

高等学校规划教材

排水工程

上册

PAISHUI GONGCHENG

(第五版)

张智 主编
龙腾锐 主审

中国建筑工业出版社

第五版
高等学校规划教材

排 水 工 程

上册

(第五版)

张 智 主编
龙腾锐 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

排水工程 上册/张智主编. —5 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 4
高等学校规划教材
ISBN 978-7-112-17921-3

I. ①排… II. ①张… III. ①排水工程-高等学校-教材 IV. ①TU992

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 050940 号

《排水工程》(上册)(第五版)根据最新的《室外排水设计规范》及本专业的最新要求,在第四版的基础上,删减了第2章的“城市污水回用工程”,在第4章增加了调蓄池、截流井、渗透设施的设计,增加了第7章管道综合设计。全书共分8章:排水系统概论,污水管道系统的设计,雨水管渠系统的设计,合流制管渠系统的设计,排水管渠的材料、接口及基础,排水管渠系统上的构筑物,管线综合设计,排水管渠系统的管理和养护。

本书可作为给排水科学与工程、环境工程及相关专业的本科生教材,也可作为工程技术人员参考书。

责任编辑:王美玲 俞辉群

责任校对:张颖 关健

高等学校规划教材

排 水 工 程

上册

(第五版)

张 智 主编

龙腾锐 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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:16½ 字数:399千字

2015年11月第五版 2015年11月第三十九次印刷

定价:32.00元

ISBN 978-7-112-17921-3

(25731)

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)

第五版前言

《排水工程》(上册)(第四版)出版以来,已历经十五年。其间,我国的排水工程已有长足进步,污水处理率及排水管网长度均有大幅度增长,与之相关的规范、标准曾几经修订。因此,本书的修编已势在必行。

首先,《室外排水设计规范》已经三次修订,特别是2010年以来,我国许多城市发生内涝,原因当然是多方面的,但与城市雨水管道设计标准过低不无关系。因此,《室外排水设计规范》于2011年和2014年两次进行了修订。本书是根据《室外排水设计规范》(2006年版、2011年版和2014年版)进行修订的。近年来,针对雨水管理,国家发布了《国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》(国办发[2013]23号)、《城镇排水与污水处理条例》(国务院令641号)、《城市排水(雨水)防涝综合规划编制大纲》(住房和城乡建设部)和《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》(住房和城乡建设部)等一系列政策措施,这些都应在教材中得到相应的反映。

其次,在第四版编写时,增编了“城市污水回用工程”,城市污水作为第二水源现已有较大发展。目前,城市污水经深度处理后作为工业用水、市政杂用水、城市内河补给水等,我国均有许多成功的范例。但城市污水回用的关键是水质控制,且回用水系统也自成体系。因此,这次修编不再编入该内容。此外,增编了“城镇雨水排水系统规划”(含排水系统规划和雨水系统规划)及调蓄池、截流井、渗滤设施和管道综合设计等内容。

最后,本书第四版原主编孙慧修教授和参编者郝以琼教授因年事已高,均主动表示不再参加本次修编;原主审顾夏声院士则已仙逝。他们对本书的贡献,后辈自当铭记。本次修订由张智主编,何强、孙慧修、郝以琼和龙腾锐参编。具体分工为:张智、孙慧修编绪论、第1、第2章;张智编写第3章3.6节,张智、郝以琼编写第3章其余章节;何强、龙腾锐编写第6章、第4章的4.1~4.5节;张智编写第4章4.6~4.8节;何强、郝以琼编写第5章;张智、龙腾锐编写第7章。

参考文献除所列主要书目外,尚有一些期刊论文,恕不能一一列出,在此一并致谢。限于编者水平,本书不妥之处,敬请读者批评、指正。

2015.8

第四版前言

《排水工程》上册包括绪论及排水系统，主要内容有排水系统概论和污水、雨水与合流制排水管渠系统和排洪沟的规划设计与计算、排水管渠的材料、接口及基础、管渠系统上的构筑物，以及管渠系统的养护管理等。全书体现以城市排水系统为主干的特点。

有关气象资料的收集和整理、小流域暴雨洪峰流量的计算以及无自记雨量计地区雨量公式的推求等，已在《水文学》课程中讲述，故在本书雨水管渠系统一章中，对雨量公式及设计洪峰流量的计算未作推求，侧重于应用。有关排水泵站以及排水管渠施工等，已分别在《水泵及水泵站》和《给水排水工程施工》课程中讲述，本课程未作介绍。

《排水工程》(上册)第四版是在第三版的基础上，根据全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会关于教材编写要求和《排水工程》(上册)课程教学基本要求，以及排水工程技术的新发展和积累的教学经验，经过不断修改和完善编写而成，基本上反映了现代排水工程学科发展的趋势。

《排水工程》(上册)第四版增加了城市污水回用工程一节，以城市污水作为第二水源再利用，是防止水污染和解决水资源严重不足的重要方向。本版加强了雨水设计流量的论述，介绍了几种方法。对近年来我国城市排水系统向区域排水系统发展的趋势以及涌现出的新技术作了介绍。同时，对第三版中个别提法不妥之处进行了更正，并增加了部分新技术资料。规范以《室外排水规范》(GBJ14—87)及1997年局部修改的条文为主。计量单位以1984年公布的《中华人民共和国法定计量单位》为准。

