

古代经验对城市防涝的启示*

吴庆洲

(华南理工大学 亚热带建筑科学国家重点实验室, 广东 广州 510640)

摘 要: 研究现代城市暴雨后内涝灾害的原因, 对照古城水系的经验, 认为古代以河渠为城市排水干渠, 密度大, 行洪断面大, 调蓄系统容量巨大, 管理良好, 是防止暴雨后城市内涝的重要经验, 可供借鉴。

关键词: 暴雨; 涝灾; 城市水系; 密度; 断面; 管理; 调蓄容量

中图分类号: TV87; X4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2012)03-0111-06

近年中国城市化步伐加大, 城市面积迅速扩大。但往往在一场暴雨之后, 城内一些街道成河, 汽车被淹, 交通瘫痪, 出现严重的内涝之灾。就连北京、上海、广州这些中国最繁华的城市都频繁出现暴雨后城街成河的状况。尤其 2010 年 5 月, 广州在暴雨后, 街道多次受淹, 汽车浸坏, 造成严重的经济损失。许多城市在暴雨后, 普遍有水浸街的状况出现。

笔者认为, 借鉴中国古城防洪经验, 可以找出防止暴雨后城市内涝的办法。

1 城市水系是中国古代避免城市涝灾的重要基础设施

中国古代最重要的防止暴雨后内涝的经验, 是建设一个完善的城市水系。它由环城壕池和城内外河渠湖池组成, 具有多种功用, 被誉为“城市之血脉”。

城市水系有如下 10 条功用:

(1) 供水。

(2) 交通运输。

(3) 溉田灌圃和水产养殖。

(4) 军事防御——古城水系的护城池即为军事防御而设。护城河又宽又深, 成为敌人进攻的一大障碍, 是防卫的重要设施。

(5) 排水排洪——城市水系排水排洪的作用是十分重要的。

(6) 调蓄洪水——这一作用至关重要, 其调蓄容量大小是避免城市内涝的关键因素。

(7) 防火。

(8) 躲避风浪——一些沿海的港口城市, 其城市河道或湖泊还往往兼有躲避风浪的作用。广州

就是一例。

(9) 造园绿化和水上娱乐——水是造园绿化的必要条件。凡是园林多、绿化好的城市, 都与城市水系发达有关。洛阳、苏州、杭州都是例子。

(10) 改善城市环境。

令人惊异的是, 具有多种功用的城市水系对城市的价值, 与血脉对人体的价值有惊人的相似之处。

城市水系的十大功用中, 排水排洪和调蓄洪水二大功用对防止城市涝灾至关重要。

2 中国古代城市水系规划、设计、管理的历史经验

通过对汉长安城、汉魏洛阳城、隋唐长安城、隋唐东都洛阳城、宋东京城、元大都城、明清北京城、明清紫禁城八例关于京都城市防洪情况的研究, 有以下重要发现^[1]。

(1) 城市排洪河道密度和行洪断面是二个重要技术指标, 对防止内涝十分重要。

唐长安城在城市排水排洪系统的规划设计上, 有较大的失误。城市排洪河道密度仅 0.45 km/km^2 , 河道行洪断面仅 28 m^2 ; 元大都城的排水排洪系统的规划设计较好, 城内河道密度为 1 km/km^2 , 河道行洪断面分别为 147 m^2 和 238.9 m^2 , 分别为唐长安城的 5.25 倍和 8.5 倍; 明清北京城的城内河道密度为 1.07 km/km^2 , 城壕行洪断面为 238.9 m^2 , 排水排洪系统规划设计较有水平。宋东京城的排水排洪系统的规划设计水平更高, 四水贯城, 河道密度为 1.55 km/km^2 , 为唐长安城的 3.5 倍, 城壕的行洪断面为 372.48 m^2 , 为唐长安城的 13.3 倍。明清紫禁城为我国古城排水系统规划建设最完

* 收稿日期: 2012-01-11 修回日期: 2012-02-23

基金项目: 国家自然科学基金“中国古代城市规划、设计的哲理、学说及历史经验研究”(50678070)

