

第 1 部分

雨洪管理与人居环境历史研究

古代智慧与现代科技结合治理城市内涝

吴庆洲

(华南理工大学建筑学院, 广东省广州市, 510640)

Ancient Wisdom Combining with Modern Science and Technology Against Urban Waterlogging

Qingzhou Wu

(Professor, School of Architecture, South China University of Technology, Guangzhou, 510640, China)

摘要: 本文总结中国古城防止城市内涝的历史经验, 主要是规划、建设和管理好城市水系, 古城水系的排洪河道密度和行洪断面是两个重要的技术指标, 古城水系调蓄能力是防止雨涝灾害的重要因素。文内列举了明清紫禁城和赣州古城两个防内涝的典范。文中分析了现代城市频频内涝的原因, 并提出了将古代智慧与现代科学技术结合起来治理城市内涝的对策, 以及建立大、中、小三个排水系统的设想。

关键词: 城市水系; 河道密度; 行洪断面; 调蓄能力; 城市内涝; 古代智慧; 现代科学技术; 对策

Abstract: This paper sums up the historical experience of China's ancient cities against urban waterlogging as to plan and build and administer urban canal system, of which, the density and area of section of the escape canal being important technical index, and the storage capacity of urban canal system being key factor to avoid urban waterlogging. The Forbidden City of Ming and Qing Dynasties and ancient Ganzhou are two examples against urban waterlogging. It also analyses the causes of modern cities suffering urban waterlogging and puts forward countermeasures of combining ancient wisdom with modern science and technology and a proposal of building a large, a middle and a small three drainage systems to avoid urban waterlogging.

Key words: urban canal system; density of escape canal; area of section of escape canal; capacity of storage; urban waterlogging; ancient wisdom; modern science and technology; countermeasures

1 引言

近年来, 中国城市雨洪内涝灾害频频发生, 造成巨大损失。比如: 2012年7月21日至22日, 北京降特大暴雨, 造成77人死亡, 160多万人受灾, 经济损失巨大, 百姓生活受到严重影响。解决城市雨洪引起的内涝灾害, 已成为城市建设和管理的当务之急。

为什么中国现代城市这么脆弱, 一场暴雨就引发一系列的灾害、造成严重损失? 为什么明清紫禁城建成至今近600年, 从无暴雨后洪涝灾害出现? 为什么在近年全国许多城市暴雨后出现洪涝之灾时, 保有宋代排水系统福寿沟的赣州城却平安无事? 中国古城在排水和防涝上有何好的经验? 本文拟探讨这一问题。

基金项目: 国家自然科学基金“中国古城水系营建的学说及历史经验研究”资助项目(51278197)。

作者简介: 吴庆洲, 男, 教授, 研究方向为城市史和城市防灾。

2 中国古城避免内涝的智慧——营建和管理好古城的水系

目前中国发现的最早的古城为湖南澧县城头山古城，距今有 6000 年的历史^[1]。城头山古城有一圈护城河，即环城壕池，它是中国古城水系的重要组成要素之一。

中国古城水系由环城壕池和城内外河渠湖池组成，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、改善城市环境等多种功用，被誉为“城市之血脉”，其中，排水排洪和调蓄洪水两大功用对防止城市涝灾至关重要。

