

伊学农 主编

刘 彬 刘建胜 副主编

城市防洪规划 设计与管埋

- 集理论基础和方法、工程设计、施工与管理于一体的综合城市防洪设计与管理的著作
- 注重专业性、实用性、可操作性，涵盖雨洪水形成机理、地面径流和雨洪水调节利用、防洪治理工程设计等理论与技术方法
- 结合作者多年的研究与工程实践，给出了具有参考性的工程实例

CHENGSHI FANGHONG GUIHUA
SHEJI YU GUANLI



化学工业出版社

伊学农 主编

刘 彬 刘建胜 副主编

城市防洪规划 设计与管埋



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是一本集理论基础、设计、施工与管理于一体的综合城市防洪设计与管理的书籍；注重专业性、实用性、可操作性，可帮助读者直观、系统地了解雨洪水形成机理、地面径流和防洪治理工程与措施等的理论与技术方法，并结合作者多年的研究与工程实践，给出了具有参考性的工程实例。

本书可作为市政工程专业本科生、研究生、设计院设计人员、防洪工程的管理者和政府部门的决策者的参考书和学习用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市防洪规划设计与管理/伊学农主编. —北京:
化学工业出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-122-19810-5

I. ①城… II. ①伊… III. ①城市-防洪工程-城市
规划②城市-防洪工程-工程管理 IV. ①TU998. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 029378 号

责任编辑: 董琳
责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 关永



出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 417 千字 2014 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前 言

近年来，当城市遭受一次次暴雨来袭时，给我们的生活和生产造成了损失和不便，也使城市屡屡出现汽车“潜水”、市民“看海”的奇景；且每逢暴雨必有重要城市内涝发生，致使我们的家园出现财产损失甚至人员伤亡的悲剧。这给我们敲响了统一思想、高度重视、加强城市防洪与内涝治理的警钟。

随着城市的发展和范围扩大，内涝和洪涝灾害更加强烈和严重，北京、上海、广州、武汉、南京、重庆等大城市分别出现了不同程度的内涝灾害，给国家和人民造成了严重的财产损失，因此各级政府均出台了政策和措施，国家下发《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》，要求到2015年，重要防洪城市达到国家规定的防洪标准；加强城市河湖水系保护和管理，强化城市蓝线保护，坚决制止因城市建设非法侵占河湖水系的行为，维护其生态、排水防涝和防洪功能；完善城市防洪设施，健全预报预警、指挥调度、应急抢险等措施，到2015年，重要防洪城市达到国家规定的防洪标准；全面提高城市排水防涝、防洪减灾能力，用10年左右时间建成较完善的城市排水防涝、防洪工程体系。

城市防洪工程是一个系统工程，涉及面广，范围大。可以说包括了从天上降雨，到地下排水的整个过程。在城市外部要考虑上游来水的防御和下泄，在城市内部要考虑城市内的基础设施建设与内涝防治。城市防洪系统工程涉及城市总体规划、城市排水工程、城市雨水综合利用、城市排水系统的管理和监督、城市内涝防治与居民防涝能力建设、城市防洪与内涝应急方案与措施、暴雨预警与洪水预警预报等。

为了系统地了解城市防洪和内涝防治理论和工程设计，本书从城市降雨规律和雨洪水径流的理论出发，以国家规范为准则，阐述城市防洪系统的规划设计和管理。内容主要包括设计洪水、城市内涝、山洪和客水洪涝规划设计、水库综合管理与调蓄利用、河道规划管理、流域洪水的宏观调度和优化管理等系统理论与计算，优化管理措施等，尤其增加了现代化的优化软件的管理机制，使城市防洪工程更加系统化，增加可靠性和稳定性，并进行投资与分析，施工与验收等内容。

本书是一本集理论基础、设计、施工与管理于一体的综合城市防洪设计与管理的书籍；注重专业性、实用性、可操作性，可帮助读者直观、系统地了解雨洪水形成机理、地面径流和防洪治理工程与措施等的理论与技术方法，并结合编者多年的研究与工程实践，给出了具有参考性的工程实例。本书可作为市政工程专业本科生、研究生，市政设计院设计人员、防

洪工程的管理者和政府部门的决策者的参考书和学习用书。

本书由伊学农主编并统稿，第1章由周伟博、刘建胜编写，第2章、第6章由艾典胜、张艳森编写；第3章、第4章由王峰、伊学农编写；第5章由王玉琳、伊学农编写；第7章、第13章由金鑫、王卫东编写；第8章由段小龙、刘建胜、王俊超编写；第9章由宋桃莉编写；第10章由王卫东、周伟博编写；第11章由鞠秀娟、宋桃莉、伊学农编写；第12章由周伟博、伊学农编写；第14章由刘彬、宋桃莉编写。在此，一并感谢为本书提供资料的单位和个人。

