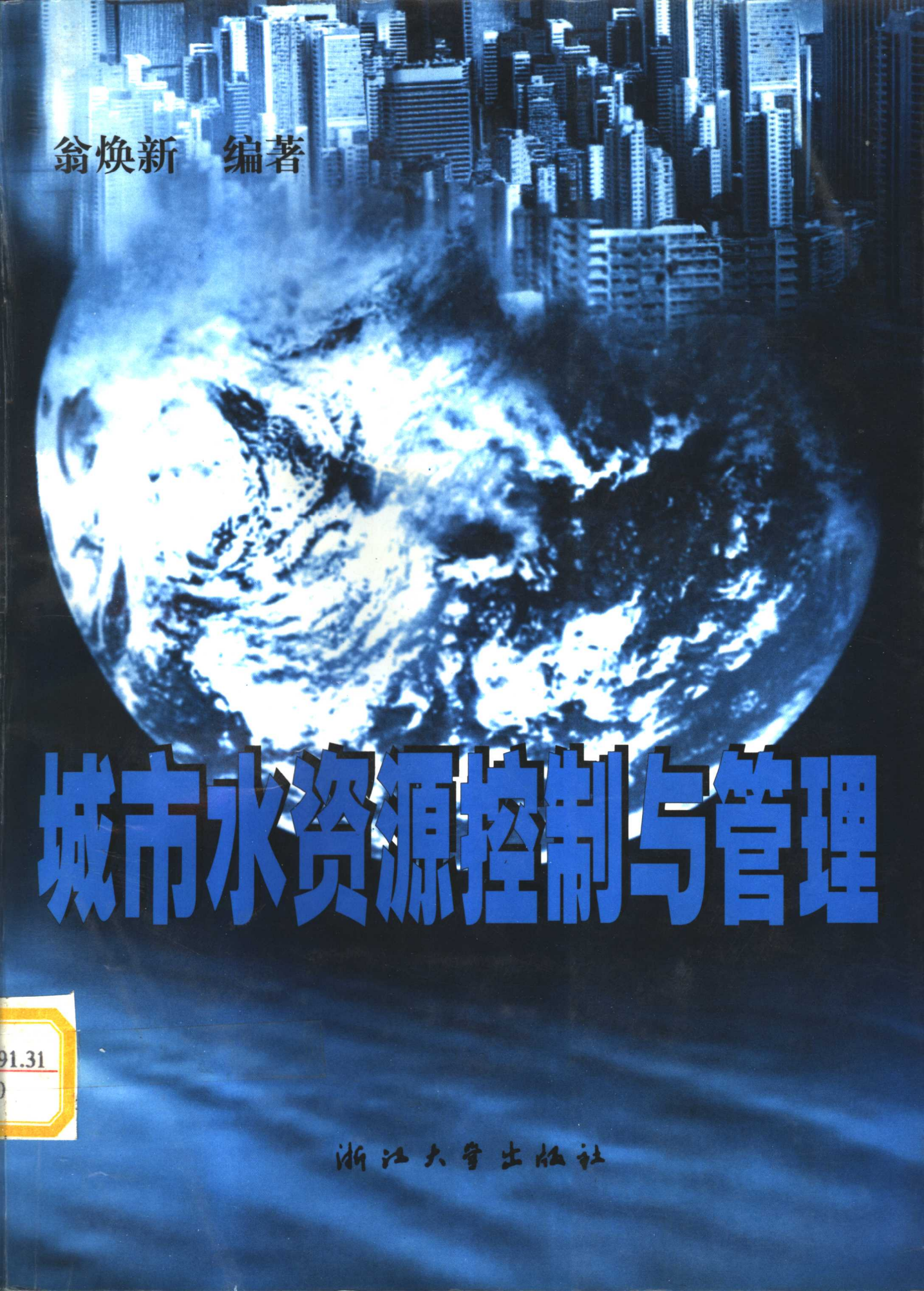




翁焕新 编著

城市水资源控制与管理

91.31

浙江大学出版社

1000376

城市水资源控制与管理

翁焕新 编著

浙江大学出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了城市水资源的控制方法和管理技术。全书除绪论外,共分七章。第一章分析了人类所面临的水资源现状;第二、三章介绍了城市水资源评价和城市用水供需平衡分析;第四、五、六章综述了城市水污染的作用途径和类型及其综合防治的规划,并且全面介绍了城市废污水处理的各种技术与方法;第七章提出了城市水资源管理的对策和措施,同时深入浅出地介绍了相应的支撑技术。

本书以体系简明清晰,多学科交叉,理论、应用、方法并重和相互融合为特色,内容新颖翔实,不仅反映了当前国内的研究状况,而且包容了国外的一些研究成果。它除了可供大专院校有关专业作为教材外,对从事环境科学的技术人员和各层次的领导管理人员,也有较好的参考价值。

城市水资源控制与管理

翁焕新 编著

责任编辑 徐宝澍

*

浙江大学出版社出版

(杭州玉古路 20 号 邮政编码 310027)

(Email: zupress@public1.hz.zj.cn)

