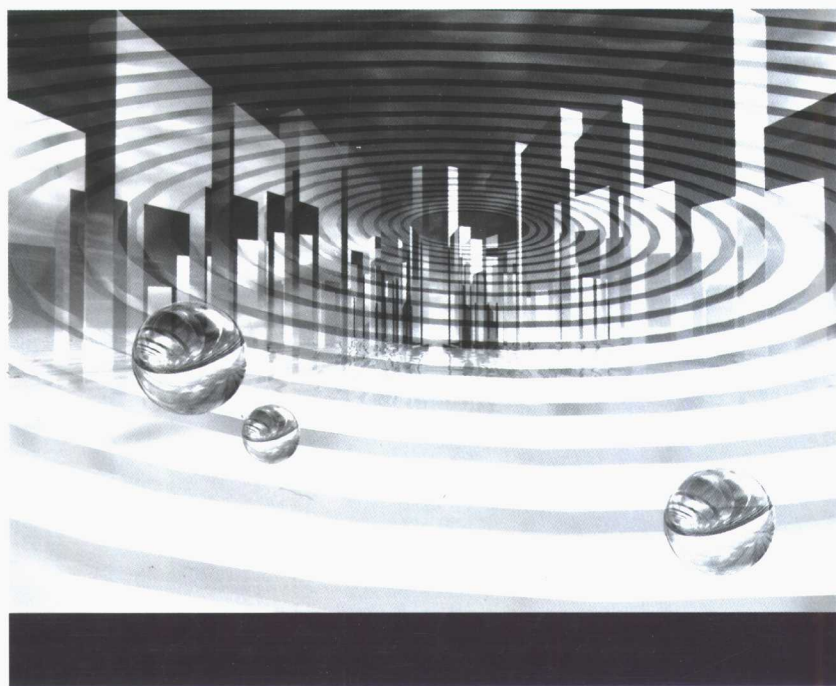


韩剑宏 主编 于玲红 张克峰 副主编

中水回用技术及 工程实例



Chemical Industry Press

 化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

中水回用技术及工程实例

韩剑宏 主 编
于玲红 张克峰 副主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

中水回用技术及工程实例/韩剑宏主编,于玲红,张克峰
副主编. —北京:化学工业出版社,2004.8
ISBN 7-5025-6048-3

I. 中… II. ①韩…②于…③张… III. 生活污水-
污水处理 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 086005 号

中水回用技术及工程实例

韩剑宏 主 编

于玲红 张克峰 副主编

责任编辑:董琳 管德存

文字编辑:余纪军 刘志茹

责任校对:洪雅姝

封面设计:蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 462 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6048-3/X·517

定 价: 46.00 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

前 言

我国是世界上人均占有水资源较少的国家，而且水资源分布极不均匀，人均年占有量仅相当于世界平均值的 1/4。我国 400 多个大中城市中已有约 300 个城市缺水，供水紧张时工农业生产用水得不到保证，有些城市对居民生活用水不得不采取限时限量的供水方法，供水问题已经成为制约我国干旱、半干旱地区及沿海城市经济发展与生活水平提高的严重问题。但随着经济的发展，工农业及居民生活用水量的需求不断增大，污水量也大量增多，加剧了水资源的紧张局面。污水资源化是解决本地区水资源严重不足的有效措施，特别是城市建筑的集中化，为建筑中水回用也提供了充足的水源。因此，中水回用作为城市低水质用水的第二水源，必将大大缓解水资源紧张的局面，产生开源、节流和环境保护的综合效益。

本书结合我国水污染、污水处理及建筑中水的状况，在介绍基础理论和技术的基础上，总结和汇编了国内外的工程实例，概述了中水处理的基本理论与相关知识，说明了水处理单元的原理、分类、适用范围和条件，从不同角度分析和探讨了中水回用技术及工程实例，阐明了新技术、新方法、新设备和技术发展的新趋势以及一些前沿问题。本书文字深入浅出，内容丰富，具有很强的可操作性。

