



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水质工程学 (第二版)

(上册)

李圭白 张 杰 主 编
蒋展鹏 主 审

中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水质工程学(第二版)

(上册)

李圭白 张 杰 主编
蒋展鹏 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水质工程学(上册)/李圭白等主编. —2 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2012. 12

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高
等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-14947-6

I. ①水… II. ①李… III. ①水质处理-高等学校-
教材 IV. ①TU991. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 288827 号

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材 高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

水质工程学(第二版)

(上册)

李圭白 张 杰 主编

蒋展鹏 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 26½ 字数: 658 千字

2013 年 3 月第二版 2013 年 3 月第十一次印刷

定价: 50.00 元(赠送课件)

ISBN 978-7-112-14947-6

(23036)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第二版前言

《水质工程学》的出版是给排水科学与工程(给水排水工程)专业教学改革的一项成果,它体现了给水排水工程学科从以城市基础设施为研究对象转变为以水的社会循环为研究对象的理念,给水和排水是水的社会循环过程中的两个环节,即从水的社会循环的角度将给水与排水有机地结合在一起,将给水处理与污、废水处理结合在一起,形成一部新的教材——《水质工程学》。

按照水的社会循环理念,现在部分学校“给水排水工程”专业的名称已改为“给排水科学与工程”专业,其中给排水是一个词组,即给水和排水是不可分割的,所以“水质工程学”教材也进一步与专业的内涵取得一致。

《水质工程学》(第二版)教材在再版修订过程中,吸收了各方提出的宝贵意见,着重在下列方面作了修改。

1. 吸收近年水质工程学领域在理论、原理、工艺和技术等方面的新发展和新成果,更新教材内容,使之保持新颖性。

2. 为适应各学校不同的教学要求,将内容分为基本的和扩展的两部分,基本部分按对专业最低要求编写,其他部分为扩展部分。基本部分内容采用大字体,扩展部分内容采用小字体。

3. 在书中增加例题内容,以加深学生对理论的理解,并加强理论与实际联系。

再版教材的执笔人以及主编和主审人皆与第一版相同。

第一版前言

我国“给水排水工程”专业建立于20世纪50年代初，由于专业面较窄，已不适应我国当前社会主义市场经济的特点，不能满足我国新兴产业——水工业以及水危机对人才培养的要求，所以需要进行改革。

我国已经进入社会主义市场经济时代，水作为一种特殊商品正在进入市场，采集、生产、加工商品水的产业，称为“水工业”。

水的循环可区分为水的自然循环和水的社会循环。从天然水体采集水，经过加工处理，以满足工业、农业以及人们生活对水质水量的需求，用过的水经适当处理再排回天然水体，这就是水的社会循环。水工业正是服务于水的社会循环全过程的一种产业。它与服务于水的自然循环及其调控的“水利工程”，构成了水工程的两个方面。

我国的水危机形势严峻，我国人均水资源量只有世界平均量的1/4，加上时空分布不均使水资源短缺造成的损害不亚于洪涝灾害。我国目前水环境污染也很严重，造成的损失达GDP的1.5%~3%。水资源短缺和水环境污染已成为我国社会发展的重要制约因素，现正为缓解水危机筹集和投入大量资金，这必将促进水工业产业的大发展。

解决我国水危机的方针，应是以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展。新中国成立以来，我国国民经济有了长足发展，但水污染治理相对落后，致使水环境污染严重。此外，水环境污染与人们对饮用水水质不断提高的要求的矛盾也日益增大。这样，在水工业的水量和水质两个方面，就使水质矛盾日益突出而上升为主要矛盾。

我国现在的工农业及城市用水量，正在向我国水资源的极限量逼近，所以节约用水势在必行，必须向建设节水型工农业、节水型城市、节水型社会的方向发展。为节水，需要投入巨资，而其产出效益更大，所以一个节水产业正在兴起，它是水工业的重要组成部分。

水的循环利用是节水的最重要的方面。水的最大特点是在使用过程中水量并不减少，而只是混入了各种废弃物，使水质发生了变化(受到污染)从而丧失或部分丧失了使用功能。如果将水中污染物加以去除(对水进行处理)，使水恢复或部分恢复其使用功能，就能被循环利用。水的循环利用不仅能减少向天然水体取水的数量，缓解水资源短缺，并且也减少了向天然水体排放污水的数量，减少对水环境的污染。

