

废水工程

处理、处置及回用

第二版

美国梅特卡夫和埃迪公司

化学工业出版社

废 水 工 程

处理、处置及回用

第 二 版

美国梅特卡夫和埃迪公司

秦裕珩 麦玉筠 译

李浦修 史忠义

秦裕珩 校

化 学 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书系McGRAW HILL图书公司出版的《水资源和环境工程》丛书之一。全书对废水和污泥的处理和处置,包括经常使用的各种单元操作和单元过程,从理论到实践都作了较详细的阐述。书中附有一些例题,以帮助读者理解原理和掌握计算方法。全书采用国际单位制,有利于读者使用。本书可供从事环境工程、排水专业的研究、设计、管理的技术人员及有关专业的师生参考。

参加本书翻译的同志:秦裕珩(第11、13章),麦玉筠〔第5、7、8、14(前半部分)章],李浦修〔第1、2、3、6、14(后半部分)章],史忠义〔第4、9、10、12章〕。全书由秦裕珩同志校。

METCALF & EDDY, INC, WASTEWATER ENGINEERING TREATMENT, DISPOSAL, REUSE

Second Edition

Revised by George Tchobanoglous

McGRAW-HILL Book COMPANY

1979

废 水 工 程

处理、处置及回用

第二版

秦裕珩 麦玉筠 译
李浦修 史忠义
秦裕珩 校

责任编辑:骆文敏
封面设计:许立

化学工业出版社出版
(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

开本787×1092 1/16 印张38 字数934千字 印数1—3,570
1986年6月北京第1版 1986年6月北京第1次印刷
统一书号15063·3745 定价9.40元

序

鉴于《废水工程：收集、处理、处置》一书被人们普遍接受并加以应用，同时考虑到本书第一版问世以后废水工程领域所出现的许多新技术，我们认为对第一版进行修订，出版采用国际单位的新版本是适宜的。第二版的特点是：（1）增补了第一版出版后环境工程中的新技术；（2）反映了最近颁布的有关水质和污染控制法规对排水工程的影响；（3）在废水处理装置的设计与分析中开创了广泛采用国际单位制（简称SI）的先例；而最重要的一点则是（4）更适用于大学生、教师、从事实际工作的工程师和其他读者阅读。

为了达到第二版的修订目标，必须对第一版作彻底修订与重写。因为在过去六年中，有关废水和污泥的处理、处置和回用的基础数据和资料非常多，因而，第一版有关废水收集、提升的章节已在第二版中删除。这样，就将第二版的副标题改为处理、处置及回用。

第二版中被删掉的章节，在增添了新内容之后，将作为单独一本教科书出版，书名为《废水的收集与提升》。在删去了上述章节而腾出的篇幅中已经补充了新内容，因而第二版经增补后，其内容将比第一版更为丰富。

1972年通过的美国联邦水污染控制法规修正案（第92-500号公法）已经对废水工程发生了重要影响。第二版中新增加的内容反映了该修正案对废水工程引起的变化。政府在实现了第一阶段目标和任务之后，更加强调废水的回用和土地处置。在本书新增加的土地处理系统一章中，提出了关于利用土地对废水和污泥进行处理与处置的重要工程概念。

目前，世界上大多数地区均使用某种形式的国际单位。由于这种原因，在美国使用国际单位的日益增多，因此，第二版采用了国际单位^①。

为了将本书的第二版写成本更实用的教学用书和参考书，我们对第一版作了大量修改工作。为使读者对于废水工程有一般的了解，在第二版中新增设了一章，专门阐述废水处理的对象、方法和设计。在这一章里，对以后各章作了介绍。在“过程分析基础”一章中，综合了有关各种处理过程分析基础的讨论，并作了详细论述。为了反映废水工程的最新成就，书中有关废水处理所使用各种单元操作和单元过程基础的论述已全部作了修订。在第二版许多新增加的章节中，这里可以举出两个例子，就是增加了关于设计二次沉淀装置时应用的固体通量分析和在选择处理流程时所应用的固体物料平衡分析这两节。

此外，第二版中还包括六十多个概括设计数据和资料的表格。为了更清晰地表达各种基本概念和物理作用，书中附有约二百张图和九十张照片。其中，大约有一百二十张图和几乎全部照片是新的。

在这一版中，还列有许多例题。为了加深读者对计算原理的理解，在整个计算步骤中均附有单位。在需要的地方，我们在例题末尾注有说明，以阐述主要概念并重点说明在其他方面的应用范围。为了使第二版更实用，我们对本书内容已重新改编，各种概念和原理叙述得更加清楚，这样，将这些基本原理运用于设计时就非常容易。无疑，本书经过上述修订之后，