本书由韩剑宏（第一、四、五、六、八章），于玲红（第十章），张克峰（第二、三章），孙京敏（第七章），李天昕（第九章）编写；由韩剑宏统稿。书中的部分图表由赵海云协助整理制作，北京润泽东方公司的赵长通给予了支持，在此表示感谢。

本书遵循少而精的原则，力求层次分明、重点突出、概念清晰、注重实用。因编写人员学术水平和经验有限，加之时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请读者、同行批评指正。

编 者

2004 年 5 月

内 容 提 要

本书针对我国水资源缺乏、水污染严重的形势，分析和探讨了中水回用处理技术及其发展中的诸多问题，全面阐述了中水再生与利用的理论和技術方法，包括中水的水源与特性，中水回用的水质标准，污水化学与物化处理、好氧生物处理、厌氧处理、生物脱氮除磷、膜生物反应器和中水深度处理等，并列举国内外大量的工程实例。本书具有较强的综合性、系统性和实用性。

本书可供从事污水处理与回用工程的科研、技术、设计和管理人員阅读，适用于环境工程、市政工程等相关专业的高等院校研究生、本科生参考。

目 录

第一章 中水系统	1
第一节 概述	1
一、水资源概况	1
二、基本概念	4
三、应用情况	5
第二节 中水水质标准	10
一、回用水水质指标	11
二、回用水水质标准	12
第三节 中水系统的组成	18
一、中水水源及水源水质	19
二、按处理方法分类	21
三、按处理水源分类	25
第四节 中水管网系统	26
一、建筑中水回用系统及组成	26
二、回用水管网布置	29
三、中水的加压设备	31
第五节 污水回用方式	32
一、城市污水回用方式	32
二、建筑污水回用方式	33
第六节 供水方式	34
一、简单的供水方式	34
二、单设屋顶水箱的供水方式	34
三、小区中水给水方式	35
四、分区供水方式	36
五、小区中水系统的水量平衡	36
第二章 中水处理技术	40
第一节 处理方法概述	40
第二节 物理处理技术	41
一、格栅	41
二、筛网过滤	43
三、沉砂池	44
四、沉淀池	46
五、气浮池	56
六、隔油池	58
第三章 化学和物化处理技术	63
第一节 混凝	63

一、混凝原理	63
二、混凝剂与助凝剂	65
三、影响混凝的主要因素及其控制	67
四、混凝工艺过程	67
第二节 氧化还原	71
一、氯氧化法	72
二、臭氧氧化法	72
三、湿式氧化法	74
四、其他湿式氧化技术	75
第三节 吸附	76
一、吸附的基本原理与类型	76
二、吸附平衡与吸附容量	77
三、吸附操作方式	77
四、吸附剂再生	78
五、吸附的影响因素	79
第四节 电渗析	80
一、概述	80
二、电渗析的技术过程	81
三、电渗析的应用及展望	83
第四章 好氧生物处理	85
第一节 接触氧化法	85
一、工作原理	85
二、结构	85
三、特征	86
四、工艺流程	87
第二节 厌氧好氧交替法	87
一、脱氮为主的厌氧好氧交替法	88
二、除磷为主的厌氧好氧交替法	88
三、脱氮除磷的厌氧、缺氧、好氧交替法	89
第三节 AB 法	90
一、工作原理	90
二、AB 法工艺的基本流程	91
三、设计参数	92
四、AB 法的优缺点	92
第四节 间歇式活性污泥法	93
一、工艺流程	93
二、工艺特点	94
三、SBR 的改进型	95
四、其他新型 SBR 的研究及开发	100
五、SBR 的设计	101

