

397
国家科学技术学术著作出版基金资助出版

水质科学与工程理论丛书

排水管网理论与计算

周玉文 赵洪宾 著
龙腾锐 张 杰 主审

本书附盘可从本馆主页 <http://lib.szu.edu.cn/>
上由“馆藏检索”该书详细信息后下载，
也可到视听部复制

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

排水管网理论与计算/周玉文等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2000

(水质科学与工程理论丛书)

ISBN 7-112-04475-8

I. 排... II. 周... III. ①市政工程-排水管道-排水系统-设计②市政工程-排水管道-排水系统-计算
IV. TU992.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 57646 号

本书是城市排水管网理论与设计计算方面的理论专著, 内容包括绪论、排水管渠水力学、污水管网系统设计与计算、降雨和径流、雨水管渠的常规设计方法、排水管渠优化设计、运动波理论与方法、城市雨水径流模拟模型、排水管渠系统风险性分析、旧合流制排水系统改造、屋面与道路排水设计、城市防洪与内河设计计算和城市排水对受纳水体的影响等 13 章。较详尽地阐述了城市排水系统的设计理论和计算方法以及近年来国内外有关的研究成果。

本书可供水工业工程 (给水排水工程)、环境工程、城市规划、道路工程等有关工程技术人员设计和科研的参考用书。也可作为高等院校给水排水工程专业、环境工程专业和有关专业研究生和本科生的教学参考书。

* * *

责任编辑: 何 苗 俞辉群

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

水质科学与工程理论丛书

排水管网理论与计算

周玉文 赵洪宾 著

龙腾锐 张 杰 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 字数: 518 千字

2000 年 12 月第一版 2000 年 12 月第一次印刷

印数: 1—1500 册 定价: 78.00 元 (含光盘)

ISBN 7-112-04475-8

TU·3979 (9945)

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)

前 言

城市排水管网系统是重要的城市基础设施，其任务是收集和输送城市污水和城市降雨、融雪产生的径流，它具有保护环境和城市减灾双重功能。建设完善的城市排水管网并进行科学的管理，是创造现代化城市良好的生存环境，保证其可持续发展的必要条件。

传统的城市排水管网理论与设计计算方法是基于简化的恒定均匀流基础之上，其优点是计算简单，但精度和可靠性较差。近年来，由于城市化进程和计算机技术的发展，城市排水管网理论、设计和计算方法得到了飞速发展，非恒定流理论已逐渐被人们所重视。我们在多年从事城市排水管网教学、科学研究和工程实践的基础上，包括了国家自然科学基金项目的研究成果、博士学位论文和其他多项研究成果，并参考了国内外最新的学术成就，完成了这部有关城市排水管网理论、设计和计算方法的著作，以满足市政工程、水工业工程、环境工程和其他读者在教学、科研、设计和管理方面的需要。

本书是城市排水管网设计与计算方面的理论专著，较详尽地阐述了城市排水系统的设计理论和计算方法。

第1章 全面介绍了城市排水管网系统的作用、分类、平面布置、高程布置、断面形式、常用的管渠材料和常用附属构筑物。使读者建立城市排水管网规划和设计的基本概念。

第2章 根据城市排水管网系统的水流特点和水力学基本理论，建立了城市排水管网水力学理论体系，内容包括管道水力学、明渠水力学、压力流管道水力学、非恒定流水力学和动床（泥砂）水力学。可以使读者更深入地了解城市排水管网的水力学特性、非恒定流水力学的有关知识和城市排水管网水力学与城市排水管网规划和设计计算的基本关系。

第3章 叙述了城市污水管网系统设计与计算的基本理论和基本方法，并简要介绍了国外设计方法。

第4章 从水文循环和雨水管网设计的角度阐述了降雨和径流的关系；详细介绍了城市暴雨强度公式的推求方法和径流损失的估算方法。

第5章 介绍了雨水管渠的常规设计方法，其中包括推理公式法、其他改进的推理公式法和我国现行的设计方法。

第6章 阐述了城市排水管渠优化设计的基本概念和求解方法。

第7章 以圣·维南方程的简化形式运动波方程为出发点，介绍了关于城市排水管网非恒定流计算的运动波理论与方法。从理论上说明了用运动波方程描述城市降雨径流过程和求解方法。

