

高等学校推荐教材

排水工程

上册

(第三版)

孙慧修 主编

顾夏声 主审

中国建筑工业出版社

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

目 录

绪论 1

 思考题 6

第一章 排水系统概论 7

 第一节 概述 7

 第二节 排水系统的体制及其选择 9

 第三节 排水系统的主要组成部分 12

 一、城市污水排水系统的主要组成部分 12

 二、工业废水排水系统的主要组成部分 14

 三、雨水排水系统的主要组成部分 14

 第四节 排水系统的布置形式 15

 第五节 工业企业排水系统和城市排水系统的关系 17

 第六节 废水的综合治理和区域排水系统 18

 第七节 排水系统的规划设计原则和任务 20

 思考题 22

第二章 污水管道系统的设计 23

 第一节 设计资料的调查及设计方案的确定 23

 一、设计资料的调查 23

 二、设计方案的确定 24

 第二节 污水设计流量的确定 25

 一、生活污水设计流量 25

 二、工业废水设计流量 27

 三、城市污水设计总流量计算 28

 第三节 污水管道的水力计算 32

 一、污水管道中污水流动的特点 32

 二、水力计算的基本公式 32

 三、污水管道水力计算的设计数据 33

 四、污水管道的埋设深度 35

 五、污水管道水力计算的方法 37

 第四节 污水管道的设计 39

 一、确定排水区界，划分排水流域 39

 二、管道定线和平面布置的组合 40

 三、控制点的确定和泵站设置地点 42

 四、设计管段及设计流量的确定 43

 五、污水管道的衔接 44

 六、污水管道在街道上的位置 45

 第五节 污水管道的设计计算举例 46

 第六节 污水管道平面图和纵剖面图的绘制 52

 第七节 中水系统及其设计特点 53

 一、概述 53

 二、中水的水质和水量 53

 三、中水系统及其组成 54

 第八节 排水工程投资估算 55

一、概述	55
二、排水工程投资估算综合指标	56
三、估算综合指标应用举例	56
思考题	57
习 题	58
第三章 雨水管渠系统的设计	60
第一节 雨量分析与暴雨强度公式	60
一、雨量分析的几个要素	60
二、暴雨强度公式	64
第二节 雨水管渠设计流量的确定	65
一、雨水管渠设计流量计算公式	65
二、径流系数 Ψ 的确定	69
三、设计重现期 P 的确定	70
四、集水时间 t 的确定	72
五、特殊情况雨水设计流量的确定	76
六、雨水径流量的调节(雨水管渠系统上的调节池)	77
七、雨水管渠设计流量计算的其它方法	79
第三节 雨水管渠系统的设计和计算	80
一、雨水管渠系统平面布置的特点	80
二、雨水管渠水力计算的设计数据	82
三、雨水管渠水力计算的方法	83
四、雨水管渠系统的设计步骤和水力计算	85
五、雨水管渠设计计算举例	87
六、立体交叉道路排水	91
第四节 排洪沟的设计与计算	95
一、概述	95
二、设计防洪标准	95
三、设计洪峰流量的计算	96
四、排洪沟的设计要点	97
五、排洪沟的水力计算	100
六、排洪沟的设计计算示例	101
第五节 居住小区排水系统及其设计特点	103
一、概述	103
二、居住小区排水体制及系统	103
三、排水设计流量	104
四、居住小区排水管道的布置及特点	105
五、居住小区排水管道水力计算的特点	106
第六节 计算机在排水管道设计计算中的应用	107
一、污水管道设计程序	107
二、雨水管道设计程序	113
思考题	116
习 题	116
第四章 合流制管渠系统的设计	119
第一节 合流制管渠系统的使用条件和布置特点	119
第二节 合流制排水管渠的设计流量	120
一、第一个溢流井上游管渠的设计流量	120
二、溢流井下游管渠的设计流量	120
第三节 合流制排水管渠的水力计算要点	121
第四节 合流制排水管渠的水力计算示例	124

