



# 再生水利用

## 安全性、经济性、适应性分析

水利部综合事业局  
非常规水源工程技术研究中心 编著



 科学出版社

# 再生水利用 安全性、经济性、适应性分析

水利部综合事业局

非常规水源工程技术研究中心 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书介绍了再生水利用技术,对混凝沉淀过滤工艺、生物处理工艺、膜处理等再生水处理工艺进行了比较分析,并通过案例分析处理效果,分析了确定再生水水质的关键指标及水质检测方法。研究了生产输配使用环节的再生水安全性问题,从再生水厂投资、再生水管网、区域特点等方面分析了经济性,从水资源赋存条件、社会经济指标、技术发展水平等方面分析再生水利用的适应性。全书系统地阐述了再生水利用安全性、经济性、适用性等方面涉及的问题。

本书可供从事再生水利用及相关专业的管理、科研人员,以及相关专业的高等院校师生阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

再生水利用安全性、经济性、适应性分析/水利部综合事业局非常规水源工程技术研究中心编著. —北京:科学出版社,2017.1

ISBN 978-7-03-051573-5

I. ①再… II. ①水… III. ①再生水—水资源利用—研究 IV. ①TV213

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第014454号

责任编辑:朱海燕 丁传标 白丹/责任校对:贾娜娜

责任印制:肖兴/封面设计:图阅社

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2017年1月第一次印刷 印张:16 3/4

字数:395 000

定价:128.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

特殊的国情、水情和经济社会发展要求，使中国的水资源、水环境问题越来越复杂，国家水安全问题越来越严峻。解决水资源不足需要开源节流并举，在解决水资源危机的众多举措中，再生水，即把城市污水处理厂的处理排水进一步处理，达到一定水质标准，满足某种使用要求，可以进行有益使用的水。再生水利用一方面可以减少取用地表水、地下水等常规水源的数量，有利于缓解水资源供需矛盾，提高水资源的承载能力；另一方面，可以减少污染物的入河排放量，提高水环境的承载能力，缓解城市发展对自然水循环的负面影响，从源头上控制水污染物的排放，改善水环境、恢复水生态。再生水作为城市第二水源，越来越受到社会各界的广泛关注，已经被越来越多的城市和公众所接受和认可。

中国再生水利用从 20 世纪 80 年代开始，至今已经取得了长足的进步，但仍然面临很多挑战。如再生水利用的安全性问题，导致用户对健康的担忧和心理障碍；再生水的价格与成本还需要进一步降低，不同工艺之间的投资和运行成本各异；管理制度和标准不完善等问题影响了再生水利用的推广。

《再生水利用安全性、经济性、适应性分析》是水利部综合事业局非常规水源工程技术研究中心组织再生水领域的专家、学者和行政管理人员编写的一本书籍。本书由 7 章构成：第 1 章介绍中国水资源开发利用现状，重点介绍再生水利用现状；第 2 章介绍再生水利用技术；第 3 章介绍再生水处理工艺分类；第 4 章介绍再生水水质关键指标及指标检测方法；第 5 章介绍生产输配使用环节的再生水安全性问题；第 6 章介绍再生水厂投资、再生水管网、不同区域再生水厂经济性分析；第 7 章介绍再生水利用的适应性需从水资源赋存条件、社会经济指标、技术发展水平等方面分析，按照进水水质的不同、按照不同利用途径推荐再生水处理工艺、工艺前景分析。全书系统地阐述了再生水利用安全性、经济性、适用性问题，本书可为再生水利用领域的专家、学者、科研人员提供参考，同时可为水行政主管部门提供工作参考，也可为相关专业的学生阅读提供参考。

全书由曹淑敏、陈莹、赵辉统稿，各章节的主要编写人员如下：第 1 章，聂汉江、陈莹；第 2 章，陈莹、杨健、赵辉；第 3 章，赵辉、李亚娟；第 4 章，曲炜、范文渊；第 5 章，范文渊、李亚娟、曲炜；第 6 章，陈莹、李亚娟；第 7 章，陈莹。参考文献由张攀攀、王婷婷整理。本书的撰写工作得到了刘静、李爱华的大力帮助，在此表示感谢！

随着技术的进步，水资源短缺和水污染形势逐渐加剧，再生水利用已经引起了越来越广泛的关注，在此背景下，出版本书将促进中国再生水利用的发展。由于本书内容涉及面广，加之编写者能力和知识水平有限，不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

