

环境科学与工程丛书

# 城市排水 管渠系统

李树平 刘遂庆 编著

CHENGSHI PAISHUI  
GUANQU XITONG

中国建筑工业出版社

环境科学与工程丛书

---

# 城市排水管渠系统

---

李树平 刘遂庆 编著

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

城市排水管渠系统/李树平, 刘遂庆编著. —北京:

中国建筑工业出版社, 2008

(环境科学与工程丛书)

ISBN 978-7-112-10449-9

I. 城… II. ①李…②刘… III. ①市政工程—排水管道②市政工程—排水沟渠 IV. TU992.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 168270 号

环境科学与工程丛书

**城市排水管渠系统**

李树平 刘遂庆 编著

\*

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

北京二二〇七工厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 450 千字

2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 42.00 元

ISBN 978-7-112-10449-9

(17373)

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

城市排水系统目的在于把排水对人类生活环境带来的危害降低到最小,保护环境免受污染,促进工农业生产和保障人民健康和正常生活。因此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系统并进行科学的管理,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。与环境保护的其他领域一样,排水工程方面的建设不仅仅是某位专家的责任,管理决策者、工程技术人员和每位公民也具有一定的责任,这些责任者需在实践中相互合作。

近年来,由于对于排水水质的关注、施工技术的发展、维护管理方面的重视,尤其在可持续排水和雨水管理方面的进展,需要及时总结城市排水管渠系统理论与技术的研究发展和目前工程建设的需求。我们在多年从事城市排水管渠系统教学、科学研究和工程实践的基础上,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渠系统规划、设计、施工、运行和管理方面的理论著作,以满足给水排水工程、环境工程和其他读者在教学、科研和工程实践方面的需要。

第1章 介绍了城市化对排水的影响,城市排水与公共卫生的关系,进而提出了城市排水在社会变化中的目标,并介绍了可持续排水的目标和策略。

第2章 阐述了城市排水系统的体制类型及其选择,并对雨水管理进行了论述。

第3章 介绍了常用排水水质参数的检测要求和检测方式,探讨了城市排水对受纳水体的影响,并总结了目前我国存在的水环境法规与标准情况。

第4章 从水量的构成和变化,以及水质方面介绍了城市污水的特性。

第5章 从水文循环和雨水管渠设计角度,说明了降水资料的收集与整理方法。

第6章 从径流损失、地表漫流计算模型和雨水水质方面探讨了雨水径流特性。

第7章 介绍了建筑内部排水系统和室外排水管道系统的构成,对排水系统的建设程序和规划设计原则进行了论述。

第8章 介绍了城市排水管渠系统水力学理论基础,包括有压管流、非满管道流和明渠流水力学。

第9章 对雨水调蓄池和倒虹管这两种水力设施的设计计算进行了论述。

第10章 叙述了污水管道系统设计与计算的基本理论和基本方法。

第11章 介绍了雨水管渠系统设计与计算的基本理论和方法,并简要介绍了国外设计方法。

第12章 从水泵的水力设计、吸水管路、压水管路、常用排水泵等方面介绍了排水

泵站的设计方法。

第13章 将城市路面排水分为地表漫流、边沟流、雨水口截流三部分进行设计计算,然后确定雨水口的间距,并介绍了桥面排水、立交道路排水、广场和停车场地面水排除的情况。

第14章 对排水管渠中沉积物的来源、效应、运动及其特征进行了阐述。

第15章 介绍了常规排水管渠系统优化设计的目标函数、约束条件和求解方法,重点介绍了进化算法(包括遗传算法)的应用。

第16章 阐述了排水管渠系统水文水力和水质模拟的物理、化学和微生物反应过程。

第17章 介绍了常见排水管渠施工方法,施工准备和验收程序。

第18章 叙述了排水管渠系统养护和修复技术,包括排水管道的定位和检查、管道清通,以及管道腐蚀机理及其控制方法。

第19章 从排水监测和实施控制方面论述了排水管渠测试和控制技术。

第20章 简要介绍了基础设施不完善地区的排水方式。

本书为水质科学与工程领域的理论著作,各章内容在总体上互相联系,构成了较为完整的城市排水管渠系统理论体系。可作为给水排水工程(水质科学与工程)、环境工程、城市规划、道路工程等有关工程技术人员设计、施工和管理的参考用书,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。