① 在翻译时，将单位换算公式及英制数据予以删除——译者注。

将可作为从事废水工程的技术人员和咨询管理工作人员的一本比较完整的参考书。

梅特卡夫和埃迪股份有限公司委员会主席

Rolf Eliassen

戴维斯加利福尼亚州土木工程学院教授

George Tchobanoglous

目 录

第一章 废水工程概论 1	分析结果的表示方法..... 37
1-1 废水处理..... 1	3-3 废水成分..... 38
历史过程..... 1	废水和化粪池污泥的组分..... 39
现状..... 1	附加分析项目..... 39
展望..... 1	水在使用过程中增加的矿物质..... 39
1-2 处理厂出水 and 污泥的处置与回用..... 4	3-4 单位负荷系数..... 40
历史过程..... 4	3-5 废水组分浓度的变化..... 41
现状与展望..... 4	短周期变化..... 41
1-3 工程师的任务..... 5	季节性变化..... 42
参考文献..... 6	工业生产引起的水质变化..... 43
第二章 废水流量 7	3-6 废水负荷数据的分析..... 43
2-1 废水流量的组成部分..... 7	简单平均..... 44
2-2 城市给水用水..... 7	流量加权平均值..... 44
城市给水的供水量..... 7	质量负荷..... 44
城市用水量的变化..... 8	持续高峰质量负荷..... 44
各种部门和设备的用水量..... 9	3-7 物理特性: 定义和应用..... 47
用水量的波动..... 10	总固体..... 47
排水量占给水量的百分比..... 10	气味..... 47
2-3 废水来源和流量..... 11	温度..... 50
生活污水的来源和流量..... 11	颜色..... 50
工业废水的来源和流量..... 13	3-8 化学特性: 定义和应用..... 50
渗流和流入..... 14	有机物..... 51
废水流量的变化..... 15	有机物含量的测定..... 52
2-4 废水流量数据的分析..... 16	无机物..... 61
废水量高峰系数..... 17	气体..... 65
高峰渗流量..... 18	3-9 生物特性: 定义和应用..... 66
设计允许高峰流入量..... 18	微生物..... 66
持续流量..... 19	病原体..... 67
统计分析法..... 19	大肠型菌族..... 67
2-5 减少废水流量..... 21	粪性大肠杆菌与粪性链球菌的比值..... 69
2-6 废水流量测量..... 23	生物鉴定试验..... 69
直接排放测量法..... 23	思考题..... 71
流速-面积法..... 30	参考文献..... 74
思考题..... 32	第四章 废水处理的对象、方法与设计 76
参考文献..... 33	4-1 废水处理的对象和条例..... 76
第三章 废水特性 34	4-2 废水处理方法的分类及应用..... 77
3-1 废水的物理、化学和生物特性..... 34	废水处理方法的分类..... 77
3-2 废水特性的研究..... 35	废水处理方法的应用..... 78
取样..... 35	4-3 处理厂分析与设计要素..... 79
水样保存..... 36	废水处理工艺流程..... 80
水样分析方法..... 36	工艺设计标准..... 80
	固体平衡..... 81

水流断面图.....	81	论述.....	133
处理厂布置.....	81	分析.....	134
4-4 其它需要考虑的重要事项.....	87	6-5 沉淀.....	135
能量及资源要求.....	87	论述.....	135
成本分析.....	87	分散颗粒沉降分析 (第一种类型).....	135
环境影响评价.....	89	絮凝沉降分析 (第二种类型).....	139
建厂规划与设计说明.....	90	管式沉降器的分析.....	140
思考题.....	90	受阻沉降分析 (第三种类型).....	141
参考文献.....	91	压缩沉降分析 (第四种类型).....	149
第五章 过程分析基础.....	92	6-6 浮选.....	149
5-1 反应和反应动力学.....	92	论述.....	149
反应类型.....	92	分析.....	151
反应速率.....	93	6-7 粒状滤料过滤.....	154
比反应速率.....	93	过滤操作论述.....	154
温度对比速率常数的影响.....	94	过滤系统的分类.....	154
速率方程的分析.....	94	过滤过程的各项参数.....	158
5-2 物料平衡分析.....	96	颗粒去除机理.....	159
物料平衡.....	96	过滤操作的一般分析.....	160
间歇反应器的物料平衡.....	98	废水过滤分析.....	162
解方程的步骤.....	98	中间试验的必要性.....	166
稳定态的简化.....	99	思考题.....	171
5-3 反应器及其水力特性.....	100	参考文献.....	173
反应器型式.....	100	第七章 化学处理单元过程.....	175
反应器的水力特性.....	101	7-1 化学沉淀.....	175
5-4 过程分析.....	107	化学沉淀对提高装置性能的作用.....	176
反应速率表达式或负荷标准的选择.....	108	除磷和物理-化学处理的化学沉淀作用.....	178
反应器型式的选择.....	108	化学沉淀理论.....	178
5-5 反应动力学及反应器的选型.....	108	7-2 气体传递.....	182
带有转化作用的串联连续流搅拌池反应器.....	109	气体传递的论述.....	182
带转化作用的推流反应器.....	110	气体传递的分析.....	182
连续流搅拌池反应器与推流反应器的比较.....	111	曝气机性能的评价.....	187
带轴向分散和转化作用的推流反应器.....	112	7-3 吸附.....	188
其它反应器的流态和反应器组合.....	113	论述.....	188
5-6 反应器设计中的一些实际问题.....	115	对活性炭吸附的分析.....	190
思考题.....	116	过程分析.....	192
参考文献.....	119	7-4 消毒.....	193
第六章 物理处理单元操作.....	120	消毒方法和手段.....	194
6-1 筛滤.....	120	消毒剂的作用机理.....	195
论述.....	120	影响消毒剂作用的各种因素的分析.....	196
分析.....	123	7-5 氯的消毒作用.....	198
6-2 流量调节.....	124	氯的化学.....	198
论述.....	124	转效点反应.....	199
分析.....	125	影响氯消毒效果的因素.....	202
6-3 混合.....	131	7-6 脱氯.....	206
论述与应用.....	131	余氯的毒性.....	206
分析.....	132	对脱氯的分析.....	206
6-4 絮凝.....	133	7-7 臭氧消毒.....	207

