

城市用水



任光照 杨继孚 黄永基 曹型荣

CHENGSHI YONGSHUI

水利电力出版社

城市用水

任光照 杨继孚 黄永基 曹型荣

水利电力出版社

内 容 提 要

随着工农业生产的发展、人口的增长和生活水平的提高,各方面对水的需求与日俱增。为合理开发和有效利用水资源,城市生活和工矿企业用水已成为关系经济和社会发展全局的战略问题。本书在调查研究、综合分析的基础上,论述了工业用水、城市生活用水,以及合理用水和节约用水等问题,对推动城市用水规划、节约用水,具有一定参考意义。

城 市 用 水

任光照 杨继孚 黄永基 曹型荣

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5.5印张 120千字

1989年2月第一版 1989年2月北京第一次印刷

印数0001--3710册 定价2.65元

ISBN 7-120-00418-2/TV·181

前 言

水是人类生产、生活中不可缺少和无可替代的重要物质。随着我国工农业的发展、人口的增加和生活水平的提高，各方面对水的需求量与日俱增，水资源供需矛盾日趋严重。合理开发和有效利用水资源，特别是城市化过程中的城市生活和工矿企业用水，已经成为一个关系经济和社会发展全局的重要战略问题。

当前，我国北方城市水资源短缺，沿海城市淡水供应不足，城市和工业的污染，又降低了可利用量，增加了供需矛盾，问题十分突出。随着社会主义现代化建设和城镇系统的扩大，加强城市用水和节水的研究愈来愈显示出它的必要性与重要性，成为国家和社会公众所关心的重大课题。

《城市用水》是在近几年开展城市用水调查和用水问题研究，以及综合分析资料的基础上编写而成。内容主要包括工业用水、城市生活用水，以及合理用水和节约用水等，并尽可能地采用最新资料，提供有关经验数据和实测成果，为有关工业、城建、水利、环保等部门提供参考。

我国城市用水调查和研究工作还十分薄弱，资料十分缺乏。本书在全面系统了解和初步总结城市用水的各种问题，并在分析研究城市工业用水的各种规律和介绍国内外城市工业用水的有关经验方面，做了大量系统的工作，对推动城市用水规划和节水管理方面颇有参考价值。

国家计委国土局总工程师 刘善建

25501/111

目 录

前 言

第一章	绪论	1
第一节	城市用水及其面临的危机	1
第二节	研究城市用水的目的	9
第二章	工业用水	15
第一节	工业用水的分类	16
第二节	工业用水调查与计算	19
第三节	工业用水预测	48
第三章	城市生活用水	75
第一节	概述	75
第二节	生活用水调查与计算	81
第三节	生活用水量预测	94
第四章	城市节约用水	105
第一节	概述	105
第二节	工业节约用水	108
第三节	工业用水的水平衡测试	126
第四节	城市生活节约用水	135
附表		147
附表 1	居住区生活用水标准	147
附表 2	集体宿舍、招待所（旅馆）和公共建筑用水标准及 小时变化系数	149
附表 3	工业企业建筑生活用水标准及小时变化系数	156
附表 4	淋浴用水量	156
附表 5	冲洗汽车用水标准	156
附表 6	各种建筑物的脏衣物累计数量表	157

附表7	城市(或居住区)室外消防用水量	157
附表8	中国北方城市工业用水情况(1984年)	158
附表9	中国南方城市工业用水情况(1982年)	160
附表10	中国部分县属工业用水情况(1982年)	162
附表11	工业废水中的有害物质	164
附表12	工业废水最高容许排放浓度	165
附表13	工业用水的水质标准	166
附表14	生活饮用水卫生标准	168
参考文献		169