在本书编写过程中,得到了李风亭教授、高乃云教授的热情关心和大力支持,并得到了同济大学市政工程系师生们的帮助,以及我们家人的支持,在此一并表示感谢。

由于内容涉及面广、时间仓促,加之我们水平有限,本书一定存在很多不足之处,热忱欢迎读者批评指正。

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 .....             | 1  |
| 1.1 什么是城市排水 .....          | 1  |
| 1.2 城市化对排水的影响 .....        | 2  |
| 1.2.1 城市气候对降水的影响 .....     | 2  |
| 1.2.2 城市建设对降雨径流的影响 .....   | 3  |
| 1.2.3 城市污染对降雨径流水质的影响 ..... | 3  |
| 1.2.4 城市化对污废水的影响 .....     | 4  |
| 1.3 城市排水和公共卫生 .....        | 4  |
| 1.4 变化中的目标 .....           | 5  |
| 1.5 可持续城市排水 .....          | 6  |
| 1.5.1 可持续发展 .....          | 6  |
| 1.5.2 可持续城市排水的目标 .....     | 6  |
| 1.5.3 可持续城市排水的策略 .....     | 6  |
| 第 2 章 城市排水系统的体制 .....      | 8  |
| 2.1 排水系统体制的类型 .....        | 8  |
| 2.2 合流制排水系统 .....          | 9  |
| 2.3 分流制排水系统 .....          | 11 |
| 2.4 城市排水体制的选择 .....        | 12 |
| 2.5 雨水管理 .....             | 14 |
| 第 3 章 水质 .....             | 17 |
| 3.1 浓度基本知识 .....           | 17 |
| 3.1.1 浓度 .....             | 17 |
| 3.1.2 当量浓度 .....           | 18 |
| 3.2 水质参数 .....             | 18 |
| 3.2.1 选样和分析 .....          | 18 |
| 3.2.2 固体 .....             | 19 |
| 3.2.3 氧 .....              | 20 |
| 3.2.4 有机物 .....            | 21 |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 3.2.5 氮及其化合物 .....                  | 23        |
| 3.2.6 磷及其化合物 .....                  | 24        |
| 3.2.7 硫及其化合物 .....                  | 24        |
| 3.2.8 碳氢化合物和油脂 .....                | 24        |
| 3.2.9 重金属和合成化合物 .....               | 25        |
| 3.2.10 微生物 .....                    | 25        |
| 3.3 城市排水对受纳水体的影响 .....              | 25        |
| 3.3.1 城市排水的排放方式 .....               | 26        |
| 3.3.2 排水与受纳水体相互作用的过程 .....          | 26        |
| 3.3.3 排水对受纳水体的影响 .....              | 26        |
| 3.4 我国水环境法规与标准 .....                | 28        |
| 3.4.1 水环境法律法规与规章 .....              | 28        |
| 3.4.2 水环境标准体系 .....                 | 28        |
| <b>第4章 城市污水</b> .....               | <b>30</b> |
| 4.1 生活水量 .....                      | 30        |
| 4.1.1 用水 .....                      | 30        |
| 4.1.2 用水与污水的关系 .....                | 31        |
| 4.1.3 水量变化情况 .....                  | 31        |
| 4.1.4 用水设施 .....                    | 32        |
| 4.2 工业用水 .....                      | 32        |
| 4.3 渗入和进流 .....                     | 32        |
| 4.3.1 额外渗入问题 .....                  | 33        |
| 4.3.2 定性分析 .....                    | 33        |
| 4.3.3 渗出 .....                      | 34        |
| 4.4 污水水质 .....                      | 34        |
| <b>第5章 降水资料的收集与整理</b> .....         | <b>36</b> |
| 5.1 降水的观测方式 .....                   | 36        |
| 5.1.1 雨量计 .....                     | 36        |
| 5.1.2 降水量遥测 .....                   | 38        |
| 5.1.3 数据需求情况 .....                  | 39        |
| 5.2 雨量分析 .....                      | 40        |
| 5.2.1 雨量分析中的几个要素 .....              | 40        |
