

盐城市蟒蛇河盐龙湖段海绵型滨水景观设计

杨梦佳,刘立明,胡 广*

(浙江理工大学建筑工程学院,浙江 杭州 310018)

摘要:城市不透水面增加、河流面积缩减、河岸硬化等造成的城市内涝和水体污染是近年来中国快速城市化过程中产生的重要环境问题。盐城市近年来由于城市建设发展,区域内河流湖泊面积缩减、调蓄功能趋弱,急需对其境内河流重新进行科学合理的规划设计,强化城市河流的生态景观功能。蟒蛇河是盐城市一条主要河流,其盐龙湖段跨越乡镇、农田和城市多种景观,对其2岸滨水景观进行海绵化生态改造,能够有效改善城市河流水体污染和周边地区水涝问题。通过对盐城市蟒蛇河盐龙湖段进行实地踏勘,结合海绵理念和滨水生态需求,采取点线面结合的治理思路,提出“一格局、三带、多点”的规划策略,其中“一格局”为水生态安全格局,“三带”为水域、陆域、水陆交界景观带,“多点”为海绵功能单元,三者相辅相成,构成蟒蛇河盐龙湖段海绵型生态滨水景观。

关键词:海绵城市;水污染治理;雨洪管理;滨水景观;海绵功能单元;盐城市

中图分类号:TU984.18

文献标志码:B

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2023.01.008

Sponge waterfront landscape design of Yanlong Lake section of Mangshe River in Yancheng

Yang Mengjia, Liu Liming, Hu Guang*

(School of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In recent years, urban waterlogging and water pollution caused by the increase of urban impervious surface, the reduction of river area, and the hardening of river banks are important environmental problems arising from the rapid urbanization in China. Due to the urban development in Yancheng City. In the Yancheng city, the area of rivers and lakes has been shrinking and their storage function has been weakening, thus, there is an urgent need for scientific and reasonable planning and design of urban rivers to enhance their ecological landscape functions. The Mangshe River is a major river in Yancheng City, and its Yanlong Lake section spans townships, farmlands and urban landscapes. Sponge ecological design of its waterfront landscape on both river banks can effectively improve urban river water pollution and waterlogging in the surrounding areas. Based on the field survey of Yanlong Lake section, we adopted the idea of combining point-line-plane treatment and proposed the planning strategy of “one pattern, three belts and multiple points”, combined with the concept of sponge city and waterfront ecological needs. Here, “one pattern” is the water ecological safety pattern, “three belts” is the water, land and water-land junction landscape belts, and “multiple points” is the sponge functional unit. There in the strategy interact with each other to build the sponge ecological waterfront landscape of Yanlong Lake.

Key words: Sponge city; Water pollution abatement; Stormwater management; Waterfront landscape; Sponge functional unit; Yancheng city

随着城市化的快速发展,大量建设造成了城市地表不透水面增加、水体覆盖率降低,城市的水文

特征与生态本底被改变^[1],导致了城市及其周边地区的水循环失衡、水涝频发、水污染不断加剧等水

收稿日期:2022-11-10;修回日期:2022-12-15

基金项目:国家自然科学基金项目“景观破碎化对城市公共健康的影响”(32171570)

作者简介:杨梦佳(1998-),女,浙江绍兴人,硕士研究生。主要从事流域生态修复方面的研究。

* 通信作者:胡 广(1983-),男,浙江温州人,教授,博士。主要从事景观生态学研究。E-mail:hug163@163.com

环境问题^[2-3]。为了更好地缓解城市雨洪压力 and 改善城市水生态环境,“海绵城市”理念应运而生。“海绵城市”的本质是将雨洪管理融入城市基础设施,在适应环境和应对自然灾害时具有良好的弹性,最大限度发挥建筑、道路、绿地、水系等对雨水的吸纳、蓄渗和缓释^[4],实现自然积存、自然渗透、自然净化的城市水管理方式^[5]。城市河流作为城市雨水径流的受纳水体,是城市实现海绵化的关键区域,其中城市河岸带,即城市滨水景观,作为城市的水陆交界面,是城市居民亲水戏水的主要公共景观空间,同时在地表径流和水污染控制方面也具有重要的生态调控作用。结合“海绵城市”概念的城市滨水景观建设是围绕城市水资源展开的落实绿色发展理念和推动生态文明建设的具体措施,强调充分利用滨水区域的自然特点对城市水资源进行优化管理,因此,伴随“海绵城市”理念的推进,其在滨水景观建设中的运用日渐广泛。

