

中等专业学校试用教材

排水工程

霍俊山 蔡晓梅 张国梁 编



中国建筑工业出版社

063989

中等专业学校试用教材

排水工程

霍俊山 蔡晓梅 张国梁 编

中国建筑工业出版社

9883331

本书主要包括城市排水管道工程和污水处理工程,并扼要介绍了有关工业废水的处理,内容全面、具体、新颖、准确,收集了近年来国内外在排水专业上的发展及先进技术运用情况,对基本概念阐述比较详细,计算例题较多,实用性强,适合中专使用和自学。

本书可作为中等专业学校给水排水专业教材,各类专业学校培训教材,亦可供工程技术人员参考。

中等专业学校试用教材

排水工程

霍俊山 蔡晓梅 张国梁 编

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 25³/₄ 字数: 625 千字

1989年7月第一版 1989年7月第一次印刷

印数: 1—6,270 册 定价: 4.55元

ISBN7—112—00566—3/G·82

(5716)

前 言

本书为城建类中等专业学校给水排水工程专业《排水工程》教材,亦可供给水排水专业、环境保护专业、城市规划专业等有关专业的工程技术人员及师生参考。

本教材是根据国家建设部审定的中等专业学校《给水排水工程专业教学大纲》的要求编写的,全书主要以城市污水为主干,包括排水管道工程及污水处理工程两个部分。其中对排水管网系统及污水、雨水、合流制管网的规划、设计、养护与管理作了全面、深入地阐述;同时对排水管渠及附属构筑物也作了较详细地介绍。另外,对污水的性质、特征,几种主要污水处理方法的基本原理、设备及处理构筑物的特点、工艺设计与计算方法,也作了比较系统地阐述。其中包括:物理处理法、生物处理法及化学处理法等。

此外,在排水管网的设计、计算部分,还介绍了BASIC语言的雨水、污水排水管网的设计、计算程序。由于目前各中等专业学校的学制不一,电算语言课程的开设情况不同,这部分教学内容,可依据实际情况增减。

全书共分十七章。其中,绪论及第一至第七章,由天津市市政工程学校霍俊山编写;第八至第十五章,由上海城市建设工程学校蔡晓梅编写;第十六章、第十七章,由上海城市建设工程学校张国梁编写。

全书由天津市市政工程学校霍俊山任主编,南京建筑工程学院关塘负责主审。

广州市政建设学校姚家馥,黑龙江城建学校沈雪松,平顶山城建环保学校李云才,武汉城建学校肖汉生,广西建筑工程学校陆际汉,山东城建学校张正磊,北京城建学校翟子琦,天津市市政工程学校朱舜华、陈其四等,参加了本教材的审稿工作,并对本书提出了许多宝贵意见。

对天津市市政工程局、天津市环保局、天津市政勘测设计院、天津市政工程研究所、天津市排水管理处、天津纪庄子污水处理厂、天津市政水泥制管厂、天津市河西房屋修建工程公司、天津市南开区排水管理队等有关单位的多方协助一并表示感谢。

本书的编写,考虑了中专教学的特点,力求做到简明扼要、深入浅出、主次分明、便于自学。

然而,由于水平所限,有不当之处,希望读者予以批评指正。

编 者

一九八八年五月

目 录

绪论	1	四、倒虹管	48
第一章 排水管道工程概述	4	五、出水口	48
第一节 排水系统的作用及污水的分类	4	第三章 排水管网的水力计算	51
一、排水系统的作用	4	第一节 污水在管渠中的流动及水力计算公式的应用	51
二、污水的分类	4	一、污水在排水管渠中的流动	51
第二节 排水系统的体制与选择	6	二、水力学计算公式的应用	51
一、排水系统的体制	6	第二节 排水管网水力计算的一般要求与基本设计数据	53
二、排水体制的选择	8	一、排水管网水力计算的一般要求	53
第三节 排水系统的基本组成	11	二、排水管网水力计算的基本设计数据	54
一、污水排水系统的基本组成	11	第三节 排水管道的埋设与衔接	57
二、雨水排水系统的基本组成	13	一、排水管道的埋设	57
三、合流制排水系统的基本组成	14	二、排水管道的衔接	60
第四节 排水系统的基本布置形式	14	第四节 排水管网的水力计算方法	61
一、正交式布置	15	第四章 污水管网系统的设计	64
二、截流式布置	15	第一节 设计原则与设计资料	64
三、平行式布置	15	一、排水管道工程的一般设计原则	65
四、分区式布置	15	二、排水管道工程的设计资料	65
五、辐射式布置	16	第二节 设计方案的确定	66
六、环绕式布置	16	第三节 设计污水流量的确定	67
第二章 排水管网中的管渠及附属构筑物	18	一、基本概念	67
第一节 排水管渠概述	18	二、设计污水流量的确定	70
一、排水管渠的断面及其选择	18	第四节 污水管网的平面布置	74
二、对排水管渠的要求	19	一、污水管网平面布置的内容与要求	74
第二节 常用的排水管渠	20	二、污水管网的基本布置形式及应考虑的问题	74
一、混凝土管与钢筋混凝土管	20	第五节 污水管网的水力计算	76
二、陶土管	23	一、设计管段及其设计流量的确定	76
三、石棉水泥管	24	二、污水管道水力计算举例	78
四、金属管	24	三、污水管网水力计算一般步骤	81
五、用其他材料制的管材	24	第六节 管网平面图与纵剖面图	83
六、大型管渠	24	第七节 工业企业排水系统的特点	85
第三节 排水管道的接口和基础	25	第五章 雨水管网系统的设计	87
一、排水管道的接口	25	第一节 降雨和降雨量	87
二、排水管道的基礎	26	一、降雨成因简述	87
第四节 排水管网中的构筑物	30	二、降雨量及其影响要素	87
一、检查井	30	三、降雨强度曲线与降雨强度公式	92
二、雨水口	40		
三、连接井、跌水井、水封井和闸门井	45		

