

Water and Wastewater Calculations Manual

给水与排水 计算手册

Shundar Lin 著 周律 邢丽贞 译

- ★ 内容全面系统 涵盖市政给水排水工程专业内容
- ★ 理论结合实用 计算过程理论与实际应用相结合
- ★ 计算过程详尽 大量案例提供详细分步计算过程

Water and Wastewater
Calculations Manual
给水与排水计算手册

Shundar Lin 著 周律 邢丽贞 译

清华大学出版社
北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2004-2809

SHUNDAR LIN

Water and Wastewater Calculations Manual

ISBN: 0-07-137195-8

Copyright © 2001 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education(Asia) Co. and Tsinghua University Press.

本书中文简体字翻译版由清华大学出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

给水与排水计算手册/[美]Lin, S. 著; 周律, 邢丽贞译. —北京: 清华大学出版社, 2009. 6

书名原文: Water and Wastewater Calculations Manual

ISBN 978-7-302-19166-7

I. 给… II. ①L… ②周… ③邢… III. 给排水系统—工程计算—技术手册 IV. TU991-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 210645 号

责任编辑: 柳 萍 赵从棉

责任校对: 赵丽敏

责任印制: 孟凡玉

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市溧源装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 33.5 字 数: 812 千字

版 次: 2009 年 6 月第 1 版 印 次: 2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 75.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 015021-01

译者序 >

PREFACE

本书系统地介绍了水源及取水、供水、给水处理、污水收集、排水管道系统和污水处理工程计算方法,主要内容与我国市政给水排水的内容基本相同。书中穿插了大量的案例,内容全面系统。本书的特点是不仅有比较深入的理论介绍,还有相关的计算方法和使用的详细介绍,同时提供了大量的计算题,帮助读者理解和学习书中介绍的计算方法。

本书既可以作为给水排水工程和环境工程等专业人员的工具书,也可以作为相关专业人员的学习教材。

参与本书第一稿翻译的主要人员有周律、邢丽贞、冯雷、陈华东、孔进、李飞、张向阳、张彦浩,全书由周律、邢丽贞完稿并审核。耿锐参与核对了书中相关内容。

翻译工作是艰苦的再创作劳动,由于译者学识有限,虽然竭尽全力,但错误在所难免,不当之处敬请读者指正。

译者

2008-04-06

作者简介

Shundar Lin 先生是一位退休的卫生工程师,现居住在美国伊利诺伊州皮奥里亚市。他是一位专业注册工程师,发表过 100 多篇有关给排水工程方面的报告和文章。Lin 博士拥有 40 多年的教学、研究和实践经验,并在此基础上编写了本书。

Lin 博士在台湾大学获得土木工程学士学位,后获得辛辛那提大学卫生工程硕士学位、锡拉丘兹大学卫生工程博士学位。1986 年发表的《贾第虫(*Giardia lamblia*)与给水》获得美国供水协会颁发的优秀论文奖。他提出了用高温对粪大肠杆菌灭活方法,从《水和废水标准检测方法》第 18 次修订版(1990)开始,一直被该书所采纳。他还是美国土木工程协会、美国供水协会、水环境联合会终身会员,并且担任中国内地与台湾地区管理机构以及一些咨询公司的顾问。

前言 >

FOREWORD

编写本书的目的是为给水排水工程专业的技术人员提供一本专业手册。本书介绍了环境工程领域的基本概念和原理,并且通过例题来说明相应的问题。书中尽可能多地使用了实际数据,并考虑了环境工程设计中的强制要求。为了便于理解,对每一个问题逐步地解答。书中计算采用的是英制单位,采用国际单位的读者可根据附录 E 进行换算。计算由简入繁,这样更方便给水厂和污水处理厂的操作者和管理者、环境设计工程师、军事环境工程师、大学生、研究生、教师、管理人员、市政工程、湖泊管理员、环境保护者学习和参考。

