

陈复 主编

水处理技术

及药剂大全

中国石化出版社

988

7119912

C44

水处理技术及药剂大全

陈 复 主编



A0938922

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是由中国环境科学研究院组织编写的大型工具书。全书共分 17 章, 书中针对不同行业的给水系统及污水排放特点, 系统地介绍了水处理技术的原理、设备及应用, 并具体介绍了各种水处理药剂和使用方法。本书适于从事环境保护, 尤其是水资源管理和水处理部门的管理人员、工程技术人员使用, 也可供大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

水处理技术及药剂大全/陈复主编. —北京:
中国石化出版社, 2000.9
ISBN 7-80164-000-4

I. 水… II. 陈… III. ①水处理-大全 ②水处理药剂-大全
IV. TU991.2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 66584 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271859

<http://press.sinopec.com.cn>

中国石化出版社照排中心排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 48.75 印张 1244 千字 印 1—3000

2000 年 10 月第 1 版 2000 年 10 月第 1 次印刷

定价:85.00 元

第一章 我国水资源概况

水资源是不可替代的自然资源，水污染已成为当今世界各国共同关心的重大环境问题之一。这个问题的存在，不仅影响环境质量，而且由于水资源短缺的矛盾加深，制约了经济持续发展，并严重阻碍人类生活质量的提高。

人类社会发展到今天，环境、经济与资源利用应视为整体，其发展要协调，不可偏斜，否则将受到惩罚。长期以来被称为“取之不尽，用之不竭”的水已成为历史。目前，全球约有 60% 陆地面积水源不足，身受缺水之苦的国家与日俱增，“水荒”的阴影已笼罩了人类生存环境；相当多的国家经济发展、生活水平的提高受到制约。人口、资源和生态环境是当今举世瞩目的三大问题，对今后世界发展的影响极其深远。水是人类活动不可缺少的自然资源，且是维持生态平衡最基本的要素之一。因此水资源对人类社会的作用是举足轻重的。我国水资源分布不均衡，且污染比较严重，如何科学合理、有效地利用水资源是摆在环境科技工作者面前的重大课题之一。

第一节 水资源概念

一、水资源定义

水资源定义大体归纳为三种，广义水资源、狭义水资源及可利用水资源。人们根据各种水资源形成与存在方式、开发利用状况及从不同学科(地学、水文学、气象学、生态学等)的角度，对其作了相应定义：广义水资源是地球总水量的概念，它包括海洋水、地面水(江、河、湖、水库、塘等)、地下水(土壤水、潜层水、深层水等)、冰川水、大气水及植物水等。总水量约 13.9×10^9 亿 m^3 ，如果平铺在地球表面，水层厚度达 3000m。狭义水资源是指能够得到且能恢复更新的淡水总量，全世界约有 3.5×10^8 亿 m^3 ，占地球总水量的 2.5%；可利用水资源是在一定的地区环境和技术条件下，可以为人类利用的淡水量，这部分水在全球范围内约 1.05×10^6 亿 m^3 ，占地球总淡水量的 0.31%。

二、水资源的特性

水是可再生的资源，与其他自然资源相比，有共性亦有特性，较深入了解水资源特性，对解决城市水的供需矛盾，促进经济发展均有重要意义。

水是有限的。世界各地域所拥有的水资源是相对固定的，不存在像发现新的油田那样增加储量的前景。此外，为维护生态环境平衡，加之受到自然条件的限制，故拥有的水资源也只有一部分可供开发利用，人们只能利用有限的水资源，保持社会与经济长期持续发展，若需水量不断增长，无论增长度多低，终会出现水资源供需无法平衡的局面。

在可预见的将来，水是不可替代的资源，它不像能源那样可以开发替代。近些年来，虽然海水淡化技术已取得了较大进展，但能耗大、费用高，要把取之不尽的海水变成可利用的淡水资源还是十分遥远的。有资料表明，利用全球所有脱盐淡化装置处理海水，其年产淡水

量也仅为 $27 \times 10^8 \text{m}^3$ ，约为全球取水量的 0.1%。有些国家在研究从南极拉冰解决水源不足的问题，虽然经济上较为合理，但这会带来两个问题，其一南极冰归属是个政治问题；其二是破坏生态平衡，会给人类造成灾难。

水资源在时空分布上极不均匀，可利用的水资源有 35% 经过无人区，自己流走，像水在扎伊尔河(前刚果河)的径流量仅低于全球水量最大的亚马逊河，约为该洲大陆可更新水量的 30%，然而该河大部分河道位于人烟稀少的雨林，水不能利用。而 2/3 非洲国家水源却不足，近年来连续干旱，已有 20 多个国家遭受水荒、饥荒。此外，水资源量随年际、季节变化也较大。丰水年水患成害；枯水年干旱成灾。有的国家地区在同一年既防洪又抗旱。

水资源与生态环境二者有着密切联系，相互依存，相互制约。水在应用过程中，除消耗部分外，仍回到自然环境中，但水质发生了变化。诸如在人口、工业集中的城市，由于大量污水排入水体，使之污染日趋严重，水资源的质量随之下降，减少了可利用的水资源量，这是城市水源不足的原因之一。此外，森林与植被遭到破坏，会导致水资源量的减少，水资源开发利用不当，也会引起土壤盐渍化、地面沉降、土地荒漠化等生态环境问题。

