

大学环境教育丛书

翻译版

Mackenzie L. Davis

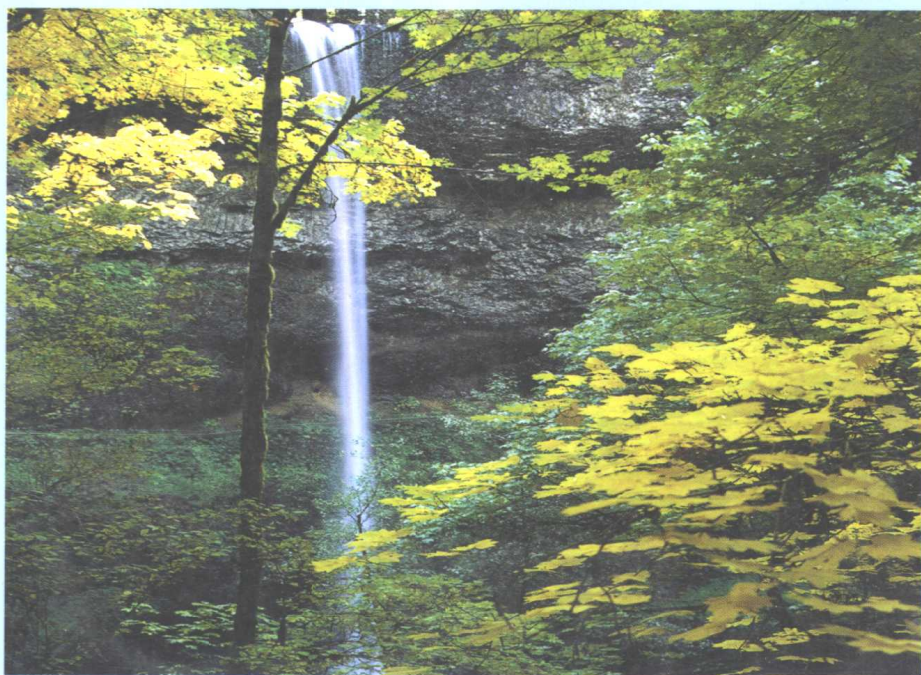
David A. Cornwell

Introduction to Environmental Engineering

Third Edition

环境工程 导论 (第3版)

王建龙 译



Mc
Graw
Hill



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



麦格劳-希尔教育出版集团

<http://www.mheducation.com>

大学环境教育丛书(翻译版)

Introduction to Environmental Engineering

Third Edition

环境工程导论

(第3版)

Mackenzie L. Davis

David A. Cornwell

王建龙 译

清华大学出版社

(京)新登字-158 号

环境工程导论(第3版)

Introduction to Environmental Engineering(Third Edition)

Mackenzie L. Davis, David A. Cornwell

EISBN: 0-07-015918-1

Copyright © 1998 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by McGraw-Hill, Inc.

All rights reserved. For sale in the People's Republic of China only.

本书中文简体字翻译版由清华大学出版社、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。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2000-2906 号

图书在版编目(CIP)数据

环境工程导论/(美)戴维斯(Davis, M. L.), (美)康韦尔(Cornwell, D. A.)著;王建龙译. —北京:清华大学出版社, 2000

(大学环境教育丛书)

ISBN 7-302-04130-X

I. 环… II. ①戴…②康…③王… III. 环境工程-高等学校-教材 IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第77962号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京四季青印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×960 1/16 印张: 51.25 字数: 1117 千字

版 次: 2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04130-X/X·30

印 数: 0001~5000

定 价: 54.00 元

出版前言

在跨入 21 世纪之际,面临不断恶化的生存环境,人类清醒地认识到要走可持续发展之路。而发展环境教育是解决环境问题和实施可持续发展战略的根本。高等学校的环境教育,是提高新世纪建设者的环境意识,并向社会输送环境保护专门人才的重要途径。为了反映国外环境类教材的最新内容和编写风格,同时也为了提高学生阅读专业文献和获取信息的能力,我们精选了一些国外优秀的环境类教材,加以影印或翻译组成大学环境教育丛书,本书即为其中的一册。所选教材均在国外被广泛采用,多数已再版,书中不仅介绍了有关概念、原理及技术方法,给出了丰富的数据,还反映了作者不同的学术观点。