第一章 绪 论

第一节 城市用水及其面临的危机

水是生命的摇篮，也是人类一切经济活动的命脉。城市生活和建设每时每刻都要用水。世界上几乎所有城市都依水源而建，其原因之一就是为了方便用水。

水是工业的血液。城市缺水，直接影响工业产值和财政收入，影响国民经济发展的速度。在工业生产中，有的用水作为工作动力（如蒸汽机、水力发电）；有的用水为机器和设备冷却（如汽轮机、炼钢炉）；有的用水作原料和成品的洗涤剂（如焦化厂、煤制品厂、纺织印染厂）；还有的用水调节生产车间的温度和湿度，以及用水作溶剂等等。总之，每一个行业、每一种产品都需要一定数量的用水（图1）。

水是农业的命脉。农业需要水，农作物在整个生长过程中都离不开水。正是由于人工灌溉，才发展了尼罗河、幼发拉底河和底格里斯河、印度河、黄河流域的古代文明。古代“丝绸之路”是沿着当时有水草的地方通过。

在建设现代化文明城市中，水是净化城市环境的泉源。水能给人以欢乐，水质洁净的江、河、湖、库、海滨等地是人们休息和游乐、运动的场所。全世界每年都有数亿人千方百计奔向海滨、湖泊、水库江河的岸边，去休憩疗养，恢复精力，增进健康。在日本甚至有庆祝“河海开放”节——开始洗浴的日子。在我国部分少数民族地区也有欢度“泼水节”的盛况。

总之，水是城市生活和建设中的重要物质基础，并且是

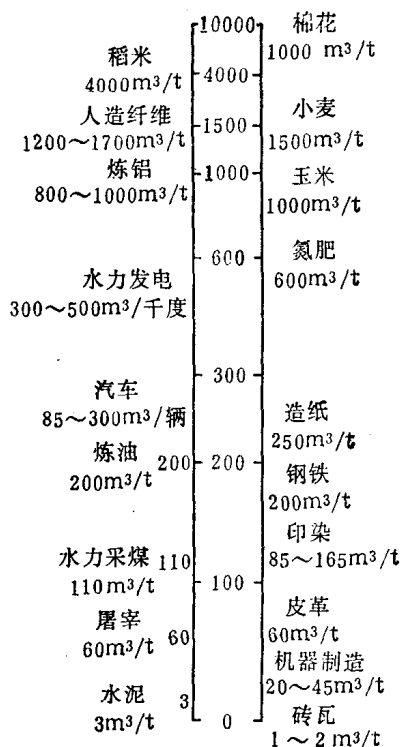


图 1 若干工农业产品的用水量
(单位除注明者外, 全为 m^3/t)

其它物质所不能替代的。

但是, 很多人对于水的本质并不真正了解, 对城市用水并不那么重视。总认为水在地球上处于永不停息的循环之中, 是“取之不尽, 用之不竭”的, 对水也就不那么珍惜, 从而造成对水资源的盲目开发和任意污染, 于是水荒问题日益突出。如果人类对于水, 尤其是淡水的使用, 不注意开源节流, 就会受到灾难性的惩罚。

地球表面70%被水覆盖着, 为什么还会发生水源危机呢? 这是因为地球上虽有 13.86 亿 km^3 的水, 但海洋水占了96.5%, 冰川和冰盖占了1.96%, 余下的又有很大部分是内陆

湖和咸水, 实际可取的淡水还不到0.003%; 而且这些可取得的淡水资源分布极不均匀。据估计, 目前地球陆地面积的60%已面临淡水不足, 世界上有43个国家缺水。由于人类活动需水量迅速增加, 利用不合理, 管理不统一, 大量的工业废水, 生活污水及其它废物排入水体, 使许多淡水资源失去利用价值, 以及人口和工农业生产布局不均匀等原因, 已