对臭氧的论述.....	207	8-10 微滤.....	253
分析.....	207	对微滤机的论述.....	253
7-8 化学药剂的其它用途.....	208	功能设计.....	253
思考题.....	209	8-11 氯化.....	254
参考文献.....	210	应用.....	254
第八章 废水物理处理和化学处理装置的设计.....	212	氯化物.....	255
8-1 格栅和粗滤网.....	212	氯化设备和加氯量的控制.....	256
格栅.....	212	氯化设施.....	259
粗滤网.....	215	8-12 气味控制.....	264
筛余物的数量.....	216	思考题.....	265
筛余物的处置.....	216	参考文献.....	266
8-2 粉碎.....	216	第九章 生物处理单元过程.....	268
对粉碎机的论述.....	218	9-1 生物处理: 概述.....	268
应用与设计.....	218	几个有用的定义.....	268
8-3 沉砂池.....	218	微生物的作用.....	269
沉砂池型式.....	219	处理工艺.....	269
杂粒量.....	224	9-2 微生物学基础.....	270
杂粒的处置.....	224	基本概念.....	271
8-4 流量调节.....	225	重要微生物.....	272
池子结构.....	225	细胞生理学.....	275
混合和空气需要量.....	226	9-3 细菌生长及生物氧化作用.....	281
泵及其控制.....	226	细菌在纯培养基中的一般生长模式.....	281
8-5 其他预处理操作.....	226	细菌在混合培养基中的生长.....	281
撇渣池.....	227	细菌的氧化作用.....	282
絮凝.....	227	9-4 微生物生长动力学.....	283
预曝气.....	228	对数生长期: 间歇培养.....	283
8-6 初次沉淀池.....	228	限制生长的基质.....	283
沉淀池的设计基础.....	229	细胞生长与基质利用.....	284
初次沉淀池类型、大小和形状.....	230	内源代谢的影响.....	284
污泥量.....	236	温度的影响.....	285
8-7 去除固体的其它操作和装置.....	237	微生物生长动力学在废水生物处理中	
浮选.....	237	的应用.....	285
细滤网.....	238	动力学系数的确定.....	289
双层沉淀池和化粪池.....	240	其他速率表达式.....	293
8-8 化学沉淀.....	241	9-5 好氧微生物悬浮生长处理工艺.....	293
改善沉淀池的性能.....	242	活性污泥法.....	293
单独的物理-化学处理.....	242	悬浮生长硝化系统.....	299
除磷.....	242	曝气塘.....	299
污泥量的计算.....	244	好氧消化.....	300
化学药剂的贮存、投加、配管和控制系统.....	246	好氧稳定塘.....	301
8-9 粒状滤料过滤.....	246	9-6 附着生长好氧生物处理工艺.....	302
滤池装置的驱动力、数量和尺寸.....	246	生物滤池.....	302
滤床的选型.....	246	粗滤池.....	308
滤池反洗系统.....	247	生物转盘.....	309
滤池辅助设施.....	249	填料床反应器.....	309
滤池存在的问题.....	252	9-7 亏氧悬浮生长及附着生长工艺.....	310
滤池的控制系统和仪表.....	252	悬浮生长生物脱氮.....	310