本书是高等学校推荐教材和建设部“九五”重点教材。

参加本书第四版编写的有重庆建筑大学孙慧修(绪论、第1章、第2章第7节、第8节)、郝以琼(第2、3、5章，第2章第7、8节除外)、龙腾锐(第4、6、7章)。

主编 孙慧修

主审 清华大学 顾夏声

限于编者水平，书中不妥之处，请读者批评指正。

1998.7

第三版前言

排水工程（上册）包括绪论和排水系统。主要内容有排水系统概论和污水、雨水与合流排水管渠系统的规划设计及养护管理等。全书体现以城市污水为主干的特点。

排水工程（上册）第三版是在第二版基础上，根据近年来排水工程技术的新发展及教学实践经验修改编写而成的。这一版在有关章中增加了《中水系统及其设计特点》、《排水工程投资估算》、《居住小区排水系统及其设计特点》及《计算机在排水管道（污水、雨水）设计计算中的应用》等4节新内容。同时，对第二版书中提法不妥之处进行了更正，并增加了部分新技术资料。规范以《室外排水设计规范》（GBJ14—87）为准，计量单位以1984年公布的《中华人民共和国法定计量单位》为准。

参加本书第三版编写的有重庆建筑大学孙慧修（绪论、第一章、第二章第七、八节、第三章第五节）、郝以琼（第二、三、五章，但第二章第七、八节及第三章第五节除外）、龙腾锐（第四、六、七章）。

本书由重庆建筑大学孙慧修主编。

由清华大学顾夏声主审。

限于编者水平，书中不妥之处，请读者批评指正。

1993.9

第二版前言

排水工程（上册）第二版基本上是根据 1984 年制定的《排水管网工程》教学大纲的要求编写的。这一版，增加了“应用电子计算机计算污水管道”和“立体交叉道路排水”等方面的新内容，同时对第一版中提法不妥之处进行了更正，并增加了部分新资料。排水规范仍以《室外排水规范》（试行，TJ14—74）为准。书中使用的计量单位，以我国 1984 年公布的《中华人民共和国法定计量单位》为准。

参加第二版编写的有重庆建筑工程学院孙慧修（绪论、第一章）、郝以琼（第二章、第三章、第五章）、龙腾锐（第四章、第六章、第七章）。本书由孙慧修主编。

本书由清华大学陶葆楷教授主审。

限于编者水平，书中不妥之处，请读者批评指正。

1986.5

第一版前言

《排水工程》是根据有关高等院校和设计院等 15 个单位参加的“教材编写大纲”会议上制定的大纲编写的。共两篇，分上、下两册出版。上册包括绪论及第一篇排水系统。下册为第二篇污水处理。全书体现以城市污水为主干的特点。

本书为《排水工程》上册，主要内容有排水系统概论和污水、雨水与合流排水管渠系统的规划设计及养护管理等。有关气象资料的收集和整理、小流域暴雨洪峰流量的计算以及无自记雨量计地区雨量公式的推求等，已在《水文学》课程中讲述，故在本书雨水管渠系统一章中，对雨量公式及设计洪峰流量的计算未作推求，侧重于应用。有关排水泵站以及排水管渠施工等，已分别在《水泵与水泵站》和《给水排水施工》课程中讲述，本课程未作介绍。

本书可作为土建类高等工科院校给水排水工程专业《排水工程》课程的试用教材，亦可供给水排水专业有关工程技术人员参考。

参加本书编写的有重庆建筑工程学院孙慧修、郝以琼、龙腾锐（绪论、第一、二、四、五、六、七章）及西安冶金建筑学院夏秀清（第三章）。由孙慧修主编。

本书由清华大学陶葆楷教授、顾夏声教授和黄铭荣副教授、钱易副教授主审。

在本书编写过程中，曾得到有关兄弟院校、工厂和北京市市政工程设计院排水室等有关单位的帮助和支持，并提供了许多宝贵意见和资料，谨此表示感谢。

限于编者水平，书中不妥之处，请读者批评指正。

1979.8

目 录

绪论	1
第 1 章 排水系统概论	6
1.1 概述	6
1.2 排水系统的体制及其选择	9
1.3 排水系统的主要组成部分	12
1.3.1 城市污水排水系统的主要组成部分	12
1.3.2 工业废水排水系统的主要组成部分	14
1.3.3 雨水排水系统的主要组成部分	14
1.4 排水系统的布置形式	15
1.5 工业企业排水系统和城市排水系统的关系	17
1.6 废水的综合治理和区域排水系统	18
1.7 排水系统的基本建设程序及规划设计	19
1.7.1 排水系统的基本建设程序	19
1.7.2 城镇排水系统规划设计	21
1.7.3 城镇雨水排水系统规划	26
习题	35
第 2 章 污水管道系统的设计	36
2.1 设计资料的调查及设计方案的确定	36
2.1.1 设计资料的调查	36
2.1.2 设计方案的确定	37
2.2 污水设计流量的确定	38
2.2.1 综合生活污水设计流量	38
2.2.2 设计工业废水量	40
2.2.3 地下水渗入量	43
2.2.4 城市污水设计总流量计算	43
2.3 污水管道的水力计算	44
2.3.1 污水管道中污水流动的特点	44
2.3.2 水力计算的基本公式	45
2.3.3 污水管道水力计算的设计数据	46
2.3.4 污水管道的埋设深度	48
2.3.5 污水管道水力计算的方法	50
2.4 污水管道的设计	51
2.4.1 确定排水区界, 划分排水流域	51