引起不少国家和一些地区可用水资源日益减少，水的供需矛盾更加突出。

在我国辽阔的土地上，每年平均可以得到的降水总量约 6.0 万亿 m^3 ，其中 56% 的雨水为土壤蒸发和植物的消耗，剩余 44% 的雨水形成径流和渗入地下成为地下水。全国水资源总量虽然有 2.7 万亿 m^3 ，居世界第 6 位，但人均每年占有水量仅 2700m^3 ，只有世界人均占有量的 $1/4$ ，居世界第 84 位，因此我国水资源并不丰富，而且在地区上和时间上分布极不均匀。南方水多，耕地少；北方水少，耕地多。水、土资源的组合极不平衡。全国将近一半的国土年降水量少于 400mm ，占全国总面积 35% 的内陆河水系，年径流只占全国的 4.2% ；黄河、淮河、海河流域的径流量只占全国的 6.6% ，而耕地却占了全国的 40% ，每亩耕地占有的水量只为全国平均值的 16% 。在北方水少地区还分布着不少大中城市和工矿企业及能源基地，供需矛盾十分突出。由于受季风气候的影响，我国大部分地区的降水量和径流量，在季节上分配不均，每年有 60% 以上集中在夏秋 $3 \sim 4$ 个月内，且多以暴雨形式出现；年际变化很大，并且存在连续枯水、丰水年交替出现的现象。要充分利用水资源，必须对水量进行调蓄，以丰补欠，在时间上对水量进行再分配。

由于城市用水量不断发展，特别是我国北方干旱地区，一般城市用水历史大致可以分为三个阶段（图 2）：

第一阶段为初期。在这一阶段内，城市区域范围内的天然可利用的水资源量远大于城市的用水量；天然水体环境污染容量远大于水体污染负荷量。城市用水基本上不会出现问题。

第二阶段为平衡阶段。这时城市区域范围内，天然可利

表 1

世界水储量^[9]

水的分类	分布面积 (万km ²)	水 量 (万km ³)	水 深 (m)	所占百分数(%)	
				占总储量	占淡水 储 量
一、海洋水	36130	133800	3700	96.5	—
二、地下水(重力水 和毛管水)	13480	2340	174	1.7	—
其中地下淡水	13480	1053	78	0.76	30.1
三、土壤水	8200	1.65	0.2	0.001	0.05
四、冰川与永久雪盖	1622.75	2406.41	1463	1.74	68.7
1. 南极	1398	2160	1546	1.56	61.7
2. 格陵兰	180.24	234	1298	0.17	6.68
3. 北极岛屿	22.61	8.35	369	0.006	0.24
4. 山脉	22.4	4.06	181	0.003	0.12
五、永冻土底冰	2100	30.0	14	0.022	0.86
六、湖泊水	206.87	17.64	85.7	0.013	—
1. 淡水	123.64	9.10	73.6	0.007	0.26
2. 咸水	82.23	8.54	103.8	0.006	—
七、沼泽水	268.26	1.147	4.38	0.0008	0.03
八、河床水	14880	0.212	0.014	0.0002	0.006
九、生物水	51000	0.112	0.002	0.0001	0.003
十、大气水	51000	1.29	0.025	0.001	0.04
水体总储量	51600	138598.461	2718	100	—
其中淡水储量	14800	3502.922	235	2.53	100

