

宣城市城东区基于 LID 理念的城市雨水系统规划

汪云霞, 张琳琳

(合肥工业大学 建筑工程系, 安徽 宣城 242000)

摘要: 由于城市化进程的加速,并伴随着暴雨天气频繁出现,我国很多城市遭遇了不同程度的内涝侵袭,导致一系列的城市环境和安全问题。基于绿色、生态、资源节约、循环利用等低影响开发(LID)理念下的城市绿色雨水基础设施规划建设是缓解我国当前城市发展带来内涝问题的一种有效途径。以安徽省宣城市城东片区雨水排水系统规划为例,介绍了采用 LID 理念构建绿色雨水基础设施的规划方案,以供参考。

关键词: 低影响开发; 城市雨水系统; 绿色雨水基础设施; 规划设计

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2018)02-0007-06

Urban Stormwater Drainage System Planning Based on LID Concept in the East Area of Xuancheng City

WANG Yun-xia, ZHANG Lin-lin

(Department of Structure Engineering, Hefei University of Technology, Xuancheng 242000, China)

Abstract: The acceleration of urbanization and the increasing frequency of rainstorms caused waterlogging in many cities in China. Besides the waterlogging, stormwater runoff causes a series of problems of environment and safety. Based on the concept of LID with green, ecological, resource saving and recycling, the planning and construction of urban green infrastructure is an effective way to alleviate the problem of waterlogging in China's current urban development. In this paper, the planning of rainwater drainage system in the east area of Xuancheng City in Anhui Province was taken as an example, the LID concepts were adopted in the planning of green stormwater infrastructure construction.

Key words: low impact development; urban stormwater drainage system; green stormwater infrastructure; planning and designing

2016年6月20日凌晨,安徽省宣城市区遭遇特大暴雨的袭击,短短3 h内宣州区降雨量达100 mm以上,市区24 h累计降雨量为238.9 mm,暴雨引发城市内涝灾害,路面积水,出行不便,城区(尤其是城东区域的道路、小区等)多处出现严重内涝,城市的雨水排水系统经受了前所未有的严峻考验。面对洪涝灾害,汽车被淹、城市变海、交通中断、山体滑坡、财产损失等,不堪重负的城市雨水管渠系统无法应对。而在全国范围内内涝已成为很多城市暴雨之后的普遍现象,已影响到城市的正常运行。

在快速城市化的背景下,城市内涝是各种因素

的综合作用。例如,气候变化导致极端暴雨天气频发,短历时暴雨强度增加、极端降雨天数增加。城市建设侵占洪水通道和雨洪调蓄空间,河道行洪能力、雨水调蓄功能减弱。大规模城市扩张,场地硬化改变地表径流过程,导致径流系数增大,峰流易形成,水流量增大。城市排水管网设计标准偏低,城市地势低洼处及下凹式立交桥内涝易发频发。城市外部排水河道泄水能力有限等都是导致城市内涝的重要原因^[1]。

2013年12月中央城镇化工作会议明确提出“提升城市排水系统时要优先考虑把有限的雨水留

下来,优先考虑更多利用自然力量排水,建设自然存积、自然渗透、自然净化的海绵城市”;城市雨水排水系统规划设计仅按传统意义上的方法编制,建设“灰色排水基础设施”只能从“排”的角度去设计雨水;并不能真正做到雨水的资源化利用,运用低影响开发(Low Impact Development, LID)理念研究城市雨水排水专项规划设计是今后和未来排水设计的必然趋势。

LID 是国际先进的控制和管理暴雨径流及面源污染处理的新技术,目的是通过源头分散的、小型的基础设施控制因暴雨产生的径流和污染,使城市规划区尽可能接近自然的水文循环,2010 年被美国环保总署定义为 21 世纪的绿色雨水基础设施^[2,3];其是为城市服务的具有基础性功能的绿色生态设施,具体包括雨水花园、屋顶绿化、生态植草沟、地下蓄渗、透水路面和铺装、下沉式绿地等^[4~7]。美国、德国等是雨水资源利用和管理较先进的国家,从 20 世纪 70 年代至今,经历了 40 多年的发展,积累了丰富经验;近年来绿色雨水基础设施规划在国内迎来了发展和建设契机,但整体还处于初期探索阶段。