第五节 氧化沟	102
一、氧化沟工艺	103
二、氧化沟水力流动情况分析	103
三、卡鲁塞尔氧化沟	105
四、奥贝尔氧化沟	105
五、三沟式氧化沟	106
六、一体化氧化沟	107
七、厌氧段加氧化沟	108
第六节 生物滤池	109
一、普通生物滤池	109
二、高负荷生物滤池	110
三、曝气生物滤池	110
第七节 生物转盘	115
一、生物转盘工作原理	116
二、生物转盘的组成和构造	116
三、工艺流程	116
四、生物转盘的特点	117
第八节 生物流化床	117
一、概述	117
二、生物流化床的工艺流程	118
三、生物流化床的构造	120
第五章 厌氧处理技术	121
第一节 厌氧消化池	121
一、工作原理	121
二、厌氧消化的影响因素	122
三、厌氧消化的优缺点	122
四、厌氧消化的类型	123
五、运行中应注意的问题	124
第二节 UASB	126
一、UASB 的性能与特点	126
二、厌氧反应器的气、液、固三相分离器	127
第三节 厌氧滤池	128
一、厌氧滤池的原理和特点	128
二、AF 的运行及影响因素	128
第四节 厌氧反应器的新发展	129
一、膨胀颗粒污泥床	129
二、厌氧流化床	129
三、厌氧挡板式反应器	130
四、厌氧生物转盘	130
第五节 中水处理工程污泥、污气处理	131

一、污泥处理·····	131
二、污气的处理及装置·····	133
第六章 污水的生物脱氮除磷·····	135
第一节 概述·····	135
第二节 废水生物脱氮工艺流程·····	137
一、传统的生物脱氮工艺·····	137
二、单级生物脱氮工艺·····	138
三、生物脱氮的影响因素与主要参数·····	140
第三节 废水生物除磷技术特征·····	141
一、生物除磷的机理·····	142
二、除磷工艺·····	142
三、生物除磷的影响因素·····	144
第四节 废水生物脱氮除磷工艺·····	145
一、Phoredox 工艺 ·····	147
二、UCT 工艺 ·····	147
三、VIP 工艺·····	148
四、改良 A ² /O 工艺 ·····	149
五、其他除磷脱氮工艺·····	149
六、废水生物脱氮除磷工艺的选择·····	151
第五节 废水生物脱氮新工艺·····	153
一、短程硝化反硝化技术·····	154
二、短程硝化反硝化工艺·····	155
第七章 膜生物反应器 ·····	160
第一节 概述·····	160
第二节 MBR 工艺 ·····	161
一、MBR 工艺特点 ·····	161
二、MBR 机理 ·····	161
三、MBR 分类 ·····	162
四、运行的影响因素·····	165
第三节 其他膜生物反应器·····	166
一、膜生物反应器内进行无泡曝气·····	166
二、优先污染物提取膜生物反应器·····	168
三、高效一体化生物膜工艺·····	169
第四节 膜污染及清洗·····	170
一、膜污染·····	170
二、膜清洗·····	172
第五节 工艺设计原则及依据·····	173
一、基本原则·····	173
二、工艺设计依据·····	173
第六节 应用·····	174

一、生活污水处理	174
二、粪便污水处理	174
第八章 深度处理方法	177
第一节 过滤	177
一、概述	177
二、过滤的作用与净水原理	178
三、快滤池的异常问题与解决对策	182
第二节 活性炭吸附	183
一、吸附剂的选择设计	184
二、吸附容量和吸附等温线	185
三、活性炭吸附操作方式	185
第三节 膜分离技术	186
一、反渗透	189
二、超滤	193
三、微滤膜过滤	200
四、纳滤	201
第四节 微波技术	203
一、概述	203
二、微波水处理技术的原理	204
三、微波水处理技术工艺流程	205
四、特点	206
五、应注意的问题	206
第五节 消毒	206
一、概述	207
二、氯消毒	207
三、臭氧消毒	209
四、二氧化氯消毒	210
五、紫外线消毒	215
六、其他消毒形式	216
第九章 中水处理的水质检测和运行控制	219
第一节 中水水质检测的重要性	219
第二节 中水回用常用水质检测内容和方法	219
一、水质检测内容	219
二、常用的水质指标检测方法	220
第三节 物理指标的检测方法	220
一、色度	220
二、臭	221
三、浊度	222
四、电导率	222
五、残渣	223

