

中国环境保护产业协会水污染治理委员会 编著

小城镇污水处理 技术装备实用指南

XIAO CHENGZHEN
WUSHUI CHULI JISHU ZHUANGBEI
SHIYONG ZHINAN



化学工业出版社

小城镇污水处理技术装备实用指南

中国环境保护产业协会水污染治理委员会 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

随着我国城镇经济的迅速发展和人口的增加,城镇的污水排放量不断增长。本书针对小城镇污水的特点以及小城镇基础设施条件差、自然环境多样化的具体情况,特邀了业内权威人士就当前我国小城镇污水处理厂建设中的工程设计、运行管理等方面进行了深入论述;选编了40个工程实例,基本涵盖了国内小城镇污水处理的全部在用技术;推介了在小城镇污水处理厂运行的部分装备,反应了我国污水处理设备的制造技术和国产化装备水平。同时书中还附有水处理工程技术与装备研发、设计、制造单位等信息。

本书可供小城镇污水处理设计、技术、管理人员以及污水处理设备制造、研发人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

小城镇污水处理技术装备实用指南/中国环境保护产业协会水污染治理委员会编著. —北京:化学工业出版社, 2007.9

ISBN 978-7-122-00965-4

I. 小… II. 中… III. ①城市污水-污水处理-指南 ②城市污水-污水处理设备-指南 IV. X703-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第120744号

责任编辑:左晨燕 汲永臻

装帧设计:3A艺术设计工作室

责任校对:宋 玮

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:北京市彩桥印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张26½ 字数692千字 2007年9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:68.00元

版权所有 违者必究

《小城镇污水处理技术装备实用指南》编委会成员

主 任：王家廉

成 员：(按姓氏笔画排序)

王家廉 王凯军 古建国 龙腾锐 冯生华 乔寿锁 孙继发 汤天丽
张洪芬 杭世珺 赵秉森 徐永智 隋 军 焦兆明

《小城镇污水处理技术装备实用指南》编写组成员

(按姓氏笔画排序)：

王永芳	王永慧	王凯军	王炜玮	王家廉	王 胜	王 彬	方 睿
古建国	石伟龙	龙腾锐	田先勇	史文彦	包焕忠	冯生华	边 军
朱 颀	朱福军	乔寿锁	任 远	任建欣	郭象牟	刘成林	刘 明
刘家勇	闫小禾	闫 平	汤天丽	孙 建	孙继发	纪锦平	杨 超
李龙良	李再澄	李红萍	李尚文	李昭青	李胜男	吴大庆	吴晓刚
吴 静	余剑锋	余 新	邹 霞	宋文华	汪传新	沈文钢	沈 勇
张永吉	张贤彬	张洪芬	张 敏	陆汉波	陈长松	陈文宝	陈永成
陈仲麓	陈江伯	陈志强	陈贻龙	陈晓东	陈健雅	陈 璐	邵英倚
林敏兰	杭世珺	罗洪波	季卫国	周宗南	庞建华	郑春生	赵一石
赵红亚	赵秉森	赵敏慧	赵淑霞	胡天媛	胡华清	钟 毓	姚海波
袁 琳	桂大海	夏 昕	钱大勇	徐永智	徐军营	徐 旭	徐 斌
高 军	高德峰	郭德稳	唐春花	唐寒臻	黄志树	曹从荣	曹康年
常文越	崔成武	崔志峰	康纪堂	隋 军	彭 勃	董 有	焦兆明
鄢文敏	潘建强	戴贤良	戴睿智	魏建斌			

前 言

近几年来，国家实施的“发展小城镇，带动农村经济和社会发展战略”大大推进了我国城市化进程，城市化的比例已经超过40%，城镇经济快速增长；小城镇数量迅速增加，截至目前，我国已有建制镇约2万个，预计到2010年我国城镇数量将有可能达到2.5万个。

随着城镇经济的迅速发展和人口的增加，城镇的污水排放量不断增长。目前小城镇生活污水排放量已经达到约2亿吨，约占全国生活污水排放总量的70%。然而，小城镇基础设施建设却远远落后于城镇建设的发展，目前95%以上的小城镇尚未建立污水处理厂，城镇生活污水处理率不足10%。由于缺乏必要的污水收集和处理设施，生活污水、工业废水未经处理直接排入水体，使得小城镇污水成为区域性水环境污染的重要污染源。小城镇污水治理迫在眉睫，已成为我国水污染控制的重点。

针对小城镇污水水量小、水量变化剧烈、水质复杂、波动大、建设与运行资金短缺、城镇基础设施条件差等特点，以及小城镇自然环境多样化的具体情况，移植、借鉴、开发适合小城镇的经济、高效、节能和简便易行的水污染控制技术是当务之急。

今后几年，在国家实施“节能减排”政策的促进下，我国将进入小城镇污水处理厂快速发展和大量建设的发展阶段。中国环境保护产业协会水污染治理委员会为了适应形势发展的需要，组织了污水治理行业有关企业优选了一批小城镇污水处理厂工程实例和装备。这些实例和装备基本上反映了目前我国小城镇污水处理厂建设的技术装备水平。