| 5.2.2 取样方法 .....                    | 42        |
| 5.2.3 暴雨强度、降雨历时和重现期之间的关系表和关系图 ..... | 44        |
| 5.3 暴雨强度公式 .....                    | 45        |
| 5.3.1 暴雨强度公式的形式 .....               | 45        |
| 5.3.2 应用非线性最小二乘法推求暴雨强度公式参数 .....    | 46        |
| 5.3.3 应用遗传算法推求暴雨强度公式参数 .....        | 49        |
| 5.3.4 暴雨公式的其他形式 .....               | 52        |
| 5.3.5 面降雨强度的修正 .....                | 52        |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 5.4 单个事件 .....                | 53 |
| 5.4.1 合成设计暴雨 .....            | 54 |
| 5.4.2 历史单个事件 .....            | 54 |
| 5.5 多个事件 .....                | 55 |
| 5.5.1 历史时间序列 .....            | 55 |
| 5.5.2 合成时间序列 .....            | 55 |
| <b>第6章 雨水径流</b> .....         | 56 |
| 6.1 径流损失 .....                | 56 |
| 6.1.1 初始损失 .....              | 56 |
| 6.1.2 持续损失 .....              | 57 |
| 6.2 设计净雨量的推求 .....            | 58 |
| 6.2.1 比例损失模型 .....            | 58 |
| 6.2.2 径流百分数公式 .....           | 59 |
| 6.2.3 SCS 模型 .....            | 59 |
| 6.3 地表漫流计算模型 .....            | 62 |
| 6.3.1 单位过程线 .....             | 63 |
| 6.3.2 圣维南方程组 .....            | 67 |
| 6.3.3 运动波方程 .....             | 67 |
| 6.4 雨水水质 .....                | 68 |
| 6.4.1 污染源 .....               | 68 |
| 6.4.2 表达方式 .....              | 69 |
| <b>第7章 城市排水系统的组成和布置</b> ..... | 72 |
| 7.1 建筑内部排水系统 .....            | 72 |
| 7.1.1 污废水排水系统的组成 .....        | 72 |
| 7.1.2 建筑雨水排水系统 .....          | 73 |
| 7.2 室外排水管道系统的构成 .....         | 74 |
| 7.2.1 排水管渠 .....              | 75 |
| 7.2.2 检查井 .....               | 79 |
| 7.2.3 换气井 .....               | 81 |
| 7.2.4 防潮门和鸭嘴阀 .....           | 81 |
| 7.3 排水系统的建设程序和规划设计 .....      | 82 |
| 7.3.1 基本建设程序 .....            | 82 |
| 7.3.2 设计内容 .....              | 83 |
| 7.3.3 排水工程规划与设计的原则 .....      | 84 |
| <b>第8章 排水管渠水力学</b> .....      | 85 |
| 8.1 基本原理 .....                | 85 |
| 8.1.1 压强的计量和表示 .....          | 85 |
| 8.1.2 流量的连续性 .....            | 86 |
| 8.1.3 流体运动的分类 .....           | 87 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 8.1.4 层流和紊流 .....                  | 88         |
| 8.1.5 能量和水头 .....                  | 88         |
| 8.2 有压管流 .....                     | 89         |
| 8.2.1 水头(能量)损失 .....               | 89         |
| 8.2.2 沿程损失 .....                   | 90         |
| 8.2.3 沿程阻力系数 .....                 | 90         |
| 8.2.4 粗糙度 .....                    | 92         |
| 8.2.5 局部损失 .....                   | 92         |
| 8.3 非满管道流 .....                    | 94         |
| 8.3.1 一些几何和水力要素 .....              | 94         |
| 8.3.2 非圆型断面 .....                  | 96         |
| 8.3.3 超载 .....                     | 96         |
| 8.3.4 流速剖面图 .....                  | 97         |
| 8.3.5 最小设计流速 .....                 | 97         |
| 8.3.6 切应力 .....                    | 97         |
| 8.3.7 最大设计流速 .....                 | 98         |
