

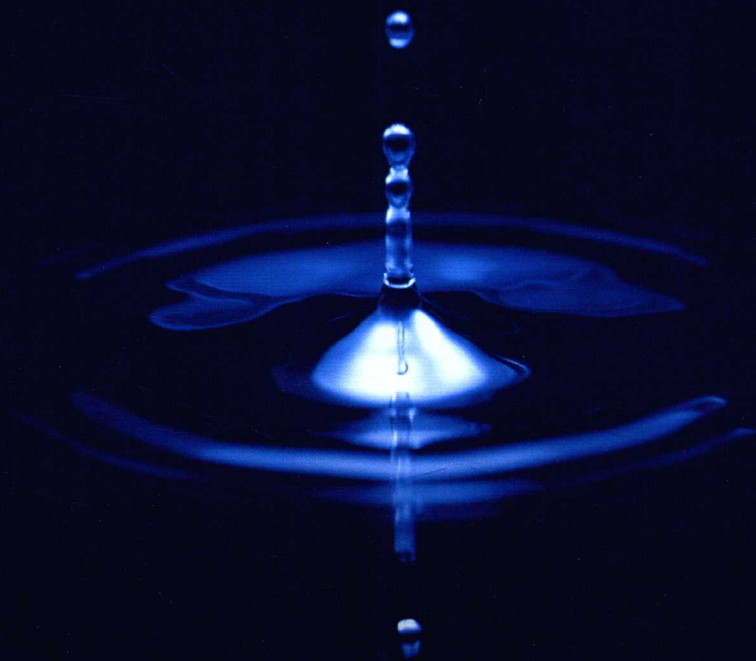


城市污水回用 深度处理设施 设计计算

CHENGSHI WUSHUI HUIYONG
SHENDU CHULI SHESHI
SHEJI JISUAN

第二版

崔玉川 陈宏平 主编



化学工业出版社

城市污水回用 深度处理设施 设计计算

第二版

崔玉川 陈宏平 主编



化学工业出版社

·北京·

本书介绍了污水回用的途径、深度处理的工艺和要求,主要以计算例题的形式具体阐述了城市污水回用深度处理各单元工艺设施的设计计算内容、方法和步骤。包括脱氮除磷、混凝、沉淀(澄清、气浮)、过滤、消毒、活性炭吸附、离子交换、膜分离技术、臭氧氧化等单元处理设施的设计计算例题共 77 个。

本书可供给水排水、环境工程等领域的工程技术人员阅读使用,也可供高等学校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市污水回用深度处理设施设计计算/崔玉川,陈宏平
主编.—2版.—北京:化学工业出版社,2015.11
ISBN 978-7-122-25202-9

I. ①城… II. ①崔…②陈… III. ①城市污水处理-深度处理-水处理设施-设计计算 IV. ①X799.303.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 224244 号

责任编辑:董琳

文字编辑:荣世芳

责任校对:宋玮

装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21 $\frac{1}{4}$ 字数 520 千字 2016 年 3 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:88.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

《城市污水回用深度处理设施设计计算》的第一版于2003年7月出版，至今已12年时间长了，我们感谢广大读者对本书的喜爱。

随着我国工农业生产的迅猛发展和人民生活水平的不断提高，对水资源的需求量日益增加。而水资源严重短缺和自然水体污染程度日益加重，缺水已成为制约我国社会发展的重要因素之一。为了保证国民经济的可持续发展和改善生态环境，缓解城市发展与水资源短缺之间的矛盾，将城市污水处理厂的出水作为城市第二水源，实现城市污水资源化是解决这一问题的良策。

近些年来，由于城市污水资源化工程越来越多，污水回用处理技术不断开发创新，有关的设计规范及回用标准不断更新，本书第一版原有的内容已经不能很好地满足现在的使用要求。因此，结合城市污水处理技术的发展和应用情况编写本书的第二版，以使其内容与时俱进，为读者提供更好的学习参考书。

本书在保持第一版特点和风格的基础上，扩充、更新了一些工艺技术、设施和计算方法与例题，以及城市污水回用处理的工程案例。具体内容如下。

① 按照城市污水处理厂深度处理的流程特点，更新整合了本书的组成体系和章节顺序，将脱氮除磷设施置于第二章。删去了回用处理不多用的工艺技术和构筑物设施的设计计算例题。