作者简介: 吴庆洲(1945-), 男, 汉族, 广东梅州人, 教授, 博士生导师, 主要从事城市防洪减灾研究。

E-mail: qzww@scut.edu.cn

美的典范,其行洪河道密度达 $8.3\text{ km}/\text{km}^2$,为唐长安城的18.4倍;筒子河的行洪断面为 312 m^2 ,为唐长安城的11倍。

(2)城市水系的调蓄能力是城内防止雨涝之灾的重要因素。

唐长安城面积达 83 km^2 ,其水系蓄水总容量为 592.74 万 m^3 ,城内每平方米面积得到 0.0714 m^3 的容量。宋东京城面积约 50 km^2 ,城河城壕的蓄水总容量为 $1\,852.23\text{ 万 m}^3$,城内每平方米有 0.37 m^3 蓄水容量,为唐长安城的5.2倍。明清北京城面积为 60.2 km^2 ,全城水系的蓄水总容量为 $1\,935.29\text{ 万 m}^3$,每平方米有蓄水容量 0.3215 m^3 ,为唐长安城的4.5倍。元大都城的面积为 50 km^2 ,其水系蓄水总容量为 $1\,999.58\text{ 万 m}^3$,每平方米有蓄水容量 0.399 m^3 ,为唐长安城的5.6倍。明清紫禁城面积 0.724 km^2 ,筒子河蓄水容量为 118.56 万 m^3 ,每平方米有 1.637 m^3 容量,为唐长安城的23倍,为明清北京城的5.1倍,为宋东京城的4.4倍,为元大都城的4.1倍。这就是明清紫禁城建城近600年无雨潦之灾的重要原因之一。

城市水系的调蓄洪水的功用是十分值得重视的。城市水系有无足够的调蓄容量,是城市能否避免内涝的关键因素。这一科学发现对现代城市防洪也有重要参考价值。

(3)必须十分重视城市水系的管理

历代都对城内排水设施的管理情况,总的来说,唐长安城管理欠佳,宋东京城做得较好,但宋初较好,以后略差。元大都城的排水系统管理较好。明清北京城以清代管理较好,制度健全,赏罚分明。明清紫禁城每年开春淘浚沟渠,明代已形成制度,清代沿用,使城内排水系统畅通,有效地发挥排水排洪作用,在管理上是最好的。

成都古城内的金水河,为唐代白敏中主持开凿,自城西引岷江水入城,至城东出,汇入府河,当时称“禁河”,明称“金河水”,近人称为“金河”。历代重视修浚金河水,史志有明确记载的修浚有6次^[2]。成都历史上水患较少,一是有都江堰分洪,二是城内有较完备的防洪排水系统,三是历代有所管理、疏浚。

其他名城,如广州、绍兴、苏州、济南、杭州、温州、福州、松江、嘉定等,排水系统管理均较好。

苏州古城是管理好的典型。苏州在明清两代共疏浚市内河道11次。苏州自宋嘉定十六年(1223年)至清顺治十五年(1658年)400多年无水潦之灾,与河道管理得好是大有关系的。早在宋代朱长文就已指出了城内河道的排水作用及管理的重要性:“观于城内总流贯州,吐吸震泽,小滨别派,旁夹路衢,盖不如是,无以泄积潦、安居民也。故虽名泽国,而城中未尝有垫溺荡析之患。非智者创于前,能者踵于后,安能致此哉?”^[3]