浙江大学出版社电脑排版中心排版

浙江省煤田地质局制图印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

*

787×1092 16 开 17 印张 432 千字

1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月第 1 次印刷

印数 001--500

ISBN 7-308-02020-7/X·004 定价:17.00 元

目 录

绪论	1
一、水资源的基本特征	2
二、城市水资源控制技术	5
三、城市水资源问题的对策	7
第一章 人类面临的水资源	10
第一节 天然水的分布与循环	10
一、水的储量与分布	10
二、水的循环与化学组成	13
第二节 中国水资源状况	18
一、大气降水和水系分配	18
二、地表水的活动性与河流的年际变化	22
三、近百年地表水体的演变	26
四、人类活动对陆地水源的影响	29
五、中国水资源优势分析	32
第三节 城市化与城市水环境系统	33
一、高速城市化的环境问题	33
二、城市水环境系统	35
三、城市化对水资源的影响	36
第二章 城市水资源评价	43
第一节 地表水资源评价	43
一、年降雨量分析	43
二、年径流量分析	44
三、分区和可利用地表水资源估算	45
第二节 地下水资源评价	46
一、地下水资源评价要求	46
二、地下水资源的特点	47
三、地下水资源的分类	50
四、地下水资源评价方法	52
第三节 污水资源评价	58
一、城市污水量大的原因	58
二、城市污水量调查和分析	61
三、城市污水量预测	63
第三章 城市用水和供需平衡分析	69
第一节 城市用水估算	69

一、城市生活用水预测·····	69
二、城市工业用水预测·····	72
三、城市环境用水估算·····	76
第二节 城市供水预测·····	77
一、城市集中供水的多方法预测·····	77
二、城市自备水源增长估计·····	78
第三节 城市水资源供需平衡分析·····	79
一、水资源供需平衡分析原则·····	79
二、供需平衡分区和时段划分·····	81
三、供需平衡分析·····	82
第四节 水资源供需平衡中的系统分析·····	84
一、水资源系统分析概念·····	84
二、系统分析的数学方法·····	84
三、水资源系统分析的应用范围·····	86
第四章 城市水污染与环境水文问题·····	88
第一节 城市水污染的作用过程·····	89
一、城市水污染源·····	89
二、水污染作用过程·····	94
第二节 城市水污染类型·····	96
一、病原微生物污染·····	96
二、需氧有机物污染·····	97
三、富营养化污染·····	99
四、水质黑臭·····	101
五、酸、碱、盐污染·····	102
六、毒污染·····	102
七、地面径流污染·····	108
八、地下水硬度升高·····	110
九、油污染·····	112
十、热污染·····	112
十一、放射性水污染·····	113
十二、酸雨·····	114
第三节 与地下水有关的环境问题·····	115
一、地下水持续下降与水源枯竭·····	115
二、地面沉降与塌陷·····	116
三、海水入侵·····	117
四、地下水水质恶化和地下水污染·····	118
第五章 水污染防治规划与污水资源化·····	121
第一节 水污染综合防治规划的制定·····	121
第二节 城市污水处理系统规划·····	124
一、城市排水系统优化规划·····	124

二、城市污水处理厂规划与设计	135
第三节 工业节水规划	139
第四节 城市污水资源化	142
一、中国水资源的利用水平	142
二、城市污水回用	144
三、城市污水回用方式	148
四、废水再用的经济合理性	150
第六章 城市废污水处理	153
第一节 城市污水与工业废水合并处理	153
一、合并处理的优越性	153
二、工业废水排放的控制	155
三、合并处理的工艺选择与管理	159
第二节 不同级别的污水处理	164
一、污水的一级处理	165
二、污水的二级处理	172
三、污水的三级处理	182
第三节 废水的土地处理系统	191
一、生物氧化塘	192
二、土地处理技术分类	193
三、土地处理的净化效果	196
第四节 污泥处理	197
一、污泥的特性	197
二、污泥处理方法	198
三、污泥最终处理	204
第七章 城市水资源管理和技术支持	207
第一节 水资源管理对策和措施	207
一、水资源的管理对策	207
二、水资源的管理措施	209
第二节 水环境监测技术	214
一、水环境监测的指标	215
二、水环境监测的采样方法	216
三、样品分析测试和质控	224
第三节 水环境质量评价方法	224
一、水质评价	225
二、底质评价	228
三、生物评价	229
四、地下水质量评价	231
第四节 水环境容量及其利用	233
一、水环境容量的基本概念	233
二、水环境容量的计算	235

三、水环境容量的利用	238
第五节 水质模型在水资源管理中的应用.....	239
一、水质模型的建立	240
二、水质管理问题	241
三、模型在水质预报中的应用	247
附录.....	251
主要参考文献.....	262

绪 论

水是一种极其重要的资源,它是农业的命脉、工业的血液,又是地球上一切生物赖以生存而不可替代的重要物质条件,也是城市形成、发展和生存的重要条件。

人类文明的发展,城市的兴建都与水有着不可分割的联系,世界上几乎没有一个文明发源地不是傍依河湖,并依靠必要的可供水源而发展起来的,中国的黄河、埃及的尼罗河和印度的恒河等曾孕育了人类早期的伟大文明。因此,可以说,没有水就没有人类的文明,就没有城市。