三、中国水资源

我国位于欧亚大陆的东南部，东南濒临太平洋，西北深入亚洲腹地，西南与南亚次大陆接壤。东西横跨经度 62 度，南北纬度相隔 50 度，国土面积约占世界陆地面积的 1/15，位居世界第三位。江河、湖泊众多，流域面积 100km^2 以上的河流 5 万多条，流域面积在 1000km^2 以上的河流 1500 条，面积在 1km^2 以上的湖泊约 2300 个。多年平均降水量为 628mm，低于全球和亚洲平均值 970mm 与 740mm，有近 2/3 国土平均降水低于 200~400mm。

根据历年降水和年径流量的多少，全国大致可划分五个不同水资源条件的地域。

多雨的丰水地域：正常情况下，年降水量大于 1600mm，径流深超过 800mm，它包括福建、浙江、广东、台湾等省的大部分、云南省的西南部、广西壮族自治区东部、西藏地区东南隅及江西、四川、湖南西部的山区。其中台湾东北部和西藏东南局部地区径流深达到 5000mm，是我国水资源贮量最丰富的地区，这一带气温高，无霜期长，全年降水日数 120~160d。

湿润多水地域：一般情况年降水量在 800~1600mm，年径流深 200~800mm，这一区域包括沂沭河下游、淮河两岸流域、秦岭的南汉水流域、长江中下游地区、云贵川等省、广西壮族自治区及长白山地区。这一地带夏季高温多雨，无霜期较长，全年降水日数为 120~160d。

半湿润过渡区域：降水量在 400~800mm，径流深 50~200mm，这个区域包括黄淮平原、东北三省、山西省、陕西省大部分、青海与甘肃的东南部、新疆西部的山地，四川西北部和西藏东部，这一区域的气候特点半干旱半湿润，冬春寒冷干旱，夏季降雨集中，全年降水日数约为 100d。

半干旱区域：年降水量 200~400mm，年径流深 10~50mm，该区域包括内蒙、宁夏、甘肃大部分地区、东北地区西部、青海、新疆的西北部与西藏部分地区。这一区域多数是草原或半荒漠，以牧为主，耕作面积很少。气温低、干燥，全年降水日数为 60~80d。

干旱(干涸)区域：年降水量很少，只有 200mm，年径流深也不足 10mm，有的地区为无流区，它包括内蒙、宁夏、甘肃的荒漠和沙漠、青海省柴达木盆地、新疆的塔里木盆地与准噶尔盆地、西藏北部羌塘地区，这一区域降水极少，其年降水日数不超过 60d，除局部地区受地下水影响，草类生长尚好外，绝大部分地区为植被稀疏的荒漠和寸草不生的沙漠。

从以上地域的特点不难看出，各区域气候的不同，生存环境相差甚远。而水资源量在我国亦有分布极不均衡的特点。

长江流域及其以南地区，人口占全国 54% 左右，耕地面积约占 38%，而水资源量占到 82%。黄河、淮河、海滦河三大流域，加上东北和西北内陆诸河的北方地区，水资源量仅占全国拥有量的 18%，人口和耕地面积分别为全国的 45% 和 62%。海滦河与淮河流域缺水更为突出，这个地区人口和耕地面积均为全国的 27%，但水资源量只占全国 4%。据有关资料表明，按人均水资源拥有量计，珠江流域为 5400m³，长江流域 700m³，淮河流域 480 m³，而海滦河流域只有 300m³，由此可见中国水资源量分布极不均衡，是北方缺水的重要原因。

我国降水量年际变化也有其特点，凡是降水少的地区，变化就大，南方丰水年降水量约为枯水年的 1.5~3 倍，而北方则为 3~6 倍，且一年内降水分布极不均匀，像华北地区降水大部分集中在 7~8 月份，往往以暴雨形式出现，易造成春旱秋涝。

径流量的年际变化比降水更甚，依然是北方大于南方，历年最大和最小径流量比值，长江以南的河流通常小于 3，而淮河与海滦河各支流却高达 10~20，部分平原河流更大。现在北方的很多河流已变为季节性河流，枯水期断流，有些河既使有水，也是污水。

据国内有关部门测算，我国最大可供开发利用的水资源量约为 10000~11000 亿 m³，约占水资源总量的 30%~40%。欲使这部分水量真正得到合理的应用，尚需投入大量资金与人力。全国各地区河流年平均水资源量与各省、自治区及直辖市水资源量详见表 1-1 和表 1-2。

表 1-1 全国各地区年平均水资源量

地区名称	地表水资源量/ (亿 m ³)	地下水资源量/ (亿 m ³)	重复计算量/ (亿 m ³)	水资源总量/ (亿 m ³)	产水系数/ (万 m ³ /km ²)
东北诸河	1662.9	624.9	349.3	1928.5	15.45
海 河	287.8	265.2	131.8	421.2	13.24
淮河山东半岛诸河	741.3	393.0	173.4	960.9	29.19
黄 河	661.5	405.8	323.6	743.7	9.36
华南诸河	4685.0	1115.5	1092.4	4708.1	81.08
长 江	9513.0	2464.2	2363.9	9613.3	53.16
东南诸河	2557.0	613.1	578.4	2591.7	108.08
西南诸河	5853.1	1543.8	1543.8	5853.1	68.75
内陆诸河	1163.7	862.2	722.0	1303.9	3.86
北方五区	4507.2	2551.1	1700.1	5358.2	8.83
南方四区	22608.1	5736.6	5578.5	22766.2	65.41
全 国	27115.3	8287.7	7278.6	27124.4	29.46

表 1-2 各省(自治区、直辖市)水资源统计 亿 m³/a

省市名称	地下水资源量		地表水资源量	水资源总量
	资源量	可开采量		
北京市	66.8	45.5	50.2	83.4
天津市	14.5	11.7	22.0	32.0
河北省	321.0	222.4	334.5	506.4
山西省	193.3	110.6	229.2	290.9