本书共分为三篇：第一篇特邀了业内权威人士就当前我国小城镇污水处理厂建设中的工程设计、工艺技术选择、设备选用、污泥处理处置以及运行管理等方面进行了深入论述；第二篇选编了40个工程实例，其中包括厌氧-好氧活性污泥法及变形工艺、序批式活性污泥法及变形工艺、氧化沟活性污泥法及变形工艺、生物膜法与悬浮/固着生物复合法、物化强化生物处理法、生物稳定塘与土地处理法等工艺技术，基本涵盖了国内小城镇污水处理的全部在用技术；第三篇推介了在小城镇污水处理厂运行的部分装备，可以基本反映我国污水处理设备的制造技术和国产化装备水平。书中最后附有水处理工程技术与装备研发、设计、制造单位等信息。

我们希望这些工程实例和装备能对我国各地区城镇建设污水处理厂起到一定的参考作用和引领作用，这无疑将体现本书的价值和编写的初衷。

限于编者水平，书中的疏漏和不妥之处敬请指正。

编著者

2007年4月

目 录

第一篇 专家论述	1
小城镇污水处理技术应用与发展趋势	1
再谈小城镇污水处理厂建设对策	7
小城镇污水处理厂污泥处理处置现状及发展趋势	12
小城镇污水处理工程设计探考	16
西部小城镇污水处理系统初探	20
小城镇污水处理实用设备介绍	25
强化小城镇污水处理厂运行管理工作的思考与建议	31
第二篇 工程实例	35
1 厌氧-好氧活性污泥法及变形工艺	36
佛山市镇安污水处理厂(一期)	36
山东省淄博市临淄区淄河污水处理厂	39
天津市塘沽区新河污水处理厂	44
山东省淄博市金城污水处理厂	47
永和小型污水处理厂二期工程	51
2 序批式活性污泥法及变形工艺	57
海门市污水处理中心	58
泉州市清濂工业区水质净化厂	61
阳江市第一净水厂	65
佛山市东鄱污水处理厂一期	68
无锡市新区硕放镇污水处理厂工程	71
彭州市污水处理厂	75
镇江新区污水处理厂工程	79
新疆阿克苏污水处理厂	83
密云县污水处理厂二期工程	88
乌鲁木齐市头屯河区污水处理厂	95
3 氧化沟活性污泥法及变形工艺	101
一体化氧化沟城市污水处理技术及成套国产化设备工程	101
广东省韶关市第一污水处理厂	106
肇庆市污水净化处理厂	110
顺德市大门污水处理厂	113
4 生物膜法与悬浮/固着生物复合法	118
湖北省人民医院综合门诊楼污水处理站	120
清远市污水处理厂生活污水处理工程	124
山东省博兴县城市污水处理厂	129
武汉梦湖香郡别墅区生活污水阿科蔓生态处理示范工程	134
天津市大港城区污水处理厂	138
天津市津南区环兴污水处理厂	141
三门峡市污水处理厂	144
深圳海上田园风光污水处理站	147
贵州黎阳机械厂生活污水处理工程	150

广东省新会市东郊污水处理厂	156
济南南郊宾馆中水回用工程	160
天津市武清区第一污水处理厂	165
5 物化强化生物处理法	169
祝塘镇综合污水处理厂一期工程	169
清远市新城区污水处理厂	174
陆家嘴国际华城污水处理站	179
惠州市南旋毛纺织品工业区生活污水处理工程	182
6 生物稳定塘及土地处理法	188
深圳市白花村生活污水处理工程	189
深圳市观澜河流域牛湖河水污染治理工程	192
满堂河污水生态处理工程	195
武汉塔子湖水体生态修复治理及常年维护工程	198
浙江省安吉县山川乡高家塘村生态建设项目	201

第三篇 实用设备

1 泵	208
QW 潜水排污泵	208
单螺杆泵	209
2 鼓风机	213
“恒荣”牌 3L 系列三叶型罗茨鼓风机	213
罗茨鼓风机	214
D 系列多级离心鼓风机	215
3 闸门与启闭机	218
方形闸门	218
闸门	219
HZ 型系列闸门与启闭机	221
4 可调节堰门	223
YLY 型系列电动旋转堰门	223
5 格栅除污机	225
回转式、链传动式格栅除污机	226
钢丝绳式格栅除污机	227
钢丝绳式、链式、回转式格栅除污机	229
格栅除污机	230
旋转式、回转式格栅除污机	231
全回转式格栅除污机	233
旋转式、阶梯式、高链式格栅除污机	235
回转式格栅除污机	237
双栅式、回转式格栅除污机	238
平面式、种耙式格栅除污机	241
旋转式格栅除污机	242
链传动格栅除污机	244
6 除砂设备	245
旋流除砂机、桥式吸砂机	245
旋流除砂设备	247
XL 型旋流沉砂池除砂机	249
7 推流式潜水搅拌机	251