我国滨水空间建设海绵化近年来在政策、理念和实践协同合作下逐步推进。从习近平总书记(2013)提出“海绵城市”的建设要求开始,国家各部委发布的海绵城市建设相关文件中,均提出了城市水系海绵化的建设要求。海绵型滨水空间建设,以存储水资源和净化所含污染物为主要设计目标^[7-8],通过结合城市地貌和水文特点^[9],在城市水系网络格局^[10]上构建和利用“海绵体”,创造兼具雨洪管理和生态效益的滨水绿色廊道^[11],最大程度保障城市建设与滨水生态发展相适应^[12],实现城市水系从“泄洪沟”到“海绵园”的转型^[13]。目前,我国海绵型滨水景观建设实践仍处于发展初期,研究案例较少,落地项目大多依托当地现有的生态水体廊道,如杭州京杭运河东岸^[14]、宁波生态走廊^[15]、金华燕尾洲公园^[16]、贵州六盘水明湖湿地^[17]等,尚未形成明确的指导性规划指南和设计模式。

江苏省盐城市地区调蓄河湖众多,却频发城市内涝和水污染问题。为缓解雨洪生态压力,盐城市大力推进“海绵城市”建设。蟒蛇河是盐城市里下河平原最具生态和代表性的河流,全长逾 50 km,其盐龙湖段跨越乡镇、农田和城市多种景观,对该河段滨水景观进行海绵化生态设计,可应用于盐城乃至江淮平原多种不同景观类型的滨水空间建设。本文通过对蟒蛇河盐龙湖段进行实地踏勘,结合水域自然环境、周边景观结构和海绵功能单元,设计符合当地现状、体现当地特色的生态复合型海绵滨

水景观空间。

1 区域概况

1.1 自然状况

盐城市地处江淮平原东部,域内有丰富的土地、淡水、海洋和滩涂资源,地势平坦,河沟纵横,水网密布,湖、荡、塘较多,大小河流主要属淮河水系,有“东方湿地之都”之称。盐城市属亚热带季风区,年均降雨量约 1 048 mm,年均蒸发量约 930 mm,多年平均径流深 285 mm,最大 24 h 降雨量为 195 mm,夏季高温多雨,洪涝灾害频发。蟒蛇河是盐城市内一条东西走向的主要河流,为新洋港上游分支,是里下河区较大的排水河道之一,大纵湖为蟒蛇河西边源头,新洋港为蟒蛇河东部入海地带(如图 1)。

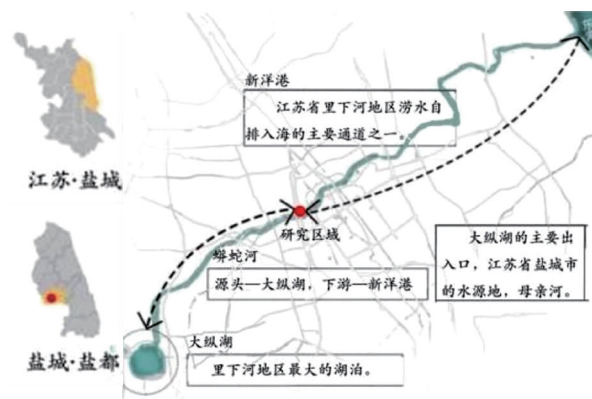
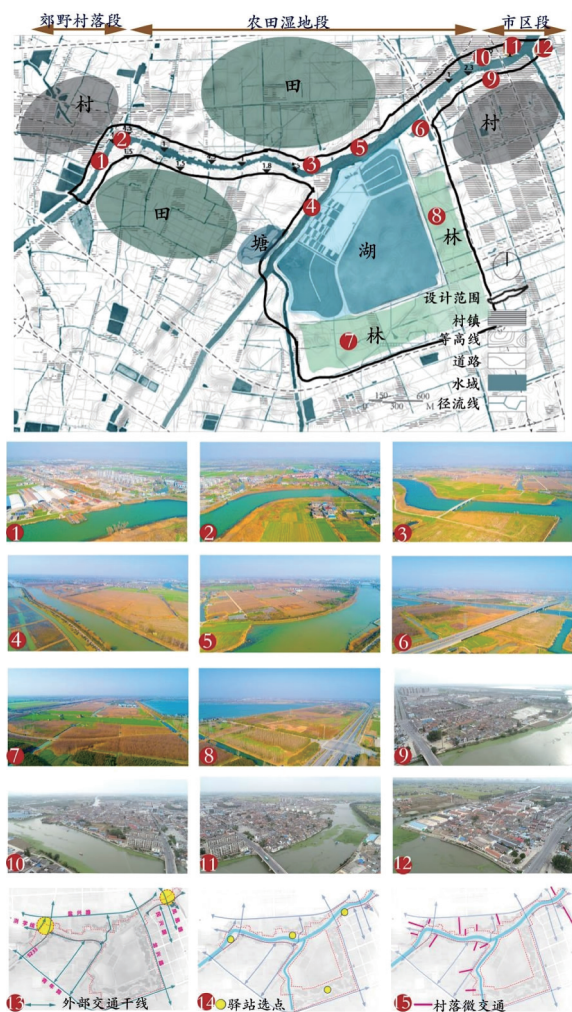


