

城市与工业节约用水手册

崔玉川 主编
董辅祥 主审

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

城市与工业节约用水手册 / 崔玉川主编. — 北京: 化学工业出版社, 2002. 5
ISBN 7-5025-3770-8

I. 城… II. 崔… III. ①城市-节约用水-手册
②工业-节约用水-手册 IV. TU991.64-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 018386 号

城市与工业节约用水手册

崔玉川 主编

董辅祥 主审

责任编辑: 王蔚霞

责任校对: 李 丽

封面设计: 朱晓林

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 41¼ 字数 1024 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3770-8/X · 175

定 价: 96.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

目 录

第一篇 城市与工业节约用水基础

第一章 水资源	1	三、水源环境质量评价	47
第一节 水资源的含义及其特性	1	四、水源保护区划分	51
一、水资源含义	1	五、水源保护措施	52
二、水资源特性	1	六、地下水的人工补给	54
三、水资源分类	3	主要参考文献	56
第二节 自然界的水与世界水资源	4	第三章 城市与工业供水、用水和排水	57
一、自然界水的组成	4	第一节 城市与工业给水排水系统	57
二、水循环及水量平衡	6	一、给水系统	57
三、世界水资源	7	二、排水系统	60
第三节 中国水资源概况	8	第二节 城市与工业用水的水量、水质和	
一、自然概况及水资源分布	8	水压	64
二、水资源量	13	一、城市用水的水量、水质和水压	64
三、水资源特点	17	二、工业生产用水的水量和水质	69
四、水资源开发利用状况	18	第三节 城市污水量预测	75
第四节 城市水资源	22	一、城市污水排放状况及问题	75
一、城市用水及水资源管理	22	二、城市污水量预测方法	78
二、城市水资源的基本特征	23	第四节 城市生活污水和工业废水的水质	79
三、中国城市水资源开发利用状况	24	一、污水和废水的污染指标	79
四、城市水资源存在的主要问题	27	二、城市污(废)水的水质特征	84
第五节 中国解决城市用水的方针与节约		三、水污染防治标准	84
用水	29	主要参考文献	88
一、解决城市用水的方针	29	第四章 城市与工业未来需水量预测	89
二、节约用水势在必行	30	第一节 需水量预测的意义及方法	89
主要参考文献	32	一、需水量的含义	89
第二章 城市给水水源及其保护	33	二、需水量预测的作用	89
第一节 城市给水水源种类和选择	33	三、需水量预测的程序	89
一、城市水源的类型和特征	33	四、需水量预测方法分类	90
二、城市水源选择	33	第二节 时间序列预测法及其应用	91
三、城市水源合理利用的意义	34	一、趋势预测法	91
第二节 城市地下水资源合理开发利用	35	二、移动平均法	91
一、地下水资源的分类与特征	35	三、回归-马尔柯夫法	93
二、地下水水源地的选择	37	四、指数平滑法	95
三、地下水取水构筑物的合理布局	39	五、灰色预测法	98
第三节 城市给水水源的保护	41	第三节 结构分析预测法及其应用	100
一、水源保护的范围和方法	41	一、弹性系数法	100
二、水源污染机理	44	二、用水增长系数法	102

三、指标分析法	103
四、回归分析法	105
五、需水综合预测模型	108
六、城市人均综合取水量指标法	109
七、系统动力学法	111
主要参考文献	115

第五章 城市与工业节约用水的基本

途径与指标体系	116
第一节 城市与工业节约用水途径	116
一、节约用水的意义	116
二、节约用水的基本途径	116
第二节 城市与工业用水节水统计指标	117
一、几个专用名词	117
二、主要统计指标	118
第三节 城市节约用水指标体系	122
一、城市节约用水指标体系组成	122
二、城市节约用水主要指标的意义	123

第四节 工业节约用水指标体系	126
一、工业用水水源与分类	126
二、工业用水分类及定义	126
三、工业节约用水指标体系组成	128
四、工业节约用水主要指标的意义	129
主要参考文献	131

第六章 城市与工业节约用水状况与

目标	132
第一节 城市与工业节约用水状况	132
一、城市与工业节水成绩与问题	132
二、工业节水状况与对策	134
三、城市生活节水状况与对策	146
四、其他节水状况	153
第二节 城市与工业 2010 年节约用水	
目标	154
主要参考文献	161

第二篇 城市与工业节约用水技术

第七章 循环冷却用水

第一节 概述	162
一、城市公共用水中的循环冷却用水	162
二、工业企业的循环冷却用水	163
第二节 工业循环冷却用水系统	163
一、冷却用水系统类型	163
二、冷却构筑物	165
三、冷却参数	171
第三节 敞开式循环冷却水系统运行	
参数	172
一、浓缩倍数	172
二、补充水量	172
三、浓缩倍数与补充水量和排污水量的	
关系	174
四、浓缩倍数选择	175
第四节 敞开式循环冷却水系统的水质	175
一、循环冷却水的水质变化	175
二、循环冷却水的水质标准	177
第五节 循环冷却水系统水质控制	177
一、沉积物控制	177
二、金属腐蚀控制	182
三、微生物控制	185
四、循环冷却水的综合处理	189
第六节 汽化冷却与空气冷却	192
一、汽化冷却	192

二、空气冷却	193
第七节 人工制冷和地下水回灌冷源储备	
的循环冷却用水	194
一、人工制冷的循环冷却用水	194
二、地下水回灌冷源储备的循环冷却	
用水	195
主要参考文献	196

第八章 循序用水

第一节 循序用水系统的分类	197
一、意义	197
二、分类	197
第二节 循序用水系统实例	198
一、工业循序用水系统	198
二、生活循序用水系统	216
主要参考文献	218

第九章 污水处理利用

第一节 污水处理利用概况	220
一、污水处理利用意义	220
二、污水资源化概况	221
第二节 污水回用类型和途径	222
一、污水回用类型	222
二、污水回用途径	223
第三节 污水处理系统	228
一、污水处理方法分类	228

