

宋 扬 解建仓 彭党聪 王社平 编著

城市污水再生利用 发展研究

CHENGSHI WUSHUI ZAISHENG
LIYONG FAZHAN YANJIU

陕西出版集团
陕西科学技术出版社

城市污水再生利用发展研究

宋 扬 解建仓 彭党聪 王社平 编著

陕 西 出 版 集 团
陕西科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市污水再生利用发展研究/宋杨等著. —西安:
陕西科学技术出版社, 2009.10

ISBN 978-7-5369-4697-2

I. 城… II. 宋… III. 城市污水—废水综合利用—研究—西安市 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 168742 号

-
- 出版者** 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编: 710003
电话 (029) 87211894 传真 (029) 87218236
<http://www.snstp.com>
- 发行者** 陕西科学技术出版社
电话 (029) 87212206 87260001
- 印刷** 西安建科印务有限责任公司
- 规格** 787mm×960mm 16 开本
- 印张** 21.25
- 字数** 382 千字
- 版次** 2009 年 10 月第 1 版
2009 年 10 月第 1 次印刷
- 定价** 28.00 元
-

版权所有 翻印必究

前言

水是实现经济社会可持续发展的重要物质基础，是直接影响国计民生的重要基础设施，对社会经济的发展具有不可替代的支持和保障作用。我国是一个水资源严重不足而且水资源分布极不均衡的国家，城市水资源的短缺已严重制约着城市经济和社会的健康发展。新的历史时期，建设节约型社会、推进节水型社会建设已得到党和国家的高度重视。污水处理和再生利用是对水自然循环过程的人工模拟与强化，城市污水再生利用成为开源节流、减轻水体污染、改善生态环境、解决城市缺水的有效途径之一，不仅技术可行，而且经济合理。在当前背景下，发展污水再生利用，推进污水资源化，实现有限水资源的可持续利用，是建设节水型社会的有效途径，是保障和支持城市可持续发展的必然选择，是实现可持续发展战略的重要举措。

城市污水再生利用是一个高度复杂的系统工程，涉及政策导向、目标定位、用水途径、水质要求、技术选择、安全保障、经济效益、公众宣传、社会心理、价格差异、付费原则等多个层面，其科学利用和健康发展是社会、经济、环境、资源等的协调发展，既要求工程、技术和制度的有机结合，也需要全社会的广泛参与和大力支持，同时需要运用现代信息技术提高管理、决策和服务水平。基于此，本书以西安市为研究对象，从城市节水型社会建设、污水再生利用调查分析与规划、再生水处理技术、再生水安全性保障、再生水卫生学研究、再生水利用的鼓励政策和价格以及再生水利用的支持体系等方面，系统全面研究城市污水再生利用和发展中的理论与实践问题，促进污水再生事业科学发展，加快节水型社会建设步伐。

本书内容共分10章。第1章主要阐述了污水再生利用的意义、研究进展，再生水水质标准、用户及处理工艺；第2章结合西安市水资源的现状，综合分析西安市城市污水资源再生利用的可行性和紧迫性；第3章研究分析了再生水回用的循环经济和价值理论；第4章阐述了城市节水型社会建设的理论、目标及任务，介绍了西安市节水型社会建设规划及实施成效；第5章调查分析了西安市三个污水处理厂再生水“水源”的水量、水质以及再生水用户；第6章在

分析西安市污水资源量、污水再生利用现状和污水再生利用的需求量基础上,对城市污水再生利用工程进行了系统科学规划;第7章研究了再生水消毒的方法和理论,在试验对比分析各种方法的消毒效果基础上,建立了保障城市污水再生利用安全的技术措施;第8章分析了再生水利用的理论、政策、制度和市场的保障基础,研究了促进再生水需求和供给的主要因素和鼓励政策;第9章研究了再生水利用对农业灌溉、河道生态水环境、城市绿地、地下水污染和微生物影响等生态环境的影响;第10章通过构建城市节水文化支持体系和建设城市再生水信息化服务支持平台两个方面来支持和推动城市再生水的科学有效利用。

城市污水再生利用是一项综合性系统工程,是一项社会性的重要任务、也是一个艰巨的过程,需要政府高度重视、投资主体科学规划和社会公众广泛参与。本书的工作仅是开始,后面的路还很长,以此抛砖引玉,希望有更多的人来关心这方面的工作。本书可供从事城市建设和水务管理,城市污水再生利用规划与管理,城市污水厂建设和运行管理等方面有关领导和科技人员、技术人员参考借鉴,也可作为大中专院校的水资源、环境工程专业高年级本科生和研究生的教学参考书使用。