1 宣城市雨水排水系统专项规划

宣城位于黄山之北、天目山之西、九华山之东,皖苏浙三省交汇处,是一座拥有两千多年建城史的文化名城,也是融众多人文古迹和优美自然风光为一体的魅力之城,不仅有“上江人文之盛首宣城”的赞辞,更享有“宣城自古诗人地”的美誉。市区地势南高北低,地貌复杂多样,南部山地、丘陵和盆古交错,高程为 200~1 000 m,中部丘陵岗冲起伏,高程为 15~100 m,北部是广袤的平原和星罗棋布的河湖港汊,高程为 5~12 m。宣城市河流湖泊主要属长江流域,境内有青弋江、水阳江两大水系,湖泊有南漪湖及固城湖的一部分。水阳江穿过市内流入长江,宛溪河为水阳江左岸的一级支流,自南向北穿城而过,在宣城老北门三叉河处汇入水阳江,流域面积为 330 km²,城区内河道长度约 6 km。

根据《宣城市城市总体规划(2007—2020)》,规划用地规模为 65 km²,城市人口为 65 万人;老城区排水为雨污合流,新建区域为雨污分流,排水系统规划主要考虑就近将雨水排放至水体;规划排水体制为:保留老城区合流管道,改造的道路和旧城区改造管道则按分流制要求加以建设,近期建设污水截流管道,形成截流式合流制排水系统;远期目标是将截

流式合流制排水系统逐步改造过渡到分流制系统;新建地区严格按雨污分流制实施。雨水排水分区根据城市水系、地形、城市总体布局等因素,结合城市防洪排涝规划,沿自然分水线将主城区分为四个区(青溪河区、梅溪河区、道叉河区、城东区),加上夏渡、双桥、白马河、官塘河和长桥河区,将整个规划范围雨水排水系统划分为九个片区。其中城东区位于宣城市东部,宛溪河东岸,水阳江以西,高速公路以北(见图 1),铁路和泥河穿区而过,处于城东联圩保护范围之内,雨水经泥河排入宛溪河最后汇入水阳江,该区总汇水面积为 20.9 km²,规划建设用地面积为 9.92 km²,雨水主管网长度约 50 km,雨水主管网覆盖率为 5.04 km/km²,排涝泵站 2 座。

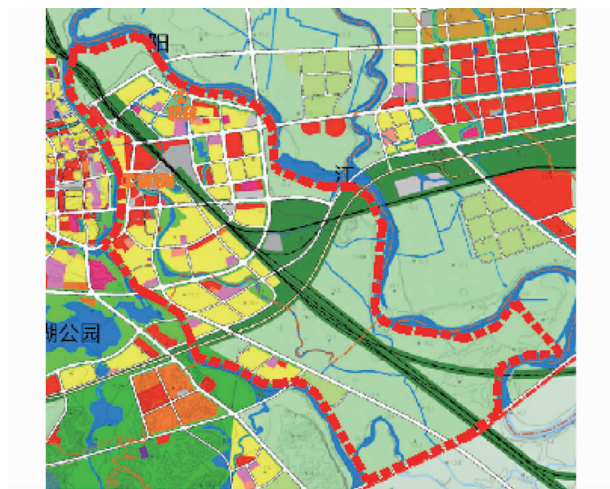


图1 城东区规划范围

Fig. 1 Planning map of the east area in Xuancheng City

该地区地势平坦低洼,平均地面高程约 10~12 m,最高处为 12.8 m(九洲大道),最低处在三里桥以北,地面现状高程为 9.8 m;芋山片平均高程为 11.0 m,铁路以东雨水就近排入解放沟,自南向北汇入谢村泵站,铁路西南侧雨水汇入泥河至宛溪河口处的马王桥泵站。区内排水基本为雨污分流制,雨水管网水力计算时雨水管道管径选取较大,由于受管道最大埋深的限制,排水管道敷设坡度较小,仅满足最小坡度的要求,且雨水出水口高程低,暴雨时受外河水位顶托、易积水,不利于排水,也是该城区最易产生内涝地区。