续表

省市名称	地下水资源量		地表水资源量	水资源总量
	资源量	可开采量		
内蒙古	556.9	185.4	753.2	1133.3
辽宁省	291.9	121.2	654.0	708.4
吉林省	217.6	107.2	709.5	825.9
黑龙江省	595	330.3	1302.8	1504.2
上海市	29	9.0	37.2	62.5
江苏省	323.2	174.7	495.1	733.3
浙江省	348.7	29.1	1808.0	1523.5
安徽省	344	210.1	1378.8	1504.6
福建省	485.6	28.1	2348.0	2348.8
江西省	536	68.3	2900.2	2906.6
山东省	351.1	244.5	599.2	746.7
河南省	374	273.7	641.0	868.1
湖北省	707.4	287.1	1892.1	2041.0
湖南省	831.3	153.5	3243.0	3267.2
广东省	1338.3	96.4	4286.7	4345.2
广西壮族自治区	1177.7	147.6	3785.3	3798.8
四川省	1511.8	172.6	6190.5	6255.7
贵州省	488	73.4	2057.1	2057.1
云南省	1480.7	131.9	4232.8	4232.8
西藏自治区	1902.3	/	8121.6	8121.6
陕西省	311.4	84.7	840.1	881.8
甘肃省	133.1	74.7	549.7	567.9
青海省	512.4	40.4	1254.4	1257.6
宁夏回族自治区	42.8	34.6	17.4	30.6
新疆维吾尔自治区	1138	496.1	1635.5	1842.5
台湾省	243.6	/	1327	1390.8

注：海南省包括在广东省内。

第二节 水资源的循环与结构

一、水的自然循环

自然界的水是相互联系、互相制约、又相互转化的，处于不断运动变化之中，这种运动变化受控于太阳辐射能及地球引力。

江河湖海等水面受到太阳辐射热的作用，不断有水蒸气升入天空形成云，在适当的气象条件下形成雨、雪或冰雹，降到海洋和陆地。继而水又蒸发成为雨、雪及冰雹，这种周而复

始的运动称为水的自然循环。水的自然循环过程在水文中概括为三种现象，即降水、蒸发和径流。其中径流分为地表径流和地下径流，这两种径流可相互转化，最后流入大海。

二、水的人工循环

人类为了生产和生活的需要，从地表水系及浅层地下水层，取用了大量的水，经使用后，成为生活污水和工业废水，排放后又重新流回水体。水在人类活动中构成了一种局部循环，称为人工循环，其循环过程如图 1-1 所示。

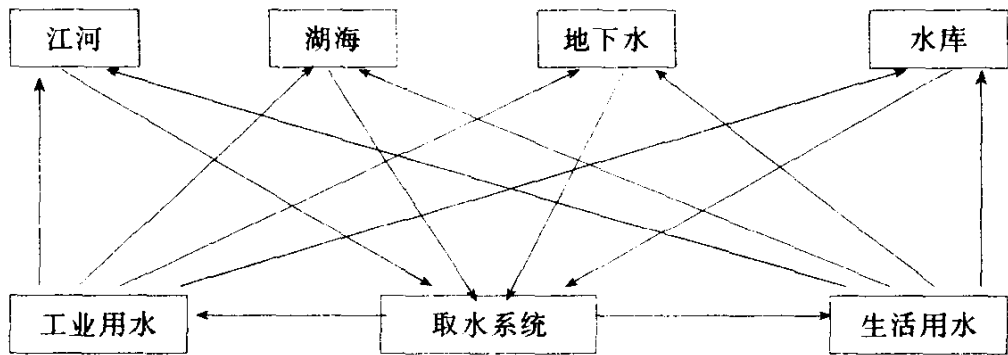


图 1-1 水的人工循环

人类生活和生产过程取用的水量仅为地面径流和地下渗流量的 3% 左右，占地球总水量的数百万分之一。由于循环过程中产生的各种废水，大部分未经处理就排入水系，故是天然水体最大的污染源。被污染的水系又成为供水水源，这就带来两个不利影响，其一给水处理成本提高；其二是有害健康、影响产品的质量。

三、城市水资源系统分析

城市水资源系统由给水子系统、用水子系统及排水子系统组成。子系统之间既相互联系又相互独立，水量水质的变化会影响水资源的价值，了解三个子系统的内涵，对水资源合理调配和使用是有益的。

1. 给水子系统

城市给水系统是由水源和处理厂组成。水源分天然水源和人工水源，亦可分成地面水源和地下水源，如江河湖海和水库为地面水源，潜层地下水、自流水(承压地下水)裂隙水与泉水为地下水源，其中水库可称人工水源，余者均为自然水源。

作为水源的各类水体，由于受时空分布、气象因素、径流情况的影响，及人类生活生产活动的侵害，水质和污染程度是变化的，不同的用水应作相应处理。锅炉用水应进行软化处理；电子工业用水有些要作纯化处理；造纸、纺织、染色等工业用水要进行除铁去锰处理等；对生活饮用水要经严格处理，使之符合标准，确保人群健康。

海洋是巨大的水资源库，我国海岸线长达 1.8 万 km，沿海城镇密布、人口集中、工农业生产发达，现在开放城市和特区又基本在沿海，淡水供应直接影响这些地区经济可持续发展。海水中含盐量在 33~38g/L，且有 80 多种化学元素，除少数用于工业冷却水(如电厂冷却水)外，不能直接使用，沿海地区淡水资源普遍短缺，为发展经济，除内水外调工程外，海水淡化是解决沿海地区水源不足的治本措施。