潜水推流（搅拌）器	251
推流搅拌机	254
推流搅拌机	256
潜水推流式搅拌器	257
8 曝气设备	259
8.1 表曝机	260
DS 系列倒伞型表面曝气机	260
PE（泵）型高强度表面曝气机	261
DXB 复合叶轮倒伞曝气机	264
8.2 浮动表曝	266
司南牌聚氧活化曝气增氧机	266
8.3 转盘	268
ARD 系列转碟曝气机	268
YZP-1400 转盘曝气机	270
BZD 系列曝气转盘	272
BZD140 型转盘曝气机	273
ZPQ1400 型曝气转盘	275
8.4 转刷	275
YHG 水平轴转刷曝气机	275
BZ 曝气转刷	277
BZS070-100 型转刷曝气机	279
8.5 潜水曝气设备	280
QSB 型潜水射流曝气泵	280
航天惠民多用途射流曝气机	281
潜水离心式曝气机	283
QBZ 系列自吸式潜水曝气机	285
自吸式螺旋搅拌曝气机	286
8.6 中微孔曝气器	287
可变孔曝气软管	287
橡胶膜微孔曝气器	288
微孔曝气器	290
管式微孔曝气器	291
9 填料	293
TB/TA 型自由摆动填料	293
组合填料	294
10 滌水器	296
XB 系列旋转式滌水器	296
XBS 型旋转式滌水器	297
旋转式滌水器	299
XB 型旋转式滌水器	299
XDT 型系列旋臂式电动推杆滌水器	300
WDR 旋转式滌水器	302
旋转式滌水器	303
WB 型无动力（浮筒式）滌水器	304
11 刮泥机、吸泥机	306
ZBG 型周边传动刮泥机	307
C 系列刮泥机	308

刮（吸）泥机（Ⅰ）	310
刮（吸）泥机（Ⅱ）	312
刮（吸）泥机（Ⅲ）	313
周边传动刮吸泥机（Ⅰ）	314
周边传动刮吸泥机（Ⅱ）	315
周边传动刮吸泥机（Ⅲ）	317
SPD型周边传动吸泥机	318
NEZ-1型中心传动刮（吸）泥机	320
12 脱水设备	323
12.1 带式脱水机	324
DYQ-C型带式脱水机	324
DYQ型带式脱水机	325
DYT型带式压滤机	326
12.2 卧式螺旋脱水机	327
LW350W、LWD430W型卧式螺旋污泥脱水离心机	327
LW系列卧式螺旋卸料沉降离心机	330
LX4B2螺压脱水机	332
12.3 浓缩脱水一体机	333
FPT型浓缩脱水一体机	333
NDY-Q带式浓缩压榨一体机	334
带式脱水一体机	336
DNY带式浓缩压榨脱水一体机	337
带式脱水机、浓缩脱水一体机	338
浓缩脱水一体机	340
转鼓浓缩带式压滤一体机	341
13 螺旋输送机	344
WLSS型无轴螺旋输送机	344
14 消毒设备	346
华特牌复合二氧化氯发生器	346
欧泰华系列化学法复合二氧化氯发生器	349
FD _x 型臭氧发生器	350
组合式臭氧发生器	351
新大陆系列污水紫外线消毒系统	353
15 在线监测仪器	355
FMTDL-A远程无线智能监控终端	355
水质COD在线监测仪	356
16 生物反应器	358
BFBR高效好氧生物反应器	358
附录 水处理工程技术与设备研发、设计、制造单位信息	361
北京市环境保护科学研究院（北京市环科环境工程设计所）	361
北京桑德环境工程有限公司	362
浦华控股有限公司（原清华紫光环保有限公司）	362
北京海斯顿环保设备有限公司	363
北京华阳惠民科技有限公司	364
上海石化环保器材厂	365
天津市百阳环保设备有限责任公司	365
天津市仓源机械有限公司	366
天津环科水务开发有限公司	366

天津市市政污水处理设备制造公司	367
天津市鼓风机总厂	368
中国船舶重工集团公司第七一八研究所	369
唐山清源环保机械股份有限公司	370
沈阳环境科学研究院	370
丹东北方环保工程有限公司	372
大连北大净化设备有限公司	372
江苏天雨环保集团有限公司	373
江苏一环集团有限公司	374
无锡市通用机械厂有限公司	375
南通市恒荣机泵厂有限公司	375
宜兴市华盛机械制造有限公司	376
南京贝特环保通用设备制造有限公司	377
宜兴诺虎环保有限公司	378
泰兴市环境保护设备厂	378
江苏亚洲环保有限公司	379
扬州澄露环境工程有限公司	380
无锡市环境保护有限责任公司	381
宜兴市绿神环保有限公司	382
南通华新环保设备工程有限公司	382
宜兴泉溪环保有限公司	383
江苏亚太泵业有限公司	384
杭州天宇环保工程实业有限公司	384
浙江青田特种设备制造有限责任公司	385
杭州兴龙泵业有限公司	387
海申机电总厂(象山)	387
安徽国祯环保节能科技股份有限公司	388
福建新大陆环保科技有限公司	389
济南十方环保有限公司	390
山东美陵中联环境工程有限公司	391
山东亿达环保技术工程有限公司	392
山东山大华特科技股份有限公司环保分公司	393
商城县开源环保设备有限公司	394
河南省豫源清生物科技工程有限公司	395
武汉华安设计工程有限责任公司	396
武汉中汉环保技术工程有限公司	397
广州中环万代环境工程有限公司	397
深圳市金达莱环保有限公司	399
深圳欧泰华环保技术有限公司	400
珠海市德莱仪表设备有限公司	401
广州阿科蔓生态环境技术有限公司	402
深港产学研环境技术中心	402
深圳市中兴环境工程技术有限公司	403
广东省环境工程装备总公司	404
广州市市政工程设计研究院	406
广东新晟环保投资集团有限公司	407
四川华健环保产业有限责任公司	408
贵州长城环保科技有限公司	408
昆明柯利欣环保科技有限公司	410