第二节 雨水设计流量的确定.....94	四、放射性污染.....157
一、径流系数及其确定.....94	五、病菌、病毒污染.....157
二、雨水管网设计流量公式的分析.....95	第三节 污水的水质污染指标.....158
三、设计降雨强度及其确定.....98	一、测定污水水质指标的目的.....158
四、雨水设计流量的计算方法.....102	二、污水的水质污染指标.....158
五、雨水流量的调节.....104	第四节 水体自净.....162
六、雨水管道的压力排水.....109	一、水体自净原因.....162
第三节 雨水管网的设计与计算.....113	二、水体自净过程.....163
一、雨水管网的设计要求.....113	三、河流中的BOD和DO变化.....165
二、雨水管网的设计与计算.....116	第九章 污水的利用及回用.....168
第四节 电子计算机在排水管道工程设计、 计算中的应用.....124	第一节 城市污水的回收利用.....168
一、排水工程的设计、计算中,应用电子 计算机的必要和可能.....124	一、灌溉.....169
二、排水管网水力计算程序的编制与分析.....125	二、养殖.....169
第五节 排洪沟的设计.....127	三、城市污水的重复使用.....170
一、洪峰流量的推算.....127	第二节 工业废水的回收利用.....170
二、排洪沟的设计.....130	一、生产废水的回收利用.....171
第六章 合流制管网系统的设计.....134	二、生产污水的回收利用.....171
第一节 合流制排水系统的特点.....134	第三节 污水处理的基本方法.....172
一、截流式合流制排水系统.....134	第十章 污水的物理处理法.....174
二、合流制排水系统的应用.....135	第一节 沉淀理论.....174
第二节 合流制管网系统的设计流量.....136	一、概说.....174
一、直泄式合流制管网系统设计流量的 确定.....136	二、对个体自由沉淀规律的分析.....175
二、截流式合流制管网系统设计流量的 确定.....137	三、静止沉淀试验性能曲线.....176
第三节 合流制管网系统的设计、计算特点.....138	四、对沉淀池分离效果的分析.....178
第四节 合流制排水系统的改造.....140	第二节 格栅.....180
第七章 排水管网系统的养护与管理.....144	一、格栅的作用.....180
第一节 概述.....144	二、格栅的构造.....180
第二节 排水管渠的疏通.....144	三、格栅的类型与栅面渣滓清除方法.....180
一、排水管渠的水力疏通.....145	四、格栅的设计计算.....181
二、排水管渠的机械疏通.....148	第三节 沉砂池.....184
第三节 排水管渠的维修.....153	一、沉砂池的作用与分类.....184
第八章 水体污染与水体自净.....154	二、沉砂池的设计.....185
第一节 污水的分类与性质.....154	第四节 沉淀池的构造与工作特征.....189
一、污水的分类.....154	一、平流式沉淀池.....189
二、各种污水的特征.....154	二、竖流式沉淀池.....192
第二节 水的污染.....155	三、辐流式沉淀池.....193
一、悬浮固体污染.....156	第五节 沉淀池的设计.....194
二、有机物污染.....156	一、设计内容及一般规定.....194
三、有毒物质污染.....156	二、设计方法.....195
	三、设计实例.....198
	第六节 斜板沉淀池.....204
	一、斜板(管)沉淀池的理论基础.....204
	二、斜板沉淀池的构造.....205

三、斜板沉淀池的设计.....	207	三、滤池个数和滤床尺寸的确定.....	280
第十一章 污水生物处理法(一)——		四、设计举例.....	282
活性污泥法.....	211	第十三章 污泥处理与综合利用.....	284
第一节 活性污泥法的基本概念.....	211	第一节 污泥的成分与性质.....	284
一、活性污泥法的组成及作用.....	211	一、污泥的成分与分类.....	284
二、活性污泥法及活性污泥的评价.....	212	二、性质及测定指标.....	284
第二节 曝气方法与曝气池的构造.....	214	三、污泥流动的水力特征与管道输送.....	286
一、采用鼓风曝气的曝气池.....	214	第二节 无氧生物处理法的机理.....	287
二、采用机械曝气的曝气池.....	221	一、厌氧分解的两个阶段.....	287
三、机械曝气与鼓风曝气的比较.....	225	二、厌氧消化的影响因素.....	289
第三节 运行方式及工作原理.....	226	第三节 污泥消化池的类型.....	293
一、活性污泥的生长曲线.....	227	一、化粪池.....	293
二、净化过程.....	228	二、双层沉淀池(隐化池).....	294
三、运行方式.....	230	三、污泥消化池.....	295
第四节 活性污泥法的工艺设计.....	235	第四节 污泥消化池的工艺设计.....	296
一、曝气区容积的计算.....	235	一、设计参数.....	297
二、曝气设备的设计.....	241	二、计算公式.....	298
三、污泥回流设备的确定.....	249	三、设计举例.....	299
四、二次沉淀池的设计.....	251	第五节 污泥的脱水干化及综合利用.....	302
五、剩余污泥及处置.....	253	一、污泥浓缩池.....	302
六、设计举例.....	253	二、污泥脱水.....	304
第五节 活性污泥法处理系统的运行管理.....	260	三、有机污泥的干化.....	308
一、活性污泥法系统运转前的准备工作.....	260	四、湿法燃烧法.....	308
二、活性污泥法处理系统运行效果检测.....	263	五、综合利用.....	309
三、活性污泥法中的异常情况.....	263	第六节 污泥消化池的发展.....	310
第十二章 污水的生物处理法(二)——		一、两级消化.....	310
生物膜法.....	266	二、两相法污泥厌氧消化.....	310
第一节 基本概念.....	266	三、厌氧接触消化法.....	310
第二节 生物滤池的构造.....	267	四、污泥的厌氧消化和好氧消化.....	311
一、构造.....	267	第十四章 氧化塘与污水灌溉.....	313
二、分类.....	269	第一节 氧化塘.....	313
第三节 生物滤池的机理.....	275	一、氧化塘的类型与特征.....	313
一、净化过程.....	275	二、氧化塘的设计.....	315
二、生物膜上的生物相.....	276	第二节 污水灌溉——污水的土地处理法.....	316
三、生物滤池的生物相.....	277	一、污水灌溉的意义与类型.....	316
四、负荷率.....	277	二、污水灌溉的净化作用.....	317
五、滤床高度.....	278	三、污水灌溉的水质要求与预处理.....	318
六、生物膜量.....	278	四、污水灌溉应注意的问题.....	319
七、污水的水质与温度.....	278	第十五章 污水处理工艺的新发展.....	320
八、回流.....	279	第一节 活性污泥法的新发展.....	320
第四节 生物过滤法系统的工艺设计.....	279	一、工艺方面的发展.....	320
一、滤池类型的选择.....	279	二、净化功能方面的发展.....	321
二、流程的选择.....	279	第二节 生物膜法的新发展.....	322