2.1 中国古城水系营建和管理的历史经验

通过对汉长安城至明清北京城、明清紫禁城历代京都城市防洪情况的研究，有如下重要发现：

(1) 城市排洪河道密度和行洪断面是两个重要技术指标，对防止内涝十分重要。

(2) 城市水系的调蓄能力是城内防止雨涝之灾的重要因素。

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^[2]。

2.2 中国古城水系防止内涝的典范

2.2.1 明清紫禁城防洪排涝的历史经验

明清北京城的城市排水系统中，规划、设计得最周密、最科学的部分是紫禁城的排水系统，如图 1 所示。

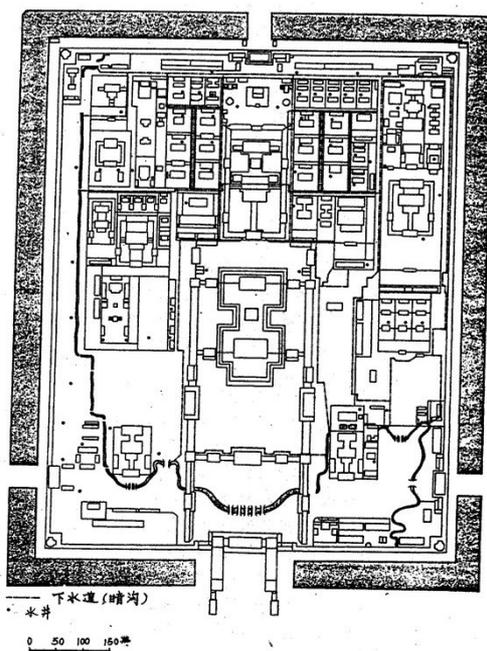


图 1 紫禁城（故宫）排水干道图

（引自于倬云著《紫禁城宫殿》）

紫禁城为明清两代的宫城，平面呈长方形，南北长 961m，东西宽 753m，周长 3428m，面积约 0.724km²。

明代永乐四年（1406 年）开始兴筑宫城，十八年（1420 年）基本竣工。紫禁城沿用元朝大内的旧址而稍向南移，周围开凿护城河（筒子河），用条石砌岸。其规划设计以南京宫殿为蓝本^[3]。

宫城是在元大都的基础上营建的。当时,负责规划的官员、匠师对原元大都内水系的来龙去脉以及暗沟的排水坡度和高程有相当的了解。在营建紫禁城时,尽量利用了原有的排水系统,并在原有的基础上作了如下多方面的改进:

(1) 开凿了绕城一圈又宽又深的护城河——筒子河。

筒子河宽 52m,深 6m,两侧以大块豆渣石和青石砌成整齐笔直的河帮,岸上两侧立有矮墙,河长约 3.8km。筒子河的开凿不仅利于军事防卫,并增加了宫城之美,且兼有排水干渠和调蓄水库的两重作用。其蓄水容量为 118.56 万 m^3 ,即使紫禁城内出现极端大暴雨,日降雨量达 225mm^[4],径流系数取 0.9,而城外有洪水困城,筒子河无法将水排出城外,紫禁城内径流全部泄入筒子河,也只是使筒子河水位升高不足 1m (0.97m)。

(2) 开挖了城内最大的供排水干渠——内金水河。

内金水河,总长 655.5 丈^[5],合 2097.6m。河身以太和门一带最宽,为 10.4m,河东西两端接涵洞处则为 8.2m,最窄处为 4~5m^[6]。

(3) 设置多条排水干道和支沟,构成排水沟网。

明代在紫禁城内建设了若干条排水干沟,沟通紫禁城各宫殿院落。总的走向是将东西方向的水流,汇流入南北走向的干沟内,然后全部流入内金水河。还建设若干支沟,构成排水沟网^[6]。

(4) 采用了巧妙的地面排水方法。

紫禁城地面排水的主要方法是利用地形坡度。水顺坡流到沟槽汇流,自“眼镜”漏入暗沟内。太和殿的雨水,由三层台的最上层的螭首口内喷出,逐层下落,流到院内。院子也是中间高,四边低,北高南低。绕四周房基有石水槽(明沟),遇到台阶,则在阶下开一石券洞,使明沟的水通过^[6]。

(5) 排水系统的设计、施工均科学、精确,管理妥善,因而坚固、耐久。

紫禁城的排水系统,不仅设计和施工科学、精确,而且有妥善的管理。

明清紫禁城外绕筒子河,内贯金水河,两河共长约 6km,其河道密度达到 8.3km/km²,堪与水城苏州(宋代为 5.8km/km²)^[7]相媲美。明清紫禁城的排水系统以规划设计的科学、完备,排水方法的巧妙有效,水系调蓄能力大,而成为我国古城排水系统最完美的典范。紫禁城内共有 90 多座院落,建筑密集,若排水系统欠佳,一定会有雨潦致灾的记录。然而自永乐十八年(1420 年)紫禁城竣工,至今已近 600 年,竟无一次雨潦致灾的记录,排水系统一直沿用至今而有效^[6],这不仅是中国城市建设史上,也是世界城市建设史上的奇迹。

2.2.2 赣州古城福寿沟(图 2)

赣州地处亚热带,降水强度大,日降雨最大达 200.8mm (1961 年 5 月 16 日)^[8]。若城内无完善的排水排洪系统,必致雨潦之灾。北宋熙宁年间(1068—1077 年),水利专家刘彝知赣州,作福、寿二沟“阔二、三尺,深五、六尺,砌以砖,覆以石,纵横纡曲,条贯井然,东、西、南、北诸水俱从涌金门出口,注于江。”^[9]“作水窗事十二间,视水消长而启闭之,水患顿息。”^[10]水窗即宋《营造法式》之“券鞞水窗”,即古城墙下之排水口。古城的排水系统福寿沟,其中寿沟早于福沟。福寿沟有如下特点:

(1) 历史逾千年,至今仍为旧城区排水干道。

福寿沟北宋熙宁间已存在,迄今已有千年历史。历代均有维修,清同治八年至九年(1869—1870 年)修后依实情绘出图形,总长约 12.6km,其中寿沟约 1km,福沟约 11.6km。1953 年修复了最长的一段福寿沟——厚德路下水道,长 767.7m,砖拱结构,断面尺寸宽为 1.0m,深 1.5~1.6m,拱顶复土厚 0.8~1.2m。倒塌了的部分进行重建。1954 年后,除修复外,尽可能用钢筋混凝土管,改铺在街道上,清理疏通和

3 当代城市暴雨后内涝的原因

中国当代城市暴雨后涝灾极为常见，与下面原因^[12]有关：

- (1) 城市建设填占或挤占行洪河道，使江河洪水位升高，排水困难而增加内涝风险；
- (2) 填占城市河、湖等水体、洼地，使城市水系缺少调蓄功能；
- (3) 都市化洪水效应加重了内涝；
- (4) 海平面上升将使沿海城市排水困难，造成潮灾的严重威胁；
- (5) 土地开发忽视防洪排涝工程系统的建设，增加了洪涝风险；
- (6) 超量开采地下水，造成地面沉降，内涝灾害加重；
- (7) 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^[13]；
- (8) 北京城市内涝与排水管道断面沉积物多影响排水^[14]，这反映出现代城市排水设计和管理的弊病。

4 古代智慧与现代科技结合治理城市内涝的对策

4.1 现代城市排水的困境

(1) 城市原有的水系消失或残缺不全，市政排水管网取代城市水系，排水管网标准普遍偏低，更不具有调蓄功能。因此，暴雨后常常出现内涝。

(2) 都市化洪水效应增加了排水负担，让内涝更为严重。

(3) 借鉴巴黎、伦敦、东京等城市的地下排水隧道、大型地下蓄水池的做法，需要城市一次性投入相当规模的物力和财力，对于已成规模的建成区、老城区，所面临的改造难度更大。

4.2 排蓄并举，建立大、中、小三个层次的城市防涝排蓄一体化系统^[15]

4.2.1 城市大排水系统

在城市总体规划层面，构建以城市水系为主体的城市防涝排蓄大系统。在城市总体层面制定排水防涝系统规划时，应改变以“快排”为主的思路，立足“排蓄并举、排蓄互补”的设计理念，构建以河、湖、渠、池等城市水系为主体，地下调蓄隧道、调蓄池等设施为辅的城市防涝大系统，达到满足设计高重现期暴雨（如 50~100 年一遇）的标准，成为城市防涝安全的最根本保证。基于城市的排水管网与城市水系是一个前后承接的有机统一体，合理的水面率、河网密度、科学的城市竖向排水分区是规划排水防涝系统的基础先决条件。不同城市应根据现状地形、原有自然水系和规划用地布局，划分出若干竖向排水分区，建立城市宏观层面的雨水排、蓄平衡，规划设计合理的水系布局、各种水体的形态与容量，确定雨洪行泄的竖向通道，引导排水安全流入河湖。对于水面率低、河网密度不足、城市低洼等内涝风险大的区域，应尽可能规划增加人工河湖、水道，或局部规划下凹式绿地、道路、广场等成为雨涝灾害情况下的地表行洪通道和调蓄水池。

4.2.2 城市中排水系统

运用城市雨水模型，规划城市排水管网系统，校核、量化管网与水系的防涝排蓄能力，围绕城市各排水分区，采用不同的排水管网设计标准。可利用 GIS 等地理信息系统建立城市竖向规划高程模型，SWMM (storm water management model) 等雨洪软件录入拟设计的城市排水管网、河道、湖池、泵闸等排水排涝设施以及未来城市下垫面的规划信息，并在可能的条件下，加入流域水系的雨洪外围条件。模拟分析在不同暴雨强度下城市的排水、排涝状况，评估与校验各分区排水管网的排水排涝能力。既要修改完善上层水系防涝大系统的规划方案，有效弥补和衔接管网与水系之间的有机联系。又要以此为依据，明确各排水分区的排水管网设计标准；制定合理的竖向规划高程，量化排蓄水系中河道、湖池等各类水