二、污水处理级别	228	三、成套中水处理设备	305
三、污水处理的产物	229	第五节 中水处理站	307
四、污水处理流程的选择	229	一、位置选择及布置要求	307
第四节 污水处理单元技术	231	二、减振、降噪及防臭措施	307
一、物理处理法	231	第六节 安全防护和监测控制	308
二、化学处理法	237	一、安全防护	308
三、活性污泥法	249	二、监测控制	308
四、生物膜法	255	第七节 建筑中水应用实例	309
五、污水的自然生物处理	260	一、我国建筑中水应用实例	309
六、厌氧生物处理工艺	263	二、日本建筑中水应用实例	309
第五节 污水回用的深度处理	264	主要参考文献	310
一、概述	264	第十一章 海水利用	311
二、悬浮物的去除	265	第一节 海水水质特征与保护	311
三、溶解性有机物的去除	265	一、海水的主要成分	311
四、溶解性无机盐类的去除	266	二、海水水质标准	311
五、污水消毒处理	267	三、海水污染防治	313
六、脱氮技术	267	第二节 海水利用范围	313
七、除磷技术	270	一、直接使用	313
八、同步脱氮除磷技术	271	二、海水淡化后使用	316
九、城市污水回用深度处理流程	271	第三节 海水淡化	316
十、工业废水回用的处理流程	273	一、水的纯度	316
第六节 煤炭矿井废水处理利用	274	二、海水淡化的要求	317
一、矿井水的水质特征和类别	275	三、海水淡化工艺	317
二、矿井水处理利用的原则与途径	276	第四节 海水用水系统的问题及解决	
三、矿井水的处理利用技术	276	途径	327
四、矿井水合理利用的处理工艺	280	一、海水对构筑物及设备的危害	327
主要参考文献	281	二、海水用水系统防腐	327
第十章 建筑中水	283	三、海水用水系统阻垢	328
第一节 概述	283	四、海生物防治	328
一、基本概念	283	第五节 海水利用状况	329
二、建筑中水处理技术的特点	283	一、海水利用概况	329
三、建筑中水回用概况	283	二、海水利用实例	330
四、建筑中水回用的意义	286	主要参考文献	331
五、已建中水工程存在的问题	287	第十二章 城区雨水利用	332
第二节 建筑中水系统的类型和组成	287	第一节 城区雨水利用的意义和状况	332
一、建筑中水系统的类型	287	一、雨水利用的涵义	332
二、建筑中水系统的组成	288	二、雨水利用的作用	332
第三节 建筑中水的水质和水量	294	三、国内外雨水利用发展简况	333
一、中水原水水质和水量	294	四、影响雨水利用的因素	335
二、中水供水水质和水量	296	第二节 城区雨水的水质	336
三、水量平衡	298	一、降水的水质特征	336
第四节 建筑中水处理系统	300	二、城市路面径流雨水的水质	337
一、建筑中水处理工艺流程	300	三、屋面雨水水质及影响因素	338
二、建筑中水处理单元	302	四、地面雨水径流的水质	339

第三节 雨水利用技术与设施	340	八、食品饮料行业生产工艺	359
一、雨水收集系统	340	九、节水型造纸生产工艺	360
二、雨水收集场	340	第七节 无水生产工艺	361
三、雨水储留设施	341	一、耐高温无水冷却装置	361
四、雨水的简易净化	342	二、干熄焦工艺	361
五、雨水渗透	342	三、无水造纸工艺	361
六、屋面雨水的利用方式	344	四、无水印染工艺	362
第四节 雨水利用中的问题及解决途径	346	五、无水电镀	362
一、大气污染与地面污染	346	六、无水混凝土养护	362
二、屋面材料污染	346	七、无水发电工艺	362
三、集水量保证率	346	第八节 闭路系统和闭合生产工艺圈与工	
四、雨水渗透工程的实施	347	艺节水	362
五、初期雨水弃流量	347	一、基本概念	362
主要参考文献	347	二、举例	363
第十三章 生产工艺节约用水	349	主要参考文献	365
第一节 生产工艺节水的意义及影响因素	349	第十四章 节约用水器具设备	366
一、生产工艺节水的作用	349	第一节 节水器具设备的含义与要求	366
二、影响生产工艺节水的因素	349	一、节水器具设备的含义	366
第二节 逆流洗涤工艺节水技术	350	二、节水器具设备的节水方法	366
一、逆流洗涤工艺	350	三、节水器具设备的基本条件	366
二、逆流洗涤工艺在其他行业中的		第二节 节水型水龙头与阀门	367
应用	350	一、节水型水龙头（水嘴）	367
第三节 节水高效洗涤方法与工艺	351	二、节水型阀门	368
一、高压水洗法	351	三、节水型淋浴器具	373
二、新型喷嘴水洗法	351	第三节 节水型卫生洁具	375
三、喷淋洗涤法	351	一、坐便器	375
四、气雾喷洗法	352	二、小便器	376
五、振荡水洗法	352	三、净身器	378
六、气水冲洗法	352	四、节水型水箱配件	378
七、高效洗涤工艺	352	五、沟槽式公厕自动冲洗装置	379
第四节 物流节水技术	353	第四节 水的显示及控制装置	380
一、物料换热节水技术	353	一、水位检测、控制	380
二、物料液态节水技术	353	二、变频恒压给水装置	384
第五节 余热利用节水技术	354	第五节 新型水表	384
一、利用吸热制冷机组实施工艺节水	354	一、插入式水表	384
二、乏汽喷射制冷节水工艺	354	二、容积式水表	385
第六节 节水型生产工艺	355	三、磁卡水表	385
一、钢铁冶炼行业节水型生产工艺	355	第六节 蒸汽冷凝水回收装置	386
二、煤炭行业节水型生产工艺	355	一、密闭式凝结水回收装置	386
三、电力行业节水型生产工艺	356	二、热泵式凝结水回收装置	386
四、化工系统节水型生产工艺	357	三、压缩机回收废蒸汽装置	387
五、节水型水泥生产工艺	358	四、恒温蒸汽压力式回水器	387
六、节水型印染生产工艺	358	第七节 其他节水设备	388
七、节水型制革生产工艺	359	一、自动洗车机	388