固定生物膜法脱氮	310	11-3 污泥和浮渣的提升	404
9-8 厌氧生物悬浮生长处理工艺	310	泵	404
厌氧消化法	310	各种污泥所用的泵	407
厌氧接触法	314	确定压头损失	407
9-9 附着生长厌氧处理工艺	314	污泥管路	409
厌氧滤池	314	11-4 初步操作	409
厌氧塘	314	污泥粉碎	409
9-10 废水的好氧-亏氧或厌氧联合处理工艺	315	污泥除杂粒	409
兼性塘	315	污泥混合	410
三级熟化塘	316	污泥贮存	411
思考题	316	11-5 浓缩	412
参考文献	318	应用	413
第十章 废水生物处理装置的设计	320	浓缩设备的论述	413
10-1 活性污泥(好氧悬浮生长)处理	321	浓缩装置的设计	416
工艺设计需要考虑的问题	321	11-6 稳定:化学法和热法	417
工艺设计	327	氯化	417
处理工艺及演变型式	331	石灰稳定	418
扩散空气曝气	337	热处理	418
纯氧的发生	343	11-7 稳定:污泥厌氧消化过程	418
曝气池及辅助设施的设计	344	过程论述	419
固体分离设施的设计	347	过程设计	421
操作问题	356	气体的产量、收集和利用	426
10-2 曝气塘(好氧悬浮生长)处理	358	消化池的搅拌	427
工艺设计需要考虑的问题	358	消化池加热	427
工艺设计	362	11-8 稳定:污泥好氧消化过程	430
固体分离	365	过程论述	431
10-3 生物滤池(好氧附着生长)处理	366	传统空气好氧消化	431
生物滤池分类	366	纯氧好氧消化	434
工艺设计	367	高温好氧消化	435
实际处理设施的设计	372	11-9 调理	435
10-4 好氧合并处理工艺	375	化学调理	435
生物滤池与活性污泥法串联处理工艺	375	淘洗	436
活性污泥法与生物滤池串联处理工艺	376	热处理	436
10-5 生物稳定塘	376	其他过程	438
生物稳定塘的分类	377	11-10 消毒	438
稳定塘的适用范围	377	巴氏灭菌	439
工艺设计及分析	378	长期贮存	439
固体分离	384	11-11 脱水	439
实际处理设施的设计	388	真空过滤	439
思考题	389	离心分离	444
参考文献	391	压滤机	446
第十一章 污泥处理和处置的装置设计	394	水平带式滤机	446
11-1 污泥处理流程	395	污泥干化场	449
11-2 固体和污泥的来源、特性和数量	395	污泥贮留池	450
来源	395	11-12 加热干化	451
特性	395	理论	451
数量	401	各种加热干化方案的选择	451

控制空气污染和气味	454	化学氧化法	516
11-13 堆肥	454	12-9 溶解无机物的去除	516
过程论述	454	化学沉淀	516
各种合并堆肥方案的选择	454	离子交换法	517
11-14 热减缩	455	反渗透(超过滤)	517
过程的基本原理	455	电渗析	518
热减缩过程	457	12-10 污染物的最终处置	518
11-15 固体物料平衡的编制	461	思考题	519
编制物料平衡的基准	461	参考文献	520
污泥处理装置的性能数据	462	第十三章 土地处理系统	522
11-16 最后的污泥和固体的运输、贮存		13-1 土地处理系统的发展情况	522
和处置	469	过去的实践情况	522
运输方法	469	废水土地处理	523
污泥贮存	472	污泥的土地应用	525
最后处置	473	13-2 土地处理系统考虑的主要事项	526
思考题	474	废水特性与处理机理	526
参考文献	477	植物	527
第十二章 废水的高级处理	479	公共卫生	528
12-1 废水化学成分的影响	479	13-3 灌溉系统	529
12-2 单元操作及过程与处理流程	480	设计的目的	530
分类	480	场地选择	530
工艺选择及处理流程的发展	481	应用前的处理	531
典型工艺性能数据	481	气候和贮存	531
12-3 氮的转化与去除	484	负荷	531
氮的存在形态	484	土地需要量	533
氮的来源	485	作物的选择	534
控制氮的操作及工艺	485	配水技术	535
12-4 硝化	485	地下排水	539
硝化工艺	485	地表径流控制	539
硝化过程的化学计算	487	实例分析(美国密执安州马斯基根)	540
过程分析(硝化)	488	13-4 快速渗滤系统	544
硝化工艺的应用	495	设计的目的	544
12-5 脱氮及硝化-脱氮	495	场地选择	544
脱氮工艺	495	应用前的处理	544
脱氮过程的化学计算	499	气候和贮存	544
过程分析(脱氮)	500	负荷	545
脱氮工艺的应用	501	配水技术	546
12-6 利用物理化学方法除氮	503	应用周期	547
氨解吸法	503	地下水流的控制	548
转效点氯化	507	13-5 地表径流系统	550
离子交换法	508	设计的目的	550
12-7 除磷	510	场地选择	550
磷的存在形态	510	应用前的预处理	550
除磷操作及过程	511	气候和贮存	550
工艺比较	515	应用率	551
12-8 难降解有机物的去除	515	土地的需要量	552
炭吸附法	515	斜坡地的特点	552