本书由宋扬、解建仓、彭党聪、王社平等联合编著。张建龙博士、朱记伟博士参与了大量工作。西安市市政设计研究院院长高中俊、总工郑琴、所长刘丹松、高工朱海荣、苏秋霞、周红、问小川;西安建筑科技大学韩芸、王怡、梁光、王卿卿、金尚勇、惠灵灵;西安理工大学沈冰教授、张永进教授、汪妮副教授、马斌教授、刘建林教授、王少波、金苗、孔珂、卢其福、黄茹等也为本书的出版做了一定工作。西安市基础设施投资有限责任公司、西安市建设委员会、西安市市政管理委员会、西安市规划局、西安市水务局、西安市污水处理厂、西安市北石桥污水净化中心等单位领导也给予关怀和支持。在本书的编写过程中,查阅了大量工程报告和文献资料,参考和借鉴了许多专家学者的研究成果和学术观点。在此,我们谨向他们表示最诚挚的感谢!

由于时间仓促,水平有限,对书中的错误和不妥之处,深表歉意,并恳请批评指正。

作者

2009年8月

目 录

第一章 绪论

- 1.1 污水再生利用的意义 (1)
 - 1.1.1 再生水的基本内涵 (1)
 - 1.1.2 水资源与水环境危机 (1)
 - 1.1.3 污水再生利用的意义 (2)
 - 1.1.4 非传统水资源的开发及再生水“水源” (4)
- 1.2 再生水回用的研究进展 (6)
 - 1.2.1 国内再生水回用的研究进展 (6)
 - 1.2.2 国外再生水回用的研究进展 (8)
 - 1.2.3 再生水回用的发展模式 (9)
- 1.3 再生水水质标准、用户及处理工艺 (12)
 - 1.3.1 再生水水质标准 (12)
 - 1.3.2 再生水用户类型 (12)
 - 1.3.3 再生水处理工艺 (13)
 - 1.3.4 再生水处理的关注焦点 (14)
- 1.4 研究的内容和框架 (16)

第二章 再生水的循环经济和价值理论

- 2.1 循环经济与节约型社会理论 (18)
 - 2.1.1 循环经济的内涵 (18)
 - 2.1.2 节约型社会及其建设的必要性 (20)
- 2.2 再生水价值理论 (21)
 - 2.2.1 效用价值理论 (21)
 - 2.2.2 劳动价值理论 (22)
 - 2.2.3 生态价值理论 (23)
- 2.3 再生水价值分析模型 (23)
 - 2.3.1 影子价格模型 (24)

2 城市污水再生利用发展研究

- 2.3.2 边际成本模型 (25)
- 2.3.3 模糊数学价格模型 (26)
- 2.3.4 成本价格模型 (27)
- 2.4 小结 (28)

第三章 西安市城市污水再利用的必要性研究

- 3.1 西安市水资源现状 (29)
 - 3.1.1 降水及其分布特征 (29)
 - 3.1.2 水资源量及其分布特征 (29)
 - 3.1.3 水环境现状分析 (30)
 - 3.1.4 西安市城区水资源供需平衡分析 (31)
 - 3.1.5 缺水带来的影响 (33)
- 3.2 解决水资源短缺问题的途径 (34)
 - 3.2.1 充分科学地利用降水 (35)
 - 3.2.2 跨流域引水 (35)
 - 3.2.3 城市再生水资源的利用 (35)
- 3.3 西安市城市污水再生利用的可行性及必要性 (36)
 - 3.3.1 城市污水再利用的技术经济可行性 (37)
 - 3.3.2 城市污水再生利用的意义和必要性 (37)
- 3.4 西安市城市污水再利用的紧迫性 (39)
 - 3.4.1 西安市中长期发展的规划 (39)
 - 3.4.2 西安市各行业需水量增长 (44)
 - 3.4.3 西安市可供水量的有限性 (56)
 - 3.4.4 供需平衡综合分析 (59)
- 3.5 小结 (64)

