



21世纪全国高职高专资源环境类规划教材

工程水文 与水资源评价管理

GONGCHENG SHUIWEN YU SHUIZIZIYUAN PINGJIA GUANLI

高建峰 主 编
丁 峰 朱岐武 副主编
陶月赞 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专资源环境类规划教材

工程水文与水资源评价管理

高建峰 主 编

丁 峰 朱岐武 副主编

储成流 张升堂 鲁业宏 参 编

陶月赞 主 审



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书为水文水资源专业、水利工程专业、农业水利专业、环境工程专业和道路桥梁专业的通用教材,全书共分12章,主要讲述了水文学基础、水文测验、水文计算、设计洪水计算、水资源评价、建设项目水资源论证和水资源管理等内容。本教材一方面充分反映工程水文和水资源评价的新理论和新方法,另一方面加强了实践性内容,注重培养学生独立分析和解决实际问题的能力。

本书适合高职高专教学使用,也可供上述相关专业的师生和工程技术人员实际工作和学习中参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程水文与水资源评价管理/高建峰主编. —北京:北京大学出版社, 2006.9
(21世纪全国高职高专资源环境类规划教材)
ISBN 7-301-09955-X

I. 工… II. 高… III. ①水文分析—高等学校:技术学校—教材 ②水文计算—高等学校:技术学校—教材 IV. P333

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第132701号

书 名: 工程水文与水资源评价管理

著作责任者: 高建峰 主编

责任编辑: 袁玉明 胡伟晔

标准书号: ISBN 7-301-09955-X/TV·0001

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126 出版部 62754962

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×980毫米 16开本 19.75印张 410千字

2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷

定 价: 34.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024; 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本教材是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等有关文件精神,遵循高职高专的教学特点而组织编写的。编写过程中注重教材内容的实用性,重点突出应用能力的培养,做到深入浅出、难易结合,同时也反映了近年来水文水资源专业的新技术、新方法和新内容。

全书共分 12 章,内容包括:绪论、河川径流的基本知识、水信息资料的收集、水文统计基础、年径流和多年平均输沙量的计算、设计洪水的分析计算、水资源区划、地表水资源计算与评价、地下水资源计算与评价、水资源总量计算及供需平衡分析、建设项目水资源论证、水资源管理概述。并选编了大量的实例和习题。

本教材在吸收有关教材精华的基础上,一方面充分反映工程水文和水资源评价的新理论和新方法;另一方面加强了实践性的内容。本教材符合高职高专教学特点,突出高职高专教育教学的特色。注重培养学生独立分析和解决实际问题的能力。

全书由高建峰担任主编,丁峰、朱岐武担任副主编。第 7 章、第 12 章由安徽水利水电职业技术学院储成流老师编写,第 2 章、第 3 章由山东科技大学张升堂老师编写,第 9 章、第 10 章由安徽水利水电职业技术学院鲁业宏老师编写,第 4 章、第 5 章由黄河水利职业技术学院朱岐武老师编写,第 8 章、第 11 章由安徽省水文局丁峰高级工程师编写,第 1 章、第 6 章由安徽水利水电职业技术学院高建峰老师编写。全书由高建峰负责修改和统稿,合肥工业大学陶月赞教授担任主审。

本教材在编写过程中还参考并引用了有关院校编写的教材和生产科研单位的技术文献资料,除部分已经列出外,其余未能一一注明,特此一并致谢。

我们恳切地希望各院校师生及水资源工程技术读者在使用过程中对本教材存在的缺点和错误随时提出批评和指正。

编 者

2006 年 7 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 人类面临的主要水问题	1
1.2 水资源概述	3
1.2.1 水资源的概念	3
1.2.2 世界水资源概况	4
1.2.3 我国水资源概况	5
1.2.4 我国水资源问题	6
1.3 水资源开发利用的工程措施	10
1.3.1 水利水电工程项目建设程序	10
1.3.2 工程水文在水利水电工程建设中的应用	13
1.4 水资源计算的任务与内容	15
1.4.1 水资源计算与评价的任务与内容	15
1.4.2 水资源计算与评价的基本方法	16
1.5 习题与思考题	17
第2章 河川径流的基本知识	18
2.1 水文循环及水量平衡	18
2.1.1 水文循环	18
2.1.2 水量平衡	19
2.2 河流与流域	21
2.2.1 河流及其特征	21
2.2.2 流域及其特征	23
2.3 降水	26
2.3.1 降雨的成因与分类	26
2.3.2 降雨资料的分析方法	28
2.4 蒸发与下渗	33
2.4.1 蒸发	33
2.4.2 下渗	34
2.5 径流	36
2.5.1 径流的形成过程	36