| 8.4 明渠流 .....                      | 98         |
| 8.4.1 明渠均匀流 .....                  | 98         |
| 8.4.2 明渠非均匀流 .....                 | 99         |
| 8.4.3 断面单位能量 .....                 | 99         |
| 8.4.4 临界流、缓流和急流 .....              | 99         |
| 8.4.5 渐变流 .....                    | 100        |
| 8.4.6 急变流 .....                    | 101        |
| <b>第9章 雨水调蓄池和倒虹管 .....</b>         | <b>102</b> |
| 9.1 雨水调蓄池的流量演进 .....               | 102        |
| 9.1.1 基本原理及计算步骤 .....              | 102        |
| 9.1.2 计算示例 .....                   | 104        |
| 9.2 倒虹管 .....                      | 105        |
| <b>第10章 污水管道系统的设计 .....</b>        | <b>109</b> |
| 10.1 设计资料的调查 .....                 | 110        |
| 10.2 污水设计总流量的确定 .....              | 111        |
| 10.2.1 设计年限的选择 .....               | 111        |
| 10.2.2 生活污水设计流量 .....              | 111        |
| 10.2.3 工业废水设计流量 .....              | 114        |
| 10.2.4 地下水渗入量 .....                | 114        |
| 10.2.5 城市污水设计总流量计算 .....           | 114        |
| 10.2.6 英国旱流流量(DWF)和高峰流量的计算方法 ..... | 115        |
| 10.3 污水管道的设计计算 .....               | 116        |
| 10.3.1 水力计算的基本公式 .....             | 116        |
| 10.3.2 污水管道水力计算的设计数据 .....         | 117        |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 10.3.3 最小管径和最小设计坡度 .....      | 118 |
| <b>第 11 章 雨水管渠系统的设计</b> ..... | 121 |
| 11.1 雨水管渠设计重现期 .....          | 121 |
| 11.2 雨水汇流的几个要素 .....          | 123 |
| 11.2.1 汇水面积的计算 .....          | 123 |
| 11.2.2 土地利用中的不透透面积和径流系数 ..... | 123 |
| 11.2.3 集水时间 .....             | 124 |
| 11.3 推理公式法 .....              | 125 |
| 11.3.1 推理公式 .....             | 125 |
| 11.3.2 极限强度理论 .....           | 125 |
| 11.3.3 改进推理公式法 .....          | 126 |
| 11.3.4 雨水管渠水力计算的设计数据 .....    | 127 |
| 11.3.5 设计计算步骤 .....           | 128 |
| 11.3.6 推理公式法的局限性 .....        | 129 |
| 11.4 水文过程线方法 .....            | 130 |
| 11.4.1 时间—面积法 .....           | 130 |
| 11.4.2 TRRL 法 .....           | 131 |
| <b>第 12 章 排水泵站</b> .....      | 132 |
| 12.1 排水泵站的通用特性 .....          | 132 |
| 12.1.1 排水泵站的工作特点 .....        | 132 |
| 12.1.2 排水泵站的组成 .....          | 132 |
| 12.1.3 排水泵站的分类 .....          | 132 |
| 12.2 水泵的水力设计 .....            | 133 |
| 12.2.1 水泵特性曲线 .....           | 133 |
| 12.2.2 管道系统特性曲线 .....         | 133 |
| 12.2.3 图解法求水泵的工况点 .....       | 134 |
| 12.2.4 水泵的功率 .....            | 134 |
| 12.2.5 水泵的并联 .....            | 135 |
| 12.2.6 吸水管路 .....             | 137 |
| 12.3 压水管路 .....               | 137 |
| 12.3.1 压水管路与重力流排水管道的区别 .....  | 137 |
| 12.3.2 设计特性 .....             | 138 |
| 12.3.3 水击 .....               | 138 |
| 12.4 常用排水泵 .....              | 138 |
| 12.4.1 离心泵 .....              | 138 |
| 12.4.2 轴流泵和混流泵 .....          | 139 |
| 12.4.3 潜水泵 .....              | 139 |
| 12.4.4 变频调速泵 .....            | 139 |
| 12.4.5 其他污水泵 .....            | 140 |
| 12.5 排水泵站的设计 .....            | 140 |