防洪系统是一个庞大的系统，涉及面广，内容多，由于编者水平所限，书中难免存在不当之处，敬请广大读者指正。

编 者
2014 年 1 月

目 录

第 1 章 城市洪水与规划基础	1	6.3 河道工程设计	113
1.1 城市洪水	1	6.4 河道护坡	116
1.2 城市河道	2	6.5 河道消能设计	118
1.3 城市内涝	3	6.6 河道与生态设计	120
1.4 城市防洪规划基础	5	第 7 章 交叉构筑物与防洪闸	124
1.5 防洪设计标准	7	7.1 概述	124
1.6 城市防洪与总体规划	11	7.2 防洪闸布置	125
第 2 章 设计洪水	14	7.3 防洪闸水力计算与设计	127
2.1 降水	14	7.4 涵洞水力计算与设计	134
2.2 设计降雨	18	7.5 小桥水力计算与设计	140
2.3 土壤渗流	19	第 8 章 防洪组织与应急措施	145
2.4 汇水面积径流过程	21	8.1 防洪组织构成	145
2.5 小流域设计暴雨	27	8.2 防洪技术组织	146
第 3 章 雨洪水径流与模拟	33	8.3 重点防御对象	147
3.1 概述	33	8.4 超标洪水的防治措施	148
3.2 径流理论	36	8.5 应急方案设计	149
3.3 模型	38	第 9 章 防洪技术与措施	152
第 4 章 排涝工程	57	9.1 防洪措施与发展	152
4.1 暴雨强度公式	57	9.2 防洪工程措施	153
4.2 径流计算与设计流量	59	9.3 防洪非工程措施	156
4.3 排涝系统规划	61	9.4 分洪工程	158
4.4 雨水排涝管渠设计	63	9.5 分洪工程设计	160
4.5 排涝泵站设计	66	9.6 滞洪工程	163
第 5 章 水库工程	77	9.7 分滞洪构筑物	168
5.1 水库特性	77	9.8 防洪工程管理	170
5.2 水库选址与防洪标准	81	9.9 防洪与生态	171
5.3 水库调洪	83	第 10 章 雨洪水利用	175
5.4 水库防洪调度	94	10.1 屋面雨水的收集和利用	175
5.5 水库与河道	101	10.2 水库调度	178
5.6 水库与生态	105	10.3 河道蓄水与景观	179
第 6 章 防洪河道规划工程	109	10.4 滞洪区雨水利用	179
6.1 河道整治与规划	109	10.5 生态蓄水与景观	180
6.2 排洪渠规划与设计	110	10.6 水土保持与措施	182

第 11 章 防洪工程投资估算	184	13.1 概述	209
11.1 工程分类和工程概算组成	184	13.2 水库设施管理	210
11.2 工程概算文件编制依据	184	13.3 河道设施现代化管理	213
11.3 工程投资构成	185	13.4 城市防洪指挥决策系统	216
11.4 工程部分项目组成	190	第 14 章 防洪工程规划与管理实例	219
第 12 章 防洪工程评价与风险评估	193	14.1 城市排涝工程规划与设计	219
12.1 评价方法与步骤	193	14.2 河道工程规划与设计	223
12.2 经济效益评价	195	14.3 防洪堤规划与设计	230
12.3 评价指标与准则	196	14.4 交叉构筑物规划与设计	231
12.4 评估方法	197	14.5 山洪防治工程规划与设计	234
12.5 GIS 评估技术	199	14.6 防洪与生态系统	237
12.6 内涝风险评估	201	14.7 区域防洪规划与泵站设计	238
12.7 水库洪涝风险评估	202	14.8 生态园区雨水利用与管理	240
12.8 调度风险	205	14.9 生态园防洪规划与设计	244
12.9 洪灾风险管理	207	参考文献	247
第 13 章 防洪设施现代化管理	209		

第 1 章 城市洪水与规划基础

1.1 城市洪水

洪水,一般是指江河流流量剧增,水(潮)位猛涨,并带有一定危险性的自然现象。洪水可分为本地洪水和客流洪水,前者是指当地由于暴雨造成的洪水,后者是指江河从上游输送至当地的洪水。

早期的城市一般是随着政治、军事和商业的需要发展起来的,由于供水和航运等方面的要求,大多数城市都临近河流、湖泊、海滨,为供水和航运提供了便利,但也遭受洪水威胁。“高毋近旱,而水足用;下毋近水,而沟防省。因天才、就地利”(《管子·乘马》),因此在城市的形成和发展中如何解决水利和水害的矛盾是很重要的问题,它关系到城市的兴盛和衰败。

城市人口密集,财富集中,是一个国家或地区的经济文化或政治中心,世界上的著名城市多临江、河、湖、海,因而常受到洪水威胁,甚至遭受洪水灾害。城市虽然是在流域内的一个点,范围小,但涉及面广。由于城市所在具体位置不同,遭遇雨水或海水的危害也不同:①沿河流兴建的城市,主要受河流洪水如暴雨洪水、融雪洪水、冰凌洪水以及溃坝洪水的威胁;②处于地势低平有围堤防护的城市,除河、潮洪水外,还有市区暴雨洪水与洪涝的影响;③位居海滨或河口的城市,有潮汐、风暴潮、地震海啸、河口洪水等产生的水位暴涨问题;④依山傍水的城市,除河流洪水外,还有山洪、山体塌滑或泥石流等潜在危害。

我国有 1/10 的国土和 100 多座大中城市地面高程在江河水位或潮位以下,易于遭受洪水危害。我国有 18000km 之多的大陆海岸线和数千个大小岛屿、70% 以上的城市、58% 的国民经济收入和绝大多数经济开发区分布在沿海地带,因此来自海上的台风、巨浪、海啸、海冰、赤潮等成为沿海地带严重的灾害。经多年统计,以风暴潮在海岸附近造成的损失最多。由于海平面上升和地面沉降,沿海许多地区如渤海周围,东南沿海等地海水入侵现象日渐严重,莱州湾海水入侵的速度达 500m/年,加重了这个地区城市的洪水灾害。另外,我国还有许多城市位于山坡下,易于遭受山洪和泥石流威胁。

长江洪水灾害,以荆江、皖北沿江、汉江中下游、洞庭湖和鄱阳湖等地区最为严重。据史料记载,从公元前 206~公元 1911 年的 2117 年间,长江共发生洪灾 214 次,平均 10 年一次。19 世纪中叶,连续发生了 1860 年和 1870 年两次特大洪水。20 世纪,长江又发生了 1931 年、1935 年、1954 年、1998 年等多次特大洪水,历次大洪水都造成了重大的灾害损失。

