计 .....	505
10.4	污泥脱水工程实例 .....	507
10.4.1	萧山污水处理厂扩建工程污泥带式压滤脱水 .....	507
10.4.2	绍兴污水处理三期工程污泥离心脱水 .....	508
10.4.3	上海石洞口污水处理厂污泥板框压滤脱水 .....	511
10.4.4	上海星火开发区污水处理厂污泥螺旋压榨脱水机 .....	515
<b>第11章</b>	<b>污泥输送和储存 .....</b>	<b>517</b>
11.1	污泥输送计算 .....	517
11.1.1	污泥输送水力特性 .....	517
11.1.2	污泥输送水力计算 .....	518
11.2	污泥输送设计 .....	520
11.2.1	污泥输送方法 .....	520
11.2.2	污泥输送设备 .....	521
11.2.3	污泥输送检测 .....	529

11.2.4	污泥输送设计	529
11.2.5	污泥管道输送系统	530
11.2.6	污泥泵输送工程实例	533
<b>11.3</b>	<b>污泥储存设计</b>	534
11.3.1	污泥储存方式	534
11.3.2	污泥储存设备	535
11.3.3	污泥储存工程实例	537
<b>第 12 章</b>	<b>配电和自控设计</b>	539
<b>12.1</b>	<b>供配电设计</b>	539
12.1.1	负荷等级和供电要求	539
12.1.2	电压等级选择	540
12.1.3	变配电系统	541
12.1.4	变电所布置	544
12.1.5	电气节能	546
12.1.6	典型工程设计	546
<b>12.2</b>	<b>自控设计</b>	553
12.2.1	仪表配置设计	553
12.2.2	自动控制系统设计	556
12.2.3	自控工程设计	561
<b>第 13 章</b>	<b>机械设计</b>	566
<b>13.1</b>	<b>污水处理机械设备选型和基本要求</b>	566
13.1.1	格栅	566
13.1.2	进水泵房	583
13.1.3	沉砂池	590
13.1.4	沉淀池	594
13.1.5	活性污泥处理	605
13.1.6	消毒	616
<b>13.2</b>	<b>污泥处理设备选型和基本要求</b>	621
13.2.1	污泥浓缩池	621
13.2.2	污泥输送	623
13.2.3	污泥厌氧消化	625
13.2.4	污泥脱水	630
13.2.5	污泥焚烧	638
<b>13.3</b>	<b>污水厂除臭设计</b>	639
13.3.1	设计原则	639
13.3.2	除臭装置选用	641
<b>第 14 章</b>	<b>污水厂总体布置</b>	645
<b>14.1</b>	<b>厂址选择</b>	645
14.1.1	厂址选择原则	645
14.1.2	厂址选择实例	645

14.2	总图布置	653
14.2.1	总图布置原则	653
14.2.2	总图布置实例一：上海石洞口城市污水处理厂	654
14.2.3	总图布置实例二：广州某污水处理厂二期工程	657
14.3	高程设计	663
14.3.1	高程设计原则	663
14.3.2	高程设计实例	664
<b>第 15 章 污水厂科学运行控制方法</b>		666
15.1	臭气控制方法	666
15.1.1	臭气控制重要性	666
15.1.2	臭源分析	666
15.1.3	臭气排放标准和监测	670
15.1.4	臭气扩散	673
15.1.5	臭气收集	675
15.1.6	管道系统设计	677
15.1.7	控制技术	679
15.1.8	臭气生物法处理工程实例	689
15.2	浮沫控制方法	690
15.2.1	浮沫控制意义	690
15.2.2	生物浮沫成因	691
15.2.3	生物浮沫控制技术	693
15.2.4	生物浮沫预警技术	695
15.3	节能运行控制方法	696
15.3.1	污水处理厂能耗分析	696
15.3.2	节能措施	697
15.4	智能控制系统	700
15.4.1	智能控制系统理论	700
15.4.2	控制系统构成	703
15.4.3	专家系统功能	706
15.4.4	污水厂的“二次设计”	708
<b>第 16 章 技术经济设计</b>		710
16.1	建设项目划分和建设项目总投资组成	710
16.1.1	建设项目划分	710
16.1.2	建设项目总投资组成	710
16.1.3	建筑安装工程费组成	712
16.1.4	建筑安装工程费用参考计算方法	716
16.1.5	建筑安装工程计价程序	719
16.2	建设工程造价确定	720
16.2.1	可行性研究投资估算编制	721
16.2.2	设计概算编制	737
16.2.3	排水工程投资估算指标	739