第8章 介绍了城市雨水径流模拟模型的建模方法和国内外较有影响的实用模型。

第9章 根据可靠性理论介绍了进行雨水管渠系统风险性分析的一般方法，可以使设计者更科学地进行雨水管网设计。

第10章 根据城市旧合流制排水系统的特点，介绍了其对环境的影响和旧合流制改

造的途径。

第 11 章 介绍了屋面与道路排水设计方法, 可以使读者更全面了解屋面排水、道路排水和城市排水的关系。

第 12 章 介绍了城市防洪与内河排水设计计算方法, 阐明了城市防洪、城市内河排水与城市排水的关系。

第 13 章 叙述了城市排水对受纳水体的影响; 说明了城市排水量和水质对受纳水体的影响以及加强城市排水系统管理的重要意义。

本书为水质科学与工程领域的理论著作, 可供给水排水工程、环境工程、城市规划、道路工程等有关工程技术人员参考, 亦可作为高等院校市政工程、给水排水工程(水科学与工程)、环境工程等专业以及相关专业的本科生和研究生的教学参考书。

本书先后承张杰院士、严煦世教授和龙腾锐教授审阅, 并提出了许多宝贵的修改意见, 在此表示衷心的感谢。

应主编之约, 何文杰、于振德、贾苇、李玉华参加了本书的部分编写工作。

在本书的编写过程中, 曾得到了李圭白院士、孟昭鲁教授、宋序彤教授级高级工程师以及给排水界同仁的关心和帮助, 并得到了哈尔滨工业大学给排水系统研究室师生们的帮助, 以及我们家人的大力支持, 在此一并表示感谢。

由于时间和水平有限, 书中的差误和不当之处恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 城市排水管网系统	1
1.1.1 城市排水管网系统的作用	1
1.1.2 城市排水管网系统的分类	1
1.1.3 城市排水管网的规划与设计	2
1.2 城市排水管网的平面布置形式	4
1.2.1 影响因素	4
1.2.2 定线原则	5
1.2.3 平面布置形式	6
1.3 排水管网的高程布置	7
1.3.1 控制点及泵站的设置地点	7
1.3.2 最小埋深	7
1.3.3 最大埋深	8
1.3.4 跌水	8
1.4 排水管渠断面形式与常用管渠材料	9
1.4.1 常用管渠的断面形式	9
1.4.2 常用的管渠材料	10
1.5 常用附属构筑物	11
1.5.1 雨水口、连接暗井、溢流井	11
1.5.2 检查井、跌水井、水封井	12
1.5.3 倒虹管	12
1.5.4 中途泵站	12
1.5.5 防潮门、闸门	12
1.5.6 出水口	13
第 2 章 排水管渠水力学	14
2.1 排水管渠水流特点	14
2.1.1 水质特点	14
2.1.2 水流特点	14
2.1.3 重力流	14
2.1.4 压力流	15
2.2 管道水力学	15
2.2.1 圆管的优点	15
2.2.2 满管流水头损失	15
2.2.3 阻力方程	16
2.2.4 非圆形过水断面	19
2.2.5 非满管均匀流	19

2.2.6	管道中的临界水深和水跃	21
2.3	明渠水力学	24
2.3.1	排水渠道	24
2.3.2	水流分类	24
2.3.3	渠道过水断面	27
2.3.4	非规则断面渠道非均匀流计算	29
2.3.5	非恒定流	32
2.3.6	渠道稳定性	32
2.3.7	摩阻损失	33
2.4	压力流管道	34
2.5	非恒定流水力学	35
2.5.1	非恒定流的特性	35
2.5.2	坡面流水力学	35
2.5.3	非恒定流	39
2.6	动床(泥砂)水力学基础	46
2.6.1	概述	46
2.6.2	固体杂质的起动条件	47
2.6.3	挟砂水流及其特性	49
2.6.4	水流的挟砂能力	50
第3章	污水管网系统设计与计算	53
3.1	概述	53
3.1.1	设计内容	53
3.1.2	设计资料	53
3.1.3	设计方案	54
3.2	设计流量	55
3.2.1	生活污水	55
3.2.2	工业废水	57
3.2.3	城市污水设计流量	57
3.3	设计变量	58
3.3.1	设计充满度	58
3.3.2	设计流速	59
3.3.3	最小设计坡度	60
3.3.4	最小管径	61
3.3.5	污水管道的埋设深度	61
3.3.6	污水管渠的衔接	66
3.4	水力计算方法	67
3.4.1	划分设计管段	67
3.4.2	设计管段的设计流量	67
3.4.3	污水管渠的水力计算方法	68
3.5	设计计算实例	75
3.5.1	我国的设计计算方法	75
3.5.2	国外设计方法简介	79
第4章	降雨和径流	88

