



建筑中水设计技术

张 统 主编



國防工業出版社

National Defense Industry Press

总装部队军事训练“十五”统编教材

科研试验系列

建筑中水设计技术

张 统 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑中水设计技术 / 张统主编. —北京: 国防工业出版社, 2007. 10

总装部队军事训练“十五”统编教材. 科研试验系列
ISBN 978 - 7 - 118 - 05275 - 6

I. 建... II. 张... III. 建筑工程—生活污水—污水处理—
设计—教材 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 109712 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 12 1/8 字数 350 千字

2007 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

序

军事训练教材是部队开展军事训练和培养高素质科研试验与管理人才的重要基础。“十五”期间是我军加速武器装备现代化建设的关键时期,随着科学技术不断发展,新武器、新装备大量投入部队使用,急需编写相应的配套教材,来满足部队军事训练和人才培养的需求。为此,总装司令部印发了《总装部队军事训练教材建设“十五”计划》,并组织部分专家、学者编著了这套总装部队军事训练“十五”统编教材。

编著这套总装部队军事训练“十五”统编教材是国防科研试验事业继往开来的大事,也是体现国防科研试验技术水平的一个重要标志。它以新时期军事战略方针为统揽,以军委和总装首长关于加强军事训练工作的一系列重要指示为指导,以《军事训练与考核大纲》、《继续教育科目指南》为依据,坚持科学性、前瞻性和实用性相结合,不断满足军事训练和人才培养对教材的需求,为圆满完成武器装备科研试验和管理保障任务提供了有力的技术支持。

“十五”统编教材共计 69 部,内容涉及科研试验、陆军装备科研订购、通用装备保障和试验后勤等 4 个系列的 28 个系统。这套教材既总结升华了武器装备科研试验和管理保障经验,又反映了国内外最新动态和发展方向,是对国防科研试验工程技术系列教材建设的进一步延续和扩展,是一批高质量的精品教材。其使用对象主要是部队具有大专以上学历的科技人员和管理干部,也可供院校有关专业师生使用或参考。

期望这套教材能够有益于部队高素质人才的培养,有益于武器装备科研试验和管理保障任务的完成,有益于国防科技事业的进步。

总装备部军事训练教材

编辑工作委员会

二〇〇五年十二月

前 言

改革开放 20 多年来,中国的经济持续快速发展,同时中国的人口数量不断增加,工业、农业和生活用水量等大量增加,水资源的紧缺成为影响中国经济社会可持续发展的重要因素之一。因此,污水资源化对缓解我国的水资源供需矛盾,建设节约型社会具有重要意义。

本书是总装备部“十五”工程系列培训教材之一,由总装备部工程设计研究总院负责编写,环保中心具体完成。本书的主要内容包括:中国水资源和水体污染的基本情况、国内外中水处理技术的发展、建筑中水的用途、标准,原水的收集、处理,中水的输送、设计的基础资料、常用处理工艺、工程设计计算和技术经济评价等。

我国新的建筑中水标准和一些典型工艺的标准图已经发布,如何进行工程设计是衔接二者之间的桥梁,因此,本书的重点是中水处理的工艺选择和工程设计与计算。编写本书的目的主要是指导中水处理工程设计,为便于读者的理解和掌握,以代表性的中水处理工程实例进行解释和说明。

本书由总装备部工程设计研究总院环保中心张统研究员统一策划统稿,王坤工程师组织协调及合成,王守中、方小军等参与修改完善,高丽丽参与了经济分析部分的编写,李志颖、孙高升参与了第 5 章工程实例部分的编写,张志仁高工,刘思富高工和北京工业大学的吴芝丽教授负责主审。南京工业大学的梅凯教授、孙文全、肖学峰参与第 2 章和第 3 章第 2 节的编写;北京建筑工程学院的李颖副教授和郭爱军参与了第 1 章和第 3 章第 1、3、4 节的编写;总参工程兵设计研究院的曹健舞工程师参与了第 4 章的编写。

由于编者水平有限,而且中水处理技术发展很快,应以发展的观点学习使用本书,不妥之处以国家的标准规范为准。同时,在书中引用的内容如因疏忽造成误解,以原文为准。请读者多提宝贵意见!