2.5.2	径流的表示方法和度量单位	38
2.6	习题与思考题	39
第3章	水信息资料的收集	40
3.1	水文站及水文站网	40
3.1.1	水文测站的任务和分类	40
3.1.2	水文测站的设立	40
3.1.3	水文站网及规划	41
3.1.4	水文站日常工作内容	42
3.2	降水与蒸发量的观测	42
3.2.1	降水量的观测	42
3.2.2	蒸发量的观测	43
3.3	水位观测与资料整理	45
3.3.1	水位观测	46
3.3.2	水位资料的整理	47
3.4	流量测验与资料整编	49
3.4.1	流量测验	49
3.4.2	流量资料的整编	53
3.5	泥沙测验与资料整理	56
3.5.1	泥沙的分类	57
3.5.2	泥沙的测验	57
3.5.3	泥沙资料的分析整理	60
3.6	水文调查和水文资料的收集	61
3.6.1	水文调查	61
3.6.2	水文资料的收集	62
3.7	习题与思考题	64
第4章	水文统计基础	65
4.1	概述	65
4.1.1	水文现象的统计规律	65
4.1.2	水文统计及其任务	65
4.2	概率的基本概念	66
4.2.1	概率	66
4.2.2	频率	67
4.3	随机变量及其概率分布	68
4.3.1	随机变量	68
4.3.2	随机变量的概率分布	69

4.3.3	几种常见的概率分布	71
4.4	统计参数的估算	74
4.4.1	样本估计总体	74
4.4.2	抽样误差	78
4.5	水文频率计算的适线法	79
4.5.1	经验频率	79
4.5.2	重现期	81
4.5.3	三个统计参数 ($\bar{x}$ 、 C_v 、 C_s) 对 P—III 型曲线的影响	82
4.5.4	适线法	84
4.6	相关分析	86
4.6.1	相关分析法的基本概念	86
4.6.2	相关的种类	87
4.6.3	简单直线相关的计算	87
4.7	习题与思考题	95
第 5 章	年径流和多年平均输沙量的计算	96
5.1	概述	96
5.1.1	年径流及其特征	96
5.1.2	影响年径流的因素	96
5.1.3	设计年径流计算的目的及任务	97
5.2	具有实测径流资料时设计年径流的分析计算	98
5.2.1	年径流资料的审查	98
5.2.2	设计的长期年、月径流量系列	99
5.2.3	设计代表年的年、月径流量计算	99
5.2.4	实际代表年的年、月径流量选取	103
5.3	缺乏实测径流资料时设计年径流量的分析计算	103
5.3.1	设计年径流量的推求	103
5.3.2	设计年径流年内分配的计算	106
5.4	枯水径流分析计算	106
5.4.1	概述	106
5.4.2	枯水径流的频率计算	107
5.4.3	缺乏实测径流资料时设计枯水径流的估算	109
5.4.4	日平均流量 (或水位) 历时曲线	110
5.5	河流多年平均输沙量的分析计算	111
5.5.1	影响河流输沙量的因素	111
5.5.2	多年平均年输沙量计算	112