作物选择	552	大湖中的分层	570
配水技术	552	14-3 河流处置	571
径流收集	553	河流的复氧作用	571
13-6 其它系统	553	河流的脱氧	572
湿地应用	553	氧下垂模式的推导	573
水产养殖	555	河流扩散器的设计	577
13-7 污泥的土地应用	556	14-4 河口处置	577
设计的目的	556	河口数学分析	578
污泥特性	556	确定涡流扩散系数	579
场地选择	557	14-5 海洋处置	580
市场条件	558	起始稀释度的计算	581
操作方法	558	扩散稀释	582
应用率	559	衰减稀释	583
思考题	562	排水口设计	585
参考文献	562	14-6 废水直接回用和间接回用	588
第十四章 出水的处置与回用	567	城市回用	588
14-1 水污染的控制	567	工业回用	588
受纳水的标准	567	农业回用	589
排放标准	568	娱乐场回用	589
标准的制定	568	地下水回灌	589
稀释法处置	568	思考题	589
14-2 湖泊处置	569	参考文献	591
问题分析	569	附录	593

第一章 废水工程概论

每一个居住区都会产生液体的和固体的废物。液体废物（废水）实质上就是居住区用水在各种使用过程中被污染后形成的。从废水产生来源考虑，可以将废水定义为从住宅、公用设施、商业部门及工业企业排出的带废物的液体或水与可能存在的地下水、地表水和暴雨水的混合物。

假如让未处理的废水集存起来，废水中各种有机物质的分解会产生大量恶臭的气体。此外，在未处理的废水中还常含有寄生于人体肠道内的或可能存在于某些工业废水中的大量病原微生物。未处理的废水中，还含有能促进水生植物生长的各种营养物质，也可能含有有毒化合物。为此，在工业化社会中，不仅要求而且必须使废水从其产生地迅速排走，随之进行处理和处置。在美国，目前废水已受到许多联邦和国家法律的管理。

废水工程是环境工程的一个分支，将自然科学和工程的基本原理用于水污染控制问题。废水处理的最终目标在某种意义上是使环境保护与经济、社会、政治相适应。

为了给读者提供关于废水处理、处置和回用的初步概念，这一章将对废水工程的历史过程、现状和将来的展望作一简述。本章虽然不包括废水水源控制、收集、输送和提升这些问题（参阅序言），但本章最后仍阐明了工程师在整个废水工程领域内的任务。

1-1 废水处理

从城镇收集来的废水，最终还必须送回到受纳水体或土地中去。在各种情况下，都必须明确回答一些复杂的问题：为了保护环境，废水中有哪些污染物必须去除以及去除到什么程度。这就需要运用科学知识、根据过去经验获得的工程判断能力并考虑美国联邦政府和国家的各种要求与条例，对地方条件和要求进行综合分析。

历史过程

虽然很早以前就开始收集和排放雨水，但是收集废水则是十九世纪初的事。直到十九世纪末和二十世纪初才开始对废水进行系统处理。十九世纪后半叶，Koch和Pasteur建立了微生物理论，这是卫生工程进入新时代的标志^[6, 7]。在此以前，对于污染与疾病之间的关系了解得非常少，细菌学仍处于发展初期，尚未应用于废水处理方面。

在美国，十九世纪末并未对废水的处理和处置给予足够的重视，因为将未处理的废水向相对而言比较大的水体（与欧洲的水体相比）排放时并未造成严重的公害，同时有大片的土地可供处置废水。但是，到了二十世纪初，由于公害问题和健康问题日趋严重，迫切要求采用更有效的废水处理方法。由于找不到足够的土地处置废水，特别是在大城市，因而不得不采用比较彻底的处理方法。

现状

以物理手段为主，处理废水的方法称为单元操作。借助于化学或生物反应去除各种污染物的废水处理方法称为单元过程。目前，单元操作和单元过程已结合在一起，形成所谓一级、二级和三级（或高级）处理。在一级处理中，采用象筛网和沉淀这样的物理方法去除废水中

的漂浮物和各种可沉淀固体。在二级处理中,采用生物和化学方法去除废水中的大部分有机物。在三级处理中,另外再采用一些单元操作和单元过程联合装置去除二级处理不能去除的其他组分,例如氮和磷。土地处理是将物理、化学和生物处理过程结合在一起,废水经过这种方法处理后,其水质可以和经过高级处理的废水水质相比美。

有关美国城市废水处理厂的类型和数量的统计资料列于表1-1。从表中可以看到的明显趋势是近几年二级废水处理厂的数目大大增加——从1948年的48%增加到1974年的81%^[4, 5]。

根据处理厂规模的分析结果^[4]可以看出,在整个公有处理厂总数中,水量小于43.8升/秒的处理厂约占78%;水量介于43.8~219.1升/秒的处理厂占15%;水量大于219.1升/秒的处理厂约占7%。与此相应,在公有处理厂的总装置设计能力中,设计水量小于43.8升/秒的处理厂约占7%;设计水量介于43.8~219.1升/秒的处理厂占14%;设计水量大于219.1升/秒的处理厂占79%。