编者

2007年3月

目 录

第1章 概论	1
1.1 水资源和水体污染	1
1.1.1 我国水资源概述	1
1.1.2 水体污染	5
1.1.3 城市水资源	11
1.2 建筑中水处理的目的是意义	17
1.2.1 建筑中水的含义	17
1.2.2 建筑中水处理的目的是	20
1.2.3 建筑中水处理的目的是	22
1.3 国内外建筑中水处理技术的发展	23
1.3.1 国外建筑中水处理技术的发展	23
1.3.2 国内建筑中水处理技术的发展	32
1.3.3 影响中水处理技术推广应用的主要问题 及对策	36
1.4 建筑中水处理的适用范围	37
1.4.1 建筑物中水	37
1.4.2 建筑小区中水处理	43
1.4.3 建筑中水原水的种类	50
1.4.4 建筑中水原水水量	57
1.4.5 建筑中水原水的选择原则	61
1.5 建筑中水系统	62
1.5.1 建筑中水系统的类型	62
1.5.2 建筑中水系统的组成	64
1.5.3 建筑中水的水量平衡设计	68

1.6	建筑中水的用途和水质指标	74
1.6.1	建筑中水的用途	74
1.6.2	建筑中水的指标体系	77
1.6.3	建筑中水的安全保障	86
1.6.4	建筑中水水质测定	93
第2章	建筑中水处理技术	127
2.1	以优质杂排水为原水的中水处理工艺	127
2.1.1	物理化学处理	128
2.1.2	预处理单元	128
2.1.3	物化处理工艺	138
2.1.4	生物处理技术	181
2.1.5	土地处理工艺及设计	217
2.1.6	深度处理工艺	231
2.2	建筑中水处理工艺的选择	264
2.2.1	选择的原则	264
2.2.2	各种工艺的比较	265
第3章	建筑中水处理工程设计	278
3.1	设计原则	278
3.2	建筑中水设计的前期工作	279
3.2.1	基础资料	279
3.2.2	建筑中水处理规模的确定	282
3.2.3	中水处理站的选址和用地规划	283
3.2.4	总平面图	285
3.3	初步设计	286
3.3.1	初步设计的深度	286
3.3.2	初步设计的基本内容	287
3.3.3	初步设计的质量要求	293
3.4	施工图设计	293
3.4.1	施工图设计内容及深度	293
3.4.2	中水处理系统设计	294
第4章	建筑中水的经济性分析	306

4.1 建筑中水的投资分析	306
4.1.1 编制工程投资概(预)算	306
4.1.2 按统计资料进行投资计算与分析	307
4.2 建筑中水的成本分析	312
4.2.1 已建中水运行成本分析	312
4.2.2 中水运行成本统计	314
4.2.3 中水成本的计算	314
4.3 建筑中水的经济规模	316
4.3.1 中水成本和规模的关系	316
4.3.2 中水经济规模	316
4.4 建筑中水的定价	316
4.4.1 国内外中水价格现状简介	316
4.4.2 中水价格的理论研究与分析	317
4.4.3 促进我国中水回用的价格措施	319
第5章 建筑中水工程实例	321
5.1 总装某军事学院营区污水处理回用及景观规划设计	321
5.1.1 项目概况	321
5.1.2 指导思想及总体规划	321
5.1.3 设计内容及实现目标	322
5.1.4 主要设计指标	322
5.1.5 工艺设计及特点	323
5.1.6 中水回用及资源化	325
5.1.7 工程总投资估算	328
5.1.8 综合效益分析	330
5.1.9 结论和建议	330
5.2 总参某指挥学院营区污水处理回用工程设计及应用	331
5.2.1 工程概况	331
5.2.2 设计依据	332
5.2.3 设计原则	332
5.2.4 工程设计规模和水质	332
5.2.5 工艺流程设计及特点	333