第一篇 专家论述

小城镇污水处理技术应用与发展趋势

王凯军

(北京市环境保护科学研究院)

1 小城镇污水处理技术

城市污水处理新工艺和新技术开发的内在原因是人们不断追求高效率、低能耗、低成本和低的占地面积等高性能指标。不同反应器的应用受到了技术、经济 and 理论条件的限制。这些限制体现在对于好氧生物反应器的研究和开发,受到了生物生长特性(生物量和活性)、反应器的形式(固定床、悬浮床和流化床)、传质条件(氧的供给)和固液分离(沉淀、过滤)等诸多因素的限制。长期以来人们围绕这些限制因素根据各个时期的理论、技术、材料等进展,进行了长期不懈的研究和开发工作。目前,在以下几个方面的进展迅速。

(1) 高效反应器的发展 生物膜反应器和活性污泥工艺的处理负荷在 $1.0 \sim 2.0 \text{ kgBOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 之间,而以三相内循环流化床反应器为代表的移动床反应器的负荷可以达到 $5 \sim 10 \text{ kgBOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。所以,对生活污水的处理从反应器发展趋势角度看是从生物膜反应器、活性污泥工艺向高效的移动床和流化床发展。

(2) 沉淀与反应、反应与分离等技术的融合趋势 对生物反应和沉淀功能的组合,导致三沟式氧化沟、SBR 反应器和 UNITANK 等新工艺的开发和应用,特别是集接触氧化反应和过滤为一体的曝气生物滤池,以及利用高科技形成反应和分离的膜生物反应器,充分代表了这一发展趋势。

(3) 固定床和悬浮生长系统融合的趋势 20 世纪 80 年代初,我国和日本同时开发了接触氧化工艺,但是接触氧化没有解决填料使用寿命、放大和堵塞一系列问题,同时,填料费用的增加抵消了池容投资的节约。这导致移动床和流化床反应器的开发,这种反应器生物外在形态上是悬浮状态,而生长方式是生物膜生长。这是固定床生物膜技术与悬浮生长系统更高一个层次的技术融合。

(4) 充氧性能的提高 从直到 20 世纪 70 年代末仍然采用简单的穿孔管曝气,这一时期的技术进展表现为我国对于射流曝气的开发和掌握,到 80 年代初国内第一个大型城市污水处理厂引进中刚玉盘的微孔曝气,90 年代,开发橡胶材料的可变孔微孔曝气装置,体现了这一领域的进展。

我国城市污水处理技术研究工作从 20 世纪 70 年代末起步,经过 20 多年的不懈努力,在城市污水处理技术方面取得了较大的成就,成果丰硕。同时,随着改革开放也不断引进国外新的工艺技术。目前在水污染治理技术上,已成功广泛使用传统活性污泥法、延时法等新型活性污泥工艺、SBR、AB 法、UNITANK 和氧化沟技术、A-O 法和 $A^2\text{-O}$ 等变形工艺。这些在我国城市污水处理厂普遍采用的工艺,是欧美等发达国家所采用的主导技术,并被证明是行之有效的水污染控制技术。这些工艺原则上也适用于小城镇污水处理,但是,对于我国大量的小城镇的小型城市污水处理厂,应该根据这一巨大需求开发小城镇适用的简易高效污水处理成套技术,重点要解决在城市污水处理厂出现的三高问题,即投资高、电耗高和运行费用高。

2 小城镇污水处理的适宜工艺

2.1 SBR 反应器

传统 SBR 反应器在运行操作上形成了曝气和沉淀相结合的特点，这体现了 SBR 反应器最为本质的特点之一。同时，这要求 SBR 反应器必须充分利用现代电子和自动化技术。SBR 反应器的发展过程呈现了多样性，有 CASS、CAST、ICEAS、MSBR 等多种新型 SBR 反应器。各种 SBR 反应器的发展体现了与传统活性污泥相互融合的趋势。具体表现为从间歇进水、间歇出水的传统 SBR 反应器，发展到连续进水、间歇出水和连续进水、连续出水并带回流污泥的 SBR 反应器。以及出现了 UNITANK 这种融合氧化沟、SBR 和活性污泥工艺新型的综合性工艺。这体现了间歇式的 SBR 和连续式活性污泥工艺相互融合的特点。

通过对 SBR 工艺特点和不同研究者的研究结果进行汇总（不考虑由于 SBR 反应器优点导致的直接结果，如投资低和运行费用低等），SBR 反应器众多优点可归纳如下，见表 1-1。

表 1-1 经典 SBR 反应器的优点和原因分析

优 点	原 因
1. 沉淀性能好	在沉淀过程没有进水的扰动属于理想沉淀状态
2. 有机物去除效率高	是理想推流式反应器，按单元操作理论，其效率明显高于完全混合式的反应器
3. 提高难降解废水的处理效率	具有微生物的多样性，可形成厌氧、缺氧和好氧等多种生态条件，有利于难降解有机物的降解
4. 抑制丝状菌膨胀	利用膨胀理论中的“选择性准则”防止污泥膨胀
5. 除磷脱氮，不需要新增反应器	生态多样性（出现厌氧、缺氧和好氧状态多种状态）
6. 不需二沉池和回流，工艺简单	结构本身特点