第四章 城市节水型社会建设研究

- 4.1 节水型社会理论 (65)
 - 4.1.1 节水型社会的内涵 (65)
 - 4.1.2 节水型社会的本质特征和实现途径 (66)
 - 4.1.3 节水型社会评价的指标体系 (69)
 - 4.1.4 节水型社会的技术措施 (72)
- 4.2 节水型社会建设的目标与任务 (73)

4.2.1	指导思想与基本原则	(73)
4.2.2	主要目标	(74)
4.2.3	主要任务	(75)
4.3	西安市节水型社会建设	(77)
4.3.1	节水型社会建设的目标、原则与任务	(77)
4.3.2	节水型社会建设实施的主要项目	(79)
4.3.3	节水型社会保障措施	(80)
4.3.4	西安市节水型社会建设的实施效果	(82)
4.4	小结	(85)
第五章 再生水“水源”水质与用户使用调查		
5.1	调查的内容及方法	(87)
5.1.1	调查内容	(87)
5.1.2	调查方法	(88)
5.2	调查结果	(88)
5.2.1	北石桥污水净化中心再生水“水源”调查	(88)
5.2.2	邓家村污水处理厂再生水“水源”调查	(108)
5.2.3	纺织城污水处理厂再生水“水源”调查	(126)
5.2.4	再生水“水源”的安全保障措施	(128)
5.3	再生水厂调查结果	(128)
5.4	再生水用户情况调查	(141)
5.4.1	工业利用	(142)
5.4.2	农业利用	(144)
5.4.3	市政利用	(145)
5.4.4	景观利用	(147)
5.4.5	用户满意度及公众参与	(148)
5.5	小结	(151)
第六章 城市污水再生利用分析与规划		
6.1	污水再生利用方向及系统方式分析	(153)
6.1.1	污水再生利用方向和限制	(160)
6.1.2	污水再生利用系统方式	(162)
6.2	西安市污水资源化分析	(163)

6.2.1	西安市污水资源量	(163)
6.2.2	西安市城市污水再生利用现状	(163)
6.2.3	城市污水再生利用需求量预测	(164)
6.3	城市污水再生利用工程规划	(173)
6.3.1	污水再生处理厂规模及水量分配	(173)
6.3.2	城市污水再生利用区域工程规划	(176)
6.3.3	再生水的调蓄和输送	(189)
6.3.4	再生水用水设施的规划布置	(190)
6.4	小结	(190)
第七章 再生水公共卫生安全保障技术研究		
7.1	再生水消毒方法及原理	(192)
7.1.1	再生水消毒方法	(192)
7.1.2	液氯消毒	(193)
7.1.3	紫外线消毒	(195)
7.1.4	二氧化氯消毒	(199)
7.2	再生水消毒试验	(200)
7.2.1	试验目的	(200)
7.2.2	试验材料及方法	(201)
7.2.3	水质分析项目与方法	(206)
7.2.4	试验结果	(207)
7.3	保障城市污水再生利用安全的技术措施	(227)
7.3.1	“水源”的水量及水质保障	(228)
7.3.2	再生水处理系统安全保障	(229)
7.3.3	输水管网安全保障	(232)
7.3.4	终端用水户安全保障	(233)
7.4	小结	(239)
第八章 再生水利用的鼓励政策及价格分析		
8.1	加强再生水利用的保障基础	(241)
8.1.1	再生水利用的理论保障	(241)
8.1.2	再生水利用的制度保障	(241)
8.1.3	再生水利用的政策保障	(242)

8.1.4 再生水利用的市场保障	(243)
8.2 再生水利用的鼓励政策	(244)
8.2.1 促进再生水需求的鼓励政策	(244)
8.2.2 促进再生水供给的主要因素	(246)
8.2.3 促进再生水供需的鼓励政策	(249)
8.3 西安市再生水价格分析	(250)
8.3.1 再生水利用的价格现状	(251)
8.3.2 再生水价格构成要素分析	(251)
8.3.3 再生水价格制定的原则和依据	(253)
8.3.4 再生水价格制定的基本程序	(255)
8.3.5 再生水定价方法	(257)
8.3.6 西安市再生水价格测算	(261)
8.4 小结	(266)
第九章 再生水利用对生态环境的影响	
9.1 生态环境影响评价基础知识	(267)
9.1.1 生态环境影响评价的基本概念	(267)
9.1.2 环境评价与环境影响评价	(267)
9.1.3 评价的依据	(272)
9.1.4 环境影响评价的有效性	(273)
9.2 水生态保护及对策措施	(274)
9.2.1 水生态功能区划的制定	(274)
9.2.2 保护措施	(278)
9.3 再生水利用对生态环境的影响分析	(282)
9.3.1 再生水的农业灌溉生态效应	(282)
9.3.2 再生水的河道生态效应	(284)
9.3.3 再生水的城市绿地生态效应	(285)
9.3.4 其它生态效应	(287)
9.4 小结	(288)
第十章 城市再生水利用支持体系研究	
10.1 城市节水文化支持体系研究	(289)
10.1.1 水文化内涵及基本架构	(289)