② 按照最新室外排水设计规范（GB 50014—2006）的要求，对常用的脱氮除磷工艺设施进行了重新设计计算。并增加了曝气生物滤池、复合生物反应池、AB法工艺、SBR工艺、MBR工艺的设计计算例题。

③ 澄清处理部分增加了网格絮凝池、高密度沉淀池、机械刮泥沉淀池、涡凹气浮、溶气泵气浮、V形滤池、翻板滤池、转盘滤池的计算例题。

④ 水质软化部分增加了全自动软水器、石灰法软化及纳滤软化的计算例题。

⑤ 消毒部分增加了漂白粉、次氯酸钠和紫外线消毒的计算例题。

⑥ 汇集并更新了有关的水质标准。

⑦ 增设了一章“国内外部分已建城市污水深度处理回用工程实例”。

书中共列出污水深度处理的脱氮除磷（活性污泥法、生物膜法）、澄清（絮凝、沉淀、气浮、过滤）、软化除盐（离子交换、ED、UF、RO）、吸附和消毒（粒状与粉状活性炭吸附，氯及其衍生物、紫外线与臭氧消毒）的各处理单元设施的设计计算例题共77个。

本书由崔玉川、陈宏平主编，曹昉、付世沫、周茜参加了部分章节的编写。另外，吕秀彬、杨雅云、李谦等协助做了不少辅助性工作，天津膜天膜科技股份有限公司的孙超及其他设计、环保单位的同行提供了有关计算及工程应用资料，特致谢意！同时，对本书第一版的参编者张东伟和杨崇豪表示深深感谢。

本书可供从事给水排水工程、环境工程、资源与环境工程等相关专业的设计、研究、管理和设备制造的工程技术人员参考使用，也可供高等学校相关专业师生学习参考。

由于我们的水平有限，书中难免会有缺点和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2015年6月

第一版前言

我国是一个缺水的国家，人均水资源占有量不足世界人均值的 1/4，被联合国粮农组织列为 13 个缺水国之一。20 世纪 80 年代以来，随着我国经济的迅速发展，以及人民生活水平的提高，一方面使城市需水量大大增加，供需矛盾日益突出；另一方面污废水的排放量与日俱增，既污染了水环境，又浪费了水资源。因此，实施污水回用的城市污水资源化方略，既可解决缺水问题，又可合理利用水资源，既可节约用水，又有利于环境保护，是水资源可持续利用以保证城市建设和经济建设可持续发展的重要举措之一。

本书首先介绍了城市污水回用的途径、深度处理的工艺和要求，之后主要以计算例题的形式具体阐述了城市污水回用深度处理各单元工艺设施（设备、装置和构筑物）的设计计算内容、方法和步骤。内容包括混凝、沉淀（澄清、气浮）、过滤、消毒，以及活性炭吸附、离子交换、膜分离技术（电渗析、反渗透、超滤）、臭氧氧化和脱氮除磷等单元处理设施的设计计算例题共 90 个。本书可供给排水、环境工程等专业的工程技术人员和大专院校师生使用或参考。

本书由崔玉川主编，各章的编写分工为：第一章、第二章、第四章、第八章由崔玉川、张东伟编写；第三章、第七章由张东伟编写；第五章、第六章由杨崇豪编写。

由于我国尚未颁布有关详尽的法规性设计文件，加上我们的水平有限，书中难免会有错误和缺憾，恳请读者指正。

编者

目 录

第一章 城市污水回用深度处理的要求及工艺 / 1

第一节 城市污水资源化及回用途径	1
一、城市污水资源化的内涵意义	1
二、我国城市污水处理后的回用方向	2
三、城市污水回用的发展概况	4
第二节 城市污水处理系统	5
一、城市污水处理方法	5
二、污水处理程度	7
三、污水处理的产物	9
第三节 污水回用深度处理的要求	10
一、回用水水质指标	11
二、回用水水质标准	12
第四节 城市污水回用深度处理工艺	13
一、概述	13
二、悬浮物的去除	13
三、难降解有机物的去除	14
四、溶解性无机盐的去除	15
五、污水的消毒处理	16
六、氮、磷的去除	17
七、同步脱氮除磷系统	18
八、城市污水回用深度处理的工艺选择与组合	18