2.4.2	管道定线和平面布置的组合	52
2.4.3	设计管段及设计流量的确定	54
2.4.4	污水管道的衔接	55
2.4.5	控制点的确定和泵站的设置地点	56
2.4.6	污水管道在街道上的位置	57
2.5	污水管道的设计计算举例	58
2.5.1	在小区平面图上布置污水管道	59
2.5.2	街区编号并计算其面积	59
2.5.3	划分设计管段, 计算设计流量	60
2.5.4	水力计算	61
2.5.5	绘制管道平面图和纵剖面图	65
2.6	污水管道平面图和纵剖面图的绘制	65
2.7	排水工程投资估算	65
2.7.1	概述	65
2.7.2	枢纽工程综合技术经济指标	66
2.7.3	估算排水工程工程造价计算方法	66
	思考题	67
	习题	67
第3章	雨水管渠系统的设计	69
3.1	雨量分析与暴雨强度公式	69
3.1.1	雨量分析的几个要素	69
3.1.2	暴雨强度公式	73
3.2	雨水管渠设计流量的确定	74
3.2.1	雨水管渠设计流量计算公式	74
3.2.2	径流系数 ψ 的确定	80
3.2.3	设计重现期 P 的确定	82
3.2.4	集水时间 t 的确定	83
3.2.5	特殊情况雨水设计流量的确定	85
3.2.6	雨水管渠设计流量计算的其他方法	87
3.3	雨水管渠系统的设计和计算	88
3.3.1	雨水管渠系统平面布置的特点	88
3.3.2	雨水管渠水力计算的设计数据	91
3.3.3	雨水管渠水力计算的方法	92
3.3.4	雨水管渠系统的设计步骤和水力计算	93
3.3.5	雨水管渠设计计算举例	96
3.3.6	立体交叉道路排水	101
3.4	内涝防治设施	104
3.4.1	城镇内涝防治系统设计重现期	105
3.4.2	内涝防治设施	105

3.5	雨水综合利用	106
3.5.1	雨水综合利用的原则	106
3.5.2	雨水收集利用系统汇水面的选择	106
3.5.3	初期雨水的弃流	106
3.5.4	雨水的利用方式	107
3.6	排洪沟的设计与计算	107
3.6.1	概述	107
3.6.2	设计防洪标准	107
3.6.3	设计洪峰流量的计算	108
3.6.4	排洪沟的设计要点	109
3.6.5	排洪沟的水力计算	112
3.6.6	排洪沟的设计计算示例	113
3.7	计算机在排水管道设计计算中的应用	115
3.7.1	污水管道设计程序	116
3.7.2	雨水管道设计程序	119
3.8	“海绵城市”的设计	121
3.8.1	“海绵城市”的概念	121
3.8.2	国内外“海绵城市”的建设经验	122
3.8.3	我国“海绵城市”示范城市建设内容	125
3.8.4	“海绵城市”关键技术	131
3.8.5	我国“海绵城市”的建设绩效评价与考核指标	136
3.8.6	“海绵城市”建设设施规模计算	140
3.8.7	“海绵城市”建设国内外典型案例	143
	思考题	144
	习题	145
第4章	合流制管渠系统的设计	148
4.1	合流制管渠系统的使用条件和布置特点	148
4.2	合流制排水管渠的设计流量	149
4.2.1	第一个溢流井上游管渠的设计流量	149
4.2.2	溢流井下游管渠的设计流量	149
4.3	合流制排水管渠的水力计算要点	150
4.4	合流制排水管渠的水力计算示例	151
4.5	城市旧合流制排水管渠系统的改造	153
4.6	调蓄池的设计	156
4.7	截流井的设计	164
4.7.1	截流井形式	164
4.7.2	防倒流措施	166
4.7.3	截流井水力计算	166
4.8	渗透设施的设计	170

4.8.1	透水设施形式	171
4.8.2	雨水渗透设施设计方法	173
	思考题	178
	习题	178
第5章	排水管渠的材料、接口及基础	180
5.1	排水管渠的断面及材料	180
5.1.1	管渠的断面形式	180
5.1.2	对管渠材料的要求	181
5.1.3	常用排水管渠	181
5.1.4	管渠材料的选择	185
5.2	排水管道的接口	185
5.3	排水管道的基础	188
	思考题	190
第6章	排水管渠系统上的构筑物	191
6.1	雨水口、连接暗井、溢流井	191
6.2	检查井、跌水井、水封井、换气井	193
6.3	倒虹管	197
6.4	冲洗井、防潮门	199
6.5	出水口	200
	思考题	202
第7章	管线综合设计	203
7.1	概述	203
7.1.1	城市管线综合设计的定义	203
7.1.2	城市管线的分类	203
7.2	管线综合设计内容	204
7.2.1	规划阶段管线综合设计	204
7.2.2	初步设计阶段管线综合	205
7.2.3	施工图阶段管线调整综合	205
7.3	管线综合设计方法	205
7.3.1	工程管线布置的一般原则	205
7.3.2	工程管线布置的一般要求	206
7.3.3	综合管沟敷设	207
7.3.4	架空敷设	209
7.4	管线综合设计图示与实例	210
7.4.1	管线综合设计图示	210
7.4.2	修订道路标准横断面图	211
7.4.3	综合管沟的图示	211
7.4.4	综合管线实例	211
	思考题	216