六、溶解性固体·····	224
七、氧化还原电位·····	224
第四节 化学指标的检测方法·····	225
一、pH 值·····	225
二、硬度·····	225
三、氯化物·····	226
四、挥发酚类·····	226
五、矿物油·····	227
六、表面活性剂·····	228
第五节 生物化学指标的检测方法·····	229
一、化学需氧量·····	229
二、生物化学需氧量·····	230
三、溶解氧·····	232
四、总有机碳·····	233
五、总需氧量·····	234
六、氨氮·····	234
七、亚硝酸盐氮·····	236
第六节 细菌学检验指标的检测方法·····	237
一、水样的采集·····	237
二、细菌总数的测定·····	237
三、总大肠菌群的测定·····	238
四、其他细菌的测定·····	238
第七节 常见的几种水质检测仪表·····	238
一、浊度计·····	238
二、pH 计·····	239
三、溶解氧检测仪·····	239
四、污泥浓度计·····	239
五、余氯测定仪·····	240
六、其他水质仪表·····	240
七、国外的专用水质仪表·····	240
第十章 工程实例 ·····	242
第一节 国外工程实例·····	242
一、美国回用水工程实例·····	242
二、日本回用水工程实例·····	250
三、澳大利亚 Eraring 发电厂用 RO 法从废水中制备锅炉补给水·····	256
第二节 国内工程实例·····	256
一、北京高碑店污水回用工程·····	256
二、大连市污水回用工程·····	258
三、北京结核病医院污水回用示范工程·····	260
四、太原市污水回用工程·····	262

五、北京市劲松宾馆污水处理系统·····	264
六、长春某客车厂中水回用工程·····	265
七、河北某钢铁厂中水回用工程·····	269
八、济南海关污水处理回用工程·····	273
九、哈尔滨炼油厂污水处理回用·····	274
十、天津石化公司废水处理及回用·····	275
十一、燕山石化公司污水处理回用·····	276
十二、淋浴水纳滤膜回用装置设计实例·····	277
十三、某小区污水回用处理·····	280
十四、北京某小区中水回用工程·····	281
十五、首都机场污水净化站污水示范工程·····	283
十六、西北某县污水回用工程·····	284
参考文献	287

第一章 中 水 系 统

第一节 概 述

一、水资源概况

1. 世界水资源的概况

水资源是指可直接被人类利用、能不断更新的天然淡水，主要指陆地上的地表水和地下水的浅层部分。通常以淡水水体的年补给量作为水资源的定量指标，如地表水资源量以河川年径流量表示，地下水资源用含水层补给量表示。联合国教科文组织和世界气象组织对水资源的定义为：“作为水资源的水应当是可供利用或可能被利用，具有足够数量和可用量，并适合于某地水需求而能长期供应的水源。”全球水的总储量为 $13.86 \times 10^8 \text{ km}^3$ ，但陆地、大气和生物体中只占到很少的一小部分，而可供人类使用的淡水资源占的比例更少，约为 2.53%，而其中有 87% 储存于高山冰川、两极冰盖、冰冻地带和深度 750 m 以上的地下层，便于取用的河水、湖泊水及浅层地下水等淡水资源仅占地球总储量的 0.26%。

评价水资源是否丰富，可以用径流量的利用率作为标准。径流量被利用的百分比越小，说明水资源越丰富，人们认为径流利用率不足 10% 的为淡水资源丰富；径流利用率在 10%~20% 间的为淡水资源不足；径流利用率超过 20% 的为淡水资源严重不足。

随着社会的进步和经济的发展，工农业和城市的扩展，尤其是人口的增多，人类活动的失控，使世界水资源日趋匮乏。而且淡水资源分布极不平衡，60%~65% 以上的淡水集中分布在 9~10 个国家，如美国、哥伦比亚、加拿大等，占世界人口总量的 40% 的 80 多个国家是水资源缺乏的国家，有近 30 个国家为严重缺水国；水资源的另一重大问题是水质下降，由于水质下降造成的经济损失、生态破坏和健康损害很严重。水质下降的原因是工业废水和生活污水的排放。2001 年 3 月在海牙召开的“第二届世界水资源论坛”部长级会议上，21 世纪世界水事委员会报告说，目前全球有 10~11 亿人没有用上洁净水，有 21 亿人没有良好的卫生设备。随着人口的增加，今后 20~25 年，人类用水量将增加 40% 左右，世界将面临水资源短缺的严重危机。2025 年世界新增人口 30 亿以上，所需供水缺少 20%，加之浪费与污染，所需供水缺少可达 50% 以上。