我们希望这套丛书能对高等院校师生和广大科技人员有所帮助,同时对我国环境教育的发展作出贡献。

清华大学出版社
McGraw-Hill 出版公司
2000 年 11 月

AAD08/01

译者序

世界范围的环境危机正使人类面临空前严峻的挑战。环境污染、臭氧层破坏、酸雨危害、全球变暖、生物物种多样性锐减等问题严重威胁着世界经济的发展、人类的健康和社会的安定。环境工程教育已迫在眉睫。自 20 世纪 80 年代以来,许多大专院校相继成立了环境工程专业。

Mackenzie L. Davis 和 David A. Cornwell 合著的《Introduction to Environmental Engineering》第 3 版由 McGraw-Hill 公司于 1998 年出版。该书系统地阐述了环境工程的基本原理和方法,内容涉及到水文学、水与废水处理、水质管理、空气污染、噪声污染、固体废物管理、危险废物管理和电离辐射等。全书注重基本概念、原理和工艺特性的阐述。特别是关于政策法规部分的介绍,有十分重要的参考价值。该书内容深入浅出,详略得当,并配有大量的例题,以帮助读者理解。每章之后均附有复习重点、习题和问题讨论,并推荐有进一步阅读的书籍,以提高学习兴趣,增强学习效果。

该书贯穿两个基本主题:一是利用质量平衡的概念作为解决问题的基本工具,注重培养学生的逻辑推理能力,应用基本的数学手段来解决具体的环境问题;另一个主题是强调污染控制要从废物减量化开始,这是一个全新的概念。我们必须摆脱传统的末端治理方法,另辟蹊径,大力推行清洁生产,实现零排放,走可持续发展之路。

翻译是一项十分艰辛的工作。鉴于中西方文化、传统等方面存在诸多差异,且技术方面的专业术语表达目前尚未规范统一,使得本书中难免出现词不达义的地方。本书内容丰富,涉猎广泛,从政策、法规、管理到具体的物理、化学、生物治理方法,无所不包。限于译者的水平和翻译时间仓促,译文中缺点、错误和不足之处在所难免,恳请读者不吝指教,大力斧正!

译者

2000 年秋于清华园

目 录

出版前言	I
译者序	III
第 1 章 概论	1
1.1 什么是环境工程	2
1.2 环境工程引论	4
1.3 环境系统概论	6
1.4 环境立法与法规	13
1.5 环境伦理	35
1.6 利用质量平衡法求解问题	36
1.7 本章复习	41
1.8 习题	42
1.9 问题讨论	43
1.10 补充阅读材料	45
第 2 章 水文学	46
2.1 基础理论	47
2.2 降雨分析	56
2.3 径流分析	61
2.4 水库储存量	80
2.5 地下水与水井	83
2.6 废水减量与节约用水	105
2.7 本章复习	106
2.8 习题	107

2.9	问题讨论	122
2.10	补充阅读材料	123
第3章	水处理	125
3.1	引言	126
3.2	混凝	164
3.3	软化	169
3.4	反应器	188
3.5	混合和絮凝	190
3.6	沉淀	199
3.7	过滤	214
3.8	消毒	225
3.9	吸附	232
3.10	水厂废物管理	233
3.11	本章复习	246
3.12	习题	248
3.13	问题讨论	263
3.14	补充阅读材料	264
第4章	水质管理	266
4.1	引言	267
4.2	水中污染物及其来源	267
4.3	河流水质管理	270
4.4	湖泊水质管理	296
4.5	本章复习	304
4.6	习题	305
4.7	问题讨论	309
4.8	补充阅读材料	310
第5章	废水处理	311
5.1	废水处理中的微生物	313
5.2	废水的特性	322
5.3	现场处置系统	325
5.4	城市废水处理系统	330
5.5	预处理单元操作	333