水利部综合事业局非常规水源工程技术研究中心

2015 年 12 月

# 目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 水资源开发利用现状	1
1.1.1 水资源量	1
1.1.2 水质情况	4
1.1.3 水资源供用水量情况	7
1.1.4 存在的问题	8
1.2 再生水利用现状	9
1.2.1 再生水利用设施	10
1.2.2 再生水利用量	12
1.2.3 标准规范	14
1.2.4 影响因素	15
1.3 再生水发展历程	20
1.3.1 起步阶段	20
1.3.2 发展阶段	21
1.4 再生水利用环节	24
1.4.1 生产环节	24
1.4.2 输配环节	24
1.4.3 使用环节	24
1.5 再生水利用途径	24
1.5.1 景观环境用水	24
1.5.2 工业用水	25
1.5.3 农林牧业用水	25
1.5.4 城市非饮用水	26
1.5.5 地下水回灌用水	26
第 2 章 再生水利用技术	27
2.1 预处理技术	28
2.1.1 混凝技术	28
2.1.2 沉淀技术	32
2.1.3 微絮凝技术	34
2.2 主体处理技术	34
2.2.1 过滤技术	34
2.2.2 生物技术	40

2.2.3	膜技术 .....	47
2.2.4	膜生物技术 .....	54
2.3	深度处理技术 .....	56
2.3.1	吸附技术 .....	56
2.3.2	除盐技术 .....	58
2.3.3	高级氧化技术 .....	58
2.4	输配技术 .....	59
2.4.1	输配方式 .....	60
2.4.2	管网布置 .....	61
2.4.3	管材选择 .....	64
<b>第3章</b>	<b>再生水处理工艺分类 .....</b>	<b>70</b>
3.1	混凝沉淀过滤工艺 .....	70
3.1.1	工艺简介 .....	71
3.1.2	处理效果 .....	73
3.1.3	优劣性分析 .....	73
3.1.4	工艺案例 .....	74
3.2	生物处理工艺 .....	79
3.2.1	工艺简介 .....	79
3.2.2	处理效果 .....	80
3.2.3	优劣性分析 .....	82
3.2.4	工艺案例 .....	83
3.3	膜处理工艺 .....	85
3.3.1	工艺简介 .....	86
3.3.2	处理效果 .....	88
3.3.3	优劣性分析 .....	92
3.3.4	工艺案例 .....	94
<b>第4章</b>	<b>再生水水质关键指标分析 .....</b>	<b>102</b>
4.1	水质关键指标筛选依据及原则 .....	102
4.1.1	筛选依据 .....	102
4.1.2	筛选原则 .....	104
4.1.3	筛选方法 .....	105
4.2	水质关键指标筛选 .....	106
4.2.1	国外水质关键指标 .....	106
4.2.2	国内水质关键指标 .....	108
4.3	水质关键指标分类 .....	114
4.3.1	指标选取 .....	114
4.3.2	感官性指标 .....	115

4.3.3 卫生学指标	116
4.3.4 建议性指标	117
4.4 主要指标检测方法	118
4.4.1 实验室监测	118
4.4.2 在线监测	128
第5章 再生水利用安全性分析	129
5.1 生产环节	129
5.1.1 进出水水质指标分析	129
5.1.2 进水水质对出水的影响	141
5.1.3 水质安全性分析	144
5.1.4 工艺安全性分析	148
5.2 输配环节	155
5.2.1 安全风险分析	155
5.2.2 水质安全性分析	155
5.3 使用环节	159
5.3.1 景观环境用水	160
5.3.2 工业用水	164
5.3.3 农业、林业、牧业用水	167
5.3.4 城市非饮用水	172
5.3.5 地下水回灌用水	175
第6章 再生水利用经济性分析	179
6.1 再生水厂投资分析	180
6.1.1 理论与实际建设成本分析	180
6.1.2 理论成本与实际成本比较分析	183
6.1.3 水厂建设经济性分析	189
6.2 再生水管网投资分析	190
6.2.1 理论与实际建设成本分析	190
6.2.2 理论成本与实际成本比较分析	192
6.2.3 管网建设经济性分析	193
6.3 不同区域再生水厂与管网建设成本	194
6.3.1 水厂建设成本	194
6.3.2 管网建设成本	196
6.4 再生水运行成本分析	198
6.4.1 社会经济	198
6.4.2 水价	199
第7章 再生水利用适应性分析	202
7.1 适应性分析	202