第五节 城市旧合流制排水管渠系统的改造	126
习 题	129
思考题	129
第五章 排水管渠的材料、接口及基础	130
第一节 排水管渠的断面及材料	130
一、管渠的断面形式	130
二、对管渠材料的要求	131
三、常用排水管渠	131
四、管渠材料的选择	135
第二节 排水管道的接口	136
第三节 排水管道的基础	138
思考题	140
第六章 排水管渠系统上的构筑物	141
第一节 雨水口、连接暗井、溢流井	141
第二节 检查井、跌水井、水封井、换气井	143
一、检查井	143
二、跌水井	145
三、水封井	145
四、换气井	145
第三节 倒虹管	146
第四节 冲洗井、防潮门	148
一、冲洗井	148
二、防潮门	148
第五节 出水口	149
第七章 排水管渠系统的管理和养护	151
第一节 管理和养护的任务	151
第二节 排水管渠的疏通	151
一、水力疏通	151
二、机械疏通	154
第三节 排水管渠的修理	155
附 录	
附录 1-1 中华人民共和国城乡建设环境保护部标准 CJ18—86,《污水排入城市下水道水质标准》	157
附录 1-2 《室外排水设计规范》(GBJ14—87) 规定生物处理构筑物进水中有害物质容许浓度	158
附录 2-1 居住区生活污水排水定额 (平均日)	158
附录 2-2 水力计算图	159
一、钢筋混凝土圆管 (不满流 $n=0.014$)	159
计算图	
二、钢筋混凝土圆管 (满流 $n=0.013$)	171
计算图	
附录 2-3 排水管道与其它管线 (构筑物) 的最小净距	172
附录 2-4 北京市试行中水水质标准	172
附录 2-5 日本不同用途的水质标准	173
附录 2-6 排水工程综合指标	174

附录 2-7 排水工程万元实物指标 177

附录 3-1 暴雨强度公式的编制方法 178

附录 3-2 我国若干城市暴雨强度公式 179

附录 3-3 居住小区用水量定额及小时变化系数 183

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 183

主要参考书目 184

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于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害和有毒的，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了清洁状态，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，现代城市就需要建设一整套的工程设施来收集、输送、处理和利用污水，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，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，随着现代化建设的发展，必将更加突出起来。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形式：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，甚至引起癌症或其它各种“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用。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，在实现四个现代化的过程中，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，一些资本主义国家的城市开始建造现代化排水系统。

我国解放以后，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，解放初期，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。在其它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厂。在一些地区，发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。近年来，又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；对官厅水系、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”期间是我国环境保护事业开创和发展以来的最好时期，经过 5 年的努力，我国的环境保护作为一项基本国策，取得了很大进展。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）。据统计城市污水处理厂建造数量也显著增加，已达到 50 座左右，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厂，以及经过处理后排入郊区灌溉的桂林中南区城市污水厂等均早已投产使用。经过治理的河流、湖泊水质明显好转，有的鱼虾繁衍，有的达到了国家地面水二级或三级标准。“八五”期间，为了解决水资源短缺和防止污染，将污水资源化列入了国家重点科研攻关项目。兴建和完善城市排水工程设施的速度明显加快，北京正在建造日处理规模为 100 万 m^3 的全国最大的现代化城市污水处理厂，且第一期工程 50 万 m^3 / 日已经投产。近年来，我国沿海地区的一些城市，为了充分利用海洋（江、河）大水体的稀释自净能力，将污水适当处理后排海。污水深海排放已逐渐成为世界各国沿海城市污水的主要处置方式之一。上海竹园的合流污水的排海工程，浙江宁波的长跳嘴污水排海工程等便是我国近年来建造的和正在建造的排海工程。

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”；以及 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，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的法令和标准，与排水工程有关的主要有《中华人民共和国环境保护法（试行）》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》；《工业“三废”排放试行标准》GBJ4—73、《工业企业设计卫生标准》TJ36—79、《渔业水质标准》TJ35—79、《农