第二章 脱氮除磷设施 / 20

第一节 城市污水脱氮除磷技术	20
一、城市污水脱氮技术	20
二、城市污水除磷技术概述	26
三、同步脱氮除磷及其新技术概述	29
四、污水生物法的类别及相应的工艺设施	31
第二节 活性污泥法脱氮除磷	32
一、设计概述	32

二、计算例题	36
【例题 2-1】活性污泥法合并硝化曝气池工艺的设计计算	37
【例题 2-2】氧化沟硝化工艺的设计计算	48
【例题 2-3】AB 法硝化工艺的设计计算	52
【例题 2-4】经典 SBR 法硝化工艺的设计计算	62
【例题 2-5】MBR 法硝化工艺的设计计算	67
【例题 2-6】A ² O 工艺的设计计算	71
【例题 2-7】氧化沟工艺脱氮除磷工艺的设计计算	74
【例题 2-8】SBR 工艺脱氮除磷工艺的设计计算	75
【例题 2-9】MBR 法脱氮除磷工艺的设计计算	76
第三节 生物膜法脱氮除磷	78
一、设计概述	79
二、计算例题	80
【例题 2-10】生物接触氧化法硝化工艺的设计计算	80
【例题 2-11】曝气生物滤池硝化工艺的设计计算	84
【例题 2-12】复合生物反应器工艺的设计计算	86

第三章 混凝设施 / 89

第一节 混凝剂的配制投加	90
一、设计概述	90
二、计算例题	93
【例题 3-1】药剂溶解池和溶液池的设计计算	93
【例题 3-2】压缩空气搅拌调制药液的设计计算	93
【例题 3-3】投药水射器的计算	95
【例题 3-4】药剂仓库的计算	98
第二节 混合设施	99
一、设计概述	100
二、计算例题	101
【例题 3-5】管式混合器的计算	101
【例题 3-6】分流隔板式混合槽的计算	102
【例题 3-7】浆板式机械混合池的计算	104
第三节 絮凝设施	106
一、设计概述	107
二、计算例题	111
【例题 3-8】往复式隔板絮凝池的设计计算	111
【例题 3-9】回转式隔板絮凝池的设计计算	113
【例题 3-10】穿孔旋流絮凝池的设计计算	117
【例题 3-11】折板絮凝池的设计计算	121

【例题 3-12】竖流式隔板絮凝池的设计计算	125
【例题 3-13】圆锥形涡流式絮凝池的设计计算	126
【例题 3-14】栅条絮凝池的设计计算	129
【例题 3-15】网格絮凝池的设计计算	132
【例题 3-16】水平轴式等径叶轮机械絮凝池的设计计算	134
【例题 3-17】垂直轴式等径叶轮机械絮凝池的设计计算	138

第四章 沉淀、澄清、气浮设施 / 141

第一节 沉淀池	141
一、设计概述	142
二、计算例题	152
【例题 4-1】按沉淀时间和水平流速计算平流式沉淀池	152
【例题 4-2】按面积负荷计算平流式沉淀池	153
【例题 4-3】机械排泥平流式沉淀池的设计计算	154
【例题 4-4】辐流式沉淀池的设计计算	155
【例题 4-5】上向流斜管沉淀池的设计计算	157
【例题 4-6】高密度沉淀池的设计计算	158
第二节 澄清池	163
一、设计概述	165
二、计算例题	170
【例题 4-7】机械搅拌澄清池池体部分的设计计算	170
【例题 4-8】机械搅拌澄清池搅拌设备工艺设计计算	176
【例题 4-9】钟罩式脉冲澄清池池体的设计计算	177
【例题 4-10】钟罩式虹吸脉冲发生器的设计计算	180
第三节 气浮	183
一、设计概述	187
二、计算例题	187
【例题 4-11】平流式部分回流压力溶气气浮法的设计计算	187
【例题 4-12】涡凹气浮法的设计选型	189
【例题 4-13】溶气泵气浮法的设计选型	190

第五章 过滤设施 / 192

第一节 普通快滤池	195
一、设计概述	195
二、计算例题	200
【例题 5-1】普通快滤池池体的设计计算	200
【例题 5-2】普通快滤池的设计计算	201
【例题 5-3】固定管式表面冲洗系统的计算	205