5.6	一级处理	340
5.7	二级处理单元过程	342
5.8	消毒	372
5.9	废水三级处理	372
5.10	土地处理	375
5.11	污泥处理	378
5.12	污泥处置	398
5.13	本章复习	401
5.14	习题	403
5.15	问题讨论	411
5.16	补充阅读材料	412
第6章	空气污染	414
6.1	物理和化学原理	415
6.2	空气污染概述	418
6.3	空气污染标准	419
6.4	空气污染物的影响	420
6.5	空气污染物的来源和归宿	429
6.6	微观和宏观空气污染	433
6.7	空气污染气象学	443
6.8	大气扩散作用	450
6.9	室内空气质量模型	458
6.10	固定源的空气污染控制	460
6.11	移动源的空气污染控制	481
6.12	废物减量化	487
6.13	本章复习	487
6.14	习题	489
6.15	问题讨论	494
6.16	补充阅读材料	494
第7章	噪声污染	496
7.1	引言	497
7.2	噪声对人的影响	509
7.3	等级评估系统	524
7.4	社区噪声源及其标准	527

7.5	室外声音的传播	534
7.6	交通噪声预测	542
7.7	噪声控制	551
7.8	本章复习	563
7.9	习题	564
7.10	问题讨论	568
7.11	补充阅读资料	568
第8章	固体废物管理	569
8.1	概述	570
8.2	收集	578
8.3	内部线路转运	591
8.4	卫生填埋处置	594
8.5	废弃物能量转换	611
8.6	资源保护与回收	615
8.7	本章复习	623
8.8	习题	624
8.9	问题讨论	633
8.10	补充阅读材料	633
第9章	危险废物管理	635
9.1	危险废物	636
9.2	风险	640
9.3	危险废物的定义与分类	658
9.4	RCRA 和 HSWA	664
9.5	CERCLA 和 SARA	673
9.6	危险废物管理	678
9.7	处理技术	682
9.8	土地处置	706
9.9	地下水污染和修复	712
9.10	本章复习	719
9.11	习题	721
9.12	问题讨论	729
9.13	补充阅读材料	729

第 10 章 电离辐射	731
10.1 基础知识	732
10.2 电离辐射的生物效应	744
10.3 辐射标准	751
10.4 辐射暴露	753
10.5 辐射防护	756
10.6 放射性废物	765
10.7 本章复习	775
10.8 习题	776
10.9 问题讨论	777
附录 A 空气、水和其他化学物质的性质	778
附录 B 噪声计算用表和图解法用图	789
附录 C 美国环保局危险废物编码	792

第1章 概论

- 1.1 什么是环境工程
 - 1.1.1 专业的、学术性的及其他的
 - 1.1.2 什么是工程
 - 1.1.3 关于环境工程
- 1.2 环境工程引论
 - 1.2.1 本书的主题
 - 1.2.2 本书内容提要
 - 1.2.3 国际单位制
- 1.3 环境系统概论
 - 1.3.1 系统
 - 1.3.2 水资源管理系统
 - 1.3.3 空气资源管理系统
 - 1.3.4 固体废物管理
 - 1.3.5 多介质系统
- 1.4 环境立法与法规
 - 1.4.1 水质管理
 - 1.4.2 空气质量管理
 - 1.4.3 噪声污染控制
 - 1.4.4 固体废物
 - 1.4.5 危险废物
 - 1.4.6 原子能与辐射
 - 1.4.7 20 世纪 80 年代的环境立法和法规
- 1.5 环境伦理
- 1.6 利用质量平衡法求解问题