---

7.1.1	水资源赋存条件	202
7.1.2	社会经济指标	202
7.1.3	技术发展水平	202
7.2	工艺推荐	204
7.2.1	按进水水质	204
7.2.2	按不同利用途径	214
7.3	工艺前景分析	224
7.3.1	混凝沉淀过滤	224
7.3.2	生物处理工艺	227
7.3.3	膜处理工艺	229
7.3.4	人工湿地	231
7.3.5	消毒	233
7.4	再生水利用量预测与前景分析	235
7.4.1	供水量预测	235
7.4.2	需水量预测	238
7.4.3	可供量与需求量平衡分析	247
参考文献		252



# 第1章 绪 论

## 1.1 水资源开发利用现状

水资源作为基础自然资源，是人类和一切生物赖以生存的基本要素，也是保障经济社会发展的战略性资源，它已经成为一个国家综合国力的有机组成部分。地球上的水资源处于不断循环转变中，水资源总量在长时间范围内保持不变，处于动态平衡状态。水资源存在时空分布不均、水污染等问题，导致区域的水源型缺水或水质型缺水。

### 1.1.1 水资源量

#### 1. 地表水

地表水资源是指地表水中可以逐年更新的淡水量，是水资源的重要组成部分。地表水资源量存在年际变化，由图 1-1 可以看出，2001~2012 年，中国多年平均地表水资源量为 25668.6 亿  $m^3$ ，2011 年地表水资源量最少，为 22213.6 亿  $m^3$ ；2010 年地表水资源量最大，为 29797.6 亿  $m^3$ ，总体来看变幅不大，局部看有部分年份前后地表水资源量变化较大。例如，2009~2012 年，2009 年和 2011 年水量较小，分别为 23125.2 亿  $m^3$  和 22213.6 亿  $m^3$ ，而 2010 年和 2012 年水量较大，分别为 29797.6 亿  $m^3$  和 28373.3 亿  $m^3$ 。年际间水量的变化体现了水资源年际分布的不均匀性（王树谦和陈南祥，1996）。

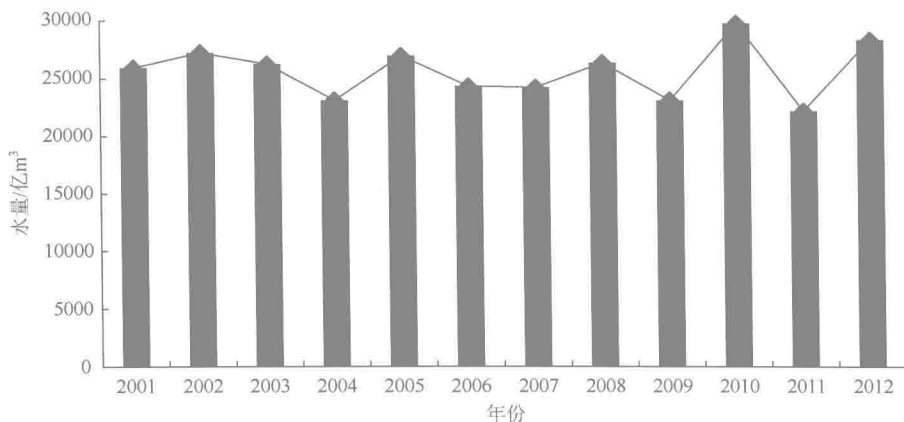


图 1-1 地表水资源量的年际变化

数据来源：《中国水资源公报》

中国地表水资源分布极不均匀，如图 1-2 所示，2012 年中国水资源一级分区地表水

资源量分布中,长江流域地表水资源量最大,为 10679.1 亿  $\text{m}^3$ ,其次为西南诸河 5256.2 亿  $\text{m}^3$ 、珠江 5063.1 亿  $\text{m}^3$ ,海河、淮河、辽河和黄河地表水资源量较少,介于 235.5 亿~660.4 亿  $\text{m}^3$ 。