二、节水型游泳池过滤器	389
主要参考文献	389
第十五章 地下管道检漏防漏	390
第一节 给水系统的漏水量	390
一、漏水量的涵义	390
二、漏水形成的原因	390
三、漏损指标及要求	393
四、漏水量测定方法	394
第二节 管网漏损检测与控制方法	395
一、管网漏损检测	395

二、管道漏损控制	397
第三节 漏水地点确定	402
一、传统方法和仪器	402
二、系统故障诊断	408
三、GIS技术的应用	411
第四节 漏损控制实例	411
一、大亚湾核电站供水管网	411
二、合肥市供水管网	413
三、哈尔滨市供水管网	414
主要参考文献	415

第三篇 城市与工业节约用水管理

第十六章 节约用水行政管理	417
第一节 城市节水行政	417
一、城市节水行政主体	417
二、城市节水行政的相对方及其权利 与义务	418
三、城市节水行政职权的设定、授予 与委托	418
第二节 城市节水管理机构与职责	419
一、城市节水管理的法规依据	419
二、我国城市节水管理机构与职责	420
三、我国城市节约用水的管理网络	422
四、我国城市节水管理工作年表	423
第三节 城市节水行政行为	425
一、城市节水行政行为的概念	425
二、城市节水行政行为的特点	426
第四节 城市节水行政管理的内容	426
一、计划用水管理	426
二、节水“三同时”管理	433
三、节水型器具管理	434
四、城市地下水取水许可管理	436
主要参考文献	437

第十七章 节约用水技术管理	438
第一节 工业企业水量平衡测试	438
一、工业企业水量平衡测试的目的	438
二、工业企业用水分类	438
三、工业企业用水量参数及各水量之 间的关系	440
四、水量测定方法	440
五、工业企业水平衡测试原则	443
六、工业企业水平衡测试的程序	443
七、工业企业水平衡测试的内容	447
八、工业企业水平衡测试方案的制定	450

九、工业企业合理化用水分析	451
第二节 用水定额制定和管理	452
一、用水定额概述	452
二、用水定额分类	453
三、用水定额表达方式	453
四、制定用水定额的原则	454
五、制定用水定额的基本方法	454
六、制定用水定额的程序	456
七、影响用水定额的各种因素分析	457
八、用水定额管理	457
第三节 城市与工业用(节)水统计	458
一、用(节)水统计概述	458
二、用(节)水统计指标和指标体系	458
三、用(节)水统计的工作过程	458
四、用(节)水统计的方法	459
五、用(节)水统计分析	462
第四节 节水科研管理	464
一、节水科研管理的意义	464
二、节水科研管理的内容	464
三、节水科研预测和规划	464
四、节水科研经费管理	464
五、节水科研项目管理	465
六、节水科研成果管理	466
七、部分节水科研项目目录	467
主要参考文献	469

第十八章 节约用水经济管理	471
第一节 城市节水经济管理的原则和 作用	471
一、城市节水经济管理的意义	471
二、城市节水经济管理的原则	471
三、城市节水经济管理的作用	471
第二节 城市节水规费征收	472

一、城市水资源费	472
二、新增用水量增容费	472
三、超计划用水加价费	473
四、城市污水处理费	473
第三节 城市节水专项资金管理	474
一、城市节水专项资金的作用	474
二、城市节水专项资金的来源	474
三、城市节水专项资金的管理和使用	475
第四节 城市供水价格管理	476
一、城市供水的商品属性	476
二、城市供水价格管理的必要性	476
三、城市供水价格的作用	476
四、城市供水价格管理的内容	477
第五节 节水目标责任制及节奖超罚考核	479
一、节水经济目标责任制和节奖超罚的 作用	479
二、节水经济目标责任制的内容和 形式	479
主要参考文献	480
第十九章 节约用水法制管理	481
第一节 城市节水法规的法律渊源	481
一、水事行政法律	481
二、节水行政法规	481
三、地方性节水法规	481
四、节水行政规章	482
五、节水的其他规范性文件	482
第二节 节水行政执法	483
一、节水行政执法的特征	483
二、节水行政执法主体	483
三、城市节水行政执法机构和对象	484
四、节水行政执法程序	484
第三节 节水行政复议	492
一、节水行政复议的概念	492
二、节水行政复议机构	492
三、节水行政复议程序	492
第四节 节水行政应诉	494
一、委托诉讼代理人	494
二、提出答辩状	494
三、出庭应诉	495
四、法院判决	495
主要参考文献	495
第二十章 节约用水管理信息系统	496
第一节 节约用水管理信息系统构成及 功能	496

一、节约用水管理信息系统相关概念	496
二、节约用水管理信息系统的构成	498
三、节约用水管理信息系统的功能	499
第二节 节约用水管理信息系统的开发	500
一、节约用水管理信息系统开发模式	500
二、节约用水管理信息系统开发的 原则	501
三、节约用水管理信息系统开发的 步骤	502
第三节 节约用水管理信息系统的应用	506
一、事务处理系统实例	506
二、信息管理系统实例	509
三、决策支持系统实例	511
四、节水综合管理信息系统实例	514
主要参考文献	518
第二十一章 节约用水项目经济评价	519
第一节 概述	519
一、经济评价的概念	519
二、经济评价的基本原则	519
三、经济评价的深度要求	519
四、经济评价的层次	519
五、经济评价的方法	520
第二节 资金的时间价值	520
一、资金时间价值的概念	520
二、资金等值的概念	520
三、计算资金时间价值的尺度	520
四、计算资金时间价值的基本参数	521
五、现金流量与现金流量图	521
六、资金时间价值的计算方法	522
七、名义利率与实际利率	523
第三节 节水项目的财务评价	524
一、财务评价的意义和步骤	524
二、财务评价的费用与效益	525
三、财务报表种类	528
四、财务评价指标	528
五、财务评价参数	531
第四节 国民经济评价	532
一、国民经济评价的概念	532
二、国民经济评价与财务评价的关系	532
三、节水项目国民经济评价的意义	532
四、国民经济评价中的费用与效益	533
五、国民经济评价的步骤	534
六、国民经济评价的基本报表和指标	534
七、国民经济评价参数	536