从世界范围来看,产业革命以后,工业迅速发展,人口流向城市,结果造成许多大城市的用水发生了困难。20 世纪中期,许多国家的城市发生了水荒,并由于水污染而引起公害,从此,水资源问题受到了全球的重视。1973 年,在联合国“人类环境会议”上,水荒和水污染问题被提到比任何其它问题更为突出的地位,会议指出:“遍及世界的许多地区,由于工业的膨胀和每人消费的提高,需水量已增加到超过天然来源水量的境地。地下水枯竭,而且受到污染。为不断增长的人口和膨胀的工业提供适当清洁的水,已是许多国家一个技术、经济和政治上的复杂问题。”因此,水资源已成为当今制约城市发展的重要因素。

表 1 人口、生产、资源等发展对于环境的影响

	地上环境				大气环境				水环境			
	全 球	地 区	局部地区		全 球	地 区	局部地区		全 球	地 区	局部地区	
			城市	农村			城市	农村			城市	农村
人 口			×	×							×	
国民生产总值		×	×		×		×			×	×	
气 候									×	×	×	×
技 术												
农业与粮食	×	×		×	×			×		×	×	×
渔业与海洋开发									×	×	×	×
森林开发	×	×		×	×		×			×	×	×
水资源开发与管理								×		×	×	×
能源开发		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
非燃料矿物开发										×	×	×

注:有 × 号表示有影响;无 × 号表示无影响或影响尚不明确。地区表示一洲或几国;局部地区表示一国、一个次大陆或更小地区。

根据科学家的推测,21 世纪,由于人口、国民生产、资源开发等方面的增长与发展,对于地

上环境、大气环境和水环境的各种范围,都将产生明显的影响(表I),而在各个领域的发展开发过程中,水环境所受到的影响最为显著,除了新技术的发展对水环境的影响尚不明确外,其它各个领域的发展,都对城市的水环境有影响。

对于我国的水资源问题,不仅要考虑 21 世纪将会出现什么样的局面,而且更为紧迫的是目前已出现的许多征兆说明,水资源问题已经急待解决。例如,全国河流因大量排入污水而受到污染,使得有 23.3% 的河段不宜灌溉;符合饮用水、渔业用水标准的只占 14.1%,特别是北方的一些河流,流域内人口集中、工业发达,排入的污水量大,河流水量又较南方河流小,而且年径流量变化幅度大,在枯水期,主干流水质甚至已降到不能利用的程度。南方的河流水量虽然较大,但一些大城市附近的河段,已出现局部的水污染,有些河段污染已相当严重,像上海黄浦江 1977 年以前江水每年发臭天数为 20 ~ 58 天,近年已达到 150 天以上。不少城市水源不足,供水紧张,据 10 年前调查,全国 236 个城市,共计每天缺水 $1.24 \times 10^7 \text{t}$,为全国日供水能力的 12.5%。浙江舟山 1995 年的干旱使当地池塘干涸,河水断流,水库几乎无水可供,只好从长江口装运淡水,每立方米水成本达 16 元,并对居民实行限量定时供水。据专家预测,到 2000 年,我国总供水能力缺口将达 $5.0 \times 10^{10} \text{m}^3$ 。地下水,特别是城市地下水源污染比较严重,据调查的 47 个以地下水为主要水源的城市,有 43 个城市的地下水受到不同程度的污染,由于开发利用水资源不合理,特别是超量开采,许多城市的地下水水位出现了大面积的下降。例如北京地下水位累计下降 12.5m,降落漏斗面积达 1000km^2 ,同时引起严重的地面沉降,东郊八里庄一带地面下沉累计已达 532mm,平均下降速率为 31mm/a;天津地下水位下降漏斗面积已达 2000km^2 ,漏斗中心的水位降低至海平面以下 63 ~ 87m,地面沉降自 1959 年以来,累计已达 2040mm,年沉降量最大达 216mm。另外,上海、石家庄、保定、邯郸、唐山、温州以及山东寿光、掖县、黄县、蓬莱、崂山等沿海地区,都发现大面积地下水位下降,其中有些地方也出现了地面下降。以上有关城市供水不足和水质恶化的状况,足以说明城市水资源问题已经是一个必须积极认真对待并采取有效对策解决的问题,更是未来人类面临的最严峻挑战之一。

一、水资源的基本特征

自然界的水分不仅受地球引力作用沿着地壳倾斜方向流动,而且由于水在太阳热力作用下发生形态变化,蒸发的水分随着气流运行,遇冷凝结成云,或以降水形式到达地表,地表水又重新蒸发、凝结、降落,这种过程形成了水分循环,参加水分循环的水量被称为水的动储量,也就是通常所说的“水资源”。

水资源可以理解为人类在长期的生活、生产过程中各种需水的基本来源,它包括量和质两方面的意义。从广义上讲,凡是对人类有直接或间接使用价值,能作为生产资料或生活资料的天然水体,都可以称之为水资源,这种广义的水资源把地表水、地下水和土壤水视为一个整体,考虑到工程措施和生物措施两种用水方式,常用“大气降水”,即降水量来表示广义水资源的数量。从狭义上讲,凡是人类能够直接使用的水,具体的是指水在循环过程中,降落到地面形成径流,流入江河,存留在湖泊中的地表水和渗入地下的地下水,都称为狭义的水资源,一般用河川径流量来表示狭义水资源的数量。人们用来满足生活用水、工业用水、农业用水的这部分水资源的多少,直接受降水量的影响。