黄河洪灾以下游最为严重。据历史记载,自周定王五年(公元前 602 年)~1949 年前的 2500 多年中,黄河下游决口泛滥的年份共有 543 年,决溢次数多达 1590 余次,较大的改道 26 次。黄河下游改道迁徙的范围,西起孟津,北抵天津,南达江淮,纵横 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在广阔的黄淮海大平面上,冀、鲁、豫、皖、苏 5 省到处都留下了黄河改道迁徙的痕迹。

历史上淮河流域的洪水灾害很严重。其中安徽、江苏两省因位居淮河中下游,灾害最为频繁,其次为河南、山东。据史料统计,公元前 252~公元 1948 年的 2200 年中,淮河流域每 100 年平均发生水灾 27 次。在 1400~1855 年 456 年间,淮河流域大范围的洪涝灾年有 45 年,其间以 1593 年和 1730 年灾情最重;1855 年黄河北徙以后,自 1856~1911 年的 56 年

中,黄河洪水仍向南决口成灾的有9年;民国时期黄河洪水造成淮河流域大水灾有两次,即1935年和1938年。1949年以来,淮河流域先后发生了1950年、1954年、1991年、2003年流域性大水。淮河水系发生过1968年淮河上游洪水;1975年洪汝河、沙颍河洪水;1965年下游洪涝等。沂沭泗水系发生过1957年、1974年洪水等,均造成严重的洪涝灾害。

历史上上海市也多次经历了暴雨的袭击。1963年9月12~13日热带气旋暴雨,南汇县受灾最重,过程降雨量达434.6mm。全县境内普降特大暴雨,降雨时间集中,雨量大,过程降雨量:大团512mm,惠南497mm,周浦431mm,新场385mm,泥城351mm,六灶322mm。受暴雨影响,水位上涨迅猛,塘东塘西水位高达4.52m,塘西水位越过钦公塘东流。松江、奉贤、上海等降雨量300mm以上,川沙、金山等县及市区降雨量250mm以上,其他县也在100mm以上。最大风力达11级。特大暴雨导致郊区受涝面积170万亩,秋熟作物损失严重。据不完全统计,共有257个工厂进水,260个工厂停工,学校停课114所,积水点204个。以长宁区最严重,居民受水浸达7000余户,最深积水达1.4m左右。由于仓库进水,大量粮食、棉花、饲料、化肥、农药等因水浸受潮,损失很大,在灾害中死亡13人,房屋倒塌千余间。南汇县倒塌桥梁97座,沉没抽水引擎船99条,金山县沉没农船7条。1977年8月21~22日东风扰动暴雨,为上海百余年来罕见的一次特大暴雨。暴雨中心在宝山县塘桥和嘉定县南翔,降雨量分别为585.6mm和571.7mm。暴雨范围波及全市(除川沙、南汇县部分地区), $\geq 100\text{mm}$ 的大暴雨从市区北部、宝山、嘉定直至崇明县。蕹藻浜两岸因此洪水泛滥,积水最深处达2m,一片汪洋,田园尽淹。全市农田受淹104万亩,房屋棚舍受淹约7万间,倒塌万余间,沉船1389条,塌桥26座,死2人,伤16人,死猪、禽5.5万头。9月份上市蔬菜锐减,供应紧张。市区杨浦、虹口、普陀区有3万户居民家中进水。外贸、粮食仓库进水,上钢一厂、五厂、铁合金厂因进水完全停产。据市防汛指挥部统计,财产损失近2亿元。1985年9月1日冷锋暴雨。暴雨特大中心在川沙县,高桥水文站总雨量高达459.6mm,川沙气象站1h雨量108.8mm,短时间骤降的特大暴雨为上海所少见。受淹菜田36300亩、稻田9580亩、棉田7000亩。市区西部大面积积水成灾,严重积水路段水深达70~80cm,致使不少工厂、仓库、商店和住房进水。因电气设备受潮触电死亡4人。1991年8月7日、9月5日两场大雷暴雨,局部特大暴雨。8月7日以宝山最大,日雨量达210mm,市区及半数以上县均在100mm以上。松江、金山、青浦、奉贤县境内还遭受龙卷风袭击。20多万户居民住房进水,6万亩农田受淹,砖坯淋坏625万块,死亡9人(龙卷风损失另计)。9月5日以金山县雨量最大,为209mm,其次是市区165~185mm,崇明县境内出现龙卷风。全市数百条马路积水,10万多户居民住房进水,13条公交线路一度停驶,死亡4人,伤10多人。

城市市区各种市政工程最为密集,城市防洪工程总体规划设计,特别是江河沿岸防洪工程布置应与河道整治、码头建设、道路桥梁、取水建筑、污水截流,以及滨江公园、绿化等市政工程密切配合。在协调配合中出现矛盾时,应首先服从防洪的需要,在确保防洪安全的前提下,尽量考虑使用单位和有关部门的要求,充分发挥防洪工程的综合效益。城市防洪规划既要为这些城市的基础设施提供防洪保障,又要与这些城市基础设施的功能相协调,改善、不影响或少影响其功能的正常发挥。