体与下凹式绿地、广场等蓄水工程的设置指标；还要对未来城市下垫面的组成提出具体规划要求，为进一步的城市片区、地块规划提供设计依据^[18]。

4.2.3 城市小排水系统

引入城市雨水源头控制理念，在城市地块层面制定防涝排蓄控制指标体系。当前城市内涝产生的一个重要因素，就是城市硬化面积的扩张，阻断了雨水下渗，破坏了自然水文循环，降雨产生的径流峰值与总量均大幅增加。发达国家的雨洪研究中，越来越强调雨水源头控制在径流减排及水质污染控制等方面所发挥的重要作用，如美国的低影响开发技术（LID）和绿色雨水基础设施（GSI）、英国的可持续排水系统（SUDS）等，我国的《室外排水设计规范》（2011年版）、《绿色建筑评价标准》、《公园设计规范》等标准^[16]，以及国务院办公厅（2013）第23号文件中，也都明确地加入了应用LID雨水源头控制的措施。雨水源头控制系统可以明显缓解排水管网和城市水系的排放压力，需要在城市的片区、地块规划层面，通过对雨水的“渗透、滞蓄、调蓄、净化、利用、排放”进行量化控制，才能高效率地实现对雨洪的综合管理。具体到城市各地块控制性详规中，要合理制订出蓄水水体容量、滞水绿地面积、铺装透水地面面积、各蓄水工程蓄水量等指标。既贯彻上层城市防涝规划和利用雨水模型所得到的数据信息，又科学地构建起“源头减排—排水管网—城市水系”的城市防涝系统，成为具有强制执行力的控规指标体系，保证城市防涝规划整体有效的实施。综上所述，城市防涝系统的建立是城市总体规划中不可或缺的重要组成部分，并与城市的各类用地（绿地、广场、道路）规划、竖向规划、水系规划、市政排水管网规划、城市防洪规划直接相关。而城市水系本身除排蓄功能外，还承担着防洪、生态、景观、人文活动、水源保护、水污染控制等复合功能。

因此，城市防涝规划是一项构建“以城市水系为主体的大排水系统、以市政管网为主体的中排水系统、以市各地块的‘排、蓄、渗’控制指标为主体的小排水系统”3个层面的内容为基础框架（图3），协调、兼顾城市各相关分项规划为扩展，突出绿色、生态、源头控制、污染防治、建立良性可持续的水循环系统为目标的综合性规划，并贯穿于城市总体规划、分区规划、详细规划的整个过程。

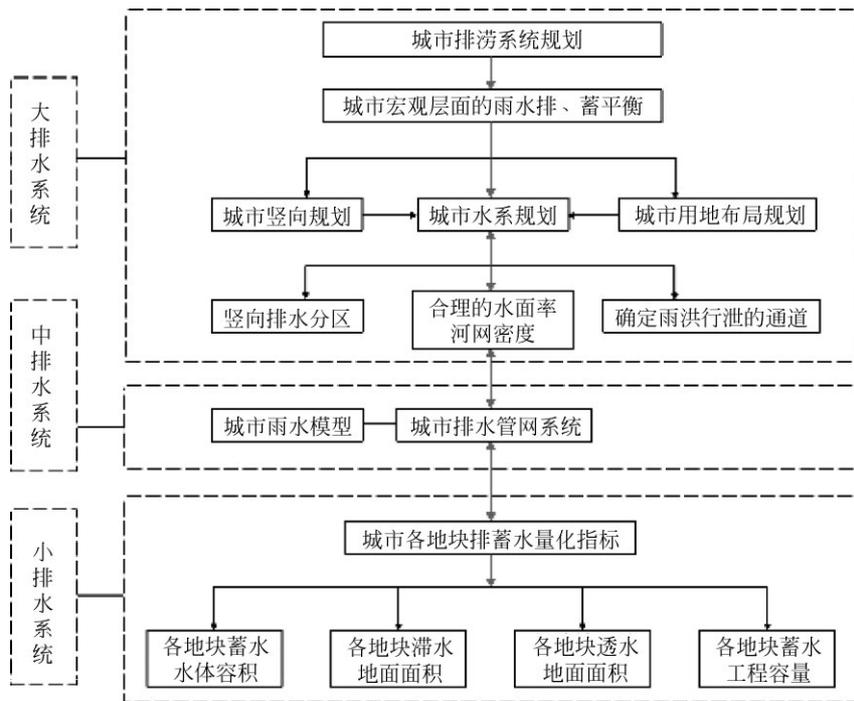


图3 城市防涝体系规划框架

5 结语

治理现代城市内涝是一个系统工程,古城水系营建中所蕴含的尊重环境、合理利用和保护自然资源的历史经验和智慧,对建设绿色、生态、可持续发展城市具有长远意义。同时,需要在城市规划中,在城市总体、片区、地块各个层面重视城市水系的排蓄功能、雨水的源头控制、城市水循环系统的建立,时刻保持对科学和自然的敬畏与尊重,才能探索出一条治理中国城市内涝之路。