【例题 5-4】旋转管式表面冲洗系统的计算	207
第二节 虹吸滤池	210
一、设计概述	211
二、计算例题	213
【例题 5-5】矩形虹吸滤池的设计计算	213
【例题 5-6】虹吸滤池水力自动控制装置的计算	217
第三节 重力式无阀滤池	219
一、设计概述	220
二、计算例题	222
【例题 5-7】方形重力式无阀滤池的设计计算	222
【例题 5-8】无阀滤池主虹吸管的计算	224
第四节 V形滤池	226
一、设计概述	227
二、计算例题	228
【例题 5-9】V形滤池的设计计算	228
第五节 翻板滤池	236
一、设计概述	236
二、计算例题	236
【例题 5-10】翻板滤池的设计计算	236

第六章 活性炭吸附及软化装置 / 243

第一节 活性炭吸附	243
一、设计概述	244
二、计算例题	251
【例题 6-1】颗粒活性炭选型试验计算	251
【例题 6-2】间歇式一级吸附粉末活性炭投入量的计算	252
【例题 6-3】粉状活性炭二级逆流静态间歇式吸附投炭量计算	253
【例题 6-4】活性炭动态吸附柱工作时间与炭床利用率计算	254
【例题 6-5】颗粒活性炭滤池的设计计算	256
【例题 6-6】活性炭吸附塔的设计计算	259
【例题 6-7】粉末活性炭补充量的计算	260
第二节 离子交换	261
一、设计概述	262
二、计算例题	267
【例题 6-8】离子交换树脂再生度的计算	267
【例题 6-9】强酸阳树脂全交换容量的计算	268
【例题 6-10】弱酸阳树脂全交换容量的计算	268
【例题 6-11】强碱阴树脂全交换容量的计算	269

【例题 6-12】时间型全自动软水器再生时间的计算	269
【例题 6-13】流量型全自动软水器的流量设定值计算	269
第三节 石灰软化	270
一、设计概述	271
二、计算例题	272
【例题 6-14】石灰软化法加药量计算	272
【例题 6-15】石灰软化法加药量及镁的残留量计算	273

第七章 膜分离装置 / 274

第一节 膜分离技术概述	274
一、膜分离法的类别	274
二、膜分法的特点	275
三、膜分离法的设计	276
第二节 微滤	276
一、设计概述	277
二、计算例题	278
【例题 7-1】转盘滤池用于污水回用深度处理的计算	278
第三节 超滤	278
一、设计概述	279
二、计算例题	280
【例题 7-2】超滤用于污水回用深度处理的计算	280
第四节 纳滤	281
一、设计概述	281
二、计算例题	282
【例题 7-3】纳滤软化用于污水回用深度处理的计算	282
第五节 反渗透	283
一、设计概述	284
二、计算例题	284
【例题 7-4】反渗透用于污水回用深度处理的计算	284
第六节 电渗析	288
一、设计概述	289
二、计算例题	289
【例题 7-5】电渗析用于污水回用深度处理的计算	289

第八章 消毒 / 295

第一节 液氯消毒	296
一、设计概述	296

二、计算例题	298
【例题 8-1】液氯消毒加氯量及设备选择的计算	298
第二节 次氯酸钠消毒	299
一、设计概述	300
二、计算例题	300
【例题 8-2】次氯酸钠消毒的计算	300
第三节 二氧化氯消毒	301
一、设计概述	301
二、计算例题	302
【例题 8-3】二氧化氯消毒的计算	302
第四节 紫外线消毒	303
一、设计概述	304
二、计算例题	305
【例题 8-4】横置光源水面式紫外线消毒设备的计算	305
第五节 臭氧消毒	307
一、设计概述	307
二、计算例题	308
【例题 8-5】臭氧消毒设备选用计算	308

第九章 国内外部分已建城市污水深度处理回用工程实例 / 311

第一节 国外部分城市污水回用工程实例	311
第二节 国内部分城市污水回用工程实例	314

附录 / 323

附录 1 《城市污水再生利用 分类》(GB/T 18921—2002)	323
附录 2 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)	323
附录 3 《城市污水再生利用 景观环境用水水质》(GB/T 18921—2002)	324
附录 4 《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923—2005)	324
附录 5 《城市污水再生利用 地下水回灌水质》(GB/T 19772—2005)	325
附录 6 《城市污水再生利用 农田灌溉用水水质》(GB/T 19772—2005)	326
附录 7 《农田灌溉水质标准》(GB 5084—2005)	327

