

文章编号: 1009-6000(2013)12-0072-05
中图分类号: TU984.2 文献标识码: B

作者简介: 韩高峰, 硕士, 国家注册规划师, 一级注册建筑师, 高级规划师, 赣州市城乡规划设计研究院院长;
黄仪荣, 硕士, 赣州市城乡规划设计研究院规划师。

城市安全视角下排水系统建设的探讨

——基于福寿沟的启示

Study on the Construction of Drainage System of Historical City in Perspective of Urban Safety: Case Study of Fushou Ditch

韩高峰 黄仪荣

HAN Gaofeng HUANG Yirong

摘要:

近年来, 国内频发的城市内涝对城市安全构成了严峻挑战, 特别是北京“721”暴雨事件以来, 城市排水工程建设再度引起社会高度关注。堪称城市水利工程史上奇迹的赣州福寿沟, 历经900多年仍然在发挥作用, 造就了赣州“千年不涝”的传奇。文章基于城市安全的视角, 探索福寿沟的运行机理, 分析基于福寿沟的赣州现代排水系统构建, 并结合国内外先进城市排水系统建设经验, 探索完善现代城市排水系统建设的措施。

关键词:

城市安全; 城市排水系统; 福寿沟

Abstract: In recent years, the frequent urban waterlog becomes a severe challenge to urban safety. Especially after the Beijing “721” rainstorm, urban drainage project arouses great concern again. Fushou Ditch, which is called miracle of urban hydraulic engineering history, is stilling working for 900 years since it was built, and brings up the legend that the waterlog never happens in Ganzhou city for nearly one thousand years. From the perspective of urban safety, this paper analyses how Fushou Ditch works, and the construction of modern drainage system based on the experience Fushou Ditch, as well as foreign and domestic advanced experience in urban drainage system to explore measures of improving urban drainage system.

Key words: urban safety; urban drainage system; Fushou Ditch

1 背景: 新时期的城市安全问题

21世纪是一个“城市世纪”, 城市化已经成为各国实现现代化的共同选择, 但高速的发展进程改变了自然生态和社会环境, 由此引来频频不断的灾害。如何提高城市的防灾抗灾能力, 保障城市人居环境的安全已经成为全人类共同关心的问题。从1987年联合国召开“减少城市不安全性会议”, 到2010年以“建设具有抗灾能力的城市”为主题的国际防灾减灾日, 城市安全问题逐渐受到世界性的广泛关注。

近30年来, 中国的城市化突飞猛进, 而洪涝、干旱、地震等灾害对城市安全底线也构成了严峻挑战, 其中频发的城市内涝就是最突出的问题之一。据统计, 2008到2010年间, 全国351个城市中有60%在降雨量达到50cm以上时曾发生过内涝。仅2010年, 江南、华南、西南、东北等地先后多次发生强降雨过程, 严重的暴雨、洪水等灾害已致使165座县级以上城市受淹(王章立, 2010)。2011年全国137个县级以上城市进水受淹, 北京、武汉、成

都、南京、杭州等省会城市出现严重内涝(孙浩,2012)。特别是2012年北京“7.21”暴雨事件,遇难77人,造成直接经济损失116.4亿元,城市安全问题再度引起了社会高度关注。“重地上、轻地下”是中国城市建设的通病,而正由于排水系统建设的不完善,城市当前的防灾建设在面对无论是强度还是频度都在提高的城市灾害面前,愈发显得脆弱。相关学者也针对城市内涝问题,通过剖析历史治水的经验,探讨城市治水及城市排水工程建设的对策(李旭、张辉,2012)。因此,排水系统的建设成为治理城市内涝的关键和城市安全的重要保障,完善排水系统建设对于城市安全系统的构建至关重要。

2 赣州古城建设的城市安全元素

赣州位于江西省南端,于西汉初年建城,曾是宋代三十六大城市之一,迄今已有2200多年的历史,1994年经国务院批准为国家历史文化名城。赣州城的城市结构在宋代已基本形成,至今依旧保留了宋城的基本风貌,处处可见历史的烙印。赣州旧城沿用了宋代主要街巷的基本格局,“凡城中街衢委巷,皆为经理”,当时的六街,即阳(文清路)、阴(南京路)、横(章贡路、西津路)、长(赣江路)、斜(阳明路)、剑(濂溪路),仍是目前城区的主要干道