第 1 章介绍的是有关河流的计算。到 20 世纪中期,通过对河流自净能力的评价,河流自净理论已经得到很好的发展。本章对河流中的溶解氧和生化需氧量作了全面的阐述,同时介绍了河流的生物指标。

第 2 章结合目前所采用的方法和研究文献,阐述了有关水库和湖泊的水文地质学、营养物与沉积物平衡、蒸发等内容,讨论了美国湖水净化规划项目的 3 个阶段;另外,介绍了湖泊水质分级的科学方法、湖泊营养状态指标的估算、湖泊的利用与保护等内容。

第 3 章给出了地下水的相关计算,包括水文地质参数、地下水水文学、水在含水层中的流动、水泵抽水和影响区域、地下水污染、保护区域等内容。

第 4 章介绍了环境工程水力学,包括流体(水)的定义及特性,流体静力学,水在管道、堰、孔隙和明渠中的流动及其流量测量的基本概念,给水管网系统,给水厂与污水处理厂水力学等内容。

第 5 章和第 6 章分别介绍了给水厂与污水处理厂中各个处理单元的工作过程。第 6 章包括降雨和径流、暴雨管理、污水管道系统、泵站等内容。美国环境保护署为所有的单元处理过程制定了法规和标准。这两章还介绍了给排水设计过程中必须遵循的相关法规或标准。

本书还包括一些环境工程教科书中没有但在实际中已经应用的内容,包括沉积物耗氧量、河流用水用户的分配、河流 DO 模型、湖泊蒸发、湖泊净化规划、保护区域、Theis 方法、CT 值计算、水的氟化反应、生物固体的农田利用等。

本书对学生学习河流自净、地下水、水力学、给水工程、排水工程等课程都有所帮助。

Mcgraw-Hill 公司的 Kenneth McCombs 对本书进行了最后审核。中国台湾台北原子能委员会的 Chuan-jui Lin 博士核对了材料的准确性。Maureen 和 Keyword 出版服务有限公司(英国)的技术编辑对初稿进行了详细审核。初稿的文字录入由 Meiling Lin, Marsia Lin, Linda Dexter, Corin Tung 等人完成。Luke Lin, Aaron Saxton, Meilin Chang 和 Eric

Wang 做了收集实例的工作。布拉德利大学的 Kris Maillacherurri 博士, 以及 Peoria, Ronald Goodman, Lucy Lin, Judy Green 等人审阅了书稿, 在此感谢上述各位人士。同时感谢 Rick Lin 和 Kevin Lin 等人的帮助。

欢迎广大读者对本书提出宝贵的意见和建议。

Shundar Lin

第 1 章 河流	1
1.1 概述	1
1.2 点源扩散稀释	1
1.3 流量测量	2
1.4 河流流行时间	3
1.5 溶解氧与水温	3
1.5.1 饱和溶解氧	4
1.5.2 河流中溶解氧	6
1.6 生化需氧量分析	6
1.7 Streeter-Phelps 氧垂曲线方程	8
1.8 BOD 模型与 K_1 的计算	9
1.8.1 一级反应	9
1.8.2 耗氧速率和最终 BOD 的确定	11
1.8.3 温度对 K_1 的影响	20
1.8.4 二级反应	24
1.9 复氧速率常数 K_2 的确定	26
1.9.1 基本守恒关系	26
1.9.2 BOD 和氧垂曲线常数	27
1.9.3 经验公式	28
1.9.4 静态的现场监测方法	29
1.10 沉积物耗氧量	31
1.10.1 沉积物性质和 SOD 的关系	32
1.10.2 SOD 和 DO 的函数关系	32
1.11 有机污泥沉积物	32
1.12 光合作用和呼吸作用	33
1.13 河流自净	34
1.13.1 氧垂曲线	34
1.13.2 k_r 的确定	39
1.13.3 氧垂曲线临界点	39