表 1-1 按处理类型分类的城市废水处理厂的数量, 1945~1974^a

处 理 类 型	发表的废水处理厂数量 ^b			
	1945	1957	1968	1974 ^b
局部处理	60	41	47	79
一级处理	2829	2730	2384	2875
中间处理	98	100	75	78
二级处理	2799	4647	9951	16987
三级处理	c	c	10	992
全国总计	5786	7518	12565 ^d	21011

a 根据参考文献[4和5]改编。

b 系美国环境保护局STORET城市废水处理装置报表中1968~1974年的数据(某些数据是1968年最后修订的),由美国环境保护局1974年9月提供。

c 未提供数据,假定设有三级处理厂。

d 包括98个处理类型不了解的处理厂。

根据1974年的调查^[1],流量为43.8升/秒或低于此流量的处理装置,大部分采用稳定塘作为处理手段。但是,流量增大后,采用稳定塘的显著减少。

展望

由于1972年通过了美国联邦水污染控制法规修正案(第92~500号公法),国会制定了控制美国水道污染的长远研究计划。第四章讨论了这些重要法律和相应规划与准则的意义。在各种废水处理专门领域中,有待研究的新课题已经很清楚,包括:(1)废水处理操作、过程和原理;(2)所处理废水水质的变化;(3)工业废水问题;(4)废水可处理性的研究;(5)环境与能源问题;(6)土地处理;(7)各种小型和单独的就地处理系统。

废水处理操作、过程和原理 目前,正在从实际应用的角度对废水处理厂所采用的大部分单元操作和单元过程进行不断地和彻底地审查。根据审查结果,已经研究并补充了许多革新项目和新的单元操作和单元过程,同时也还需要作许多工作才能满足为了改善水道环境对废水提出的日益严格的要求。除了继续发展常规处理方法之外,还研究了其他的处理装置和处理技术。土地处理系统和利用各种水生生物处理废水就是实例。水生生物处理系统除了可

对废水起处理作用之外,还可用来吸取太阳能和利用废水中的各种营养物。这种处理系统的另一个优点是还可能同时生产有用的植物蛋白和动物蛋白。

郊区分散处理原理虽然不是什么新技术,但是现在又重新开始流行起来。它最早是Metcalf和Eddy股份有限公司在三十年前为了处理洛杉矶地区的废水而提出的^[3]。最近,为处理缅因州波特兰地区以及马萨诸塞州东部地区的废水又重新把它提出来。在工程中,小型废水处理厂遍布整个废水处理领域,主要用于处理生活污水。小型处理厂出水在当地就可以回用或排入水体。处理过程中产生的生物固体可制成肥料加以利用,或再送回下水道作集中处理。

对于集水系统和废水处理装置在设计上的相互关系,也作了新的探讨。当废水在集水系统流动时,废水中发生生物和化学两种变化^[9]。这种变化的性质在很大程度上取决于集水系统的设计。将来,当这些变化对于废水处理的重要性变得更加清楚时,可以预料,废水集水系统与处理装置的设计将比过去配合得更加密切。

废水水质的变化 本世纪以来,由于人工合成有机化合物的品种已经超过五十万种,而且每年还增加约一万种新化合物,因此,在大部分城市废水中均能找到许多种这类化合物。这些化合物虽然大多数都比较容易处理,但是,用目前的处理方法不能去除的化合物或只能少量去除的化合物的品种正日益增加。另外,在许多情况下,论述这些化合物排放后对环境所造成的长期影响的资料很少或根本没有。当人们对这种影响更进一步了解之后,预计将更加强调采用高级处理或采用土地处理以去除这些特殊的污染物。

工业废水问题 过去二三十年中,向生活污水管排放废水的工厂已明显增加。由于这些工业废水常具有毒性,因此现在已经对工业废水与生活污水混合排放的常规作法作重新评价。将来,许多市政当局很可能对这些工业废水采用单独处理装置,或是要求将这些工业废水在其排放点就进行处理,以便在允许它们排入生活污水管之前使其无害。

废水可处理性研究 因为废水水质在输送过程中的变化、废水水质本身的变化以及工业废水向生活污水管排放等方面还存在一些问题,因此,对废水可处理性的研究越来越多。在各种新处理方法刚刚提出的时候,废水可处理性的研究尤为重要。因此,卫生工程师必须了解以下最常用的研究手段和方法:(1)评价废水(生活污水或工业废水)的可处理性;(2)试验室研究和中间试验研究;(3)将试验数据转变为设计参数。

环境与能源问题 过去几年,环境与能源问题在选择和设计废水的收集及处理装置时,已日益成为人们考虑的重要问题。对公众而言,气味是对环境最严重的污染之一。目前已经采用新的气味测量技术,以确定可能从废水处理装置中散发出来的气味的数量和扩散情况,同时,在设计废水处理装置时已经尽最大努力防止气味,因此,从处理装置中散发的气味已经减少到最低程度。