图1 区域定位图

蟒蛇河全长 40 km,河底宽约 32 m,汇水面积 217 km²,河流比降为 0.044%。蟒蛇河常水位为 1.0 m,5 a 一遇最高洪水位为 1.4 m,10 a 一遇最高洪水位为 2.3 m,50 a 一遇最高洪水位为 2.8 m,100 a 一遇最高洪水位为 3.0 m。蟒蛇河每年夏季进入汛期,农业面源、工业污染和生活污染源大量入河,且为通航河道,水体常年较混浊;夏季水质为Ⅳ类—劣Ⅴ类标准,其他季节稳定在Ⅲ类标准,水体质量不佳。

1.2 设计场地分析

设计场地盐龙湖段位于蟒蛇河下游,距离盐城市中心 9 km,西起蟒蛇河大桥,东至龙冈镇青龙桥界,全长约 6 km,设计面积共计 4.18 hm²。如图 2 所示,设计场地内自然要素丰富,内部重要的水体要素是湖、塘和河,核心植物资源是田和林,2 者相辅相成,构成了场地的自然基底,但要素间紧密度较低,各自散乱,缺乏整体呼应,尚未形成林田湖水



注:①-⑫为相应节点实地鸟瞰图;⑬为场地外部交通分析图;
⑭为场地内部堤顶绿道和水上游线驿站选点分析图;⑮为场地与
村落微交通分析图

图 2 实地分析

塘综合体。场地内现状防洪堤顶标高 4.5 m, 顶宽 4.0 m。场地内硬质驳岸高程范围为 0.5—1.5 m, 整体呈水陆分离状态。市区段村镇聚集驳岸为水泥陡坡, 植被覆盖率低且亲水性差, 盐龙湖保护地外围为生态石笼驳岸, 其余区域多为自然土坡, 土壤大面积裸露, 坡度大且植被覆盖率低。场地整体可达性高, 外部连接市区主干道和绿道, 内部有狭长土路和轮渡码头, 与村落间形成数条小道。

2 总体规划策略

设计立足于良好水体资源, 结合水生态修复、生物栖息地保护、雨洪管理和休闲游憩需求, 打造兼具雨洪管理和生态休闲的海绵型滨水生态景观。设计整体规划遵循 4 个原则: 第 1, 以生态修复为前

提, 开发与保护并举; 第 2, 以自然要素为基底, 场地内散布河道、湖泊、水塘、林地、农田、驳岸、道路等自然要素, 整合划分成水域、陆域、水陆交界 3 带, 因地制宜地分区进行建设; 第 3, 发挥地形地势作用, 根据汇流节点和场地高程合理布置海绵功能单元; 第 4, 宏观与微观并进, 宏观布局, 微观落实, 划出建设重点。基于上述原则, 提出“一格局、三带、多点”点线面结合的规划策略。

“一格局”为水生态安全格局。一般来说, 水生态安全格局包括了整个流域内的生物多样性保护、城市防洪系统构建、居民休闲游憩网络建设等, 也包括了局部的水质净化、雨洪管理、生物栖息地营造、公园绿地建设、城市微气候调节等^[19]。基于现场调研, 发现在蟒蛇河盐龙湖段现有的滨水带存在 4 大问题, 包括如何减少城市内涝次数以保障城市的行洪安全、如何拦截河道污染及周边工业、农田径流污染、如何保护水生生物和鸟类多样性、如何为居民提供多样化休闲游憩绿地空间等。针对上述 4 个问题, 盐龙湖段水生态安全格局构建主要侧重雨洪管理、水质净化、生物保护和休闲游憩 4 个方面, 并提出了构建水生态安全格局的 4 个具体步骤: 第 1, 结合分析蟒蛇河水位与洪涝数据和地理高程, 确定区域雨水径流路径, 因地制宜设置海绵功能单元, 实现雨洪管理; 第 2, 基于原有堤坝、绿地和滩涂, 建设反坡式生态驳岸, 拦截地表径流污染, 设置生态浮岛和栽植水生植被净化水体; 第 3, 利用水生植被和生态浮岛营造水生生物栖息空间, 同时改造盐龙湖保护地内部大面积生态服务功能高的水域和林地, 划出人类干扰较低的区域来营造飞禽、涉禽和游禽栖息场所; 第 4, 结合场地交通条件和村落布局, 在原有水岸基础上, 连接外部交通, 打通村落微交通, 以绿道和水上游线联结内部滨湖林地、滨河湿地、生态湖泊、农田水塘等自然景观, 构建水陆并进的游憩网络。