第 8 章 排水管渠系统的管理和养护	217
8.1 管理和养护的任务	217
8.2 排水管渠的疏通	217
8.3 排水管渠的修理	222
思考题.....	222
附录	223
附录 1 《污水排入城镇下水道水质标准》CJ 343—2010	223
附录 2-1 居民生活用水定额（平均日）和综合生活用水定额（平均日）	224
附录 2-2 水力计算图	225
附录 2-3 排水管道和其他地下管线（构筑物）的最小净距	238
附录 2-4 排水工程综合指标	239
附录 3-1 暴雨强度公式的编制方法	242
附录 3-2 我国若干城市暴雨强度公式	242
附录 3-3 《“海绵城市”建设试点城市实施方案》编制提纲	246
附录 4 中华人民共和国法定计量单位的单位名称和单位符号对照表（限本书出现的）	249
主要参考文献	250

绪 论

在城镇，从住宅、工厂和各种公共建筑中不断地排出各种各样的污水和废弃物，需要及时妥善地排除、处理或利用。

在人们的日常生活中，盥洗、淋浴和洗涤等都要使用水，用后便成为污水。现代城镇的住宅，不仅利用卫生设备排除污水，而且随污水排走粪便和废弃物，特别是有机废弃物。生活污水含有大量腐败性的有机物以及各种细菌、病毒等致病性的微生物，也含有为植物生长所需要的氮、磷、钾等肥分，应当予以适当处理和利用。

在工业企业中，几乎没有一种工业不需用水。在总用水量中，工业用水量占有相当的比例。水经生产过程使用后，绝大部分成为废水。工业废水有的被热所污染，有的则挟带着大量的污染杂质，如酚、氰、砷、有机农药、各种重金属盐类、放射性元素和某些相当稳定生物难以降解的有机合成化学物质，甚至还可能含有某些致癌物质等。这些物质多数既是有毒和有害的，但也是有用的，必须妥善处理或回收利用。

城市雨水和冰雪融水也需要及时排除，否则将积水为害，妨碍交通，甚至危及人们的生产和日常生活。

在人们生产和生活中产生的大量污水，如不加控制，任意直接排入水体（江、河、湖、海、地下水）或土壤，使水体或土壤受到污染，将破坏原有的自然环境，以致引起环境问题，甚至造成公害。因为污水中总是或多或少地含有某些有毒或有机物质，毒物过多将毒死水中或土壤中原有的生物，破坏原有的生态系统，甚至使水体成为“死水”，使土壤成为“不毛之地”。而生态系统一旦遭到破坏，就会影响自然界生物与生物、生物与环境之间的物质循环和能量转化，给自然界带来长期的、严重的危害。例如，1850年英国泰晤士河因河水水质污染造成水生生物绝迹后，曾采用了多种措施予以治理，但一直到1969年才使河水开始恢复清洁状态，重新出现了鱼群，其间竟经历了119年之久！污水中的有机物则在水中或土壤中，由于微生物的作用而进行好氧分解，消耗其中的氧气。如果有有机物过多，氧的消耗速度将超过其补充速度，使水体或土壤中氧的含量逐渐降低，直至达到无氧状态。这不仅同样危害水体或土壤中原有生物的生长，而且此时有机物将在无氧状态下进行另一种性质的分解——厌氧分解，从而产生一些有毒和恶臭的气体，毒化周围环境。为保护环境，避免发生上述情况，现代城市需要建设一整套的工程设施来收集、输送、处理和处置污水，此工程设施就称之为排水工程。

因此，排水工程的基本任务是保护环境免受污染，以促进工农业生产的发展和保障人民的健康与正常生活。其主要内容包括：（1）收集各种污水并及时地将其输送至适当地点；（2）妥善处理后排放或再利用。

排水工程在我国社会主义建设中有着十分重要的作用。

从环境保护方面讲，排水工程有保护和改善环境、消除污水危害的作用。而消除污染，保护环境，是进行经济建设必不可少的条件，是保障人民健康和造福子孙后代的大

事。随着现代工业的迅速发展和城市人口的集中，污水量日益增加，成分也日趋复杂。在某些工业发达国家，因污水而引起的环境污染问题陆续出现，20世纪60年代以来，曾发生过多起轰动世界的公害事件，例如日本的“水俣病”、“骨痛病”等等。引起了舆论界的关注和广大群众的强烈反对，迫使一些国家组织和成立相应的环境保护机构，来研究和解决这一问题。目前，我国有些地方环境污染也十分严重，如“三河”（淮河、海河、辽河）、“三湖”（太湖、巢湖、滇池），同时，我国75%的湖泊出现了不同程度的富营养化。因此，必须随时注意经济发展过程中造成的环境污染问题，在现代化建设中，应充分发挥社会主义制度的优越性，注意研究和解决好污水的治理问题，以确保环境不受污染，这是排水工作者的重要任务。