<b>16.3 建设项目经济评价</b> .....	749
16.3.1 经济评价概要.....	749
16.3.2 资产种类和内容.....	751
16.3.3 成本费用.....	753
16.3.4 财务分析.....	761
16.3.5 经济费用效益分析.....	772
16.3.6 不确定性分析.....	780
16.3.7 方案比较方法.....	784
<b>参考文献</b> .....	792

# 第 1 章 绪 言

到 2006 年底, 全国共有城市污水处理厂 814 座, 污水处理能力  $6310 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 城市污水处理率由 2000 年的 34% 提高到 57%, 建设部关于“减排”工作的目标, 到“十一五”期末, 全国设市城市和县城所在的建制镇均应规划建设污水处理设施, 全国设市城市的污水处理率不低于 70%, 新增污水处理能力  $4500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。因此, 为改善环境, 保护有限的水资源, 污水厂的设计和建设任务十分繁重, 同时配套管网建设不能滞后, 应同步建设运行。

我国污水厂建设自 1921 年开始, 就在上海建立污水收集系统和污水厂, 上海北区污水厂日处理能力为  $3500 \text{ m}^3/\text{d}$ , 占地  $0.84 \text{ hm}^2$ , 采用活性污泥法工艺, 1926 年建成上海东区污水厂, 1927 年建成西区污水厂, 处理能力分别为  $1.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  和  $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 均采用活性污泥法工艺。这三座污水厂的建设, 是活性污泥法处理工艺发明后, 在远东最早的污水厂, 为城市的水环境治理打下了坚实的基础。1949 年后, 三座污水处理厂均得到进一步改建、扩建, 提高处理能力, 扩大服务范围。

20 世纪 50、60 年代, 全国只有近 10 座污水处理厂, 处理规模小, 有的只有几千立方米, 规模最大的也只有  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 其中比较典型的是上海曹杨污水厂, 一期规模  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 该厂是我国自行设计建造的第一座城市污水厂。

规模性解决城市污水的处理问题始于 20 世纪 70 年代, 这个时期, 全国已建成各种类型的污水厂几十座, 日处理城市污水约  $173 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 其中生活污水量占一半。当时城市污水厂项目仍很少, 主要解决工业废水的污染, 例如, 石油化工、炼油、印染、化纤、屠宰、食品等, 建有不同规模工业废水处理厂。斜板沉淀池、曝气叶轮反应池、塔式生物滤池和曝气沉淀池等技术在工业废水处理中得到应用。20 世纪 70 年代中后期, 建设了一些城市污水处理厂, 有上海闵行污水处理厂, 规模  $2.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ; 上海松江污水处理厂, 规模  $1.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ; 北京首都国际机场污水处理厂, 规模  $0.96 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ; 桂林中南区污水处理厂, 规模  $1.74 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。上述污水厂均采用活性污泥法工艺进行二级处理, 工艺流程一般为进水泵房、沉砂池、初次沉淀池、曝气池、二次沉淀池、出水等。

20 世纪 70 年代到 80 年代, 天津市纪庄子污水处理厂的设计、投产运行带动了污水处理厂的建设, 国家在天津兴建纪庄子污水处理试验厂, 70 年代末开始建设, 处理规模为一级处理  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ , 二级处理  $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$ ; 北京高碑店污水处理试验厂也开始运行。国家和地方都为筹备建设国内大型污水处理厂开展了大量前期工作, 天津市纪庄子污水处理厂于 1982 年破土动工, 1984 年 4 月 28 日竣工投产运行, 处理规模  $26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在此成功经验的带动下, 北京、上海、广东、辽宁、福建、江苏、浙江、湖北、湖南等省市根据各自的具体情况分别建设了不同规模的污水处理厂几十座。80 年代初期典型的城市污水处理厂如表 1-1-1 所示。

这些城市污水处理厂, 也多采用活性污泥法工艺, 工艺流程与 70 年代基本相同, 改进之处主要是沉淀池采用刮泥或吸泥机。污水处理厂内全部采用国产设备。国产设备不足之处是效率低, 能耗大, 质量不稳定, 维修工作量大。