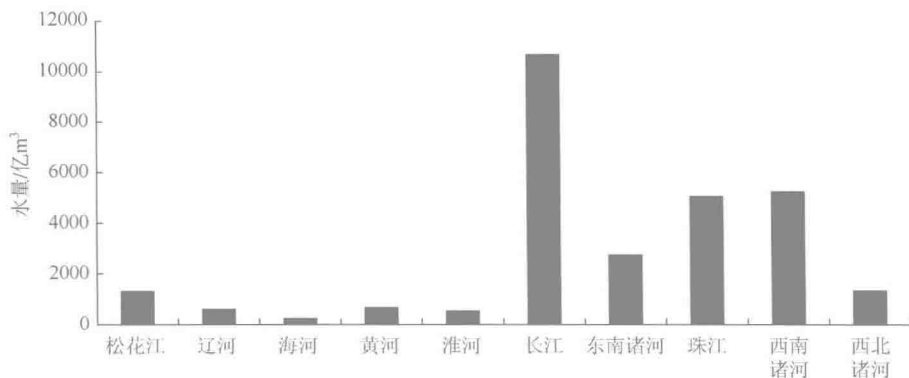


图 1-2 2012 年中国水资源一级分区地表水资源量分布

## 2. 地下水

地下水资源是指在一定期限内,能提供给人类使用的,且能逐年得到恢复的地下淡水量,是水资源的重要组成部分。地下水资源量存在年际变化,由图 1-3 可以看出,2001~2012 年,中国多年平均地下水资源量为 7957.5 亿  $\text{m}^3$ ,2011 年水量最小,为 7214.5 亿  $\text{m}^3$ ;2002 年水量最大,为 8697 亿  $\text{m}^3$ ,总体变幅不大。

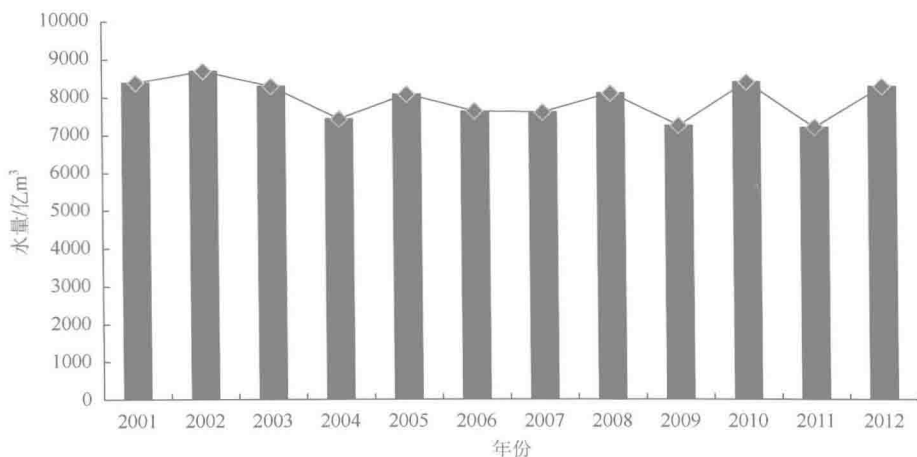


图 1-3 地下水资源量年际变化

与地表水资源相同,地下水资源的空间分布也极为不均。如图 1-4 所示,2012 年中国水资源一级分区地下水资源量分布中,长江流域地下水资源量最大,为 2536.2 亿  $\text{m}^3$ ,其次为西南诸河 1292.1 亿  $\text{m}^3$ 、珠江 1208.1 亿  $\text{m}^3$ ,辽河、海河地下水资源量较少,为 236.3 亿  $\text{m}^3$  和 288.7 亿  $\text{m}^3$ 。

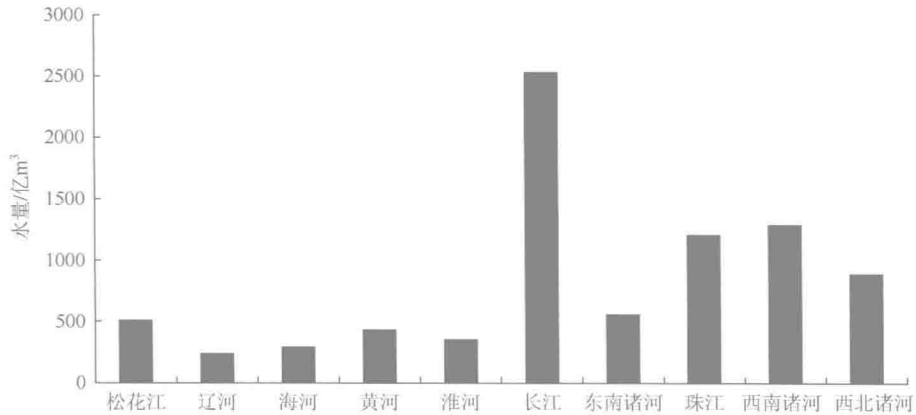


图 1-4 2012 年中国水资源一级分区地下水资源量分布

### 3. 水资源总量

水资源总量是指地表水资源量与地下水资源量（扣除两者之间重复计算量）之和，从总量上看中国的水资源丰富，2001~2012年中国多年平均水资源总量为 26721.5 亿  $m^3$ 。呈现出总量大、人均占有量少的特点。由于中国人口基数大，人均水资源占有量不到世界人均占有量的 1/4，是全球 13 个水资源极度缺乏的国家之一，以《中国水资源公报》数据为依据，绘制了中国 2001~2012 年水资源总量和 2012 年水资源一级分区水资源总量变化情况，如图 1-5 和图 1-6 所示。