水是一种可以再生的资源,但它的数量是有限的。水具有许多自然特性(表 II)和独特的功能,只有充分认识水资源的特点,才能有效和合理地利用它。水资源具有以下的基本特征:

表 I 液态水一些异常物理性质

性质	同其它物质比较	在物理的环境和生物环境中的重要作用
热容量	所有固体和液体中最高 (NH ₃ 除外)	能防止温度变化范围过大;水体运动所产生热输送量很大;能使体温趋于均一
熔解潜热	最大(NH ₃ 除外)	由于吸收,放出潜热,能使在冰点有恒温作用
蒸发潜热	所有物质中最高	巨大的蒸发潜热对大气层中的热与水的输送起了重要作用
热膨胀	最高密度的温度随盐度的增加而下降,纯水是在 4℃	淡水和稀海水中的最高密度的温度在冰点之上,这个性质在控制湖泊中的温度分布和垂直循环中起重要作用
表面张力	所有液体中最高	在细胞生理学中很重要,控制某些表面现象和水滴的形成与行为
溶解能力	一般地说比其它液体能溶解较多物质并有较大溶解度	与物理和生物现象有显著的联系
介电常数	所有液体中纯水最高	对于无机溶解物的行为有头等重要性,因为能造成高度的电离
电离度	很小	为中性物质,但既有 H ⁺ ,也含有 OH ⁻ 离子
透明度	相当地大	对红外与紫外部分的辐射能的吸收大,对能谱的可见光部分的选择性吸收比较小,因此,水是“无色”的,具有特征性的吸收在物理和生物现象中是重要的。
热传导	所有液体中最高	虽然在小尺度范围内有其重要性,如在活细胞中,但分子热传导过程远不如涡动热传导过程的剧烈。

引自[美]R. A. 霍思著.《海洋化学》(水的结构与水圈的化学)科学出版社 1976 年

1. 循环性和有限性

地球表面约有 70% 以上被水所覆盖,总水量约为 $1.386 \times 10^{18} \text{m}^3$,虽然地球素有“水的行星”之称,但是,全世界整个陆地上的淡水储量仅为 $3.5 \times 10^{16} \text{m}^3$,只占全球水总储量的 2.53%。由于开发困难或技术经济的限制,到目前为止,比较容易开发利用,对人类生活和生产关系密切的淡水储量为 $4.0 \times 10^{15} \text{m}^3$,仅占淡水的 11%。为什么水资源经过长期的天然消耗和人类取用而不见减少?这是由于地表和地下的各种淡水水体均处在水循环系统中,并能不断地得到大气水的补给。

从水循环的大规模流动的主要路径可以知道,大陆与海洋之间的降水分配是不均匀的,陆地表面接受 $1.111 \times 10^{14} \text{m}^3$,海洋表面接受 $3.85 \times 10^{14} \text{m}^3$ 。陆地接受的降水量虽然大于蒸发所损失的水量,但是,大部分降水形成径流从地上或地下流到海洋,因此,陆地上各种水体的补给源是有限的。全球陆地平均年降水量为 $1.19 \times 10^{14} \text{m}^3$,只占淡水储量的 0.34%。如果把降雨量定为广义的水资源数量,那么陆地降水量 $1.19 \times 10^{14} \text{m}^3$ 就是人类世界各种消耗用水量的极限。但实际上,由于种种原因,人类各种消耗用水量远远不能达到这个数字。在陆地水分循环过程中,成为径流回归海洋的这部分水叫无效水,因为它并不增加陆地的水分,而仅对大河下游的水量产生影响。

我国平均每年降水约 $6.0 \times 10^{12} \text{m}^3$,其中 56%,即 $3.4 \times 10^{12} \text{m}^3$ 通过土壤蒸发和植物蒸腾

又回到大气中,余下的 44%,即 $2.6 \times 10^{12} \text{m}^3$ 通过江河流入海洋或消失在沙漠里,这 $2.6 \times 10^{12} \text{m}^3$ 的水就是我国总的水资源。水资源的循环性和有限性决定了水资源并不是取之不尽、用之不竭的,它只能在一定的数量限度内,才是可以不断取用的。

2. 分布的不均匀性

· 水资源的分布在空间和时间上表现为明显的不均匀性。

在地球表面和接近地球表面的各类水体的总和中,存在于陆地河流与湖泊中的水不到 0.5%,绝大部分,即大约 80% 存在于大洋和浅海中,其余的主要储藏于海洋沉积物中,海洋沉积物孔隙水的体积占世界海洋水体的 23%。根据海洋和陆地水体的各项水量参数,可以了解到水量在全球的地理分布上是极不均匀的。陆地上的降水量比蒸发量超出 $3.9 \times 10^{13} \text{m}^3$,这一部分水量正好通过河川径流,平衡了海洋由于蒸发而亏损的水量。由于北半球有 50% 的陆地面积,而南半球只有 25% 的陆地面积,因此,各大陆间的水量收支差别也很大。非洲和南极洲极端干旱,径流深分别只有 114mm 和 141mm;南美洲非常多水,径流深 618mm;欧洲、亚洲、澳洲和北美洲具有相似的径流强度,径流深在 282 ~ 242mm 之间。事实上,陆地大约有 22% 的面积为内流区,在整个内流区的降水量只占陆地总降水量的 8% 以下,这些地区极其干旱,水资源缺乏。