3 中国当代城市涝灾的原因探索

中国当代暴雨后城市涝灾极为常见,与下面原因有关。

(1)城市建设填占或挤占行洪河道,使江河洪水位升高,使排水困难而增加内涝风险。

这种状况在全国各地有许多例子,如四川省旺苍、永川、荣昌等县城,安徽省亳州、金寨新县城、泾县城,山西沁水县城等,都有这种现象,在历次洪灾中损失惨重。

珠江三角洲的城市建设侵占行洪江河水道的例子极多,广州市为其中之一。

随着城市建设的发展,广州的填河建筑增多。1960年代修建的大沙头水运码头比1949年之前多伸出江中达100m。1967年建人民大桥,沙面局部河面缩窄了60m。河南滨江路兴建,又填江成陆,使河道变狭20~70m。黄埔新港码头伸入江中300m多,长1500m。1974年新造燃化局油库码头,伸入江中20m,广州造船厂伸入江中32m。1980年代初兴建白天鹅宾馆,填了白鹅潭北岸一段(沙面南岸),影响了白鹅潭内港^[4]。通过广州市附近的9条河道均已缩窄,其中,三枝香水道1950年代宽为446m,1970年代为284m,缩窄162m,缩窄率为36%^[5]。广州市海珠广场段长堤地面高程仅1.8m,1960年后,洪水位多次达2m,故经常被淹。1959年6月洪水位在2.24m时,荔湾涌淹水面积达 0.3 km^2 ,水浸街巷472条,水深达0.6m。如洪水位上升到2.50m,广州市区将有872条街道受浸,其中包括商业中心区。由于行洪江河水道的变狭和淤浅(如三枝香水道河床由水深6~7m变为仅2m)^[6],广州市珠江水道洪水位有不断上升的趋势,这使城市水灾风险不断上升。1994年广州市因排洪不畅出现严重内涝,除江河变窄的原因外,市内东濠涌因近年兴建的越秀北到沙湾大酒店的高架桥墩置于涌中,严重影响排洪,使黄华路省党校一带水淹及胸,三角市商场和附近居民多次受淹,损失严重。侵占行洪河道的现象,珠江三角洲的顺德、佛山、深圳等城市也都存在。

(2)填占城市河、湖等水体、洼地,使城市水系缺少调蓄功能。

我国古城的水系,由城内外的壕池、河渠、湖泊、池塘组成,具有供水、交通运输、溉田灌圃和水产养殖、军事防御、排水排洪、调蓄洪水、防火、躲避风浪、造园绿化和水上娱乐、改善城市环境等十大功用^[7]。可惜的是,古人留下的宝贵遗产,未被近现代的中国人所重视。随着公路、铁路的兴建,使城市水系在交通运输上的地位大大下降,加上近现代城池的防卫功能已不重要,填护城河、

填水渠、填湖池已成为近现代城市建设之风。城市无水体, 不仅环境、景观无特色、无风韵, 城市小气候恶化, 更糟糕的是, 遇暴雨或久雨, 街道成河, 汽车熄火, 交通受阻, 商铺进水, 成为从南至北的另类城市景观, 少有例外。

城市水体有重要的调蓄雨洪的功能。明清北京紫禁城的筒子河和内金水河共长 6 km, 河道密度达 8.3 km/km², 堪与水城苏州(宋代为 5.8 km/km²)相媲美。筒子河蓄水容量为 118.56 万 m³, 即使紫禁城内出现极端大暴雨, 日雨量达 225 mm, 径流系数取 0.9, 而城外有洪水困城, 筒子河无法排水出城外, 紫禁城内径流全部流入筒子河, 也只是使其水位升高 0.97 m。因此, 自明永乐十八年(1420 年)紫禁城竣工至今近 600 年, 城内无一次雨潦致灾的记录^[8]。可见城市水系、水体的调蓄雨洪的重要作用。

近现代填占城市水体的例子俯拾皆是。较典型的有成都市填掉了 1 000 多个池塘, 1958 年填掉了唐代始建、有 1 000 多年历史的内金水河, 以至在 1983 年“8·17”大洪水中造成严重损失。

武汉市也是典型例子, 武汉市区被长江、汉江分割成三镇, 城区地面标高平均为 24 m, 长江汛期历年平均水位为 25.38 m, 最高洪水位为 29.73 m。20 世纪中叶。武汉市拥有水面 6.67 hm² 以上的湖泊 300 多个。由于历史上围湖造田, 填湖建厂, 填湖开发, 湖泊水面锐减。解放初, 市内湖泊仍达百个。后来, 玻璃荡子、小东湖、茶叶港、都司湖等 8 个湖泊完全填没, 现只剩湖泊 27 个。幸存的湖泊, 容量也正急剧萎缩^[9]。武汉市在汛期常因暴雨而产生严重内涝, 市内水体锐减是主要原因。1998 年 7 月 21 日武汉市持续特大暴雨, 三镇 90% 的企业受渍, 1 183 户企业停产, 509 企业半停产, 累计直接损失 517 亿元以上^[10]。