我国 29 个省市，据 1995 年有关资料表明，共有 646 座城市。对 528 座城市统计，共有自来水厂 1329 座，其中地面水厂 783 座，地下水厂 546 座。综合生产能力 9060.73 万 m³/d，

用水量 216.9 亿 m³/a，工业用水 93.8 亿 m³/a，生活用水 108.3 亿 m³/a，用水人口 1.48 亿，平均用水单耗 199.7L/（人·d）。最大供水量超过 50 万 m³/d 有 36 座城市，超过 100 万 m³/d 供水的城市有 13 座。我国最大供水城市上海，日最高供水量为 570.9 万 m³。36 个城市供水量排序如表 1-3 所示。

表 1-3 36 个大城市日供水量排序

序 号	城 市	日最高供水量(万 m ³)	序 号	城 市	日最高供水量(万 m ³)
1	上海	570.9	19	抚顺	85.5
2	广州	377.7	20	大连	82.6
3	武汉	280.8	21	福州	82.6
4	北京	233.6	22	南宁	78.7
5	天津	169.7	23	济南	78.0
6	沈阳	161.2	24	郑州	74.0
7	南京	137.6	25	佛山	72.3
8	兰州	106.4	26	衡阳	65.6
9	大庆	106.2	27	合肥	63.4
10	成都	106.0	28	长春	62.6
11	长沙	105.0	29	汕头	62.4
12	株洲	105.9	30	哈尔滨	61.0
13	深圳	102.3	31	苏州	58.3
14	杭州	98.9	32	襄樊	58.0
15	无锡	95.4	33	三明	57.6
16	重庆	93.4	34	石家庄	57.5
17	南昌	92.2	35	昆明	55.6
18	西安	91.6	36	青岛	51.0

2. 用水子系统

用水子系统可分为生活用水、生产用水和消防用水三个系统。

生活用水包括家庭、机关、学校、部队、旅馆、餐厅、浴室用水及工矿企业内工人的生活 和淋浴用水等。用水量随时空而变化。夏季多于冬季；南方多于北方；城市多于乡村。此外，水质要符合《生活饮用水卫生标准》，水压应满足如下要求：一层楼自来水为 0.1MPa，二层为 0.12MPa，两层以上楼每增加一层增加 0.04MPa。

生产用水包括各行各业生产过程中的用水，即生产工艺用水、原料用水、高纯度用水及冷却用水等。例如冶金、纺织、造纸、石油化工、矿山、铁路、码头、化工、机电等行业生产用水属于工艺用水；食品业、酿造、制水、清凉饮料等行业用水是原料用水；火力发电、原子反应堆、交通等行业多为冷却用水；电子行业、原子能工业、航天事业用水均为高纯水及特殊用水。各种用水水质及压力均有其各自的标准。

消防用水在发生火警时才从消火栓取用，对水质无特殊要求，但水量和水压有相应的规定。对不同的消防对象如工厂、仓库、民用建筑、文化设施、文物古迹，游乐场所等，其消防贮水量与水压均有具体要求，其水压，一般不得低于 0.1MPa，取水量为 10~40L/s。

3. 排水子系统

城市废水是由生活污水、工业废水及径流污水组成。

生活污水的水量水质有明显的时空特性，夏季较其他季节排水量大，白天比夜间排水量大，同一季节南方比北方排水量大，城市比农村排水量大。水质变化规律南方与北方不同，前者变化大于后者，城市污水水质要比农村恶化。

工业废水情况复杂。由于工业门类很多，产生的废水量和水质相差很远，废水中含有大量的有毒、有害物质及难降解有机物。目前部分废水处理后达标排放，但大部分废水处理后不达标或不处理直接排放，因而造成地表水系污染日趋严重，局部地区地下水亦遭到不同程度的污染。

径流污水是在降水过程中淋洗大气污染物，冲洗建筑物、地面、废渣等汇集后形成的。这种径流水成分复杂，季节变化大，降雨初期水中污染物含量高出生活污水很多倍，连续降水后就变得质纯色淡。

城市排水设施通常分为三种：①分流制排水系统，设置两套独立排水管网，分别排放污水和径流雨水；②半分流制排水系统，设置一套排水管网，在江河湖旁建设截留干管，平时接纳污水，降雨时，利用截留干管上的溢流装置把过量雨水泄入江河、湖泊等地表水系；③合流制排水系统，雨水与污水共用一条管道系统外排。

第三节 水处理的必要性

我国是发展中国家，百业待兴。人口城市化进程加快，物质生活急待改善。在此背景下，往往以牺牲环境作为代价，促进工业发展，使三废排放加剧，特别是水污染趋势严峻，令人担忧。目前水资源量减少，已成为经济发展重要制约因素。合理用水，将污水进行有效处理对保护水资源具有深远意义。

有资料表明，经济发展水平与排污量有着密切关系，经济发展水平高，排污量少。表1-4列出我国与几个发达国家1980年国民经济生产总值(GNP)与污水排放量等相关数据(其中,GDP表示国内生产总值)。不难看出，我国人均 GNP 与发达国家相差悬殊，但单位 GNP 污水排放量却比发达国家高几倍，长此以往会导致我国水资源量更加不足。如何缓解这一矛盾，是摆在科技人员面前重大的技术问题。其主要措施有二点：一是各行业均应革新工艺，引进新技术，使之节水减污；二是在外排各类废水时均必须实施处理，或再用或使水资源不受污染，使水资源处于良性循环。