为提高城东区防洪排涝能力,编制排水规划时主要考虑提高排水管网及配套设施建设标准,提高设计重现期;增大地面透水面积比例,减小径流系数;修编宣城市暴雨强度公式以及新建和扩建排水

泵站、排水管渠和排洪沟等工程措施等;但实践证明仅采取排水排涝的工程措施在暴雨来袭时仍然避免不了内涝灾害,城市雨水问题不是单一的排水工程规划,而是一项综合性规划,需各部门多专业统筹协调。

2 城东区绿色雨水基础设施的规划方案

通过以上分析和从城市可持续发展的理念出发,运用低影响开发(LID)理念,提出城东区建筑与小区、城市道路、城市绿地与广场、城市水系的绿色雨水基础设施规划方案,为城东区雨水排水规划及绿色雨水基础设施规划建设提供参考。

2.1 技术路线

首先在总体规划阶段提出 LID 雨水系统理念,提出城市 LID 雨水系统方案、目标和原则等,因地制宜地确定绿地率、水域面积率、年径流总量的控制指标;在控制性详细规划阶段明确具体地块的控制指标,与河流水系、公园绿地、城市道路、场地竖向、居住区、建筑等多规划设计统筹协调,与地块及周边生态水体景观相结合,提出绿色雨水基础设施规划控制的目标要求;在修建性详细规划阶段,对道路、居住区、公园、建筑等工程项目规划应依据上位规划(控制性详细规划)提出规划设计条件和要求,明确地块的绿色雨水基础设施的类型、空间布局及规模等内容指标控制;通过设计、施工和竣工验收等环节落实低影响开发设施的建设。

绿色雨水基础设施设计原则:注重资源节约、保护生态环境、因地制宜、经济适用、与其他专业(道路、绿化、景观、建筑等)密切配合。

2.2 规划方案和实施措施

编制城市绿色基础设施和雨水综合利用相关规划,依靠城市道路和绿地使降雨最大限度地下渗、蒸发、再利用,避免增大下水道系统的负担;依据宣城市海绵城市专项规划,城东区年径流总量控制率(即年降雨量经过下垫面自身消纳和低影响开发设施进行污染物控制处理后的降雨量占全年降雨总量的比例)指标为 80%(不含水系)。

对四种不同用地类型(包括建筑与小区、城市道路、城市绿地与广场、城市水系)的绿色雨水基础设施提出相应的规划策略和途径;在满足城东区发展目标和功能定位的前提下,基于低影响开发理念和土地利用的合理性,确定各类用地的比例分配,居住用地为 243.22 hm²(占 30.40%),公共服务设施

用地为 152.88 hm²(占 19.09%),道路广场用地为 135.84 hm²(占 17%),绿地用地为 173.75 hm²(占 21.72%),水面面积为 42.96 hm²(占 5.37%),其中道路和建筑用地中不透水面积占比较大。

控制性详细规划阶段对三项低影响开发引导控制指标赋值以保证绿色雨水基础设施的落实,三项指标分别为下沉式绿地率、绿色屋顶率、透水铺装率。其中,居住用地下沉式绿地率≥60%、绿色屋顶率≥20%~50%、透水铺装率≥80%~90%;商业和公建用地下沉式绿地率≥60%、绿色屋顶率≥20%~50%、透水铺装率≥30%~40%;市政道路下沉式绿地率≥80%、透水铺装率≥80%~90%,城市广场透水铺装率≥80%。

2.2.1 建筑与小区

小区通过设置景观水体、生态植草沟、下沉式绿地、雨水花园、屋顶绿化、透水路面铺装等绿色雨水基础设施对径流雨水进行渗透、滞留、调蓄、净化、回用、排放,降低外排雨水径流量,实现防治内涝、控制初期径流污染、雨水综合利用等目标,小区注重场地竖向设计,实现场地雨水有组织地通过地表径流排放。有条件的单体建筑建议配建地下水蓄水池(含雨水净化设施),作为中水回用于道路绿化浇洒、冲洗车辆或冲厕等,对于小区物业可鼓励住户在建筑底层利用塑料、玻璃钢等材质的雨水罐或桶收集储存雨水并加以有效管理与回用(浇灌绿化或冲洗道路等)。居住小区 LID 雨水系统设计方案如图 2 所示。