和商业街。宋代的砖城、舍利塔、八境台、浮桥、以及与宋代有不解之缘的夜话亭、郁孤台等,仍保存在市区之中。加上极盛于两宋时期的东郊七里古瓷窑址和鼎盛于北宋的通天岩石窟寺,更凸显赣州宋代风韵。而其中尤以“宋代四大城建工程”,即城墙、街道、浮桥、福寿沟,最令人惊叹,北宋时期建设的下水道工程——福寿沟,历时九百余年仍在发挥着它的作用,赣州城历经千年,而骨架血脉仍是宋代长成的,因此,被史学家誉为“宋城”、“宋城博物馆”。

赣州城市形态独特,章、贡两江在赣州城区的北端汇合成为赣江,“二水环流”的护城河造就了赣州古城的独特形态。赣州历史城区在营建过程中将我国传统的城池营建思想、地方文化和自然地地形充分结合,形成了独特的“龟形”城市形态和古城内“丁”字型传统空间格局。赣州在城市建设中历来非常注重城市安全体系的构建,一是城墙的建设,二是福寿沟的建设。城墙的建设是古代用于战争防御而保障城市安全的普遍做法,而赣州古城墙由于沿章、贡两江而建,同时还承担着防洪安全的作用,历代以来不断加高加固城墙,戒备洪水。赣州现存古城墙3600m,1996年被国务院列入全国重点文物保护单位,这些城墙、城门不仅成为今天的游览景

点,而且至今还在为赣州防洪发挥重要作用。福寿沟则是赣州城专门针对城市安全而建设的排水工程。福寿沟修建于北宋时期,工程由数度出任都水丞的水利专家刘彝主持,是罕见的成熟、精密的古代城市排水系统,福寿沟根据街道布局和地形特点,采取分区排水的原则,建成了两个排水干道系统,因为两条沟的走向形似篆体的“福”“寿”二字,故名“福寿沟”。至今,全长12.6km的福寿沟仍承载着赣州旧城区排污排涝功能。

3 基于“福寿沟”的旧城排水系统

近年来,“到城市去看海”已经成为人们口头上的调侃词,城市内涝的新闻频频出现在各种媒体上,“内涝”已经成为人们谈雨色变的词语。北京暴雨造成重大人员伤亡和财产损失,广州、南宁、南昌等诸多城市也惨遭水浸,效率低下、吞吐不灵的城市排水系统成了众矢之的,而同期的赣州市区降水近百毫米,却没有出现明显内涝。福寿沟作为中国古代城市排水工程的典范,多次被CCTV、深圳卫视等多家媒体报道。赣州近千年老城区未出现大内涝,与至今发挥作用的以宋代福寿沟为代表的城市排水系统密切相关。

福寿沟是北宋熙宁年间(公元1068—1077年)规划建设的,作为我国古代城市建设中极为有创造性的城市排水雨污合流制综合工程,“福寿沟”从诞生至今已940余年。据历史资料记载,赣州古宋城街区历经元、明、清历史变迁,街区分布基本没有太大变化,“福寿沟”沿街区分布,从1068年至1931年,虽经不断改造与维护,其整体布局基本没有太大的变化。从现存“福寿沟”的内部结构可以看出,“福寿沟”主干设计科学合理,构造坚固,其自然寿命可达5000年之久,是人类水利史上的历史奇迹。福寿沟之所以能让三面环水的赣州免遭城市内涝,甚至避过了1998



图1 北宋福寿沟图及赣州古城历史遗存现状

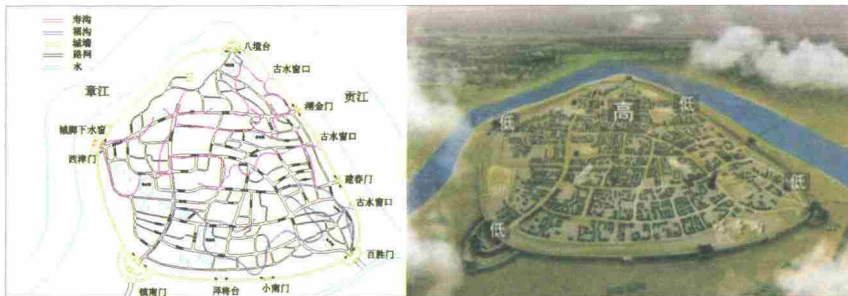


图2 福寿沟与街道、地形的结合

年的大洪灾，得益于它自身完美的运行机理，主要体现在以下几个方面：

(1) 巧妙结合地形和街道布局。

赣州古城由唐末五代时风水学家杨筠松选址建造，从地形上看，赣州是座“浮城”，被称为“水上龟城”，龟首在城南，龟尾在城北，城形如龟，可以减小洪水对城墙的冲击力。福寿沟的一大特点就是利用天然地形的高低之差，根据街道布局和地形特点，采取分区排水的原则，“寿沟受城北之水，东南之水则由福沟而出”，建成“福”“寿”排水主干道系统，利用坡度排水。现代下水道的坡度不够，一般都要用机械提排，而福寿沟完全利用城市地形的高差，采用自然流向的办法，使城市的雨水、污水自然排入江中。