1.13.4	氧垂曲线的简化计算方法	47
1.14	SOD	48
1.15	河流用户分配	48
1.15.1	方法 1	49
1.15.2	方法 2	51
1.15.3	方法 3	52
1.16	Velz 复氧曲线(实用方法)	53
1.16.1	消耗的溶解氧	54
1.16.2	复氧	54
1.17	河流 DO 模型(一种实用方法)	56
1.17.1	水坝的影响	57
1.17.2	支流的影响	58
1.17.3	DO 的消耗	59
1.17.4	实用法步骤	60
1.18	生物因子	67
1.18.1	藻类	67
1.18.2	细菌学指标	68
1.18.3	大型无脊椎动物生物指数	75
	参考文献	75
第 2 章	湖泊与水库	79
2.1	湖泊和水库功能恶化	79
2.2	湖泊形态测量学	79
2.3	水质模型	81
2.4	蒸发	82
2.4.1	水量平衡法	82
2.4.2	能量守恒法	83
2.5	湖泊净化规划	86
2.5.1	基金类型	86
2.5.2	获得财政资助的条件	86
2.5.3	湖泊分类调查	86
2.5.4	第 1 阶段: 诊断/可行性研究	87
2.5.5	第 2 阶段: 计划实施	90
2.5.6	第 3 阶段: 修复后监测	91
2.5.7	流域保护方案	91
2.5.8	湖泊监测	91

2.5.9	营养状态指数	98
2.5.10	湖泊功能的支持分析	101
2.5.11	湖泊平衡	107
	参考文献	113
第3章	地下水	116
3.1	基本概念	116
3.1.1	地下水和含水层	116
3.1.2	影响区域	117
3.1.3	水井	118
3.2	水文地质参数	118
3.2.1	孔隙率	119
3.2.2	储水系数	119
3.2.3	导水系数	119
3.2.4	流网	120
3.2.5	达西定律	121
3.2.6	渗透率	123
3.2.7	单位出水量	125
3.3	含水层中的稳定流	125
3.4	各向异性含水层	126
3.5	非稳定流(非均匀流)	127
3.5.1	Theis 方法	127
3.5.2	Cooper-Jacob 方法	129
3.5.3	距离-水位降深方法	130
3.5.4	微水试验	132
3.6	地下水污染	135
3.6.1	污染源	135
3.6.2	污染物的传质过程	135
3.6.3	地下储罐	136
3.6.4	地下水处理	137
3.7	保护区	138
3.7.1	影响范围	139
3.7.2	影响半径的确定	139
	参考文献	141
第4章	水力学基本原理与处理设施水力学	144
4.1	基本概念和流体特性	144

4.1.1	重量和质量	144
4.1.2	比重	144
4.1.3	压强	145
4.1.4	水的粘度	146
4.1.5	理想气体	148
4.2	管道流	149
4.2.1	液体压强	149
4.2.2	水头	149
4.2.3	管道系统	159
4.2.4	给排水管网	162
4.2.5	污泥流动	166
4.2.6	分流支管和多出口分流管	167
4.3	水泵	167
4.3.1	水泵的类型	167
4.3.2	水泵工作原理	167
4.3.3	水泵提升费用	169
4.4	明渠流	171
4.4.1	Che'zy(谢才)公式	171
4.4.2	Manning(曼宁)公式	171
4.4.3	非满流管道	173
4.4.4	自净流速	176
4.4.5	比能	177
4.4.6	临界水深	178
4.4.7	水跃	179
4.5	流量测定	181
4.5.1	明渠流量测定	182
4.5.2	管道流中流速测定	182
4.5.3	管道流量测定	182
4.5.4	渠道流量测定	185
	参考文献	191
第5章	公共给水	192
5.1	水源和水质	192
5.2	人口估算	194
5.2.1	算术平均法	194
5.2.2	固定百分比增长法	194