|               |                         |            |
|---------------|-------------------------|------------|
| 12.5.1        | 水泵的数量 .....             | 140        |
| 12.5.2        | 水位控制器 .....             | 140        |
| 12.5.3        | 集水池的设计 .....            | 140        |
| 12.5.4        | 维护 .....                | 142        |
| <b>第 13 章</b> | <b>城市路面排水设计计算 .....</b> | <b>143</b> |
| 13.1          | 地表漫流 .....              | 143        |
| 13.1.1        | 设计径流量 .....             | 143        |
| 13.1.2        | 地表漫流集水时间 .....          | 144        |
| 13.2          | 边沟流 .....               | 145        |
| 13.2.1        | 设计重现期和允许排水宽度 .....      | 145        |
| 13.2.2        | 边沟水力特性 .....            | 146        |
| 13.2.3        | 边沟内的流行时间 .....          | 151        |
| 13.2.4        | 雨水口的集流时间 .....          | 152        |
| 13.3          | 雨水口 .....               | 153        |
| 13.3.1        | 雨水口的类型和构造 .....         | 153        |
| 13.3.2        | 泄水能力和效率 .....           | 155        |
| 13.3.3        | 边沟平算雨水口 .....           | 156        |
| 13.3.4        | 立式雨水口 .....             | 158        |
| 13.3.5        | 联合式雨水口 .....            | 160        |
| 13.3.6        | 槽式雨水口 .....             | 160        |
| 13.3.7        | 低洼位置处的雨水口 .....         | 161        |
| 13.3.8        | 雨水口的堵塞 .....            | 164        |
| 13.4          | 雨水口位置的设计 .....          | 164        |
| 13.4.1        | 雨水口的设置位置 .....          | 165        |
| 13.4.2        | 连续坡面上雨水口的距离 .....       | 165        |
| 13.5          | 桥面排水 .....              | 167        |
| 13.6          | 立交道路排水 .....            | 167        |
| 13.7          | 广场、停车场地面水排除 .....       | 169        |
| <b>第 14 章</b> | <b>沉积物 .....</b>        | <b>170</b> |
| 14.1          | 沉积物的来源 .....            | 171        |
| 14.1.1        | 沉积物的定义 .....            | 171        |
| 14.1.2        | 来源 .....                | 171        |
| 14.2          | 沉积物的效应 .....            | 172        |
| 14.2.1        | 水力效应 .....              | 172        |
| 14.2.2        | 污染效应 .....              | 173        |
| 14.3          | 沉积物的运动 .....            | 173        |
| 14.3.1        | 挟带 .....                | 173        |
| 14.3.2        | 迁移 .....                | 174        |
| 14.3.3        | 沉淀 .....                | 175        |
| 14.4          | 沉积物的特征 .....            | 175        |