5.6	习题与思考题	114
第 6 章	设计洪水的分析计算	116
6.1	设计洪水概述	116
6.1.1	洪水与设计洪水	116
6.1.2	设计标准	116
6.1.3	设计洪水计算的内容和途径	119
6.2	流量资料推求设计洪水	120
6.2.1	洪水资料的选择与审查	120
6.2.2	设计洪峰流量和洪量系列的频率计算	121
6.2.3	设计洪水流量过程线	129
6.3	由暴雨资料推求设计洪水	132
6.3.1	概述	132
6.3.2	设计暴雨的计算	133
6.3.3	设计净雨的推求	136
6.3.4	设计洪水过程线	141
6.4	小流域设计洪水估算	148
6.4.1	小流域设计洪水的特点	148
6.4.2	推理公式法计算设计洪峰流量	148
6.4.3	经验公式法	152
6.4.4	调查洪水法推求设计洪峰流量	153
6.5	设计洪水的其他问题	154
6.5.1	可能最大暴雨与可能最大洪水简介	154
6.5.2	经验单位线的分析推求	155
6.5.3	设计洪水的地区组成	158
6.5.4	分期设计洪水问题	160
6.6	习题与思考题	160
第 7 章	水资源区划	163
7.1	概述	163
7.2	水资源区划的原则与指标	163
7.2.1	水资源区划的原则	164
7.2.2	水资源区划的指标	164
7.3	水资源区划的方法	165
7.3.1	综合法	165
7.3.2	谱系群分析法	166

7.4 习题与思考题.....	171
第8章 地表水资源计算与评价.....	173
8.1 降水.....	173
8.1.1 降水量资料的代表性审查.....	173
8.1.2 降水量的分析计算.....	175
8.2 蒸发与干旱指数.....	178
8.2.1 水面蒸发资料的审查与分析.....	178
8.2.2 水面蒸发的分析计算.....	178
8.2.3 陆面蒸发量分析计算.....	179
8.2.4 干旱指数分析.....	179
8.3 地表水资源计算与评价.....	180
8.3.1 径流资料的处理和修正.....	180
8.3.2 地表水资源时空分布特征分析.....	180
8.3.3 入海及出入境水量分析.....	183
8.3.4 地表径流量的分析计算和评价.....	183
8.4 习题与思考题.....	183
第9章 地下水资源计算与评价.....	184
9.1 概述.....	184
9.1.1 地下水理化性质及其赋存.....	184
9.1.2 不同埋藏条件下的地下水.....	191
9.1.3 不同介质中的地下水.....	193
9.1.4 水资源计算评价需详细调查统计的基础资料.....	194
9.2 水文地质参数.....	194
9.2.1 给水度 μ	194
9.2.2 降雨入渗补给系数 α 的确定.....	196
9.2.3 灌溉入渗补给系数 β 、灌溉回归系数 β' 的确定.....	198
9.2.4 潜水蒸发系数 C	199
9.2.5 渠系渗漏补给系数 m 值.....	200
9.2.6 渗透系数 K 值.....	201
9.2.7 导水系数、弹性释水系数、压力传导系数及越流系数.....	201
9.2.8 缺乏有关资料地区水文地质参数的确定.....	201
9.3 平原区地下水资源量计算.....	202
9.3.1 补给量计算.....	202
9.3.2 地下水资源量.....	205
9.3.3 排泄量计算.....	206

9.3.4	浅层地下水蓄变量的计算方法	207
9.3.5	总补给量与总排泄量的平衡分析	208
9.4	山丘区地下水资源量计算	208
9.4.1	河川基流量计算	208
9.4.2	山前泉水出流量计算	210
9.4.3	山前侧向流出量计算	210
9.4.4	河床潜流量计算	211
9.4.5	浅层地下水实际开采量	211
9.4.6	潜水蒸发量计算	211
9.4.7	山丘区地下水资源量计算	211
9.5	北方地区多年平均地下水资源量的计算方法	212
9.6	南方地区地下水资源量的计算方法	212
9.6.1	平原区多年平均地下水资源量及潜水蒸发量的计算方法	212
9.6.2	山丘区地下水资源量的计算方法	213
9.7	地下水可开采量的计算	214
9.7.1	平原区浅层地下水可开采量的计算方法	214
9.7.2	部分山丘区多年平均地下水可开采量的计算方法	216
9.8	习题与思考题	217
第10章	水资源总量计算及供需平衡分析	218
10.1	水资源总量概述	218
10.2	多年平均及不同代表年的水资源总量计算	219
10.2.1	多年平均水资源总量计算	219
10.2.2	不同代表年水资源总量计算	223
10.2.3	地下水开采条件下的水资源总量计算	223
10.3	水资源可利用量	224
10.3.1	地表水资源可利用量	224
10.3.2	水资源可利用总量	226
10.4	供需平衡分析概述	226
10.4.1	概述	226
10.4.2	供需平衡分析所需统一的分析背景	227
10.4.3	水资源供需平衡分析的主要内容及程序	231
10.5	水资源开发利用情况调查评价	232
10.5.1	供水现状调查分析	232
10.5.2	需(用)水现状调查分析	233