水资源的短缺早已引起国际社会的关注，1977 年 3 月联合国水会议首先向世界发出了郑重警告：“水，不久将成为一个深刻的社会危机，石油危机之后的下一个危机就是水。”城市化、工业化和农业集约化的进程以及人口的剧增，从根本上导致了水污染的日益严重，并在一定程度上改变了水循环，从而导致了水危机，以致对人类生存及发展产生重大的影响。

2. 我国水资源的状况

众所周知，水资源紧缺已经成为世界性问题。我国也同样面临水资源短缺的现实。在支撑可持续发展的土地、水、森林、草原、矿产、能源、海洋、气候、物种和旅游等十大资源中，水资源是母体资源。水资源的现状令人担忧，地表水污染、地下水水位下降使人类赖以生存的生态环境日益破坏，不得不重新审视水资源及其引发的安全问题。我国的地域特征决定了我国水资源总量丰富、但人均水资源的占有量相对不足，而且时空分布不均衡。

我国多年平均水资源总量约为 $2.8124 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，占世界径流资源总量的 6%，其中河川径流量为 $2.711 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ，居世界第六位。我国主要以地下水作为供水水源，与降水和地表水有直接水力联系的浅层地下水资源量为 $6762 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中有 97.6% 转化为河川径流。

2001 年全国地表水资源量 $25933 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，折合年径流深 273 mm，从国外流入国内的水量为 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，从国内流向国际河界的水量 $7205 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，入海水量为 $16200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。扣除地表水和地下水中不相重复的部分，则只有 $1139 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

中国虽然从总体上水资源量有 $2.8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，但人均只有 2300 m^3 ，到 2030 年，我国的人口将达到 16 亿，人均水资源量还将下降到 1700 m^3 。按国际上一般人口的标准，人均年拥有水量在 $2000 \sim 10000 \text{ m}^3$ 时，将出现干旱季节的用水现象；人均年拥有水量在 $1000 \sim 2000 \text{ m}^3$ ，淡水消耗占全国可用淡水的 20%~40% 时，会出现缺水现象；少于 1000 m^3 时，淡水消耗超过全国可用淡水的 40%，将出现严重缺水的水荒局面。而我国目前的状况接近国际公认的警戒线，未来水资源的状况令人担忧。

我国是一个水资源匮乏的国家，人均水资源占有量仅为世界人均占有量的 1/4，而且时空分布极不均匀，开发利用有相当难度，致使许多地区和城市严重缺水，尤其是三北地区和沿海城市连年闹“水荒”。日益严重的水资源短缺不但严重困扰着国民生产，而且成为制约我国社会经济发展的重要因素。

我国的城市缺水现象更为严重，在 300 多个大中城市中有 180 个城市缺水，其中 50 多个城市严重缺水。以北京为例，全市水资源人均占有量仅为全国人均占有量 1/6，而年用水量已达 $42 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，每年大约缺水 $(7 \sim 10) \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

与此同时，我国还是用水量最多的国家。据有关资料介绍，2000 年我国总用水量 $5498 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，人均综合用水量为 $430 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，国内生产总值（当年价）万元用水量为 $610 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。生活用水占总用水量的 10.5%，其中城镇生活用水占 5.2%，农村生活用水占 5.3%；生产用水占总用水量的 89.5%，其中工业用水占 20.7%，农业用水占 63%，其他用水占 5.8%。

中国的水资源问题是随着人口增长、经济发展、社会进步逐步显露并被人们逐步深化认识的。全国用水量从 1949 年的 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到 2000 年的 $5498 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，人均综合用水量从不足 200 m^3 增加到 430 m^3 。目前 600 多个中等以上城市，不同程度缺水的达 400 多个。改革开放以来，我国的国民经济得到了长足的发展，但总用水量也成倍增加，相比国内生产总值来说，总用水量的年平均增长量则大幅度减少，工业用水量和工业增加值的情况也基本相同。