可喜的是, 有的城市重视水体的保护和利用, 而减轻了洪涝灾害。安徽灵璧县城的环城河由于管理不善, 排水不畅, 1990 年 7 月一场暴雨, 使该县城 60% 房屋受淹。1991 年 3-5 月按“全面整修环城河, 疏通河道”的规划要求, 整治竣工, 1991 年大洪水中, 灵璧县城排洪通畅, 城内基本未受损失^[11]。

广州市地势较低, 常在大暴雨后内涝。为此, 广州市全面规划了蓄洪排涝系统, 在北部、东北部丘陵山区, 利用河谷地貌建设了磨刀坑、金钟等 7 个水库。1952 年起市区内整治了玉带濠、六脉渠、西涌等 10 多条臭水明渠, 建设了 10 多座蓄洪排洪闸。1958 年, 将低洼积水、蚊蝇滋生的烂泥塘, 改造开挖了东山、荔湾、流花、麓湖 4 个人工湖, 蓄洪能力 250 万 m³, 解决了广州市东、西两大片大面积低洼地“小雨小淹, 大雨大淹, 无雨积水”的问题。1986 年又疏浚东湖, 使其蓄水量增加了 13 万 m³^[12]。以这四大人工湖为基础建成总面积

192.3 hm² 的四个大公园, 大大美化了广州的城市环境。但 1990 年后城区大扩展, 调蓄能力不足, 内涝问题又越来越突出。

(3) 都市化洪水效应加重了内涝。

城市内涝增加, 与都市化洪水效应影响也关系甚大。都市化使天然流域迅速变化, 使原透水的植被和土壤变为不透水的人工建筑物, 使大部分降雨无法进入地面垫层以下, 而形成地面径流, 使暴雨洪水的洪量增加, 流量增大, 峰现时间提前, 洪水涨落过程加快, 这就是都市化洪水效应的主要特征。它使原排水排洪系统能力偏小, 从而加重了市区洪涝灾害^[13]。

(4) 海平面上升将使沿海城市排水困难, 造成潮灾。

海平面上升是全球气候变暖的结果。考虑到三大三角洲存在不同程度的地面下沉, 结合推算到 2050 年的相对海平面的上升值: 珠江三角洲为 40~50 cm, 上海地区为 50~70 cm, 天津地区为 70~100 cm。对广州岸段而言, 海平面上升 50 cm, 现状 50 年一遇的风暴潮将变为 10 年一遇, 而长江三角洲地区, 100 年一遇的风暴潮将变为 50 年一遇, 海洋灾害对城市的威胁将更加频繁^[14]。

长江三角洲和上海历史上常受风暴潮威胁。1962 年 7 号台风, 黄埔公园最高水位 4.76 m, 半个上海市区被淹, 水深 0.5~0.7 m, 损失达 5 亿元。近 100 年来上海市潮位升高进程出现大潮汛的年份计有 1900、1905、1915、1921、1931、1933、1939、1944、1962、1974、1981、1991 共计 12 次。黄埔江外滩防洪墙高度是按千年一遇标准修建的, 若海平面相对上升 0.5 m, 则堤防标准将降为 100 年一遇, 抗灾能力显著降低。

广东珠江三角洲和韩江三角洲是台风多发区。1969 年 7 月 28 日 6903 号台风, 汕头市妈屿站潮位达 3.10 m, 汕头市区被水淹, 水深 1~3 m。1981 年 7 月 1 日台风暴潮, 汕头市区水深 0.1~0.5 m, 造成重大损失。1983 年 9 月 9 日的 8309 号台风, 虎门外的南沙镇出现 2.63 m 珠基高潮位, 这次风暴潮中, 番禺市死伤 137 人, 广州市多处被淹, 街道水深约 1 m。1989 年 7 月 18 日的 8908 号台风, 赤湾站潮位达 4.69 m, 珠海市区水深达 0.5 m, 澳门一半面积被水淹, 广州东山区和下西关商业区一些街道被淹, 珠江三角洲损失共 10 亿元。广州老城有 4.25 km² 在珠基 1.4 m 以下, 13.01 km² 在 2.4 m 以下, 27.22 km² 在 3.4 m 以下。如果海平面上升 0.7 m, 20 年一遇的台风暴潮水位将达 3.1 m, 广州将有 20 km² 左右面积受淹, 经济济损失将达 200 亿元以上, 而且海平面上升, 将使城市排水能力下降, 加重城市内涝灾害^[15]。