一、生物转盘.....	322	第二节 污水处理厂的厂址选择.....	353
二、生物接触氧化法.....	324	第三节 污水处理流程的选择.....	353
第三节 污水的脱氮处理.....	326	第四节 污水处理厂的平面布置.....	355
一、生物脱氮法A/O系统.....	327	一、处理构筑物的布置.....	355
二、氨解吸法除氨态氮.....	329	二、厂内管线的布置.....	355
三、折点加氯法.....	330	三、辅助建筑物的布置.....	355
四、选择性离子交换法.....	331	第五节 污水处理厂的高程布置.....	358
第十六章 工业污水的几种处理方法.....	332	附录一 排水管道与其他管线(构筑物) 的最小净距.....	363
第一节 调节池.....	332	附录二 排水管道水力计算图.....	364
第二节 气浮(浮选).....	333	I 钢筋混凝土圆管(满流 $n = 0.013$) 计算图.....	364
一、气浮的基本概念.....	333	II 钢筋混凝土圆管(非满流 $n = 0.014$) 计算图.....	365
二、气浮方法及系统.....	334	附录三 城市污水排放标准.....	386
第三节 化学沉淀.....	335	附录四 城市污水中抑制生物处理的有害 物质容许浓度.....	387
一、概述.....	335	附录五 没有自动雨量记录地区的暴雨强 度公式参数表.....	388
二、氢氧化物沉淀法.....	336	I 根据湿度饱和差推求的 q_{20} 公式.....	388
三、硫化物沉淀法.....	337	II 根据多年平均最大日降雨量推求 q_{20} 的公式.....	388
四、钡盐法.....	338	附录六 我国部分城市降雨强度公式.....	389
第四节 离子交换.....	339	附录七.....	394
一、离子交换树脂的选择性.....	339	附录七-1 氧气在蒸馏水中的溶解度 (饱和度).....	394
二、污水水质对离子交换树脂交换能力的 影响.....	340	附录七-2 地面水中有害物质的最高容许 浓度.....	394
第五节 膜分离法.....	341	附录七-3 污水中抑制生物处理的有毒物质 的容许浓度.....	395
一、渗析.....	341	附录七-4 空气管计算图.....	396
二、电渗析.....	341	附录七-5 污水排入地面水的卫生规则.....	397
三、反渗透.....	343	附录七-6 各种管内部压力损失的换算系数.....	398
第六节 中和.....	345	附录七-7 我国鼓风机产品规格.....	398
一、概述.....	345	附录七-8 泵型曝气叶轮的技术规格泵型(E) 比例尺寸.....	398
二、废水混合.....	345	附录七-9 平板叶轮计算图.....	399
三、药剂中和法.....	346	附录七-10 农田灌溉用水水质标准.....	400
四、过滤中和法.....	348	附录八 实验.....	401
第七节 氧化还原.....	348		
一、氧化法.....	349		
二、还原法.....	351		
第十七章 污水处理厂的规划与设计.....	352		
第一节 原始资料.....	352		
一、有关明确设计任务和方向资料.....	352		
二、有关一般自然条件的资料.....	352		
三、有关地形资料.....	352		
四、有关编制概算、预算和组织施工方面 的资料.....	352		

绪 论

众所周知，淡水是一种不可取代的、有限的自然资源。人们的日常生活及生产活动都离不开淡水。这些水在使用的过程中，除少数被消耗外，其中的绝大部分，要受到不同程度的污染而变成污水或废水。这些被使用过的、被污染的水，又被不断地排出。

在城镇，从住宅、工厂、机关、学校及各类公共建筑排出的各种各样的污水都应该及时地收集，妥善地排除，并进行适当地处理或利用。对于人口集中的城市，雨水或冰雪融化水也需要及时地排除。否则，上述这些污水或积水将从各方面危及城镇人民的正常生活及生产活动。

随着生产力的发展，在城镇中出现了为工、农业生产服务，为人民生活服务的排水工程。至今，排水工程已经成为现代化城市基本建设及环境保护必不可少的组成部分。将城镇各类污水及雨水，用完备的管道系统及各种设施，进行收集、输送、处理和利用的工程，称为“排水工程”。排水工程的基本任务是：（1）及时地收集、输送、城镇污水和雨水；（2）合理地处理城市污水，并实现对污水的综合利用（包括重复使用）。