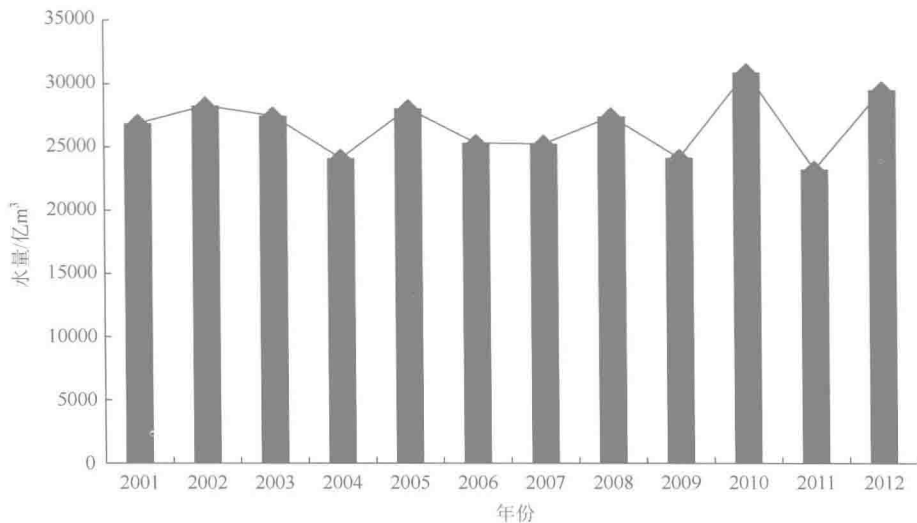


图 1-5 水资源总量年际变化

图 1-5 体现了中国水资源的时程分布特点，如果从长序列的历史资料看，中国水资源量呈周期性变化规律，每个周期包含丰水年、平水年、枯水年，并存在着不重复性的

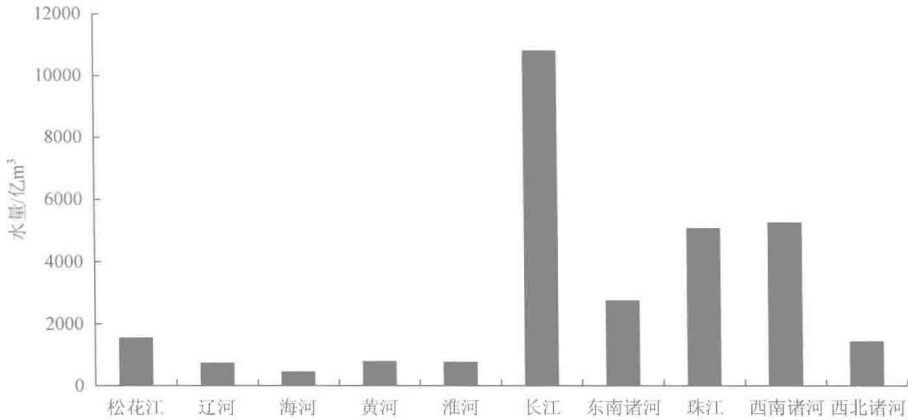


图 1-6 2012 年中国水资源一级分区水资源总量分布

特点。图 1-6 体现了中国水资源空间分布的不均匀性，由图 1-6 可以看出北方 6 区（黄河、松花江、辽河、海河、淮河和西北诸河）水资源量为 4637.8 亿  $m^3$ ，南方 4 区（长江、珠江、东南诸河和西南诸河）为 23735.5 亿  $m^3$ ，中国南北水资源量分布的不均匀性，制约了北方地区经济社会的发展。总之，时空分布的不均匀性加剧了中国部分地区水资源供需矛盾。

## 1.1.2 水质情况

### 1. 地表水

#### 1) 河流水质

根据 2009~2012 年《中国水资源公报》相关数据，采用《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)，对全国河流水质状况进行评价，其主要污染物是高锰酸钾指数、化学需氧量、氨氮、五日生化需氧量。全国 2009~2012 年分类水河长占评价河长的比例见表 1-1。

表 1-1 2009~2012 年全国河流水质评价表 (%)