5.2.3	衰减增长法	195
5.2.4	对数曲线法	195
5.3	用水量	196
5.3.1	消防用水量	196
5.3.2	严密性试验	199
5.4	水质规程	199
5.4.1	联邦饮用水水质标准	199
5.4.2	阿特拉津	203
5.5	水处理工艺	204
5.6	曝气和吹脱	204
5.6.1	气体转移模型	207
5.6.2	扩散曝气	212
5.6.3	填料塔	213
5.6.4	喷嘴	218
5.7	溶解平衡	220
5.8	混凝	222
5.8.1	烧杯试验	223
5.8.2	混合	225
5.9	絮凝	226
5.10	沉淀	229
5.10.1	表面负荷率	231
5.10.2	斜管沉淀池	232
5.11	滤池	234
5.11.1	滤料粒度	235
5.11.2	混合滤料	235
5.11.3	过滤水力学	236
5.11.4	冲洗排水槽	238
5.11.5	过滤效率	239
5.12	水的软化	240
5.13	离子交换	245
5.13.1	泄漏	250
5.13.2	硝酸盐去除	250
5.14	铁和锰的去除	255
5.14.1	氧化	256
5.15	活性炭吸附	259
5.15.1	吸附等温线公式	259

5.15.2	接触时间	260
5.16	膜工艺	261
5.16.1	反渗透	262
5.16.2	污泥密度指数	265
5.17	水厂中的污泥	265
5.17.1	污泥产量和密度	267
5.18	消毒	268
5.18.1	氯化	268
5.18.2	臭氧	273
5.18.3	消毒动力学	273
5.18.4	CT值	274
5.19	加氟	284
5.19.1	氟化物化学药品	284
5.19.2	氟化物最佳浓度	285
5.19.3	氟化物投加速率(干粉状)	285
5.19.4	饱和器的氟化物投加速率	286
5.19.5	氟的剂量	287
	参考文献	288
第6章 污水工程		292
6.1	什么是污水	292
6.2	污水的特性	292
6.2.1	污水的物理性质	292
6.2.2	污水的化学成分	295
6.2.3	污水的生物学特性	297
6.3	污水排放系统	297
6.3.1	分流制排水系统	297
6.3.2	合流制排水系统	298
6.4	污水量	299
6.4.1	设计流量	301
6.5	城市雨水管理	302
6.5.1	城市雨水排水系统	303
6.6	雨水排水系统设计	304
6.7	降水和径流	304
6.7.1	降雨强度	304
6.7.2	集水时间	305

6.7.3	径流量估算	306
6.8	降雨水质	307
6.8.1	国家城市径流计划	307
6.8.2	样本平均值(EMC)	307
6.8.3	街道和路面负荷率	309
6.8.4	径流模型	310
6.9	排水管网水力学	311
6.10	排水系统附属构筑物	311
6.10.1	街道雨水口	311
6.10.2	检查井	312
6.10.3	倒虹吸管	312
6.11	泵站	314
6.12	排水管结构	316
6.13	污水处理系统	318
6.13.1	预处理系统	318
6.13.2	一级处理系统	319
6.13.3	二级处理系统	320
6.13.4	深度处理系统	320
6.13.5	排放标准	321
6.14	筛滤设备	322
6.14.1	粗格栅和细格栅	322
6.14.2	细筛网	324
6.15	粉碎机	325
6.16	沉砂池	325
6.17	流量调节	326
6.18	沉淀	328
6.18.1	自由沉淀(第 I 类型沉淀)	329
6.18.2	冲刷作用	329
6.18.3	沉淀池	330
6.18.4	絮凝沉淀(第 II 类型沉淀)	333
6.18.5	拥挤沉淀(第 III 类型沉淀)	334
6.18.6	压缩沉淀(第 IV 类型沉淀)	337
6.19	初次沉淀池	337
6.19.1	矩形平流式沉淀池设计	340
6.19.2	辐流式沉淀池设计	341
6.20	生物(二级)处理系统	343