SBR 反应器充分利用了生物反应过程和单元操作过程的一些基本原理（表 1-1）。不同的 SBR 反应器由于流态、池型或操作方式的改变可能仅仅具有上述特点的一条或几条。同时，经典的 SBR 反应器也存在一定问题，比如：

- ① 处理连续进水时，对于单一 SBR 反应器的应用需要较大的调节池；
- ② 对于多个 SBR 反应器进水和排水的阀门自动切换频繁；
- ③ 无法解决大型污水处理项目连续进水、连续出水的处理要求；
- ④ 设备的闲置率较高和污水提升水头损失较大等。

2.2 氧化沟工艺

氧化沟在欧美各国得到了广泛的重视，发展速度很快。据统计到 1977 年为止在西欧有超过 2000 多座派司维尔型氧化沟投入运行。荷兰 DHV 公司发明的卡鲁塞尔氧化沟在全世界范围已有 800 多座投入运行（1996）。法国 OTV-Kurger 公司开发的 D 型氧化沟已占丹麦氧化沟总数的 80%。美国 Envirex 公司开发的 Orbal 氧化沟，最大处理规模已达 90 万立方米/天。

从 20 世纪 90 年代至今是我国氧化沟技术大发展的阶段，预计已有上百座氧化沟污水处理厂投入运行。氧化沟技术仍然是当前污水处理的热点。氧化沟属于活性污泥工艺的一种变形，但是在其发展过程中也形成了很多独有的优点和特点：

- ① 构造形式具有多样性；
- ② 氧化沟曝气设备的多样性；
- ③ 简化了预处理和污泥处理。

2.3 曝气生物滤池工艺

现代曝气生物滤池（简称 BAF）是在 20 世纪 70 年代末 80 年代初出现的一种膜法生物处

理工艺，最初是应用在污水处理的三级处理上。其将生物接触氧化与过滤结合在一起，不设沉淀池，通过反冲洗再生实现滤池的周期运行。在废水的二级处理中保持接触氧化的高效性，同时又可通过过滤获得高的出水水质。90 年代初得到了较大发展（图 1-1）。以 BAF 为代表的工艺主要优点如下：

- ① 工艺容积负荷可高达 $6.0\text{kgBOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，出水达到或接近生活用水标准；
- ② 占地面积少，曝气生物滤池占地是常规二级生化处理的 $1/5 \sim 1/10$ ；
- ③ 投资省，BAF 系统总水力停留时间短，基建投资少，同时出水水质高。

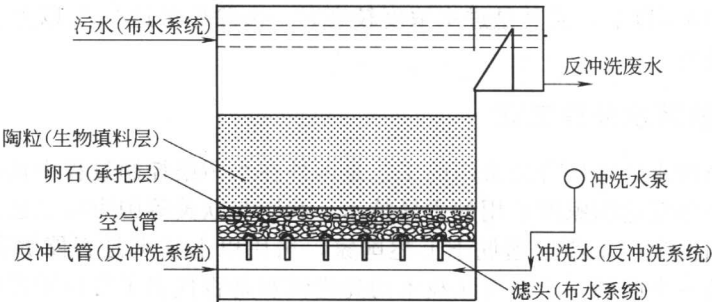


图 1-1 生物曝气滤池（BAF）的构造

曝气生物滤池可以有多种运行方式，可以是下向流的方式运行，也可以是上向流的方式运行，采用上向流的曝气生物滤池往往采用轻质滤料。曝气生物滤池工艺也可与其他生物处理工艺一样采用多级串联工艺。采用两级串联工艺为进一步降解污水中难降解的有机污染物和达到严格的出水水质提供了可靠的保证，可以获得优良的处理效果，保证了出水的稳定性。

2.4 三相内循环流化床反应器

内循环三相流化床反应器，作为一种新型的三相流化床，其反应器的诸多特性主要体现在气液循环、载体流态的特殊运行规律。由于在内循环三相生物流化床反应器内装有大量细小的载体，并使之处于循环流化状态，为微生物的附着生长提供了巨大的表面积，同时保证了良好的混合和传质条件（图 1-2）。因此本质上该反应器是一种生物膜法处理工艺。