年份	I 类水	II 类水	III 类水	IV 类水	V 类水	劣 V 类水
2009	4.6	32.1	23.2	14.4	7.4	19.3
2010	4.8	30.0	26.6	13.1	7.8	17.7
2011	4.6	35.6	24.0	12.9	5.7	17.2
2012	5.5	39.7	21.8	11.8	5.5	15.7

全国全年 I 类水河长占评价河长的比例从 2009 年的 4.6% 增长到 2012 年的 5.5%；II 类水河长从 2009 年的 32.1% 增长到 2012 年的 39.7%；III 类、IV 类水河长占评价河长的比例分别由 2009 年的 23.2%、14.4% 下降到 2012 年的 21.8%、11.8%。2009~2012 年，全国

全年 I~III类水河长占评价河长的比例分别是 58.9%、61.4%、64.2%、67.1%，比例逐渐增大，河流污染逐年减轻。

## 2) 湖泊水质

根据《中国水资源公报》相关数据，中国湖泊水质主要污染物是高锰酸钾指数、化学需氧量、氨氮、五日生化需氧量。全国 2009~2012 年湖泊分类水质与评价面积的比重见表 1-2。

从表 1-2 中的数据可以看出，中国湖泊水质优于 III 类水质标准的比例逐年增加，2011 年已达到 58.8%，IV 类和 V 类水质标准的比例逐年减少，2011 年已降低到 16.5%。

表 1-2 湖泊水质评价表

年份	优于 III 类/%	IV 和 V 类/%	劣 V 类/%	评价个数	贫营养湖/个	中营养湖/个	轻度富营养湖/个	中度富营养湖/个
2009	54.8	27.6	14.8	71	1	24	27	19
2010	58.9	27.9	13.2	99	1	33	37	28
2011	58.8	16.5	24.7	103	—	32	—	29
2012	—	—	—	112	1	38	45	28

## 3) 水库水质

根据《中国水资源公报》相关数据，中国水库水质主要污染物是总磷、总氮、高锰酸钾指数、化学需氧量、五日生化需氧量。全国 2009~2012 年水库分类水质占评价水库比例见表 1-3。

表 1-3 水库水质评价表

年份	检测评价水库个数	优于 III 类/%	IV 和 V 类/%	劣 V 类/%	营养状态评价个数	中营养/个	轻度富营养/个	中度富营养/个	重度富营养/个
2009	411	81.2	13.9	4.9	394	283	91	19	1
2010	437	78.0	13.5	8.5	420	291	102	25	2
2011	471	81.1	14.4	4.5	455	324	110	20	1
2012	540	88.7	8.7	2.6	521	351	144	25	1

由表 1-3 可知，2009~2012 年，监测评价的水库个数不断增加，水质优良（优于和符合 III 类水）的水库所占比例分别为 81.2%、78.0%、81.1%、88.7%；IV 类和 V 类水的水库所占比例分别为 13.9%、13.5%、14.4%、8.7%；劣 V 类水的水库所占比例分别为 4.9%、8.5%、4.5%、2.6%。

2009~2012 年，对水库的营养状态进行评价，中营养水库分别是 283 个、291 个、324 个、351 个；轻度富营养水库分别是 91 个、102 个、131 个、144 个；中度富营养水库分别是 19 个、25 个、20 个、25 个；重度富营养水库分别是 1 个、2 个、1 个、1 个。总体来看，2009~2012 年，中营养、轻度富营养、中度富营养以及重度富营养水库占评价水库的比

例基本维持不变, 约为 69.7%、25%、5%以及 0.3%。

从以上分析可知, 中国水库的水质得到不断优化, 水质优良的水库所占比例逐年升高, 而IV类、V类以及劣V类水库的所占比例越来越小。从历年水库的营养状态评价来看, 中国水库的营养状态在评价个数增加的情况下, 基本维持不变, 这也足以说明中国水库的营养状态得到了有效控制。

## 2. 地下水

采用《地下水质量标准》(GB/T 14848—1993)对部分省市的地下水水质进行检测, 2009年检测范围是北京、辽宁、吉林、上海、江苏、海南、宁夏、广东8个省(自治区、直辖市); 2010年和2011年增加了黑龙江省, 检测范围达到9个省(自治区、直辖市); 2012年增加了河南省, 检测范围达到10个省(自治区、直辖市)。2009~2012年I~II类水质的监测井占评价监测井总数的比例分别为5.0%、11.8%、2.0%、3.4%; 适合集中式生活饮用水水源及工农业用水的III类监测井占的比例分别是22.9%、26.2%、21.2%、20.6%, 适合除饮用外其他用途的IV~V类监测井分别占72.1%、62.0%、76.8%、76.0%(表1-4)。