(2) 合理的材质与断面结构。

宋代福寿沟为矩形断面，砖石结构，“广二三尺，深五六尺，砌以砖复以石”，在之后的维修过程中，有的沟段改为砖拱结构，但大部分仍保留砖沟墙，条石盖板结构形式。福寿沟的主体下半部分为花岗岩砌石，能够抵御长期的雨、污水浸泡与腐蚀，部分青砖刻着同心圆或井字，经专家鉴定均为唐代花纹砖，极具考古价值。砖拱结构力学张力均匀，具有强大的抗压与抗震功能，在现存的沟道中，最大的宽1m，深1.6m，最小的宽、深各0.6m，与地方志所记载的一致。宽敞且高排水沟形成完善的水道体系，不仅利于污水、雨水的收集，也利于维修工作，使得排水道历经千年不致淤积和坍塌，保证了福寿沟可以长期正常运行。

(3) 蓄水池塘的调蓄作用。

福寿沟能发挥作用，离不开一个基础，即赣州古城墙和古城水系。福寿沟与赣州城内三大池（凤凰池、金鱼池、嘶马池），以及清水塘、荷包塘、花园塘等数十口池塘连通，形成一个活的水系，有调蓄、溉圃和污水处理利用的综合效益，形



图3 福寿沟断面结构现状及复原图

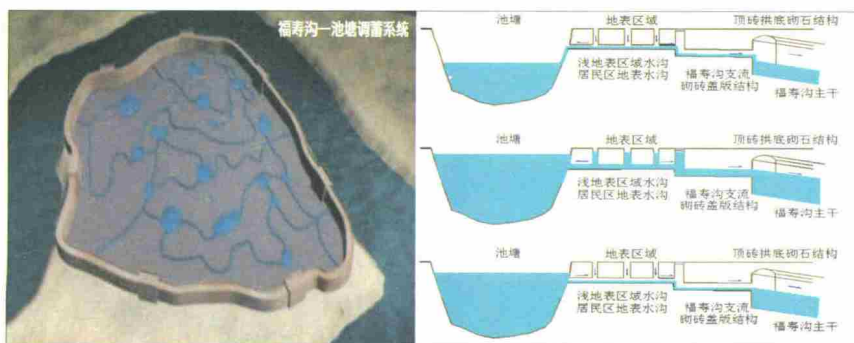


图4 福寿沟与池塘形成的调蓄体系及其调蓄原理



图5 现状“龟角尾”水窗和“水没洞”水窗

成了一条生态环保循环链。遇暴雨，它可调节雨水流量，减轻下水道溢流；江水回灌时，这些池塘又成为天然的蓄水池（冯长春，1984）。

（4）科学设计的水窗。

根据水力学原理，福寿沟在所有出水口处设置水窗，“造水窗十二，视水消长而后闭之，水患顿息”，通过12座水窗，将水分别排入章江、贡江。水窗的闸门借水力自动启闭，十分巧妙，原闸门均为木闸门，门轴装在上游方向，现存水窗改为铁闸门。水窗的原理很简单，当水位低于水窗时，即借下水道水力将水窗冲开排水；当水位高于水窗时，则借江水冲力将水窗自外紧闭，以防倒灌。

（5）断面设计的清排能力。

福寿沟由巨型暗沟和地面明沟组成，将城市的雨水污水收集排放到两条江中。为了保证排水沟道畅通且有足够的水压力（冲力），福寿沟在设计上采取了改变断面，加大坡度的方法来加大水流速度，主要在福寿沟主干和支沟交叉区域、水窗附近改变断面、加大坡度。如水窗的坡度是4.25%，比正常下水道大4.1倍，进入水窗的水增

