

给水排水工程 实用设计手册

排水工程

张 杰	历彦松	张富国	主 编
	曹相生	李 冬	副主编
	陈立学	卜义惠	主 审

中国建筑工业出版社

给水排水工程实用设计手册

排水工程

张 杰	历彦松	张富国	主 编
	曹相生	李 冬	副主编
	陈立学	卜义惠	主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

排水工程/张杰, 历彦松, 张富国主编. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2013.10

(给水排水工程实用设计手册)

ISBN 978-7-112-15900-0

I. ①排… II. ①张…②历…③张… III. ①排水
工程-建筑设计-手册 IV. ①TU992.02-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 225335 号

给水排水工程实用设计手册

排水工程

张 杰 历彦松 张富国 主 编
曹相生 李 冬 副主编
陈立学 卜义惠 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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 34 $\frac{3}{4}$ 字数: 865 千字

2013 年 11 月第一版 2013 年 11 月第一次印刷

定价: **85.00 元**

ISBN 978-7-112-15900-0

(24088)

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)

本书内容涵盖了市政排水管网、城镇污水处理及回用和工业废水处理，主要内容有排水工程规划、排水管网设计计算、常见的污水处理工艺（传统活性污泥法、A²O等各种脱氮除磷工艺、氧化沟、SBR、BAF、生物转盘、生物接触氧化和UASB等）设计计算、常见的污泥处理及处置方法设计计算等。本书力求反映新技术和新领域的发展，对臭气处理、膜技术和污泥制肥等做了介绍。本书注重实用性和简捷性，读者可方便地检索到排水工程设计所需要的工艺参数、计算方法、公式、设备和有关规程规范等。

全书参照了2013年正在执行的规范。本书给出了常用污水处理工艺的工程实例，供读者参照。

本书可供给水排水工程、市政工程、环境工程等专业的技术人员、设计人员使用，也可供大专院校师生、排水系统管理人员和施工人员参考。

* * *

责任编辑：俞辉群

责任设计：董建平

责任校对：姜小莲 赵 颖

前 言

《给水排水工程实用设计手册》是一套实用的工具书，共分五册，分别为：

1. 《给水工程》；
2. 《排水工程》；
3. 《建筑给水排水工程》；
4. 《给水排水设备》；
5. 《水力计算表》。

《排水工程》以实用、简捷为主旨，内容尽量以图表的方式展现。书中不仅给出了设计计算例题，还给出了工程实例，以供读者参照。

本书参照了《室外排水设计规范》GB50014—2006（2011年修订版）和《城镇给水排水技术规范》GB50788—2012等最新规范。本书在排水工程规划、工艺选择等方面体现了给水排水工程专业的发展方向，即建立健康社会水循环，恢复水环境。本书在内容方面，涵盖了排水工程规划、排水管网设计计算、排水泵站设计、常见污水处理及回用工艺的设计计算、污泥处理及处置设计方法、常用污水处理设备的简单介绍等。其中污水处理部分包括了传统活性污泥法、各种脱氮除磷工艺、氧化沟、SBR、曝气生物滤池、一级强化处理、滴滤池、生物转盘、生物接触氧化、水解发酵、臭氧活性炭、混凝沉淀、过滤、膜生物反应器、UASB和AF等。污泥处理及处置部分包括了污泥浓缩、污泥厌氧消化、污泥好氧消化和污泥堆肥等。书中对臭气处理的设计及参数做了介绍。为了方便读者参照，对每一种典型的处理工艺，书中都给出了工程实例和设计参数。对于常用的标准和数据，本书以附录的形式予以列出。本书注重实用性和简洁性。对各种设计参数尽量以表格形式给出，以方便读者查阅。对于典型的设计，给出了例题以供读者参考。