业灌溉水质标准》GB5084—92、《海水水质标准》GB3097—82、《生活饮用水卫生标准》GB5749—85、《污水排入城市下水道水质标准》CJ18—86、《生活杂用水水质标准》CJ25.1—89、《室外排水设计规范》GBJ14—87、《地面水环境质量标准》GB3838—88、《污水综合排放标准》GB8978—88，等等。同时，在环境管理中关于基建项目明确规定了对新建、改建、扩建工程和采取技术措施增加生产能力的工程项目，实行防治污染设施与主体设施的工程同时设计、同时施工、同时投产（简称“三同时”）的政策。在党和国家的关怀下，从事排水工程的技术队伍日益壮大，许多高等和中等技术学校设置了给水排水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，成立了国家环境保护委员会、国务院直属国家环境保护局等组织机构。所有这些，为排水事业的发展创造了极为有利的条件。

建国以来，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，与世界工业发达国家相比，差距也很大。目前我国工业废水和城市污水绝大部分未经处理直接排入水体，严重污染水质，使我国几大河系及许多大中城市的地下水水源都遭受了不同程度的污染，有的污染还相当严重。据对全国 532 条河流监测结果表明，有 82% 的河流受到不同程度污染，流经全国大中城市的 44 条河流中有 93% 的河流被污染，其中重度污染和中度污染占 79%。我国主要城市中约有 50% 以地下水为水源，全国约有 1/3 人口饮用地下水。据对 44 个城市的地下水调查，有 93% 的城市地下水受到污染。另外，对全国 324 个城市调查，水资源匮乏城市占 60%，贫水危机城市占 12.3%。上述表明，如不注意保护水资源，使水质继续受到污染，则缺水的矛盾将会更加尖锐，必将制约城市和经济的发展，影响四个现代化任务的实现。因此，当前排水工作者的任务是艰巨的，应加紧做好各方面的工作。

1. 应加快城市排水系统的建设。我国大多数城市排水管道不成系统，有的利用街道、河道排水，影响环境卫生。有的排水能力低，致使有的城市雨后长时间积水，对生产、生活影响很大。我国城市下水道普及率比较低，1985 年全国城市下水道普及率平均为 52.8%，特大城市为 60%，与工业发达国家相比差距较大，如伦敦、巴黎、莫斯科等城市下水道普及率为 100%，东京为 97%，所以应加速城市排水管道系统的建设。

我国城市污水处理能力相当低。据 1985 年统计，城市污水总量为 $6351 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，其中生活污水量为 $1650 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，工业废水量为 $4701 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ （占总污水量的 74%）。共建造城市污水处理厂（以下简称污水厂）50 座，日处理能力 155 万 m^3 ；其中一级处理污水厂 28 座，日处理能力 82 万 m^3 ，二级处理污水厂 22 座，日处理能力 73 万 m^3 。所以城市污水处理率仅为 2.43%，约 97% 的城市污水未经处理直接排放江、河、湖、海，造成天然水体污染，这与社会发展极不适应。近几十年来，国外许多发达国家大力发展城市排水设施并建造大量城市污水厂，提高污水处理率，而且许多国家已将一级处理提高到二级处理，并在很多情况下提高到三级处理水平，以解决水体的富营养化问题。据统计，发达国家平均 5000~10000 人就占有一座城市污水厂，美国有 22000 多座城市污水厂，假如我国按现有城市人口每 20 万人建一座污水厂计，则需建造上千座城市污水厂，相应地还要建造大量排水管渠工程，其基建投资和工作量是相当可观的。这也说明与发达国家相比，差距甚大。此外，我国目前城市排水管渠多数为合流制，污水厂约占半数为一处理，为

了保护天然水体，必须有计划地逐步将合流制改造为分流制，将一级处理扩建为二级处理。因此，城市排水系统的新建、现有排水系统的改建和扩建，以及污水厂的建设任务等，都是极其繁重的。

2. 应尽快探索经济、高效、节能、技术先进的符合我国国情的城市污水处理新工艺和新技术。首先应探索效率高、耗电低、用地省和污泥少的生物处理新工艺。利用城市污水灌溉农田进行土地处理，氧化塘、氧化沟等技术在我国已有不少实践经验，应逐步推广应用。同时，应加强污水灌溉对作物生长、地下水污染、土壤污染、环境卫生以及污物在作物中残留等问题研究工作。对处理后城市污水回用作工业用水或杂用水（如厕所冲洗水、洗车水、洒水、消防用水、空调用水等）的问题，应针对性地对城市污水资源化进行试验研究，化害为利，在解决水污染的同时，解决某些缺水地区水资源不足的问题。