4.1	基本概念	88
4.1.1	水文循环	88
4.1.2	雨量分析	89
4.1.3	降雨的空间分布与时间分布	90
4.2	设计暴雨	94
4.2.1	暴雨强度公式	94
4.2.2	取样方法	95
4.2.3	频率分析计算	97
4.2.4	公式推求方法	106
4.2.5	芝加哥合成暴雨过程线	115
4.2.6	英国《洪水研究报告》推荐的降雨过程线	116
4.3	径流损失	118
4.3.1	截留和损失	118
4.3.2	估计损失的 SCS 法	119
4.4	径流	122
4.4.1	地表径流	122
4.4.2	管网汇流	124
第 5 章	雨水管渠的常规设计方法	126
5.1	概述	126
5.2	推理公式法	126
5.2.1	推理公式法	126
5.2.2	阶段法	130
5.3	推理公式法的改进	132
5.3.1	时间-面积曲线和等流时线法	132
5.3.2	切线法和改进切线法	133
5.3.3	沃林福特程序	135
5.4	我国的设计方法	140
5.4.1	雨水管渠系统平面布置特点	140
5.4.2	计算设计流量的方法	141
5.4.3	设计计算步骤	144
5.4.4	设计计算实例	145
5.5	径流调节	149
5.5.1	调节水池常用的布置形式	149
5.5.2	调节池容积 V 的计算	149
5.5.3	校核调节池的放空时间	150
第 6 章	排水管渠优化设计	151
6.1	基本概念	151
6.1.1	优化设计及优化设计方法	151
6.1.2	约束条件和可行空间	152
6.1.3	目标函数	152
6.2	水力计算过程的优化设计方法	152
6.2.1	管网系统布置形式的描述	152
6.2.2	费用函数	153

6.2.3	优化设计的基本数学模型	159
6.2.4	求解方法简介	162
6.3	调试法	163
6.3.1	单管段的最优管径	163
6.3.2	多管段的最优管径计算	163
6.3.3	含分枝管段的最优管径计算	165
6.4	动态规划及拟差动态规划法	166
6.4.1	基本概念	166
6.4.2	动态规划方法应用示例	169
6.4.3	拟差动态规划法应用示例	170
6.5	排水管渠系统平面布置优化方法	173
6.5.1	最佳排水分区的确定	173
6.5.2	管网定线的优化	173
第7章	运动波理论与方法	174
7.1	基本概念	174
7.1.1	概述	174
7.1.2	运动方程	174
7.1.3	运动波方程	175
7.2	地表漫流过程解析解法	176
7.2.1	地表漫流方程的解	176
7.2.2	入渗的影响	179
7.2.3	河流-流域模型	180
7.2.4	典型降雨强度-历时关系的解	180
7.2.5	暴雨强度-历时关系和汇水时间的解	181
7.2.6	举例	185
7.3	降雨对地表径流的影响	186
7.3.1	运动波法的特点	186
7.3.2	暴雨分布对径流的影响	186
7.3.3	通用方程组	187
7.3.4	非均匀和非恒定暴雨输入的数值解	188
7.3.5	有关暴雨分布结果汇总	193
7.3.6	二维模型	193
7.4	雨水管道汇流计算	194
7.4.1	非满流管道分析	194
7.4.2	设计应用	195
第8章	城市雨水径流模拟模型	197
8.1	概述	197
8.1.1	经验方法	197
8.1.2	宏观方法	197
8.1.3	微观方法	197
8.1.4	模拟	198
8.2	城市雨水径流模拟模型简介	198
8.2.1	洪峰流量叠加法	198