我国的历史悠久，是世界最早的文明发源地之一。在历史上，我们的祖先曾对于人类文明和科学技术的发展，有过卓越的贡献。在排水工程方面，我们的前人同样有着辉煌的成就。远在战国战期（公元前475年～公元前221年），燕国卞都（今河北省易县）就有了用陶土管修建的排水管道。到了秦代（公元前221～公元前206）就已经有了较完备的排水系统。现存于西安西北历史博物馆，在秦始皇陵出土的陶窰（一种陶土制五角形排水沟渠），就是很好的例证。此处，在杜牧的阿房宫赋里也写道：“二川溶溶，流入宫墙，”又云：“滑水涨赋，弃脂水也。”也可以从另一个角度说明：当时，秦始皇兴建的阿房宫不仅建筑宏伟，而且，在宫内具备了雨水及污水的排水系统。另外，在其他一些古代的宫殿里，也建有明渠和暗渠相结合的排水系统。例如，北京的故宫及内城，现今还保留着明、清两代所建造的、保存完好的砖砌矩形排水沟渠。此沟渠，均为细泥砖砌，上盖石板，至今，该沟渠仍起到排水作用。天津旧城的官沟街，至今也还保留着明代建造的砖梆石盖的矩形排水沟渠，此沟渠还有部分仍在使用。

据史料记载和考古发掘，早在五千多年前，古印度就有了排水沟渠。在古埃及和古希腊，也发现了两千五百多年前建造的石砌和砖砌的排水沟渠。在古罗马城，公元前六世纪就已经建成了著名的“大沟渠”，该沟渠的一部分至今尚存。

在欧洲，十九世纪中叶，经产业革命后，许多国家的生产力有了飞跃的发展。一些国家开始在人口集中的大城市，建造了现代化的排水系统。如：汉堡、柏林、伦敦、巴黎等城市都先后建成了大规模的排水工程。

在我国，排水工程的发展至今，虽已经有几千年的历史。然而，由于历代封建统治以及国民党的腐败无能，严重地阻碍了我国生产力的发展，致使旧中国的排水事业也十分落后。因此，我国在解放前所遗留下的排水工程，不仅是陈旧落后的，而且也是微不足道的。在解放前的旧中国，仅有几个大城设有近代的排水系统，而这些有限的排水设施，也

多建于“租界地”，为少数人服务。

解放后，随着工业建设和城市建设的发展，城镇的排水事业，也有了突飞猛进的发展。在解放初期，全国各城市除了对年久失修的原有排水设施进行了疏浚、修复外，还对严重危及人民生活环境的“公害”，进行了大规模的重点治理。例如，北京的龙须沟、上海的肇嘉浜、南京的秦淮河、天津的墙子河、赤龙河、金钟河、南开蓄水池等一些著名的“公害”都得到了彻底的治理。与此同时，也促进了各地排水事业的发展。特别是在1958年，天津市的海河、污水改建工程，规模之大、进度之快，都是解放前不可想象的。在海河下游的入海口处，建造了一座总长度为76m的8孔防潮闸，使河水与海水“咸淡分家”；沿海河两岸，修建了大型截流干管（其中最大干管达3m直径的马蹄管）将沿河六百多处雨，污水的出水口、全部截流，使污水调头，再经新建的两大排水干渠，直接注入渤海，完成了“清、浊分流”。这样，使天津也形成了以五座大型排水泵站、两大排水干渠为主体的排水系统。表绪一列出了天津市排水事业的发展概况。从此也可以看到全国排水事业的发展。

解放前后天津市排水事业对比

表 绪-1

排 水 设 施		解 放 前 1860年~1949年	解 放 后 1949年~1985年	备 注
管 道 (km)	雨 水		383.27	解放前，13座泵站总功率仅为906kW；总排水量为12m ³ /s。 解放后，35座泵站总功率为36266kW；总排水量377.5m ³ /s
	污 水		450.40	
	合 流	273	484.02	
	总 计	273	1317.69	
泵 站 (座)	雨 水		42	
	污 水		25	
	合 流	13	28	
	总 计	13	95	

在兴建排水管道工程的同时，全国各地还开展了对污水、污泥的处理和综合利用。我国建有城市污水处理厂的城市，由解放前的两个，发展到十几个，污水处理厂也由大城市，发展到一些中、小城市。在一些工业企业，也修建了独立的污水处理设施。在有条件的地区，还发展了利用城市污水进行农田灌溉的处理工程。在天津用于农业灌溉的污水干渠达120km；沈阳至抚顺也修建了60多公里的污水灌渠。结果表明，有控制地利用城市污水灌溉农田，不仅可以提高农作物的产量，同时也是利用土地处理污水的一个有效途径。

排水工程对于保护自然环境、保护生态平衡以及改善自然条件、消除环境污染都是必不可少的。

对于一个城镇，尤其是现代化的大城市或大型工业企业，没有排水工程，那简直是不可思议的。在一些工业集中、人口集中的大城市，环境保护问题，已经引起了人们的普遍重视。在这些城市，不仅排除的污水量日益增加。而且，其成分也日趋复杂，其中有毒、有害成分在污水中的比例也愈来愈高。如果大量污水，不加治理、不加控制地任意向自然水体、土壤排放。就会导致水体、土壤、以至空气的严重污染，进而会破坏当地的自然生态平衡，酿成严重的“公害”。例如，日本的“水俣病”，就是当地人长期饮用被汞污染的