1988 年, 天津纪庄子污水厂引进了国外高效率鼓风机和微孔扩散曝气器, 使能耗下降 50%。

20 世纪 80 年代初, 国内对一些污水处理新工艺进行试验, 并应用于工程设计。1981 年上海莘庄污水处理厂, 规模  $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用 A/O 工艺; 1982 年上海大观园污水处理厂, 规模  $2100 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用转刷型氧化沟, 国产转刷直径  $\phi 700$ ; 1983 年上海吴淞肉联厂污水处理厂, 规模

2400m<sup>3</sup>/d, 采用序批式 (SBR) 工艺; 1983 年, 上海龙华肉联厂污水处理厂, 规模 1400m<sup>3</sup>/d, 采用垂直轴曝气叶轮氧化沟, 国产倒伞形叶轮, 直径  $\phi$ 3600; 1983 年上海乳品五厂, 污水处理厂规模 500m<sup>3</sup>/d, 采用分流式氧化沟; 20 世纪 80 年代中后期, 生物脱氮除磷工艺在城市污水处理厂中得到应用, 80 年代中后期, 典型的城市污水处理厂如表 1-1-2 所示。

80 年代初期典型城市污水处理厂

表 1-1-1

序号	名称	规模 ( $\times 10^4$ m <sup>3</sup> /d)	建设年代
1	天津纪庄子污水处理厂	26	1982~1984
2	大连春柳河污水处理厂	6	1982~1984
3	厦门第一污水处理厂	一级 13.4, 二级 3.7	1982~1984
4	苏州城东污水处理厂	一级 10.5, 二级 2.5	1983~1985
5	长沙污水处理厂	一级 12.9, 二级 6	1986
6	上海天山污水处理厂	7.5	1984~1987
7	深圳滨河污水处理厂	2.5	1985~1987
8	杭州四堡污水处理厂	一级 40	1984~1987
9	上海曲阳污水处理厂	7.5	1985~1988
10	上海龙华污水处理厂	10.5	1985~1988

80 年代中后期典型城市污水处理厂

表 1-1-2

序号	名称	规模 ( $\times 10^4$ m <sup>3</sup> /d)	工艺	投产年份
1	上海吴淞污水处理厂	4	A/O	1989
2	广州大坦沙污水处理厂	15	AAO	1989
3	大连于家屯污水处理厂	3	AAO	1990
4	北京北小河污水处理厂	4	A/O	1990

进入 90 年代, 国家加大环境保护政策的宣传力度, 各级政府领导对水污染治理, 建设城市污水厂必要性的认识普遍提高, 充分利用世界银行、亚洲开发银行或外国政府贷款, 解决部分建设资金, 各地展开展区域性污染治理, 城市污水厂如雨后春笋般建设起来。通过国际竞争性招标, 选择承包商, 引进了一批先进污水处理工艺和处理厂设备, 缩短了与国外污水处理厂的差距。20 世纪 90 年代建成的一批典型污水处理厂如表 1-1-3 所示。

20 世纪 90 年代以来典型大中型污水处理厂

表 1-1-3

序号	名称	规模 ( $\times 10^4$ m <sup>3</sup> /d)	工艺	引进情况	投产年份
1	河北邯郸东郊污水处理厂	6.6	三槽氧化沟	引进技术与设备	1991
2	山东淄博污水处理厂	14	A/B 法工艺	引进技术与设备	1992
3	北京高碑店污水处理厂	100	普通活性污泥法	引进设备	1993
4	天津东郊污水处理厂	40	普通活性污泥法	引进设备	1993
5	石家庄桥西污水处理厂	16	普通活性污泥法	引进设备	1993
6	西安邓家村污水处理厂	16	AAO 法工艺	引进设备	1994
7	珠海香洲污水处理厂	6.6	氧化沟	引进技术与设备	1994
8	昆明第二污水处理厂	10	多格厌氧和同心圆 BOD/N 池, AAO 工艺, 表面曝气	引进技术与设备	1995
9	唐山东郊污水处理厂	15	三槽氧化沟	引进设备	1995