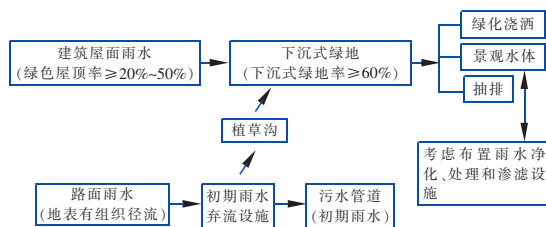


图2 居住小区 LID 雨水系统设计方案

Fig. 2 LID of residential rainwater system design

2.2.2 城市道路

区内主干道有 9 条,次干道有 10 条,支路有 7 条,道路用地面积约为 135.8 hm²;道路雨水管渠设计重现期取值由 1 年提高到 4 年,雨水管道规模增大,道路排水设计时,不改变传统的雨水排水管道系统设计,而是在雨水流至雨水管渠之前对峰值流量、径流污染等采用绿色雨水基础设施加以控制;通过

道路横断面优化设计(见图3)将道路红线范围内的雨水优先汇入下沉式绿地、生物滞留带(宜结合道路用地内或道路两侧绿化带考虑设置)进行渗滤和滞蓄,用于补充地下水,发挥其削减峰值流量、控制径流污染等作用,生物滞留带的结构层考虑人工填料净化层,顶部有效蓄水深度设计为0.2 m,内种植白菖蒲、水菖蒲、千屈草、水生美人蕉等耐水植物。在道路用地范围内设置生物滞留带并采取防渗措施,防止径流雨水下渗对道路路面和路基的强度和稳定性造成影响。

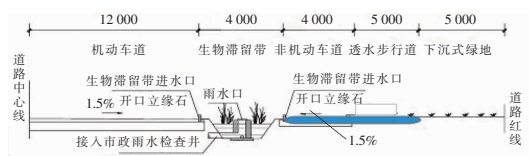


图3 道路横断面设计方案

Fig. 3 Road cross-section design

道路实现年径流总量控制率达80%,则对应的设计降雨量 $>29.7\text{ mm}$;道路总面积为 135.8 hm^2 ,道路绿化面积约为 13.5 hm^2 (占道路总面积的10%);透水人行道面积约 47.5 hm^2 (占道路总面积的35%),机非车道面积约为 74.8 hm^2 (占道路总面积的55%),道路设计调蓄容积采用下式计算:

$$V = 10H\Psi F \quad (1)$$

式中 V ——设计调蓄容积, m^3

H ——设计降雨量, mm

Ψ ——综合雨量径流系数

F ——汇水面积, hm^2

道路的综合雨量径流系数 Ψ 采用加权平均法进行计算:

$$\Psi = (\Psi_{\text{绿地}} F_{\text{绿地}} + \Psi_{\text{机非车道}} F_{\text{机非车道}} + \Psi_{\text{透水人行道}} F_{\text{透水人行道}}) / (F_{\text{绿地}} + F_{\text{机非车道}} + F_{\text{透水人行道}}) \quad (2)$$

计算得到 $\Psi = 0.65$,代入式(1)得到道路生物滞留带应具有调蓄容积即控制容积 $V = 26\,223.9\text{ m}^3$ 。单位面积控制容积 $V_{\text{单位面积}} = 193.1\text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

道路设计时行道树种植池建设成生态透水树池;道路绿化带建设或改造成收集雨水的种植池,地下设置与城市雨水管道相连接的横支管,当暴雨季节水量超出种植池可容纳水量时通过连接的横支管将多余雨水排走;道路生物滞留带设计规模即调蓄容积为 $2.62 \times 10^4\text{ m}^3$,根据单位面积控制容积要求,道路工程规划时优化横断面设计、采用生物滞留带

调蓄净化雨水,以达到控制径流总量和环境污染。

2.2.3 城市绿地与广场

区内规划有泥河公园、芋山公园和明镜公园,以明镜公园为例(见图4)。明镜公园位于阳德路以南、龙川路以东、建材路以北,地势较低,公园以绿地水塘为主。公园规划在满足城市景观功能的同时,具有接纳周边地块超量径流雨水、提高城区排水防涝的功能。