第五节 不确定性分析	537	第四节 编制节水规划应注意的几个方面	567
一、不确定性分析的意义	537	一、节水潜力分析与评价	567
二、盈亏平衡分析	538	二、供需预测分析与评价	568
三、敏感性分析	538	三、节水项目的经济分析与评价	568
第六节 节水项目方案比选	540	节水规划实例	569
一、方案比选的原则	540	例 1《T 市城市节水“十五”及 2010 年规划》	569
二、投资方案的基本类型	540	例 2《S 化工厂节水规划》	573
三、互斥方案比较的评价方法	541	主要参考文献	577
四、非互斥方案评价方法	544	第二十四章 节约用水宣传教育和人	
主要参考文献	546	员培训	578
第二十二章 节约用水考核评判	547	第一节 城市节水宣传教育	578
第一节 城市与工业节约用水考核评判的		一、宣传教育的目的意义	578
意义	547	二、宣传教育的内容	578
一、考核评判目的	547	三、宣传教育的形式	581
二、考核评判作用	547	四、宣传教育的组织实施	582
三、考核评判对象	547	第二节 城市节水人员培训	583
四、考核评判方法概述	547	一、人员培训的目的和计划	583
第二节 城市节约用水考核评判	548	二、培训的类型和内容	584
一、目标考核法	548	三、培训的考核	585
二、指标比较法	551	四、培训的组织管理	586
三、模型评判法	554	五、节水培训方案实例	586
第三节 工业节约用水考核评判	557	主要参考文献	588
一、工业节约用水总体评判	557	附录	589
二、行业节约用水考核评判	558	I. 行业用水定额	589
三、企业节约用水考核评判	558	北京市主要行业用水量定额 (2001 年)	589
主要参考文献	561	黑龙江省和上海市主要行业用水量定额	
第二十三章 节约用水规划编制	562	(2000 年)	593
第一节 编制节水规划的意义和原则	562	II. 节约用水法规与技术标准	609
一、节水规划的含义	562	取水许可制度实施办法	609
二、编制节水规划的目的意义	562	城市供水条例	612
三、编制节水规划应遵循的原则	562	城市供水工作暂行规定	615
四、规划的指导思想	562	城市节约用水奖励暂行办法	618
五、编制规划的依据	563	城市节约用水管理规定	619
第二节 节水规划的基本内容	563	城市用水定额管理办法	620
一、节水现状的调查和分析	563	城市房屋便器水箱应用监督管理办法	621
二、规划期的预定目标和任务	564	城市地下水开发利用保护管理规定	622
三、制定完成任务的具体措施	564	国务院关于加强城市供水节水和水污染	
第三节 节水规划的编制程序	565	防治工作的通知	624
一、制定工作计划	565	III. 节约用水技术标准	627
二、节水现状调查和评价	565	企业水平衡与测试通则(GB/T 12452—90)	627
三、预测供需水量	565	评价企业合理用水技术通则 (GB/T	
四、制定节水目标	565	7119—93, 代替 GB 7110—86)	632
五、节水规划方案的设计	567	节水型城市目标导则	635
六、节水规划方案的申报与审批	567	节水型企业 (单位) 目标导则	637

第一篇 城市与工业节约用水基础

本篇内容系城市与工业节约用水的一些基础性知识和方法。共设6章：水资源、城市给水水源及其保护、城市与工业供水用水和排水、城市与工业未来需水量预测、城市与工业节约用水的基本途径和指标体系，以及城市与工业节约用水的状况和目标等。

第一章 水 资 源

水是自然界分布很广的物质，是一切生命的源泉，也是生态环境系统中最普遍、最活跃、最广泛的因素。当今世界面临的人口、粮食、能源和环境4大问题都与水密切相关。人们越来越深刻地认识到：水是一种不可替代的自然资源。随着经济的发展、社会的进步，水资源的价值也在不断提高，水资源已成为整个国民经济的命脉，是社会发展的动力。因此，世界各国都十分重视水的问题，都在强化水资源的管理，并积极倡导节约用水工作。

第一节 水资源的含义及其特性

一、水资源含义

中国广泛使用“水资源”一词的历史不长，大约从20世纪70年代起，水资源才渐渐成为人们的热门话题。水资源的含义众说纷纭，至今并无一致的结论，但普遍认为，从广义上说“水资源”是指自然界中任何形态（包括水的固态、液态和气态的形式）、存在于地球表面和地球的岩石圈、大气圈、生物圈中的水。而狭义的“水资源”是指地球上可利用的或者可能被利用的、具有一定数量和质量保证的、在一定时间内可以更新的那部分淡水量。它必须具备：一是水质应符合人类利用的要求；二是在现代技术经济的条件下，通过工程措施能提取出来的水。从这个意义上讲，随着科学技术的不断进步，水资源的范围也在不断扩大。目前，对于难以提取的深层地下水和净化代价过高的海水还不作为水资源。

随着城市化进程的加快，城市用水供需矛盾日趋加剧，“城市水资源”一词也越来越多地被提出和应用。有的文献将城市水资源定义为“一切可被城市利用的天然水资源”。不仅包括本地水资源，而且也包括调用外来的水资源。这样定义有其缺陷，比如：水资源量很难界定、不够确切。同时，对水资源范围的限定也过于局限，因为城市可利用的水已扩延至再生水或其他低质水。城市水资源的提出是适应城市发展的要求和客观存在，是城市形成和发展的必然结果。

二、水资源特性

水资源是一种动态资源，它不像一般的矿产资源那样稳定，而是随时间、地点而变化，并且可以再生。因此，水资源具有许多独特的自然特性和功能。

1. 可恢复性和有限性

大气圈、水圈、岩石圈中的水，彼此之间都有密切的转化关系，这种关系主要通过水循环实现。水的循环形成了自然界的水在时间、空间与区域上不停运动，并从一种形式转化为另一种形式，从而处于动态平衡之中。这就是水资源的可恢复性。