5.2.6	主要构筑物及设备工艺计算	336
5.2.7	工程投资估算	339
5.2.8	运行费用分析	343
5.3	空军某研究院中水处理工程	345
5.3.1	项目概况	345
5.3.2	设计依据	345
5.3.3	设计规模、水质及处理要求	346
5.3.4	污水处理工艺	346
5.4	空军某培训中心污水处理及中水回用工程	348
5.4.1	概况	348
5.4.2	工程设计原则	348
5.4.3	设计水量及水质	349
5.4.4	工艺流程设计	350
5.4.5	工程投资估算	353
5.4.6	平面及工艺布置	355
5.4.7	技术经济核算	355
5.4.8	结论	357
5.5	南京军区某团埋地式 SBR 工艺设计与应用	357
5.5.1	项目简介	357
5.5.2	工艺流程设计	357
5.5.3	主要处理单元说明	358
5.5.4	工艺特点	359
5.5.5	技术经济分析	359
5.5.6	项目实施效果	360
5.6	北戴河某培训中心污水处理及中水回用工程	361
5.6.1	概况	361
5.6.2	污水处理工艺流程	361
5.6.3	污水站的调试	367
5.6.4	污水站运行管理	368
参考文献		369

第 1 章 概 论

1.1 水资源和水体污染

水是生命之源,没有水就没有生命;水是不可替代的资源,而且随着社会的进步和发展,人们对水的依赖程度越来越高。水资源是有限的,人类生产生活对水资源的需求日益增加,同时由于人类对水资源的不合理开发利用和水污染,更加剧了水资源的短缺,成为影响人类生产生活正常发展的主要制约因素之一。

联合国开发署在公布的《2002 年中国人类发展报告:绿色发展,必选之路》中指出:“中国目前有将近 7 亿人得不到安全的饮用水,日益增加的对水的需求正使水资源承受巨大的压力,环境污染已经严重到可能阻碍甚至逆转国家在经济建设中取得的骄人成就的地步,但如果现在采取行动,做出绿色的选择,即采取积极的措施推行可持续发展的战略,对空气、土地、水和生物多样性的破坏是可以制止的,甚至是可以转变的。通过正确的选择和行动,中国有可能不经过许多西方国家曾经过的痛苦阶段,直接跳跃至环境保护与经济协调的协调。这不仅将有利于中国人民,也将对世界带来好处”。

1.1.1 我国水资源概述

1.1.1.1 水资源及特点

广义的水资源,指地球上水的综合。水以固态、液态和气态的形式存在于地球表面和地球岩石圈、大气圈、生物圈之中。地球水的总储量约 13900 亿 m^3 ,其中,海洋水占 96.5%,淡水储量仅为 350 亿 m^3 ,占总储量的 2.53%。淡水储量中绝大部分为冰盖、冰川和深层地下水,与人类关

系密切的河川存储水量仅约 212 万 m^3 , 为淡水储量的 0.006%, 比例相当小。

水具有三态转化的独特性质, 在太阳能驱使和日地运行规律的支配下, 地球上的水无时不处于变化运动之中, 存在着复杂的、大体上以年为周期的水循环。水循环中最活跃的要素为: 大气降水、蒸(散)发、入渗和河川径流等, 它们的年动态水量比静态储量大得多。例如: 全球年降水量约为大气水储量的 46 倍, 即大气水的更新恢复周期约为 8 日; 全球年河川径流量约为河川存储水量的 23 倍, 即河川存储水量的更新恢复周期约为 16 日。水循环中相对不活跃的要素为: 海洋水、冰盖和深层地下水等, 年动态水量只占其巨大静态储量的极小部分, 其更新恢复周期长达 1400 年以上, 也就是说, 这部分水一经动用或污染, 即难以恢复。因此, 从人类可利用的水资源看, 水资源应该是指可恢复和更新的动态淡水量, 这就引出狭义的水资源涵义。

狭义的水资源是指人类可以利用的、逐年可以得到恢复和更新的淡水量, 水资源可通过水循环得到恢复和更新, 是再生性资源, 大气降水是它的补给来源。水资源是人类生存和发展不可替代的自然资源, 是环境的基本要素。