续表

序号	名 称	规模 ( $\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )	工 艺	引进情况	投产年份
10	桂林第四污水处理厂	10	AAO 工艺	引进技术与设备	1996
11	南京秦淮河污水处理厂	晴天 26 雨天 54	一级处理	引进设备	1996
12	昆明第三污水处理厂	15	改良 SBR 工艺, ICEAS 池	引进技术与设备	1997
13	福州洋里污水处理厂	20	卡鲁塞尔氧化沟	引进设备	1997
14	天津经济技术开发区污水处理厂	10	SBR 工艺, DAT-1AT 池	引进技术与设备	1999
15	唐山南堡开发区污水处理厂	8	卡鲁塞尔氧化沟 (2000 型)	引进技术与设备	1999
16	河南许昌污水处理厂	8	氧化沟	引进设备	2000
17	杭州七格污水处理厂	30	AAO 工艺	引进设备	2001
18	肇庆污水处理厂	5	A/O 法微孔曝气氧化沟	引进设备	2001
19	抚顺三宝屯污水处理厂	25	SBR 工艺, DAT-1AT 池	引进技术与设备	2002
20	上海石洞口污水处理厂	40	AAO 工艺曝气/沉淀一体化池	引进设备	2003

近年来,城市污水处理事业发展迅速,在水污染治理中发挥了越来越重要的作用。到 2004 年底,全国 661 个设市城市建有污水处理厂 708 座,处理能力为  $4912 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,是 2000 年的两倍多。全年城市污水处理量 162.8 亿  $\text{m}^3$ ,比 2000 年增加了 43%。据建设部统计,到 2005 年底,全国城市污水处理率由 2000 年的 34% 提高到 52%,全年城市污水处理量 187.1 亿  $\text{m}^3$ 。但是,各地发展很不平衡,截至 2005 年 6 月底,全国 31 个省(自治区、直辖市)中还有近 300 座城市没有建成污水处理厂,其中,地级以上城市 63 个,包括人口 50 万以上的大城市 8 个。位于重点流域、区域“十五”计划规划内的城市 54 个。

总体看,东部地区污水处理厂建设情况较好,东北和西部地区建设相对缓慢。2004 年,吉林省城市污水处理率为 23.6%,全省 28 个设市城市中有 22 个城市没有建成污水处理厂;贵州省城市污水处理率为 12%,全省 13 个城市中有 9 个城市没有建成污水处理厂。一些重点流域、区域城市的污水处理工程未能按“十五”计划建成。根据三峡库区及其上游地区水污染防治“十五”计划要求,四川省的 23 个城市在“十五”期间要建成污水处理厂,但截至 2005 年 6 月底,该省还有 11 个城市没有按计划建成;根据海河流域水污染防治“十五”计划要求,河北省的 24 个城市在“十五”期间要建成污水处理厂,但截至 2005 年 6 月底,该省还有 16 个城市没有按计划建成污水处理厂。

我国的污水处理工艺多采用生物处理。生物处理一般可分为活性污泥法和生物膜法,活性污泥法工艺是水体自净的人工强化方法,是一种依靠在生物反应池内呈悬浮、流动状态的微生物群体的凝聚、吸附、氧化、分解等作用来去除污水中有机物的方法;生物膜法工艺是土壤自净的人工强化方法,是一种使微生物群体附着于某些载体的表面上且呈膜状,通过与污水接触,生物膜上的微生物摄取污水中的有机物作为营养并加以代谢,从而使污水得到净化的方法。

活性污泥法于 1914 年在英国发明。该法出现的初期,由于受理论水平和运行管理等技术条件的限制,使其应用和推广工作进展缓慢。几十年来,人们对传统活性污泥法进行了许多工艺方面的改革和净化功能方面的研究。近 10 多年来,为了提高污水处理的效能,强化和扩大活性污泥法的净化功能,人们又开展了脱氮、除磷等方面的研究和实践;同时,对采用化学法和活性污泥法相结合的处理方法,净化含难降解有机物污水等方面进行了探索。目前,活性污泥法正在朝着快速、高效、低耗等多功能方面发展。

生物膜法是与活性污泥法并列的一种好氧生物处理技术。第一个生物膜法处理设施(生物滤池)1893 年在英国试验成功,1900 年后开始污水处理实践,并迅速在欧洲和北美得到广泛应用。



早期出现的普通生物滤池虽然处理污水效果较好，但其负荷低，占地面积大，易堵塞，其应用受到了限制，后来人们对其进行改进，提高水力负荷和 BOD 负荷，形成了高负荷生物滤池。