我国正在进入高新技术时代。以生物工程、电子信息、新材料等为代表的高新技术，不断为水工业所采用。高新技术正推动水工业向现代化方向发展。

每一种产业都需要有相应学科和专业的支持才能得到发展。改革后的“给水排水工程”即为水工业的主干学科，它以水的社会循环为研究对象，在水量和水质两个方面以水质为核心，加强化学和生物学基础，保持工程传统，向水资源水环境、市政水工程、建筑水工程、工业水工程、农业水工程、节水产业等方向全面拓宽，以适应市场经济和满足水工业发展的需求。

将改革后的“给水排水工程”专业与50年前成立的“给水排水工程”相比，其研究对象从作为“城市基础设施”扩展为“水的社会循环”；学科的主要内涵从“水量”转变为“水质与水量”；把被区分的给水和排水统一到水的社会循环及水的循环利用这一整体之中，并大量吸收高新技术，使“给水排水工程”面容一新。

“给水排水工程”专业的改革，需要建立新的学科体系和教材体系。“水质工程学”就是新编的教材之一，供大学本科学生使用。

本书绪论、第4章、第5章、第18.1、18.2、18.3、18.4、18.5、19.1、19.2、19.3、19.5由李圭白执笔；第1章、第2章由崔福义执笔；第3章由陈忠林执笔；第6章、第7章、第8章、第9章由马军执笔；第10章、第11章、第18.6、18.7、19.4由于水利执笔；第12章、第13章、第14章由彭永臻执笔；第15章、第16章、第17章由任南琪执笔；第20章、第21章由张杰执笔。全书由李圭白、张杰任主编，蒋展鹏任主审。

本书为教科书，书后只列出少数参考书目供学生课外选读。书中引用了大量文献资料，文献名未一一列出，特作声明，并向这些文献作者表示感谢。

由于作者水平所限，望广大读者批评指正。

主编

目 录

上 册

绪论	1
第 1 篇 水质与水处理概论	8
第 1 章 水质与水质标准	8
1.1 天然水中杂质的种类与性质	8
1.2 水体的污染与自净	10
1.3 饮用水水质与健康*	16
1.4 用水水质标准	19
1.5 污水的排放标准	26
第 2 章 水的处理方法概论	35
2.1 主要单元处理方法	35
2.2 反应器的概念及其在水处理中的应用	36
2.3 水处理工艺流程	47
第 2 篇 物理、化学及物理化学处理工艺原理	51
第 3 章 凝聚和絮凝	51
3.1 胶体的稳定性	51
3.2 混凝机理	59
3.3 混凝剂	66
3.4 混凝动力学	73
3.5 混凝过程	80
3.6 混凝设施	86
3.7 混凝试验	91
第 4 章 沉淀	96
4.1 杂质颗粒在静水中的沉降	96
4.2 平流沉淀池	100
4.3 斜板、斜管沉淀池	110
4.4 澄清池	118
4.5 水中造粒*	122
4.6 辐流沉淀池	124

4.7 气浮	127
第5章 过滤	131
5.1 慢滤池和快滤池	131
5.2 颗粒滤料	134
5.3 快滤池的运行	139
5.4 过滤理论	150
5.5 滤层的反冲洗	155
5.6 几种常见的滤池	177
第6章 吸附	184
6.1 吸附概述	184
6.2 活性炭吸附	187
6.3 活性炭吸附的应用	195
6.4 活性炭的再生	203
6.5 水处理过程中的其他吸附剂*	206
第7章 氧化还原与消毒	209
7.1 概述	209
7.2 氯氧化与消毒	216
7.3 臭氧氧化与消毒	223
7.4 其他氧化与消毒方法	231
7.5 高级氧化概述*	236
第8章 离子交换	240
8.1 离子交换概述	240
8.2 离子交换基本理论	247
8.3 离子交换装置及运行操作	256
8.4 离子交换的应用	268
第9章 膜滤技术	281
9.1 概述	281
9.2 微滤和超滤	287
9.3 反渗透与纳滤	293
9.4 电渗析	302
9.5 膜滤技术在水处理领域中的应用	312
第10章 水的冷却*	316
10.1 水的冷却系统与冷却构筑物	316
10.2 水的冷却原理	318
10.3 冷却的热力学计算	326