表 1-4 中国与发达国家 GNP(GDN)和污水排放量比较表

项 目	中 国	美 国	日 本	苏 联	联邦德国
人口/亿	9.87	2.27	1.17	2.64	0.61
GNP(GDP)/亿元	4326 (1)	25765 (6)	14677 (3.4)	16469 (3.8)	6412 (1.5)
人均 GNP(GDP)/(美元/人)	438 (1)	11350 (25.9)	12540 (28.6)	6238 (14.23)	10510 (24.0)
污水排放量/亿 m ³	315 (1)	500 (1.59)	240 (0.76)	1000 (3.17)	120 (0.38)

续表

项 目	中 国	美 国	日 本	苏 联	联邦德国
单位 GNP(GDP)污水排放量/(m ³ /万美元)	728 (1)	194 (0.27)	164 (0.23)	607 (0.83)	187 (0.26)
人均污水排放量/(m ³ /人)	32 (1)	220 (6.9)	205 (6.4)	379 (11.8)	197 (6.2)

注：括号中数字为发达国家与中国之比。

世界上有相当数量的国家和地区出现供水危机，其主要原因是水资源耗量增长太快。据统计，20世纪以来，全球农业用水量增长了7倍，而工业用水却增长了20倍，生活用水增长较少，仅占河川径流总量的7%。我国水资源总量为 2.8×10^4 亿 m³/a，居世界第6位，国外人均占有量约为1.29万 m³，我国人均占有量仅为0.27万 m³，列世界第88位，相当全球平均水平的1/4。我国虽然水资源匮乏，时空分布不均匀，但工农业耗水增加快，且浪费严重。有关资料表明，现在可供利用的水资源量为 1.1×10^4 亿 m³/a，已开采的水量 5×10^3 亿 m³/a。其中农业用水占65%，其有效利用率30%~40%，发达国家为70%~80%；工业用水占13%，其浪费亦很惊人，诸如炼一吨钢耗水25~30t，而发达国家为6t，造一吨纸需用水量100~500t，而发达国家为50~100t；生活用水占20%。按目前需水情况看，其年均耗水量增长度约为30%。到2000年我国总需水量7000亿 m³/a。现在缺水量每日1600万 m³。在现有的666座城市中，有近一半不同程度的缺水，其中108座城市严重缺水。面对如此严重的形势，有效处理废水，再生水资源是缓解水荒极其重要的途径。

我国七大水系和内陆河流110个重点河段符合水环境质量标准的情况是：Ⅰ类与Ⅱ类占32%；Ⅲ类占29%；Ⅳ、Ⅴ类占39%。水利部曾对700条大中河流近10万 km 河长进行了水质检测，现有河流的1/2河长受到污染，1/10河长污染严重，全国城市90%的水域受到污染，大河干流13%、支流55%受到污染。废水污染事故每年发生1500~2000起，每年经济损失377亿元。黄河1972年出现断流，1996年断流时间长达136天；淮河污染严重，支流河水几乎均无法利用；珠江河道发黑发臭，广州市区段水质比Ⅴ类标准还差；长江流域污水排放量高达142亿 m³/a；海河水污染更严重；松花江汞严重超标，辽河在枯水期已是排污河。1994年我国污水排放总量315亿 m³/a，其中工业废水220亿；乡镇企业废水43亿 m³/a。此外，巢湖、滇池、太湖等也遭到了严重污染。对44个城市地下水水源水质调查资料表明，受到不同程度污染的城市有41个，占93.2%。北京市地下水水质每况愈下，硬度、硝酸盐超标面积达200km²，每年用于除垢造成的经济损失超过500万元。据估算，20个以地面水和地下水联合作为水源的城市，用于软化水的费用竟高达11亿元。另据调查，仅北京、哈尔滨、邯郸、兰州等城市，因地下水污染而报废的自来水设施，其供水能力达32万 m³/d，直接经济损失达4800万元。基于上述情况不难看出，由于各种废水处理不到位或直排，已给有限的水资源带来致命的危害，再不有效治理外排废水，人类将面临经济不能持续发展、生活质量锐降的处境。

随着人类生活质量的提高与高新技术产业的发展，人们对水质的要求日渐不同。例如对饮用水的认识存在三种类型，即生活必需型、卫生健康型和享受型。此外，随着科学进步，对水质的认识观念不断更新，要求饮用水水质既无害又有益，高新技术产业如宇航用水、生物工程用水等对给水处理有更高的要求。

基于上述情况，随着废水排放量增加，地表水系、地下水源不断遭受浩劫，经济可持续发展已受到影响。因此必须节约用水，严格执行废水外排必须处理达标，并将此作为严格制度遵守。每个公民应为维持人类良好的生存空间，去保护水资源。