我国水资源空间分布不均的特征是东南多西北少，水量在地区上分布不均衡；在时间分布上，由于季风气候的影响，降雨量和径流量年内变化大，年际变化不稳定。水资源的地区分布不均匀，使我国的北方和西北地区出现了资源性缺水；水资源的时间分布不均匀，加剧了水资源格局的时续不均衡性，南方出现洪涝灾害，北方却干旱缺水，使得水资源越缺乏的地区，丰、枯水期之间的降水量和径流量相差越大，造成北方河流连年枯水或连年丰水。水资源的时间和空间的分布不均，水资源的分布与人口分布、经济发展程度不匹配，促成和加剧了我国水资源供需间的矛盾，给水资源的综合利用带来了很大困难，并成为 21 世纪制约中国社会经济持续发展的瓶颈。而且我国的水土资源组合不相适宜，西北、东北、黄、淮河流域径流量占全国总量的 17%，但土地占全国的 65%；长江以南地区径流量占全国的 83%，土地仅占 35%。水资源与人口、耕地的分布不相适应的特点，使得各地对水的利用

程度差别很大，南方多水地区的水利用程度较低，北方干旱少水地区的地表水、浅层地下水的开发利用程度高，进一步造成了水资源的不平衡。

水资源本身时空分布不均造成了洪涝灾害，水资源的短缺是供应不足的主要原因。21世纪，我国的水资源矛盾会进一步加剧，预计到2010年全国总用水量为 $(6\,400\sim 6\,670)\times 10^8\text{ m}^3$ ，总需水量达 $6\,633\times 10^8\sim 6\,988\times 10^8\text{ m}^3$ ，到2010年、2030年和2050年，城市需水量将分别达到 $1\,290\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ 、 $1\,730\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ 和 $2\,070\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ ，供需缺水近 $(137\sim 318)\times 10^8\text{ m}^3$ 。我国人口在2030~2040年将增加到16亿~17亿，生活用水和工业需水量也将大幅度增加。预测用水高峰将在2030年前后出现，全国总用水量达 $(7\,000\sim 8\,000)\times 10^8\text{ m}^3$ ，人均综合用水量为 $400\sim 500\text{ m}^3$ ，实际可能利用的水资源量约为 $(8\,000\sim 9\,500)\times 10^8\text{ m}^3$ ，需求量基本接近可利用水量。

水是环境的血液，也是生态环境的一个基本要素，影响范围大，其短缺造成的危害严重。在水资源缺乏的同时，也造成了大量的水资源浪费，并产生了水污染问题。水体污染包括自然污染和人为污染。自然因素造成的污染如特殊地质条件下某种元素的大量富集，降雨径流携带某些物质进入某地区而影响水质等。人为污染是生活和生产过程中产生的废水对水体的污染，如：工业污染物的多、杂、量大，毒性较为严重，在水中不易净化；垃圾渗滤液进入城市附近的水体而造成污染等。水体污染的特征与污染物的种类、水体特征和水体类型等因素有关，我国的地表水资源污染严重是由地表水径流污染、大气的干沉降和湿沉降、城市水土流失、底泥的二次污染等因素造成的。其中：污染物的迁移和转化的主要载体是雨水及其所形成的径流，以BOD、COD、油、酚为代表的有机污染和无机氮污染；地下水污染以硬度、无机氮为特点加上工业污染的直接排放，造成了水体污染的复杂性，要耗时、耗财、耗力才有可能治理好，一些有害物质用现行的工艺是无法去除的，出现了许多难以解决的新的污染源，影响了水质。

水资源受污染不但造成本来就紧张的水资源更加缺乏，而且要增加能源消耗、要大量资金和设备进行处理，造成工农业产品成本提高、质量下降、水产品大幅度减产。水资源污染造成环境污染、生态破坏和其他公害，后果十分惊人。大规模开采地下水或不断提高河水利用量（减少地下水补给），造成大面积地下水水位下降，河流下游径流衰竭甚至断流，水质恶化、绿洲减少、土地沙漠化加剧；因长期大规模使用地表水灌溉，造成地下水水位大面积抬升，导致蒸发型盐碱地大面积增加，产生土壤次生盐渍化，破坏了农田生态环境，给农业生产和生态环境带来诸多负效应。