1.2 城市河道

城市河道是城市的重要基础设施,承担着多种功能,概括为经济功能、社会功能和生物功能,社会功能和生物功能中又蕴含着文化功能。经济功能,即直接为经济服务的功能,如

泄洪排涝、引水灌溉和城乡供水、水力发电、水上运输等；社会功能，即河流为社会安定、经济发展、文化繁荣、精神文明、改善气候、美化环境等提供的服务功能；生物功能，即河流水文对于生态系统孕育繁衍、进化、发展的功能，如对局部气候的改善稳定作用、水体的自我净化功能、对各种废弃物的解毒分解功能、各种适水生物的养殖传播功能、为生物多样性提供水服务的功能等。

河流上游来沙量超过河流挟沙能力时会造成泥沙淤积，河槽变形，影响过水能力，对因泥沙淤积影响防洪的河段需要进行整治。另外，由于水流和河槽相互作用，天然河道特别是平原河道总是弯曲的，弯曲的河道对于防洪、灌溉一般都有有利之处。但是，河流过度弯曲也有不利之处，例如，弯道曲率过大会阻水，增加上游壅水高度，对防洪不利；迎流顶冲还会引起凹岸坍塌，影响堤防和沿岸建筑设施安全；河流曲折迂回，占地多，河势恶化，影响城市布局；弯曲河道还会增加堤线长度和防洪工程投资。因此对过度弯曲的河流需要结合城市规划、防洪、河势等进行整治。所以，以城市防洪为目的的河道整治主要是河道疏浚、裁弯取直。

河道疏浚可以改善河道水力条件，加大河道宣泄洪水能力，降低洪水位，减轻洪水对城市的威胁。特别对于城市市区段的河道，当受条件限制，无法或难以实施其他有效河道整治措施时，河道的常年疏浚更显得重要。河道疏浚断面，首先要清除障碍物如城市河道内的垃圾等，保证设计断面，满足设计洪水安全下泄的要求，并兼顾市政有关部门的需要，还要考虑设计断面适合河道演变自然规律，使其具有良好的稳定性。河道整治必须按照水力计算确定的设计断面清除河道淤积层和障碍物，以满足洪水下泄要求。

1.3 城市内涝

城市内涝是指由于强降水或连续性降水超过城市排水能力致使城市内产生积水灾害的现象。近年来，我国多个大中城市频繁遭遇内涝灾害袭击，造成了惨重的人员伤亡和财产损失。

根据住房和城乡建设部2010年对国内351个城市排涝能力的专项调研显示，2008～2010年间，有62%的城市发生过不同程度的内涝，其中内涝灾害超过3次以上的城市有137个；在发生过内涝的城市中，有57个城市的最大积水时间超过12h。

我国暴雨洪水主要集中在大兴安岭—阴山—贺兰山—六盘山—岷山—横断山以东区域。特别是长江、淮河、黄河、珠江、海河、辽河、嫩江—松花江七大江河的中下游平原地区。其次是四川盆地、关中地区以及云贵高原的部分地区。我国洪涝灾害的灾情特点：范围广、发生频繁、突发性强，而且损失大，其中，农业受洪水灾害影响最为严重。

2008年6月，南方（如贵州、湖南、江西、广西、广东、浙江、福建、上海等12个省/区市）不同程度发生洪涝灾害；2008年8月25日，一场局部雨量超出百年一遇标准的强雷暴雨袭击上海市；造成中心城区150多条马路积水，超过1.1万户民居进水，徐家汇等地一度交通严重拥堵。全市最高的小时降雨量超过117mm，这是上海徐家汇气象观测站130多年以来的最高纪录。受灾统计数字显示，由于雨量过于集中，已造成全市150余条（段）马路积水10～40cm，1.1万余户民居进水5～10cm；地铁9号线漕河泾开发区站点的出入口由于积水严重而暂时关闭，由此导致上海往江苏方向50余趟车班次延误，延误时间最久的班次近2h没有到站；全市一些立交桥因积水严重而临时封闭，不少“抛锚”汽车3h之后还未被妥善处置；机场的部分航班也出现延误现象。

2010年5月，重庆垫江、梁平、涪陵、彭水等12个区县（自治县）遭受了大风、冰

雹、暴雨灾害;5月,湖北、江西、广东、湖南、贵州等南方多省遭遇严重的洪水灾害;7月,山东遭受暴风雨袭击,受灾人口45.8万人;东北地区,特别是松花江流域持续出现大到暴雨,造成严重的洪涝灾害。

2012年6月23日下午至深夜,北京遭遇十年以来最大降雨,局部地区雨量达到百年一遇。6月23日16~19点,全市平均降水量为35mm,城区降水量为57mm,降水主要集中在西南城区,部分地区降水量甚至超过180mm,达到大暴雨级别。北京的多个低洼路段由于严重积水,已致瘫痪状态,公交系统部分中断。地铁1号线和亦庄线运营受影响,部分站点停运。北京首都国际机场的航班造成较大影响。延误滞留1h以上航班66架次,进出港合计取消95架次。更不幸的是两名青年因被暴雨冲入下水道而身亡。

2012年7月18日午后,南京城遭遇短时大暴雨,主城区多个地方2h内降雨量超过100mm,部分城区出现内涝。暴雨造成南京禄口机场午后至晚间航班大面积延误。暴雨还造成南京火车站铁路沿线的红山路、玄武大道附近区域积水严重。16点许,大量积水倒灌铁路,导致沪宁城际铁路部分轨道被淹。

2012年8月1日凌晨5时至2日凌晨1时,受台风“凤凰”过境影响,南京市浦口区、江宁区 and 主城区大部地区,累计降水超过100mm,部分地区雨量达到300mm,致使许多道路积水严重,交通瘫痪。