10.6	需(用)水预测	234
10.6.1	生活用水的预测方法	235
10.6.2	工业用水的预测方法	235
10.6.3	农业需水量预测	236
10.7	水资源供给预测	236
10.8	现状条件下供需平衡分析	237
10.9	习题与思考题	238
第 11 章	建设项目水资源论证	240
11.1	概述	240
11.2	水资源论证的基本方法和步骤	241
11.2.1	准备阶段	242
11.2.2	工作大纲编制	242
11.2.3	报告书编制	244
11.3	建设项目水资源论证举例	256
11.3.1	论证报告的主要内容	256
11.3.2	论证报告部分内容节选	260
11.4	习题与思考题	263
第 12 章	水资源管理概述	264
12.1	水资源管理的重要性	264
12.1.1	水资源管理的重要性	264
12.1.2	水资源面临的诸多问题, 要求加强水资源管理	265
12.2	水资源管理体制	266
12.2.1	水资源管理体制	266
12.2.2	强化水资源的统一管理	268
12.2.3	水资源的流域管理	270
12.3	我国水资源开发利用的思路	272
12.3.1	水资源的数量	272
12.3.2	我国水资源面临的主要问题	273
12.3.3	解决我国水资源问题的主要思路	274
12.4	水法与水行政	275
12.4.1	水法制体系	275
12.4.2	水法规体系	275
12.4.3	有关水法律简介	276
12.4.4	《中华人民共和国水土保持法》	276
12.4.5	《中华人民共和国水土保持法实施条例》(以下简称《条例》)	277

12.3.6 《中华人民共和国水污染防治法》	277
12.4.7 《中华人民共和国防洪法》(以下简称《防洪法》)	278
12.4.8 《取水许可制度实施办法》(以下简称《办法》)	278
12.4.9 《水利产业政策》	279
12.4.10 水行政	279
12.5 习题与思考题	284
附录	285
参考文献	300

第1章 绪论

1.1 人类面临的主要水问题

水是人类最早接触到的自然物质之一。水作为一种自然物质,主要具有下列自然属性。

(1) 水借助于大气运动和蒸发、降水、径流等现象,在由岩石圈、水圈、大气圈和生物圈组成的地球系统中作周而复始的水文循环运动。地球上总水量虽大体不变,但每年的时空分布有所不同,甚至形成一些地方的洪水或干旱。

(2) 水是良好的溶剂,许多物质都容易溶解于水。水流是重要的载体,坡面土壤的侵蚀与搬运、河流泥沙运动、水污染物质的迁移扩散都是在水流作用下进行的。没有水流,就不可能有坡面土壤流失、河道冲淤变化和水污染物质的迁移传播。

(3) 水具有势能、动能、压力能和化学能等,这是驱使水发生流动、溶解物质、携带泥沙和其他物质的动力。如果将水具有的能量设法集中起来,就可成为一种可再生的清洁能源即水能。

水与人类息息相关。水作为人类生存和社会、经济发展不可缺少的自然资源,具有如下属性。

(1) 水是维持生命的不可替代的物质,是生命之源,是地球系统的“血液”。水文循环就是地球系统的“血液循环”。水文循环导致的水的时空分布是地球上具有丰富多彩生态系统和美妙自然景色的根本原因之一。

(2) 水少可能引起缺水,甚至发生旱灾或水荒;水多可能引起洪涝,发生水灾;水污染可能引起环境恶化,有水不能用。旱灾、水灾和水污染是人类生活和生产对水的需求与水的自然属性不协调的结果。