水资源是在水循环背景上、随时空变化的动态自然资源, 与其他自然资源不同, 它有以下特点。

1. 可恢复性与有限性

地球上存在着复杂的、周期性的水循环, 当年水资源的耗用或流逝, 又可为来年的大气降水所补给, 形成了资源消耗和补给间的循环性, 使得水资源不同于矿产资源, 具有可恢复性, 是一种再生性自然资源。就特定区域一定时段(年)而言, 年降水量有或大或小的变化, 但总是个有限值, 这就决定了区域年水资源量的有限性。水资源的超量开发消耗, 或动用区域地表、地下水的静态储量, 必然造成超量部分难于恢复, 甚至不可恢复, 从而破坏自然生态环境的平衡。

2. 时空变化的不均匀性

水资源时间变化的不均匀性, 表现为水资源量年际、年内变化幅度很大。水资源空间变化的不均匀性, 表现为水资源量和地表蒸(散)发量的

区域性变化而形成的分布不均匀。水资源时空变化的不均匀性,使得水资源利用要采取各种工程的和非工程的措施,或跨地区调水,或调节水量的时程分配,或抬高天然水位,或制订调度方案以满足人类生活、生产的需求。

3. 水资源开发利用的两面性和多功能特点

水资源随时间变化不均匀,汛期水量过度集中造成洪涝灾害,枯期水量枯竭造成旱灾。因此,水资源的开发利用不仅在于增加供水量,满足需水要求,而且还有个治理洪涝、旱灾问题,即兴水利和除水害两个方面。

水可用于灌溉、发电、供水、航运、养殖、旅游、美化环境等各个方面,水的广泛用途决定了水资源开发利用的多功能特点。按照水资源的功能,有时可将水资源分别称为:灌溉资源、水能(力)资源、水运资源、水产养殖资源、旅游资源等。

1.1.1.2 我国水资源的特点

中国是个水资源短缺的国家,目前水资源虽居世界第四位,但由于人口众多,耕地面积小,人均水量为 2200m^3 ,为世界人均水量的 $1/4$,每亩地平均水量 21260m^3 ,为世界亩均水量的 $1/2$,都低于世界平均水平,属于贫水国家。到21世纪中叶,我国的人均水量还将下降到 1700m^3 左右,水资源短缺问题将更加突出。同时,我国幅员辽阔,各地气候差异较大,水资源的地区分布差异也很大。

相对而言,我国的水资源表现出以下特点。

1. 水资源总量不少,但人均、亩均占有水平很低

我国河川径流量(地表水资源量)居世界第六位,列在马来西亚、前苏联、加拿大、美国、印尼之后。平均年径流深 284mm ,低于全球平均年径流深 314mm 。人均占有河川径流量仅为世界人均占有量的 $1/4$;耕地亩均占有河川径流量仅为世界亩均占有量的 $3/4$ 。

2. 水资源地区分布很不均匀

水资源与土地资源的配置不相适应。我国水资源南多北少,相差悬殊。南方长江、珠江、浙闽台诸河、西南诸河等四个流域片,平均年径流深均超过 500mm 。其中浙闽台诸河超过 1000mm ,淮河流域平均年径流深

225mm,黄河、海河、辽河、黑龙江四个流域片平均年径流深仅有 100mm,内陆诸河平均年径流深更小,仅 32mm。从水资源总量产水模数看,南方四个流域片平均为 $65.4 \text{ 万 m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$,北方六个流域片平均为 $8.8 \text{ 万 m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$,南北方相差 7.4 倍。全国以浙闽台诸河流域片平均年产水模数 $108.1 \text{ 万 m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ 为最大,内陆河流域片平均年产水模数 $3.6 \text{ 万 m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ 为最小,前者为后者的 30 倍。