1.3.1 城市内涝产生的原因

1.3.1.1 城市发展与扩展,使水面率降低

大规模不科学的城市开发建设是内涝灾害频发的重要诱因。城市建设的扩张使原本具有自然蓄水调洪错峰功能的洼地、山塘、湖泊、水库等被人为地填筑破坏或填为它用,降低了雨水的调蓄分流功能。

城市缺乏综合防洪减灾规划建设造成的一个重要影响,是导致城市可渗水地面逐渐减少,地表径流增加,汇集速度加快,从而导致城市低洼地方容易积水。

在汇水面积和暴雨强度相同的条件下,地面的径流系数越大,雨洪流量就越大。如果流域内城市不透水面积达到城市面积的20%,只要在3年一遇以上降雨强度时,其产生的流量就可能相当于该地区原有流量的1.5~2倍。

1.3.1.2 城市排水管网完善程度不够

(1) 城市规划赶不上城市化建设步伐 城市管网的不完善也是导致内涝的重要原因,城市开发总是从中心区慢慢向周边辐射,城市规划部门也不能完全预料到城市发展的最终程度,在管道建设初期,周边区域没有完全规划好,导致排水系统的建设无法一步到位。随着新开发区域逐渐成为城市中心区,以前的排水管网显然不能满足急剧膨胀的排水需求。

(2) 城市雨水污水管道错接严重 在雨污分流片区也经常出现雨污管网的错接,在城市排水管网系统中,污水管道汇集到污水处理厂,而雨水管道直接与城市河道相通。污水管道错接到雨水管道,就会使污水不经处理,直接排入天然水体,导致严重的城市水体污染。相反,如果将雨水管道错接到污水管道,暴雨来临时,就会导致严重内涝,因为一般同一路段城市污水管道设计流量要远小于雨水管道设计流量,污水管道管径也要小于雨水管道管径,暴雨带来的短暂大流量雨水通过较小的污水管道,显然无法顺利排出,而无法排入下游河道的雨水,就会溢出地面,在低洼处形成内涝。

1.3.1.3 市民不文明的习惯

市民不文明的习惯也会导致周围排水管道堵塞,这主要是指一些人为图方便,将垃圾倾入排水管网或河道,造成管网或河道的人为堵塞。国内很多城市的老城区都是雨污合流排水体制,城市中最容易发生排水管道堵塞的地方是餐饮业集中地区。垃圾堵塞了排水管道,导

致排水管道基本丧失排水功能,雨水不是通过排水管道排出,而是直接沿着路面从高处向低洼区域汇聚,形成积水点或内涝,从而阻碍交通,影响市民出行。

1.3.2 城市内涝的解决措施

(1) 建立城市排水系统预警与预报系统 国内众多城市排水管网建设年代不一、结构复杂,特别是很多城市存在老城区和城中村现象,这些区域排水管网错综复杂,排水管网数据甚至职能部门都不能完全掌握,因此当发生内涝灾害时无法找到症结根源。建立城市排水系统的预警与预报系统,以及详细的排水管网数据库并实时监控成为当务之急。

目前,国外很多城市构建了基于GIS系统的城市排水管网系统,这为我国提供了很好的借鉴。GIS系统与分布在管网内部的传感系统结合,当暴雨发生时,实时监测排水管网的水压异常并报警,为排水管网抢修提供宝贵的时间,从而避免水涝灾害的进一步扩大。

(2) 保护城市天然水体 城市建设不到万不得已时不要破坏城市天然水体。例如,南昌市拥有得天独厚的填湖造地条件,内水网密布,赣江、抚河、锦江、潦河纵横境内,湖泊众多,水域面积占全市总面积29.8%,为保护城市天然水体,南昌市人大立法明令禁止填湖造地,对违法者给予严厉惩罚。这是一个非常科学的立法,从地方法规层面杜绝了围湖造地这种只顾眼前利益,忽视长远考虑的行为。目前,国内许多城市都出台了保护城市天然湖泊的地方性法规,重要的是如何使这些法规在实际工作中确实得到遵守。

(3) 降低地面硬化率 从自然界角度来说,要想彻底解决城市内涝问题,就应该解决城市地面硬化造成的雨洪水难以渗透的问题。因此更现实的做法是,尽量选择用透水材料来铺设城市的地面,让城市地面能够像人呼吸空气一样呼吸水分,这是在一定程度上解决城市内涝的有效办法。在城市建设中,尽量对各类地面采取非硬化铺设,这样既能避免城市在大降暴雨时出现大面积积水现象,又能帮助城市利用雨水来补充地下水资源,是一种比较有效的人工补偿方法。例如,深圳市在新建城区用中空砖铺设人行道,在砖中间种植草皮,这样一方面提高了植被覆盖,另一方面,也较好地解决了雨水下渗问题。

(4) 加强排水管网的建设 城市排水管网的建设是一个功在当代、利在千秋的事情,因此市政建设部门应做好城市管网的建设工作。例如,武汉市汉口区一些旧城区在新中国成立前铺设的排水管网现在还在发挥作用,这期间,该区域大部分房屋都经过了多次翻修,但是排水管网还是当初的管网,几乎没有进行过系统翻修。虽然这些市政设施是当前老城区城市改造的对象,但从中可以看出,城市排水管网将运行相当长的时间,需要经得起历史的考验。因此,市政建设部门要重视城市管网的建设。

为了减少城市内涝发生概率,在城市开发过程中,有必要进行长远考虑,而不应该局限于眼前利益,城市规划管理部门对城市管网建设也应该给予高度重视。借鉴国内外城市内涝防治经验,根据城市的实际情况,编制城市防洪减灾规划,充分研究自然规律和城市建设中应对天灾的经验,做到未雨绸缪,用长远的眼光来建设和管理城市,从而保护城市的文明成果及市民的生命财产不受损失。