资料来源: "Water Resource of the World", 1975。

联合国会议论文《世界水平衡和地球水资源》1977。

用水量基本与城市用水量趋于平衡, 或天然水体环境污染容量与城市用水污染负荷量趋于平衡, 城市用水只是在局部地区的枯水年份、枯水期出现局部紧张。

第三阶段为水荒阶段。城市区域的可利用水量远小于城市用水量, 甚至小于城市的耗水量, 或者天然水体环境污染

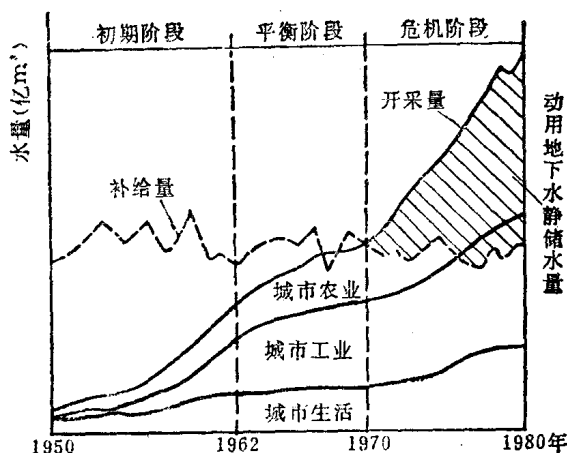


图 2 城市用水的三个阶段示意图

表 2 世界和中国的水量平衡比较表 单位: mm/a

项 目	全 球 陆 地	中 国			
		全 国	北 方	南 方	内 陆 河
年降水量 P	834	628	544	1160	152
年径流量 R	294	278	128	630	36
地表径流 R_s	204	213	93	493	22
地下径流 R_g	90	65	35	139	14
陆面蒸发 E	540	350	416	530	116
地表和土壤水总含水量 W	630	415	451	669	130
$K_1 = E/W$	0.85	0.84	0.92	0.79	0.89
$K_2 = R_s/W$	0.14	0.16	0.08	0.21	0.11
$K_3 = R_g/R$	0.31	0.23	0.27	0.22	0.39
$\alpha_R = R/P$	0.35	0.44	0.23	0.54	0.23
$\alpha_s = R_s/P$	0.24	0.34	0.17	0.42	0.14
$\alpha_g = R_g/P$	0.11	0.10	0.06	0.12	0.09

容量远小于水体污染负荷量。这时，出现普遍的缺水现象，随着城市用水量继续增加，缺水将愈来愈严重，出现水危机。在水荒阶段，城市的发展受到用水的影响和限制。因此，城市用水必须在统一规划的基础上，从地区、流域之间进行统筹安排来解决。

全世界进入20世纪以来，人口、工业、农业、城市都有很大的发展。全世界100万以上人口大城市，从1900年的10个至1975年发展到156个，用水量迅速增长。从1900年到1975年，全世界农业用水量增长了7倍（由每年3500亿 m^3 增加到6300亿 m^3 ），城市生活用水增长了12倍（从200亿 m^3 增加到1500亿 m^3 ）。特别是从60年代开始，随着人口增加，都市化发展，城市人口增长快（目前世界约有40%人口居住在城市），耗水量大的新兴工业的建立，全世界用水量增长更加显著。预计在今后几十年内用水量还将成倍的增长（图3）。由于人口的增加和城市工业发展，排出的污水量将日益增加。估计今后25~30年内，由于污水处理能力不如城市用水量增加得快，需要大量的清洁水稀释这些污水，因此，全世界的水质可能日趋恶化。

由于城市用水集中，用水量急剧增加，缺水现象首先反映到城市。目前，城市缺水已成为一个世界性的普遍现象，引起各国的重视。1972年联合国“人类环境”会议提要指出：“遍及世界的许多地区由于工业的膨胀和每人消费量的提高，需水量已增加到超过天然来源的境地，地下水被取竭，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，已是许多国家的一个技术、经济和政治上的复杂问题，而且是日益深化的问题。”

1949年以来，我国总人口增长了约80%，而城镇人口增加

表 3

几个国家城市人口的比例 (%)

年 份	1920	1950	1960	1965	1970	1975	1980
英 国	79.3	77.9	78.6	80.0	81.6	84.4	88.3
法 国	46.7	55.4	62.3	66.2	70.4	73.7	78.3
联邦德国	—	70.9	76.3	76.4	80.0	83.8	86.4
美 国	51.4	64.0	69.8	70.1	74.6	77.6	82.7
日 本	18.0	35.8	43.9	48.0	53.3	57.6	63.3
苏 联	—	39.5	49.5	53.4	57.1	60.5	64.4