水,吃了含汞的鱼类而引起的。在西亚,由于有的国家所食用的小麦中含汞,造成了汞中毒,至使几千人得病,数百人死亡。日本的一种骨痛病,也是由于含镉的水被饮用所造成的。这些例证,足以说明当前环境问题的严重性和紧迫性。

还应指出的是:当污染程度已经构成对自然环境的危害,再着手治理时,不仅损失严重,而且治理工作也相当困难。相应要花费巨大的财力、物力和相当的时间。例如,英国的泰晤士河因河水水质被污染1860年开始水中生物绝迹。而后,采取了多种措施予以治理,至1969年才使河水逐渐恢复了生机,重新出现了鱼类。这一过程,先后经历了119年之久。在其他一些经济发达国家,也走过这种弯路。比如日本,在环境保护方面,就有过严重的教训。在1955年~1965年的十年间,由于只追求工业的迅速发展,而忽略了对自然环境的保护。五年后,1960年~1970年,经济方面持续高速发展,然而在环境方面,却酿成了全国性的、轰动全世界的严重的公害。而后,从1970年起,用了5~7年的时间,经过大规模的治理,才使公害问题得到治理和控制,环境状况有了显著改善,使99.95%的水域达到了保护人民健康的水质标准。

建国以来,我国的排水事业有了很大的发展,至1983年底,全国已有252个城市修建了排水设施,城市管网总长度已达到26,448km,全国城市污水排放总量为每日4,474万吨;全国建成城市污水处理厂39座,日总处理能力为134万吨,约占排污总量的2.99%。其中二级处理污水量为每日75万吨,约占总处理量的55.97%;占城市排污总量的1.68%。日处理能力为26万吨的天津市纪庄子污水处理厂,已于1984年4月底建成并投入运行,它是目前国内规模最大、工艺较先进的城市污水处理厂。近年来,随着环境保护工作的加强,国内已建成了一批炼油、化工、印染、焦化、化纤、毛纺、造纸、电镀、肉类加工等工业废水处理厂、站。日处理能力近20万吨的吉林化学工业公司的综合废水处理厂,已于1980年建成并投入使用。在这些污水处理厂、站中,已广泛采用了吸附再生曝气、分段进水曝气、完全混合曝气、生物转盘、塔式生物滤池、活性炭吸附、臭氧氧化、电渗析、超滤、离子交换气浮、电解等较新的污水处理技术。对纯氧曝气、射流曝气、流化床生物处理、深井曝气、悬浮载体、厌氧处理等新工艺,也进行了大量的实验、研究工作。

建国以来,党和政府都非常重视给排水专业的教育、科研、设计与技术情报工作。早在五十年代初,我国就有了自己培养的给排水专业技术人才。到目前为止,全国已有二十二所高等院校设置了给水排水专业;并且有二十余所中等专业学校也设置了给水排水专业。这些大、中专学校,为国家培养了一批又一批的给排水专业的技术人才。目前,全国六个大区,都有了给排水或市政工程专业设计院。从事工业与民用建筑及其他专业的给排水设计的工程技术人员更是遍布于各部门、各地区的设计、施工、管理单位。自1964年开始,我国就采用了自行编制的室内、外给水排水设计规范。从而,使我们的给水排水设计工作,更加适合我国的国情。排水专业的科学研究工作,也在有关的科研所、设计院及高等院校积极开展,并取得了积极成果。

总之,我国的给排水事业已经取得了很大成就。然而,由于我们在经济上尚属于发展中国家,我们的排水事业也处于新的发展之中。目前,还存在不少问题:如水源污染问题普遍存在;城市污水的治理工作任务还很繁重;给排水设备、仪表还比较落后;给排水技术水平和管理水平与发达国家相比,还有一定差距等等。但是,这些问题都属于发展中的问题。我们深信,在全国改革浪潮的推动下,随着现代化建设的发展,我国的排水事业必将得到新的飞跃。

第一章 排水管道工程概述

第一节 排水系统的作用及污水的分类

一、排水系统的作用

简单地说,排水系统的作用,就是收集、输送、处理和利用污水,以改善污水水质,排除城、镇积水,保护自然环境,保障人民健康,促进工、农业生产的发展。

在排水工程中,将雨水、污水收集并及时输送至排放地点,这属于排水管网的任务;将排水网排除的污水,进行妥善处理、合理利用则由污水处理设施来完成。通常,排水系统是由排水网系统和污水处理系统两部分组成。当然,在排水网及污水处理系统中,往往还有许多附属构筑物 and 排水泵站等。

本教材就是讲述排水管网系统及污水处理系统的组成设计、计算和管理等方面的理论及其有关的内容。

二、污水的分类

为了合理、有效地收集、输送、处理及利用污水,我们有必要将各种污水的来源及性质加以分析,区分各种不同类型的污水,以便有针对性的加以研究。

在人类的生活及生产活动中,净水被使用过后,其物理性质和化学性质都要发生变化,其水质受到了不同程度的污染。根据污水的来源和性质,可将其分成生活污水和工业废水两大类。

(一) 生活污水

生活污水,是指人们在日常生活中使用过后而排出的污水。

生活污水一般来源于居住区、机关、学校、商店、医院、公共建筑及工业企业的生活区(包括厕所、浴室、厨房、食堂、盥洗室、洗衣室等)。生活污水的来源很广泛,但就其物理、化学及细菌方面的分析,大致性质相似。总的来说,生活污水从物理角度看,其主要成分99%以上是水,其他成分不足1%。就化学成分而言,生活污水中的杂质和污物,大都属于有机物。如蛋白质、脂肪、碳水化合物、氨、氮及尿素等。此外,生活污水往往还会有大量的细菌和病原体(如肠道传染病菌、寄生虫卵等)。存在于生活污水中的有机物,很容易发生腐化,在有机物的腐化过程中还可产生大量有毒、有害或有臭味的气体,污染周围环境。另外,污水中的细菌和病原体,以污水中的有机物为营养基,迅速、大量的繁殖,可能导致传染病的蔓延、流行,其危害也是甚大。为此,对于生活污水,一般须进行适当的处理后,方可向自然水体排放。