节约能源的必要性已被公认。目前,在所有方案分析中,能源分析已成为重要组成部分,人们更加注意选择那些节省能源和财力的设计方案。在各种废水处理厂的设计中,通过精心研究废水处理厂的位置,并设计能够利用太阳能加热各种池子和建筑物的方法,以便将能源消耗降到最低限度的趋势日益明显。这些问题将在第四章作进一步讨论。

土地处理 废水用土地处理虽然已经应用了几个世纪,但是,在废水工程中承认这种处理方法只是近几年的事。因为第92~500号公法强调水的回用、营养循环和在农作物生产中利用废水,因此,对废水的土地处理法作了大量研究和推广工作,所以土地处理正受到人们高度

重视。废水用土地处理就是利用植物、土壤表面和土壤基质处理废水。从经济和工程效率观点考虑，土地处理将是另一种日益被人们所欢迎的处理方法。

小型和单独的就地处理装置 过去十年，人们把注意力几乎全部倾注于大型的区域废水处理系统的设计、施工和运行工作上，常常忽视了小型废水处理系统^[8]。小型废水处理系统的设计和施工常常是大型处理厂的缩影。因此，小型处理厂的能源和财力消耗大。由于经济、环境和能源问题，小型处理装置的设计、施工和运行应谨慎行事。目前正在拟定新的和革新的小型处理装置设计方案，同时也开始采用某些其他的方法处理少量废水。

因为将废水排入集水系统的人数与排入单独的就地处理系统人数的比例在过去廿年中并未发生明显变化，所以目前的注意力主要集中于单独的就地处理装置的设计、操作和维修上面。必须弄清使用这些就地处理装置对健康和污染造成的危害，并确定其应用范围。对这些就地处理装置，最近还建立了地方管理机构和维护区。

1-2 处理厂出水和污泥的处置与回用

处理后的废水、固体废物、半固体残渣（污泥）和经处理后产生的浓缩污物的最后处置问题，在废水工程中依然是最困难和耗资最多的问题之一。

历史过程

过去，大多数城市的废水均采用尽可能简单的方法进行处置，不大注意废水处置对附近环境造成的危害。很早以前，雅典采用的废水灌溉也许是最早的废水处置方法，虽然大部分市政当局早已采用稀释法处置废水了。如果允许生活污水排入雨水管，就会发生问题，因为接受废水的河流时常超过其自净能力。因此，便兴建了分流制排水管道并建立了废水处理厂。采用更完善的处理方法时，就会发生污泥处置问题，因为先进的废水处理方法会产生大量污泥。

现状与展望

近来废水处置方面最重要的进展，是美国环境保护局规定废水向地表水体排放之前，必须经过二级处理，作为废水处理的最低允许标准。由于废水处理过程所产生的污泥量增多和对于废水的土地处理和废水回用提出了许多新要求，因此，正在对处理厂出水和污泥的处置问题作重点研究。此外，随着废水处理程度的不断提高和干旱地区缺水日益严重，对处理厂出水回用的兴趣预计会有所增加。

处理厂出水的处置与回用 表1-2指出，将处理厂出水排入地表水体，在目前仍然是处置废水最常用的方法。但是，为了保护水生环境，美国各州和联邦政府一起制定了美国各个州的水道、河流、河口和海岸水域的受纳水体标准。预计，将来各个州还可能制定更严格的标准。1972年美国国会训令使用处理厂出水的排放标准（参阅表4-1），这大概是因为根据水质制定的排放标准，即使可能实行，也将是很困难的。

表 1-2 现有的处理厂出水处置方法，1974年^a

处理厂出水处置方法	目前采用的处置方法数目	处理厂出水处置方法	目前采用的处置方法数目
排入地表水体	6858	其他土地处置（未详细说明）	220
排入海洋	188	作为给水水源循环使用	35
排入贮存池	380	化粪池场地	366
注入深井	4	全国总计	8158
地下水回灌	105		

a 根据参考文献1改编。

在许多地方，设计和布置废水处理厂时都考虑可以将部分处理过的废水采用土地处置并连带各种用途的回用，例如喷洒高尔夫球场、作为工业冷却水和地下水回灌。将来，这种趋势可望继续增长。

在可供利用的淡水已经不能满足用水需要的那些地区，从城镇收集来的、只使用过一次的水，显然已不能再作为要处置的废水考虑，而应将其作为水源考虑。预计美国其他缺水地区会普遍接受这一概念。许多废水回用的实例已被证明是可行的，而更多的废水回用项目则正在研究之中。

随着废水回用新途径的不断开辟，必将对废水处理和污泥处置发生强烈影响。必须改进废水处理方法，使废水处理不仅在废水常见污染物的去除方面，而且在特殊化合物的去除方面都达到更高的水平。从另一方面看，这样也会导致需要处置大量的污泥。可以估算出，美国所产生的城市废水污泥的总量按干重计将从1972年的每年四百三十万公吨增加到1985年的每年六百万公吨^[2]。