|             |                             |            |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 14.4.1      | 淤积的沉积物 .....                | 175        |
| 14.4.2      | 可移动沉积物 .....                | 177        |
| <b>第15章</b> | <b>排水管网系统优化设计 .....</b>     | <b>178</b> |
| 15.1        | 排水管网优化设计数学模型 .....          | 178        |
| 15.1.1      | 目标函数 .....                  | 178        |
| 15.1.2      | 约束条件 .....                  | 179        |
| 15.2        | 排水管网系统优化设计计算方法 .....        | 180        |
| 15.2.1      | 已定管线下优化设计 .....             | 180        |
| 15.2.2      | 管线的平面优化布置 .....             | 180        |
| 15.3        | 遗传算法的应用 .....               | 180        |
| 15.3.1      | 优化设计计算特点 .....              | 180        |
| 15.3.2      | 优化设计计算步骤示例 .....            | 182        |
| 15.3.3      | 可行管径集和编码映射技巧 .....          | 183        |
| 15.4        | 进化算法在排水管网系统平面布置优化中的应用 ..... | 188        |
| 15.4.1      | 进化算法的计算步骤 .....             | 188        |
| 15.4.2      | 使用过程中的处理技巧 .....            | 190        |
| 15.4.3      | 算例分析 .....                  | 192        |
| 15.4.4      | 多出水口排水管网问题 .....            | 197        |
| <b>第16章</b> | <b>排水管网模拟模型 .....</b>       | <b>199</b> |
| 16.1        | 模型和城市排水工程 .....             | 199        |
| 16.2        | 流量模型中的物理过程 .....            | 199        |
| 16.3        | 非恒定流的模拟 .....               | 200        |
| 16.3.1      | 圣一维方程 .....                 | 200        |
| 16.3.2      | 排水管网水力初始条件和边界条件 .....       | 203        |
| 16.3.3      | 求解方程及设计模型 .....             | 205        |
| 16.3.4      | 过载 .....                    | 207        |
| 16.4        | 水质模拟过程 .....                | 207        |
| 16.5        | 污染物迁移的模拟 .....              | 208        |
| 16.5.1      | 移流扩散 .....                  | 208        |
| 16.5.2      | 完全混合池 .....                 | 209        |
| 16.5.3      | 沉积物的迁移 .....                | 209        |
| 16.6        | 污染物转化的模拟 .....              | 210        |
| 16.6.1      | 持恒污染物 .....                 | 210        |
| 16.6.2      | 简单的衰减表达式 .....              | 211        |
| 16.6.3      | 河流模拟方法 .....                | 211        |
| 16.6.4      | WTP 模拟方法 .....              | 212        |
| 16.7        | 模拟的主要方法 .....               | 212        |
| 16.7.1      | 理论模型、经验模型和概念模型 .....        | 212        |
| 16.7.2      | 灰箱模型 .....                  | 213        |
| 16.7.3      | 随机模型 .....                  | 213        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 16.7.4 人工神经网络 .....             | 213        |
| <b>第 17 章 排水管渠施工 .....</b>      | <b>214</b> |
| 17.1 排水管渠 .....                 | 214        |
| 17.1.1 对管渠材料的要求 .....           | 215        |
| 17.1.2 常用排水管渠 .....             | 215        |
| 17.1.3 管道接口 .....               | 218        |
| 17.1.4 排水管道的基础 .....            | 219        |
| 17.2 荷载计算 .....                 | 220        |
| 17.2.1 装配系数 .....               | 221        |
| 17.2.2 管道荷载 .....               | 222        |
| 17.3 开槽施工 .....                 | 225        |
| 17.3.1 沟槽开挖 .....               | 225        |
| 17.3.2 管道铺设 .....               | 227        |
| 17.4 盾构法施工 .....                | 228        |
| 17.4.1 衬砌 .....                 | 229        |
| 17.4.2 地基处理和地下水控制 .....         | 230        |
| 17.4.3 掘进 .....                 | 230        |
| 17.5 不开槽施工 .....                | 230        |
| 17.5.1 掘进顶管 .....               | 231        |
| 17.5.2 微型顶管 .....               | 231        |
| 17.5.3 螺旋钻掘进 .....              | 232        |
| 17.5.4 挤密土层顶管 .....             | 233        |
| 17.6 施工准备和竣工验收 .....            | 233        |
| 17.6.1 施工准备 .....               | 233        |
| 17.6.2 竣工验收 .....               | 234        |
| <b>第 18 章 排水管渠系统养护和修复 .....</b> | <b>236</b> |
| 18.1 排水管渠养护策略 .....             | 236        |
| 18.1.1 综合养护的原因 .....            | 236        |
| 18.1.2 被动性养护 .....              | 236        |
| 18.1.3 主动性养护 .....              | 237        |
| 18.1.4 操作方式 .....               | 237        |
| 18.2 排水管道定位和检查 .....            | 237        |
| 18.2.1 应用目的 .....               | 237        |
| 18.2.2 定位调查 .....               | 237        |
| 18.2.3 闭路监视系统 .....             | 238        |
| 18.2.4 人工检查 .....               | 238        |
| 18.2.5 其他技术 .....               | 239        |
| 18.2.6 数据存储和管理 .....            | 239        |
| 18.3 排水管道疏通技术 .....             | 239        |
| 18.3.1 目标 .....                 | 239        |