10.4	冷却塔的性能评价	329
10.5	冷却水的水质与水处理	338
第 11 章	腐蚀与结垢*	347
11.1	腐蚀的类型与过程	347
11.2	影响腐蚀的因素与腐蚀形式	354
11.3	水质稳定指数	362
11.4	水质稳定处理	367
第 12 章	其他处理方法	370
12.1	中和法	370
12.2	化学沉淀法	374
12.3	电解法	378
12.4	吹脱汽提法	381
12.5	萃取法	385
附录	389
主要参考文献	410

下 册

第 3 篇	生物处理理论与技术	1
第 13 章	活性污泥法	1
13.1	活性污泥法的理论基础	1
13.2	活性污泥的性能指标及其有关参数	11
13.3	活性污泥反应动力学及其应用	16
13.4	活性污泥法的各种演变及应用	24
13.5	曝气及曝气系统	31
13.6	活性污泥法的脱氮除磷原理及应用	38
13.7	其他几种常用的活性污泥法工艺技术	53
13.8	活性污泥法污水处理系统的过程控制与运行管理	66
第 14 章	生物膜法	73
14.1	生物膜法的基本概念	73
14.2	生物膜的增长及动力学*	80
14.3	生物滤池	82
14.4	生物转盘	94
14.5	生物接触氧化法	97
14.6	生物流化床	102
14.7	生物膜脱氮工艺	105

14.8	新型生物膜反应器和联合处理工艺*	107
14.9	生物膜法的运行管理	109
第15章	厌氧生物处理	112
15.1	厌氧生物处理的概念	112
15.2	厌氧生物处理的基本原理	112
15.3	厌氧生物处理微生物生态学	122
15.4	厌氧颗粒污泥的形成及其微生物生理生态特性	138
15.5	厌氧生物处理工程技术	145
15.6	发展与展望*	168
第16章	自然生物处理系统	171
16.1	氧化塘	171
16.2	污水的土地处理系统	180
第17章	污泥处理、处置与利用	195
17.1	概述	195
17.2	污泥的分类、性质及计算	197
17.3	污泥浓缩	205
17.4	污泥的厌氧消化	212
17.5	污泥的其他稳定措施	225
17.6	污泥的调理	229
17.7	污泥的干化与脱水	230
17.8	污泥的干燥与焚化	240
17.9	污泥的有效利用与最终处置	244
17.10	污泥减量化新技术*	245
第4篇	水处理工艺系统	249
第18章	典型给水处理系统	249
18.1	给水处理工艺系统的选择原则	249
18.2	以地面水为水源的城市饮用水处理工艺	251
18.3	水的除藻*	259
18.4	水的除臭除味*	260
18.5	水源水质突发污染及净水技术对策*	261
18.6	给水厂生产废水的回收与利用	262
18.7	给水厂污泥的处理与处置	265
第19章	特种水源水处理工艺系统*	270
19.1	地下水除铁除锰	270
19.2	高浊度水处理工艺系统	275

19.3	水的除氟和除砷*	278
19.4	软化、除盐及锅炉水处理工艺系统	280
19.5	游泳池水处理工艺系统	285
第 20 章	城市污水处理系统	287
20.1	城市污水处理工艺系统选择的基本思想与原则	287
20.2	城市污水处理工艺系统	289
20.3	活性污泥法处理系统实例	293
20.4	污水深度处理系统与再生水有效利用	301
20.5	污泥处理与利用工艺系统	309
第 21 章	工业废水处理的工艺系统*	317
21.1	概述	317
21.2	常用工业废水处理工艺系统	321
	主要参考文献	350

绪 论

地球上水的循环，可分为水的自然循环和水的社会循环。

水的自然循环有多种，对人类最重要的是淡水的自然循环。图 0-1 是淡水的自然循环的典型示意图。水从海洋蒸发，蒸发的水汽被气流输送到大陆，然后以雨、雪等降水形式落到地面，一部分形成地表水，一部分渗入地下形成地下水，一部分又重新蒸发返回大气。地表水和地下水最终流回海洋，这就是淡水的自然循环。水的自然循环及其调控，是水文学、水文地质学和水利工程学科研究的对象。