8.2.2	流量过程线时间滞后相加法	199
8.2.3	芝加哥流量过程线法 (CIIM)	200
8.2.4	公路研究所法 (TRRL)	203
8.2.5	伊利诺城市排水区域模拟模型 (ILLUDAS)	206
8.2.6	雨水管理模型 (SWMM)	207
8.2.7	伊利诺雨水管道系统模拟模型 (ISS)	208
8.2.8	辛辛那提大学城市径流模型 (UCURM)	211
8.2.9	其他模型	212
8.3	我国的城市降雨径流模型	212
8.3.1	城市雨水管道计算模型 (SSCM)	212
8.3.2	城市雨水径流模型 (CSYJM)	216
8.4	城市径流模型比较	219
8.4.1	城市径流模型比较	219
8.4.2	水力学设计模型的选择	220
第9章	排水管渠系统风险性分析	222
9.1	概述	222
9.1.1	确定设计流量中的不确定性	222
9.1.2	设计过程的不确定性	222
9.1.3	使用过程中的不确定性	222
9.1.4	安全系数	222
9.2	可靠性计算基础	223
9.2.1	概率分布	223
9.2.2	样本分析	226
9.2.3	可信区间	227
9.2.4	一次二阶矩法	228
9.3	雨水管网可靠性计算	229
9.3.1	雨水道设计风险-安全系数曲线的使用	229
9.3.2	计算风险度的公式	231
9.3.3	风险-安全系数曲线推求	232
第10章	旧合流制排水系统改造	238
10.1	合流制排水系统	238
10.1.1	概述	238
10.1.2	合流制排水系统的布置特点	238
10.1.3	设计流量	239
10.1.4	水力计算	240
10.1.5	截流式合流制的运行特点	241
10.2	合流制排水系统对环境的影响	241
10.2.1	水质特点	241
10.2.2	对受纳水体的影响	242
10.2.3	对污水处理厂运行管理的影响	242
10.3	旧合流制改造途径	242
10.3.1	改合流制为分流制	242
10.3.2	改合流制为截流式合流制	243

10.3.3	对溢流混合污水进行适当处理	243
10.3.4	修建全部处理的污水处理厂	243
10.3.5	合流制与分流制的衔接	243
10.4	对溢流污水的管理	244
10.4.1	应加强对溢流水量的调查研究	244
10.4.2	加强对溢流水质的管理	245
10.4.3	溢流污水管理新技术简介	245
第 11 章	屋面与道路排水设计	246
11.1	屋面排水	246
11.1.1	概述	246
11.1.2	排水沟容积	247
11.1.3	平屋面	248
11.1.4	落水管	248
11.2	道路排水	249
11.2.1	概述	249
11.2.2	路面	250
11.2.3	边沟水流	251
11.2.4	旁侧入流	252
11.2.5	高速公路泻水槽	252
11.2.6	立交道路排水	253
11.3	雨水口	254
11.3.1	雨水口型式	254
11.3.2	侧流堰	255
11.3.3	边石雨水口	256
11.3.4	边沟雨水口	257
11.3.5	雨水口进水量计算	259
第 12 章	城市防洪与内河设计计算	263
12.1	城市防洪	263
12.1.1	概述	263
12.1.2	设计洪峰流量	263
12.1.3	设计标准	264
12.1.4	规划设计要点	264
12.2	城市内河（桥梁）水力计算	265
12.2.1	概述	265
12.2.2	通过桥墩空隙的水流	266
12.2.3	水面曲线	267
12.2.4	水位跌落	270
12.2.5	最大回水距离	272
12.2.6	复合结构	272
12.2.7	桥墩的阻水作用	272
12.2.8	过水桥面	274
12.2.9	溢流引起的侵蚀	274
12.3	涵洞水力计算方法	274