我国水资源的地区分布与人口、土地资源的配置很不适应。南方四个流域片,耕地占全国的 36%,人口占全国的 54.4%,拥有的水资源量却占到全国的 81%,特别是西南诸河流域片,耕地只占全国的 1.8%,人口只有全国的 1.5%,而流域片水资源量占全国的 20.8%,人均占有水资源量为全国平均占有量的 15 倍。辽河、海河、黄河、淮河四个流域,耕地为全国的 45.2%,人口为全国的 38.4%,而水资源量仅占全国的 9.6%。

3. 水资源年际、年内变化大,水旱灾害频繁

我国南方地区最大年降水量与最小降水量的比值达 2 倍~4 倍,北方地区达 3 倍~6 倍;最大年径流量与最小年径流量的比值,南方为 2 倍~4 倍,北方为 3 倍~8 倍。南方汛期水量可占年水量的 60%~70%,北方汛期水量可占年水量的 80% 以上。大部分水资源量集中,汛期以洪水的形式出现,资源利用困难,且易造成洪涝灾害。南方伏秋干旱,北方冬春干旱,降水量少,河道流量枯竭(北方有的河流断流),造成旱灾,如遇持续的干旱年,地下水位大幅度下降,有的地区不仅农作物失收、工业限产,而且人畜饮水都成问题,旱灾更为严重。

总的来说,我国的水资源严重短缺。由于人口的增加,经济的发展,我国工农业生产和城市生活的现状对水资源的需求逐年大幅度增长。1949 年—1993 年,我国的总用水量以每 10 年增加 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的规模递增。据预测,2010 年,全国总供水量为 $(6200 \sim 6500) \times 10^8 \text{ m}^3$,相应的总需水量将达 $7300 \times 10^8 \text{ m}^3$,供需缺口近 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$;2030 年全国总需水量将达 $10000 \times 10^8 \text{ m}^3$,缺水 $(4000 \sim 4500) \times 10^8 \text{ m}^3$;2050 年全国将缺水 $(6000 \sim 7000) \times 10^8 \text{ m}^3$ 。进入 21 世纪,我国水资源供需矛盾在进一步加剧。

1.1.2 水体污染

水体污染,是污染物进入水体,引起水质恶化,使水的使用价值降低的现象。水体污染一般是指:排入水中的污染物数量超过了水中该物质的本底值和水体自净能力,从而导致水体的物理和化学性质发生变化,使水体固有的生态系统和水体功能受到破坏。衡量水体污染程度一般根据水中某种污染物浓度的高低和各种水质标准进行评价与分类。

1.1.2.1 污染物来源及水体污染的特点

1. 水体污染的特点

(1) 各类工业与大型企业密集在城市,排入城区河段的污染物数量极大,故一般流经城市的河流污染都很严重。

(2) 海洋污染,其中以石油污染最为突出。

(3) 污染物种类越来越多,其中毒物、剧毒物、长期残留物特别令人关注。

(4) 陆地水体中,河流流速大,稀释与自净能力强,污染较轻,较易恢复;湖泊交换能力弱,污染物能长期停留,易使水质恶化和引起富营养化;地下水遭受工业废水和城市污水污染日益严重,而且一旦污染,不易恢复,甚至不能恢复。

(5) 农田排水和地表径流等非点污染源造成的水污染比较普遍。

今后水体污染研究的重点是:污染物在水中迁移转化的规律;水体污染对水生物资源和人类健康的影响;污染调查和监测的新方法与新技术;水体污染的有效控制与防治等。

2. 水体污染源

(1) 按污染物属性分类,有物理污染源、化学污染源、生物污染源(致病菌、寄生虫与卵)以及同时排放多种污染物的复合污染源。

(2) 按污染源在空间分布方式分类,有点污染源(如城市污水和工矿企业与船舶等废水排放口)和非点污染源(如农田排水、地表径流)。

(3) 按污染物分类,有汞污染源、酚污染源、热污染源、放射性污染源等。

(4) 按接纳水体分类,有地面水污染源、地下水污染源、海洋污染源。

地面水污染源还可以分为河流污染源、湖泊污染源和水库污染源。

(5) 按污染源排放时间分类,有连续性污染源、间断性污染源和瞬时性污染源。连续性污染源又可分为连续均匀性污染源和连续非均匀性污染源。

(6) 按污染源位置分类,有固定污染源和流动污染源。固定污染源数量多、危害大,是造成水体污染的最主要污染源。

(7) 按导致水体污染的人类社会活动分类,有工业污染源、农业污染源、交通运输污染源和生活污染源。其中,工业污染源是造成水污染的最主要来源之一。工业门类繁多,生产过程复杂,污染物种类多,数量大,毒性各异,污染物不易净化,对水环境危害最大。