1.7 本章复习

1.8 习题

1.9 问题讨论

1.10 补充阅读材料

1.1 什么是环境工程

1.1.1 专业的、学术性的及其他的

韦氏(Webster's)大词典定义的学术性职业(learned professions)有法律、医学和神学。这容易使人想到工程师可能没有足够的学问,因为并未将工程列入其中。从事法律、医学和神学的研究工作需要四年以上的本科学习。而事实上,在数百年前,四年的工程科目学习时间比这些学术性专业的学习还要长两年!不管怎样,韦氏大词典毕竟还是将工程与教学、写作一起并列为职业(profession),虽然未将其定义为“学术性的”(learned)。至少,职业是一种需要在文学艺术或科学及心理上进行更高级培训的行业(occupation),而不仅仅是体力劳动。韦氏大词典定义中不包括职业运动员、警察、消防人员、政治家、演员和军人。

但是,成为一名专业人员不仅仅是从事或拥有一门专业。真正的专业人员是那些以服务公众的精神来追求他们理想的人^①。真正的专业具有下列七种特征^②:

(1) 专业性决策是根据一般性原则、理论或不依赖于特殊案例的建议来制定的。

(2) 专业性决策包含着特定领域里专业人员的知识。专业人员只是其专业范围的专家,并不是什么都懂的专家。

(3) 专业人员与其客户的关系是客观的,不依赖于特殊的情感。

(4) 专业人员因其工作成果,而不是其出身血统、种族、宗教、性别、年龄或会员身份来获得地位和经济报酬。

(5) 专业决策代表客户的利益,而与个人兴趣无关。

(6) 专业人员与他(她)所从事的那个专业的协会相适应,且受这些协会的规范约束。

(7) 专业人员比他(她)的客户懂得多,专业人员的知识使客户处于不利的地位。所以有必要制订严格的职业规范和伦理规章来保护客户。这些规范通过职业同行小组来执行。

① American Society of Civil Engineers(ASCE), *Official Record*, 1973.

② Edgar H. Schein, *Organizational Socialization and the Profession of Management*, 3rd Douglas Murray McGregor Memorial Lecture to the Alfred P. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 1968.

属于工程学科且是环境工程起源的土木工程已经建立了体现这些原则的伦理规范。1977 年修正的规范总结于图 1-1。

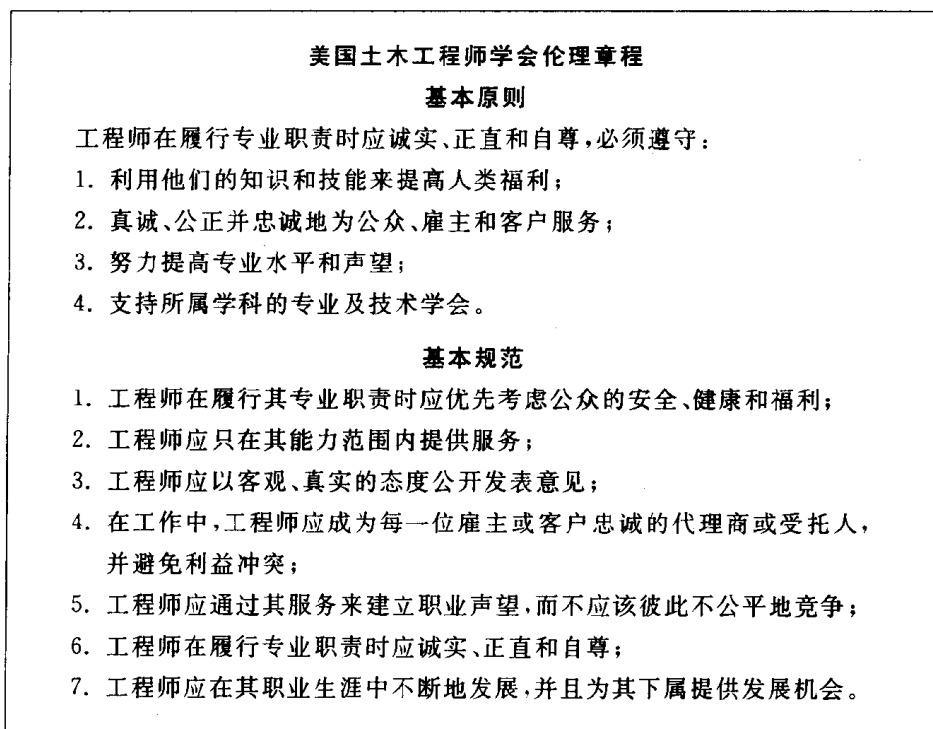


图 1-1 美国土木工程师学会伦理章程

1.1.2 什么是工程

工程师专业发展协会(The Engineer's Council for Professional Development,简称 ECPD)给出了工程的定义,我们可以描述如下:

工程是一种职业,它利用通过学习、经验、实践所获得的数学和自然科学知识,来寻求经济地利用物质和自然力量的方法,以造福人类(mankind)^③。

该定义暗示工程师与科学家之间存在着根本差别。工程师在其专业发展中必须在资深工程师的指导下获得经验、实践和判断能力^④。工程与学术性职业至少有这么多的共同点。

工程师经常需要解释为什么他们与科学家不同,请考虑下面的区别:“科学家发现事物,工程师使它们有用”(Scientists discover things. Engineers make them work.)^⑤。

③ 我们应该加上“and womankind”。

④ 尽管大学毕业生可以马上参加 E. I. T. (Engineering-in-Training) 考试,但参加 P. E. (Professional Engineers) 考试必须至少有 4 年的工程经验。

⑤ Robert MacVicar, Vice-President, Oklahoma State University, Commencement Address, June 1983.

1.1.3 关于环境工程

美国土木工程师学会(American Society of Civil Engineers,简称 ASCE)环境工程分会发表了以下的声明:

环境工程(Environmental Engineering)通过健全的工程理论与实践来解决环境卫生(environmental sanitation)问题,主要包括:提供安全、可口和充足的公共给水;适当处置与循环使用废水和固体废物;建立城市和农村符合卫生要求的排水系统;控制水、土壤和空气污染,并消除这些问题对社会和环境所造成的影响。而且,它涉及的是公共卫生领域里的工程问题,例如控制通过节肢动物传染的疾病,消除工业健康危害,为城市、农村和娱乐场所提供合适的卫生设施,评价技术进步对环境的影响等。

因此,我们可以考虑环境工程不是什么。供暖、通风或空调(heating, ventilating or air conditioning,简称 HVAC)不是环境工程,景观建筑也不是环境工程。不要将建筑及结构工程的功能与建筑环境(built environments),如房屋、办公室及其他工作场所等相混淆。

1.2 环境工程引论

1.2.1 本书的主题

我们以美国土木工程师学会对环境工程的定义作为本书的基础。由于时间与篇幅的限制,我们将内容限制在环境工程定义中的以下主题:

- (1) 安全、可口、充足的自来水供应;
- (2) 废水和固体废物的合理处置和循环使用;
- (3) 水、土壤和大气污染(包括作为大气污染物的噪声)的控制。

1.2.2 本书内容提要

当我们谈到如何从地表水或地下水取得充足水量时,水文学(第2章)是我们讨论的起始点。由于水文学涉及到洪水与干旱,我们也将适当讨论到 ASCE 定义中的排水部分。对地下水运动的物理学讨论将有助于我们理解地下水污染问题。

在第3章,我们从水量转到水质。我们先复习一些基本化学概念和计算方法;然后介绍影响水质的水的一些特性;最后,我们说明如何将水处理到可供公众消费的程度。

在第4章,我们考虑不同物质对水质的影响。尤其是用很大篇幅讨论有机污染物对水中溶解氧的影响。溶解氧是水中较高形式的生物(如鱼类等)生存所必需的。

废水处理是第5章的主题。在这一章里,我们讨论如何去除那些会降低湖泊或河流水质的污染物质,重点放在城市废水的处理上。

在第6章和第7章,我们转到空气污染控制和噪声控制。在简要地介绍空气污染物和噪声对健康的影响及其对环境的影响后,我们讨论污染物从污染源到人之间的传输过程及一些控制方法。