从卫生上讲，排水工程的兴建对保障人民的健康具有深远的意义。通常，污水污染对人类健康的危害有两种方式：一种是污染后，水中含有致病微生物而引起传染病的蔓延。例如霍乱病，在历史上曾夺去千百万人的生命，而现在虽已基本绝迹，但如果排水工程设施不完善，水质受到污染，就会有传染的危险，1970年苏联伏尔加河口重镇阿斯特拉罕爆发的霍乱病，其主要原因就是伏尔加河水水质受到污染引起的。另一种是被污染的水中含有毒物质，从而引起人们急性或慢性中毒，甚至引起癌症或其他各种“公害病”。某些引起慢性中毒的毒物对人类的危害甚大，因为它们常常通过食物链而逐渐在人体内富集，开始只是在人体内形成潜在危害，不易发现，一旦爆发，不仅危及一代人，而且影响子孙后代。兴建完善的排水工程，将污水进行妥善处理，对于预防和控制各种传染病、癌症或“公害病”有着重要的作用。

从经济上讲，排水工程也具有重要意义。首先，水是非常宝贵的自然资源，它在国民经济的各部门中都是不可缺少的。虽然地球表面的70%以上被水所覆盖，但其中便于取用的淡水量仅为地球总水量的0.2%左右。许多河川的水都不同程度地被其上下游城市重复使用着。如果水体受到污染，势必降低淡水水源的使用价值。目前，一些国家和地区已出现因水源污染不能使用而引起的“水荒”，被迫不惜付出高昂的代价进行海水淡化，以取得足够数量的淡水。现代排水工程正是保护水体，防治公共水体水质污染，以充分发挥其经济效益的基本手段之一。同时，城市污水资源化，可重复利用于城市或工业，这是节约用水和解决淡水资源短缺的一种重要途径。不言而喻，这必将产生巨大的经济效益。其次，污水的妥善处置，以及雨雪水的及时排除，是保证工农业生产正常运行的必要条件之一。在某些工业发达国家，曾由于工业废水未能妥善处理，造成周围环境或水域的污染，使农作物大幅度减产甚至枯死和工厂被迫停产甚至倒闭的事例。同时，废水能否妥善处置，对工业生产新工艺的发展也有重要的影响，例如原子能工业，只有在含放射性物质的废水治理技术达到一定的生产水平之后，才能大规模地投入生产，充分发挥它的经济效益。此外，污水利用本身也有很大的经济价值，例如有控制地利用污水灌溉农田，会提高产量，节约水肥，促进农业生产；工业废水中有价值原料的回收，不仅消除了污染，而且为国家创造了财富，降低产品成本；将含有机物的污泥发酵，不仅能更好地利用污泥做农肥，而且可得到有机化工的基本原料——甲烷，进而可制造各类化工产品等等。

总之，在实现现代化的过程中，排水工程作为国民经济的一个组成部分，对保护环境、促进工农业生产和保障人民的健康，具有巨大的现实意义和深远的影响。作为从事排水工作的工程技术人员，应当充分发挥排水工程在社会主义建设中的积极作用，使经济建

设、城乡建设与环境建设同步规划、同步实施、同步发展，以实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

排水工程的建设在我国已有悠久历史，早在战国时代就有用陶土管排除污水的工程设施。我国古代一些富丽堂皇的皇城，已建有比较完整的明渠与暗渠相结合的渠道系统。例如，北京内城至今还保留有明清两代建造得很好的矩形砖渠。但是，由于长期的封建统治，我国比较完善的现代化排水系统，直到 20 世纪初才在个别城市开始建设，而且规模较小。在国外，据历史记载和考古发掘证实，早在公元前 2500 年，埃及就已建有污水沟渠，古希腊的城市也建有石砌或砖砌等各种形式的管渠系统，古罗马在公元前 6 世纪建筑了著名的“大沟渠”。19 世纪中叶以后，随着产业革命后工业的发展和人口的集中，一些西方国家的城市开始建造现代排水系统。