水资源的可恢复性并不意味着水资源是“取之不尽，用之不竭”的，从狭义的水资源概

念分析, 地球上的水资源是非常有限的。全球总水量约为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ 。其中, 海洋中水量为 $13.38 \times 10^8 \text{ km}^3$, 占总水储量的 96.5%。淡水量为 $0.35 \times 10^8 \text{ km}^3$, 占总水储量的 2.53%。在淡水中大多数均储存在冰山、极地和埋藏在很深的地下含水层中。真正能容易开发利用的河水、湖泊水及地下交替带中的地下水等水资源量约为 $0.03 \times 10^8 \text{ km}^3$, 不足地球水总储量的 0.3%。因此, 水资源在数量上是十分有限的, 随着社会经济的迅速发展, 用水量急剧增加和水污染的日益严重, 导致许多地方水资源的供需矛盾十分尖锐。这就使水资源的有限性逐步表现为水资源紧缺和水资源的危机感。

2. 时空分布不均性

影响水资源的因素很多。如气象、地形、地貌以及人类活动等。因此, 水资源在时空上变化很大, 不同地区、不同区域、不同年代和不同季节中分布情况是极不平衡的。形成了空间上、年际上和时间上的分布不均匀。

由于降水量的分布不均, 使得全球水资源的地区分布极不均匀。根据 1977 年联合国水会议论文《世界水平衡和地球水资源》的资料表明, 全球陆地平均降水量为 800mm, 降水量最大的是南美洲 (1600mm), 最小的是南极洲 (165mm), 两者相差近 10 倍。全球平均地表径流深为 314mm, 径流深最大的是大洋洲 (1610mm), 最小的是非洲 (151mm), 两者相差 10 倍多。

水资源时间上的不均匀性主要表现在年际变化和年内变化的不平衡。水资源在年际上的变化主要受降水量的变化而变化。一般在多雨的地区, 年际变化幅度相对较小, 丰水年的降水量是枯水年降水量的 1.5~3.0 倍; 而在干旱地区, 年际变化相对较大, 丰水年的降水量是枯水年降水量的 3~6 倍。我国北京地区属于旱半干旱地区, 根据 114 年的雨量观测资料分析, 最大降水量为 1405mm (1959 年), 最小降水量为 242mm (1869 年), 二者相差 5.8 倍, 最小降水量是多年平均降水量的 38%。

水资源年内变化也受年内降水量变化控制。如在我国北方, 降雨主要集中在 6~9 月的 4 个月内, 占到全年降水量的 70%~80%, 而冬季的降水量不足全年的 5%。

水资源在时空和区域的不均匀性, 给水资源的开发利用带来了诸多不便。

3. 统一性和不可分割性

大气降水、地表水、土壤水 (非饱和带水) 和地下水等是水资源在不同时间和空间上的表现形式, 它们之间在不同的条件下相互转化、相互补给, 形成了自然界的水循环过程。水循环是一个庞大的、复杂的过程。虽然在不同的条件下相互转化的形式不完全相同, 但各个部分是不可分割的。因此, 在水资源开发利用中, 只有很好地掌握大气降水、地表水、土壤水 (非饱和带水) 和地下水的相互转化关系和转化规律, 才能有效地、持续地利用好水资源。如果其中一个环节遭到破坏, 就会影响整个水循环过程。例如地表水体遭受污染后, 势必要影响土壤水和地下水 (水循环的下一个环节)。可见, 水资源是一个不可分割的整体, 要统一管理、统一规划和统一保护。

4. 多功能性和不可替代性

水资源可以用来饮用、发电、灌溉、航运、养殖和娱乐等, 随着社会的发展和科学技术的进步, 水的应用前景日趋广泛。人们的生活离不开水、工农业生产需要水, 生态环境需要水来维持。如果没有了水, 人类将无法生存, 工农业生产将无法进行, 生态环境将变得无法想像。因此, 水是不可替代的重要物质资源。

水资源的不可替代性是由水的物质特性决定的。①水是生命之源, 人类及一切生物所需的养分, 全靠水溶、输移; 生物体中大部分是水, 脱水即意味着死亡; ②水是循环冷却、供

热、传递压力的最好介质。由于水巨大的气化膨胀性，才有蒸汽机、汽轮机等。水是国民经济各部门中用途最广、不可替代的生产要素、物质资源；等等。

5. 利害双重性

水是宝贵的自然资源，给人类的发展带来了无穷的恩惠，但如果管理不好它也会给人类带来许多灾害。如洪、涝、旱和碱等自然灾害。

在旧中国，由于对水的管理不太重视，黄河经常泛滥成灾，使得黄河两岸的人民遭受洪水的侵害，许多人背井离乡、家破人亡。新中国成立后，中央政府加强了水的管理工作，修建了许多大型水利工程，使水害变为水利。为推动我国国民经济的发展和人民生活水平的提高，发挥了重要作用。但是，由于在围湖造地、毁林开荒等方面，只注重农业经济发展，不注重生态环境的保护、不遵循水的自然规律，1998年的长江大水给我们留下了难忘的血的教训。因此，要掌握水资源的自然规律，按客观规律办事，才能避开水资源有害的一面，发挥水资源有利的一面。

三、水资源分类

根据水源性质可分为地表水与地下水。

(1) 地表水的主要类型 可根据其赋存形式分为冰川、湖泊和河流等。

(2) 地下水的主要类型 根据含水介质分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。根据地下水的赋存条件又可分为包气带水、潜水、承压水。地下水主要类型和地下水的主要特征详见表 1-1、表 1-2。