(5) 本世纪在我国登陆的台风频率将增加 1.76 倍, 风暴潮灾害将更严重。

全球变暖, 热带洋面温度上升, 气压下降, 增加了产生台风的机会。据研究和推测, 在 21 世纪中期升温 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后, 则 21 世纪下半期北太平洋台风发生频率比目前增加两倍, 在中国登陆的台风, 频率将增加 1.76 倍, 台风暴潮灾害将更严重^[16]。

(6) 土地开发忽视防洪排涝工程系统的建设, 增加了洪涝风险。

近 20 年来, 珠江三角洲一带土地开发如雨后春笋, 其普遍模式是以推土机推平。表面上看起来速度很快, 很现代化, 实际上却埋下了水灾之隐患。这一方法破坏了原有植被, 造成了水土的严重流失, 又填平了山涧河沟洼地, 使自然排水系统和调蓄系统受破坏乃至消失。这种只搞开发, 不搞防洪排涝工程建设的做法, 其结果是开发区洪涝成灾。深圳市就是典型的例子, 由于流域内大规模开发, 水土流失, 河道淤塞, 加上河道又被侵占蚕食, 使深圳市 1993 年和 1994 年连续 4 次因暴雨内涝被淹, 仅 1993 年两次受淹即造成直接经济损失 13 亿元。

(7) 超量开采地下水, 造成地面沉降, 内涝灾害加重。

超量开采地下水引起的地面沉降主要发生在平原区。上海、苏州、无锡、常州、天津等都有此问题, 其中常州市地面下降 0.7 m , 塘沽附近 1959~1985 年间平均每年达 94 mm ^[16], 阜阳市更为严重, 1987 年沉降量为 277 mm , 现平均每年达 453 mm ^[17]。

无疑, 地面下沉将增加洪涝灾害对城市的威胁。

(8) 现代化使城市在水患面前变得更脆弱, 洪涝灾害引起次生灾害损失更严重。

城市现代化是人们追求的目标。然而, 现代化城市、尤其是大城市, 在水患面前却变得日益脆弱。这是因为: ①掌握国民经济命脉的中枢管理机能向大城市高度集中; ②城市对水、电、煤气、通讯、交通等生命线工程系统的依赖程度日益增大; ③城市向地下开发, 以缓解交通、商业、居住空间不足的矛盾, 高层建筑的动力系统往往置于地下室, 地下空间是防水患的薄弱环节; ④高速运转的金融、流通及各生产经济部门对通讯网络和计算机网络的依赖程度日益增大^[18]。

因此, 城市一旦遭受洪涝之灾, 其直接经济损失固然是巨大的, 而由此引起正常社会、经济、生活秩序的紊乱所造成的间接损失, 则会更大。

1982 年日本长崎市的水灾可以说明这一问题。近 160 万人口的长崎市及周围地区在 3h 内降雨 350 mm 的情况下, 造成了 299 人死亡和 25 亿美元财产的损失。其中, 高层建筑地下动力设备, 水、电、煤气、通讯等城市生命线工程系统的受害较严重。因流失、冲撞、泥石掩埋而遭受损害的汽

车达 2 万辆。有些用电脑控制的高级车辆, 门窗的开闭全部自动控制, 由于线路全部集中在汽车底盘上, 底盘浸水, 控制系统失灵, 门窗无法开启, 使汽车变成封闭的船被冲入海中, 车内丧生者达 20 人。