加流速2~3倍，这样就保证了水窗内的水保持强大的水压，既可以冲刷走水中的泥沙和杂物，又可以冲开外闸门，排入江中。

4 现代城市排水系统的构建

作为国家历史文化名城，赣州市特别注重传承文脉，如2011年以来“阳街”（即现文清路商业街）、郁孤台历史街区等宋城文化元素的改造与恢复工作，同时开展福寿沟排水系统普查和申报全国重点文物保护单位工作。赣州城排水畅通运行，离不开长期对古福寿沟的维护和现代的排水系统的建设。赣州在城市建设过程中，十分注重保护利用古福寿沟，福寿沟运转奏效，经年不坏，有赖于市政工作者定期清淤疏浚。但福寿沟全长12.6公里，只是在一定范围内排涝，服务面积只有2.7km²，仅为赣州现有城区面积的二十分之一，担负的排水不及赣州总排放量的十分之一，受城市建设的影响，现在福寿沟排水系统并不完整。因此，在城区排水体系的构建上，赣州逐步将古福寿沟与新的排水体系融为一体，连成网络，使之共同担负起中心城区的排水重任，正因为排水系统古今合璧，

才使赣州城千年不涝得以实现。

同时，赣州逐步将福寿沟的成功经验从古城范围扩大至中心城区范围，致力于构建服务于全市的现代排水系统。在福寿沟排水体系的基础上，近几年，赣州以福寿沟为典范，高起点规划，科学设计，改造内涝点，增大涵管管径，建设截污干管，形成了城市排水、污水处理、环境保护协调发展的局面，努力构建完善的现代排水体系。2010年，赣州“城市地下血脉”图——《赣州市中心城区排水专项规划》出炉，统筹规划赣州中心城区的排水系统，如今，赣州城市排水管网四通八达，排涝站布局合理，防洪堤坝坚固，这些从外到内，从地上到地下，构成了一个发达的赣州现代排水系统。在中心城区现代排水系统的构建上，赣州充分借鉴了福寿沟的成功经验和国内外先进排水系统建设的经验：

（1）结合地形合理划定排水分区。

在赣州特大城市的建设中，加快排水体系的构建，将周边的南康、赣县纳入统筹考虑，结合地形条件，优化排水分区，统筹污水处理厂、排水泵站等设施的布局，协调污水处理厂与水源地的关系。同时，



图6 福寿沟与现代排水系统的对接



图7 基于福寿沟的赣州市中心城区排水分区



图8 福寿沟检查维护及建设中的建春排涝站



图9 赣州章江新区基于中央生态公园的调蓄系统

借鉴伦敦、东京、巴黎等国外城市以及国内新区建设的经验，赣州老城区结合实际情况对合流制进行改造，修建合流管渠截留管，中心城区新区建设采取雨污分流的排水体制，实现雨污分流，建立合理的排水体制。

(2) 加强对排水系统的维护。

东京 1964 年成立了专门部门统一下水道建设及排污标准，更换老化管道，每年投入大量国家预算用作污水收集和处理的建设和运营。法国的下水道体系庞杂，但仍然保持较好的排水环境，甚至成为热门景点之一，关键在于其多达 1300 人的专业维护队伍。在加强对福寿沟的保护利用同时，赣州市政部门也加强了对现代排水系统的维护保养，对八一四大道、东桥路、青年路、文明大道、环城路等道路的排水管道进行改造，在十字路口低洼处增设排水格栅等方式解决赣州城区的内涝积水问题。而作为现代排水系统的关键，赣州中心城区推进赣江路排涝站、八境公园排涝站、营角上路排涝站、建春排涝站等排涝站的建设。

(3) 注重排水管道的质量与断面设计。

福寿沟良好的砖石材质起到了较好的防腐抗震作用，青岛地下排水系统尽管是 100 多年前德国人占领青岛时修建的，管网不仅设计细致，管材质量也好，并被作为人防工程。赣州中心城区在排水系统建设上，十分注重排水管道的质量，并借

鉴福寿沟宽而高的排水沟，增大涵管管径，提高排水标准至 3 年一遇，如近年来章江新区一根根管径超过 1.8m 的干管串联起了一个完整的排水网络，中心城区的排水系统正在逐步完善。

在断面的设计上，青岛排水系统中的“V”型管道断面设计也加大水流速度，减少淤积，保持管道畅通。福寿沟则采取改变断面，加大坡度的方法来加大水流速度。赣州在城市新区排水系统建设中，一方面在部分地区通过加大坡度来保障排水畅通，另一方面在断面的设计上广泛运用 U 形渠道，U 形渠道水力条件好，施工工程量较小，输沙能力强，有利于提高排水效率，同时结合暗渠的设置，构建完善高效的排水系统。