世界各国水资源总量是 $4.7 \times 10^{13} \text{m}^3$,我国仅占 5% 左右,比巴西、俄罗斯、加拿大、美国、印尼等国都少,居世界第六位;可是我国人均占水量为 $2.67 \times 10^3 \text{m}^3$,只相当于美国人均水量的五分之一,是世界人口平均水资源占有量的四分之一,为世界上水资源占有量少的国家之一。在我国,水资源的分布呈显出东南向西北减少的趋势,东部和南部因受东南季风和西南季风的影响,降水丰沛,径流量大,其中台湾山地年径流深高达 2000 ~ 4000mm;西北部降水稀少,蒸发强烈,径流贫乏,如内蒙古高原西部地表径流在 25mm 以下,沙漠地区甚至不足 5mm。

水资源的时间分布是指同一地点,不同时间年降水量的分布过程,它包含两项内容:一是历年之间的分布,称为“年际分配”;二是一年之内逐月、逐日或逐时的分布,称为“年内分配”。根据对杭州地区 1951 年至 1980 年 30 年来历年年平均气温和降雨量的变化情况,以及与 30 年平均值的偏离程度的研究显示,1954 年和 1973 年降雨量明显大于多年平均量,而 1967 年和 1978 年为少雨年份,年降雨量只占多年平均降雨量的 68% 左右。杭州地区 30 年来历年月平均降雨量反映出一年中降雨量的分布,主要集中在四月至九月,呈双峰型,约占全年降雨量的 70% ~ 80%。由此可见,水资源在时间分配上也是很不均匀的。

3. 用途的广泛性和不可代替性

水资源既是生活资料又是生产资料。当今世界工、农业用水量占人类社会总耗水量的 80% 以上,其中农业用水量最大,而工业用水一般占城市用水量的 80% 以上。用水分为两类:一类是耗损性用水,如工业、农业、生活供水,需要消耗或污染大量的水;另一类是非耗损性用水,如水电、航运、渔业、旅游业等,要求保持一定的水位和流量,但其消耗的水量是很少的。

水不仅是自然界生命起源的必要条件之一,而且在其生命过程中同样离不开水,因此,水是生命的摇篮,是一切生物的基础。任何生物体的大部分都是由水组成的,哺乳动物含水量为 60% ~ 80%,成人体内含水量占体重的 66%,植物含水量为 75% ~ 90%。根据生物学家估算,栖居于地球上的全部动植物和 40 亿人口体内含有的水分达 $1.12 \times 10^{12} \text{t}$ 。因此,水在维持人类生存和生态环境方面是不可代替的,它是比石油、天然气、煤更加宝贵的自然资源。

4. 经济上的两重性

水在太阳热力作用下形成巨大的循环系统,并携带着来自自然界和人类活动所产生的各

种物质进行迁移和转化。这样,一方面影响着地貌形态、气候干湿和自然景观的形成与变化,从而影响着人类环境的区域分异和动态变化;另一方面水作为能源、生产原料和生活资源,影响着社会财富的创造和生活质量。因此,自然界水量的地理分布、时间变化和水质的优劣,直接或间接地影响着人类的生存和生产活动,它会给人类带来幸福和快乐,也会给人类造成巨大的灾难和恶果。

当一个地区的降雨适时适量时,出现的是风调雨顺的丰收年景;在水量过多或过少的时间或地区,往往会出现洪、涝、旱、碱等自然灾害。当水资源保护和开发利用不当时,也会引起人为的灾害,造成经济的巨大损失,如水质污染、水体富营养化、环境恶化、土壤次生盐碱化、地面下沉、垮坝事故和地震等,因此,在综合开发和利用水资源时,还应该对其加以保护,以达到兴利和除害的双重目的。

5. 地表水与地下水的相互转化性

地表水与地下水是密切相关而且可以互相转化的,降水可以通过渗透作用补给地下水,而一部分地下水又可以进入地表的河川径流。当地下水过量开采利用,而降雨补给又不足时,必然导致河川径流和泉水流量的减少。

二、城市水资源控制技术

随着世界人口的不断增长和工农业的飞速发展,一方面,对水资源的需要量与日俱增。另一方面,水环境又遭受不同程度的污染,再加上地区性的水资源分布不均匀和周期性干旱,水资源紧缺将成为全世界的主要危机。据估计,21 世纪初全球总需水量达 $7.0 \times 10^{12} \text{m}^3$,比 1990 年需水量增加 $3.0 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。目前,我国 640 多个城市中有 300 多个城市缺水,其中 108 个城市严重缺水,年缺水量达 $5.0 \times 10^9 \text{m}^3$,预测到 2000 年将缺水 $5.0 \times 10^{10} \text{m}^3$ 。

水是人类最根本的需要,也是国民经济是否能持续、稳定、协调发展的基础。水既是有限的和不可替代的资源,又是可以再生利用的资源,而再生利用的关键是对水环境污染必须进行较彻底的治理。