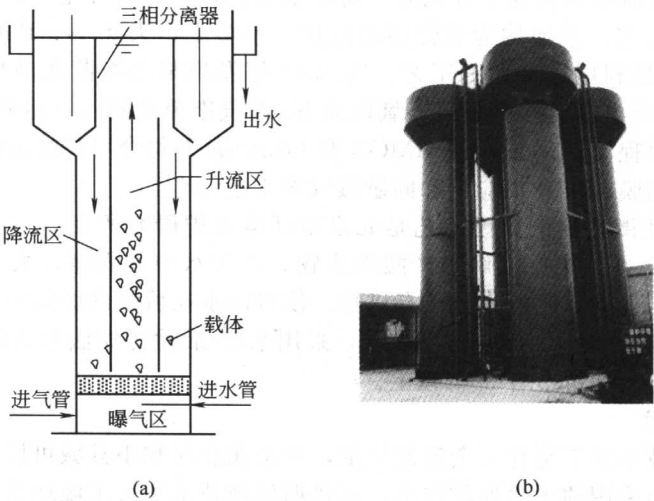


图 1-2 三相分离反应器工作原理和国内工程化三相内循环流化床（20m 高，3m 直径）

三相内循环流化床不仅具有一般好氧流化床的特点，还具有以下特点。

- (1) 流化性能好，反应器处于完全混合状态。反应器内大部分载体都参与循环流动，载体

流化具有良好的均匀性, 这为生物膜形成提供了条件。

(2) 氧的转移效率高。由于大量液体循环流动, 在此过程中会夹带一些细小的气泡, 延长气液接触时间, 提高了氧的转移效率。氧利用率可达 30%~50%。

(3) 载体流失量少, 不需专门的脱膜设备, 大大简化了原来的流化床处理污水所需的辅助设备。

在投配容积负荷达 $10\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 以内时, 可获得 70%~80% 左右的 COD 去除率, 与传统活性污泥相比去除污泥负荷可提高 10 倍左右。内循环三相生物流化床进入正常运行后, COD 去除率均达 75% 以上, 尤其是进水浓度较高时, 去除率可达 90% 以上。这说明流化床具有较强的抗冲击能力。

3 可持续发展的污水处理工艺

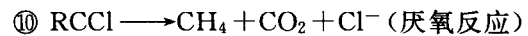
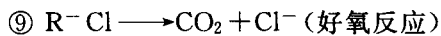
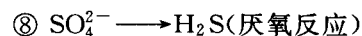
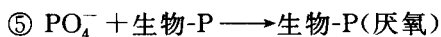
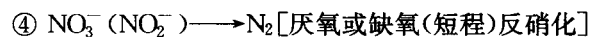
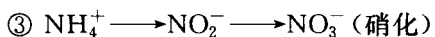
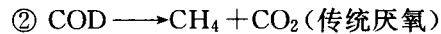
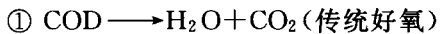
目前我国城市污水处理厂普遍采用的工艺是国外在水污染控制过程中被证明是行之有效的技术。并且是欧美等发达国家所采用的主导技术, 我国与欧美等国家与工艺几乎处在同一水平上, 但是我国的国民生产总值远远低于上述国家, 采用以上技术是否能够完全适合我国的国情, 是需要考虑的一个问题。这需要从技术的先进性和是否代表了可持续发展的方向两个方面来考虑。

3.1 新技术、新工艺的开发

从技术发展的角度给开发新技术提供了可能性, 各种类型有机污染物的厌氧(缺氧)、好氧降解反应过程汇总如下。

好氧(缺氧)过程

厌氧(缺氧)过程



以上反应为新工艺开发的化学反应基础, 是新工艺开发的基础和生长点。人们过去对于好氧微生物和专性厌氧微生物研究十分充分, 而对兼氧性微生物的研究不够。反应式①、②和③为传统厌氧和好氧工艺, 其他均为兼性菌的反应。事实上, 去除 N、P 的 A²-O 或 A-O 工艺(反应式④、⑤)就是利用兼性菌的工艺。Kuenen 等发现某些细菌在硝化、反硝化应用中能利用 NO_2^- 或 NO_3^- 作电子受体将 NH_4^+ 氧化为 N_2 和气态氮化物(反应式⑥); 在这些反应的基础上, 正在开发短程反硝化、ANAMMOX 和 OLAND 等符合可持续发展的新工艺。可以很好地与氧化沟、生物膜、SBR 反应器和间歇曝气等工艺结合。

成功的利用兼性微生物的典型工艺是北京市环境保护研究所在 20 世纪 80 年代开发的水解-好氧处理工艺。水解池利用水解和产酸微生物, 将污水中的固体、大分子和不易生物降解的有机物降解为易于生物降解的小分子有机物。使得污水在后续的好氧单元以较少的能耗和较短的停留时间下得到处理。从大量实践来看, 采用水解-活性污泥法与传统活性污泥相比, 基建投资、能耗和运行费均可节省 30% 以上。

3.2 生态处理技术

所谓生态处理技术并不是什么全新的技术, 而是在农村和小县城可以根据当地社会、经济和自然条件, 而适当采用的土地处理技术、氧化塘处理技术和人工湿地处理技术等。土地快速渗滤或慢速渗滤污水处理系统, 是利用天然或人工砂土, 在一定水力负荷条件下, 通过土地处理系统产生综合的物理、化学和生物反应使污染物得以去除, 其中主要是生物化学反应。满足出水的处理目标。该技术建设和运行费用低、管理简单和出水效果好, 适合于我国国情。

而污水人工湿地处理技术，将污水有控制地投配到经人工改造的湿地上，利用土壤、植物和微生物等对污水进行处理。深圳平湖白泥坑人工湿地系统是我国 20 世纪 90 年代具有代表性的工程。近年来，该技术研究 and 应用较为广泛。稳定塘则是一种构造简单，易于管理，处理效果稳定可靠的污水自然生物处理设施。污水在塘内通过长时间的停留，其有机物通过不同细菌的分解代谢作用后被生物降解，稳定塘按照功能可分为以下几类：好氧塘、兼性氧化塘、厌氧氧化塘、曝气氧化塘、高效氧化塘。

4 小城镇污水物化处理

4.1 一级化学强化处理

国家城镇污染技术政策建议非重点流域和非水源保护区的建制镇，根据当地经济条件和水污染控制要求，可先行一级强化处理，分期实现二级处理。一级物化处理有投资省、运行费用和能耗低的优点，特别是采取一级强化处理措施，在费用和能耗增加不多的条件下，较大幅度的提高有机物的去除率，以达到大量削减有机污染物总量的目的，这对于我国这样一个发展中国家是一条值得探索的途径，对全面实现我国水环境彻底改善的目标具有重大意义。表 1-2 是国内外一些一级强化处理工艺典型工艺的汇总表。