表 1-1 地下水的主要类型

类型	孔隙水(松散沉积物孔隙中的水)	裂隙水(坚硬岩石裂隙中的水)	岩溶水(岩溶岩石中的水)	特殊类型水	
				多年冻结区水	火山活动区水
包气带水	土壤水;沼泽水;上层滞水;沙漠及滨海沙滩或沙丘中的水	基岩风化中季节性存在的水;熔岩流及凝灰角砾岩顶板上的水	垂直渗入带中的水(降落水)	融冻层水	温泉的衍生水;在潮湿时期火山口附近暂时活动的水
潜水	冲积层水;坡积、洪积和湖积层水;冰碛和冰水沉积层水	基岩上部裂隙中的层状或脉状潜水;沉积岩层间裂隙潜水	裸露岩溶岩层中的层状或脉状溶洞水和裂隙岩溶水	冻结层上水;冻结层间水	浅部富含气体的温热水;喷气口上部 and 间歇温泉水
承压水	松散岩层构成的自流盆地、单斜和山前平原自流斜地中的水	构造盆地和向斜及单斜岩层中的层状裂隙承压水;构成断层带及不规则裂隙中局部的水或承压水	构造盆地和向斜及单斜岩溶岩层中的层状或脉状溶洞水;裂隙岩溶承压水	冻结层下水	沿深断裂或侵入接触带上升的汽化温热水;有侵入体侵入的承压水盆地中的热矿水(常含大量稀有元素)

表 1-2 地下水的主要特征

基本类型	水头种类	主要种类	成因	补给区与分布区关系	动态特征	地下水面特征	应用价值	防污性
包气带水	无压水	土壤水;上层滞水;多年冻土区中融冻层水;沙漠及滨海沙丘中的水	主要为渗入成因,局部可能凝结成因	一致	受当地气候影响很大,一般为季节性存在的暂时性水	随局部隔水层的起伏而变化	对农业,供水意义不大,有时用于小型暂时性供水	一般水量不大,易受污染
潜水	常为无压水	冲积、洪积、坡积、湖积、冰碛层中的孔隙水;基岩裂隙溶洞中的层状或脉状水			水位、水温、水质等随当地气象因素变化而相应敏感变化	潜水面形状随相对隔水层的出现、含水层厚度及隔水底板的起伏而变化	企业供水与灌溉用水的主要对象	较易受污染
承压水	承压或自流水	构造盆地或向斜、单斜岩层间水	渗入和海洋成因	不一致	受当地气象影响不显著,水位升降决定于水压的传递	承压水面为虚构的平面,当含水层被揭露时显现出来	淡水可用于企业和灌溉用水;热矿水还可作为医疗、发电及提取矿物原料和有用元素	不易污染

第二节 自然界的水与世界水资源

一、自然界水的组成

地球上的水分布很广泛，在海洋、冰川、雪山、湖泊、河流、大气、生物体、土壤中和地层中，在全球形成了一个完整的水系统，这就是水圈。根据现有资料估算，全球水的总储量为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，其中 96% 的水是在海洋中（咸水），海洋在地球上的覆盖面积为 71%。陆地上、大气中和生物体中的淡水资源只占很少的一部分，淡水所占比例极少，约为 2.53%，而且多储存于冰川、雪山和深度为 750m 以下的地下，便于取用的河水、湖泊水及浅层地下水等水资源约为全球水的总储量的 0.02%。全球自然界中各种水体的组成与分布见表 1-3 和图 1-1。

表 1-3 地球上各种水体的组成与分布

水的形式	分布面积 / 10^4 km^2	储量 / 10^4 km^3	在全球总水中的百分比/%	
			占总水	占淡水
一、海洋水	36 130	133 800	96.5	
二、地下水	13 480	2 340	1.7	
其中：淡水	13 480	1 053	0.76	30.1
三、土壤水	8 200	1.65	0.001	0.05
四、冰川冰盖	1 622.75	2 406.41	1.74	68.7
五、永冻土底冰	2 100	30.0	0.222	0.86
六、湖泊水	206.87	17.64	0.013	
其中：淡水	123.64	9.10	0.007	0.26
咸水	82.23	8.54	0.006	
七、沼泽水	268.26	1.147	0.000 8	0.03
八、河床水	14 880	0.212	0.000 2	0.006
九、生物水	51 000	0.112	0.000 1	0.003
十、大气水	51 000	1.29	0.001	0.04
水体总储量	51 000	138 598.461	100	
其中：淡水储量	14 800	3 502.992	2.53	100

1. 冰的储水量

全球的冰储水量为 $2406 \times 10^4 \text{ km}^3$ ，占全球总储水量的 1.74%，占全球淡水资源的 68.7%，覆盖面积为 $1623 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，大部分分布在南极，约为 $1398 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占冰覆盖面积的 86%，地面冰的储水量见表 1-4。

表 1-4 地面冰的储水量

国家和地区	冰的面积/ km^2	储水量/ km^3	占总冰储水量的百分比/%
南 极	13 980 000	21 600 000	0.897 601
格 兰	1 802 400	2 340 000	0.097 24
北 极	226 090	83 500	0.003 47
欧 洲	21 415	4 090	0.000 17
亚 洲	109 085	15 630	0.000 65
北 美 洲	67 522	14 062	0.000 584
南 美 洲	25 000	6 750	0.000 281
非 洲	22.5	3	0.000 000 125
新 西 兰	1 000	100	0.000 004 16
新几内亚	14.5	7	0.000 000 291
总 计	16 232 549	24 064 142	1