对城市污水处理所产生的污泥，应加强综合利用的研究，以解决污泥的最终处置和出路问题。

3. 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。国外在环境监测中已开始采用中子活化、激光、声雷达等新技术进行自动监测。英国威灵汉污水厂的运转采用了计算机程序控制，可在 24h 内随时提供完整的全厂运转记录。目前，我国在污水处理方面基本上还是人工操作，某些水处理专用机械、设备、仪器、仪表等，还没有标准化和系列化，因而与国外相比差距颇大，在这方面还要作大量工作。

4. 无害无废水工艺、闭合循环和综合利用是 60 年代控制工业污染的新技术，应积极开展研究和加以推广。近年来，我国一些工业企业努力改革工艺，采用闭路循环流程，做到少排甚至不排废水，对必须排放的废水开展综合利用等方面已取得了一些成果，既控制了污染又为国家创造了财富。但有的在生产中还处于试用阶段，有待进一步推广。对其它许多工业企业废水的经济有效的综合利用途径，还有待于研究和探索。并应不断地提高和研究水的重复利用率工作。

5. 应着手进行区域排水系统的研究工作。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及电子计算技术，从整个河流的范围出发，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式，以寻求水污染控制的设计和管理的最优化方案，这是当前应予以重视的研究方向。

应当强调指出，在发展经济的时候，必须注意环境保护。否则，酿成公害后再来抓环境保护，不仅人民遭受损失，而且要花费更多的财力、物力，这是一些工业发达国家已经产生过的教训。同时也应看到，只要注意并采取强有力的措施，控制和解决环境污染问题是不难实现的。例如，日本的环境保护走了 15 年的弯路，开始 10 年，即 1955~1965 年只追求工业发展，忽视环境保护；后 5 年，即 1966~1970 年继续高速度发展经济，终于造成了全国性的难以控制的“爆炸性”公害。在群众和社会舆论的压力下，日本政府决心解决环境污染问题，从 1970 年起，用了 5~7 年的时间，使公害问题基本得到治理和控制，

环境状况有了显著改善，99.95%的水域已达到了保护人民健康的水质标准^①。

思 考 题

1. 我国污水治理的方针是什么？
2. 排水工程的任务和作用是什么？
3. 为什么说排水工程是我国现代化建设的重要组成部分？
4. 排水工作者面临的任务是艰巨的，应如何完成这一任务？

^①1979年1月4日《人民日报》

第一章 排水系统概论

第一节 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。污水也包括雨水及冰雪融化水。

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 是指人们日常生活中用过的水，包括从厕所、浴室、盥洗室、厨房、食堂和洗衣房等处排出的水。它来自住宅、公共场所、机关、学校、医院、商店以及工厂中的生活间部分。

生活污水是属于污染的废水，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 是指在工业生产中所排出的废水，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，使工业废水的水质变化很大。

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，或直接排入水体。

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。

工业废水按所含主要污染物的化学性质，可分为下列 3 类：

- (1) 主要含无机物的，包括冶金、建筑材料等工业所排出的废水。
- (2) 主要含有机物的，包括食品工业、炼油和石油化工工业等废水。
- (3) 同时含大量有机物和大量无机物的废水，包括焦化厂、化学工业中的氮肥厂、轻工业中的洗毛厂等废水。

工业废水按所含污染物的主要成分分类，如酸性废水、碱性废水、含氰废水、含铬废水、含镉废水、含汞废水、含酚废水、含醛废水、含油废水、含有机磷废水和放射性废水等。这种分类法，明确地指出了废水中主要污染物的成分。