图4 明镜公园总体规划平面图

Fig. 4 General plan of Mingjing Park

公园用地面积为 6.74 hm^2 ,其中建筑占地为 0.06 hm^2 ,绿地占地 4.26 hm^2 ,道路广场占地 0.4 hm^2 ,水体占地为 2.02 hm^2 。公园内结合场地竖向规划设计,无雨水管网系统,雨水有组织地沿地表径流,园内排水沟设计为植草沟(见图5),在转输雨水径流量的同时可将部分雨水净化下渗补充地下水。



图5 公园生态植草沟景观效果

Fig. 5 Effect picture of ecological grass ditch

根据计算,公园内年产生的雨量约为 7×10^4

m^3 ,水塘平均水深为3 m,预留0.3 m超高(可调蓄水体为 $0.6 \times 10^4 \text{ m}^3$),公园浇洒道路绿化最高日用水量为 83 m^3 ,结合公园水景设施和地形,布置1座雨水蓄水池,规模为 200 m^3 [蓄水池构造做法可参见国家标准图集《雨水综合利用》(10SS705)],用于补充景观水体和浇洒道路绿化,配套建设调蓄池泵站一座,站内设置两台雨水排涝泵,用来强排超标雨水。水塘建为多功能调蓄水体,采取水质控制措施,沿岸四周根据水位不同种植耐水程度不同的各类水生植物,利用生态湿地、生态护坡等基础设施提高水体自净能力,水塘与解放沟为连通状态,解放沟自南向北流入谢村泵站,规划在水塘南侧进水口处铺设碎石、设置前置塘和沼泽区对径流雨水预处理和净化,在水塘北侧出水口处设置格栅、生态堤岸和一处溢流竖井,控制水塘水位。规划公园内的停车场、公共广场、步行道均采用透水铺装。

2.2.4 城市水系

泥河为城东区主要内河,城东区雨水就近汇入泥河,并由南向北汇集于马王桥附近,马王桥处有一座泵站,非汛期自排、汛期泵排入宛溪河。城东新区的内涝水位为9.6 m、兼顾考虑河流水景塑造,河道坡降为1/5 000,总坡降约0.65 m,规划泥河(鳌峰路—高速公路段)长度为3.3 km,水面宽度为30 m)常水位为8.5 m,丰水位为9.6 m,河底高程为6.5 m,泥河在城东区雨水调蓄、防洪排涝及改善生态环境中发挥重要作用,是区内水循环过程的重要环节。

泥河水系规划用地红线见图6。

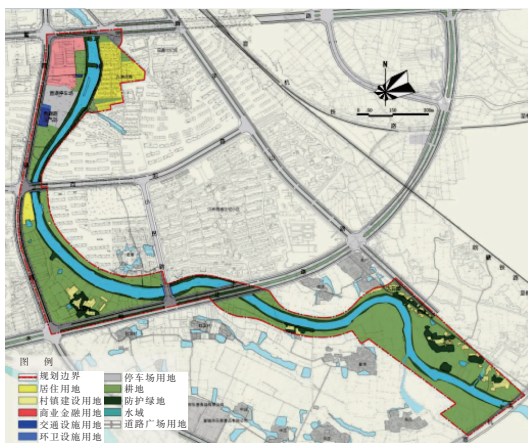


图6 泥河水系规划用地红线

Fig.6 Planning red line of Ni River

规划以泥河为主题结合两侧绿化带打造自然绿化型滨水空间的泥河公园,公园红线内总用地面

积为 49.28 hm^2 (不含周边城市道路),其中建筑占地 5.43 hm^2 ,步道、公园广场及停车场占地 4.94 hm^2 ,绿地面积为 26.64 hm^2 ,水域面积为 12.27 hm^2 (保留并扩大了现状水体的水域面积)。