6 城市污水再生利用发展研究

10.1.2	水文化与人水和谐·····	(295)
10.1.3	节水理念在传统文化中的传承·····	(300)
10.1.4	城市节水文化支持体系构建·····	(302)
10.2	城市再生水利用信息服务支持平台·····	(307)
10.2.1	水利信息化概论·····	(307)
10.2.2	系统需求与目标·····	(310)
10.2.3	系统功能结构·····	(310)
10.2.4	系统实现技术·····	(311)
10.2.5	系统体系结构与实现·····	(318)
10.3	小结·····	(320)
第十一章 结论与展望		
11.1	结论·····	(321)
11.2	展望·····	(322)
参考文献		

第一章 绪论

1.1 污水再生利用的意义

1.1.1 再生水的基本内涵

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^[1]。和海水淡化、跨流域调水相比,再生水具有明显的优势。从经济的角度看,再生水的成本最低,约为1~3元/t,而海水淡化的成本约为5~7元/t,跨流域调水的成本约为5~20元/t。从环保的角度看,污水再生利用有助于改善生态环境,实现水生态的良性循环。

再生水也是污水处理厂处理的达标水,一般为二级处理,具有不受气候影响、不与临近地区争水、就地可取、稳定可靠、保证率高等优点。再生水即所谓“中水”,是沿用了日本叫法,通常人们把自来水叫做“上水”,把污水叫做“下水”,而再生水的水质介于上水和下水之间,故名“中水”^[2]。再生水虽不能饮用,但它可以用于一些水质要求不高的场合,如冲洗厕所、冲洗汽车、喷洒道路、绿化等。再生水工程技术可以认为是一种介于建筑物生活给水系统与排水系统之间的杂用供水技术。再生水的水质指标低于城市给水中饮用水水质指标,但高于污染水允许排入地面水体的排放标准。

再生水是城市的第二水源。城市污水再生利用是提高水资源综合利用率,减轻水体污染的有效途径之一^[3]。再生水合理回用既能减少水环境污染,又可以缓解水资源紧缺的矛盾,是贯彻可持续发展的重要措施。污水的再生利用和资源化具有可观的社会效益、环境效益和经济效益,已经成为世界各国解决水问题的必选^[4]。

1.1.2 水资源与水环境危机

水资源是十分重要又很特殊的自然资源,是人类赖以生存的基本物质和人类社会可持续发展的限制因素。地球上的水97%以上是海水,陆地水不足3%,其中大部分又以冰川形式储存在两极。全球陆地的年平均降水量为800mm,由于降水时空分布不均,世界上有60%以上的地区缺水,随着世界人口的膨胀,缺水问题已对全球构成威胁^[5-8]。在发展中国家,目前有10亿多人

口不能得到安全的饮用水, 21 亿人口没有安全的排水设施。根据世界经济银行估计, 到 2010 年, 56 个国家总数 17 亿以上的人口将面临严重的水资源匮乏危机^[9-11]。

在这种形势下, 人们不得不通过异域调水、海水淡化、雨水蓄用、极地拖冰、人工降雨、再生水回用等途径开发新的水资源。如俄罗斯把北欧的湖水和河水引向里海流域, 从鄂毕河经 2500 km 引向中亚的阿姆河流域; 美国从科罗拉多向亚利桑拉州的菲马克斯和图森引水工程, 输水距离为 536 km, 但前者在建设过程中遇到了许多困难, 很多专家怀疑其工程效益; 后者经专家论证, 效益费用比小于 1^[12]。在众多的途径中, 相比之下, 再生水回用, 提高水的重复利用率更容易实现。从美国和日本以往 30 多年的实践来看, 减少用水量, 增加重复利用水量可以有效的降低取水量, 保护有限的水资源, 美国工业用水量在 20 世纪 60 年代中期达到最大之后, 出现了明显的下降趋势^[13]; 日本 1956 年到 1987 年工业用水重复率从 36.2% 增加到 74.9%, 而工业取水量在 1973 年达到最大值后一直呈下降趋势, 并且工业产值在不断地增长, 用水量的增加主要靠提高用水重复率来解决^[14, 15]。