实际上，一种工业可以排出几种不同性质的废水，而一种废水又会有不同的污染物和不同的污染效应。即便是一套生产装置排出的废水，也可能同时含有几种污染物。在不同

的工业企业，虽然产品、原料和加工过程截然不同，也可能排出性质类似的废水。

3. 降水 是指在地面上流泄的雨水和冰雪融化水。降水常叫雨水。这类水比较清洁，但径流量大，若不及时排泄能使居住区、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。通常，雨水不需处理，可直接就近排入水体。

雨水虽然比较清洁，但初降雨时雨水却挟带着大量地面和屋面上的各种污染物质，使其受到污染。尤其是当雨水流经制革厂、炼油厂以及化工厂等地区后，可能含有这些生产部门的污染物质，污染程度较严重，因此，流经这些地区的雨水应经过处理后，才能排入水体。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。

城市污水，是指排入城镇排水管道的生活污水和工业废水，实际上是一种混合污水。城市污水的性质变化很大，随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 m^3 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/m^3 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，否则可能污染和破坏环境，甚至形成公害，影响生活和生产，以及威胁人民健康。为了系统地排除废水而建设的一整套工程设施称做排水系统。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图式。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利用。在本系统中污泥处置采用焚烧法，焚烧需要利用大气的环境容量。

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水中，总是掺杂有上游城市排入的污水。因而地面水源中的水，在其最后排入海洋之前，实际已被多次重复使用。

(2) 间接复用 将城市污水注入地下补充地下水，作为供水的间接水源，也可防止地下水位下降和地面沉降。我国已有这方面的实际应用，美国加州橙市WF-21污水厂的出水补充地下水等均是间接复用的实例。

(3) 直接复用 可将城市污水直接作为城市饮用水水源、工业用水水源、杂用水水源等重复使用（或称再利用，也称回用）。城市污水经过人工处理后直接作为城市饮用水水源，目前世界上仅南非某城一处，这对严重缺水地区来说，可能是必要的。近年来，我国也提倡采用中水道，而且已有不少工程实例，它是利用处理过的生活污水作冲洗厕所、洗车、园林灌溉、冷却设备补充水等杂用水。利用处理后的城市污水作为工业水源，目前日本应用较多，多半用作设备冷却水。

工业废水的循序使用和循环使用也是直接复用。某工序的废水用于其他工序，某生产过程的废水用于其他生产过程，称做循序使用。某生产工序或过程的废水，经回收处理后仍作原用，称做循环使用。习惯上称循序使用为循序给水，称循环使用为循环给水。我国工业用水重复利用率一般不到40%，远远低于工业发达国家，如日本为70%，前苏联为75%~80%，不断提高水的重复利用是今后发展的必然趋势。

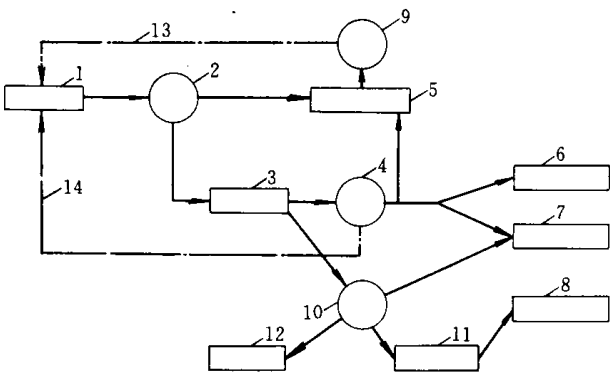


图 1-1 污水处理与处置系统。

1—污水发生源；2—污水；3—污水厂；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

第二节 排水系统的体制及其选择

如前所述，在城市和工业企业中通常有生活污水、工业废水和雨水。这些污水是采用一个管渠系统来排除，或是采用两个或两个以上各自独立的管渠系统来排除，污水的这种不同排除方式所形成的排水系统，称做排水系统的体制（简称排水体制）。排水系统的体制，一般分为合流制和分流制两种类型。