第四节 合理用水

鉴于我国水资源贮量有限，经济高速发展，用水量激增，为有效解决水的供需不平衡矛盾，合理用水，杜绝浪费，是解决水荒的治本措施。

一、合理用水分析

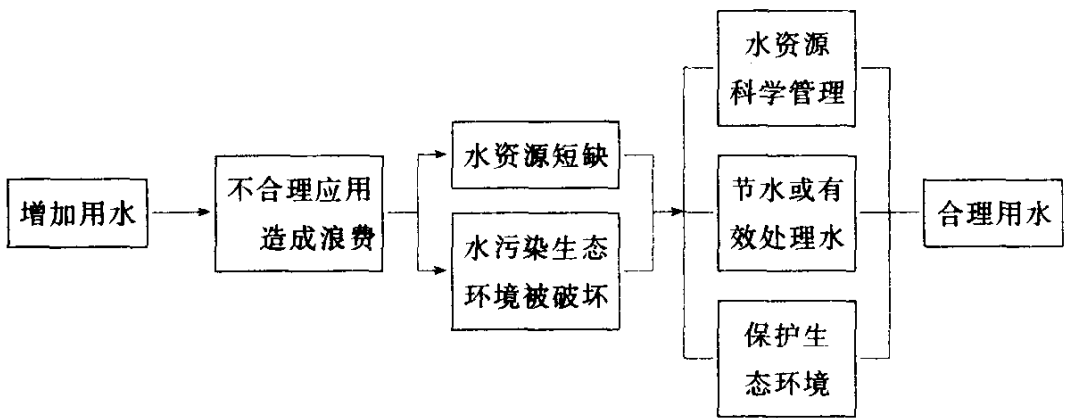
目前出现了世界性的水资源短缺，扩大水源受到各方面条件限制。在供需矛盾日益突出的情况下，人们不得不把考虑焦点转移到需求方面，主要通过压缩需水量，以解决供水与需水间的不平衡。实践表明，水虽短缺，但处处可看到浪费的现象，这种现象蔓延，势必导致水荒危机发生。合理用水是人类求生战略上的一种举措，而且是完全能实现的。

全球灌溉用水量占总用水量 70% 左右，现在只有 18% 的耕地得到了灌溉，灌溉过程中很多国家仍沿用古老的灌溉方式，利用率极低。发达国家的现代化灌溉系统，灌溉效率可达 70% 以上。粗略估算，全球平均灌溉效率如提高 10%，节省下来的水量就能满足全体居民日常生活用水的需要。

工业是仅次于农业用水的部门。若水一次使用即排放，重复利用率极低。在这方面发达国家与发展中国家吨产品耗水可相差几十倍，发达国家通过改革工艺、设备现代化提高水的利用率。

在发达国家，城市生活用水随着生活水平的提高，用水量不断增加。近年来因水源不足或出于污水治理费用的考虑，开始采用节水型器具等措施，生活用水已趋于稳定甚至有下降趋势。发展中国家生活用水水平还比较低，有待改善。

从发展中国家与发达国家的用水状况比较，可以看出，只要提高灌溉和工业用水效率，采用节水型器具，改善生产工艺，实施清洁生产，就可以做到合理用水，这是解决水资源短缺和水污染两个全球性重大问题的必然趋势，也是有效途径。回顾人类用水历史，基本模式为：



二、重点工业用水合理性分析

所谓重点工业既是主要工业门类，在工业用水中又是大户。有效控制这些工业部门的用水，使之合理，便可减缓由于水资源量短缺引起的危机。

在我国每个行业用水均有定额，但由于工艺和设备相对落后，管理水平不高，往往用水量超过定额用水量的标准，各行业用水标准如表 1-5 所示。诸如造纸行业定额用水为 $40 \sim 360\text{m}^3/\text{t}$ 浆，但相当一些厂用水量在 $400\text{m}^3/\text{t}$ 浆以上；炼一吨钢用水定额为 $30 \sim 40\text{m}^3$ ，可有些厂炼一吨钢用水高达 200m^3 ；这种超定额用水进行生产的厂家各行业均有。实际用水量高于标准用水量还可由万元产值用水量的事实加以说明，我国 80 年代万元产值耗水量最高 1288m^3 ，最低 36m^3 ，平均为 345m^3 。按要求万元产值耗水量平均 310m^3 计，全国万元产值多用水 35m^3 ，这是个很大的差值。如果按亿元产值计就多耗水 35 万 m^3 ，需新建日产水量 10 万 t 的水厂 3~5 个，投资就得几个亿。像电力、冶金、石化、造纸等行业用水量比发达国家均多耗 1~3 倍以上。

表 1-5 各行业用水定额

行 业	产品名称	用水定额/ $(\text{m}^3/\text{t}$ 产品)	备 注
钢铁及机械制造	炼钢	$30 \sim 40$	
	轧钢	$200 \sim 250$	
	生铁	$65 \sim 220$	
	机械制造	$5 \sim 10$	
化工业	合成氨	$30 \sim 2020$	
	硫酸	$100 \sim 115$	接触法生产
	磷酸钙	$2.5 \sim 35.5$	
	磷肥	$14.3 \sim 26$	
	火碱	$16 \sim 297$	
	其他	$80 \sim 960$	乐果、乙酸、丙酮、聚氯乙烯等
纺织业	涤棉	$4 \sim 15$	
	毛纺	$6 \sim 40$	
	纱线	$24 \sim 40$	
	针织	$30 \sim 110$	
	棉织	$2.1 \sim 8.5$	
	袜子	$350 \sim 380(\text{m}^3/\text{万双})$	锦纶、尼龙袜
	粘胶	$230 \sim 2100$	
	棉印染	$2.5 \sim 4$	
造纸业	制浆	$40 \sim 360$	
	文化用纸	$85 \sim 165$	
有色冶炼业	粗铜	$105 \sim 125$	
	粗锌	$45 \sim 55$	
	电解铝	$17 \sim 21$	
	粗铅	$56 \sim 67$	