在工业还不发达的时期,排入水体的总污染量较小,水资源尚未充分利用,因此,污染物能被水体稀释自净。当人类进入 20 世纪以来,工业发达国家首先意识到,水资源遭受污染对人类生存环境所带来的巨大危害,并开始逐步发展污水处理技术,对城市污水和工业废水进行不同程度的处理,然后再排入河道,使水体加速恢复洁净,成为河道下游地区可利用的水资源。到了 60 年代,不少水资源紧张地区,将二级处理出水再进行不同程度的三级处理,来补充不同用途的水资源。我们必须清醒地认识到,在走向未来的时代,利用水体稀释自净来解决水污染已是一个不可能实现的幻想,解决水环境污染的方法,只能立足于处理、再生、回用、循环、回收和更新。

水是城市生存和发展的根本,保护水资源,防治水污染,是当今世界性的问题,更是加速我国城市水污染防治进程,促进水资源的合理开发利用,以推动城市建设和经济发展所面临的当务之急。

1. 城市污水处理的现状

对于传统的城市污水处理,国内外在污水一级处理方面的发展,主要表现在设备的机械化与自动化程度的提高,为了减轻二级处理的污染负荷量,选用生物絮凝或化学絮凝强化一级处理的污水处理厂逐渐增多。

污水二级处理仍然以生物化学法为主体,除单独用普通活性污泥法和生物膜法外,为了降

低运行费用,提高出水水质,减少基建费用,还进行了各种处理方法的工艺组合,如两段活性污泥法,把活性污泥法与生物膜法结合在一起等技术已在国外普通采用,国内也开始应用。

随着水体质量要求的提高,各国土地问题日趋紧张,物理化学法得到较快的发展。物理化学法与活性污泥法相比,具有处理厂占地少,去除有机物、磷、重金属、色度等效果好,以及节省能源、便于自动化管理等特点。美国较早开始研究用物理化学法代替生物化学法;瑞士建了几十座物理化学污水处理厂;挪威自 1970 年起已建成 40 多座无生物化学处理的污水处理厂,奥斯陆 1982 年建成一座 $4.8\text{m}^3/\text{s}$ 的污水处理厂,采用了格栅 → 沉砂 → 絮凝 → 沉淀 → 出水的工艺流程,除磷率在 90% 以上,保证了较高的出水水质。

我国城市污水处理的历史始于 1921 年,但提到议事日程上来,只是近十几年的事。根据 1985 年的统计,我国城市排水与污水处理设施的完善程度还相当低(表 III)。到 1990 年,我国已有城市污水处理厂超过 100 座,其中一级处理占 30%,二级处理占 70%。预计到 2000 年,我国每年将有 $(8.0 \sim 9.0) \times 10^{10}\text{m}^3$ 的城市污水排放量,因此,城市污水处理的任务是十分艰巨的。

表 III 我国不同类型城市排水和污水处理设施主要指标

城市类型	座数	城市人口数 (10^4 人)	城市污水总量 ($10^4\text{m}^3/\text{d}$)	人均下水道长度 (m/人)	下水道服务面积普及率 %	污水处理率 %		
						一级	二级	合计
特大城市	21	4650	2631	0.31	60.7	2.29	2.19	4.48
大城市	31	2291	1269	0.24	51	1.05	0.59	1.64
中等城市	94	2897	1446	0.25	51	0.23	0.36	0.59
小城市	178	1987	1005	0.23	44.2	0.45	0.25	0.7
总计或平均	324	11825	6351	0.27	52.8	1.28	1.15	2.43

注:1985 年统计

在 60 ~ 70 年代间,世界上经济发达的国家兴建了大量的城市污水处理厂,平均 5000 ~ 10000 人一座,主要技术措施是普及二级生物处理。总结各国城市污水治理的主要经验是:

- 1) 完善下水道,兴建污水处理厂,普及生物处理。
- 2) 提倡工业废水和城市污水合并处理。
- 3) 以河道水系为单位,进行综合治理。
- 4) 保证建设投资。
- 5) 收取排污费和污水处理费。
- 6) 制订有关的水质标准。

近年来,随着对环境质量要求的不断增高,对二级生物化学处理后的污水进行三级处理,以除去水中残留的有机物,使污水成为新的水资源,一般采用的技术措施为混凝沉淀、快滤、消毒等,也有少数采用臭氧、活性炭或生物炭等技术。目前,经过不同程度处理的污水主要用于灌溉、工业冷却水、锅炉用循环冷却水、娱乐用水、生活用水等,污水处理厂配备了各种自动检测设备、记录储存装置和控制装置,不少已经采用计算机管理。

2. 污水处理技术的发展趋势

污水处理技术具有很强的综合性,随着科学技术的发展,不少传统的处理方法得到更新,并在实践中不断完善和发展。国内外的权威专家共同认为,城市污水的排放系统发展至今已进

入了第三代,第一代为排放型,即由散流、漫流、自然蒸发、渗入或汇流入天然水体,经过人工精心设计和施工,成为明沟或暗沟和暗管式排水道,把污水汇流后排入不影响人们生活的地方或水体;第二代为处理排放型,即在第一代排水系统中的适当部位,建设污水处理设施,使污水经过处理后再排放;第三代为资源型,是在第一、二代排水系统的基础上,使排水系统成为一种自然资源再生和利用的新兴工业。