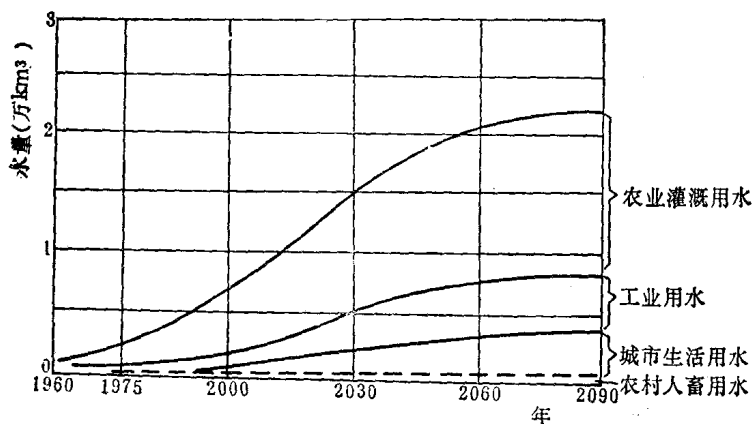


图 3 世界未来需水量预测

了2.2倍，大、中、小城市已发展到200多个，另外还有3000多个小城镇。全国灌溉面积已由解放初期2.4亿亩，增加到7亿亩左右。工业总产值比1949年增长130多倍，全国的用水量增加了4倍多，预计随着人口、工农业发展用水量还将持续增加（图4）。

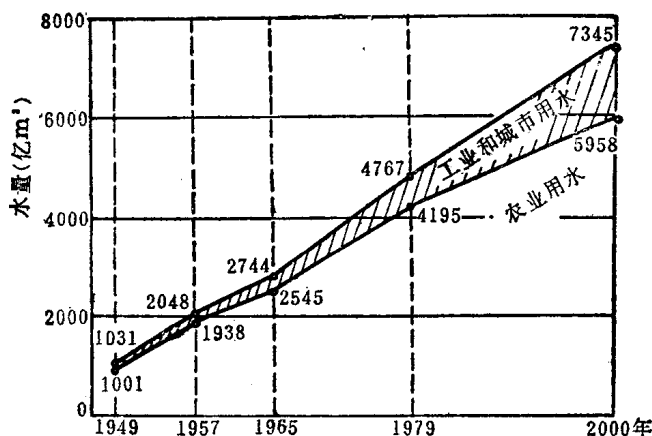


图 4 我国用水量增长趋势

我国用水量增加，已在许多地区，特别在城市引起不同程度的水荒。据1979年对191个城市的初步调查统计，已有154个城市存在不同程度的缺水现象，每天缺水约880万t。又据1982年对全国236个城市调查，共计每天缺水1240多万t，其中严重缺水城市占17%，一般缺水的占63%。1980~1985年北方普遍干旱，缺水现象表现更为突出，给城市人民生活 and 工农业发展带来很大影响，经济受到损失，经济发展受到限制。许多城市过量开采地下水，采补失调，造成水位大幅度下降，出现大面积漏斗和地面下沉，破坏地面建筑，给城市建设造成困难，一些城市不得不回灌地下水和城区外取水。有些城市定时、限量供水，迫使工厂停产、减产、产品质量下降，造成经济损失。例如大连市1981年因缺水减少工业产值6亿元，少上交利润1亿多元；青岛市减少工业产值3亿元，减少上交利润9000万元。很多城市出现大面积低

压供水区，或者时常断水，影响居民正常生活，还普遍出现了工农业争水的现象。为此，各级领导采取了积极措施来解决城市用水问题。例如为解决天津用水紧张，进行了规模浩大的临时“引黄济津”和“引滦入津”工程；把一些用于农业的水库转供城市；开展广泛的节水运动等等，度过了水源不足的难关，取得了很大的成绩。城市的水荒，也提高了人们对城市用水重要性的认识。无论从当前急需或长远发展看，解决城市用水问题，已迫在眉睫，到了非抓不可的时候了。

总起来说，城市水源危机是可以防止的。但是，在某些广阔的地区和人口稠密的城市，淡水不足矛盾必将灾难性地增长。因此，为了满足人类未来水量需求，必须从现在起进行全面规划，制定有效措施，开源节流并重，加强科学管理，防治水污染，包括采取各种经济的、法制的手段，解决水资源供需矛盾的问题。

第二节 研究城市用水的目的

城市用水出现紧张局面，其根源应该从整个城市水资源系统的供、用、排的各个环节来分析（图5）。

从供水来说，给城市用水造成困难有二种情况：第一，水资源丰富，但供水设施能力不足、配套不全，造成用水紧张；第二，水源不足，城市用水已超过区域可利用的水资源数量，而导致用水紧张。