12.3.1 设计方法	274
12.3.2 水面曲线	276
12.3.3 入口设计	277
12.3.4 出口控制	280
12.3.5 优化设计	281
第 13 章 城市排水对受纳水体的影响	283
13.1 概述	283
13.2 城市排水量对受纳水体的影响	284
13.2.1 城市化对径流量的影响	284
13.2.2 减小下游洪峰流量的措施	284
13.3 城市排水水质对受纳水体的影响	285
13.3.1 城市排水水质	285
13.3.2 城市地区水质模型	291
13.3.3 改善受纳水体水质的途径	298
13.4 城市排水系统管理技术	300
13.4.1 清通与养护管理	300
13.4.2 优化控制调度与指挥决策系统	301
13.4.3 技术档案资料的计算机管理技术	302
13.4.4 城市地区暴雨径流雨水的水质水量管理技术	303
主要参考文献	308
符号	310
缩写词说明	313
主题词索引	314
光盘主要内容	320

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Urban Sewerage System	1
1.2 Alignment Layout of Urban Sewerage System	4
1.3 Elevation layout of Urban Sewerage System	7
1.4 Sections and Materials of Sewer Conduits	9
1.5 Structures of Sewer Conduits	11
Chapter 2 Hydraulics of Sewerages	14
2.1 Flow Characteristics of Sewerages	14
2.2 Hydraulics of Sewer Conduits	15
2.3 hydraulics of Open Channels	24
2.4 Pressurized Sewer Conduits	34
2.5 Unsteady Flow Hydraulics	35
2.6 Basis of Silt Hydraulics	46
Chapter 3 Design and Calculation of Sanitary Sewer Systems	53
3.1 Introduction	53
3.2 Design Flow Rates	55
3.3 Design Variables	58
3.4 Hydraulic Design Methods	67
3.5 Examples	75
Chapter 4 Rainfall and Runoff	88
4.1 Basic Concepts	88
4.2 Design Storms	94
4.3 Abstractions and Losses	118
4.4 Runoff	122
Chapter 5 Standard Methods of Storm sewerage Design	126
5.1 Introductions	126
5.2 Rational Method	126
5.3 Improvement of Rational Method	132
5.4 Design Methods	140
5.5 Detention and Retention Ponds	149
Chapter 6 Optimization Design of Sewerage System	151
6.1 Basic Concepts	151
6.2 Optimization Design of Hydraulic Design	152
6.3 Debugging Methods	163
6.4 Dynamic Programming and Discrete Differential Dynamic Programming	166
6.5 Optimization Design Methods of Sewerage System Layout	173

Chapter 7 Kinematic Flow Theory and Method	174
7.1 Basic Concepts	174
7.2 Overland Flow Simulations	176
7.3 Numerical Solutions of Kinematic Wave Equations	186
7.4 Storm Sewer Flow Calculation	194
Chapter 8 Urban Storm Runoff Simulation Models	197
8.1 Introductions	197
8.2 Urban Storm Runoff Simulation Models	198
8.3 Chinese Urban Storm Runoff Simulation Models	212
8.4 Comparison of Urban Storm Runoff Simulation Models	219
Chapter 9 Analysis of Uncertainties and Risks in Urban Sewerage System	222
9.1 Introductions	222
9.2 Basis of Reliability Calculations	223
9.3 Storm Sewer Reliability Calculations	229
Chapter 10 Remaking of Combined Sewer System	238
10.1 Combined Sewer System	238
10.2 Effects on Combined Sewer System to Environment	241
10.3 Remaking Methods of Combined Sewer System	242
10.4 Management of Combined Sewer Overflow	244
Chapter 11 Roof and Road Drainage System Design	246
11.1 Roof Drainage System	246
11.2 Road Drainage System	249
11.3 Storm Sewer Inlets	254
Chapter 12 Flood Control Works and Inland River Design Calculation in Urban Areas	263
12.1 Flood Control Works in Urban Areas	263
12.2 Design Calculation of Bridge on Urban Inland River	265
12.3 Methods of Culvert Design Calculation	274
Chapter 13 Effects on Urban Drainage to Reception Water	283
13.1 General	283
13.2 Effects on Urban Drainage Quantity to Reception Water	284
13.3 Effects on Urban Drainage Quality to Reception Water	285
13.4 Management Technology of Urban Sewerage System	300
References	308
Symbols	310
Abbreviations	313
Subject Index	314
Subject of CD	320