同一污染源有多种分类名称,例如电镀厂排污口,可分别称为人为污染源、固定污染源、点污染源、工业污染源、铬污染源、氰污染源和地面水污染源;但如果废水渗漏进入地层,则是地下水污染源。此外,还有扩散型污染源,即随大气扩散的有害有毒物质,通过重力沉降或降水过程等途径污染水体(如酸雨、放射性污染等)。

水体污染归纳起来有两大类:一类是自然污染,另一类是人为污染。而后者是主要的。自然污染主要是自然因素所造成的,如特殊地质条件使某些地区有某些或某种化学元素的大量富集,天然植物在腐烂过程中产生某种毒物,以及降雨、雪淋洗大气和地面后夹带各种物质流入水体,都会影响该地区的水质。人为污染是人类生活和生产活动中产生的废、污水对水体的污染,包括生活污水、工业废水、农田灌溉排水和矿山排水等。

此外,废渣和垃圾倾倒在水中或岸边,或堆积在土地上,经降雨、雪淋洗流入水体都能造成污染。

1) 工业污染

工业污染是在工业生产过程中所产生的污染,其成分主要决定于生产过程中采用的原料以及所应用的工艺。它是天然水体最主要的污染源之一,它们种类繁多,污水排放量大。所含污染物质种类多,组成复杂,一般毒性和污染危害较严重,且在水体中不易净化,难于处理。生产部门废水的来源和主要污染物质的分类,如表 1-1 所列。

表 1-1 主要工业生产部门的生产排放废水分类

生产部门		污染物质的主要来源	废水和主要污染物
动力部门		火力发电站、核电站	冷却度热水、放射性废水
冶金工业	黑色冶金	选矿、烧结、炼焦、炼铁、炼钢、轧钢	酚、氰、多环芳烃类化合物、冷却度热水、洗涤废水等
	有色冶金	选矿、烧结、冶炼、电解、精炼等	含 Cu、Pb、Zn、Hg、Cd、As 等重金属废水、冷却热废水、酸性废水等
纺织印染工业		棉纺、毛纺、丝纺、针织、印染等	染料、酸、碱、硫化物、纤维状悬浮物等
化学工业		化学肥料、有机和无机化工生产、化学纤维、合成橡胶、塑料、油漆、农药、制药等生产	各种盐类、Hg、Cd、As、酚、氰化物、苯类、醛类、醇类、油类、多环芳烃化合物等
石油化学工业		炼油、蒸馏、裂解、催化等工艺以及合成有机化学产品的生产	油类、酚类及各种有机物等
制革工业		皮革、毛发的鞣制	含 Cd、S、NaCl、硫酸、有机物等
采矿工业		矿山的剥离和掘进、采矿和选矿等生产	含大量悬浮物及重金属元素的选矿、矿井(坑)排水
造纸工业		纸浆、造纸的生产	碱、木质素、酸、悬浮物等
食品工业		油类、肉类、乳制品、水产、水果、酿造等加工生产	营养元素有机物、微生物病原菌等
机械制造业		农机、交通工具和设备制造与修理、锻压及铸件工业设备、金属制品的加工制造	含酸废水、电镀废水、Cd、Cr、油类等
电子及仪器、仪表工业		电子元件、器材、仪器、仪表制造等	含重金属元素废水、电镀废水、酸性废水等
建筑材料工业		石棉、玻璃、耐火材料、烧窑业及各类建筑材料加工等	悬浮物等