(3) 水资源虽可再生,但有时空变化。因此,人类开发利用水资源一般需要一定条件。这是水资源有价值和价值规律的主要原因。

(4) 如果处理不好水资源,“争水”、“排洪”或“污染水体”可能引发河流上、下游之间、地区之间,甚至国家之间的尖锐矛盾,成为社会不稳定的一个因素。

人类社会经济的发展,从一定意义上说,意味着人类向自然进行索取,如果这种索取不当,则迟早会带来不良后果。人类面临的下列水问题就是这种不良后果的一些具体表现。

(1) 水、旱灾害是人类面临的主要自然灾害。人类与水、旱灾害作斗争已有几千年历史,但时至今日,水、旱灾害造成的损失仍位居诸自然灾害之首。据统计,在世界范围内每年因水、旱灾害造成的损失占各种自然灾害总损失的比例达 55%,其中水灾为 40%,旱灾为 15%。地球上的自然灾害主要分布在环太平洋和北纬 $20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 两个带状区域内,全球 95% 的火山、95% 的地震、70% 的海啸都发生在这里,大部分水、旱灾害也集中在这里。中国大部分地区位于这两个灾害带内,每年因水、旱灾害造成的损失占各种自然灾害总损失的比例大于 55%。中国目前受旱耕地超过 0.2 亿 hm^2 ,农田灌溉年缺水达 300 亿 m^3 ;中国 620 座城市中约有 300 座城市缺水,年缺水量约 58 亿 m^3 ,缺水已成为中国工农业生产发展的重要障碍之一。近半个世纪以来,中国江河大洪水和特大洪水的出现发生了一些值得注意的倾向:一是长江、淮河及其以南地区和东北的松花江、辽河流域,大洪水和特大洪水发生频次增加;二是“小流量高水位”现象时有出现;三是有些地方,同样的降雨量和降雨过程产生的洪水比过去更大。长江、黄河的洪涝灾害仍是中华民族的心腹之患。

(2) 全球气候变暖增加了解决水问题的难度。人口的增加,工业的发展,导致二氧化碳等温室气体大量向大气排放,“温室效应”加剧,全球气候变暖,海平面上升,水文循环发生了一些变化。全球气候变暖已对中国产生比较明显的影响:一是使中国一些地区降水量减少,如山西省汾河流域多年平均降水量已由过去的 558mm 减少到现在的 449mm,减少近 20%;二是使海平面明显上升,据分析,近百年来中国海平面平均每年上升了 0.14cm,其中天津、江苏、上海和广东沿海近百年海平面上升超过了 20cm。降水量减少加重了一些地区的干旱缺水,海平面上升加重了沿海地区和感潮河段的水灾。

(3) 水污染加剧的势头还未得到有效的控制。有很长一段时间,人们对保护水环境意识淡薄,走了一条“先发展经济,后治理环境”的路子,留下了许多环境方面的后遗症。目前仍有一些国家或地区水污染呈加剧趋势。中国工业企业的废污水排放量很大,而且约有 80% 以上未经处理就直接排入江河湖库等水体,已使得不少支流小河变成了排污沟;有的大江大河也出现了岸边污染带。水污染的加剧,不仅带来了严重的生态与环境问题,而且也增加了一些缺水地区和缺水城市的缺水程度,甚至出现缺乏安全饮用水的危机。

(4) 不合理的工程措施和管理产生了负面影响。盲目砍伐森林,不合理的筑坝拦水、围垦、跨流域调水、引水灌溉和开采地下水等,都有可能带来负面影响。对森林的乱砍滥伐,致使水土流失严重,恶化了当地生态与环境,造成了河道淤积,加之不合理的围垦,减少了水体的调蓄能力和输水能力,从而降低了江河防洪标准。过量地开采地下水,会出现区域性地下水漏斗,引发地面沉降和海水入侵,不利于防洪,污染了地下水。不合理的引水灌溉,可能造成灌区次生盐碱化,也可能引起河流盐化。流域大量修建蓄水工程,或不合理使用河川径流,或不合理跨流域调水,可能使河川径流不合理地减少,甚至断流,导致下游河道淤积萎缩,防洪能力降低,湿地缩小,河口水环境恶化,生物多样性减少。