新中国成立后，随着城市和工业建设的发展，城市排水工程的建设有了很大的发展。为了改善人民居住区的卫生环境，除对原有的排水管渠进行疏浚外，曾先后修建了北京龙须沟、上海肇家浜、南京秦淮河等十几处管渠工程。其他许多城市也有计划地新建或扩建了一些排水工程。在修建排水管渠的同时，还开展了污水、污泥的处理和综合利用的科学研究工作，修建了一些城市污水处理厂。在一些地区，开展了城市污水灌溉农田，修建了长达 60km 的沈（阳）抚（顺）污水灌渠。有控制地进行污水灌溉不仅能提高农作物产量，而且也是利用土地处理污水的有效方法之一。修建了黄浦江大型水底过江管道；大力开展了工业废水的治理工作，许多工业企业修建了独立的废水处理站；对官厅水库、渤海湾、鸭儿湖、白洋淀、蓟运河、淄博工业区等环境污染较为严重的河、湖、海湾和城市进行了重点治理，取得了一定的成效。“六五”期间我国环境保护事业取得了很大成绩，环境保护作为我国的一项基本国策。在“七五”期间，在城市污水处理方面开展了土地处理和稳定塘处理系统，大中城市共安排治理河流（段）和湖泊 99 条（个）。城市污水处理厂的建造数量明显增加。如目前国内规模最大、处理工艺完整的天津纪庄子城市污水处理厂，以及经过处理后排入郊区灌溉的桂林中南区城市污水处理厂等均早已投产使用。经过治理的河流、湖泊水质明显好转。“八五”期间，为了解决水资源短缺和防止水污染，将污水资源化列入了国家重点科技攻关项目，在大连市春柳河污水处理厂中建成了城市污水回用示范工程。北京建造日处理规模 100 万 m^3 的全国最大的现代化城市污水处理厂的第一期工程 50 万 m^3/d 已经投产使用。“九五”期间，重视水工业技术的纵深发展和集成化方面的研究，例如“集成化的污水处理处置和利用技术”和“污泥处理处置利用技术”等重点技术发展项目。“十五”期间，国家集中精力对城市污水处理技术进行了研究，例如“简易高效城市污水处理技术”等攻关项目。鉴于我国水质污染状况有随经济建设发展而加剧的趋势，国务院在“十一五”期间，以我国“三河”、“三湖”、“一江”（松花江）、“一库”（三峡水库）为主，启动了“国家水体污染控制与治理科技重大专项”（简称水专项），开展全国性攻关研究，且计划历时三个五年计划，以期从根本上改善我国水环境状况，目前该项计划正在如火如荼地执行中。

1973 年，在全国第一次环境保护会议上，制定了“全面规划、合理布局、综合利用、化害为利、依靠群众、大家动手、保护环境、造福人民”的环境保护工作方针；1978 年，颁布的《中华人民共和国宪法》中第十一条规定的“国家保护环境和自然资源、防治污染和其他公害”；1984 年，在全国第二次环境保护会议上，提出的“环境保

护是我国的一项基本国策”；1989年，在全国第三次环境保护会议上，提出的“推进污染集中控制”政策；以及1996年，在全国第四次环境保护会议上，进一步强调落实环境保护基本国策，贯彻实施可持续发展战略等等，为排水工程的建设和发展指明了方向。为了保护环境，国家还制定了一系列法令和标准。在党和国家的关怀下，从事排水工程的技术队伍日益壮大，许多高等和中等职业学校设置了给排水科学与工程专业或环境工程专业。全国很多城市和工业部门也都设置了给水排水设计和科研机构、环境保护机构、环境监测机构以及有关的各种学会等。为了加强领导，设置了全国人大环境与资源保护委员会和国家环境保护部等组织机构。所有这些，为排水事业的发展创造了极为有利的条件。

新中国成立以来，我国排水工程事业虽然有了相当的发展，在环境保护和污水治理方面也取得了一定的经验，但仍满足不了社会主义建设事业的需要，与工业发达国家相比，差距很大。2012年，我国的城市污水和工业废水部分未经有效处理直接排入水域，造成我国31.1%的河段受到污染，90%以上的城市水域严重污染。据统计，对全国1200多条河流的监测表明，约有70%的河流受到不同程度的污染，其中淮河流域、辽河流域、海河流域尤为严重。我国的湖泊污染也相当严重，太湖、巢湖、滇池尤为突出。我国主要城市约有57.3%以地下水为水源，全国约有1/3人口饮用地下水，但由于城市地下水受到不同程度污染，水质不断恶化。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。许多地区和城市严重缺水。水环境质量的不断恶化，必将导致水资源的进一步减少和水资源供需矛盾的加剧。我国正处于全面发展时期，城市化和工业化进程的加速将伴随需水量和污染物排放量的迅速增长，水危机不仅会长期存在，而且有迅速加剧的危险，可能制约城市和经济的发展。因此，当前排水工作者的任务是艰巨的，应加紧做好各方面工作。

(1) 应积极开展现有城市污水处理厂“提级达标”的研究

20世纪90年代及21世纪初，我国修建的大批城市污水处理厂都只是能满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918—2002中的一级B标准的要求，由于我国目前水体污染较严重，不少水体都要求污水处理厂处理后达到一级A标准。仔细分析A、B两个标准的差别，可以看出，“提级达标”的难度主要在于如何保证总氮和总磷的达标。应该说，使总磷达标难度还不是太大，因为活性污泥法处理城市污水如果运行良好，可以使总磷达到1.0mg/L左右，如果在二沉池出水中投加少量去磷絮凝剂，使磷从1.0mg/L再降至0.5mg/L应该不难做到；但总氮要达到15mg/L难度比较大，因为脱氮时，碳氮比宜在4以上（低于4也可以脱氮，但反硝化速率极慢），即COD宜在60mg/L以上，但此时水中COD不仅只有50mg/L，而且均为生物难降解的COD，为了脱氮需要，国外普遍采用向水中投加甲醇以增加碳源的做法，不仅增加了污水处理的药剂费用，也增加了出水中COD的含量。因此，现有城市污水处理厂在不增加外投碳源条件下，采用何种工艺使总氮达标，是一个摆在排水工作者面前很值得研究的现实问题。