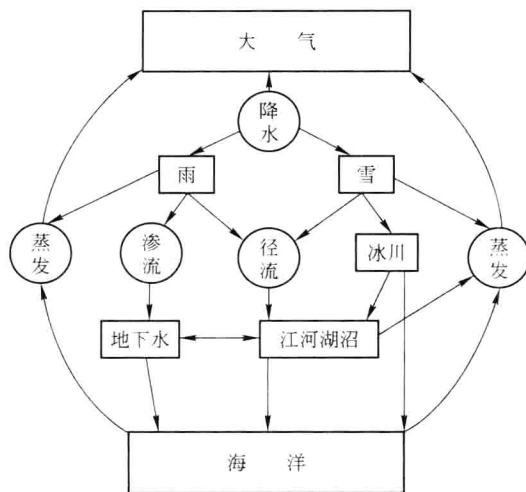


图 0-1 水的自然循环

水是生命之源，是地球上一切生态环境存在的基础。人类生存离不开水，水是人类生活和生产不可替代的宝贵资源。人们为了生活和生产的需要，由天然水体取水，供人们生活和生产使用，用过的水经适当处理后排放，回到天然水体，这就是水的社会循环，如图 0-2 所示。水的社会循环是给排水科学与工程学科研究的对象。

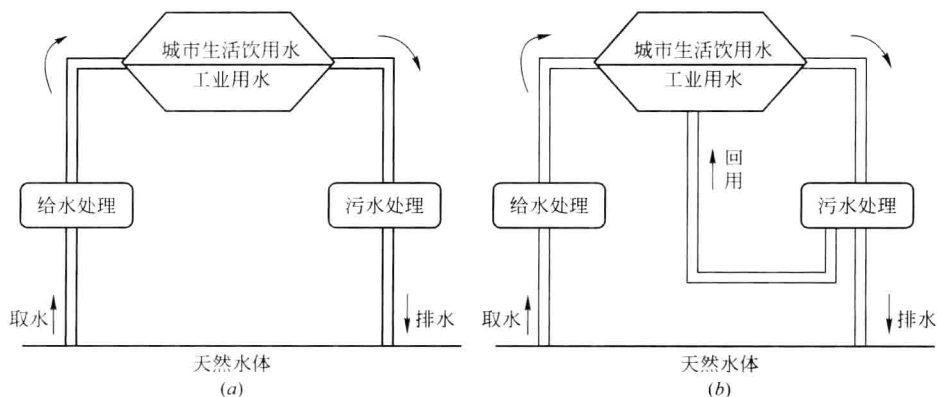


图 0-2 水的社会循环

过去,人们总是以为天然水体的水是取之不尽,用之不竭的。这种看法已经到了需要根本改变的时候了!我国多年平均降水量为 6.2 万亿 m^3 ,除蒸发以及通过土壤直接利用于天然生态系统和人工生态系统外,可通过水循环更新的地表水和地下水的多年平均水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ,按 2008 年人口统计,人均水资源量为 2068 m^3 ,仅为世界平均值的 22.3%。预测到 2030 年人口增至 16 亿时,人均水资源量将降到 1760 m^3 。按国际上一般标准,人均水资源量小于 1700 m^3 为水资源紧缺的国家。我国即将成为水资源十分紧缺的国家。特别是我国北方地区水资源短缺的危机已经十分突出,已成为社会经济发展的重要制约因素。

我国现在年用水总量约为 5910 亿 m^3 (2008 年资料)。经分析,我国实际可能利用的水资源约为 8000 亿~9500 亿 m^3 。据预测,随着我国人口的增长,城市化进程的加速,工业、农业的发展需求,在大力节约用水的前提下,我国用水高峰将在 2030 年前后出现,年用水总量为(7000~8000)亿 m^3 ,需水量已向可能利用的水资源量的极限逼近,形势极为严峻。

在水的社会循环中,人们对饮用水、生活用水、工业用水和农业用水的水质都有相应的要求,当天然水源的水质不满足用水要求时,就要对水进行处理,使之符合用水的要求。

天然水源作为水的自然循环的一部分,其水质在不同水源和不同地段是不同的,在一年四季的自然循环中也是不断变化的,所以有必要研究作为水源的天然水的水质特点及变化规律,以便能正确地选择水处理方法和水处理工艺。

习惯上以为,上述水处理只在给水处理厂进行。但从水的社会循环的角度看,给水处理的概念应涵盖从水源到输配水的全过程。例如,对水源的保护;从水处理角度进行取水构筑物的设置;为减少水中所含的泥砂量,宜从河流的表层取水;在湖泊和水库中选择适宜的取水深度,以减少水中的藻类含量;在湖泊或水库中投药杀藻等等。又例如,为防止给水处理厂出厂水的水质在配水过程中恶化,应进行水的化学稳定性和生物稳定性的处理;应采用耐腐蚀材料的管道,或进行管道衬里;应对楼宇及小区的二次供水系统进行改造,防止发生二次污染等。