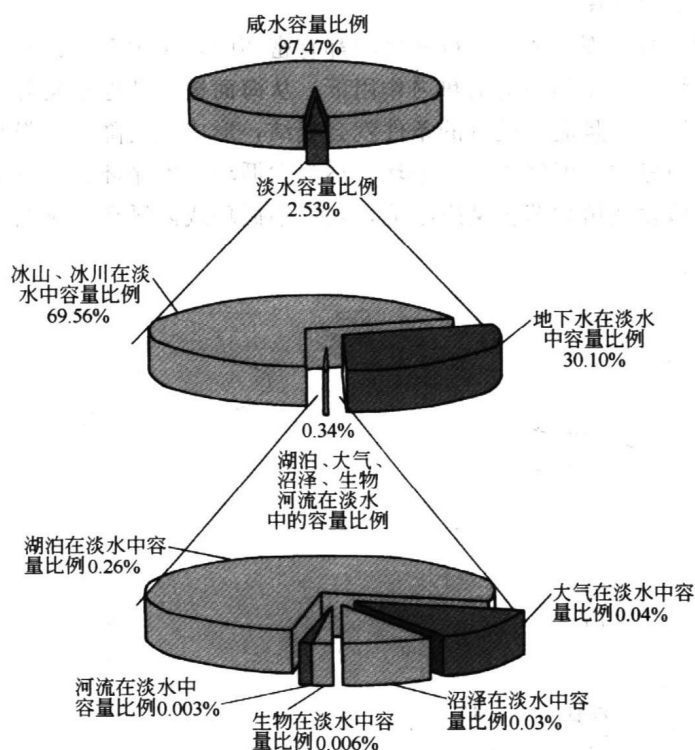


图 1-1 自然界水的组成与分布

2. 湖泊的储水量

世界湖泊水分布面积为 $206.87 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，储水量为 $17.64 \times 10^4 \text{ km}^3$ 。各大洲中面积超过 100 km^2 的湖泊有 145 个，对其中 111 个湖泊的统计，总面积为 $130 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，总储水量为 $16.8 \times 10^4 \text{ km}^3$ ，其中，淡水储量为 8.65 km^3 ，占湖泊总储量的 51.5%；咸水储量为 8.14 km^3 ，占湖泊总储量的 48.5%。咸水湖主要分布在欧洲、亚洲；淡水湖主要分布在北美洲、南美洲和非洲。世界上最大的淡水湖是位于美国和加拿大之间的苏必利尔湖，面积达 $82\,000 \text{ km}^2$ 以上；水量和水深最大的淡水湖是俄罗斯的贝加尔湖。世界各大洲的大湖泊见表 1-5。

表 1-5 世界各大洲大湖泊的储水量

大 陆	面积超过 100 km^2 的湖泊数/个		总面积/ 10^4 km^2	储水量/ km^3	
	总 计	统 计		淡 水	咸 水
欧洲	34	30	43.04	2 047	78 000
亚洲	43	24	20.99	27 782	3 165
非洲	21	15	19.68	30 000	
北美洲	30	20	39.29	25 623	19
南美洲	6	21	2.78	913	2
澳洲	11	1	4.17	154	174
总 计	145	111	129.95	86 519	81 360

二、水循环及水量平衡

大气圈、水圈、岩石圈中的水，彼此之间都有密切的转化关系，这种关系主要是通过水的循环来实现的。海水在太阳照射的热力作用下，从海面被不断地蒸发升空，然后通过风力的作用，在空中运行，一旦遇到适宜的条件就会凝结，形成大气降水，降水至陆地，再以径流及蒸发等形式返回海洋，即完成一次循环，称为大循环或外循环。当海面蒸发降至海面或由陆地江、河、湖蒸发及植物蒸腾又降陆地，则称小循环或内循环（见图 1-2）。

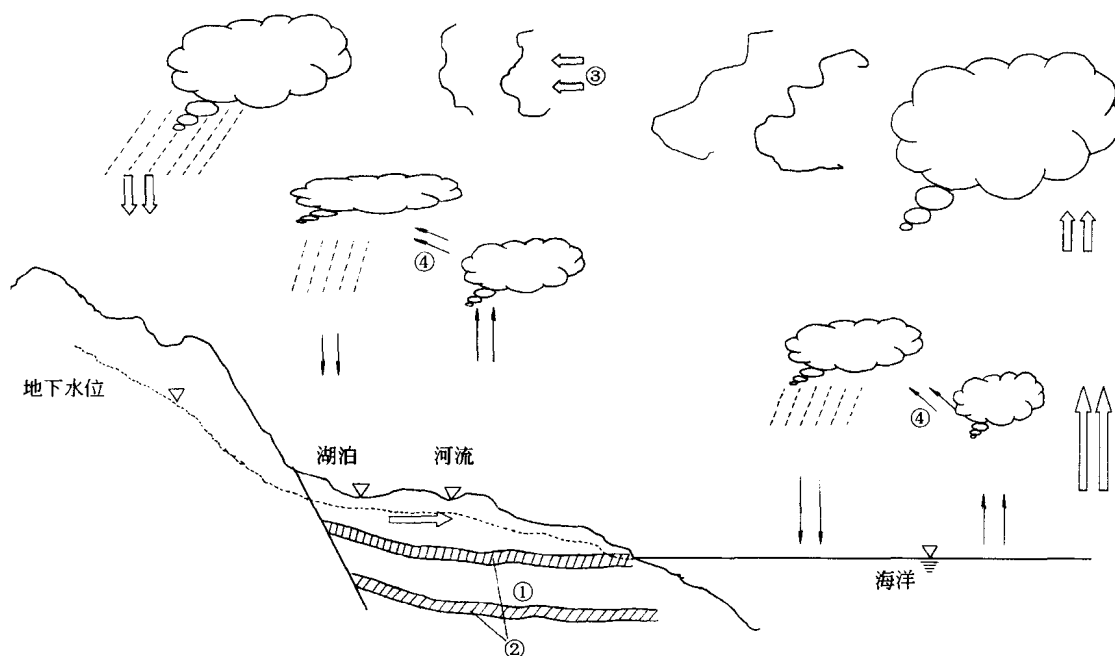


图 1-2 自然界中水循环示意
①—含水层；②—隔水层；③—大循环；④—小循环

在水圈中，参与水循环的水量只是其中的一部分，自然界水循环是通过蒸发、降水和径流 3 个主要的环节来完成。据估算，全球多年平均年降水量为 $1\,130\text{mm}$ ，折合水体 $57.7 \times 10^4 \text{km}^3$ ，其中，39.5% 形成河川径流，重新回归于海洋中。陆面蒸发量为 $7.2 \times 10^4 \text{km}^3$ ，为陆面降水量的 60.5%。世界各分区水量均衡状况见表 1-6 和表 1-7。

表 1-6 自然界水量的均衡状况

区 域	面积/ km^2	水均衡要素	水量/ km^3	水深/ mm
海洋	360×10^6	降雨	447.9×10^3	1 140
		蒸发	411.6×10^3	1 200
		河水流入量	36.3×10^3	100
陆地外流域	117×10^6	降雨	99.3×10^3	850
		蒸发	63.0×10^3	540
		河水径流	36.3×10^3	310
陆地内流域	33×10^6	降雨	7.7×10^3	240
		蒸发	7.7×10^3	240
全球	510×10^6	降雨或蒸发	518.6×10^3	1 017