(2) 应重视和加强城市污水处理厂污泥处理与处置的研究

人们对事物的认识总是有个过程的，为了保护水环境，人们首先想到的是修建排水管网和建设污水处理厂，至于污水处理厂生产的二次污染物污泥，设计上往往是“经脱水后外运或送垃圾卫生填埋场填埋”。实践证明，由于活性污泥脱水后仍然有80%左右的含水

率，常造成垃圾填埋场运行上的困难，有些垃圾填埋场甚至拒收污水处理厂的脱水污泥。因此我国规定，进垃圾填埋场的污泥含水率应在 60% 以下，污泥质量应在垃圾质量的 8% 以下。目前，国内每处理 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 城市污水产生约 $5 \sim 8 \text{ m}^3$ （以含水量 80% 计）的污泥，大量的这种污泥如不加以妥善处置，将成为严重的“二次污染源”。因此，高效、经济的污水处理厂污泥处理和处置技术将是未来值得研究的重大课题。

(3) 应重视和加快小城镇排水系统的建设

随着国家新农村建设和城乡一体化措施的实施，我国小城镇的建设发展速度很快，全国建制镇已由 1954 年的 5400 个发展到 2012 年末的 19881 个，增加了约 4 倍。小城镇人口已占全国城镇人口的 45%，但小城镇的污水处理率到 2013 年仅为 7%，远低于城市的污水处理率。同时，绝大多数小城镇排水管渠不成系统，有的利用街道和小河道排水，既影响环境卫生，又对河流流域形成点源性质的面源污染。因此，可以预计，我国小城镇排水系统将会以超常规的建设速度发展，包括排水管渠系统和城镇污水处理厂，其投资量和工程量将是十分可观的。应该指出，小城镇排水系统的建设不能完全套用大城市现有的排水系统的建设经验，需要尽快探索符合我国国情、高效、节能、省地、技术先进、经济适用的小城镇排水系统建设技术和管理模式。

(4) 应大力开展污水资源化研究

城市污水经妥善处理后可作低质用水，如用作工业冷却水和杂用水（如厕所冲洗、洗车、洒水、消防用水、空调用水等）。城市污水资源化，在解决水污染的同时，也解决某些缺水地区水资源不足的问题，所以，应针对性地对城市污水资源化进行试验研究，并解决在应用中存在的问题，这是开辟二次水源的重要途径。

(5) 应大力加强水质监测新技术、操作管理自动化和水处理设备标准化的研究工作

国外在环境检测中已开始采用中子活化、激光、声雷达等新技术进行自动检测。目前，我国在污水处理水质检测自动化管理 and 水处理设备标准化方面，特别是在某些水处理专用机械、设备、仪器、仪表等方面，还没有标准化和系统化，因此，与国外相比差距尚大，还需要做大量工作。

(6) 应着手进行区域排水系统的研究工作

20 世纪 70 年代以来，某些国家为保护和改善环境，已从局部治理发展为区域治理，从单项治理发展为综合整治，即对区域规划、资源利用、能源改造和有害物质净化处理等多种因素进行综合考虑，以求得整体上的最优整治方案。区域排水系统是对区域河流水质进行综合整治的重要组成部分，它运用系统工程的理论和方法，从整个流域的范围出发，将区域规划、水资源的有效利用和污水治理等诸因素进行综合的系统分析，建立各种模拟试验和数学模型，以寻求水污染控制的设计和管理的最优化方案。我国自 20 世纪 90 年代以来，已着手进行区域供水系统的研究和实践，如江苏的苏州、常州、无锡地区和南京、镇江、扬州地区，已出现了区域供水，大大提高了安全供水的保障程度。但在区域排水系统方面，国内目前尚未见报道，这是未来排水系统建设中应该予以重视的研究和工作任务。

第 1 章 排水系统概论

1.1 概 述

在人类的生活和生产中，使用着大量的水。水在使用过程中受到不同程度的污染，改变了原有的化学成分和物理性质，这些水称做污水或废水。

按照来源的不同，污水可分为生活污水、工业废水和降水 3 类。

1. 生活污水中包括居民日常生活污水、公共建筑的生活污水和企业内的生活污水，通常所说的生活污水是指前两者，后者计算统计在企业产生的废水中。

生活污水含有较多的有机物，如蛋白质、动植物脂肪、碳水化合物、尿素和氨氮等，还含有肥皂和合成洗涤剂等，以及常在粪便中出现的病原微生物，如寄生虫卵和肠系传染病菌等。这类污水需要经过处理后才能排入水体、灌溉农田或再利用。

2. 工业废水 是指在工业生产过程中产生的废水，来自车间或矿场。由于各种工厂的生产类别、工艺过程、使用的原材料以及用水成分的不同，其工业废水的水质变化很大。工业废水也包括企业生产活动中产生的生活污水。

工业废水按照污染程度的不同，可分为：生产废水和生产污水两类。

生产废水是指在使用过程中受到轻度沾污或水温稍有增高的水。如机器冷却水便属于这一类，通常经某些处理后即可在生产中重复使用，或直接排放水体。

生产污水是指在使用过程中受到较严重污染的水。这类水多半具有危害性。例如，有的含大量有机物，有的含氰化物、铬、汞、铅、镉等有害和有毒物质，有的含多氯联苯、合成洗涤剂等合成有机化学物质，有的含放射性物质，有的物理性状十分恶劣，等等。这类污水大都需经适当处理后才能排放，或在生产中使用。废水中的有害或有毒物质往往是宝贵的工业原料，对这种废水应尽量回收利用，为国家创造财富，同时也减轻了污水的污染。