在水的社会循环中,用过的水中常含有许多废弃物。一般天然水体都是一个生态系统,对排入的废弃物有一定的净化能力,称为水体的自净能力。由于社会循环的水量不断增大,排入水体的废弃物不断增多,一旦超出水体的自净能力,水质就会恶化,从而使水体遭到污染。受到污染的水体,将丧失或部分丧失使用功能,从而影响水资源的可持续利用,加剧水资源短缺的危机。水环境污染,现已成为世界性的重大问题,而我国的水环境污染也十分严重,已成为制约国民经济发展的另一个水危机因素。

从天然水体取水,而不对水体生态环境产生不良影响;对城市污水和工业废

水进行处理,使其排入水体不会造成污染,从而实现水资源的可持续利用,称为水的良性社会循环。

解决我国水危机的方针应是以水资源的可持续利用支持我国社会经济的可持续发展。只有在发展给水的同时,同步发展排水和污、废水处理,才能保护水环境,使水资源的可持续利用成为可能。同时,水环境污染与人们对饮用水质不断提高的要求的矛盾也日益增大。这样,在水工业的水量和水质两个方面,就使水质问题日益突出而上升为主要方面。

研究水在社会循环过程中的水质及其变化特性,研究为满足用水需要,为实现水的良性社会循环和水资源的可持续利用,而对水质进行控制及对水进行处理的科学技术,称为水质工程学。

城市和工业由未受污染的天然水体取水,一般是比较经济的,因为要满足用户对水质的要求(特别是生活饮用水)而进行的水处理比较易行。当水资源短缺危机出现时,为减少由天然水体取水的量,可以采取循环回用使用过的污、废水的方法,如图 0-2 所示。将污染较轻的工业冷却水循环使用比较简单,也比较经济。将含废弃物较多的城市污水和工业废水再生回用,以满足用水水质要求而进行的水处理会复杂一些。将尽可能多的污、废水再生回用,可以显著减少由天然水体的取水量,缓解水资源危机,同时也减少了向天然水体排放的污水量,减少了对水体的污染。可行的污、废水再生回用技术和工艺有多方面。研究污、废水再生回用过程中的水质及水质控制和处理问题,也是水质工程学的重要内容。

工业企业内部水的循环重复利用是应用最广的一种。工业企业内部用水方案多种多样,对水质要求各不相同,将不同的废水循环重复利用于不同用途,虽仍需进行水的处理,但往往比排入天然水体要简单得多,也经济得多。在工业区各工厂之间进行水的重复利用,常可取得比在一个工厂内更好的效果。

城市污水回用于工业,需要进行比排入天然水体更复杂的水处理,但对水资源短缺的地区,它在许多方案中仍是比较合理的一种。它在国外已是一种成熟的技术,但在我国尚处于起步阶段,今后的潜力很大。将城市污水回用于公用设施和住宅冲洗厕所、浇灌绿地、景观用水、浇洒道路等,是污水再生回用的另一重要方面。

由江河取水的城市,若水质受到上游城市或其他污染源的污染而不宜再作为饮用水源时,称做水质型水资源短缺。现代的饮用水除污染技术,能将受到一定程度污染的源水处理到符合生活饮用水水质标准的要求,为此只要在现有城市自来水厂常规水处理工艺基础上,再增加除污染处理设备就可以了。饮用水除污染,可以缓解水质型水资源危机,但要完全解决水质型水资源危机,需要大力治理污染源,即需要对城市排出的污、废水进行处理。对一个水系而言,上游城市由水系水体取水,用过后又排入水系,下游城市再由水系水体取水,这可称为水

的间接回用。现代的城市化进程和经济发展，已使水的这种间接回用达到很高的比例。

目前，我国城市污水的处理率约为 75%。城市生活污水和工业废水排入水体造成污染，称为点源污染。农田排水对水体造成的污染称为面源污染。城市污水、工业废水及农业面源污染，致使当前我国城市水域 90% 受到污染，所以城市水质型水资源危机是我国普遍存在的现象。据测算，即使到 2050 年，我国城市污水处理率达到 90% 以上，由于城市污、废水量相应增加，那时水环境污染状况会大大减轻，但不会消除，所以饮用水除污染与污染源治理应该同时给予重视。