泥河公园规划最大限度地保持了泥河水系的自然化、生态化和景观化;河底清淤后保留自然河床,维持河道蜿蜒曲折的天然形态,沿河两侧道路建设城市污水截流管,严格控制污水排放,保护泥河生态功能,为各类水生植物提供适宜的生存环境。同时规划注重水系与周边城市道路的统筹协调,滨水控制线范围内的绿化带设计高程低于城市道路高程,便于接纳周边道路不透水面的径流雨水,绿化带设计为植被缓冲带,坡度为2%~6%,宽度>2 m,通过植被拦截和土壤下渗作用减缓地表径流流速,去除径流中部分污染物,实现有限空间的综合利用。驳岸形式90%以上为自然生态驳岸,根据调蓄水位变化种植适宜的水生乡土植物,辅以亲水的木栈道、木平台等丰富驳岸景观(见图7)。



图7 生态驳岸景观

Fig.7 Landscape of ecological revetment

泥河上游段高速公路附近规划为自然之脉,结合高速公路防护林带以生态、原野、质朴为格调,在该节点保留大片的生态绿地,利用自然水体布局雨水湿地公园,起到雨水调蓄、净化、养生休闲的作用。对铁路以东解放河规划建设适当扩大现有水域面积,严格控制蓝线和绿线范围不得占用。

3 结语

基于绿色、生态、资源节约、循环利用等低影响开发(LID)理念下的城市绿色雨水基础设施规划建设是缓解我国当前城市化发展带来内涝问题的一种有效途径。运用城市规划、景观生态学、园林景观等多学科专业知识,借鉴国内外绿色雨水基础设施案例,重点研究如何构建宣城市城东区建筑与小区、城

市道路、绿地与广场、区内水系的绿色雨水基础设施规划方案;为保证城东区绿色雨水基础设施的实施效果,在全面落实过程中还需要加强规划综合协调。

① 将零散绿色雨水设施系统化整合,在规划范围内构建综合绿色雨水基础设施网络,绘制“点、线、面”结合的 GSI 布局结构图,并将绿色雨水基础设施建设落实到每一项具体设计中。

② 雨水系统规划设计是完整的系统工程,设计时要考虑到规划地区下游水体的影响(洪水顶托)以及上游地区的径流量,由于开发建设上游不透水面积增加而导致径流量加大,下游雨水系统应考虑承担增加的径流量。

③ 将雨水资源化纳入城市规划体系中,整合城市规划中与水相关的专项规划内容,研究水系统综合规划;在规划设计、施工图许可、项目施工、竣工验收等设计与管理环节层层落实,多专业多部门交叉协作,在项目实施过程中做到三同步(同步规划设计、同步建设和同步交付使用)。

④ 提供教育培训和资金进行绿色雨水基础设施与后期日常维护管理的建设和实践,广泛宣传提高全民对雨水利用的意识,并指导居民如何将雨水管理技术措施应用于私有建筑或场地。

参考文献:

- [1] 车伍,杨正,赵杨,等. 中国城市内涝防治与大小排水系统分析[J]. 中国给水排水,2013,29(16):13-19.
- [2] 闫攀,车伍,赵杨,等. 绿色雨水基础设施构建城市良

性水文循环[J]. 风景园林,2013,(2):32-37.

- [3] 张伟,车伍,王建龙,等. 利用绿色基础设施控制城市雨水径流[J]. 中国给水排水,2011,27(4):22-28.
- [4] 向璐璐,李俊奇,邝诺,等. 雨水花园设计方法探析[J]. 给水排水,2008,34(6):47-51.
- [5] 黄金锬. 屋顶花园的设计与营造[M]. 北京:中国林业出版社,1994.
- [6] 张炜,车伍,李俊奇,等. 植被浅沟在城市雨水利用系统中的应用[J]. 给水排水,2006,32(8):33-37.
- [7] 胡爱兵,张书函,陈建刚. 生物滞留池改善城市雨水径流水质的研究进展[J]. 环境污染与防治,2011,33(1):74-77.



作者简介:汪云霞(1974-),女,安徽宣城人,高级工程师,注册规划师,主要从事城市给水排水规划设计工作。

E-mail:983947271@qq.com

收稿日期:2017-05-17

全面规划、统筹兼顾、
标本兼治、综合利用水资源