第8章介绍固体废物管理。固体废物的收集、处置及再生是复杂的城市社会生活的基本需求。本章将提供一些了解和解决固体废物管理问题的工具。

第9章危险废物管理,讨论如何处理废弃的危险废物处置场所和如何管理我们不断产生的废物。我们从前几章介绍的一些技术中选取几种技术用来处理这些废物。

最后一章简要介绍电离辐射。首先介绍辐射对健康的影响,然后讨论放射性废物及X射线的管理技术。

1.2.3 国际单位制

由于本书中采用国际单位制(International System of Units, SI),因此我们认为有必要对SI的发展过程进行简单的讨论。以下内容摘自美国材料试验学会(American Society for Testing Materials, ASTM)编号为E380的出版物:

由于度量方法的混乱,16世纪产生了十进位单位制。然而,直到1790年,法国国民议会(French National Assembly)才要求法国科学院(French Academy of Science)制定适合全世界采用的单位制。这个系统采用米为长度单位,克为质量单位。该系统被工商界在实际中应用。物理学家们马上认识到其优越性,因此该系统也被科技界采用。美国宪法(United States Constitution)第八节第一条中叙述了度量衡单位条例的重要性。尽管宪法是在1787年写成的,但直到1866年才立法使用米制(metric system)。1893年,在美国,国际单位制中的米和千克成为长度和质量的基本标准,用作长度和重量测量的计量。

同时,有15个国家参加的国际标准化会议于1870年在巴黎召开。接着,于1875年5月20日召开了国际米制大会(International Metric Convention)。正是在这次会议上,决定在巴黎附近成立永久的国际度量衡局(International Bureau of Weights and Measures)。成立度量衡总联合会(CGPM),负责处理有关米制的所有国际事务。CGPM每六年在巴黎举行一次会议,其功能是控制国际度量衡局。该局负责制订米制标准,与其他国家的标准进行比较,开展研究以建立新的标准。在美国,由国家标准局(National Bureau of Standards)进行上述活动。

原始的米制系统基于两个基本单位——米和千克,来决定长度、面积、体积、容量和质量的测量单位。对于科学和工业界需要的其他量的测量,则必须利用新开发的基本单位和导出单位。基于这两个米制单位的许多系统被广泛采用。1881年,国际电力大会(International Congress of Electricity)采用了加入时间单位的厘米-克-秒(centimeter-gram-second, CGS)系统。大约在1900年,实际的测量中开始使用米-千克-秒(meter-kilogram-second, MKS)系统。1935年 Giovanni Giorgi 教授建议将力学的 MKS 制加上 ampere(安

[培])、coulomb(库[仑])、ohm(欧[姆])或 volt(伏[特])四个单位之一——以便与电磁系统的单位联系起来。这项建议于 1950 年被接受,并加入电流单位——ampere(安[培]),从而建立了 MKSA 系统。

1954 年,第 10 届 CGPM 采纳了 MKSA 系统,并增加了温度的单位 Kelvin(开[尔文])和发光强度的单位 candela(坎[德拉])。1960 年,第 11 届 CGPM 正式命名该系统为国际单位制,在所有的语言中均简称为“SI”。当时有 36 个国家(包括美国)参加了 1960 年的会议。1964 年,第 12 届 CGPM 作了一些修正。1967 年,第 13 届 CGPM 重新定义了秒,重新命名温度单位为 Kelvin(K),并且修订了 candela 的定义。1971 年,第 14 届 CGPM 增加了第七个基本单位——mole(摩[尔]),并同意用 pascal,Pa(帕[斯卡]),即牛顿每平方米,作为压力或应力的特殊单位,用 siemens,S(西[门子]),即欧的倒数或安培每伏,作为电导的单位名称。

SI 是从一个看来并不新的米制系统中合理挑选出来的单位制。它包括力的单位(牛[顿]),以取代原有千克力的单位,表示其为力而非质量。SI 是一个有条理的系统,共有七个基本单位,对每一单位均给出了名称、符号和精确的定义。许多新的单位可以从这些基本单位推导出来,对每一单位可指定一个名称,有时候,可利用已有的名称,例如牛[顿]。