行 业	产品名称	用水定额/(m^3/t 产品)	备 注
日化行业	合成洗衣粉	75 ~ 570	
	合成脂肪酸	203 ~ 614	
	硬化油	~ 30	
	甘油	~ 820	
	洗衣粉	40 ~ 60	
轻工业	罐头	35 ~ 250	
	乳品	8 ~ 150	
	卷烟	1 ~ 3($\text{m}^3/\text{箱}$)	
	制糖	35 ~ 45	
	皮革	0.5 ~ 1.0($\text{m}^3/\text{张}$)	
	日用陶瓷	50 ~ 80	
	啤酒	25 ~ 50	
	酒精	~ 150	
建材行业	水泥	4.1 ~ 16.8	
	石棉	0.25 ~ 0.64	
	金刚石	25 ~ 160	
	水泥制品	0.15 ~ 1.9(m^3/m^3)	
	大理石等	4 ~ 25	
	平板玻璃	0.31 ~ 0.64($\text{m}^3/\text{重箱}$)	循环用水补充水
医药工业	抗菌素	10800 ~ 300000	
	维生素	3600 ~ 32400	
	磺胺类	430 ~ 32400	
	解热药	1800 ~ 18000	
	心血管药	4320 ~ 10286	
	其他药	432 ~ 180000	
	原料和中间体	240 ~ 2880	
肉食及面粉行业	杀猪	0.2 ~ 0.3($\text{m}^3/\text{头}$)	
	宰羊	0.13 ~ 0.15($\text{m}^3/\text{头}$)	
	宰牛	0.9 ~ 1.4($\text{m}^3/\text{头}$)	
	宰鸡鸭等	52 ~ 75	
	淀粉加工	18 ~ 30	

在我国重要工业部门存在着严重的用水不合理的情况，其原因：

(1) 对水资源匮乏及重要性认识模糊

人们固有的概念认为水是“取之不尽，用之不竭”的。因此，用水大方，常常是流动水洗衣，生产全然没有节水、保护水资源的意识。

(2) 生产工艺一成不变，设备陈旧

我国现有的国营和民营企业，生产用水量均远远高于发达国家。其根本的原因是生产工

艺落后，一条流水线建成，几十年不变，设备陈旧，先进技术较难引入，设备更新周期长。

(3) 工业用水复用率低

工业用水比其他用水高 2~3 倍，其复用率低是造成工业用水不合理的直接原因。

(4) 管理不严、节水措施不落实

很多企业、事业单位没有建立完善的用水计划，缺乏健全的管理制度及有效节水措施，故造成了乱用水，无故浪费水的现象。

(5) 赏罚力度小

我国水资源管理有专门机构，亦制定了相应规章和法律。在执行过程中，由于种种原因，造成有法不依、执法不严、管理混乱的局面，导致该罚者不罚或少罚，节水者不褒不奖，其结果必然加速水资源的匮乏。

三、城市生活合理用水

我国各城市的市政建设和居住条件差异很大，加之地理位置不同，造成了用水量很不均衡，南方城市用水量大于北方城市，大城市用水量高于中小城市，经济发展相对缓慢的乡村用水最低。随着经济发展，城市不断扩大，乡镇城市化，使空间差和居住环境造成的差别正在缩小。

我国城市生活用水状况虽然逐年改善，但受到生活条件和供水设施能力等因素制约，用水水平不高，不仅与发达国家差距很大，且与目前生活水平不相适应。其原因：

(1) 供水普及率低

我国城市供水普及率在 60% 以上，但市郊及广大农村普及率随地域降低。与此相比，日本包括农村在内供水普及率均超过 62%。

(2) 供水设施不完善

几乎在所有城市供水，都有部分居民靠公共水站即楼外或院内公用水管供水。如 90 年代天津市居民生活用水，靠公共供水站供水的比重占 14%。河北省 12 个城市统计资料显示，公共水站供水人口占 22.3%。加之供水设施管理不善，个别地区供水压力过低，使部分居民生活很不方便。

(3) 居住条件差

人均居住面积低，供排水设施不完善，水费开支低，平均不到家庭收入的 0.5%。这就限制了用水水平的提高。

(4) 公共用水浪费严重

城市生活用水由两部分组成，住宅用水和公共用水。后者包括机关、学校、商业和财贸等第三产业、市政及建筑消防用水。国内习惯上把包括这两部分生活用水称之为大生活用水。据调查公共用水比居民生活用水高，其比例大于 50%。大城市由于国家机关、学校、部队等为数众多，商业财贸等第三产业发达，公共用水远远超过上述比例。北京已超过 70%，天津为 55%，山西为 29%。今后我国城市公共用水还将有较大的发展，但会严格定额。

(5) 生活用水标准

城市居民生活用水量定额详见表 1-6，农村居民生活最高日用水量列于表 1-7。

表 1-6 城市居民生活用水定额

给水设备类型	用水情况	分 区				
		一	二	三	四	五
室内无给水、排水,卫生设备从集中给水龙头取水	最高日(L/人·d)	20~35	20~40	35~55	40~60	20~40
	平均日(L/人·d)	10~22	10~25	20~35	25~40	10~25
	时变化系数	2.5~2.0	2.5~2.0	2.5~2.0	2.5~2.0	2.5~2.0
室内有给水龙头,但无卫生设备	最高日(L/人·d)	40~60	45~65	60~85	60~90	45~60
	平均日(L/人·d)	20~40	30~45	40~65	40~70	25~40
	时变化系数	2.0~1.8	2.0~1.8	2.0~1.8	2.0~1.8	2.0~1.8
室内有给水、排水、卫生设备,但无淋浴设备	最高日(L/人·d)	85~120	90~125	95~130	95~130	85~120
	平均日(L/人·d)	55~90	60~95	65~100	65~100	55~90
	时变化系数	1.8~1.5	1.8~1.5	1.8~1.5	1.8~1.5	1.8~1.5
室内有给水、排水、卫生设备和淋浴设备	最高日(L/人·d)	130~170	140~180	140~180	150~190	140~180
	平均日(L/人·d)	90~125	100~140	110~150	120~160	100~140
	时变化系数	1.7~1.4	1.7~1.4	1.7~1.4	1.7~1.4	1.7~1.4
室内有给水、排水、卫生设备并有淋浴设备和集中热水供应	最高日(L/人·d)	170~200	180~210	185~215	190~220	180~210
	平均日(L/人·d)	130~170	140~180	145~185	150~290	140~180
	时变化系数	1.5~1.3	1.5~1.3	1.5~1.3	1.5~1.3	1.5~1.3