参考文献 / 329

第一章 城市污水回用深度处理的要求及工艺

随着人口不断增长和经济飞速发展，用水量及排水量正在逐年增加，而有限的水资源又被不断污染。加上地区性的水资源分布不均和周期性干旱，导致淡水资源日益短缺，水资源的供需矛盾愈加尖锐。在这种形势下，人们不得不在天然水资源之外通过多种途径开发新水源。主要有：①海水淡化；②远距离调水；③城市污水处理回用；④雨水收集、处理、利用等。相比之下，污水处理回用投资少、工期短、见效快，比较现实易行，具有重要意义。

第一节 城市污水资源化及回用途径

一、城市污水资源化的内涵意义

排入城市排水设施的污水，主要包括生活污水、符合排入城市下水道水质标准的工业废水、雨水和通过排水管道接口渗入的地下水。

城市污水处理分为两大类型，即达标排放型的无害化处理和达标回用型的资源化处理。城市污水资源化是将污水进行深度处理后，进行直接再利用，使之成为城市水资源的一个重要的组成部分。其意义如下。

1. 可缓解水资源的供需矛盾

由于全球性水资源危机正威胁着人类的生存和发展，世界上的许多国家和地区已对城市污水处理回用做出总体规划，把经适当处理的污水作为一种新水源，以缓解水资源的紧缺状况。

《中国统计年鉴》指出，2012年全国废水排放总量684.8亿立方米，城市污水处理能力499.8亿立方米（日处理能力13692.9万立方米）。“十二五”期间，我国污水回用率将达到10%，则污水回用量可达50.0亿立方米。按中国年缺水近400亿立方米计，污水回用量相当于中国年缺水量的1/8。

综上所述，实施城市污水资源化，把城市污水处理后作为第二水源加以利用，是合理利用水资源的重要途径。城市污水处理后回用可以减少城市新鲜水的取用量，减轻城市供水不足的压力和负担，缓解水资源的供需矛盾，这对缺水城市来说意义更为重大。搞污水回用，

实现污水资源化势在必行。

2. 体现了水的“优质优用，低质低用”原则

各种用途的用水并非都需要优质水，以生活用水为例，其中用于烹饪、饮用的水约占5%，而对占20%~30%不与人体直接接触的生活杂用水并无过高水质要求。为了避免市政、娱乐、景观、环境用水过多占用居民生活所需的优质水，美国佛罗里达州规定：这些“用户”必须采用能满足其水质要求的较低水质的水源，即不允许将高一级的水质用于要求低一级水质的场合。这应是合理利用水资源的一条普遍原则。由此可扩大可利用水资源的范围和水的有效利用程度。

3. 有利于提高城市水资源利用的综合经济效益

① 为城市建立第二供水系统，提供新水源。城市污水水质和水量相对稳定，不受气候等自然条件的影响，且就近可得，易于收集。与长距离引水制备自来水相比，不但节省了水资源费，还节省了远距离输水的动力费和取水管道的基建费等。同时，以城市污水厂二级处理出水为原水的再生水厂的制水成本一般都远低于自来水厂的制水成本。另外，城市污水回用要比海水淡化经济。海水含3.5%的溶解盐和有机物，其杂质含量为污水二级处理出水的35倍以上。因此，无论基建费或运行成本，海水淡化费用均超过污水回用的处理费用。所以，城市污水回用在经济上更具明显的优势。

② 除减去了排污收费外，污水回用所收取的水费可以使污水处理行业获得有力的财政支持，使水污染防治得到可靠的经济保证。

③ 建设健康、良好的水环境是现代城市的重要基础条件，城区水系对净化空气、消除水体污染、调节局部小气候产生重要作用，大大改善了城区自然环境和人居环境。城市污水再生回用作为城区水系的补充水，为城市水环境的改善提供了一个契机。一方面它可以缓解城市对新鲜水的需求，另一方面也减少了排向城市自然水体的污染物质，由此而带来的直接和间接的社会效益、环境效益不可估量。城市污水回用在解决水资源短缺的同时，使部分被污染的水体逐渐更新、复活，可有效保护水源，降低该水源的水处理费用，使有限的资金得到更高效的利用。因为将严重受污染的水处理到合格的程度，不仅费用高昂，往往难度很大。

4. 城市污水回用是实现环境保护战略的重要措施

城市污水回用与“清洁生产”、“源头削减”和“废物减量化”等环境保护战略措施是密切相关的。事实上，城市污水回用也是污水的一种“回收”和“削减”，而且水中相当一部分污染物质只能在回用基础上才能回收。