本书参考了大量的资料，在此对这些资料的编著者表示衷心感谢。绝大部分资料在书后参考文献中列出，但难免挂一漏万，敬请谅解。

本书编写分工如下：第1章张杰、曹相生；第2章李冬、曹相生；第3章王印忠、曹相生；第4章张富国、曹相生；第5章李冬、曹相生；第6章朱兆亮、曹相生；第7章朱兆亮、曹相生；第8章王印忠、曹相生；第9章历彦松、曹相生；第10章李相昆、曹相生；第11章王印忠、曹相生。全书由张杰和曹相生统稿。

本书是在《给水排水工程快速设计手册（2）—排水工程》的基础上编著而成。对原作者表示诚挚感谢。王俊安完成了原书部分文字的计算机录入工作。李小冬、王亚军、李奇峰、周瑶和盛韩微校对了初稿。感谢以上人员的辛勤劳动。

敬请广大读者指出书中错误和不完善之处。作者联系邮箱：caxish@163.com。

目 录

1 城镇排水综论及规划	1
1.1 排水系统的功能和地位	1
1.2 排水制度	2
1.3 雨水的处置策略	2
1.4 工业废水的处置策略	3
1.5 污泥的处理处置原则	3
1.6 城镇污水的组成	4
1.7 城镇排水量	5
1.7.1 城镇平均日污水量	5
1.7.2 污水排放系数	6
1.8 城镇污水厂的设计水质	6
1.9 城镇污水厂的设计流量	7
1.10 污水的排放和处理程度	8
1.10.1 确定城镇污水处理程度的原则	8
1.10.2 城镇排水受纳体	8
1.10.3 城镇污水处理程度的计算	8
1.10.4 城镇污水的排放标准	13
1.11 污水处理工艺的选择	13
1.11.1 工艺选择的基本设想和原则	13
1.11.2 城镇污水的一级处理流程	15
1.11.3 城镇污水的二级处理流程	15
1.11.4 城镇污水的三级处理流程	16
1.11.5 城镇污水处理的典型流程	17
1.12 污水厂规模和数量	19
1.13 污水厂厂址	19
1.14 污水厂的总体布置	19
1.14.1 总平面布置	19
1.14.2 竖向布置	21
1.14.3 配水设施	24
1.14.4 计量设施	25
1.14.5 公用设施及辅助建筑物	29

1.15 城镇排水工程规划	30
1.15.1 规划所需的基础资料	30
1.15.2 规划内容	31
1.15.3 规划范围	31
1.15.4 规划原则	31
1.15.5 规划年限	32
1.15.6 排水管渠设置	32
1.15.7 排水泵站设置和用地	32
1.15.8 污水处理厂规模和用地	33
1.15.9 安全性	33
2 排水管渠及附属构筑物	34
2.1 管渠水力计算	34
2.2 污水管道	34
2.2.1 一般规定	34
2.2.2 污水量标准	36
2.2.3 污水量变化系数	37
2.2.4 污水量计算公式	38
2.3 雨水管渠	39
2.3.1 一般规定	39
2.3.2 基本参数	41
2.3.3 计算公式	43
2.4 合流管道	43
2.4.1 一般规定	43
2.4.2 计算公式	44
2.5 排水管渠设计通用原则和步骤	44
2.5.1 排水管渠设计通用原则	44
2.5.2 排水管渠设计通用步骤	45
2.6 附属构筑物	48
2.6.1 检查井	48
2.6.2 跌水井	48
2.6.3 雨水口	53
2.6.4 倒虹管	54
2.6.5 出水口	56
2.6.6 雨水溢流井（截留井）	57
3 排水泵站	59
3.1 一般规定	59
3.1.1 总体设计	59