表 1-2 国内外化学一级强化处理和生物一级强化处理工艺典型研究和应用汇总表

国家 (地区)	混凝剂投加量 (mg/L)	COD/(mg/L)			SS/(mg/L)		
		进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%
以色列	FeCl ₃ 260, 石灰 910	1300	420	68	750(浊度)	5(浊度)	99
英国	石灰 720	371	43	89	231	21	91
中国台湾	PAC 30	130(BOD)	50(BOD)	61	97	29	70
美国	FeCl ₃ 260+高聚物 0.15	331(BOD)	161(BOD)	51	296	50	83
中国大陆	ASD-Ⅱ	1150	270	76	815	58	90

强化一级处理的工作特点如下。

一级强化化学处理与絮凝剂的发展密切相关，现在由于高效、廉价絮凝剂的出现，国外在城市污水处理中已经应用。瑞典的城市污水处理厂大部分都采用了化学处理与生物处理联用。瑞典有关部门曾对生物处理和化学处理中所需能量进行了比较，生物处理每降解 1kgBOD₇ 需 1.3kW·h。絮凝剂生产的原料、运输和形成最终产品所需能耗为每千克产品约 0.3kW·h，通常絮凝剂的投加量平均约为 150g/m³，可见化学处理的药耗能耗远低于生物处理。一级强化处理工艺特点如下。

① 去除率高 对悬浮固体、胶体物质和磷的去除具有明显效果，一般可去除悬浮固体达 90%，BOD 50%~70%，COD 50%~60%，细菌 80%~90%，总磷 80%~90%。

② 投资效益好 能降低后续生物处理的负荷和电耗，运行稳定，所需生化池容积较小，节省用地和造价，而且近期投资环境效益较好（与一沉池比较）。

③ 除磷效果好 国内外的实际运行经验表明，除磷效率将高于生物除磷，当结合后续生物处理时，出水的 TP 含量可望满足 0.5mg/L 的排放要求（一级标准）。

④ 化学污泥的处理和处置 采用一级强化工艺的污水厂，化学药剂的投加会使沉淀污泥的产量增加、浓度降低，污泥体积增大，使污泥处理处置的难度增加，初沉池产泥量将增加 50%~100%。除了考虑药剂费用外，要考虑污泥的处理处置费用。一级强化工艺增加了污泥处理处置费用相当可观，对此需引起足够的重视。

4.2 化学除磷

随着我国污水排放标准中对 N、P 的要求日趋严格，我国面临着现有污水处理设施的除磷

工艺改造和新建具有除磷脱氮功能的污水处理设施两种情况。活性污泥工艺和生物接触氧化工艺是具有代表性的两种污水处理工艺。目前国内外普遍采用的除磷方法主要有化学除磷和生物除磷法，以及化学和生物除磷相结合的生化除磷法。化学除磷投药量计算较为复杂，目前还没有公开发表过技术试验结果来描述化学除磷投药量的计算方法。常引入药剂投加系数 β 值，即

$$\beta = \frac{M_{\text{Fe(Al)}}}{M_{\text{TP}}}$$

投加系数 β 是受多种因素影响的，如投加地点、混合条件等，实际投加时建议通过投加试验确定。现对中试试验中 β 与 TP 去除效果进行分析，如图 1-3 和图 1-4 所示。

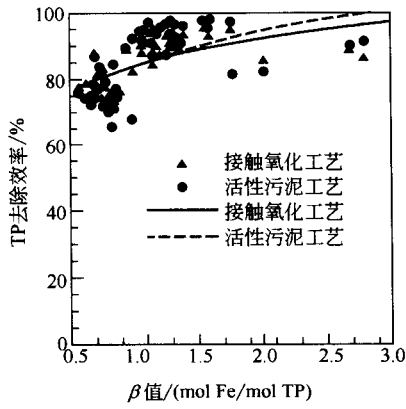


图 1-3 不同 β 值下铁盐除磷效率

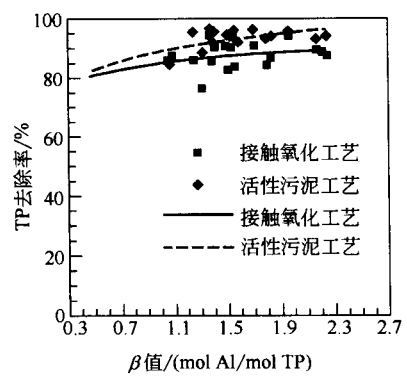


图 1-4 不同 β 值下铝盐除磷效率

由图 1-3 可知，要达 90% 以上的 TP 去除率，铁盐 β 值应在 1.6 以上。且相同 β 值情况下，活性污泥工艺的 TP 去除率优于生物接触氧化的 TP 去除率。同理，对于铝盐 β 值，要达 90% 以上的 TP 去除率，对于活性污泥工艺应在 1.2 以上，对于生物接触氧化工艺应在 2.0 以上。相同 β 值情况下，活性污泥工艺的 TP 去除率优于生物接触氧化的 TP 去除率，且程度高于投加铁盐的效果。