在美国发生的洪水灾害中, 也出现过城市计算机网络系统破坏, 使依赖此系统进行生产和管理的企事业单位无法正常工作, 从而造成数亿美元损失的例子。

(9) 北京城市内涝与排水管道断面沉积物多影响排水相关^[19], 这反映出现代城市排水设计和管理的弊病。

从 2007 年下半年开始, 北京建筑工程学院环境与能源工程学院教授李海燕调查北京市城区雨水排水管道内沉积物的沉积状况。李海燕写成了题为《北京城市雨水(排水)管道中沉积物沉积状况调查研究》的论文: “北京市近 80% 的雨水排水管道内有沉积物, 50% 的雨水排水管道内沉积物的厚度占管道直径的 10%~50%, 个别管道内沉积物厚度占管道直径的 65% 以上。”“更重要的是, 这些沉积物会造成城市水系水质被污染”。雨水排水管道内壁越粗糙, 对水流的阻力越大。相同直径的铸铁管道内的沉积物比钢筋混凝土管道内的沉积物少 50% 以上。目前我国大多数城市的雨水排水管道都是钢筋混凝土管道。垃圾管理工作不到位也是造成雨水排水管道内沉积物较多的重要原因。此外, 老居民区内路面等基础设施的维护和翻修工程较多, 会增加进入排水管道颗粒物的总量。目前实行的《北京市城市市政排水设施管理暂行办法》发布于 1986 年初, 距今已有 23 年, 已经严重落后于北京市快速发展的城市建设。这种设计技术的落后和管理的落后是城市内涝的重要原因。

4 防止现代城市暴雨后涝灾的减灾措施

(1) 加强市区行洪江河水道的规划和管理, 立法严禁侵占和填塞。

(2) 保护市区湖池洼地以调蓄暴雨洪水, 减少内涝灾害。

(3) 保护古城原有水系, 使它继续发挥调洪排涝作用。

赣州古城保留了宋代建设的福寿沟, 使旧城区不受暴雨后涝灾的威胁。2010 年夏季, 中国许多大中城市在暴雨后街道成河, 内涝成灾, 而赣州城却安然无恙, 其古城墙外御江河洪水, 其城内福寿沟排水排洪系统继续发挥着重要作用, 赣州百姓得以安居乐业^[20]。

(4) 增大城区透水地面, 增加城区蓄水容量。由于西方发达国家城市化较早, 在暴雨涝灾

的经验教训中较早探索了增加城市调节雨洪能力的措施, 已有不少成果, 可供人们参考借鉴。从 1965 年起, 日、美等国开始修建城市蓄水设施。1971 年日本制定了《大规模住宅区开发的调节池技术规范》。这些蓄水设施有如下类型: ① 多功能分洪区。选一些低洼地, 平时作为公园或运动场所, 洪水或暴雨时则可分洪。② 治水绿化区。楼群间和四周的保护绿化带, 地面较低, 雨季可临时蓄水。③ 防灾调节池。设于住宅小区低洼处, 雨季可蓄水。④ 公园蓄水。将公园挖低, 平日为公园, 大雨时可蓄水, 雨后用泵排出。⑤ 操场蓄水。将场地挖低, 雨季可蓄水, 泵排。⑥ 多级蓄水设施。将蓄水区分为不同高程, 小雨时仅最低处蓄水, 其他区间仍可它用, 大雨时逐渐扩大蓄水面积。⑦ 停车场蓄水。场地较地面低 30 ~ 40 cm, 大雨时可蓄水, 经渗水沟渗入地下。⑧ 楼群空地蓄水。楼间地坪较低, 楼群间用交通桥连接, 地面可蓄水, 以溢流孔控制, 水深不超过 0.5 m。⑨ 地下室蓄水。在建筑物地下设大型蓄水池, 雨水稍加处理可用于冲洗、绿化。⑩ 地下水库。建于大型运动场下面, 库顶即运动场, 用桩柱支撑。地下河道。东京、大阪等城市正建设数 10 km 长的大型地下河, 可蓄排雨水。各户蓄水。在企业、住户建设小型蓄水槽, 将降于自己院落内的雨水蓄留起来, 经渗水井渗入地下^[21]。

中国水利水电科学研究院水力学研究人员, 也研究了具体规划设计的方法^[22], 可供参考。

(5) 加强现代城市水灾特点的研究, 对水、电、煤气、通讯、交通等生命线工程系统的防水灾以及计算机网络的安全应予特别的关注, 并采取必要的防御措施, 对地铁、地下商店、高层建筑的地下动力系统以及下凹式立交系统的防水浸问题应采取可靠的防御措施。

1993 年和 1994 年深圳水灾中, 下凹式立交桥全部淹没, 汽车被阻于桥下, 被水淹没, 交通陷于瘫痪, 此外, 高层建筑地下动力设备被水淹, 造成严重的损失。这一教训必须吸取。

(6) 加强城市规划、建设、管理上防御洪涝灾害的科学研究, 新城建设和城区扩建均要选址于不受或不易受洪水袭击的地方, 土地开发应严令禁止以往的一律推平的破坏植被、水文环境的错误做法。

