

城市水资源评价 及开发利用

吴文桂 洪世华 主编



河海大学出版社

城市水资源评价及开发利用

吴文桂 洪世华 主编

河海大学出版社

21161/45

内 容 提 要

《城市水资源评价及开发利用》一书系统地介绍了城市水资源的基本知识，着重论述了城市水资源评价及开发利用方面的基本原理及计算方法，并力求反映近几年国内外有关这方面的经验和最新技术。

全书共分七章：第一章，城市水资源概论，介绍城市水资源概念、特点、研究目的及研究概况；第二章，城市水资源评价，介绍各种水的评价方法；第三章，城市水资源开发利用，介绍各种水开发利用中的有关问题；第四章，城市用水调查及估算，介绍城市各部门用水的调查估算方法；第五章，城市水资源供需平衡分析，介绍供需平衡的分析原则、方法与成果综合；第六章，城市水污染及水源保护，介绍水质分析、监测及水源保护问题；第七章，城市合理用水与节水，介绍各用水部门的节水措施。

本书可供从事城市规划、管理和水资源规划的工作人员参考，也可作为大专院校有关专业师生和培训班的教学参考用书。

城市水资源评价及开发利用

吴文桂 洪世华 主编

河海大学出版社出版

(南京市西康路壹号)

新华书店南京发行所发行 各地新华书店经售

空军指挥学院印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.7 印张 174千字

1988年6月第一版

1988年6月第一次印刷

印数：0001—2000册

定价：2.50元

书号：ISBN 7-5630-0040-2/TV·4

编 者 的 话

水资源问题是涉及社会、经济、科技各方面的一门新兴学科。

城市水资源问题是当前水资源的核心问题之一。由于我国大部分城市缺水,加上城市水资源与城市规划建设和城市发展关系密切,许多大城市的水资源问题已成为城市国民经济发展的制约因素。因此,城市水资源就成为当前普遍关注的重要问题,越来越多的部门和科技人员正投入城市水资源的研究工作,渴望了解城市水资源评价及开发利用的基本原理及计算方法。

为了适应当前城市水资源评价及开发利用工作的需要,我们根据北京市水资源评价及开发利用的研究实践,参考国内外城市水资源研究的有关资料编写了本书。本书由吴文桂、洪世华主编。参加编写的有北京市水利规划设计研究院吴文桂、洪世华、项文娟、王金如、尤德馥、李徽芳、谢宝瑜,北京市城市规划设计研究院文立道、曹型荣、段昌和、唐志伟、张卫红,清华大学翁文斌,北京市水文总站张为华和北京市水利中心调度处廖良才。

本书由北京市水利局总工程师、高级工程师黄震东,北京市城市规划设计研究院副总工程师、高级工程师庞尔鸿,水利电力部水文局高级工程师蔡克疆担任审稿工作。河海大学兼职副编审刘金清为本书责任编辑。

一九八八年三月

目 录

第一章 城市水资源概论	(1)
第一节 水资源的概念及特点	(1)
第二节 城市水资源研究目的及研究概况	(6)
第二章 城市水资源评价	(11)
第一节 地表水资源评价	(11)
第二节 地下水资源评价	(22)
第三节 污水资源评价	(46)
第三章 城市水资源开发利用	(58)
第一节 地表水资源开发利用	(58)
第二节 地下水资源开发利用	(80)
第三节 污水开发利用	(93)
第四节 海、咸水开发利用	(104)
第四章 城市用水调查及估算	(109)
第一节 城市生活用水调查估算	(109)

第二节	城市工业用水调查分析	(125)
第三节	城郊农村用水调查分析	(142)
第四节	城市环境用水	(161)
第五章	城市水资源供需平衡分析	(165)
第一节	概述	(165)
第二节	供需平衡分析原则	(166)
第三节	供需平衡分区及时段划分	(170)
第四节	供需平衡分析及成果综合	(174)
第五节	系统分析在供需平衡中的应用	(179)
第六章	城市水污染及水源保护	(189)
第一节	水质的概念及标准	(189)
第二节	水污染源、污染种类及主要监测指标	(195)
第三节	水污染的防治与水源保护	(199)
第七章	城市合理用水与节水	(202)
第一节	城市生活的合理用水与节水	(202)
第二节	城市工业的合理用水与节水	(209)
第三节	城郊农业的合理用水与节水	(213)
附 表		(220)

第一章 城市水资源概论

水是生命的源泉，是生态环境系统中最活跃、影响最广泛的因素，又是工农业生产过程中不可取代的重要资源。因此，任何社会对水都十分重视。随着人口的增长、城市建设和工农业生产的发展，以及人民生活水平的提高，对水的需用量会越来越大。水资源问题日益为各国所重视，全世界都把水作为国家主要资源进行开发利用、保护和管理。