|               |                       |            |
|---------------|-----------------------|------------|
| 18.3.2        | 主要问题 .....            | 240        |
| 18.3.3        | 竹片疏通 .....            | 240        |
| 18.3.4        | 摇车疏通 .....            | 240        |
| 18.3.5        | 水力冲洗车 .....           | 241        |
| 18.3.6        | 管道内污水的自冲 .....        | 241        |
| 18.3.7        | 人工清淤 .....            | 242        |
| 18.3.8        | 各种方法的比较 .....         | 242        |
| 18.4          | 健康和安全的 .....          | 242        |
| 18.4.1        | 气体的危害 .....           | 242        |
| 18.4.2        | 人身伤害 .....            | 243        |
| 18.4.3        | 传染病 .....             | 243        |
| 18.4.4        | 安全防护 .....            | 243        |
| 18.5          | 管道腐蚀 .....            | 243        |
| 18.5.1        | 机理 .....              | 244        |
| 18.5.2        | 适宜条件 .....            | 244        |
| 18.5.3        | 硫化物的聚集 .....          | 244        |
| 18.5.4        | 硫化氢的控制 .....          | 245        |
| 18.6          | 排水管渠的修复 .....         | 246        |
| 18.6.1        | 结构修补和改造的方法 .....      | 247        |
| 18.6.2        | 水力修复 .....            | 249        |
| <b>第 19 章</b> | <b>排水管渠测控技术 .....</b> | <b>251</b> |
| 19.1          | 城市排水监测 .....          | 251        |
| 19.2          | 连续在线监测 .....          | 251        |
| 19.3          | 在线监测系统的组成 .....       | 252        |
| 19.3.1        | 现场数据接口设备 .....        | 253        |
| 19.3.2        | 现场数据通信系统 .....        | 253        |
| 19.3.3        | 中央主机 .....            | 255        |
| 19.3.4        | 操作人员工作站通信系统 .....     | 256        |
| 19.3.5        | 软件系统 .....            | 257        |
| 19.4          | 现场数据的处理 .....         | 257        |
| 19.5          | 误差分析 .....            | 258        |
| 19.5.1        | 定义 .....              | 258        |
| 19.5.2        | 测试误差的来源 .....         | 258        |
| 19.5.3        | 不确定性的传递 .....         | 259        |
| 19.5.4        | 取样理论 .....            | 259        |
| 19.6          | 城市排水过程的测试 .....       | 259        |
| 19.6.1        | 点降雨 .....             | 259        |
| 19.6.2        | 大面积降雨 .....           | 260        |
| 19.6.3        | 水位的测试 .....           | 260        |
| 19.6.4        | 流量的测试 .....           | 260        |
| 19.6.5        | 污染物的测试 .....          | 261        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 19.7 其他监测事项 .....                  | 261        |
| 19.8 实时控制 .....                    | 262        |
| 19.8.1 设备 .....                    | 262        |
| 19.8.2 控制 .....                    | 263        |
| 19.8.3 优缺点 .....                   | 264        |
| <b>第 20 章 基础设施不完善地区的排水方式 .....</b> | <b>265</b> |
| 20.1 污水系统 .....                    | 265        |
| 20.1.1 老式马桶 .....                  | 265        |
| 20.1.2 茅房 .....                    | 265        |
| 20.1.3 通风改良坑式厕所 .....              | 265        |
| 20.1.4 化粪池系统 .....                 | 267        |
| 20.1.5 粪便污水预处理站 .....              | 267        |
| 20.2 雨水系统 .....                    | 268        |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>269</b> |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 什么是城市排水