(7) 控制城区内人工设施和建筑、道路的密度, 扩大绿化面积, 尽量弱化都市化洪水效应。采用透水的新型混凝土铺设城市路面。

5 结语

随着全球人口的增多, 人类对土地、森林、水、生物资源的过度利用, 整个地球的环境在恶

化, 灾害愈演愈烈。现代城市内涝灾害的剧化与多种因素相关, 与古城水系防内涝相比较, 可以看出, 古城水系用河渠为城市排水干渠, 密度达 1 ~ 8.3 km/km², 行洪断面达 28 ~ 374.28 m², 水系调蓄能力巨大, 管理良好。现代城市以暗渠和管道排水, 本身行洪断面小, 调蓄能力小, 加上管理不善, 水管内沉积物多, 再加上城内河、湖、池、洼地被填占, 地面下沉等诸多因素, 内涝灾害是难以避免的。借鉴古代经验, 从根本上改变现代城市的排水系统和增大调蓄容量, 加强管理清淤, 才能防止暴雨后城市内涝灾害。

参考文献:

- [1] 吴庆洲. 中国古城防洪研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009: 12.
- [2] 同治重修成都县志(卷 13)艺文志
- [3] (宋)朱长文. 吴郡图经续记(卷上)一城邑[M]. 南京: 江苏古籍出版社, 1986.
- [4] 曾昭璇. 整治三枝香水道之我见[J]. 人民珠江, 1984(6): 5-8.
- [5] 水利部珠江水利委员会规划处. 关于广州市区洪潮水位变化情况开展河道岸线规划工作的意见[R]. 1986.
- [6] 周作恒. 浅谈珠江三角洲整治开发与广州市城市规划的关系[J]. 人民珠江, 1984(6): 2-4.
- [7] 吴庆洲. 中国古代的城市水系[J]. 华中建筑, 1991(2): 55-61.
- [8] 吴庆洲. 中国古代城市防洪研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995: 150-165.
- [9] 张万萍, 吕新华, 刘点伟, 等. 对长江中下游洪灾治理的思考[M]//许厚泽, 赵其国. 长江流域洪涝灾害与科技对策. 北京: 科学出版社, 1999: 27-31.
- [10] 黄理兴, 郭建扬, 谷志孟, 等. 武汉地区防汛抗洪中存在的几个主要问题与对策[J]. 灾害学, 1999, 14(1): 23-27.
- [11] 董扬. 从安徽省城镇洪涝灾害谈城镇防洪规划[J]. 城市规划, 1992(1): 19-23.
- [12] 杨士弘. 广州市暴雨洪涝的环境效应及减灾对策[C]//广东省地理学会. 广东省地理学会 1994 年综合学术年会论文集. 广州: 华南理工大学出版社, 1996.
- [13] 吴智先. 关于都市化地区洪水水文效应的分析[J]. 贵州水力发电, 1989(1): 1-5.
- [14] 施雅风. 我国海岸带灾害的加剧发展及其防御方略[J]. 自然灾害学报, 1994, 2(2): 3-14.
- [15] 叶叔华. 运动的地球——现代地壳运动和地球动力学研究及应用[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1996.
- [16] 任美镔. 任美镔地理论文选[M]. 北京: 商务印书馆, 1991: 440.
- [17] 孙凤贤. 地下水开采对城市的影响及其对策[J]. 城市规划, 1991(3): 55-56.
- [18] 程晓陶, 冯智瑶. 城市化与现代社会中的水害演变——从日本经历看今日深圳[J]. 自然灾害学报, 1994, 2(2): 41-48.
- [19] 李静. 北京市 80% 排水管道患上肠梗阻[N]. 中华建筑报, 2009-12-15(3).
- [20] 江西赣州遇洪未涝, 宋代排水系统仍发挥作用[N]. 中国青年报, 2010-7-14(4).
- [21] 刘树坤. 现代城市水灾漫谈[J]. 中国水利, 1994(9): 13-14.
- [22] 铁灵芝, 丁龙江, 廖文根. 城市防洪除涝新设施规划设计方法研究[C]//城市与工程减灾基础研究论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 223-231.

(下转第 121 页)