第一节 水资源的概念及特点

一、水资源的概念

什么叫水资源？它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，包括量和质两方面的意义。水资源概念有广义和狭义之分。

广义上讲，凡是对于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。广义的水资源就是把地表水、地下水和土壤水视为一个整体。同时考虑工程措施和生物措施两种用水方式，用“大气降水”来表示水资源数量。这里所提的大气降水就是“降水量”。

狭义上讲，是指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

(水库) 中的地表水和渗入地下形成的地下水。狭义的“水资源”，一般是用河川径流量来表示水资源数量。人们利用这部分水资源来满足生活用水、工业用水、农业用水的需要。这部分水资源的多少，直接受降水多寡的影响。

二、水资源的特点

水是一种动态资源，在水多的地方和洪水季节往往泛滥成灾；在水少的地方和枯水季节往往又变成“水贵如油”。

水是可以再生的资源，但其数量却是有限的，并不是取之不尽用之不竭的。

水具有许多自然特性和独特的功能。只有充分认识水资源的特点，才能有效、合理地利用它。

水资源具有以下五个特点：

(一) 循环性和有限性

众所周知，全世界整个陆地上的淡水储量仅占全球水总储量的2.5%。为什么经过长期的天然消耗和人类取用而不见减少？这是因为地表、地下的各种淡水水体均处在水循环系统中，并能不断得到大气降水的补给，亦即水资源所具有的循环性。作为陆地上各种水体的补给水源是较少的。全球陆面平均年降水量为119万亿立方米，只占淡水储量的0.34%。因此，陆地降水量119万亿立方米是人类世界各种消耗用水量的极限。实际上，由于种种原因，远远不能达到这个数字，亦就是水资源所具有的有限性。水资源的循环性和有限性决定了水资源不是取之不尽用之不竭的、水资源在一定数量限度内，才是可以不断取用的。

我国平均每年降水约6万亿立方米，其中56% (即3.4万亿立方米) 通过土壤蒸发和植物散发又回到了大气中，余下的

44% (即2.6万亿立方米) 通过江河流入海洋或消失于沙漠里。这2.6万亿立方米的水就是我国总水资源量。世界各国水资源总量是47万亿立方米, 我国仅占5%左右, 比巴西、苏联、加拿大、美国、印尼等国都少, 居世界第六位。可是我国人口众多, 每人平均占有2670立方米, 只相当于苏联人均水量的1/7, 相当于美国人均水量的1/5, 相当于世界人口平均水资源占有量的1/4, 是世界上水资源占有量少的国家之一。

北京作为闻名于世的文明古都、伟大的中华人民共和国的首都, 却是个严重缺水的城市。全市水资源人均占有量仅为全国人均的1/6, 为世界人均占有量的1/25, 在世界120个国家、地区的首都或重要城市中居百位以后。

(二) 时空分布不均匀性

顾名思义, “时”就是“时间”, “空”就是“空间”。“时空分布”就是某物理量在时间上和空间里的分布情况。

以北京气象站的雨量资料和北京地区多年平均降雨量等值线图为例, 来说明时间分布和空间分布情况。

“时间分布”是指同一地点、不同时间年降水量的分布过程。

“时间分布”有两项内容:

第一, 是历年之间的分布, 称之为“年际分配”;

第二, 是一年之内逐月、逐日或逐时的分布, 谓之为“年内分配”, 对水资源而言, 一般采用逐月的分布情况。

北京气象站具有一百多年的实测雨量资料。从年际分配来看, 1959年降水量达1406毫米, 1869年年降水量仅为242毫米, 雨量相差达6倍; 从年内分配来看, 一年之中约有85%以上的降水量集中在六、七、八、九四个月 (北京及邻近地区把

这四个月称为汛期)。

根据史料统计，从1470年到1974年505年之中，华北地区出现涝年和偏涝年152次；旱年和偏旱年177次。曾出现持续3年的丰水期，持续6年的枯水与偏枯水期，最长曾持续达26年。由此可见，水资源在时间分配上是很不均匀的。