1795 年,升(litre)被认为与立方分米相等。但在 1901 年,第 3 届度量衡大会决定,定义升为 1 千克纯水在正常大气压、最大密度时所占有的体积。由此可知,这样定义的 1 升等于 1.000028 立方分米。这次大会宣布:升(litre)为立方分米的特殊名称。因此,容许在 SI 中使用它,但不鼓励使用。因为这样会使同一个量有两个单位,且精确测量所得结果可能会与利用旧定义进行测量的结果不一致。

SI 单位与一些其他常用单位的转换因子及 SI 词头列于书本书附录中。

1.3 环境系统概论

1.3.1 系统

在开始讨论具体内容以前,我们认为值得从宏观上来看一下本书将要讨论的问题。工程师喜欢称此为“系统逼近”(systems approach),也就是观察所有相互关联的部分及其相互的影响。在环境系统中,我们很难真正识别所有关联的部分,更不用说了解它们之间的相互影响。因此,系统工程师要做的第一件事是将系统进行简化,且要求与真实系统相似。简化模型当然无法在细节上与真实系统完全一样,但要求基本上近似。

我们将根据上述简化原则来描述三种环境系统:水资源管理系统、空气资源管理系统和固体废物管理系统。如果介质是空气、水或土壤之一,则限于以上三个系统之一的污染问题称为单介质(single-medium)问题。许多重要的环境问题并不限于简单的系统中,

通常涉及到空气、水和土壤等多种介质,这些问题称为多介质(multimedia)污染问题。

1.3.2 水资源管理系统

1. 供水子系统

水源的性质决定了集水、净水、输水和配水工程的规划、设计与运行。地表水(surface water)和地下水(groundwater)是供应社区和工业用水需求的两种主要水源。小溪、湖泊和河流为地表水源。地下水源是从水井抽出水的地方。

图 1-2 描述了一个服务于小社区的水资源系统的概况。不同的水源需要使用不同的集水工程和处理工程^⑥。城市中的管网称为配水系统。管路本身通常称为水干线。水在管道内的压力一般保持在 200~860kPa。在低需水量(demand)(通常在夜间)期间^⑦,水处理厂生产的多余水储存在蓄水池内。蓄水池可以高出地面(通常用水塔),也可以与地面水水位一致。储存的水被用来满足白天高需水量期间的要求。蓄水设施可以调节需水量的变化,并允许修建较小的处理厂。蓄水池还可以提供发生火灾时的紧急需求用水。

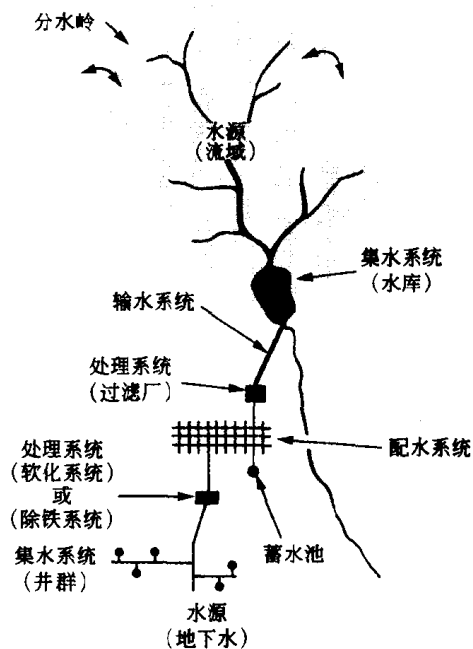


图 1-2 供水资源系统概况图

人口和耗水形式是控制需水量的主要因素,因此也决定了水源和整个水资源系统的

⑥ 工程(works)是一个复数形式的名词,代表工程结构物(engineering structures),与用于“art works”时意思一样。

⑦ 需求(demand)是指消费者对水的使用。该词的这种用法源自经济学术语,表示对商品的需求(“the desire for a commodity”)。用水者打开水龙头或抽水马桶冲水时,表示出他们对水的需求。