3. 降水 即大气降水，包括液态降水（如雨露）和固态降水（如雪、冰雹、霜等）。前者通常主要是指降雨。降落雨水形成的径流量大，若不及时排泄，则能使居住区、工厂、仓库等遭受淹没，交通受阻，积水为害，尤其山区的山洪水为害更甚。通常暴雨水为害最严重，是排水的主要对象之一。冲洗街道和消防用水等，由于其性质和雨水相似，也并入雨水。

雨水虽然一般比较清洁，不需处理，可直接就近排入水体，但初降雨时所形成的雨水径流会挟带着大气地面和屋面上的各种污染物质，使其受到污染，所以形成初雨径流的雨水，是雨水污染最严重的部分，应予以控制。有的国家对污染严重地区雨水径流的排放作了严格要求，如工业区、高速公路、机场等处的暴雨雨水要经过沉淀、撇油等处理后可以排放。近年来，由于大气污染严重，在某些地区和城市出现酸雨，严重时 pH 达到 3.4，因而初降雨时的雨水是酸性水。虽然雨水的径流量大，处理较困难，但近年来的研究表明，对其进行适当处理后再排放水体是必要的。

城市污水，是指排入城镇污水排水系统的生活污水和工业废水。在合流制排水系统

中,还包括生产废水和截流的雨水。城市污水实际上是一种混合污水,其性质变化很大,随着各种污水的混合比例和工业废水中污染物质的特性不同而异。在某些情况下可能是生活污水占多数,而在另一些情况下又可能是工业废水占多数。这类污水需经过处理后才能排入水体、灌溉农田,或再利用。

污水量是以“L”或“m³”计量的。单位时间(s、h、d)的污水量称污水流量。污水中的污染物质浓度,是指单位体积污水中所含污染物质的数量,通常以“mg/L”或“g/m³”计,用以表示污水的污染程度。生活污水量和用水量相近,而且所含污染物质的数量和成分也比较稳定。工业废水的水量和污染物质浓度差别很大,取决于工业生产性质和工艺过程。

在城市和工业企业中,应当有组织地、及时地排除上述废水和雨水,否则可能污染破坏环境,甚至形成公害,影响生活和生产,以及威胁人民健康。排水的收集、输送、处理和排放等设施以一定方式组合成的总体,称为排水系统。排水系统通常由管道系统(或称排水管网)和污水处理系统(即污水处理厂)组成。管道系统是收集和输送废水的设施,把废水从产生处输送至污水处理厂或出水口,它包括排水设备、检查井、管渠、水泵站等工程设施。污水处理系统是处理和利用废水的设施,它包括城市及工业企业污水处理厂(站)中的各种处理构筑物及除害设施等。

污水的最终处置或者是返回到自然水体、土壤、大气;或者是经过人工处理,使其再生成为一种资源回到生产过程;或者采取隔离措施。其中关于返回到自然界的处理,因自然环境具有容纳污染物质的能力,但具有一定界限,不能超过这种界限,否则就会造成污染。环境的这种容纳界限称环境容量。图 1-1 为污水处理与处置系统的一种模式。若所排出的污水不超过河流的环境容量时,可不经处理直接排放,否则应处理后再排放。处理后的水也可以再生利用。在本系统中污泥处置可采用焚烧法,焚烧需要利用大气的环境容量。

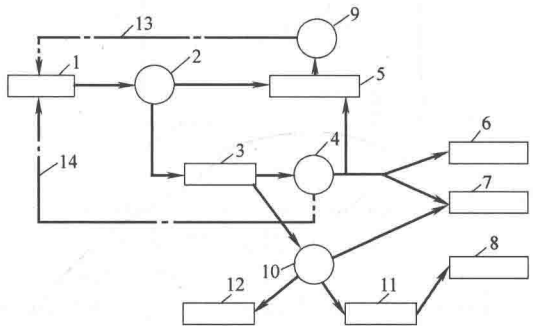


图 1-1 污水处理与处置系统

- 1—污水发生源; 2—污水; 3—污水处理厂; 4—处理水;
5—河流环境容量; 6—海洋环境容量; 7—土壤环境容量;
8—大气环境容量; 9—水资源; 10—污泥; 11—焚烧;
12—隔离(有害物质); 13—用水供应; 14—再利用

根据不同的要求,经处理后的污水,其最后出路有:一是排放水体;二是灌溉农田;三是重复使用。

排放水体是污水的自然归宿。水体对污水有一定的稀释与净化能力,也称污水的稀释处理法,这是最常用的一种处置方式。

灌溉农田是污水利用的一种方式,也是污水处理的一种方法,称为污水的土地处理法。

重复使用是一种合适的污水处置方式。污水的治理由通过处理后达到无害化后排放,发展到处理后重复使用,这是控制水污染、保护水资源的重要手段,也是节约用水的重要途径。城市污水重复使用的方式有:

(1) 自然复用

一条河流往往既可作给水水源,也接纳沿河城市排放的污水。流经河流下游城市的河