二、我国城市污水处理后的回用方向

我国对于城市污水处理利用的研究早在1958年就开始列入国家科研课题，20世纪60年代关于污水灌溉研究达到了一定水平，70年代中期进行了城市污水回用试验。80年代初，北京、大连、西安等缺水的城市相继开展了污水回用于工业与民用的试验研究，有的还修建了中水回用试点工程并取得了积极成果。

目前，我国的污水处理技术力量已经相当雄厚，“六五”至“九五”期间，在水行业科技攻关项目上，国家拨经费近亿元。特别是“八五”以后，在研究内容上的重心转至污水处理技术，并首次在攻关内容上实现了从水资源保护的综合治理、饮水微污染处理技术、城市

和工业污水处理技术到污水回用技术的水的闭合循环，并强调污水净化与资源化技术的研究。根据《污水再生利用工程设计规范》（GB/T 50335—2002），其回用途径大致有五类，见表 1-1。

（1）农、林、牧、渔业用水

农、林、牧、渔业用水包括农田灌溉、造林育苗、畜牧养殖、水产养殖、牧草、苗木、农副产品、洗涤及冷冻等用水，其中农业灌溉是将污水施于土地，同时满足处理与植物生长所需。城市污水回用于农业灌溉，历史悠久，范围也最广泛，为污水回用的首选对象。其优点如下。

① 农业灌溉用水量较大，再生水回用于农业灌溉，不仅可以缓解工、农业争水的矛盾，还可以把节约下来的优质水用于城市生活，有利于合理利用水资源。如北京市通过再生水灌溉、雨洪水利用，2013 年大农业用水 9.09 亿立方米，比 2001 年下降了 48%。

② 既可利用污水的肥效，还可利用土壤-植物系统的自然净化功能减轻污染。

③ 与其他用水相比，农业灌溉用水对水质要求不高，一般二级处理水经适当处理即可满足水质要求，制水成本低。

因此，城市污水处理后用作农、林、牧、渔业用水有着广阔的前途。

（2）城市杂用水 城市杂用水包括城市绿化、公厕、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工、消防等用水。

从卫生和健康角度考虑，污水处理后作为城市杂用水应进行严格消毒；从输水的经济性出发，车辆冲洗和道路清扫用水应设置集中取水点，环境、娱乐和景观用水的供水范围不能过度分散，应以大型风景区、公园、苗圃、城市森林公园为回用目标。

表 1-1 城市污水再生利用类别

序号	分类	范围	示例
1	农、林、牧、渔业用水	农田灌溉	种籽与育种、粮食与饲料、经济作物
		造林育苗	种籽、苗木、苗圃、观赏植物
		畜牧养殖	畜牧、家畜、家禽
		水产养殖	淡水养殖
2	城市杂用水	城市绿化	公共绿地、住宅小区绿化
		公厕	厕所便器冲洗
		道路清扫	城市道路的冲洗及喷洒
		车辆冲洗	各种车辆冲洗
		建筑施工	施工场地清扫、浇洒、灰尘抑制、混凝土制备与养护、施工中的混凝土构件和建筑物冲洗
3	工业用水	消防	消防栓、消防水炮
		冷却用水	直流式、循环式
		洗涤用水	冲渣、冲灰、消烟、除尘、清洗
		锅炉用水	中压、低压锅炉
		工艺用水	溶料、水浴、蒸煮、漂洗、水力开采、水力输送、增湿、稀释、搅拌、选矿、油田回注
4	环境用水	产品用水	浆料、化工制剂、涂料
		娱乐性景观环境用水	娱乐性景观河道、景观湖泊及水景
		观赏性景观环境用水	观赏性景观河道、景观湖泊及水景
5	补充水源水	湿地环境用水	恢复自然湿地、营造人工湿地
		补充地表水	河流、湖泊
		补充地下水	水源补给、防止海水入侵、防止地面沉降

(3) 工业用水 工业用水包括冷却用水、洗涤用水、锅炉用水、工艺用水、产品用水等用水。

在城市用水中,工业用水所占比例很大,面对淡水日缺、水价不断上涨的现实,工业企业除了尽力提高水的循环利用率外,还要逐步将城市污水再生后回用。许多国家建有专门将再生水供给工业用水大户的工业水道系统,除作为冷却水外,还可以作为产品处理用水、原料用水及锅炉用水。其有利条件有以下几点:

① 工业用户紧邻供水水源,就近可得,不必长距离引输;

② 水源稳定,不会出现枯水期用水紧张的问题;

③ 城市污水厂的二级处理出水经过简单的深度处理,即可满足许多工业部门用水的水质要求,成本远比长距离引水低;

④ 可将节省下来的自来水供给城市居民生活用水。

城市污水再生后回用于工业有以下三种主要用途。

① 冷却用水:冷却水在工业用水中一般占70%~80%或更多,且水质要求相对较低,因而是城市污水工业回用的大户和主要对象。

② 锅炉补充水:对一般锅炉用水,尚需软化、脱盐等处理后方可使用;对于高压锅炉,特别是超高压锅炉,由于水质要求高,近期内还不可能普遍利用。

③ 工艺用水:由于不同的生产工艺对水质要求差别很大,因此应根据其对水质的不同要求而定。

(4) 环境用水 环境用水包括娱乐性景观环境用水、观赏性景观环境用水、湿地环境用水等。

景观水体分为两类,一类为人体非全身性接触的娱乐性景观水体,另一类为人体非直接接触的观赏性景观水体。从环境质量考虑,景观用水应保持城市地面水的环境质量,注意防止水体富营养化的发生,在使用中可采用水生植物净化措施或人工曝气处理措施等,以使水体的水质符合要求。

(5) 补充水源水 补充水源水包括补充地表水、地下水等用水。

补充地表水是指水体为维持自身发展过程和保护生物多样性所需要的水量,主要包括补充蒸发、渗漏损失和维持水质的换水量。通过补充河流、湖泊等水体,可以平衡其蒸发、渗漏等水量损失,并提供维持水质的换水量。

补充地下水是利用工程设施将经过处理后的城市污水直接或用人工诱导的方法注入地下含水层,以增加地下水储量的措施。其目的主要有:

① 维持原有的地面承载能力和土壤结构,防止因过量开采地下水造成的严重环境地质问题,如地表下陷、沉降。

② 城市污水处理后回灌地下水,可以提高含水层的供水能力,减轻或解决地下水开采与补给的不平衡,防止地下水水位下降,保护地表和土壤层的生态稳定,维持当地的气候不发生重大变化。

③ 沿海地区防止海水倒灌渗透入侵造成的土壤盐碱化。

三、城市污水回用的发展概况

城市污水再生回用,是城市供水开源节流的首选方案,是实现水资源可持续利用以保证经济和城市可持续发展的重要举措,它已成为众多国家的共识。

在国外,实施污水回用的时间较久,已有较多的工程实例。日本在1962年就开始回用污水,20世纪70年代已初具规模。有人说,从水源上看,日本靠污水回用支撑了20世纪60年代的经济复兴。纳米比亚于1968年建成了世界上第一个合格的再生饮用水工厂,日产水量 4800m^3 。以色列100%的生活污水和72%的城市污水已经回用。俄罗斯虽然水资源比较丰富,但对污水回用也很重视,如莫斯科东南区设有专用工业回用污水系统,36个工厂使用再生城市污水。美国已有357个城市回用污水,1980年的污水回用工程已达536项,年回用水量 $9.37\times 10^9\text{m}^3$ (农业占62%、工业占31.5%、娱乐等占1.5%)。

我国从20世纪50年代初开始采用污水灌溉的方式回用污水,但真正将污水处理后回用于城市生活和工业生产,有20年左右的历史。我国的污水回用事业大致可分为三个阶段:1985年前的“六五”期间是起步阶段;1986~2000年的“七五”、“八五”、“九五”这15年是技术储备和示范工程引导阶段;2001年以“十五”纲要明确提出污水回用为标志,国家进入到全面启动阶段。可以预见,随着我国经济持续发展和污水处理规模的不断扩大,解决水污染和水资源短缺的污水处理回用技术和事业,必将得到更好的应用和发展。

目前,我国已投产运行的城市污水回用工程已经很多。根据《中国城市建设统计年鉴》2012年对全国26个省市地区的数据分析,我国城市再生水量约占城市污水处理总量的14%。其工程实例见本书第九章。