(二) 工业废水

工业废水,是指工业企业在生产过程中,随着生产工艺流程而排放的废水。工业废水的成分复杂,变化剧烈,其性质和排放量主要取决于工业生产的性质、工艺及规模。不同的工业废水,在质和量的方面都有很明显的差异。例如:冶金、建材、发电等工业排放的

工业废水，主要含无机物；而食品、石化、炼油等工业排放的工业废水，主要含大量有机物；焦化、化工、农药等工业排放的工业废水，不仅含大量的有机物，同时还含有大量的无机物。

工业废水，按其污染程度的不同，又可分为：生产污水和生产废水两种。

1. 生产污水

生产污水是指在生产工艺流程中，受到严重污染的一类工业废水。生产污水多具有一定的危害性。有的生产污水含有大量的有机物；有的含有毒、有害物质，如氯化物、铬、汞、铅、镉和酚、苯等；有的含有大量的酸和碱；甚至有的生产污水含有放射性或致癌物质。这类工业污水，需要经过妥善的治理方可排放。

2. 生产废水

生产废水是指在生产过程中，受到轻度污染（或仅是温度升高）的一类废水，例如生产过程中的冷却用水等。生产废水一般只要经过简单的处理后，便可循环使用或排入城市排水管网或自然水体。

对于工业废水之中可提取的有用物质，应尽可能做好回收利用工作，这是综合治理工业废水的一个有效途径。

（三）天然降水

除上述生活污水和工业废水外，排水管网还要收集、输送和排除天然降水。天然降水一般是指雨水及融化的冰、雪水。由于天然降水（主要指雨水）的径流量很大，在城镇或工业企业必须及时将其排除。否则，会积水成害，严重影响城镇居民的正常生活和生产活动。这类自天而降的天然降水就其质而言虽然比较“清洁”，但降落地面后，在沿地形的径流过程中，也要受到地表的污染。尤其是在降雨的初期，雨水径流中，将会受到地面、路面、屋面及径流地区不同程度的污染。当然，这种污染会随着降雨时间的增长而减弱。因此，将天然降水，尤其是降雨初期的雨水，直接向自然水体排泄，也会对身体造成一定的污染。

此外，通常还将冲洗街道、消防用水等成分、性质和雨水相近的污水也视为天然降水。与雨水成分、性质接近的工业废水也可按天然降水对待。

在排水工程中，我们将生活污水与工业废水合称为城市污水。在城市污水中，由于生活污水和工业废水的比例不同，而各种工业废水的成分又很复杂，因此，城市污水的性质也是差异很大且又不稳定的。如果排水管网主要收集来自居民区的生活污水，则城市污水中生活污水的比例要占的大些；反之，排水管网城市污水的主要来源是工业区的工业废水，则城市污水中工业废水所占比例会大些。总之，在城市污水的综合治理过程中，要根据其成分及性质区别对待。一般城市污水须经过适当的处理后，才能排入自然水体、灌溉农田或进行再利用。

对于污水的最终处置，一是返回到自然水体、土壤、大气；二是经过处理，使其再成为一种资源而重复利用；三是采取隔离措施。图1-1为污水处理与处置图式。

其中，关于返回自然界的处理，是不能超过自然界的容纳界限的。这种自然界的容纳界限，称为环境容量。如果排放的污染物质超过了环境容量界限，就会造成对自然环境的污染。

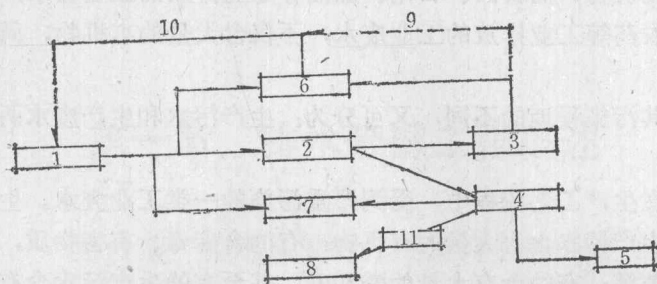


图 1-1 污水的处理与处置

1—污水；2—处理厂；3—处理水；4—污泥；5—隔离(有害物质)；6—水体环境容量；7—土壤环境容量；8—大气环境容量；9—再利用；10—用水供给；11—焚烧

第二节 排水系统的体制与选择

我们已经了解到，生活污水、工业废水和天然降水的来源不同，性质、成分也各不相同，但是，对于上述三种污水都必须及时地收集、输送和排放，这一点是一致的。

一、排水系统的体制

将生活污水、工业废水及天然降水从产生的地点、收集、输送和排除的方式，称为排水系统的体制（简称排水体制）。

排水制式通常可分为：分流制和合流制两种，下面分别介绍。

（一）分流制排水系统

分流制排水系统的排水方式是：将生活污水、工业废水与天然降水分类排除。为此，要建造两个或两个以上的排水管网系统，分别收集、输送和排除生活污水、工业废水与天然降水。

在分流制排水系统中，一般将生活污水与工业废水合并于同一排水管网系统收集、输送和排除；而天然降水则单独由另一排水管网系统收集、输送和排除。我们将收集、输送、排除生活污水与工业废水的排水管网系统，称为污水管网系统；收集、输送、排除天然降水的排水管网系统，称为雨水管网系统。图1-2为分流制排水系统示意图。