1.2 水资源概述

水资源是一种宝贵的自然资源,是人类赖以生存和社会生产必不可少、又无法替代的重要物质资源。自然界的水资源尽管能够循环,而且可以逐年得到补充和恢复,但对于某一时段、某一区域来说,可供人们日常生活和生产使用的水量是有限的,不少国家和地区历史上已多次发生水荒。近些年来,由于生产的发展,生活水平的提高,用水量逐年增大,加之用水浪费和污染,水资源已成为各国倍加关注的重大问题。为了人类生存和保持世界经济可持续发展,对现有水资源进行综合开发利用、科学管理是摆在世界各国面前的一项长远而又艰巨的历史重任。

1.2.1 水资源的概念

天然水资源即地球上所有的气态、液态或固态的天然水。人类可利用的水资源,主要指某一地区逐年可以恢复和更新的淡水资源,即通常所说的水资源。从更替周期的角度出发,地球上的水可分为两大类:一类是永久储量,它的更替周期长,更新缓慢,如深层地下水;另一类是年内可以恢复储量,它积极参与全球水循环,逐年得到更新,在较长时间内保持动态平衡。只有年内可恢复的水资源可以为人类所利用。

从水质的角度出发,地球上的水又有淡水、咸水之分。海洋水、矿化地下水以及地表咸水湖泊中的水都是咸水,不能为人类所利用。这一类水占地球水储量的绝大部分。地球上可被人类利用的淡水只有 0.35 亿 km^3 , 占总储量的 2.5%。

水是生命之源,是人类赖以生存和社会、经济发展的重要物质资源。水的用途十分广泛,不仅用于农业灌溉、工业生产、城乡生活,而且还可用于发电、航运、生产养殖、旅游娱乐、改善生态环境等。水在人类生活中占有特殊重要的地位。

水资源的主要特点归纳为以下几点。

(1) 水资源的再生性和重复利用性。全球淡水资源只有 0.35 亿 km^3 , 但经长期的天然消耗和人类的取用,并不见减少,原因就在于淡水处于水的循环系统中,不断得到大气降水的补给,即水资源具有循环性再生的特点。

水资源与其他资源的区别在于其具有一定的重复利用性。发电用过的水并不影响工农业生产和生活应用,航运用水仍可用于其他方面。水资源量虽然有限,只要合理规划、科学管理,就可以充分发挥其效益。

(2) 水资源时空分布不均匀性。从时程分布上看,水资源年际、年内分配都不均匀。以北京气象站资料为例,丰水年与枯水年降雨量相差达 6 倍以上;在年内,85% 以上的水量集中在 6、7、8 和 9 月(汛期),其他月份(枯水期)则降雨量很少。

空间分布是指区域性分布情况。水资源的区域性变差很大,纬度 $40^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ 范围内

降雨量明显高于其他地区，沿海地区也高于内陆地区。

(3) 地表水和地下水的相互转化性。地表水和地下水是水资源的统一体，它们之间存在密切联系并可相互转化。河川径流中包括一部分地下水的排泄水量；而地下水又承受地表水的入渗补给。地下水过分开采，必然导致河川径流和泉水的减少。

(4) 水资源经济上的两重性。一个地区降雨量适时适量，自然是风调雨顺的丰收年。水量过多或过少的时间和地点，往往会出现洪、涝、旱、碱等自然灾害。而水资源开发利用不当，也会引起人为灾害，如垮坝事故、土壤次生盐碱、水质污染、环境恶化、地面下沉和地震等，从而造成经济上的损失。因此，在水资源开发利用和管理中，应达到兴利和除害的双重目的。

1.2.2 世界水资源概况

地球上水的总量约有 13.86 亿 km^3 ，其中海水 13.38 亿 km^3 ，占 96.5%；陆地上的水有 0.48 亿 km^3 ，占总水量的 3.5%。

在陆地水量中，扣除地下矿化水和地表湖泊咸水，由表 1-1 可以看出，地球上的淡水只有 0.35 亿 km^3 ，仅占总量的 2.53%。在淡水中占很大比重的是处于两极地带的冰盖和高山冰川中，永久性积雪、冻土中的水量，目前还难以被开发利用，仅有 0.35% 是在河流、湖泊、土壤中，人类可以利用。