污泥处置与回用 有关目前正在使用的污泥处置方法列于表1-3。大型废水处理厂已着手考虑对带有固体废物的处理厂的污泥作合并焚烧和合并高温分解处理。采用填地处置含固体废物污泥的处理厂日益增多，特别是在那些能将分解的气体收集起来加以利用的地方。此外，由于将污泥施于土地上可以同时起到处置污泥、恢复贫脊的土地使之适于耕种以及利用污泥中的营养物等作用，因此，已经引起人们的广泛注意。无疑，在将来重点研究的项目中，继续研究更好的污泥处理、处置和回用的方法，即使不是最优先，也会占有相当的地位。

表 1-3 污泥处置方法^a

处 置 方 法	按污水处理能力分类的各种处理厂占总数的百分数 ^b		
	<43.8升/秒	43.8~219.1升/秒	>219.1升/秒
用驳船送入大海 ^c	<1	1	7
作肥料用	29	32	28
作燃料用	<1	<1	<1
焚 烧	1	7	26
填地掩埋	42	41	23
其 他	28	19	16

a 根据参考文献[4]改编。

b 根据1973年STORET城市废水装置报表所载资料。

c 将来会不允许。

1-3 工程师的任务

从事实际工作的废水工程师应对那些需要满足废水处理任务的排水系统负责构思、规划、评价、设计、施工、运行管理和维修工作。废水系统的主要组成部分，以及与此有关的各种技术任务列于表1-4。

有关确定各种废水流量和特性的方法的知识（第二章和第三章），对于了解废水工程全貌极为重要。本书中虽然未包括污染源控制、集水、输水与提升这些内容，但是，为了使废水工程设计成为一个有机的整体，卫生工程师也必须对这些内容有所了解。

本书的重点（第四章至第十四章）就是表1-4中所列的最后两部分：（1）废水与污泥的

表 1-4 废水处理系统的主要组成部分和与此有关的技术任务

组 成 部 分	技 术 任 务	参阅章数
废水来源	估算废水量、评价减少废水量的方法、确定废水特性	2, 3
污染源控制	设计废水就地处理系统, 以便在废水排入集水系统之前作部分处理(主要是针对排放工业废水)	a
集水系统	设计用于从各种废水产生地排除废水的排水管	a
输水与提升	设计用于将废水输送到处理装置或其他处理地点的大型排水管(常称为干管或截流管)	a
处理(废水与污泥)	选择、分析和设计废水处理单元操作和单元过程, 使废水中的各种污染物达到所规定的处理标准	4 ~ 12
处置与回用	设计用于在水体中、土地上对处理后的废水进行处置和回用的装置以及在土地上处置、回用污泥的装置	13, 14

a 本书中不包括这部分内容。

处理;(2) 废水与污泥的处置与回用。废水工程的这两个领域和其他领域一样, 过去处于而且将继续处于迅速发展时期。陈旧观念正受到重新评价, 新概念不断出现。为了促进废水工程的发展, 卫生工程师必须了解废水工程的基本原理。本书的主要目的就是叙述这些基本原理。

参 考 文 献

1. *Cost Estimates for Construction of Publicly Owned Wastewater Treatment Facilities: 1974 Needs Survey*, U.S. Environmental Protection Agency, Final Report to Congress, Washington, D.C., 1975.
2. Farrell, J. B.: *Overview of Sludge Handling and Disposal*, in *Proceedings of the National Conference on Municipal Sludge Management*, Information Transfer, Inc., Washington, D.C., 1974.
3. Metcalf & Eddy, Inc.: *Sewage Disposal Problem of Los Angeles, California and Adjacent Communities*, Boston, 1944.
4. Metcalf & Eddy, Inc.: *Report to National Commission on Water Quality on Assessment of Technologies and Costs for Publicly Owned Treatment Works*, vols. 1 and 2, prepared under Public Law 92-500, Boston, 1975.
5. *Municipal Waste Facilities in the United States: Statistical Summary, 1968 Inventory*, U.S. Department of the Interior, Federal Water Quality Administration, Publication CWT-6, Washington, D.C., 1970.
6. Sedgwick, W. T.: *Principles of Sanitary Science and the Public Health*, Macmillan, New York, 1903.
7. Stanier, R. Y., J. L. Ingraham, and E. A. Adelberg: *The Microbial World*, 4th ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1976.
8. Tchobanoglous, G.: *Wastewater Treatment for Small Communities*, *Public Works*, pt. 1, vol. 105, no. 7, July 1974; pt. 2, vol. 105, no. 8, August 1974.
9. Wood, D. K., and G. Tchobanoglous: *Trace Elements in Biological Waste Treatment with Specific Reference to the Activated Sludge Process*, *Proceedings of the 29th Industrial Waste Conference*, 1974.