在水的社会循环中, 再生水回用是关键的一环。将大部分的污水经过再生处理后回用, 一方面可以缓解水资源短缺的局面, 高效地利用有限的淡水资源, 另一方面又减少了排放到自然水体的污染物总量, 具有明显的经济效益和社会效益。因此, 再生水回用是经济社会可持续发展战略的重要环节, 已经成为世界各国解决水资源短缺问题的必选策略^[16]。

1.1.3 污水再生利用的意义

据有关资料统计, 城市供水的 80% 转化为污水, 经收集处理后, 其中 70% 的再生水可以再次循环使用^[17]。这意味着通过污水回用, 可以在现有供水量不变的情况下, 使城市的可用水量至少增加 50% 以上。世界各国无不重视再生水利用, 再生水作为一种合法的替代水源, 正在得到越来越广泛的利用, 并成为城市水资源的重要组成部分。

再生水是有价值的水资源。水用过之后不再是直接排放而是对其进行合理的处理使其再生, 然后重新使用 (即二次使用), 这样就会减少对高质量淡水水源的需求, 而且减轻了对水环境造成的影响, 从而达到对水资源的可持续利用^[18]。水的回用提高了供水的可靠性, 只用较少的淡水就能满足人类更大的需求, 从而减轻了人类生存对世界水环境造成的影响。传统的“一次使用然后排放”的方法转换成新的可持续的“保护、合理使用和再循环使用”的节约水的方法将造福于整个世界。

现阶段许多国家已经成功的实施了城市污水再生利用工程。事实证明了大规模地使用再生水的可行性，以及再生水计划对世界范围内水资源的可持续管理方面的重要作用。目前，全国各地纷纷建设城市污水处理厂，如果在厂内增设再生水处理系统，从技术上说比较成熟，而且投资也不大，且具有现实和长远的重大意义。

城市污水再生利用可以改变缺水地区城市供水短缺的局面^[19]。尤其是冬季和春季，城市居民的生活用水十分紧张，制约了工业经济的发展。从投资情况看，污水处理厂增设再生水处理设施仅占新建净水厂投资的1/2左右，同时还可节省一个供水“水源”。污水处理厂生产的再生水可以替代自来水作为工业循环冷却水、冲洗水及低质工艺用水，也可作为生活杂用水进行冲刷、绿化、洗车和冲刷道路等，从而改变城市水资源短缺的局面，缓解城市用水的供需矛盾，达到污水资源化的目的。

城市污水再生利用可促使污水处理尽快走向市场^[20]。传统观念认为建设城市污水处理厂是政府的主要职责，认为污水处理厂创造的主要是社会效益和环境效益，而就企业本身来讲并没有经济效益，建成后的污水处理厂运行费用主要靠当地财政投入。由于各种原因，导致污水处理厂普遍存在着处理投入大、运行成本高，甚至半运行状态或停产状态。这些因素制约了我国城市污水治理项目的建设，同时也直接制约着已建成的城市污水处理厂的正常运行。而再生水利用和收取排污费将是保证污水处理厂运行费用的主要来源。

城市污水再生利用可以减少使用再生水企业的水费支出，降低产品成本。城市用水主要包括生活用水和工业用水两大部分。由于自来水水价不断上涨，使一些企业的产品成本升高，降低了市场竞争力。如果用水企业改用再生水，就可大大降低生产成本。提高产品竞争力，促进工业经济的发展。

再生水是实现水资源可持续利用的重要环节^[21]。水是城市发展的基础性资源和战略性经济资源，随着城市化进程和经济的发展，以及日趋严重的环境污染，水资源日趋紧张，成为制约城市发展的瓶颈。推进污水深度处理，普及再生水利用是人类与自然协调发展、创造良好水环境、促进循环型城市发展进程的重要举措。