1.4 城市防洪规划基础

城市防洪工程规划具有综合性特点,专业范围广,市政设施涉及面多。因此在工程设计中要搜集整理各种相关资料,一般包括地形地貌、河道(山洪沟)纵横断面图、地质资料、水文气象资料、社会经济资料等。

1.4.1 地形和河道基础资料

(1) 地形图 地形图是防洪规划设计的基础资料,搜集齐全后,还要到现场实地踏勘、

核对。各种平面布置图，不同设计阶段、不同工程性质和规划区域大小等，都对地形图的比例有不同的要求（见表 1-1）。

表 1-1 各种平面布置图对地形图比例的要求

设计阶段	项 目		比例尺
初步设计	汇水面积	≥200km ²	(1 : 25000)~(1 : 50000)
		<200km ²	(1 : 5000)~(1 : 25000)
	工程总平面图、滞洪区平面图		(1 : 1000)~(1 : 5000)
	堤防、护岸、山洪沟、排洪渠道、截洪沟平面及走向布置图		(1 : 1000)~(1 : 5000)
	工程总平面布置图、滞洪区平面图		(1 : 1000)~(1 : 5000)
施工图设计	构筑物平面布置图	堤防、山洪沟、排洪渠道、截洪沟	(1 : 1000)~(1 : 5000)
		谷坊、护岸、丁坝群	(1 : 500)~(1 : 1000)
		顺坝、防洪闸、涵闸、小桥、排洪泵站	(1 : 200)~(1 : 500)

（2）河道（山洪沟）纵横断面图 对拟设防和整治的河道和山洪沟，必须进行纵横断面的测量，并绘制纵横断面图。纵横断面图的比例见表 1-2。横断面施测间距根据河道地形变化情况和施测工作量综合确定，一般为 100~200m。在地形变化较大地段，应适当增加监测断面，纵、横断面监测点应相对应。

表 1-2 纵横断面图的比例

纵断面图	水平	(1 : 1000)~(1 : 5000)
	垂直	(1 : 100)~(1 : 500)
横断面图	水平	(1 : 1000)~(1 : 500)
	垂直	(1 : 100)~(1 : 500)

1.4.2 地质资料

（1）水文地质 水文地质资料对于堤防、排洪沟渠定线，以及防洪建筑物位置选择等具有重要作用，主要包括设防地段的覆盖层、透水层厚度以及透水系数；地下水埋藏深度、坡降、流速及流向；地下水的物理化学性质。水文地质资料主要用于防洪建筑物的防渗措施选择、抗渗稳定计算等。

（2）工程地质 主要包括设防地段的地质构造、地貌条件；滑坡及陷落情况；基岩和土壤的物理力学性质；天然建筑材料（土料和石料）场地、分布、质量、力学性质、储量以及开采和运输条件等。工程地质资料不仅对于保证防洪建筑物安全具有重要意义，而且对于合理选择防洪建筑物类型、就地选择建筑材料种类和料场、节约工程投资具有重要作用。

1.4.3 水文气象资料

水文气象资料主要包括：水系图、水文图集和水文计算手册；实测洪水资料和潮水位资料；历史洪水和潮水位调查资料；所在城市历年洪水灾害调查资料；暴雨实测和调查资料；设防河段的水位-流量关系；风速、风向、气温、气压、湿度、蒸发资料；河流泥沙资料；土壤冻结深度、河道变迁和河流凌汛资料等。

水文气象资料对于推求设计洪水和潮水位，确定防洪方案、防洪工程规模和防洪建筑物结构尺寸具有重要作用。

1.4.4 历史洪水灾害调查资料

收集历史洪水灾害调查资料，包括历史洪水淹没范围、面积、水深、持续时间、损失等，研究城市洪水灾害特点和成灾机理、对于合理确定保护区和防护对策，拟定和选择防洪方案，具有重要作用。对于较大洪水，还要绘制洪水淹没范围图。

1.4.5 社会经济资料

城市总体规划和现状资料图集；城市给水、排水、交通等市政工程规划图集；城市土地利用规划；城市工业规划布局资料；历年工农业发展统计资料；城市居住区人口分布状况；城市国家、集体和家庭财产状况等。

社会经济资料对于确定防洪保护范围、防洪标准，对防洪规划进行经济评价，选定规划方案具有重要作用。

1.4.6 其他资料

根据城市具体情况，还要收集其他资料。如城市防洪工程现状，城市所在流域的防洪规划和环境保护规划，建筑材料价格、运输条件；施工技术水平和施工条件；河道管理的有关法律、法令；城市地面沉降资料、城市防洪工程规划资料、城市植被资料等。这些资料对于搞好城市防洪建设同样具有重要作用。

1.5 防洪设计标准

城市防洪标准是指城市应具有的防洪能力，也就是城市整个防洪体系的综合抗洪能力。在一般情况下，当发生不大于防洪标准的洪水时，通过防洪体系的正确应用，能够保证城市的防洪安全。具体表现为防洪控制点的最高水位不高于设计洪水位，或者河道流量不大于该河道的安全泄量。防洪标准与城市的重要性、洪水灾害的严重性及其影响直接有关，并与国民经济发展水平相适应。

1.5.1 城市等别

城市防洪标准的确定是一个非常复杂的综合问题，要综合考虑保护区的安全效益和工程投资，并通过技术经济分析和影响评价确定。城市等别是城市防洪标准确定的一项重要指标。

城市是指国家按行政建制设立的直辖市、市、镇，我国城市防洪规划中将城市进行分等，城市等别综合划分为四等，它主要根据所保护城市的重要程度和人口数量（见表 1-3）进行分类。