第1章 绪 论

人类社会在创造文明的同时产生了城市。近年来，由于经济的高速发展，全球加快了城市化的进程。随着城市化进程的发展和大都市的出现，人口密度不断增加，城市开发规划范围不断扩大。由于社会财富不断向城市集中，城市生产力不断增大，人类在世界上创造了一种新的生态系统——人工城市生态系统，从而建立了新的能量流动和物质循环体系。

在城市居民的生活中，每天都产生大量的污物和污水，如果不及时排除就会影响人们的正常生活。在工业、企业生产中，几乎没有一种工业不用水，生产中每时每刻都产生废水，不及时排除就会影响正常生产。城市区域不透水地表比例很大，从而破坏了原有的自然降雨径流过程，使径流量变大，如果不及时排除降雨和融雪产生的径流，不仅会给城市的生产和生活带来不便，而且可能造成洪、涝灾害，引起严重后果。为此，城市必须采用排水管网系统收集、输送生活与生产过程中产生的污水和降雨的径流。城市排水管网系统包括污水管网、雨水管网、合流制管网以及城市内河与排洪设施。

1.1 城市排水管网系统

1.1.1 城市排水管网系统的作用

城市排水管网系统是收集、输送城市产生的生活污水、工业废水和降水的一整套工程设施。它包括地下管道、暗渠与地表的明渠以及城市的内河及防洪设施。

城市排水管网系统的作用就是及时可靠地排除城市区域内产生的生活污水、工业废水和降水，使城市免受污水之害和免受暴雨积水之害，从而给城市创造一个舒适安全的生存和生产环境，使城市生态系统的能量流动和物质循环正常进行，维持生态平衡，保证可持续发展。

1.1.2 城市排水管网系统的分类

(1) 排水系统的体制

城市和工业企业的生活污水、工业废水和降水的收集与排除方式称为排水系统的体制。排水系统的体制包括分流制与合流制。合流制是将生活污水、工业废水与降水混合在同一套管网系统内排除的排水系统；分流制包括污水管网和雨水管网，即将生活污水和工业废水用一套或一套以上的管网系统，而雨水用另一套管网系统排除的排水系统。

合理地选择排水系统的体制是城市和工业企业排水系统规划设计的重要问题。它不仅从根本上影响排水系统的设计、施工与维护管理，而且对城市和工业企业的规划和环境保护有重大影响，同时也影响排水系统的工程总投资及运行与维护管理费用。通常应在满足环境保护要求的基础上，根据当地条件，通过技术经济比较来确定排水系统的体制。

由于城市排水对下游水体造成的污染和破坏与排水体制有关，为了更好地保护环境，一般新建的排水系统均应考虑采用分流制。只有在附近有水量充沛的河流或近海而发展又

受到限制的小城镇地区，或街道较窄、地下设施较多、修建污水和雨水两条管线有困难的地区，以及雨水稀少和雨、污水要求全部处理的地区，才考虑选用合流制排水系统。

在一个城市中，有时是混合排水系统，即既有合流制又有分流制的排水系统。混合排水系统通常是在具有合流制排水系统的城市中，扩建部分采用了分流制而出现的。在大城市中，因各区域的自然条件以及修建条件有很大差别，可以因地制宜地在各区域选用不同的排水体制，但应注意不同排水体制管网之间的连接问题。

(2) 分流制排水系统

分流制排水系统根据排除雨水方式的不同，又分为完全分流制和不完全分流制。完全分流制排水系统具有完整的污水排水系统和雨水排水系统。不完全分流制只有污水排水系统，未建雨水管道系统。雨水沿自然地面、街道边沟、沟渠等原有雨水渠道系统排泄，或者在原有渠道排水能力不足之处修建部分雨水管道，待城市进一步发展或有资金时再修建雨水排水系统，逐步改造成完全分流制排水系统。

1) 城市污水管网

城市污水管网包括收集和输送城市生活污水和工业废水的管道系统。它由室内污水管道系统和设备、室外污水管道系统和附属构筑物、污水提升泵站及压力管道、排入水体的出水口等组成。

2) 工业废水排水系统

工业废水排水系统由车间内部的管道系统和设备、厂区管道系统及附属构筑物、必要的污水处理系统、污水泵站及压力管道或接入城市排水系统的管网组成。工业废水的水质十分复杂，应根据水质、处理和回收利用等条件分质收集、处理和排放，并应注意水质对管材的影响。