表 1-4 地下水水质评价表

年份	I、II类/%	III类水/%	IV、V类/%	观测个数	观测范围
2009	5.0	22.9	72.1	562	北京、辽宁、吉林、上海、江苏、海南、宁夏、广东
2010	11.8	26.2	62.0	763	北京、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、海南、宁夏、广东
2011	2.0	21.2	76.8	857	北京、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、海南、宁夏、广东
2012	3.4	20.6	76.0	1040	北京、辽宁、吉林、黑龙江、河南、上海、江苏、安徽、海南、广东

## 3. 水功能区

2009~2012年, 全国检测评价水功能区的个数逐年增加, 从2009年的3411个增加到2012年的4870个, 检测范围逐年扩大; 全国水功能区的达标率分别是47.4%、46.0%、46.4%、47.4%, 达标率变化不大; 一级水功能区达标率分别是56.3%、54.7%、55.7%、55.9%; 二级水功能区达标率分别是42.8%、41.3%、41.2%、42.3%(表1-5)。

表 1-5 水功能区水质评价表

年份	检测评价水功能区	全年水功能区达标率/%	一级水功能区达标率/%	二级水功能区达标率/%
2009	3411	47.4	56.3	42.8
2010	3902	46.0	54.7	41.3
2011	4128	46.4	55.7	41.2
2012	4870	47.4	55.9	42.3

### 1.1.3 水资源供用水量情况

#### 1. 供水量

供水量指各种水源为用水户提供的包括输水损失在内的毛水量之和,按水源类型分地表水源、地下水源和其他水源。地表水源供水量指地表水工程的取水量,按蓄水工程、引水工程、提水工程、调水工程四种形式统计;地下水源供水量指水井工程的开采量,按浅层淡水、深层承压水和微咸水分别统计;其他水源供水量包括污水处理回用、集雨工程、海水淡化等水源工程的供水量。

2009~2012年,全国总供水量逐年增加,从2009年的5965.2亿 $\text{m}^3$ 增加到2012年的6131.2亿 $\text{m}^3$ ;地表水的供水量分别是4839.5亿 $\text{m}^3$ 、4883.8亿 $\text{m}^3$ 、4953.3亿 $\text{m}^3$ 、4954.0亿 $\text{m}^3$ ;地下水供水量分别是1094.5亿 $\text{m}^3$ 、1108.1亿 $\text{m}^3$ 、1109.1亿 $\text{m}^3$ 、1134.3亿 $\text{m}^3$ (表1-6)。从以上历史数据来看,地表水还是中国主要的供水水源,占全国总供水量的80%以上。

表 1-6 供水情况

年份	地表水源		地下水源		其他水源		总供水量/亿 $\text{m}^3$
	水量/亿 $\text{m}^3$	比重/%	水量/亿 $\text{m}^3$	比重/%	水量/亿 $\text{m}^3$	比重/%	
2009	4839.5	81.1	1094.5	18.4	31.2	0.5	5965.2
2010	4883.8	81.1	1108.1	18.4	30.1	0.5	6022.0
2011	4953.3	81.1	1109.1	18.2	44.8	0.7	6107.2
2012	4954.0	80.8	1134.3	18.5	42.9	0.7	6131.2

#### 2. 用水量

用水量是指各类用水户取用的包括输水损失在内的毛水量之和,按生活用水、工业用水、农业用水和生态环境四大类用户统计,不包括海水直接利用量。生活用水包括城镇生活用水和农村生活用水,其中,城镇生活用水由居民用水和公共用水(含第三产业及建筑业等用水)组成;农村生活用水除居民生活用水外,还包括牲畜用水在内。工业用水指工矿企业在生产过程中用于制造、加工、冷却、空调、净化、洗涤等方面的用水,按新水取用量计,不包括企业内部的重复利用水量。农业用水包括农田灌溉和林、果、草地灌溉及鱼塘补水。生态用水仅包括人为措施供给的城镇环境用水和部分河湖、湿地补水,而不包括降水、径流自然满足的水量。

2009~2012年,总供水量与总用水量相同,生活用水量分别为751.6亿 $\text{m}^3$ 、764.8亿 $\text{m}^3$ 、789.9亿 $\text{m}^3$ 、741.9亿 $\text{m}^3$ ;工业用水量分别为1389.9亿 $\text{m}^3$ 、1445.3亿 $\text{m}^3$ 、