1. 合流制排水系统 是将生活污水、工业废水和雨水混合在同一个管渠内排除的系统。最早出现的合流制排水系统，是将排除的混合污水不经处理直接就近排入水体，国内外很多老城市以往几乎都是采用这种合流制排水系统。但由于污水未经无害化处理就排放，使接纳水体遭受严重污染。现在常采用的是截流式合流制排水系统（图 1-2）。这种系统是在临河岸边建造一条截流干管，同时在截流干管处设置溢流井，并设置污水厂。晴

天和初降雨时所有污水都排送至污水厂，经处理后排入水体，随着降雨量的增加，雨水径流也增加，当混合污水的流量超过截流干管的输水能力后，就有部分混合污水经溢流井溢出直接排入水体。截流式合流制排水系统较前一种方式前进了一大步，但仍有部分混合污水未经处理直接排放，成为水体的污染源而使水体遭受污染，这是它的严重缺点。国内外在改造老城市的合流制排水系统时，通常采用这种方式。

2. 分流制排水系统 是将生活污水、工业废水和雨水分别在两个或两个以上各自独立的管渠内排除的系统（图 1-3）。排除生活污水、城市污水或工业废水的系统称污水排水系统；排除雨水的系统称雨水排水系统。

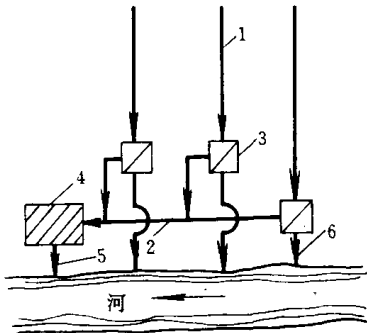


图 1-2 截流式合流制排水系统

1—合流干管；2—截流主干管；3—溢流井；
4—污水厂；5—出水口；6—溢流出水口

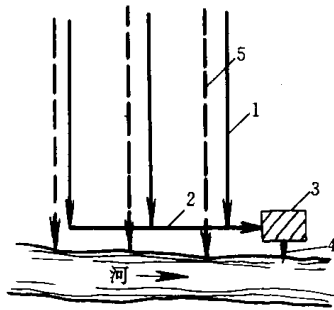


图 1-3 分流制排水系统

1—污水干管；2—污水主干管；3—污
水厂；4—出水口；5—雨水干管

由于排除雨水方式的不同，分流制排水系统又分为完全分流制和不完全分流制两种排水系统（图 1-4）。在城市中，完全分流制排水系统具有污水排水系统和雨水排水系统。而不完全分流制只具有污水排水系统，未建雨水排水系统，雨水沿天然地面、街道边沟、水渠等原有渠道系统排泄，或者为了补充原有渠道系统输水能力的不足而修建部分雨水道，待城市进一步发展再修建雨水排水系统转变成完全分流制排水系统。

在工业企业中，一般采用分流制排水系统。然而，往往由于工业废水的成分和性质很复杂，不但与生活污水不宜混合，而且彼此之间也不宜混合，否则将造成污水和污泥处理复杂化，以及给废水重复利用和回收有用物质造成很大困难。所以，在多数情况下，采用分质分流、清污分流的几种管道系统来分别排除。但如生产污水的成分和性质同生活污水类似时，可将生活污水和生产污水用同一管道系统来排除。生产废水可直接排入雨水道，或循环使用重复利用。图 1-5 为具有循环给水系统和局部处理设施的分流制排水系统。生活污水、生产污水、雨水分别设置独立的管道系统。含有特殊污染物质的有害生产污水，不容许与生活或生产污水直接混合排除，应在车间附近设置局部处理设施。冷却废水经冷却后在生产中循环利用。如条件容许，工业企业的生活污水和生产污水应直接排入城市污水管道，而不作单独处理如图中 12 所示。

近年来，为了解决可用水资源的减少和水质的不断恶化，以及污染物排放标准的提高，提出了污水资源化问题，出现了以城市污水的处理水作为工业用水或杂用水新水源再利用系统（或称城市污水回用系统），不同的再利用途径，其对水质的要求不相同。杂用水的范围很广，包括公共、公用和高层建筑中的厕所冲洗用水、洗车用水、洒水、消防用水、空调用水，以及在工业上用作设备冷却水等。这种系统对解决水源不足、有效利用水