国际上，对于水资源的管理目标已发生重大变化，即从控制水、开发水、利用水转变为以水质再生为核心的“水的循环再用”和“水生态的修复和恢复”，从根本上实现水生态的良性循环，保障水资源的可持续利用。

再生水合理利用不但有很好的经济效益，而且其社会和生态效益也是巨大的。首先，随着城市自来水价格的提高，再生水运行成本的进一步降低，以及回用水量的增大，经济效益将会越来越突出；其次，再生水合理利用能维持生

态平衡,有效的保护水资源,改变传统的“开采—利用—排放”开采模式,实现水资源的良性循环,并对城市的水资源紧缺状况起到了积极的缓解作用,具有长远的社会效益;第三,再生水合理利用的生态效益体现在不但可以清除废水对城市环境的不利影响,而且可以进一步净化环境,美化环境。

因此,在污水处理厂增设再生水处理系统,是污水资源化的重大举措,是缓解我国严重缺水局面的一条重要途径,同时也可促进城市公用事业的改革,促进工业经济的发展。

1.1.4 非传统水资源的开发及再生水“水源”

随着农业、工业和城市供水对水资源需求量的不断提高,导致了有限的淡水资源的分配竞争。在世界上许多国家,可利用的淡水资源已经受到重度开发,甚至过度开发。为了避免和缓解水资源危机,实现经济社会的可持续发展,寻求和开发可替代的水资源,已经为世界范围内广泛关注,而再生水被认为是最为科学、经济和现实的选择。

再生水是有价值的水资源。水用过之后不是被直接排放而是对其进行合理的处理使其得到再生,然后重新使用,这样不仅可减少高质量淡水水源的需求,而且减轻了对水环境造成的影响,从而达到对水资源的可持续利用^[22]。按照北京市污水回用总体规划,到2008年,北京市污水回用率将达到50%以上,届时北京市大部分的市政杂用水都将被再生水取代。美国加利福尼亚州自上世纪60年代已经开始污水的再生利用,对缓解当地的水资源紧张起到了十分重要的作用。以色列是世界公认的污水再生利用最发达的国家,到2010年城市污水的再生利用将达到总用水量的20%。这些事实说明大规模地使用再生水的可行性。

再生水(Reclaimed Water)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。通常将再生水“水源”分为三类:生活污水或市政排水、城市污水处理厂出水、处理达标的工业排水。再生水要想达到回用的要求,必须根据回用的种类及用途满足一定的回用标准。就全球范围而言,世界卫生组织(WHO)1989年推出的农业污水回用健康指标,1992年美国国家环保局(USEPA)编制的《出水回用指南》中归纳的中水回用水质指标被认为是比较全面和实用的建议指标。我国针对城市污水的再生利用制定了一系列的标准,为污水的再生和利用提供了可靠的依据和保障。

城市污水具有水量大、变化小、水质相对稳定等特点,考虑到污水资源化利用的经济性,城市污水作为再生水“水源”在污水再生利用中具有十分重要

的作用。而再生水“水源”不同于传统的天然水源，由于在使用过程中与各种环境接触，存在各种可能的污染，因此，存在一定的风险。为确保安全，须提供稳定可靠的再生水处理系统。

目前世界上绝大多数污水再生利用工程都是以城市污水处理厂二级处理出水为对象，通过深度处理，然后进行再利用。常规的处理单元包括：化学混凝、絮凝、沉淀、过滤和消毒等，可有效地去除二级处理出水中的悬浮物和胶体颗粒等感官指标，以及可能的致病微生物，提高再生水的清洁度，保障卫生安全。而活性炭吸附、化学氧化、膜过滤、超滤、反渗透等高级工艺或组合则能提供几乎符合任何用途的再生水。

利用城市污水处理厂二级处理出水作为再生水“水源”，可为缺水城市提供一种新的水源，减少由于远距离引水所需的数额巨大的工程投资，同时可减少新鲜水的用量，因而相应减少了城市新鲜水处理设施的投资。另一方面，污水再生利用还可以降低污水外排放量，减少控制水体污染引起的费用。再生水在减少新鲜水处理设施和节约水资源方面的直接经济效益正是促进国内外城市污水资源化再利用的重要因素。