作为污水处理的研究方向,重点在于降低能源消耗,改善出水水质,减少污泥量,简化与缩小处理构筑物的体积,减少占地,降低基建与运行管理费用,改善管理条件等。生物工程在污水处理中的利用将是今后主要研究和探索的问题。

在污水处理技术的研究方面,开展了用磁力分离法、离心分离法、膜过滤法等改善沉淀性能的研究;研究节能型的高效曝气器及鼓风装置;生物遗传工程的利用,改善有用菌种,建立生物银行,培养、生产、储存、销售大量的特种菌类,如以伦敦为基地的国际生物化学公司,已在实验室中储存了数千种菌种;进一步研究利用生物法一次去除 BOD、N、P 等污染物;研究生物性检测手段,以及研究活性污泥法中污泥膨胀的原因与控制等方法。

在污泥处理技术的研究方面,开展了新的浓缩方法,污泥资源化和提高消化率的技术等研究。污水污泥的处理与处置一直是一个麻烦的问题,美国学者狄克博士认为,应加强泥饼压缩过滤过程中污泥压缩强度和污泥渗透性能的研究,研究污泥的流变学,尽可能弄清污泥的沉降性能和脱水性能,以便对污泥的利用。美国西雅图中心在最近五年的计划中,对 65% 的污泥用作造林,25% 进行土壤改良,10% 与锯末混合,用于堆肥,这样既利用了污泥的肥效,又降低了费用,将使污泥得到理想的最终处置。

3. 城市水环境治理的方法

对于城市水环境的治理,根据国内外多年的经验,应科学地实行单项治理与综合治理、分散处理与集中处理相结合的方针来进行。实践证明,仅仅进行单项治理虽然能使水质得到一定程度的改善,但毕竟不是有效解决水污染控制的根本途径。当水污染发展到一定程度和扩散到一定范围时,单项治理就不行了,而且,单项治理费用大,收效小,水污染控制达不到预期的效果。综合治理对于防治水污染的效果明显,因此,应该尽快从以单项治理为主的阶段进入综合防治的阶段,同时要发挥单项治理针对性强、灵活性大等特点,将单项治理与综合治理有机地结合起来。

城市污水应尽量采用集中处理的方式,对于接近城市污水排输管道的工厂企业,其废水符合污水管道排放标准,或者进行规定的预处理符合排放标准后,排入污水管道,送到城市污水处理厂集中处理,一般可以节省工厂企业分散处理设施建设投资的 25%,节省运行费用 50%。另外,集中处理在技术上、经济上和管理上都有许多优点,是解决城市水污染问题既经济又有效的途径。

对于位置较分散、独立性强、废水不便排入城市排水系统的工厂企业,应建立独立的处理厂。为了避免长距离的输运管线,节省中间泵站,便于出水就地利用,还应根据城市布局适当建立中小型污水处理厂。总之,在实际工作中应切实贯彻全面规划、同步发展、因地制宜、合理设计、发展再用和提高效益的方针,促进水污染治理的进程和充分地开发利用城市水资源。

三、城市水资源问题的对策

面对我国一方面水资源短缺且又严重污染,另一方面管理不善而浪费较大的实际状况,为了使水资源与社会可持续发展相协调,根据国内外在水环境保护方面的经验和教训,对于城

市水资源问题,我们的主要对策是:

1) 正视我国水资源较少和水污染又在不断加剧的现实,明确在水资源管理上的不足,精确地计算各区域内水资源的数量和收支平衡,确定各类水体的质量,只有了解区域内水资源的数量和质量,以及计算了水量平衡之后,才能使决策与管理做到有的放矢,才能采取各种有效的措施,使一个地区的供水和用水达到平衡。

2) 增加储量,防治污染,拦截径流,回灌地下水。水是一种在环境中流动的资源,水作为资源的形式,与其它矿物资源不同,只能将“有源之水”计入作为水资源的量,增加水资源储量可以采用尽可能延缓地表径流流出本地区的时间,多建造水库、池塘、储水池等措施,另外,城市的人工地面尽量建造成能渗入地表径流的地面,或者建造渗入设施,充分利用土地的天然渗滤功能来增加地下水储量,在增加渗滤的地下水时,应注意防治地下水受污染,即在回渗和回灌地下水体时不能排入污染物。

3) 分类供水,重复利用水资源,即在城镇和工矿企业中根据需和相应的水质,装备不同的供水系统,并配合采用适当的处理设施,重复利用水资源。由于分类供水和重复利用水资源的措施,因条件的不同,基本投资和运行费用,以及经济和环境上的得失有很大差异,所以,必须通过具体的技术经济分析来作出正确的判断。

4) 截断污染源,保护水体。首先截断对水环境有严重危害的污染源,是当前控制水环境污染的一项极为重要的对策。根据污染物对生态环境危害的性质,可以将污染物分为对人类和生态环境有严重危害,并在环境中不易降解的第一类污染物和虽然对于人类和生物并无毒性,但能使水的质量下降的第二类污染物,严格地控制第一类污染物进入水体,对于保护水资源具有极为重要的意义。为了有效地控制污染物对水体质量的影响,可以采用总量计罚,稀释增费等各项经济措施。