(4) 推进调蓄配套系统的建设。

福寿沟的蓄水池塘在排涝过程中发挥了重要作用，合理的调蓄配套系统有助于缓解管渠排水能力的不足。日本通过“雨水蓄流”计划，在城市新区修建地下雨水调节池，在汛期来临时起到缓冲作用，减轻外排压力。巴黎通过 6000 多个地下蓄水池来调蓄，而德国慕尼黑布置 13 个地下储存水库，充当暴雨进入地下管道的中转站，暂时存贮暴雨的雨水，然后将雨水释放入地下排水管道。在调蓄配套建设方面，赣州一方面加强旧城现存清水塘、狮子塘、蕲菜塘、八境湖 4 个池塘的保护利用，并建成章江南岸滨江公园，成为一个

集防洪治涝、城市交通、绿化美化于一体的生态型公园，形成了一道防洪排涝的防线；另一方面在章江新区、创新区，规划利用和建设若干蓄水池，以达到调蓄作用。

在蓄水池调蓄功能的基础上，现代排水系统致力于构建可持续性排水体系，实现就地滞洪蓄水。如美国芝加哥等城市建立了屋顶蓄水和由入渗池、井、草地、透水地面组成的地表回灌系统。伦敦卡姆登区提倡使用可持续城市排水系统 (SUDS: sustainable drainage system)，改变不透水地面为透水地面，使用透水砖、草皮等使雨水渗透进地表，延缓雨水进入排水系统的时间，防止过量的雨水同时进入城市排水系统造成洪涝灾害 (倪敏东、许艳玲，2010)。日本研发“雨水渗透”技术，使得密封的蓄水池变成可渗透式的，这样的蓄水池可以一边蓄水，一边回补地下水。赣州在章江新区、创新区等城市新区的建设上也充分考虑了透水地面、透水砖、草地等就地滞洪蓄水元素，缓解管渠排水压力，提高排水能力。同时，章江新区借鉴福寿沟以池塘作为调蓄功能，建立了以 900 亩中央生态公园为主体，多个水系节点以及章江南岸绿化系统为辅的蓄洪排涝工程。

5 结语：福寿沟的借鉴

福寿沟是中国水利工程史上的奇迹，作为城市排水系统的典范和城市安全的

(下转 83 页)

与战略,2012(3):104-107.

[4] 牛海鹏. 耕地保护的外部性及其经济补偿研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.

[5] 蔡运龙, 霍雅琴. 中国耕地价值重建方法与案例研究[J]. 地理学报, 2006, 61(10): 1084-1092.

[6] 蔡银莺, 李晓云, 张安录. 湖北省农地资源价值研究[J]. 自然资源学报, 2007, 22(1): 121-130.

[7] 连纲. 公众对耕地保护及多功能价值的认知与参与意愿研究: 基于浙江省苍南县的实证分析[J]. 生态环境, 2008, 17(5): 1908-1913.

[8] 王瑞雪. 耕地非市场价值评估理论方法与实践[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.

[9] 蔡银莺, 张安录. 武汉市农地资源非市场价值研究[J]. 资源科学, 2006, 6(28): 104-110.

[10] 金建君, 王玉海, 刘学敏. 耕地资源非市场价值及其评估方法分析[J]. 生态经济, 2008(11): 39-41.

[11] 聂艳. 基于CVM的荆门市城乡结合部农地非市场价值评估研究[J]. 国土资源科技管理, 2008, 25(6): 1-5.

[12] Bishop, R. C. Option value: an exposition and extension[J]. Land Economics, 1982(1): 1-15.

[13] 高映轶. 从土地有无价值的争论看商品的定义[J]. 学术月刊, 1988(5): 14-15.

[14] 牛仁亮. 土地价格的经济依据[J]. 经济问题, 1988(4): 15-17.

[15] 贺锡苹, 张小华. 耕地资产核算方法与实例分析[J]. 中国土地科学, 1994, 8(6): 23-27.

[16] 黄贤金. 长江三角洲平原农区耕地资源价值核算研究[J]. 生态经济, 1996(6): 28-31

[17] 谷树忠. 对耕地资源估价方法的探讨[J]. 资源科学, 1997(4): 9-14.

[18] 武燕丽. 农用土地资源价值测度方法研究[D]. 太谷: 山西农业大学, 2005.