5 小城镇污水处理新材料和新施工方法的应用

水污染控制技术涉及处理技术研究开发、工程设计、工程实施、设备加工和运营管理等各方面。以往人们着重于工艺技术的开发和研究。工艺开发无疑是很重要，但是，当工艺确定以后，应该更加注重工程和制造环节，提倡新材料、新技术、新设备和新的施工方法的改进和革新。在这一方面过去没有引起足够的重视，事实上，过去不乏这样的实例，例如，高效曝气装置的应用可以大幅度的降低能耗，Biolock、Lipp 等新的建筑材料和施工方法的应用，形成了新的工艺。

5.1 设备化的小型污水处理厂

国外发达国家的工业废水处理工程大多已采用新设备、新材料和新工艺来设计和建造，如德国利浦（Lipp）公司的双折边咬口技术和 Farmetic 公司的拼装制罐技术。这些技术应用金属塑性加工中的加工硬化原理和薄壳结构原理，通过专用技术和设备将 2~4mm 镀锌钢板建造成体积为 100~2000m³ 的反应器。具有施工周期短、造价较低、质量高等优点，其施工周期比同样规模的混凝土罐缩短 60%，比普通钢板罐节省材料达 50% 以上，而且耐腐蚀，不需保养维修，使用寿命要达 20 年以上。

例如，Lipp 制罐技术是一种具有世界先进水平的制罐工艺与技术，但是需要特殊机械。20 世纪 80 年代国内粮食系统引进多套加工机械，并且在粮仓上有大量的应用。目前也逐步应用于城市污水处理。

5.2 新型防渗施工材料应用

根据调查我国废水处理设施资金的 54% 用于土建工程设施, 而只有 36% 用于设备, 造成这种投资分配格局的主要原因是工艺池大都采用价格昂贵的钢筋混凝土池。大的钢筋混凝土池不仅价格昂贵, 而且施工难度大。但对于小城镇许多种污水处理工艺而言, 都可考虑采用土池。为了减少投资, 很多公司在研究土池结构的曝气池上做了大量工作, 首先是使用 HDPE 防渗膜隔绝污水和地下水, 其次是避免了在池底池壁穿孔的曝气方式的安装。例如, 百乐卡技术采用悬挂在浮管上的微孔曝气头、氧化沟技术采用表面转刷或转碟曝气以及采用表面曝气的其他曝气池等。

百乐卡工艺是一种多级活性污泥污水处理系统。它是由最初采用天然土池作反应池而发展起来的污水处理系统。经多年研究形成了采用土池结构、利用浮在水面的移动式曝气链、底部挂有微孔曝气头的一种具有一定特色的活性污泥处理系统。这种敷设 HDPE 防渗膜的土池不仅易于开挖、投资低廉, 而且完全能满足污水处理池功能上的要求, 并能因地制宜, 极好地适应现场的地形, 在某些特殊的地质条件下, 如地震多发地区、土质疏松地区, 其优点得到更充分的体现。敷设 HDPE 防渗膜的土池使用寿命远远超过钢筋混凝土池 (图 1-5)。

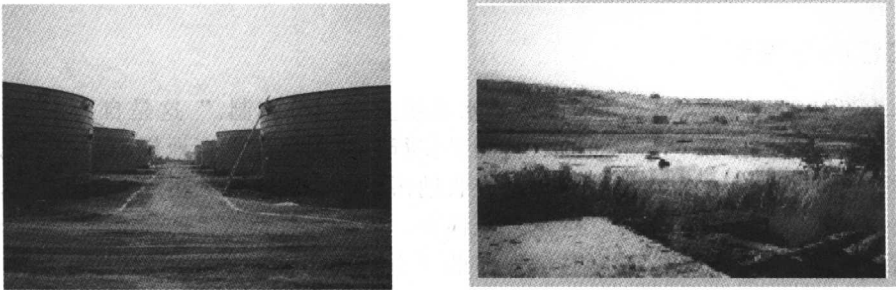


图 1-5 Lipp 罐建设的城市污水处理厂

再谈小城镇污水处理厂建设对策

冯生华¹, 倪梦贤²

(1. 天津市政工程设计研究院, 2. 深圳市中兴环境工程技术有限公司)

我国目前有各种规模和性质的小城镇近 48000 多个, 其中建制镇 19200 多个。随着城镇经济的迅速发展和人口的增加, 城镇的污水排放量不断增加, 由于缺乏必要的污水收集和处理设施, 生活污水、工业废水一同排入水体, 使得绝大多数小城镇的水环境污染日益严重, 已成为区域性水环境的重要污染源头。小城镇污水治理已成为我国水污染控制的重点, 其治理问题已经迫在眉睫。笔者拟对此提出一些浅见, 供决策者参考。

1 城镇污水的收集

污水处理的前提是污水的收集, 而城镇的建设与发展, 无不是以其基础设施的建设为起点的。现代城镇的基础设施内容很多, 但最主要的是道路工程、桥梁工程、给水工程、排水工程、电力工程和通讯工程。城镇基础设施的规划以道路为龙头, 而排水工程中的污水收集系统则是重要的组成部分, 因为污水管线的走向和埋深往往控制了地下管线的综合设计, 而地下管线的综合设计又极大地影响着基础设施的整体效益。因此, 可以说城镇污水收集系统是城镇极