人们在日常生活和生产过程中与自然界水循环的相互作用，产生了给水和排水。其中排水可以分为生活污水、工业废水和降水三种形式。

生活污水是指人们日常生活中使用过并被生活废料污染的水。包括从厕所、厨房、浴室、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。生活污水含有大量腐败性有机物以及各种细菌、病毒等致病性微生物，也含有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。

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。在工业企业中，几乎没有一种工业不使用水。水经生产过程使用后，绝大部分成为废水。工业废水有的被热污染，有的则携带着大量的杂质，如酚、氰、砷、有机农药、各种重金属盐、放射性元素和某些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。这些成分多数既是有害或有毒的，又是有用的，必须妥善处理或者回收利用。

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）。降水一般比较清洁，但其形成的径流量大，若不适当排除，将会积水为害，妨碍交通，危及人们日常的生活和生产。

城市排水系统是重要的城市基础设施，它是由收集、输送和处理以上排水的管道和构筑物构成，并根据人们生活和生产需要有组织建设的。相对而言，在不发达地区通常没有完整的排水系统，废水局部处理或根本不处理；雨水依靠自然流入地下。但是可持续排水的理论和实践认为在可能的条件下，应鼓励使用自然排水形式。

这样城市排水并非简单地把污废水和雨水从一个地方输送到另一个地方，在此过程中将涉及到许多水力学、水文学、化学和微生物学方面的知识。

总之，城市排水系统目的在于把排水对人类生活环境带来的危害降低到最小，保护环境免受污染，促进工农业生产和保障人民健康和正常生活。因此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系统并进行科学的管理，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。与环境保护的其他领域一样，排水工程方面的建设不仅仅是某位专家的责任，管理决策者、工程技术人员和每位公民也具有一定的责任，这些责任者需在实践中相互合作。工程技术人员应该理解大量的标准、规范、规程和法规，而标准、规范、规程和法规制定者也需要相关技术来支撑。

## 1.2 城市化对排水的影响

在水的自然循环中,雨水降落到地面,一部分雨水通过蒸发或通过植物的呼吸作用转移到大气中,另一部分渗透到地下形成地下水,还有一部分形成地表径流。这几部分雨水所占比例依赖于地面的自然状况,而且在暴雨过程中也随时间而变化(当土壤变得饱和时,地表径流便逐渐增加)。地下水和地表水均有可能流到河流中。地下水形成河流的基流,而地表径流造成雨季河流径流量的增加。

城市化改变了自然的地貌情况,使一部分降雨径流被人工系统所取代。造成城市暴雨径流流量和水质方面的变化,同时城市化也增加了生活污水和工业废水的排放量(图 1.1)。

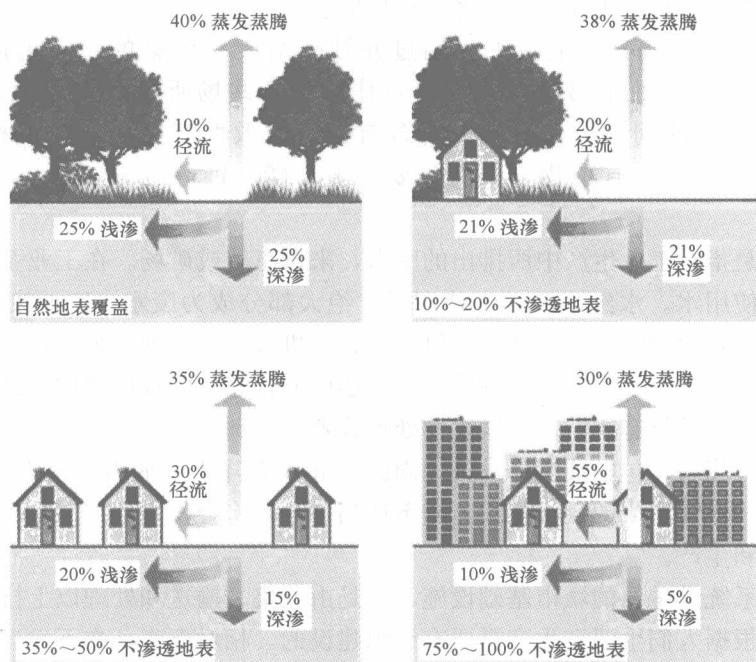


图 1.1 城市化对降雨径流的影响

### 1.2.1 城市气候对降水的影响

城市化对降水的影响主要是由城市气候变化造成。在大城市中,所有的气候要素都有一定程度的改变。城市建设过程中地表的改变,使地表上的辐射平衡发生变化,空气动力糙率的改变影响了空气的运动。工业和民用供热以及机动车量的尾气,增加了大气中的热量,而且燃烧把水汽连同各种各样的化学物质送入大气层中。建筑物能够引起机械湍流,同时城市作为热源可导致热湍流。因此,城市建筑对空气运动能产生相当大的影响。一般来说,强风在市区减弱而微风可得到加强,因而城市与其郊区相比很少有无风的时候。城市上空形成的凝结核、热湍流以及机械湍流可以影响当地的云量和降雨量。美国 Vijay P. Singh 教授对城市化带来的气候变化进行了总结,见表 1.1。