[19] 陈丽, 曲福田, 等. 耕地资源社会价值测算方法探讨: 以山西省柳林县为例[J]. 资源科学, 2006, 6(28): 86-90.

[20] 宋敏, 横川洋等. 用假设市场评价法评价农地的外部效益[J]. 中国土地科学, 2000, 6(14): 19-22.

[21] 王舒曼, 谭荣等. 农地资源舒适性价值评估: 以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 6(14): 720-724.

[22] 段瑞娟, 郝晋珉等. 耕地非实物价值调查及结果分析: 以河北省曲周县为例[J]. 农业经济, 2007(4): 59-61.

[23] 谢高地等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.

[24] 谢高地等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 10-13.

[25] 蒋冬梅. 耕地资源综合价值内涵及其量化研究—以南京市为例[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.

[26] Chan, K.W. Determinants of urbanization in China: empirical investigations[M]. M.E. Sharpe, 1994.

[27] Henderson J.V. The Effects of Urban Concentration on Economic Growth[R]. NBER working paper, No. 7503, 2000.

[28] Kirkby R. Urbanization in China: Town and Country in a Developing Economy 1949-2000AD[M]. Columbia University Press, 1985.

[29] Renaud B. National Urbanization Policy in Development Countries[M]. Oxford University Press, 1981: 17-18.

[30] 曲福田, 谭荣. 中国土地非农化的可持续治理[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[31] 肖李静. 江西省城市化的效益与成本分析[D]. 南昌: 江西师范大学, 2008.

[32] 王海萍, 张凤玉. 中部地区城市化的“成本-收益”分析[J]. 南昌大学学报: (人文社会科学版) 2006, 37(4): 85-92.

[33] 马莉, 牛叔文, 马利邦. 甘肃省耕地资源转变为建设用地的价值损失评估[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(5): 407-412.

(上接 76 页)

重要保障, 对于赣州乃至全国各地城市排水系统提供了一个借鉴, 结合国内外先进城市排水设施建设的经验, 未来城市排水系统建设应该注意以下几个方面: (1) 统筹协调, 加快城市排水系统的建设。国内排水系统建设普遍落后, 滞后于城市开发建设, 排水系统并不是孤立存在的, 而应相互贯通形成体系, 城市排水应和城市建设的其他配套设施相互协调, 统筹兼顾。

(2) 结合城市实际情况, 选择科学合理的排水体制, 划分合理的排水分区, 实施分区排水。(3) 城市排水系统建设应有前瞻性, 考虑城市长远发展, 适当提高排水管渠质量, 增大排水管管径, 构建现代排水系统。(4) 加强调蓄配套系统建设。排

水系统的构建应蓄水与排水并重, 可建立大容量的地下调蓄库, 缓解管渠排水能力的不足。同时, 避免大量使用硬化地面, 在城市建设中考虑透水地面、透水砖、草地等元素的滞洪蓄水功能。(5) 加强排水管道管护, 保障排水设施畅通。排水系统的运行关键在于日常工作中的维护, 应注重维护保养延长排水系统寿命。

参考文献:

- [1] 王章立. 城市防灾减灾工程建设应与应急管理相结合[J]. 中国水利, 2010(17): 23-24.
- [2] 孙浩. 从城市物质空间规划角度浅谈内涝的防治策略[A]. 2012 中国城市规划年会论文集[C].
- [3] 李旭、张辉、赵万民. 统筹兼顾, 因势利导 历史治水经验对城市“内涝”的启示[J]. 城市

发展研究, 2012(4): 113-117.

[4] 冯长春. 试论水塘在城市建设中的作用及利用途径: 以赣州市为例[J]. 城市规划, 1984(1): 38-42.

[5] 刘珺. 下水道: 现代城市的文明革命[J]. 广西城镇建设, 2012(8): 12-17.

[6] 刘江. 细数古今中外值得借鉴的城市排水系统[J]. 中国新闻周刊, 2012-7-24(5).

[7] 倪敏东, 许艳玲. 适应气候变化的公共空间规划: 来自伦敦卡姆登区的经验[J]. 国际城市规划, 2010(1): 47-52.

[8] 郭长春. 浅谈城市排水设施建设[J]. 城市建设理论研究, 2012(26): 32-35.

[9] 上海同济城市规划设计研究院. 赣州历史文化名城保护规划[Z]. 2010.

[10] 浙江省城乡规划设计研究院. 赣州市中心城区排水专项规划[Z]. 2010.