表 1-1 地球上的水体分布

项 目	总水量 (10^6km^3)	占总水量百分比 (%)	淡 水 量 (10^6km^3)	占总水量百分比 (%)
总水量	1 385.984 61	100	35.029 21	100
海洋水	1 338.0	96.5		
地下水	23.4	1.7	10.53	30.06
土壤水	0.016 5	0.001	0.016 5	0.05
冰雪总量	24.064 1	1.74	24.064 1	68.7
其中：南极	21.6	1.56	21.6	61.7
格陵兰岛	2.34	0.17	2.34	6.68
北极	0.083 5	0.006	0.083 5	0.24
山岳	0.040 6	0.003	0.040 6	0.12
冰土地下水	0.3	0.022	0.3	0.86
地表水	0.189 99	0.014	0.104 59	0.3
其中：湖泊	0.176 4	0.013	0.091	0.26
沼泽	0.011 47	0.000 8	0.011 47	0.03
河川	0.002 12	0.000 2	0.002 12	0.006
大气中水	0.012 9	0.001	0.012 9	0.04
生物内水	0.001 12	0.000 1	0.001 12	0.003

可见,地球上水的总量虽多,但是能被人类容易利用的淡水资源却十分有限。水资源主要靠降雨补充。世界上大气降水在地域和时空的分布很不均匀,在北半球范围,随着纬度的增高,降水量明显减小;南半球降水量也有随着纬度的增高而减小的趋势,但在 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 范围内的降雨量明显增大。此外,沿海区域与内陆也有显著的差异,沿海地区明显高于内陆地区,少则几倍,多则十几倍,所以各大洲水资源量相差很大。大洋洲的一些岛屿,如新西兰、伊里安、塔斯马尼亚等,年降雨量几乎高达 $3\,000\text{ mm}$,淡水资源最为丰富;南美洲水资源也比较丰富,年平均降雨量约为 $1\,600\text{ mm}$;而非洲一些国家和地区,由于干旱少雨,有 $2/3$ 的国土面积为无永久性河流的荒漠、半荒漠,年降水量不足 200 mm 。世界各大洲陆面水资源分布情况详见表1-2。

表1-2 世界各大洲陆面水资源分布

大陆 (连同岛屿)	径流量		占径流 总量的 百分比 (%)	产水量			
	mm	km^3		面积/ 10^4km^2	径流模数/($\text{L/s}/\text{km}^2$)	人口(百万)	每人平均径流量/ 10^3km^3
欧洲	306	3 210	7	10 500	9.7	654	4.9
亚洲	332	14 410	31	43 475	10.5	2 161	6.7
非洲	151	4 570	10	30 120	4.8	290	15.8
北美洲	339	8 200	17	24 200	10.7	327	25.1
南美洲	661	11 760	25	17 800	21.0	185	63.6
澳洲	453	348	1	7 683	1.44	12.7	27.4
大洋洲	1 610	2 040	4	1 267	51.1	7.1	287
南极洲	156	2 310	5	13 980	5.2		
总陆面	314	46 800	100	14 900	10.0	3 637	12.9

注:引自联合国水会议论文,《世界水平衡和地球水资源》1977年3月。

人类的生活和各种生产活动离不开水,同时水又是人类赖以生存的地球环境的基本要素,这样一种自然资源一旦缺乏,必将严重影响经济及人类社会活动,危害人类生存。

据统计,全世界1975年工农业生产和城市生活用水量约 $3\,000\text{ km}^3$,其中农业用水为 $2\,100\text{ km}^3$,占70%;工业用水为 600 km^3 ,占21%;城市生活用水 150 km^3 ,占5%,水面蒸发占4%。用水总量较大的国家有美国、印度、前苏联、中国等,年用水量在 $330\sim 470\text{ km}^3$ 。以1975年的世界人口统计资料,世界人均年用水量为 744 m^3 ,美国和前苏联人均用水量较高,分别为 $2\,190\text{ m}^3$ 和 $1\,304\text{ m}^3$;日本和印度接近世界平均值,分别为 792 m^3 和 691 m^3 ;中国为 491 m^3 。

1.2.3 我国水资源概况

我国疆域辽阔,国土面积 960 万 km^2 ,由于位置处于季风气候区域,每年夏季来自热