3.1.2	泵房形式	62
3.1.3	常用引水设备	65
3.1.4	格栅	65
3.1.5	集水池	65
3.1.6	出水池水位壅高计算	67
3.1.7	水泵	68
3.1.8	电动机防潮计算	73
3.2	污水泵站	74
3.2.1	泵房形式选择	74
3.2.2	污水泵站计算例题	74
3.2.3	污水泵房示例	82
3.3	雨水泵站及合流泵站	84
3.3.1	一般规定	84
3.3.2	雨水泵站及合流泵站的布置示例	84
3.4	污泥泵站	88
3.4.1	污泥性质及选泵	88
3.4.2	污泥泵房布置示例	90
3.5	潜水泵站	91
3.5.1	特点及一般规定	91
3.5.2	潜水泵及安装	91
3.5.3	潜水泵站布置示例	92
4	污水一级处理与预处理	97
4.1	格栅	97
4.1.1	设计数据	97
4.1.2	设备介绍	99
4.1.3	计算公式	101
4.1.4	算例	102
4.2	沉砂池	103
4.2.1	一般规定	103
4.2.2	平流式沉砂池	103
4.2.3	竖流式沉砂池	107
4.2.4	曝气沉砂池	108
4.2.5	旋流式沉砂池	110
4.2.6	除砂设备	113
4.3	沉淀池	114
4.3.1	一般规定	115
4.3.2	平流式沉淀池	116

4.3.3 竖流式沉淀池	120
4.3.4 辐流式沉淀池	123
4.3.5 斜板(管)沉淀池	130
4.4 水解酸化	132
4.4.1 概述	132
4.4.2 一般规定和设计参数	133
4.5 污水厌氧预处理	135
4.5.1 上流式厌氧污泥床(UASB)	135
4.5.2 厌氧生物滤池(AF)	140
4.5.3 UASB/UAF 复合厌氧反应器	142
4.5.4 UASB/UAF 设计举例	142
4.5.5 工程实例	143
4.6 一级强化处理	145
4.6.1 化学絮凝一级强化	145
4.6.2 AB 法 A 段工艺	145
4.7 浮渣排除装置与设备	146
4.7.1 排渣装置	146
4.7.2 行车式撇渣机	147
4.7.3 绳索牵引式撇渣机	149
4.7.4 链条牵引式撇渣机	150
4.8 排泥设备	151
4.8.1 形式和分类	151
4.8.2 适用条件	151
5 污水二级处理——活性污泥法	155
5.1 活性污泥法基础	155
5.1.1 基本模式	155
5.1.2 主要形式和工艺选择	156
5.1.3 常用参数及计算	158
5.2 曝气池	162
5.2.1 池型	162
5.2.2 形状和构造	165
5.2.3 混合搅拌设施	165
5.2.4 消泡设备	166
5.2.5 测量仪表	167
5.3 曝气系统	167
5.3.1 曝气系统分类	167
5.3.2 一般要求	168

5.3.3 鼓风曝气装置	168
5.3.4 机械曝气装置	172
5.3.5 曝气装置传氧速率的计算	181
5.3.6 曝气装置算例	182
5.3.7 污泥回流设备	183
5.4 二次沉淀池	185
5.5 生物选择器	185
5.5.1 好氧生物选择器	185
5.5.2 缺氧生物选择器	185
5.5.3 厌氧生物选择器	186
5.6 传统活性污泥法	186
5.6.1 工艺类型	186
5.6.2 工艺比较	189
5.6.3 设计参数	189
5.6.4 算例	191
5.7 A_P/O 生物除磷工艺	193
5.7.1 工艺原理与流程	193
5.7.2 设计参数	194
5.7.3 设计方法	195
5.8 A_N/O 生物脱氮工艺	195
5.8.1 工艺原理与流程	195
5.8.2 设计参数	197
5.8.3 设计方法	198
5.9 A^2/O 生物脱氮除磷工艺	199
5.9.1 工艺原理与流程	199
5.9.2 设计参数	200
5.9.3 计算方法	200
5.10 AB 工艺	200
5.10.1 工艺原理与流程	200
5.10.2 设计参数	201
5.10.3 设计方法	202
5.11 氧化沟工艺	202
5.11.1 工艺特点及适用条件	202
5.11.2 氧化沟专用设备	203
5.11.3 卡鲁塞尔氧化沟	204
5.11.4 奥贝尔氧化沟	207
5.11.5 双沟式氧化沟	211