以北京地区多年平均降雨量（毫米）等值线图来说明其空间分布情况，详见图1—1。

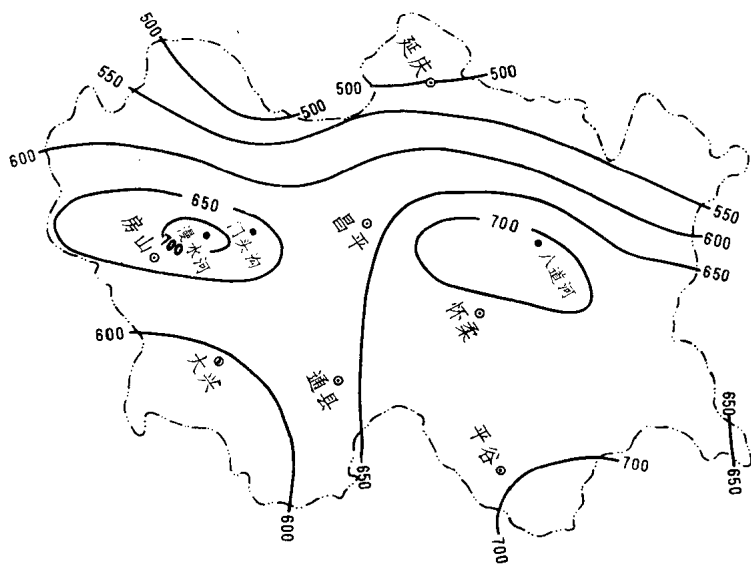


图1—1 北京地区多年平均降雨量等值线图
(1956~1979年)

由图1—1可以看出，北京地区多年平均年降雨量最高值发生在房山、漫水河、门头沟；怀柔、八道河和平谷等地，中心区雨量可达700毫米以上，由中心区向山前和山后呈递减趋势，东南部平原和延庆盆地年降雨量减少到400~500毫米左右。这说明水资源在空间上分布也是很不均的。

（三）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，在国计民生中的用途相当广泛，各行各业都离不开水。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。水是生命的摇篮，是一切生物的命脉。成人体内含水量占体重的66%，哺乳动物含水量为60~68%，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40亿人口体内含有水分11200亿吨。由此可见，水在维持人类生存和生态环境方面是不可代替的，是比石油、天然气、煤更加宝贵的自然资源。

（四）经济上的两重性

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、土壤次生盐碱化、水质污染、环境恶化、地面下沉和地震等。这些都是水在开发利用中可能引起的灾害，并造成经济上的衰退。因此，在水资源的综合开发和合理利用中，应达到兴利和除害的双重目地。

（五）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又互相转化的。河川径流中包括一部分地下水的排泄量，而地下水也承受地表水入渗的补给。地下水开采利用多了，必然导致河川径流和泉水流量的减少，如北京闻名的西山玉泉山，在五十年代泉水流量可达 $1\text{米}^3/\text{秒}$ 以上；七十年代泉水不能自流，1980年就完全干涸。这是由于北京城近郊区地下水严重超采，地下水位已经形成一个大的降落漏斗，加之自七十年代以来，北京地区的降雨量较少，干旱频频出现，补给地下水量亦少，因此作为地表水与地下水的互相转化特征的泉水就断流了。

认识并掌握了水资源的上述五个特点，人们才能有效地开发和合理利用有限的水资源。

第二节 城市水资源研究目的及研究概况

一、城市水资源研究的目的

(一) 水资源在城市发展中占有极其重要的地位和作用

1. 水是城市形成的首要条件

前已述及，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、印度的恒河和美索不达米亚的底格里斯河和幼发拉底河，都以其丰富的乳汁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。反之，由于水源的枯竭，致使城市变成荒芜废墟的例子，在世界各地也多发现。如我国新疆丝绸之路上的楼兰等。

2. 水是城市发展的必要条件

为了城市的发展，必须开发利用和管理好水资源。“治水”与“用水”是城市发展中的必要条件。“治水”主要表现在城市的防洪和排涝方面；“用水”主要体现在“供水”、“漕运”、“灌溉”等方面。以北京为例，自金建都薊城800多年来，为了都城的建设、城市的用水、城市的美化和漕运的发展，历代都充分地开发利用都城附近的泉水，成功地建成了一个完善的供水排水河湖系统。

北京历史上有名的房涿涿灌渠工程、房陵堰和白浮引水等工程，曾使北京出现“舳舻蔽水”船货云集的盛况。解放后，由于开发了永定河、潮白河冲洪积扇丰富的地下水源；开发治理了永定河、潮白河，修建了官厅、密云两大水库，引水到北京，致使工农业生产蓬勃发展，城市面貌大大改观。由此可见，水资源是城市发展的必要条件。

3. 水是制约城市发展的重要因素

从世界范围来看，产业革命以后，工业迅速膨胀，人口向城市集中，许多大城市的用水发生了困难；十九世纪中期，由于水的污染，一些大城市发生流行性传染病，使数以万计人死亡；本世纪中期，许多国家的城市发生了水荒；并由于水污染而引起了震惊世界的公害病。从此，水的问题受到了世界性的重视。

1973年，在联合国“人类环境会议”上，多数国家的报告，都把水荒和水污染问题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”。由此可见，水已成为制约城市发展的重要因素。