若将水的间接回用作为水的社会循环的一部分来看，上游城市污水处理的程度与下游城市取水的水质有关。上游城市污水处理程度越高，下游城市的饮用水受污染程度就会减少但上游城市污水处理费用会越高。从经济角度，对上游城市污水只能进行适当处理(要兼顾对环境其他方面的影响)，这时排出的污水对天然水体水质会造成一定程度的污染，所以，饮用水除污染应是整个水环境污染治理的一环。

对工业废水进行处理，是一种终端治理模式，即工业生产排出多少废水就处理多少。这种被动的终端治理模式，已被各国的实践证明是不成功的。现在已开始研究从源头进行治理的模式，即采用“绿色”工艺，进行清洁生产。清洁生产是指原料和能源利用率最高、废物产生量和排放量最小，对环境危害最小的生产方式和过程。清洁生产可包括产品和生产过程两个方面。对于产品，清洁生产意味着产品本身及原料都应是对环境无害的。对生产过程，清洁生产是指在生产的全过程都应符合节约资源和保护环境的原则。应对产品进行生命周期的分析，确保其每个环节的危害是最小的。应改革产品设计、改革原料路线、改革生产工艺、更新设备，采用循环利用、重复利用水、物料与能源系统，使废水、废物最少化。所以，清洁生产从源头上使废水废物综合减至最少，再配合对废水的终端处理，才能获得好的效果。当然，废水处理也要采用“绿色”工艺，即使能耗和残留污泥量降至最小。现在已经提出工业废水“零”排放的目标，从而为清洁生产、污废水处理、水的循环重复利用设立了一个更高的目标。

我国农田现在普遍使用化肥农药，由于投放使用的化肥农药量比世界平均值超出许多，不够科学合理，致使大量化肥农药未被充分利用，随水排入水体，对地表水和地下水都造成污染。规模化的畜禽养殖，也是重要的面源污染源。农业排水的污染，由于其分散性和量大面广，比点源污染更难治理。农业排水的污染，只能随着科学种田、科学施肥的推广，随着“绿色”农业的发展，再配合积极的面源治理措施，才会逐渐减轻，才能实现水的良性社会循环。

控制污染，保护环境，需要各行各业共同努力，才能取得成功，所以它也是全社会全民的共同事业。

我国一方面出现水资源紧缺的危机，一方面同时又存在用水效率不高、用水大量浪费的现象。我国的用水总量与美国相当，但 GDP 约为美国的 1/3。我国农业灌溉水的利用系数平均约为 0.45，而发达国家为 0.7 甚至 0.8。我国工业万元产值用水量是发达国家的数倍。我国工业用水的重复利用率为 30%~40%，实际可能更低，而发达国家为 75%~85%。生活用水的跑、冒、滴、漏十分普遍，特别是我国城市给水管道的漏失率有的甚至超过 20%。所以节约用水、提高用水效率、杜绝浪费，是缓解水资源危机的首要任务。发展高效节水农业，发展节水型工业，节水型城镇，采用节水型生产工艺，采用节约用水器具，提高质量，加强管理，减少跑、冒、滴、漏，减少管道漏损，特别是制订有利于节约用水的政策法规，调整水价，利用经济杠杆，促进节约用水。

节约用水不仅可减少从天然水体的取水量，缓解水资源危机，并且可减少供水和给水处理费用，以及排水和污、废水处理费用。据测算，随着我国城市化进程和经济的发展，城市和工业用水量会不断增加，相应地排水量也会不断增加，城市供水排水及水处理所需费用将增加到国民经济难以承受的程度。只有节约用水，显著减少城市供排水量，才能将费用降下来。所以，不仅水资源贫乏地区要节水，水资源充足地区也要节水。在国外，这已成为目前发达国家的共识。

前已述及，我国的用水量正向水资源的极限量逼近，如果不加以控制，任其增长下去，将会耗竭水资源，从而给国民经济带来重大损失。只有千方百计地节水，不断提高用水效率，才能控制住用水量的增长，使之不超过水资源的极限，从而实现以我国水资源的可持续利用，支持我国社会经济的可持续发展的目标。所以，节约用水不仅具有战略意义，并且应作为国策进行立法，使我国全面向节水型工业、节水型农业、节水型城市、节水型社会发展。节水过程中的水质及水质控制和处理问题，是水质工程学的又一个主要内容。