3) 雨水排水系统

排除降雨径流和融雪径流的管渠系统称为雨水排水系统。雨水排水系统由房屋的雨水收集和排放系统、道路排水系统、街坊或厂区的雨水收集与管渠系统、街道雨水管渠系统、出水口及排洪沟等组成。

(3) 合流制排水系统

合流制排水管网系统是将生活污水、工业废水和雨水混合在同一个管渠系统内排除的管网系统。它有直接排入水体的旧合流制、截流式合流制和全处理式合流制3种形式。

将城市的混合污水不经任何处理，直接就近排入水体的排水方式称为旧合流制或直排式合流制。国内外老城区的合流制排水系统均属此类。由于污水对环境造成的污染越来越严重，必须对污水进行适当处理才能减轻城市对环境造成的污染和破坏，为此产生了截流式合流制。截流式合流制是在旧合流制基础上，修建沿河截流干管，在城市下游建污水处理厂，并在适当位置上设置溢流井。这种系统可以保证晴天的污水全部进入污水处理厂处理，雨天一部分污水得到处理。在降雨量较小或对水体水质要求较高地区，可以采用全处理式合流制，将生活污水、工业废水和降水全部送到污水处理厂处理后再排放。这种方式对环境水质的影响最小，但对污水处理厂的要求较高，并且投资较大。

1.1.3 城市排水管网的规划与设计

(1) 确定合理的排水系统

文明社会在不断地发展城市系统。城市基础设施的便利、大规模的交通系统和发达的

贸易，在刺激人口的集中，从而导致污染、天然田野和河流的消失等。为此人们必须建立人工城市生态系统，建立新的物质和能量流动体系，以保证其平衡。修建城市排水系统是维持城市的生存和可持续发展以及保护环境的重要工程措施。工程师应根据我国不同地区的实际状况，在花费最少费用的情况下，确定合理的排水系统，解决这类问题。

污水排水系统包括污水管网和污水处理设施。污水管网是收集和输送城市污水的工程设施，污水处理设施是净化城市污水的工程系统。合理地设计这一系统可以保证城市必要的生存环境和可持续发展。

雨水和合流制排水系统设计都与流域特性有关。如：流量过程线、土壤类型和覆盖、气候（降雨和蒸发部分）、可接受的风险和洪水的影响等。径流过程的调节使降雨和径流之间的关系变得十分复杂。城市排水与水利科学家研究的水文系统有很大差别。

污染控制是排水管网的主要任务之一。收集和输送城市污水、收集和输送冲洗街道的污水、拒绝污染物大量排放、控制排水量及对径流雨水进行适当处理都能有效地控制污染。而城市污水必须通过城市污水处理厂处理达标后才能排放则更为重要。

流量控制是排水管网的另一主要任务。减少排水量可以节省排水管网的投资，并可以减轻对受纳水体的污染和流量冲击，而径流量控制则比较难以实现。雨水调节、地下水回灌、提供粗糙地表以便延缓水流速度以及不与不透水地表直接连接等都是常用的调节径流量方法。这些方法在很多国家还没有使用，最近美国和欧洲已经要求使用这些方法，我国正在进行这方面的研究工作。

城市排水科学近年来已得到广泛的关注。有的西方发达国家，已经通过立法要求工程师仔细地考虑排水过程。在美国和世界各地已经建立了一些研究组织，他们研究和开发了一些数学模型，以便模拟城市排水过程。这有利于工程师确定合理的城市排水系统，以便创造保证城市可持续发展的环境。

在进行排水系统设计时，还应考虑以下因素：与邻近区域内的污水与污泥处理和处置协调的问题；与邻近区域及区域内的给水系统、洪水和雨水的排除系统相协调的问题；适当改造原有排水工程设施，充分发挥其工程效能的问题和对接入城市排水管网的工业废水水质的限制。