我国有些城市发展和工厂企业兴建，没有认真考虑供水水源，带来不少问题，有的则不能正常运行。例如北京市的供水水源之一——官厅水库，70年代以来，入库水量比建库

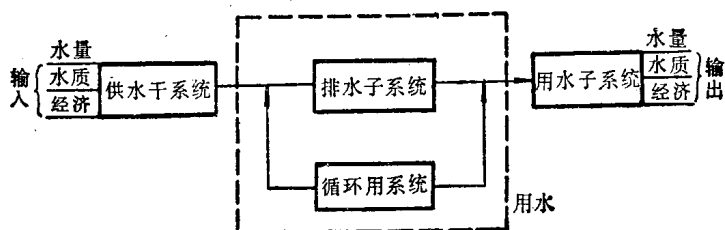


图 5 城市水资源系统用水基本模型

初期减少40%，1972、1976年曾由于水源不足，影响电厂供水。1981、1982年水荒更为严重。同时，近年来城市工农业开采地下水数量增加，长期超量开采，使城市水厂供水能力衰减。又如，海河历来是天津市的主要水源，但从50年代以来，上游不断兴修水库和用水量增加，天津市的水源条件发生了显著的变化。1950~1957年，海河的年平均来水量为100亿 m^3 （汛期58亿 m^3 ），1965~1975年期间减少到18亿 m^3 （汛期12亿 m^3 ），其中在干旱的1972年，上游来水量仅约有3亿 m^3 ，而全市总用水量1979年已达21亿 m^3 。因此，遇到75%保证率的少水年，本市水源只能解决一半用水量，如遇枯水年则缺水数量更大。多年来天津市用水主要靠外调水源来维持。

从排水来分析，目前全国每日排放废污水量为7200多万 m^3 ，主要是城市工业和生活废污水，90%的废污水未经处理直接排放到江、河、湖、库以及近海水域，造成水质恶化，使一些水源不能使用，减少了城市供水能力，加剧了城市用水紧张。近十余年来，工业和城市排污河流的污染程度不断加重，由于用水量增加，排污量亦随之增加。据统计，15%的大中城市的污水量约占污水总量80%。水资源的数量

和质量问题首先在大城市和水资源贫乏地区显露出来。虽然供水水源的污染原因是多方面的，但城市排污量大并且任意排放，是最主要的原因。有的水域鱼虾灭绝，水质发黑发臭，危及人民生活和健康；有的城市出现停水停产，造成水荒。据1978年169个城市不完全统计，城市供水水源受到不同污染的占45%，仅北京、石家庄、保定等几个城市调查统计，就有日供水能力43万 m^3 的自来水厂由于水源污染而报废。所以城市水资源合理利用与水资源的保护密切相关。城市工业废水排放情况十分复杂，既有连续性排放，又有瞬时排放和事故性排放；既要分析排放浓度又要考虑排放量。由于水资源的用途是多方面的，根据水域按主要用途划分保护区，如自然保护区、生活饮用水源区、工农业用水区、渔业用水、游览、娱乐用水区等，根据不同用途的水源保护区，制定相应污水排放标准和设计水量，做到有章可循，有法可依，避免放任自流，乱排乱放，以实现保护水源的目的。

从用水来研究，目前我国城市用水紧张的主要原因是用水管理不善，利用不合理，用水浪费严重。工业用水方面，与国外同行业、同产品比较，普遍存在产品单位耗水量高，水的重复利用率低的现象，并且用水工艺落后，废污水处理率低，全国平均只有10%左右。在生活用水方面，许多地方和单位仍实行用水“包费制”，一般比水表入户，计量收费多用水20%~50%，甚至高达4~5倍。商业、服务行业以及公共用水的管理不善，浪费也很惊人。在农业用水方面，灌溉技术普遍落后，渠系利用系数低，工程不配套，加上以地面灌溉为主，有的甚至串灌，漫灌，普遍存在灌溉定额过大，在干旱年份与工业和城市生活争水。因此，用水系统是城市水