我国水资源现状是“局部有所改善，整体仍在恶化”。水资源短缺与粗放低效利用的状态并存，水资源及其安全性已成为中国社会经济发展的瓶颈，是国家安全的重要支持因素之一。水资源的安全分析将利于保护水环境和可持续发展。

近年来，中国以粗放型的取水增长，维持了约1.4%的人口增长率和9%以上的经济增长率。中国的水资源面临着水量短缺、水质退化和部门间、地区间水资源冲突等矛盾。我国是一个发展中国家，正处在工业化的过程中，工业不可能不发展。专家预计，到2030年我国工业用水将增加 $1\,500\times 10^8\text{ m}^3$ 。此外，城镇用水也要增加，中国进一步发展的历史进程中必然伴随农民进城、城市人口增加、城镇规模扩大。中国已迈入水安全危机的初期阶段，局部地区和城市进入水安全危机的中期阶段，并引发其他的安全性问题。

除水资源危机外，还存在水环境危机，即由于水“质”的改变而引发的危机。由于水污染的日益严重，水环境正发生着“质”的变化，给人类的生产和生活带来了许多不利的影响

响。中国的七大水系均有不同程度的污染。由于淡水资源污染日益严重，人们的生产、生活环境受到不同程度的影响。

水域担负着生态系统稳定和生物进化的重要使命，人类对水域的肆意侵害，对水资源的过度开发及污染，改变了水生生物生存的条件，使大量的水生生物丧失了生存环境，走上了灭绝的道路，从根本上破坏生态系统稳定，为人类自身带来极大的危害。受缺水影响最大的将是干旱、半干旱地区和高速发展的沿海地区及发展中国家的大城市。

水资源的污染和浪费，更加剧了水资源的短缺，而我国目前的水资源开发利用率已高达19%，接近世界平均水平的3倍。一方面城市严重缺水，工厂被迫限产或停产、新建项目受阻；另一方面城市本身产生的大量废水白白流失，既污染了环境，又浪费了宝贵的水资源。

此外，我国产业结构不合理，高耗水量行业集中，生产管理水平低，生产用水浪费严重；人民思想认识模糊，缺乏危机感，节水意识差，城市生活用水、家庭用水浪费普遍；对水资源管理缺乏宏观掌握，违反生态规律发展，出现掠夺式开发、浪费式应用、混合式管理；水的重复利用率低，都是我国出现水危机的原因。

长期以来，人们把“废水”一向总是与“污垢的”、“肮脏的”词语相联系，无论处理得怎样好，也只能排放不能再用。通过国内外科技人员的技术攻关和工程实践，证明上述观点是错误的。水在自然界中是惟一不可替代，也是惟一可以重复利用的资源。人类使用过的水，污染物质只占0.1%左右，比海水3.5%少得多，其余绝大部分是可再用的清水。废水经过适当再生处理，可以重复利用，实现水在自然界中的良性循环。废水就近可得，易于收集，再生技术基本成熟，一般情况下污水回用工程比兴建天然水取水工程，特别是长距离引水工程要节省投资并能相当程度地降低运行费用。

为解决水危机，各国各地区采取了积极有效的措施，核心为“开源节流”，在水资源的总体战略由单纯的水污染控制转变为全方位的水环境参加与发展。在各种措施中，具体可行的途径之一就是中水回用。中水回用要达到水质合格、水量合用和经济合算三个指标。

二、基本概念

中水（reclaimed water）主要是指城市污水或生活污水经处理后达到一定的水质标准、可在一定范围内重复使用的非饮用杂用水，其水质介于上水与下水之间，是水资源有效利用的一种形式。

建筑中水（building reclaimed water system）指建筑物或建筑群的各种排水经处理回用建筑物内的杂用水系统。

小区中水（reclaimed water system in residential sub-district）在建筑小区内建立的中水系统。

杂排水（gray water）民用建筑中除粪便污水外的各种排水。

优质杂排水（superior drainage）污染程度较低的排水。

中水水源（raw-water of reclaimed water）指作为中水水源而未处理的水，建筑中水水源可取生活排水和其他可利用的水源。

中水系统（reclaimed water system）是指中水的净化处理、集水、供水、计量、检测设施以及其他附属设施组合在一起的结合体，是建筑或建筑小区的功能配套设施之一。