表 1-3 城市等别

城市等别	分等指标		城市等别	分等指标	
	重要程度	城市人口数量/万人		重要程度	城市人口数量/万人
一	特别重要城市	≥150	三	中等城市	20~50
二	重要城市	50~150	四	小城市	<20

注：城市人口是指市区和近郊区非农业人口。

城市的重要程度是指该城市在国家政治、经济中的地位，是否是首都、省会城市等，是否是经济中心，是否是交通枢纽、商业中心等。显然省会城市要比一般城市和建制镇重要得多，许多城市随着经济建设和交通的发展，在国民经济中的地位也在不断提高。

1.5.2 城市防洪标准

城市防洪标准是指采取防洪工程和非工程措施后所具有防御洪（潮）水的能力。一个国家的防洪标准要与其国民经济发展水平相适应。我国的防洪标准的制定，参照了现有的或规划的防洪标准，并参考国外城市防洪标准，考虑一定时期的国民经济能力等因素（见表 1-4）。

表 1-4 城市防洪标准

城市等别	防洪标准(重现期)/年			城市等别	防洪标准(重现期)/年		
	河(江)洪、海潮	山洪	泥石流		河(江)洪、海潮	山洪	泥石流
一	≥200	100~50	>100	三	100~50	20~10	50~20
二	200~100	50~20	100~50	四	50~20	10~5	20

目前国内防洪标准有一级和二级两个标准分级，即一级标准为设计标准、二级标准作为校核标准。由于城市防洪工程的特点，根据我国城市防洪工程运行的实践，城市防洪工程采用一级防洪标准。表 1-5 为我国部分城市的现状和规划防洪标准，供设计时参考。由于近年来我同城市防洪建设速度加快，各地许多城市的防洪标准已经大幅度提高。

表 1-5 我国部分城市防洪现状或设计标准

序号	省份	城市	河流	防洪标准 (重现期)/年	序号	省份	城市	河流	防洪标准 (重现期)/年
1	黑龙江	哈尔滨	松花江	100	30	山东	东营	广利河、海湖	100、50
2	黑龙江	佳木斯	松花江	50	31	安徽	合肥	南淝河	100
3	黑龙江	齐齐哈尔	嫩江	50	32	安徽	淮南	淮河	50
4	黑龙江	牡丹江	牡丹江	50	33	安徽	安庆	长江	100
5	吉林	长春	伊通河	100	34	安徽	芜湖	长江、青弋江	1954 年洪水
6	吉林	吉林	松花江	100	35	江苏	南京	长江	1954 年洪水
7	吉林	四平	条子河	50	36	江苏	南京	秦淮河	20
8	吉林	浑江	浑江	50	37	江苏	南通	长江	1954 年洪水
9	吉林	临江镇	鸭绿江	30	38	江西	九江	长江	1954 年洪水
10	吉林	通化	浑江	100	39	上海	上海	黄浦江	1000
11	辽宁	沈阳	浑江	300	40	河南	平顶山	湛河	100
12	辽宁	大连	马兰河	20	41	河南	郑州	黄河	1933 年洪水
13	辽宁	锦州	小凌河	50	42	四川	成都	沙河	100
14	辽宁	本溪	太子河	100	43	云南	昆明	盘龙江	200
15	北京	北京	永定河	>100	44	广西	南宁	邕江	100
16	天津	天津	海河	100	45	广东	汕头	梅溪河	50
17	新疆	伊宁	皮里青河	100	46	广东	广州	珠江	100
18	内蒙古	呼和浩特	哈拉沁河	100	47	广东	深圳	深圳河	50
19	河北	秦皇岛	石河	50	48	海南	海口	南渡江	20
20	陕西	西安	大环河	25~100	49	福建	福州	闽江	100
21	陕西	宝鸡	渭河	50	50	福建	泉州	晋江	30~50
22	甘肃	兰州	黄河	100	51	福建	漳州	九龙江	20
23	甘肃	天水	渭河	100	52	湖北	宜昌	长江	1954 年洪水
24	青海	西宁	湟水	200	53	湖北	沙市	长江	1954 年洪水
25	山西	太原	汾河	100	54	湖北	襄樊	汉江	1954 年洪水
26	山西	阳泉	桃河	100	55	湖北	黄石	长江	100
27	山东	济南	山洪沟	20~100	56	湖北	武汉	长江	1954 年洪水
28	山东	济南	黄河	1933 年洪水	57	湖南	长沙	湘江	20
29	山东	泰安	山洪沟	50	58	湖南	衡阳	湘江	20

在确定防洪标准时，防洪标准上下限的选用应考虑受灾后造成的影响、经济损失、抢险难易以及投资的可行性等因素。当城市地势平坦排泄洪水有困难时，山洪和泥石流防洪标准可适当降低。

城市防洪标准确定还要结合城市特点，可以对城市进行分区，按不同分区采取不同的防洪标准。地形高差悬殊较大的山丘区城市，不能简单依据城市非农业人口总数确定城市防洪标准，事实上，地面较高的部分市区可能不会遭受任何洪水威胁，这部分市区面积内的人

口、财产不应统计在内；这时，应分析各种量级洪水的淹没范围，根据淹没范围内的非农业人口和损失大小确定防洪标准。如我国著名城市重庆市结合山城高差大的实际情况，主城区按百年一遇的防洪标准，部分沿江建筑物、构筑物按两年一遇洪水标准，重要建设工程按国家有关标准执行，同时还考虑受三峡工程建成后的回水影响。