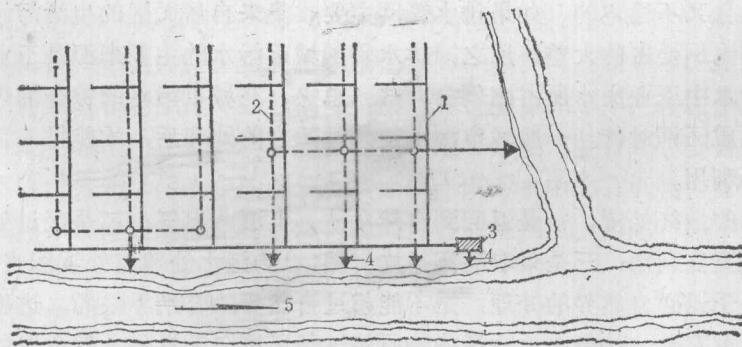


图 1-2 分流制排水系统示意图

1—污水管网系统；2—雨水管网系统；3—污水处理厂；4—出水口；5—自然水体

在分流制排水制式中，由于天然降水的排除方式不同，又有完全分流制、不完全分流制与半分流制之分。

1. 完全分流制排水系统

完全分流制排水系统，是指在一个排水区域内，由两个各自独立的排水管网系统（即污水管网系统和雨水管网系统）分别收集、输送和排除城市污水和天然降水，如图1-3所示。

2. 不完全分流制排水系统

如果在一个排水区域内，只设置污水管网系统，而不设置雨水管网系统。天然降水的收集、输送和排除，则是采用明渠排水或利用自然地形。我们称这种分流制，为不完全分流制。尔后，可根据城镇的发展，按照排水规划，再增建雨水管网系统。

3. 半分流制排水系统

半分流制排水系统与完全分流制排水系统同样都设有污水管网系统和雨水管网系统。所不同的是，半分流制排水系统的雨水管网不是将天然降水直接向自然水体排放，而是通过设在雨水管网与污水管网交汇点的专门的溢流井，将污染较严重的部分初期降雨水截流，并引向污水管网系统。尔后，在污水系统中与城市污水混流，经污水处理厂的处理后，再向自然水体排放。而降雨后期的大量的雨，则通过溢流井直接向自然水体排放。如图1-4所示。

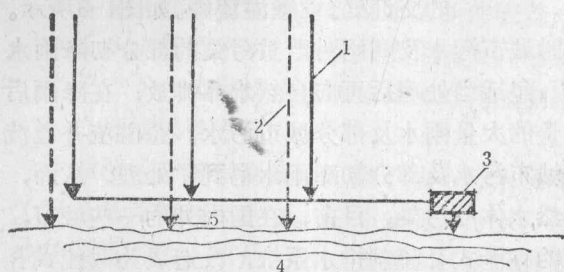


图 1-3 完全分流制排水系统示意图

1—污水管网系统；2—雨水管网系统；3—污水处理厂；4—自然水体；5—出水口

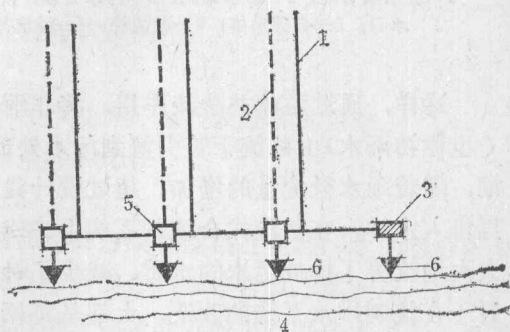


图 1-4 半分流制排水系统示意图

1—污水管网系统；2—雨水管网系统；3—污水处理厂；4—自然水体；5—溢流井；6—出水口

（二）合流制排水系统

将生活污水、工业废水及天然降水采用同一管网系统收集，输送和排放时，我们称这种排水方式为合流制排水系统。

在一些城市，早期修建的合流制排水系统，对于收集、输送的城市污水及天然降水都不经任何处理，直接向自然水体排放，这种形式的合流制排水系统，被称为直泄式合流制排水系统。如图1-5所示。国内外的许多大城市，如我国的天津、上海等地，在早期建成的排水系统，几乎都是采用的直泄式合流制系统。

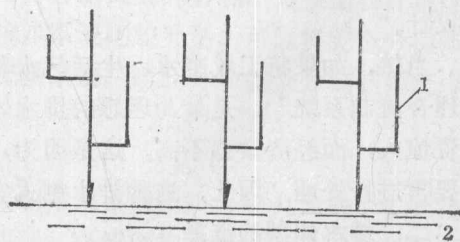


图 1-5 直泄式合流制排水系统示意图

1—合流制排水管网；2—自然水体

这种直泄式合流制排水系统，在污染负荷不大，而没有超过环境（这里主要指自然水体）的自净能力时，在环境卫生标准要求也不大高的过去，还是可以维持的。然而，随着城市经济的发展、工业的发达，人口的集中、大型工业企业及高层建筑的大量兴建，使得城市污水的质和量都发生了巨大的变化，至使自然水体的污染负荷急剧增加。当城市混合污水对自然水体的污染程度达到或超过其本身的自净能力时，便可造成对水体的严重污染。此时，城市混合污水仍不经任何处理，而直接向自然水体排放，是不能允许的。其后果也是非常严重的。