5.11.6	三沟式氧化沟	214
5.11.7	一体化氧化沟	217
5.11.8	氧化沟计算方法	222
5.12	SBR 工艺	224
5.12.1	工艺特点及适用条件	224
5.12.2	滗水器	225
5.12.3	曝气装置	230
5.12.4	自动控制系统	232
5.12.5	常规 SBR 反应器	233
5.12.6	ICEAS 工艺	233
5.12.7	CAST 工艺	234
5.12.8	DAT-IAT 工艺	236
5.12.9	UNITANK 工艺	237
5.12.10	SBR 计算方法	241
5.13	MBR 工艺	243
5.13.1	工艺特点及适用条件	243
5.13.2	MBR 设计注意事项	244
5.13.3	MBR 设计参数	244
6	污水二级处理——生物膜法	246
6.1	淹没式生物滤池（生物接触氧化）	246
6.1.1	构造和分类	246
6.1.2	填料及其支架	247
6.1.3	设计参数和计算公式	251
6.1.4	算例	252
6.2	曝气生物滤池	253
6.2.1	简介	254
6.2.2	工艺设计	256
6.2.3	算例	258
6.3	生物转盘	259
6.3.1	简介	259
6.3.2	设计数据	263
6.3.3	计算公式与算例	265
6.4	滴滤池	267
6.4.1	普通生物滤池	267
6.4.2	高负荷生物滤池	273
6.4.3	塔式生物滤池	278
7	污水三级处理及回用	283

7.1 混凝沉淀（澄清）	283
7.1.1 混凝	283
7.1.2 气浮	284
7.1.3 澄清	284
7.1.4 沉淀	284
7.2 过滤	285
7.2.1 滤池功能	285
7.2.2 滤池形式和设计参数	285
7.3 臭氧氧化	286
7.3.1 臭氧接触装置	286
7.3.2 尾气处置与利用	286
7.4 活性炭吸附	286
7.4.1 吸附装置和吸附试验方法	287
7.4.2 设计参数	289
7.4.3 算例	290
7.5 化学除磷	291
7.5.1 石灰除磷	291
7.5.2 铝盐除磷	293
7.5.3 铁盐除磷	294
7.6 再碳酸化	294
7.6.1 原理	294
7.6.2 流程	295
7.6.3 二氧化碳的来源和投加	295
7.7 循环水系统脱氨	296
7.8 气浮过滤回用工艺算例	296
7.8.1 水质要求和工艺选择	296
7.8.2 主要构筑物设计与计算	297
7.9 再生水有效利用与再循环	301
7.9.1 污水再生利用工程方案设计	301
7.9.2 再生水厂设计	301
7.9.3 再生水输配	302
8 污泥处理	306
8.1 污泥的基本性质和处理方法	306
8.1.1 基本性质	306
8.1.2 生污泥量	307
8.1.3 各种污泥处理单元技术	307
8.1.4 典型处理工艺	309

8.1.5 初沉污泥与剩余活性污泥的合并处理	310
8.1.6 富磷污泥的处理	310
8.2 污泥的输送	311
8.2.1 一般规定	311
8.2.2 破碎、除杂粒及输送设备	314
8.2.3 检测仪表	317
8.2.4 水力特性及计算	317
8.3 污泥浓缩	320
8.3.1 重力浓缩	320
8.3.2 气浮浓缩	323
8.3.3 机械浓缩	328
8.3.4 浓缩设备介绍	331
8.4 污泥厌氧消化	334
8.4.1 消化原理与消化工艺	334
8.4.2 消化池的基本构造	335
8.4.3 消化池的附属设施	337
8.4.4 消化池的混合搅拌	338
8.4.5 消化池的保温与加热	341
8.4.6 消化池防腐	346
8.4.7 管路和仪表	347
8.4.8 消化池设计参数	348
8.4.9 沼气的净化与贮存	350
8.4.10 沼气利用	352
8.4.11 厌氧消化系统的安全	354
8.4.12 污泥厌氧消化系统布置	355
8.5 污泥好氧消化	355
8.5.1 工作原理及特点	355
8.5.2 构造和工艺	356
8.5.3 工艺设计参数	356
8.5.4 计算公式与算例	357
8.6 污泥脱水	358
8.6.1 污泥化学调质	359
8.6.2 带式压滤脱水	362
8.6.3 板框压滤脱水	370
8.6.4 离心脱水	374
8.6.5 浓缩脱水一体机	378
8.6.6 脱水机房	380