1461.8 亿  $m^3$ 、1379.5 亿  $m^3$ ；生态用水量分别是 101.4 亿  $m^3$ 、120.4 亿  $m^3$ 、111.9 亿  $m^3$ 、110.4 亿  $m^3$ （表 1-7）。生活用水、工业用水、农业用水和生态用水所占的比重基本保持不变。

表 1-7 总用水情况

单位：亿  $m^3$ 

年份	生活用水	工业用水	农业用水	生态用水	总用水量
2009	751.6	1389.9	3722.3	101.4	5965.2
2010	764.8	1445.3	3691.5	120.4	6022.0
2011	789.9	1461.8	3743.6	111.9	6107.2
2012	741.9	1379.5	3899.4	110.4	6131.2

### 1.1.4 存在的问题

#### 1. 水资源短缺

人多水少、水资源时空分布不均、与生产力布局不匹配，不仅是中国现阶段的突出水情，也是中国现代化建设进程中需要长期应对的基本国情，特别是在全球气候变化影响日益明显和工业化、城镇化进程不断加快的情况下，中国的水资源条件正在发生新的变化。

在中国许多地方，尤其是大部分北方地区，由于人口、工业、商贸经济、旅游娱乐等发展需水超过了水资源及其环境的承载能力，表现出水资源绝对数量有限，不能满足人类生产生活的需水要求，水资源缺乏表现为物质稀缺性，即水资源匮乏。

#### 2. 水污染严重

20 世纪 90 年代以来，国家累计投入 600 亿元治理江河污染，相关部门也大力采取防治污的措施，使得河流、湖泊、水库的水质基本保持稳定，局部有所改善。

虽然中国地表水、地下水以及水功能区的水质得到了不同程度的改善，但是整体水污染形势依然严峻。

随着中国越来越重视水污染问题，不断加强水污染治理工作，已经取得了良好的成效，但就目前而言，中国水污染问题还很严峻。

#### 3. 水资源利用方式粗放

水资源利用效率和效益低于发达国家，有些指标甚至低于世界平均水平。表 1-8 列举了中国主要用水效率指标。



表 1-8 2012 年主要用水效率指标对比

用水指标	中国	发达国家
万元 GDP 用水量/m <sup>3</sup>	118	55
万元工业增加值用水量/m <sup>3</sup>	69	低于 50
农业灌溉用水有效利用系数	0.516	0.7~0.8
城市自来水管网漏失率/%	20	5~10

## 1.2 再生水利用现状

再生水利用领域有几个概念十分相似，但又有区别，如中水、再生水、污水处理回用等，为便于读者理解，在这里对几个概念的定义进行分析，明确本书的研究对象。

### 1) 中水

中水的概念最早由日本提出，专指建筑物或建筑群内的生活污水经处理后水质指标介于新鲜水和污水之间的水。在《建筑中水设计规范》(GB 50336—2002)中，中水是指各种排水经处理后，达到规定的水质标准，可在生活、市政、环境等范围内杂用的非饮用水。

### 2) 再生水

美国国家环境保护局 (USEPA) 制定的《污水再生利用指南》对再生水的定义为“市政污水通过各种处理工艺使其满足特定的水标准，可以被有益利用的水” (美国环保局，2008)。

《再生水水质标准》(SL 368—2006)中规定再生水是指对污水处理厂出水、工业排水、生活污水等非传统水源进行回收，经适当处理后达到一定水质标准，并在一定范围内重复利用的水资源。在《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)中，再生水是指污水经适当处理后，达到一定的水质指标，满足某种使用要求，可以进行有益使用的水。

### 3) 污水处理回用

污水处理回用一般称为“污水再生”，是指为满足生产或生活的某种需要而使用外排污水的全过程，一般包括提高外排污水水质进行的污水深度处理过程和深度处理水的回用过程。在《城市污水再生利用分类》(GB/T 18919—2002)中规定，污水处理回用是以城市污水为再生水源，经处理工艺净化处理后，达到可用的水质标准，通过管道输送或现场使用方式予以利用的全过程。污水再生利用为污水回收、再生和利用的统称，包括污水净化再用、实现水循环的全过程。

总之，无论中水、再生水、污水处理回用在外延和内涵上有多大差异，其本质都是利用技术手段对受到污染被废弃的水进行处理，达到一定的水质标准，重新恢复一定的使用功能的水。“恢复一定的使用功能”是污水处理的最终目的，是污水的核心价值所在。“再生水”一词体现了污水这一核心价值，因此，本书在叙述过程中统一将其称为再生水。