我国幅员辽阔、水文、气象、地形、地貌、地质等条件非常复杂，各个城市的自然条件差异也较大，不可能把各类城市防洪标准完全规定下来，因此应根据需要和可能，并结合城市具体情况适当提高或降低，但应报上级主管部门批准。对于情况特殊的城市，经上级主管部门批准，防洪标准可适当提高或降低。

1.5.3 其他防护对象的防洪标准

(1) 工矿企业的防洪标准 受洪水威胁的冶金、煤炭、石油、化工、林业、建材、机械、轻工、纺织、商业等工矿企业要有相应的防洪能力，其防洪标准根据其规模等级确定（见表 1-6）。工矿企业的规模按货币指标划分特大型、大型、中型和小型，货币指标一般为年销售收入和资产总额。应该说明的是，由于随着企业的发展，不同时期的年销售收入和资产总额指标应有所不同，表中指标是《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL 252—2000）指标值。

表 1-6 工矿企业的等级和防洪标准

等 级	工矿企业规模	货币指标/亿元	防洪标准(重现期)/年
I	特大型	≥50	200~100
II	大型	50~5	100~50
III	中型	5~0.5	50~20
IV	小型	<0.5	20~10

工矿企业的防洪标准，还应根据受洪水淹没损失大小、恢复生产所需时间长短等适当调整。根据防洪经验，稀遇高潮位通常伴有风暴，且海水淹没大，因此滨海中型及以上工矿企业按以上标准计算的设计高潮位低于当地历史最高潮位时，应采用当地历史最高潮位校核。对于地下采矿业的坑口、井口等重要部位，以及洪水淹没可能引起爆炸或导致毒液、毒气、放射性等有害物质大量泄漏和扩散的工矿企业，防洪标准应提高一、二等进行校核，或采取专门防洪措施。对于核工业或与核安全有关的厂区、车间及专门设施，防洪标准高于 200 年一遇，核污染严重的应采用可能最大洪水校核。

(2) 尾矿坝或库等级和防洪标准 堆放或存储冶金、化工等工矿企业选矿残渣的尾矿坝或库，根据其库容或坝高确定其等级和防洪标准（见表 1-7）。当其出现事故后对下游城镇、工矿企业、交通运输等设施造成的影响较大时，防洪标准应提高一~二等，或采取专门防护措施。

表 1-7 尾矿坝或库等级和防洪标准

等 级	工程规模		防洪标准(重现期)/年	
	库容/×10 ⁸ m ³	坝高/m	设计	校核
I	具备提高等级条件的 I、II 等工程			2000~1000
II	≥1	≥100	200~100	1000~500
III	1~0.10	100~60	100~50	500~200
IV	0.10~0.01	60~30	50~30	200~100
V	≤0.01	≤30	30~20	100~50

(3) 铁路防洪标准 国家标准轨距铁路的各类建筑物、构筑物，按其重要程度或运输能力分为三个等级，根据它们的等级确定防洪标准，并结合所在河段、地区的行洪、蓄洪要求确定（见表 1-8）。运输能力为重车方向的运量，每对旅客列车上下行各按每年 $7 \times 10^5 \text{ t}$ 折算。经过行洪、蓄洪区的铁路，不得影响行洪、蓄洪区的正常运用，工矿企业专用标准轨距铁路的防洪标准根据工矿企业的防洪要求确定。

表 1-8 铁路防洪标准

等级	重要程度	运输能力 /($\times 10^4/\text{t}$ 年)	防洪标准(重现期)/年			
			设计			校核
			路基	涵洞	桥梁	
I	骨干铁路和准高速铁路	≥ 1500	100	50	100	300
II	次要骨干铁路和联络铁路	$1500 \sim 750$	100	50	100	300
III	地区(包括地方铁路)	≤ 750	50	50	50	100

(4) 公路防洪标准 汽车专用公路的交通量、重要性不同，则因洪水中断交通而带来的交通运输损失、影响等也不相同。因此，在防洪设计时，按公路的重要性和交通量划分不同的等级，根据公路等级采用不同的防洪标准。

一般汽车专用公路的各类建筑物、构筑物划分为高速、I、II 三个等级，一般公路的各类建筑物、构筑物划分为 II、III、IV 三个等级，根据等级确定路基和各类建筑物、构筑物的防洪标准（见表 1-9）。

表 1-9 公路各类建筑物、构筑物的等级和防洪标准

类别	等级	重要性	防洪标准(重现期)/年				
			路基	特大桥	大中桥	小桥	涵洞及小型排水构筑物
汽车专用	高速	政治、经济意义特别重要的，专供汽车分道高速行驶，并全部控制出入的公路	100	300	100	100	100
汽车专用	I	连接重要的政治、经济中心，通往重点工矿区、港口、机场等地，专供汽车分道行驶，并部分控制出入的公路	100	100	100	100	100
	II	连接重要的政治、经济中心或大工矿区、港口、机场等地，专供汽车分道行驶的公路	50	100	50	50	50
一般	II	连接重要的政治、经济中心或大工矿区、港口、机场等地的公路	50	100	100	50	50
	III	沟通县城以上等地的公路	25	100	50	25	25
	IV	沟通县、乡(镇)、村等地的公路		100	50	25	

(5) 航运防洪标准 港口主要港区的陆域，根据所在城镇的重要性和受淹损失程度分为三个等级。按其等级确定防洪标准（见表 1-10）。当港区陆域防洪工程是城市防洪工程的组成部分时，其防洪标准应与城市防洪标准相适应。

天然、渠化河流和人工运河上的船闸的防洪标准，根据其等级和所在河流以及船闸枢纽建筑物中的地位确定（见表 1-11）。