(2) 选定排水系统的体制

合理地选择排水系统的体制，是排水工程师在规划和设计时要面对的重要问题。它的选择不仅从根本上影响排水系统的设计、施工和维护管理，而且影响排水系统工程的总投资和维护管理费。通常，排水系统体制的选择应满足环境保护的需要，根据当地条件，通过技术经济比较来确定。环境保护和保证城市可持续发展则是选择排水体制时所要考虑的主要问题。

从环境保护方面来看，如果采用全处理式合流制，从控制和防止水体的污染来看效果较好，但这时主干管尺寸很大，污水厂容量也增加很多，建设费用也相应地增高。采用截流式合流制时，雨天有部分混合污水通过溢流井直接排入水体，对环境的影响较大。目前，国际上对这一部分污水的水质、水量控制和处理途径的研究十分活跃。实践证明，采用截流式合流制的城市，随着建设的发展，河流的污染日益严重，甚至达到不能容忍的程度。分流制可以将城市污水全部送至污水厂进行处理，但初降雨水径流未加处理直接排入水体，这是它的缺点。近年来，国内外对雨水径流的水质调查发现，雨水径流特别是初降雨

水径流对水体的污染相当严重。分流制虽然具有这一缺点,但它比较灵活,比较容易适应社会发展的需要,一般又能符合城市卫生的要求,所以是城市排水系统体制发展的方向。

从造价方面来看,合流制排水管道的造价比完全分流制一般要低20%~40%。可是,合流制的污水厂却比分流制的造价要高。从总造价来看完全分流制比合流制高。从初期投资来看,不完全分流制因初期只建污水排水系统,因而可节省初期投资费用。此外,又可缩短施工期,发挥工程效益也快。而合流制和完全分流制的初期投资均比不完全分流制要大。

从维护管理方面来看,晴天时污水在合流制管道中只是部分流,雨天时可达满管流,因而晴天时合流制管内流速较低,易于产生沉淀。晴天和雨天时流入污水厂的水量变化很大,增加了合流制排水系统污水厂运行管理中的复杂性。而分流制系统可以保持管内的流速,不致发生沉淀。同时,流入污水厂的水量 and 水质比合流制变化小得多,污水厂的运行易于控制。

混合排水系统的优缺点介于合流制和分流制排水系统两者之间。

总之,排水系统体制的选择是一项很复杂很重要的工作。应根据城镇及工业企业的规划、环境保护的要求、污水利用情况、原有排水设施、水质、水量、地形、气候和水体等条件,从全局出发,在满足环境保护的前提下,通过技术经济比较,综合考虑确定。由于截流式合流制对水体可能造成污染,危害环境,所以新建的排水系统一般应采用分流制。

(3) 规划与设计排水系统

排水管网是现代化城市和工业企业不可缺少的一项重要设施,是城市和工业企业基本建设的一个重要组成部分,同时也是控制水污染、改善和保护环境的重要工程措施。

排水管网的设计主要面对那些需要新建、改建或扩建排水工程的城市、工业企业和工业区。它的主要任务是规划设计收集和输送雨、污水的一整套工程设施和构筑物。

排水管网的规划与设计是在区域规划以及城市和工业企业的总体规划基础上进行的。因此,排水管网规划与设计的有关基础资料,应以区域规划以及城市和工业企业的规划与设计方案的有关基础资料为依据。排水管网的设计规模、设计期限,应根据区域规划以及城市和工业企业规划方案的设计规模和设计期限而定。排水区界是指排水系统设置的边界,它决定于区域、城市和工业企业规划的建筑界限。

排水管网的设计一般分阶段进行。大型的排水工程,在工程技术上一般比较复杂,可按三阶段设计,即初步设计、技术设计及施工图设计。

对于一般工程项目,可按初步设计(或扩大初步设计)及施工图两个阶段进行。两阶段设计的初步设计或扩大初步设计是三阶段设计的初步设计和技术设计两个内容的综合。有些工程项目在技术上比较简单,可按一阶段设计,即直接编制施工图设计。所以,设计阶段的划分,应按工程性质的不同区别对待。

1.2 城市排水管网的平面布置形式

1.2.1 影响因素

(1) 城市规划

一般城市的规划范围就是排水管网系统的服务范围;规划人口数影响污水管网的设计标准;城市的铺砌程度影响雨水径流量的大小;规划的道路是管网定线的可能路径。所以