注:1. 本表所列用水量已包括居住区内小型公共建筑用水量,但未包括浇洒道路、大面积绿化及全市性的公共建筑用水量。

2. 选用用水定额时,应根据所在分区内的当地气候条件、给水设备类型、生活习惯和其他足以影响用水量的因素确定。

3. 第一分区包括:黑龙江、吉林、内蒙古的全部;辽宁的大部分;河北、山西、陕西的偏北的一小部分;宁夏偏东的一部分。
第二分区包括:北京、天津、河北、山东、山西、陕西的大部分;甘肃、宁夏、辽宁的南部;河南北部;青海偏东和江苏偏北的一小部分。

第三分区包括:上海、浙江的全部;江西、安徽、江苏的大部分;福建北部、湖南、湖北的东部;河南南部。

第四分区包括:广东、台湾的全部;广西的大部分;福建、云南的南部。

第五分区包括:贵州的全部;四川、云南的大部分;湖南、湖北的西部;陕西和甘肃秦岭以南的地区;广西偏北的一小部分。

4. 其他地区的生活用水定额,根据当地气候和人民生活习惯等具体情况,可参照相似地区的定额确定。

表 1-7 农村居民最高日用水量/(L/人·d)

给水设备类型	分 区				
	一	二	三	四	五
集中给水龙头取水	20~35		30~50		20~40
室内有给水龙头,但无洗涤池	30~40		40~70		35~55
室内有给水龙头,有洗涤池或有洗涤池及淋浴设备	40~70	40~70	60~100	70~100	50~80

注:1. 分区范围参照表 1-6 的注示。

2. 表中数字为计量收费供水。

为改善城市用水的现状,国内外均采用了多种节水措施。例如:

(1) 改善设施

这类设施包括:

补漏,即对住宅和公共建筑卫生设施的泄漏进行补救,以达到节水的目的。最易漏水是

厕所，漏水量高达 113L/d；

安装水表。据美国霍普金斯大学环境工程系的研究表明，有水表的住宅比不安装水表的住宅用水可减少 1/3；

安装节水型卫生设备和改造现有设备；

热水管保温既利于节水又节省能源。

(2) 经济手段

调整水价结构，对节水型卫生设备实行减免税。

(3) 立法保证

修改房屋卫生设备法规，对使用节水型卫生设备作出立法规定。

(4) 教育宣传

教育大众改变用水习惯，提供咨询服务、大搞宣传、动员社会力量关心节约用水。

(5) 开展科学研究使用水更合理

研制高效节水设备。如按压式水龙头，当不压时，水会自动关闭；厕所水箱加添填充物以适当减小水箱容积，从而有效控制冲洗水量；又如住宅草坪灌溉水量约为住宅用水量的 80%，为节水研制了高雨化旋转喷灌设备，这不但节水且使草坪均匀获得水份。

四、合理用水综合性措施

1. 海水利用

海水是真正取之即有，用之不竭的资源。最大限度利用海水，减少淡水用量正是当代人为解决水资源短缺的重要途径。海水作为冷却水已有长久历史，国外应用十分广泛。日本在各类工业用水中，海水占的比例比较大，已是淡水总用水量的 40% 左右。我国海岸线很长，沿海城市应提倡在工业生产中充分利用海水，以缓解水荒。

2. 中水回用

生活污水经处理后，就地回用到各种建筑物的杂用水，如厕所冲洗水、空调冷却补充水、浇花、洗汽车等。

3. 污水再用

在目前水资源短缺的条件下，城市污水已成为二次水资源，其特点是水量相当稳定，污水回用后，既解决了供水紧张的矛盾，又减少了排入水体的污染负荷。发达国家为了控制水污染，建设了很多污水处理厂。污水回用比较好的国家有以色列、南非等。以色列把污水回用列为国家政策。据资料表明，城市污水 30% 得到利用，主要用于农灌。南非也是个缺水严重的国家，它回用的污水量占可能回用污水的 12% 以上。美国对污水回用亦开展了大量的研究，但进展不大。原因是①建污水处理厂由联邦政府承担 75%，而污水回用需进行的深度处理及建造管道系统的费用由地方政府出，这样，地方政府对回用不感兴趣；②用水水质标准严，处理费用高，缺少竞争力；③水源开发给予补贴，现行水价过低，回用水价高，缺少市场；④受传统观念影响，担心回用污水危害人体健康；⑤污水回用后减少排放量，会影响下游用水。日本 1955 年开始建设工业用水道，以便对企业分质供水。工业用水道中的部分水是处理后污水，这也是合理利用水资源的重要的措施。我国目前利用污水进行灌溉较为普遍，据不完全统计，全国污灌面积已超过 500 万亩。鉴于我国污水处理厂很少，灌溉用的污水很多未经处理，故应特别注意土壤、作物和地下水的污染。

4. 地表水和地下水联合利用