（二）城市水资源研究的目的

城市的发展必须与可供利用的水资源相适应，水资源是我们考虑问题的出发点之一，无论作计划，办工业或搞其它事业，都要考虑到这个问题。

根据自然规律，城市水资源的开发与供水设施的建设，必须提前或同步于国民经济与城市建设的发展。城市的人口、规模、工农业的发展及其构成，应与当地可供利用的水资源相适应。新建城镇的规模及其经济结构更应以可供利用的水资源量来确定。

为此，研究城市水资源的目的，是通过对城市水资源的研究，从科学、经济、社会、环境等各种因素出发提出合理开发利用水资源的方案，为制定城市总体规划、指导工农业发展提供决策依据。

二、城市水资源研究概况

城市水资源的研究就是水资源开发利用的研究，它包括防洪、兴利、生态、环境等各个方面，是一个跨学科的综合性的研究课题。

根据当前的发展情况，城市水资源的研究大致包括以下内容：骤发的暴雨洪水与城市规划特点（防洪、给排水与系统管理）；城市水质与水量的分析；水环境与城市规划因素有关的城市水资源问题；城市水源的管理、监测与保护；城市污水处

理；城市水资源的法规与水经济政策；城市供水与水资源的开源和节流等。

由于增加人为的因素，城市水资源系统比天然水资源情况显得更为复杂，如储水、供水、配水和排水等诸环节。以水质为例，在天然河流中只需一次性分析水的化学成分；在城市中，水质问题就变得特别重要，如供水水质、污水净化前后水质、排污水水质等，都是需要掌握的重要环节。城市水资源系统如图1—2。

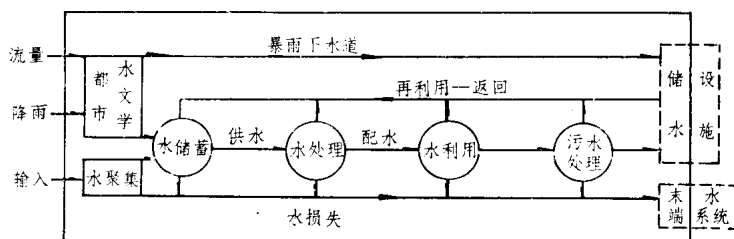


图1—2 城市水资源系统

开发利用城市水资源有一个认识实践的过程。在建国初期，鉴于历史上曾发生的严重洪涝灾害，同时由于我国城市发展和工农业生产水平都很低，供水矛盾不十分突出。因此，在开发利用水资源上，首先考虑的是防洪除害。随着城市建设的发展和人民生活水平的提高，当地水资源的开发利用由供需平衡发展到水资源短缺。目前，城市水资源的短缺已成为我国许多城市的普遍现象，影响了城市的进一步发展。我国城市水资源的

研究已由开发为主阶段转向“节水”、“污水资源化”、“海水淡化”及“跨流域调水”等研究阶段。

下面以北京地区水资源的兴利部分以及与兴利有关的问题，来阐述城市水资源研究的具体发展阶段。它大致可以分为以下三个阶段：

第一阶段，水资源开发中各种水利设施的规模，是根据各用水部门的需求规划来确定的。由于规划往往留有余地，加上配套工程不能及时修建，因此水资源开发后其供水能力及供水量一般都大于实际需求。这一阶段，我们称之为“以需定供”阶段。

第二阶段，水资源开发是以配套工程为主，随着配套工程的不断健全，社会经济建设不断发展，用水量不断增加，并逐步达到各种水利设施的供水能力。这一阶段，称为正常开发阶段，即“供需平衡”阶段。

第三阶段，水资源开发中水利设施的建设速度跟不上用水部门需求量的增长速度，供需不平衡，出现需大于供的现象，迫使人们限制某些地区或部门的供水量和改变原有“供水系统”、“水权”转移以及改变用水结构等。这一阶段称为“以供定需”阶段。

目前，北京正处在水资源开发利用的第三阶段。

第二章 城市水资源评价

联合国教科文组织在水的会议上，建议水资源评价的定义是“确定水的资源量（包括质）、范围和相互关系，据此可以评价利用和控制它的可能性”。

水资源评价一方面是对水资源数量和质量估计和评价；另一方面是研究资源的开发利用状况和发展，所以水资源评价与社会经济、环境条件有密切的关系。

本章重点介绍地表水、地下水、污水、海水等资源的评价。

第一节 地表水资源评价

地表水资源包括河流、湖泊、沼泽和冰川。目前我们通常把河流“动态”资源——河川径流量近似地作为地表水资源，将其他水体列为专门课题，另行估算。

地表水资源评价的内容包括降雨量、径流量、蒸发和泥沙四部分，这里主要介绍年降雨量与径流量的评价。

一、年降雨量分析

（一）分析内容

要求对年降雨量特征值、地区分布、年降雨量的年内分配和多年变化进行研究，需编制下列图表：