建立循环型的经济，是世界各国社会发展的方向。地球上的资源是有限的，只有资源循环型的社会，才能取得永续的发展。基于水循环和物质循环的基本思想，应视污水为城市的第二水源，是一种稳定的淡水资源。在水冲厕所普及之前，城市居民的粪便是农田的重要肥源，它符合农田肥分—作物—人类食物—排泄物—农田肥料的物质循环规律。现在，在水冲厕所和排水系统完善的时代，从农田可持续利用以及氮、磷的物质循环出发，污水污泥的基本处置方式还应该回归农田。

我国城市水资源可持续利用的方针是“节水优先，治污为本，多渠道开源”。如：科学调配水资源。城市附近的农业灌溉用水，用水量很大，大都取自天然水体。城市用水为满足人们生活饮用需要，也要求取自天然水体。在水资源短缺地区，这就形成了城市和农业争水的矛盾和水资源危机。我国已有不少城市将污水用于农田灌溉，但有的使用未经处理的污水或经处理但水质尚未达到灌溉要求的

水, 不仅使农产品受到污染, 还给环境带来许多危害, 亟待改进。如将城市污水经适当处理, 使其水质满足农业灌溉的要求, 将城市污水回用于农业灌溉, 则可将更多的水供城市使用。农业灌溉采用城市污水回用的方案, 其对水处理的要求不如排放水体高, 所以比排放更经济。

在城市附近地区推行高效节水农业和现代旱地农业, 将水的利用系数由 0.4 左右提高到 0.5~0.6, 便可节省大量的水供城市使用。

海水可大量用于工业冷却用水, 从而减少城市对淡水的需求。我国沿海地区 11 个省和直辖市, 有 18000 多千米的海岸线, 人口占全国的 40% 以上, 社会总产值占 60% 左右, 是经济最发达的地区。该地区特别是新开发区域的淡水供给量严重不足, 极大地阻碍了经济的发展, 大力发展海水利用刻不容缓。我国目前用海水作为冷却水的仅约 100 亿 m^3 , 而美国、欧盟、日本等则均已达到 2000 亿 m^3 左右。所以, 我国利用海水的潜力很大。利用海水是缓解沿海地区淡水资源危机的主要途径。当然, 同时应解决利用海水带来的水质问题。

雨水是一种重要的淡水资源。现代大城市市区面积很大, 大部分地面为不透水铺面覆盖, 遇到暴雨会形成洪涝灾害。如将雨水大部分贮积起来, 则可获得可观的淡水资源。在城市适当地方或住宅小区贮积雨水经适当处理, 便可用于浇洒绿地、道路、水景以及下渗补充地下水, 改善生态环境, 缓解水资源危机, 还可以减少城市洪涝灾害。1997 年全国城市雨洪水量约 111 亿 m^3 , 若按 40% 利用率来计算, 可利用的雨水量约为 44 亿 m^3 。随着我国城市化进程, 城市面积会不断增长, 雨洪水量还会不断增加, 潜力很大。

当城市出现水资源危机时, 也可从远处的水体调水。当然远距离调水需要比较高的费用, 且调水距离越长, 费用越高。远距离调水应在充分节水的基础上进行。因为若不节水, 用水浪费严重, 用水效率低, 必然要调更多的水, 并且调来的水也会有相当部分被浪费掉, 不能充分发挥调水效益。调水越多, 城市污水增加的也越多, 不仅增大调水费用, 同时也增大了污水处理和排放的费用, 若不能同步建设污水处理设施, 还会加重对天然水体的污染。远距离调水, 在输水过程中有可能受到污染, 特别是利用明渠输水, 虽然工程费用降低了, 但极易受到污染, 这在许多工程中都发生过。一旦水质受到污染, 就需要花更多的费用进行处理, 严重时甚至使其丧失部分使用功能。

远距离调水应与节水及污、废水回用进行经济比较。城市节水及污、废水回用在许多情况下比远距离调水经济。对水质型水资源短缺, 远距离调水应与饮用水除污染工艺进行经济比较。

水对于人类社会, 虽然是不可替代的, 却是可以再生的。水在城市用水过程中, 不是被消耗了, 即水量上不发生变化(理论上), 而只是水质发生了变化, 失去了部分使用功能。采用水处理的办法改变水质, 使之无害化、资源化, 特别是