中水主要用于厕所冲洗、绿地、树干浇灌、道路清洁、冲洗、基建施工、喷水池以及可以接受其水质标准的其他用水。中水回用的对象用于以下几个方面。

① 园林绿化包括绿化用水、河流补水、公园冲洗厕所和公园内道路冲洗用水。

② 配合城市环境综合治理如中水除尘等用水。

③ 小区用水包括冲厕、绿化、消防等用水。

④ 中水洗车用水。

⑤ 工业冷却用水。

⑥ 其他包括水产养殖、火车及轮船冲厕等用水。

其水质应满足以下要求：不影响人体健康；对环境质量不影响；使用者维护无不良影响；不影响产品质量；达到使用的各类标准；为使用者接受；技术可行；经济合理，水价有竞争力；对使用者要进行安全教育。

三、应用情况

当今世界各国解决缺水问题时，中水回用首选为可靠且重复利用的第二水源，而且一直是研究的重点。再生回用的途径有十几种，主要是农业灌溉、工业和生活回用及市政杂用、地下水回灌、补充地表水等。在国外中水回用历史很长，规模也很大，收到了可观的经济效益和社会效益。一些发达国家在经历了高度工业化发展过程的同时，深切感受到水资源的宝贵，逐步制定和完善了相应的法规和政策，促使中水得到合理的利用。

1. 国外的应用情况

中水回用在外国已实施很久，回用规模很大，已显示出明显的经济效益。当前世界上许多国家为克服水资源困难，把城市污水开辟为第二淡水资源。美国是世界上采用污水再生利用最早的国家之一，20世纪70年代初开始大规模污水处理厂建设，1979年美国有357个城市回用污水，有污水回用点536项，涉及城市回用、农业回用、娱乐回用、环境回用、工业回用等方面。全国城市污水回用总量约为 $9.4 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，其中灌溉用水占总用水量的62%，工业用水占总用水量的31.5%，5%用于地下回灌，1.5%用于娱乐、渔业等。

日本因国土狭小，人口众多，水资源主要靠河流，流量具有时间变动性，其水资源严重缺乏，除不得不实行定量供水外，只能中水回用。日本从1962年就开始回用的实践，促进了当时的工业复兴，处理后的水直接回用于城市给水、生活卫生杂用和工业用水。1991年有876个公共污水处理厂在运行，其中有4个处理厂的中水得到回用，其中工业用水占41%、农业灌溉占13%、环境用水占32%、非饮用水占8%、季节性清雪占4%。日本的双管供水系统比较普遍，东京将污水厂的深度处理水回用于一条干涸的小溪，收到了一定的经济效益和社会效益。近年来，日本的环保部门对二级处理出水提出了脱氮除磷要求，水质更好，可回用于河流，作为景观用水，美化环境。

以色列是严重缺水国家，其农业灌溉技术高度发展，到1987年，全国有210个市政回用工程，100%生活污水和72%的城市污水回用，回用方式有小型社区就地回用、大中城市的区级回用，可用于农业、工业和饮用水。全部污水的90%收集排放、80%经过处理，有60%~65%处理后的污水回用。以色列的工业布局也考虑了环境保护和污水再利用，降低了处理的成本，使用也很方便。进行深度处理后建地下水库，进入国家总水资源调配网，由国家统一调控使用。

除日本、美国、以色列外，俄罗斯、西欧各国、印度、南非和纳米比亚的污水回用技术也很普遍，南非和纳米比亚等国甚至建起了饮用再生水制造工厂。中国台湾地区的污水回用也有报道，台北市自20世纪70年代开始污水回用设施建设，有四座污水处理厂不同程度地将深度处理后的污水回用于工业生产和厂内用水。印度孟买已有7座商业大楼用中水做空调冷却水的补充水，水量达 $150 \sim 250 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在美国，马里兰州的伯利恒钢铁厂每天将 $4 \times 10^5 \text{ m}^3$