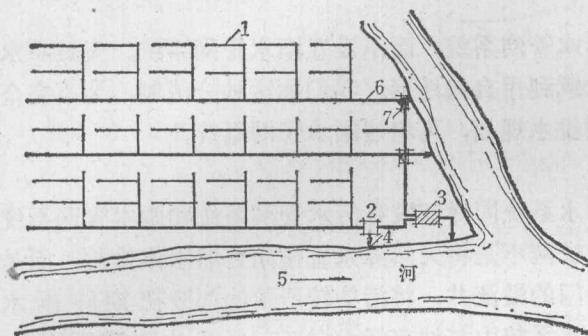


图 1-6 截流式合流制排水系统示意图

1—合流制管网；2—排水泵站；3—污水处理厂；4—出水口；5—自然水体；6—截流管；7—溢流井

为解决直泄式合流制排水系统对自然水体的严重污染，必须将混合污水中的城市污水及部分初降的天然降水进行处理，以改善水体的水质。为此，便出现了一种新的合流体制——截流式合流制排水系统。截流式合流制排水系统，就是在原直泄式合流制系统的基础上，增建一条或多条截流干管，将原有的各个独立的出水口串联起来。另外，在原向水体排放的出水管与沿水体增建的截流干管的交汇处，设置溢流井。如图1-6所示。

这样，通过溢流井分流作用，将非雨天时城市污水及降雨时严重污染的部分初降雨水（也称初雨水）由截流干管引流到污水处理厂，经适当处理后再向自然水体排放；在降雨后期，随着雨水径流量的增加，超过设计截流量的大量雨水及部分城市污水，经溢流井溢流再排入水体。在截流式合流制系统中，使得城市污水及部分初降雨水得到了处理。从而，大大地改善了排放污水的水质，减少了对自然水体的污染。目前，在国内外的一些城市，对于合流制排水系统的改造，大都是将原有的直泄式合流制排水系统，改造成为截流式合流制系统，如前章介绍的天津市大规模的污水改建工程，就是突出的一例。在一些有条件的城镇，可在原有合流制系统的基础上，新增建一个污水排水系统，将原建的合流制排水系统改造成为雨水排水系统。从而，形成一新的分流制排水系统，从而适应城镇的长期发展，进一步减轻对自然水体及自然环境的污染。

以上从发展和改造两方面叙述了截流式合流制排水系统。然而，作为一种排水体制，截流式排水系统不仅只适用于对直泄式合流制系统的改造，同样也适用于新区的排水规划和设计。

当然，如果将工业废水、生活污水和天然降水汇集后，全部经处理厂加以处理的“全处理合流制系统”，是最为理想的排水体制。然而，这种制式的污水处理厂的规模巨大、投资惊人，而经济效益不高。这是因为，降雨后期的大量雨水其污染程度已很轻微，没有必要再进行处理。因此，这种排水制式实际上实用价值不高。

二、排水体制的选择

以上介绍的各种排水制式为我们进行城镇、工业企业排水系统的规划与设计提供了选择的依据，对于排水体制的选择，不仅关系到排水工程的规划、设计、施工和管理，而

且,也要影响到城镇和工业企业的总体规划及其对自然环境保护,同时,对城镇及工业企业的发展也有着深远影响。无论是新排水工程的规划,还是对原有排水系统的改建,排水制式的选择,都是带有根本性的、原则性的重大问题。

为了在排水工程的规划、设计中,正确、合理地选择排水体制,下面将各种排水体制作一初步的分析、比较。

(一) 分流制与合流制

分流制排水系统的优越性可归纳为:

- (1) 清浊分流,有利于工业废水的回收利用及城市污水的处理;
- (2) 管网水力条件较好;
- (3) 可分期建设、分期投资,经济效益较高。

其缺点是:

- (1) 工程总投资一般会高于同等条件的合流制排水系统;
- (2) 要设置两套排水管网系统,使道路地下管线增加,施工条件复杂,管理不便。

合流制排水系统,有下列优点:

- (1) 工程总投资少,占地也少;
- (2) 便于施工、管理。

其不足之处是:

- (1) 雨、污水混流,不利于对污水进行处理与综合利用;
- (2) 非雨时,排水管网水力条件较差;
- (3) 管网水质、水量的变化较大,增加了污水处理厂运行及维护的困难。

(二) 分流制排水系统与截流式合流制排水系统的比较

1. 环境保护方面

截流式合流制系统,汇集了城市污水及降雨初期其污染程度接近生活污水的部分雨水(只是悬浮物较多些)。这部分混合污水,经处理后再向自然水体排放。这一点,对保护水体是有利的。但是,另一方面,在暴雨时通过溢流井也将部分城市污水注入水体,也将对自然水体形成周期性的、一定程度的污染。

分流制系统,将城市污水全部加以处理。从而,避免了生活污水及工业废水对水体污染。但是,初期降雨的径流量也未加处理,直接排入水体,当然也要构成对自然水体的污染。

在一般情况下,就保护环境卫生、防止水体污染方面而言:分流制排水系统,较优于截流式合流制排水系统。在具体选择时,究竟采用哪种制式更为有利,要根据设计地区的实际情况,经分析、比较后再确定。由于分流制排水系统比较灵活,可以将完全分流制系统,改造成为半分流制系统,或者直接采用半分流制系统。以此弥补完全分流制系统中,初期降雨对水体构成的污染。

2. 基建投资方面

合流制排水系统仅需要一套管网系统,与分流制排水系统比较,则大大减少了管线总长度及相应的造价。据有关资料表明,在同等条件下,合流制排水系统的管网总长度要比分流制系统的管网总长度减少30~40%,而分流制雨水管渠的断面尺寸与合流制管渠的断面尺寸基本相同。因此,在同一设计地区,采用截流式合流制排水系统,一般来说工程造