第二节 城市污水处理系统

污水处理,实质上就是采用必要的处理方法与处理流程,将污水中的污染物分离出去或将其转化为无害的物质,从而使污水得到净化并达到排入某一水体或再次使用的水质要求。

一、城市污水处理方法

城市污水处理方法,按原理可分为物理、化学和生物处理法三类。

(1) 物理处理法 利用物理分离作用分离、回收污水中呈悬浮状态的污染物质的处理方法(包括油膜和油珠),在处理过程中不改变污染物的化学性质。根据其作用原理不同,常用的物理处理方法与设备、设施主要如下。

- ① 筛滤截留法:常用设备是格栅、筛网、滤池、微滤机等。
- ② 重力分离法:常用设备有沉砂池、沉淀池、隔油池、气浮池等。
- ③ 离心分离法:常用设备有旋流分离器与离心机等。

污水物理处理方法的类型和设备见图1-1。

(2) 化学处理法 化学处理法是通过化学反应和传质作用来分离、回收污水中呈溶解、胶体状态的污染物或将其转化为无害物质的方法。以投加药剂产生化学反应为基础的处理单元有混凝、中和、氧化还原等。以传质作用为基础的处理单元有萃取、吹脱、汽提、吸附、离子交换以及电渗析和反渗透等。运用传质作用的处理单元既有化学作用,又具有与之相关的物理作用,所以也可以从化学处理法中分离出来,成为另一类处理方法,称为物理化学处理法。

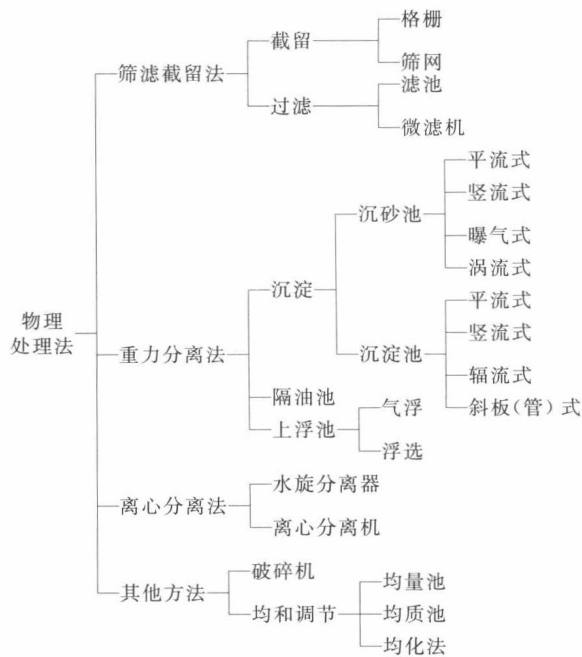


图 1-1 污水物理处理方法的类型和设备

污水化学处理方法的类别参见图 1-2。

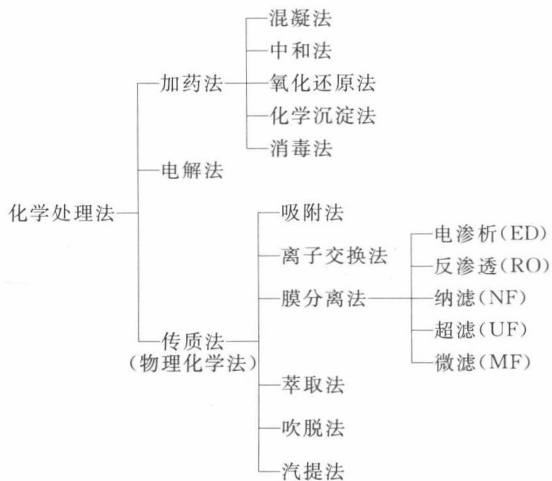


图 1-2 污水化学处理方法的类别

(3) 生物处理法 生物处理法是通过微生物的代谢作用，使污水中呈溶解状态、胶体状态以及某些不溶解的有机甚至无机污染物转化为稳定、无害的物质，从而达到净化废水的目的。依据作用微生物类别的不同，又可分为好氧生物处理和厌氧生物处理两种类型。

好氧与厌氧两类生物处理法大体上又分为活性污泥法和生物膜法两种，每种又有许多形式。传统上好氧生物处理法常用于城市污水和有机生产废水的处理，厌氧生物处理法则多用于处理高浓度有机性污水与污水处理过程中产生的污泥。

稳定塘及污水土地处理系统也是污水生物处理设施，属于自然生物处理的方法。