8.7 消化池算例	381
8.7.1 两级消化算例	381
8.7.2 卵形消化池算例	387
8.8 污泥土地利用	393
8.8.1 污泥土地利用的主要途径	394
8.8.2 污泥肥料类型	395
8.8.3 施用要求	396
8.9 污泥制肥技术	397
8.9.1 工艺原理及流程	397
8.9.2 自然通气方式发酵的设计	402
8.9.3 强制通气方式发酵的设计	402
9 污水消毒	406
9.1 概述	406
9.2 接触池	407
9.2.1 说明和一般规定	407
9.2.2 算例	407
9.3 紫外消毒	407
9.3.1 说明和一般规定	407
9.3.2 算例	408
9.4 液氯消毒	409
9.4.1 说明和一般规定	409
9.4.2 算例	410
9.5 二氧化氯消毒	411
9.5.1 说明和一般规定	411
9.5.2 算例	411
9.6 臭氧消毒	412
9.6.1 说明和一般规定	412
9.6.2 算例	414
9.7 污水厂恶臭来源和处理标准	414
9.8 臭气控制方法	415
9.8.1 改进污水处理工艺	415
9.8.2 投加掩蔽剂或设立缓冲设施	415
9.8.3 臭气处理技术	415
9.9 臭气计算	416
9.9.1 臭气风量	416
9.9.2 浓度	417
9.10 臭气收集和输送	417

9.10.1 收集装置	417
9.10.2 输送管道	418
9.10.3 风机	418
10 工程实例	419
10.1 普通活性污泥法——天津东郊污水处理厂	419
10.2 A_N/O 脱氮——北京方庄污水处理厂	421
10.3 A_P/O 除磷——大连经济技术开发区水质净化厂	423
10.4 A^2/O 除磷脱氮——昆明第二污水处理厂	424
10.5 AB 工艺——青岛海泊河污水处理厂	426
10.6 一级强化处理——海口市中心区污水处理厂	428
10.7 曝气生物滤池——大连马栏河污水处理厂	429
10.8 ICEAS——昆明第三污水处理厂	432
10.9 CAST——浙江省湖州东郊污水处理厂	434
10.10 DAT-IAT——天津经济技术开发区污水处理厂	435
10.11 UNITANK——广州市猎德污水处理厂	437
10.12 卡鲁塞尔氧化沟——山东省聊城市污水厂	440
10.13 双沟 DE 氧化沟——济南市水质净化二厂	442
10.14 三沟式氧化沟——邯郸市东污水处理厂	446
10.15 奥贝尔氧化沟——山东某城市污水处理厂	448
10.16 一体化氧化沟——四川新都污水处理厂	450
10.17 奥贝尔氧化沟+混凝沉淀砂滤——西安市第三污水厂	451
10.18 DE 氧化沟+高密度沉淀池——西安市西南郊污水厂	454
10.19 二级强化+盘片微过滤——无锡城北污水厂三期改造	457
10.20 活性污泥+生物膜、D 型滤池——深圳布吉地下污水厂	461
10.21 MBR+臭氧消毒——无锡市城北污水处理厂四期	462
10.22 MBR+RO——北京市北小河污水处理厂	465
10.23 曝气生物滤池+石灰软化法——华北某再生水厂	467
10.24 厌氧消化——上海市白龙港污水厂污泥消化工程	469
10.25 除臭——深圳市滨河污水厂三期工程	470
11 附录	474
11.1 饱和溶解氧的数据	474
11.2 空气沿程阻力损失值	475
11.3 常用保温材料的物理性能	477
11.4 饱和蒸汽的含热量	477
11.5 城市工程管线综合规划规范 GB 50289—98	478
11.6 地表水环境质量标准 GB 3838—2002	483
11.7 农田灌溉水质标准 GB 5084—92	487