参考文献

- [1] 湖南文物考古研究所. 澧县城头山古城址 1997—1998 年度发掘简报[J]. 文物, 1996, 6: 4-17.
- [2] 吴庆洲. 中国古城防洪研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009: 121.
- [3] 清光绪顺天府志. 卷三. 宫禁. 明故宫考.
- [4] 陈正祥. 中国文化地理[M]. 香港: 三联书店香港分店, 1981: 103.
- [5] 清宫述闻. 初续编合编本. 24[M]. 北京: 紫禁城出版社, 1990.
- [6] 于倬云. 紫禁城宫殿[M]. 香港: 商务印书馆分馆, 1982.
- [7] 吴庆洲. 中国古代的城市水系[J]. 华中建筑, 1991. 2: 55-56.
- [8] 刘继韩. 赣州市城市气候及其城市规划布局的影响[C]//北京大学地理系、赣州市城市建设局. 赣州城市规划文集, 1982: 21-33.
- [9] 天启赣州府志. 卷二. 舆地志. 38.
- [10] 天启赣州府志. 卷十一. 名宦志. 刘彝.
- [11] 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, 2010-07-14.
- [12] 吴庆洲. 古代经验对城市防洪的启示[J]. 灾害学, 2012, 3: 111-115.
- [13] 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: 41-48.
- [14] 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).
- [15] 吴庆洲, 李炎, 吴运江, 等. 城水相依显特色, 排蓄并举防雨潦——古城水系防洪排涝历史经验的借鉴与当代城市防洪的对策[J]. 城市规划, 2014, 8: 71-77.
- [16] 赵敏华. 绿色雨水基础设施的探索与实践[C]//2013 城市雨水管理国际研讨会论文集, 2013.

从徽州传统村落的水系构筑看景观水文

裴逸飞，冷嘉伟

(东南大学建筑学院，江苏省南京市，210096)

Research from Huizhou tradition village water system construction to Landscape Hydrology

Yifei Pei

(Ph. d Candidate, Southeast University School of Architecture, Nanjing, 210096, China)

Jiawei Leng

(Professor, Southeast University School of Architecture, Nanjing, 210096, China)

摘要: 逐水而居的徽州传统村落，在水系利用、景观塑造、场所营造上有其独特而智慧的系统建构，自建村初始便设置并不断完善的村落水系，除了满足日常使用、排水防洪之外，亦具有景观标识性，是积极的场所空间。笔者尝试着从徽州传统村落的水系构筑来着手研究景观水文，试图总结归纳徽州传统村落景观水文的构成要素及其相关经验和做法，从景观视角来理解水文现象，以水文经验来指导景观设计，为景观水文设计和研究提供借鉴实例。

关键词: 徽州；传统村落；水系构筑；景观水文

Abstract: Huizhou tradition villages have unique and intelligent water system construction in the aspects of water system usage, landscape built and genius loci molded. In addition to satisfy the daily use, drainage and flood control, village water system construction at the beginning to the subsequent process also has contribute to the creation of landscape and genius loci. Hydrological phenomenon can be understood from the view of landscape, while hydrologic experience guide the landscape design. With the research of landscape hydrology on the base of Huizhou tradition village water system construction, author try to summarize the traditional elements of Huizhou village landscape hydrology and related experience in order to provide reference examples for the research and design.

Key words: Huizhou; tradition village; water system construction; landscape hydrology

随着我国城镇化建设的快速发展，园区新建和旧城改造越来越频繁，然而，在新建和改造之后，却频频出现雨洪内涝、排水不畅等问题。因此，如何在城市规划、建筑设计、景观构筑的过程中，建立良好的聚水、蓄水、排水和防洪系统，营造水系景观以重塑场所空间，在充分利用与控制水系之余，又能达到景观水文的艺术效果，是当下规划师、建筑师、景观师值得考虑的问题。

笔者及所在的研究团队从 1991 年开始就对徽州传统村落进行研究，在宅居单体及村落整体形态的基础上，以徽州传统村落群作为研究对象，从更大范围的“生活圈”来研究村落的布局形式、功能组合和风貌构成，研究的基点已不再局限于某些单体建筑，而是包括村落农田、水系、墓地等外部空间要素，

基金项目：面向乡村建设可持续发展的徽州传统村落集群研究（项目批准号：51278111）。

作者简介：裴逸飞，男，东南大学建筑学院建筑学在读博士，研究方向为徽州传统村落集群、村落民居改造保护与再利用；冷嘉伟，男，东南大学建筑学院教授、博士生导师，研究方向为建筑与城市环境的整体设计和历史街区的保护与更新。