表 1-7 各大洲水量均衡状况

分区	面积/ 10^4 km^2	降水量		蒸发量		径流量	
		/mm	/ km^3	/mm	/ km^3	/mm	/ km^3
欧洲	1 050	790	8 290	507	5 320	283	2 970
亚洲	4 348	740	32 200	416	18 100	324	14 100
非洲	3 012	740	22 300	587	17 700	153	4 600
北美洲	2 420	756	18 300	418	10 100	339	8 180
南美洲	1 780	1 600	28 400	910	16 200	685	12 200
大洋洲	895	791	7 080	511	4 570	280	2 510
南极洲	1 398	165	2 310	0	0	165	2 310
全部陆地	14 903	800	119 000	485	72 000	315	47 000
外流区	11 903	924	110 000	529	63 000	395	46 000
内流区	3 000	300	9 000	300	9 000	34	1 000

三、世界水资源

1. 水资源分布

因为各国发展不平衡,各国对水资源的重视程度也不同,要对全球地下水资源量进行估算比较困难。所以通常采用多年平均径流量来表示水资源量。河川径流量最能反映水资源数量和特征,它不仅包含着降雨时产生的地表水,而且还包含地下水的补给(河川基流量)。为此,通过分析世界各地的河川径流量便可说明全球水资源的分布状况。各大洲的水资源量见表 1-8 所示。

表 1-8 各大洲的水资源量

大 陆	河川径流		占总径流量的百分比/%	河 川 指 标			
	径流深度 /mm	径流量 / km^3		面积 / 10^4 km^2	径流模数 / $(\text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a})$	人口 / 10^6 人	人均径流量 / $(\text{m}^3/\text{人})$
欧 洲	306	3 210	7	1 050	30 571	728	4 409
亚 洲	332	14 410	31	4 348	33 145	3 684	3 912
非 洲	151	4 570	10	3 012	15 173	800	5 713
北美洲	339	8 200	17	2 420	33 884	306	26 797
南美洲	661	11 760	25	1 780	66 067	518	22 703
大洋洲	267	2 388	5	895	26 682	31	77 032
南极洲	165	2 310	5	1 398	16 524		
总 计	314	46 848	100	14 903	31 435	6 067	7 714

注:表中人口数据来自于世界人口网站(2000年),水资源量数据来自世界水论坛。

2. 水资源开发利用

从世界范围来看,农业是最大用水户,农业用水占世界水资源量的三分之二(见表 1-9 和表 1-10)。低收入国家的农业用水量占 91%,而高收入国家仅占 39%。20 世纪 80 年代,世界农业用水量平均占 68%,至 2000 年下降为 60%。从收入水平看,高收入国家人均用水、年用水量高,城市生活和工业用水比例较高。从各洲用水发展情况看(见表 1-11),全球城市生活和工业用水比例在不断提高,由 20 世纪 80 年代的 32%提高到 2000 年的 40%。以欧洲和美洲所占比例最大,欧洲由 20 世纪 80 年代的 69%提高到 2000 年的 74%,南美洲由 20 世纪 80 年代的 44%提高到 2000 年的 62%,北美洲由 80 年代的 53%提高到 2000 年的 55%。而亚洲城市生活与工业用水比例较低,20 世纪 80 年代为 14%,到 2000 年为 26%。

表 1-9 国家收入水平与年用水量

国家收入水平	人均年用水量/ m^3	各部门用水量/%		
		生活	工业	农业
低收入	386	4	5	91
中等收入	453	13	18	69
高收入	1 167	14	47	39

注：表中数据来源于“水信息网站”。

表 1-10 全球各用水部门水量估算

用水部门	估计用水量/ (km^3/a)	占总量的/%	估计消耗水量/ (km^3/a)	占总量的/%
农业	2 880	65	1 870	82
工业	975	22	90	4
城市	300	7	50	2
水库蒸发损失	275	6	275	12
合计	4 430	100	2 285	100

注：表中数据来源于“水信息网站”。

表 1-11 世界各地各用水部门的用水量变化/%

地 区	农业用水		生活和公共用水		工业用水	
	20 世纪 80 年代	2000 年	20 世纪 80 年代	2000 年	20 世纪 80 年代	2000 年
欧洲	31	26	14	17	55	57
亚洲	86	74	6	10	8	16
非洲	88	72	7	13	5	15
北美洲	47	45	10	11	43	44
南美洲	56	38	19	17	25	45
大洋洲	74	69	19	19	7	12
总计	68	60	8	11	24	29

注：表中数据来源于“水信息网站”。

第三节 中国水资源概况

一、自然概况及水资源分布

我国位于世界最大的大陆，即亚欧大陆的东侧，濒临世界最大的海洋，即太平洋，南北跨纬度 50° ，东西跨经度 60° ，土地面积约为 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，地域辽阔、地形复杂、气候多样、江河众多资源丰富，是一个人口众多、社会生产力正在迅速发展的国家。

1. 地形地貌

我国地势西高东低，以青藏高原为最高点，自西向东逐级下降，明显分为三级阶梯。最高一级为青藏高原，平均海拔为 4500 m ，面积约为 $250 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，为世界上海拔最高的高原。高原上有雪山连绵的巨大山脉，自北而南有昆仑山、阿尔金山及祁连山、唐古拉山、喀喇昆仑山、冈底斯山和喜马拉雅山，东南部为横断山脉，山岭间形成有无数的小湖泊和山间盆地。第二级阶梯，海拔为 $1000 \sim 2000 \text{ m}$ ，由内蒙古高原、黄土高原、云贵高原和阿尔泰山、天山、秦岭等山脉组成。高山之间有巨大的盆地，如四川盆地、塔里木盆地、准噶尔盆地等。沿第二级阶梯东侧的大兴安岭、太行山、巫山、武陵山和雪峰山一线以东，直至海滨为第三级阶梯。自北而南分布有东北平原、华北平原、长江中下游平原和珠江三角洲，这些平原是我国重要的农业基地。在平原以东及东南，有相当宽广的中山、低山和丘陵。在北部