再生水水量大、水质稳定、受季节和气候影响小，是一种十分宝贵的水资源。再生水使用方式很多，按与用户的关系可分为直接使用与间接使用，直接使用又可以分为就地使用与集中使用。多数国家的再生水主要用于农田灌溉，以间接使用为主；日本等少数国家的再生水则主要用于城市非饮用水，以就地使用为主；新趋势是用于城市环境“水景观”的环境用水。

再生水的用途很多，可以用于农田灌溉、园林绿化（公园、校园、高速公路绿带、高尔夫球场、公墓、绿带和住宅区等）、工业（冷却水、锅炉水工艺用水）、大型建筑冲洗以及游乐与环境（改善湖泊、池塘、沼泽地，增大河水流量和鱼类养殖等），还有消防、空调和水冲厕等市政杂用。

根据再生水利用的用途，再生水可回用于地下水回灌用水，工业用水，农、林、牧业用水，城市非饮用水，景观环境用水等五类。再生水回用于地下水回灌，可用于地下水源补给、防治海水入侵、防治地面沉降；再生水回用于工业可作为冷却用水、洗涤用水和锅炉用水等方面；再生水用于农、林、牧业用水可作为粮食作物、经济作物的灌溉、种植与育苗、林木、观赏植物的灌溉、种植与育苗、家畜和家禽用水。城市再生水资源循环详见图 1-1。

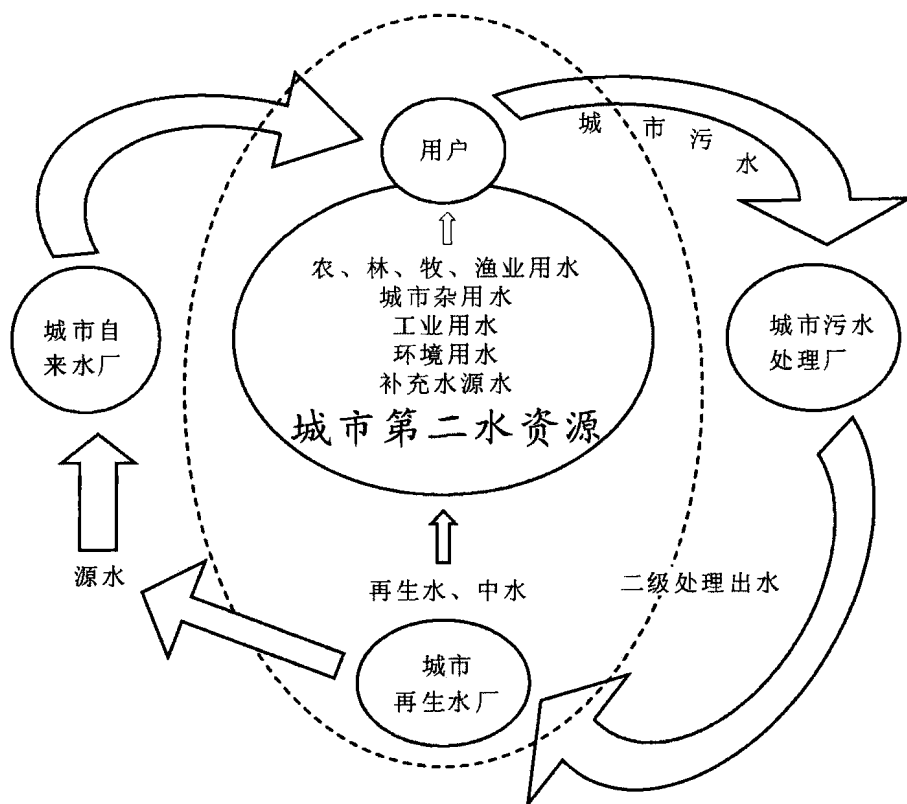


图 1-1 城市再生水资源循环示意图

Figure1-1 Renewable water cycle diagram of city

1.2 再生水回用的研究进展

1.2.1 国内再生水回用的研究进展

我国的再生水资源利用，首先是应用在农业，其次是回用于工业、生活杂用。我国从 20 世纪 50 年代开始采用污水灌溉，当时城市污水大部分为生活污水，污水中含有氮、磷及有机质等农肥，用于农业灌溉可增产和改良土壤。随着城市的工业发展，城市污水中工业废水比重不断增加，由于大量工业废水未经处理，直接用于农田灌溉，曾一度造成农作物死亡的事故。虽然近年来加强了对工业废水的管理和对其废水中重金属、难溶解有害物厂内治理，工业废水