6.20.1	细胞生长	344
6.21	活性污泥工艺	345
6.21.1	曝气周期和 BOD 负荷	346
6.21.2	F/M 比率	347
6.21.3	生物化学反应	348
6.21.4	工艺设计概念	348
6.21.5	工艺的数学模型	349
6.21.6	活性污泥处理系统的设计和运行	362
6.21.7	改进的活性污泥工艺	370
6.21.8	曝气与混合系统	381
6.22	滴滤池	389
6.22.1	工艺介绍	389
6.22.2	滤池的分类	390
6.22.3	滤池的回流	390
6.22.4	设计公式	392
6.23	生物转盘	398
6.23.1	构造	398
6.23.2	工艺简述	399
6.23.3	工艺优点	401
6.23.4	工艺缺点	401
6.23.5	溶解性 BOD ₅	402
6.23.6	生物转盘的工艺设计	402
6.24	复式生物处理系统	407
6.25	稳定塘	407
6.25.1	兼性塘	407
6.25.2	好氧塘	412
6.25.3	厌氧塘	412
6.26	二沉池	413
6.26.1	生物膜工艺出水二沉池设计	413
6.26.2	活性污泥工艺出水的二沉池设计	415
6.27	出水消毒	417
6.27.1	加氯量	417
6.27.2	脱氯	419
6.27.3	工艺设计	420
6.28	深度处理	423
6.28.1	悬浮固体的去除	423

6.28.2	磷的去除	423
6.28.3	氮的控制	433
6.29	剩余污泥处理和处置	448
6.29.1	污泥量与污泥特性	448
6.29.2	污泥处理方案的选择	451
6.29.3	污泥生物固体	474
6.29.4	污泥生物固体的利用和处置	475
6.29.5	规范要求	475
	参考文献	488
附录 A	伊利诺伊环保局大型无脊椎动物耐受等级表	496
附录 B	承压含水层的井函数	502
附录 C	室温或接近室温时溶液的溶度积常数	508
附录 D	有毒有机化合物的 Freundlich 等温吸附常数	511
附录 E	换算系数	515

河 流

1.1 概述

本章讨论的是有关河流自净的计算, 主要内容包括对河流自净容量的评价。方法包括传统概念方法和实用法。传统概念方法采用的是模拟模型, 而 Butts 和伊利诺伊州水文调查部门(Illinois State Water Survey)进行合作(1973, 1974, 1981)采用的是实用法。实用法是通过河流几个采样点的测量, 得出溶解氧(DO)和生化需氧量(BOD)的浓度。这两种方法对污水处理设施的设计和 design 完善都非常有用。

另外, 本章还介绍了生物因素, 如藻类、细菌指标、多样性指标、大型无脊椎动物生物指数、鱼类栖息地分析等。

1.2 点源扩散稀释

点源污染物通过确定性模型来控制, 该模型以特殊情况作为假设的设计条件。简化的稀释和(或)平衡方程如下:

$$C_d = \frac{Q_u C_u + Q_e C_e}{Q_u + Q_e} \quad (1.1)$$

式中, C_d 为完全混合断面污染物浓度, mg/L; Q_u 为上游河水流量, cfs(译者注: 有关单位换算参见本书附录 E); C_u 为上游河水中污染物起始浓度, mg/L; Q_e 为污水排放量, cfs; C_e 为污水中污染物浓度, mg/L。

通常以 10 年当中连续 7 天的最低流量作为最不利情况的设计河水流量进行设计。

例 已知某河流流量为 186 cfs, 一电厂以 27 cfs 的流量从河中抽水, 该厂灰池的污水排放量为 26 cfs。上游河水与排放污水中硼的浓度分别为 0.051 mg/L 和 8.9 mg/L。计算完全混合后河流中硼的浓度。

解 根据式(1.1), 有

$$C_d = \frac{Q_u C_u + Q_e C_e}{Q_u + Q_e} = \frac{(186 - 27) \times 0.051 + 26 \times 8.9}{(186 - 27) + 26} = 1.29 \text{ mg/L}$$