5) 有害废弃物专门负责,安全处置。废弃物可以分为一般废弃物和危险废弃物,危险废弃物主要来自工业排放物,它们一旦进入水体,一部分便成为第一类水污染物质。因此,对于废弃物必须进行安全的处理和处置,或者将废弃物无害化之后送入环境物质的循环之中,或者将不能完全无害化的有潜在危害的废弃物安置在安全场所,将其隔离在人类近环境的物质循环之外。

6) 上游、下游统筹安排,在对水资源进行数量和质量计价时,各行各业协力节约水资源。一个水系各支流的上游,主要的水体保护对象是水源的水质和水源储库的水质;中游主要的保护对象是各干支流的水量和水质;下游和沿海地区主要保护对象是河口、沿岸淡化带和海湾的水质。如何能使上、中和下游全流域都有保护全局环境的观点,各自主动地保护好自己应该重点保护的水体对象呢?除了要求有一个适于统筹管理全流域水资源的体制外,还可以在缺水的流域和污染严重的河川,实行按输入输出水量水质综合计价的办法,这对于保护全流域水环境和节约水资源具有明显的效果。

7) 重在管理和综合治理。对于水资源的浪费和水资源利用的不合理部分,可以通过科学管理来加以消除。我国经济还不很发达,由于资金缺乏,国家近期不可能拿出很多钱来治理环境,通过强化环境管理,可以不花钱或少花钱,就能解决许多水环境问题。综合治理包括积极研究不排污或少排污的工艺,采用不排污或少排污的原料;回收与综合利用中间产物和副产物;大力发展一水多用、重复利用、循环利用技术;采用经济有效的无害化技术,科学地利用环境容量和自净能力作为人工处理构筑物的补充和发展,对已污染的水体,进行治理和恢复,以及防止水土流失;进行水价改革,改变人们“因水廉而不知惜”的现状,使水价与其价值一致,促进

我国水利业进入生产经营的市场化阶段,在全社会真正形成节水、合理利用水资源的良好风气。

8) 预防为主。预防为主的基本思想就是通过采取有效的预防措施,来防止环境问题的产生,把环境污染控制在环境容量允许的范围,使生态系统处于相对平衡的状态,以及保护社会物质财富和人体健康在容许的限度之内。世界上几乎所有发达国家,在他们大力发展经济的过程中,都曾因忽视了环境保护而出现严重的环境问题,目前,这些国家虽然对当年出现的严重环境问题有所解决,环境质量有所改善,但是,他们付出的代价是十分巨大的,因此,我们决不能重蹈他们“先污染后治理”的老路。

为了防止新的污染源和新污染物的潜在污染危害,应该制定好防治污染的区域规划,制定适合我国国情的环境影响报告的各项制度;应该注意预防那些量大、面广、毒性强、难分解、易积累的污染物(或能量)进入水环境,要特别注意防止重金属和难分解的人工合成有机毒物的危害。

第一章 人类面临的水资源

地球堪称为水的行星,它的表面 70% 以上被水所覆盖。地球上的海洋、河流、冰川、湖泊、大气水、生物水、土壤水和地下水,在地球表面形成一个不连续的水壳,即所谓的水圈。水圈的上界就是地表水的顶面,与地球的表面基本符合;水圈的下界比较复杂,大致接近地下水的底面。根据水的临界温度和地热增温率推算,在相对稳定的古老结晶地区,水圈的下界约为 35km;在有沉积岩覆盖的古老结晶岩地区为 20 ~ 25km;而在近代沉降地区和年轻的山地则为 15km 左右。水圈的结构如图 1-1 所示,水圈内的各类水之间永远处在相互作用和不断交换之中。

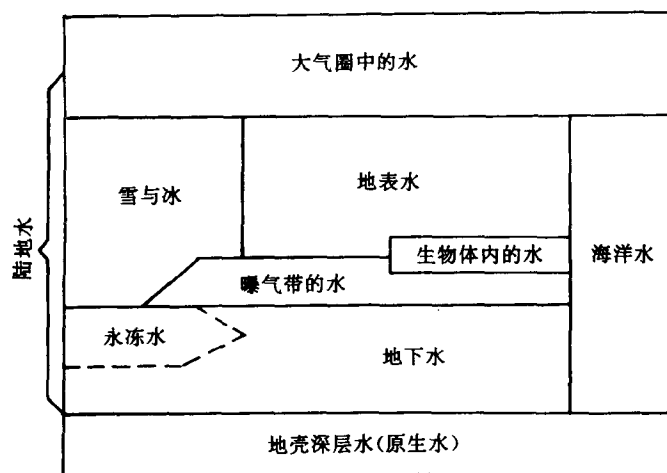


图 1-1 水圈的结构(据 R. A. Horne, 1978)

第一节 天然水的分布与循环

一、水的储量与分布

地球上的水储量为 $1.386 \times 10^{18} \text{m}^3$, 主要分布在海洋, 水量为 $1.338 \times 10^{18} \text{m}^3$, 占总水储量