11.8	污水综合排放标准 GB 8978—1996	488
11.9	污水排入城镇下水道水质标准 CJ 343—2010	498
11.10	城镇污水处理厂污染物排放标准 GB 18918—2002	500
11.11	城镇污水处理厂附属建筑和附属设备设计标准 CJJ 31—89	505
11.12	城市污水再生利用 分类 GB/T 18919—2002	514
11.13	城市污水再生利用 景观环境用水水质 GB/T 18921—2002	515
11.14	城市污水再生利用 城市杂用水水质 GB/T 18920—2002	520
11.15	城市污水再生利用 地下水回灌水质 GB/T 19772—2005	522
11.16	城市污水再生利用 工业用水水质 GB/T 19923—2005	526
11.17	城市污水处理厂管道和设备色标 CJ/T 158—2002	529
11.18	恶臭污染物排放标准 GB 14554—93	532
11.19	污水处理设备标准名录	536
主要参考文献		538

1 城镇排水综论及规划

1.1 排水系统的功能和地位

排水系统是收集、处理、再生和排放及循环利用污水和雨水的设施以一定方式组合成的总体。

最初的城镇排水系统源于城镇防洪排涝的需要，其主要功能是尽快将雨水排除市区之外。水冲厕所的普及和工业的迅速发展，使得城镇排水系统除了担负雨水排除外，还担负着生活污水和工业废水排放的功能。

20 世纪初，由于城镇河流水质的普遍污染以及伤寒等疾病的肆虐，污水处理技术得以不断发展，成为城镇排水系统的重要组成部分。此时城镇排水系统的功能变成：（1）及时排除雨、污水，防止市区内涝；（2）集中处理污水，达标排放，防止公共水域水质污染。

这种传统功能是在人口不甚集中，工业不太发达的时代，人们构想着水资源足够应用，水环境容量足够大的条件下形成的。认为污水是有害的废物，而不是宝贵的资源，忽略了水的再生性质和水环境的脆弱本质。所以，多年实践中，注重的是及时排除或不经处理而排至下游水体，只保护了局部城区生活环境，污染了全流域，造成长期危害。实际上良好的水环境不是局部地域的，它的范围是流域的，乃是全球的。

如果将城镇拟人化，水就是城镇的血液，给水管网就是动脉，排水管网就是静脉。而污水处理厂就是城镇的肾脏和心脏，起到净化城镇污水制造再生水和再循环的作用。

城镇的供水和排水是一个有机的整体，两者共同构成了完整的水的社会循环。而水的社会循环是水的自然循环的旁支。当前我国城镇普遍面临的水资源短缺和水环境污染正是因为不健康的水的社会循环造成的。根据水健康循环的理念，水资源的利用不应是“取水—输水—用户—排放”的单向开放型流动，而是应为“取水—输水—用户—再生水循环”的反馈式循环流程。这种反馈式循环流程如图 1-1 所示。

在这种反馈式循环流程中，污水不能随意排放，应适当处理后回用，重新进入水的社会循环或处理到不影响下游水体功能后才能排放。因此城镇排水的地位举足轻重，它包含了污水的深度处理和再生水的循环利用两个不可分割的部分。城镇排水系统要负起回收废水、再生净化、再利用、再循环，畅通城镇水循环之责。所以面向 21 世纪的城镇排水系

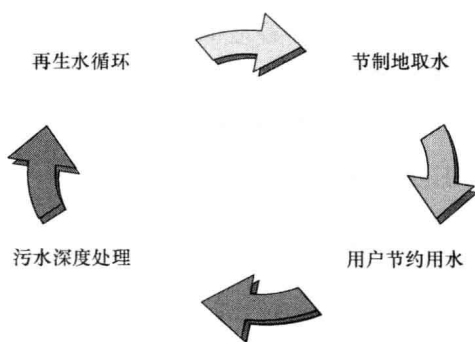


图 1-1 健康社会水循环模式