20 世纪 50 年代，建造了塔式生物滤池，这种滤池高度大，具有通风良好、净化效能高、占地面积小等优点。60 年代，出现了生物转盘，由于它具有净化功能好、效果稳定、能耗低等优点，因此得到了广泛应用。近年来，曝气生物滤池工艺得到进一步开发研究和应用，针对低碳源污水处理，形成了特有的技术，同时生物接触氧化法、投料活性污泥法，均是兼有活性污泥法和生物膜法特点的生物处理工艺，由于它们具有许多优点，因此也受到人们的重视。

厌氧生物处理法，是在无氧条件下由兼性厌氧菌和专性厌氧菌来降解有机污染物的处理方法。从 20 世纪 70 年代起，出现了世界性能源紧张，促使污水处理向节能和实现资源化方向发展，厌氧处理最大的特点是既节能又产能，对缓和污水处理厂运行的矛盾有较好的客观效果。因此，厌氧生物处理法引起了人们的注目，其理论研究和实际应用都取得了很大的进展。

传统的生物化学处理方法主要着眼于除去 BOD、COD 和 SS，而对 N、P 等营养物质的去除率很低。由于水体富营养化问题加剧，国外 20 世纪 60 年代以来，生物脱氮除磷工艺得到重视，先后开发了 SBR 和 ICEAS 序批法、AB 法、氧化沟、厌氧-好氧 ( $A_p/O$ ) 和缺氧-好氧 ( $A_N/O$ ) 组合工艺。在去除有机物的同时，厌氧-好氧 ( $A_p/O$ ) 可去除废水中的磷，缺氧-好氧 ( $A_N/O$ ) 可脱除废水中的氮，继而又将这两种工艺优化组合，构成可以同时脱氮除磷并处理有机物的 AAO 流程 (或称  $A^2/O$ )，该工艺处理效率较高，经预处理的污水，依次经过厌氧、缺氧和好氧三段处理，可达到脱氮除磷的出水标准，且有较高的去除效果。我国从 20 世纪 80 年代初开始研究采用上述工艺，并在广州、桂林等地建成多个采用 AAO 工艺的污水处理厂，运行效果良好。上述新工艺中有一类技术属于曝气和沉淀一体化活性污泥法工艺，所谓曝气和沉淀一体化活性污泥工艺是指曝气和沉淀过程在同一反应器内完成的活性污泥工艺，比如 SBR 法、交替式氧化沟和一体化活性污泥工艺等。其中 SBR 法是通过时间上的安排，在一个水池内完成进水、反应、沉淀和排水等一系列工艺过程，构成了一个周期。而交替式氧化沟是以多组反应器通过空间上的调配，完成反应和沉淀这一循环过程。这些工艺近年来在我国的应用日益广泛，取得相当好的运行效果。

上海市政工程设计研究总院 (集团) 有限公司长期从事给水排水工程的设计工作，参与设计的城镇污水和工业废水处理厂达 200 余座，其中有 20 世纪 50 年代承担设计的国内首座自行设计建造的曹杨污水厂，20 世纪 80 年代，又承担了大量处理能力  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  以上的城市污水厂，如上海的曲阳、天山、龙华污水处理厂、深圳滨河污水处理厂、厦门第一污水处理厂、山东淄博污水处理厂、济南盖家沟污水处理厂等，最近又从事了一大批大型城市污水处理厂的设计和污水处理厂升级改造工程，不仅在规模上有所突破，而且在技术上也有所创新，承担的上海石洞口污水处理厂  $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，为世界上最大的一体化反应池工艺；上海白龙港污水处理厂  $120 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，为世界上最大的一级强化污水处理厂；深圳滨河污水处理厂三期  $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，为世界上最大的三槽交替式氧化沟；广州大坦沙污水处理厂三期工程  $22 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，采用自行研发的倒置 AAO 工艺；杭州七格污水处理厂  $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，采用全池加盖除臭工艺技术。目前设计的上海白龙港污水处理厂升级改造和扩建工程将达到  $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，规划规模为  $350 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，工程已于 2008 年运行，从而在大型工程设计中积累了大量的设计经验。

近几年，又开展《室外排水设计规范》的修编，对近 20 年未修订的《室外排水设计规范》，结合我国污水处理的发展状况进行全面修订，于 2006 年颁布执行。

污水处理厂的污泥处理处置方面，上海市政工程设计研究总院 (集团) 有限公司进行了较多研究、探索和实践工作，有些研究成果已经在工程中得到应用。

20 世纪 60 年代，对城市污水处理厂污水污泥综合利用开展试验研究，有利用污泥制砖，有