“三带”为陆域、水域和水陆交界带, 结合盐龙湖段及其周边绿地竖向和平面分布进行三带划分。其中, 陆域包括河流 2 侧堤坝、道路、绿地、建筑和铺装等。设计场地内有凤凰、鞍湖 2 大古镇, 现状在建筑风貌和城市肌理上都难以表现古镇的底蕴和特色, 硬质铺装和水泥堤坝单调生硬, 绿地植被整体覆盖率低, 无论是建筑文化还是自然绿地风光都无法满足居民的生态游览需求, 同时大量硬化地表导致该区域雨水滞留和净化能力低。后期规划设计

中要尽可能呈现古镇特色,道路、铺装选择生态透水材料,绿地建设侧重水质净化和雨水滞蓄。盐龙湖段水域包括蟒蛇河干流、盐龙湖、周边水塘3种自然水体,盐龙湖属于保护水源区,不可改造,采取维持现状的策略。周边水塘原为水产养殖塘,污染严重,景观度低。蟒蛇河干流接纳周边工业、农田径流污染,且承担航运任务,整体水质较差,文化景观价值较低,走向偏渠道化。后期改造应尽可能恢复干流原有自然走向,增设生态岛屿和重建水生植被;增加水塘与周边绿地、水体的联系,并在周边配置湿生植物增强生态景观效益。水陆交界带具有随气候、生态、水文条件波动导致陆域空间裸露程度变化的特点,包括硬质驳岸、生态石笼驳岸、自然土坡与滩涂。其中,硬质驳岸距离水面落差较大,功能单调;生态石笼驳岸主要围绕盐龙湖保护地;少量自然土坡多为荒地,植被覆盖率低,生态服务价值较差。滩涂面积较小。利用率低,少量植被由杂草构成。未来驳岸改造的材料计划选用生态混凝土、木材、块石等自然材料,其上构建近自然植物群落以达到固水岸、净水质、保生境的综合效果。

“多点”为分布于场地各处的海绵功能单元。水生态安全格局是对场地整体的空间规划,最终的设计效果需要根据场地的实际需求通过具体的细部设计实现。海绵功能单元就是根据水生态安全格局,结合具体地块的现状和需求进行设计和空间配置,例如植草边沟、生态林地、透水铺装、绿色屋顶、生态驳岸、生态浮岛等。

3 海绵功能单元设计

根据村落聚集情况和自然要素分布状况将场地划分为郊野村落段、农田湿地段和市区段(见图2)。结合不同分段的水环境条件、景观要素和改造要求,分别开展海绵功能单元的设计。

3.1 透水铺装

场地东侧市区段河流(见图2)周边为居住区和工厂区,存在大面积硬质铺装,包括混凝土道路、堤坝、广场、停车场等,透水性差,雨水径流下渗率低,难以满足该区域的净水、排水需求。暴雨期较易造成城市局部内涝。同时雨水经硬质地表直排入河道,也会将地面污染物带入河道,污染水体。此外,周边建设严重破坏自然地表,减少原有生物栖息地。在该处地段采用透水铺装替代原有硬质铺装,并结合原有基础排水设施来增强地表吸水 and 净水

能力。改善该区域的透水铺装材料具有“慢排缓释”和“源头分散”的特点^[20],能够有效解决硬质铺装带来的问题。由于不同场合对于地面承载、渗透和滞蓄能力的要求不同,具体透水材料的选择要根据不同区域的功能要求和场地条件来合理搭配,停车场选择透水性强、承载度高、快速绿化的高承载植草地坪,车行道、堤坝采用透水沥青,步行绿道、滨水广场和亲水平台则采用透水混凝土和透水砖。

3.2 绿色屋顶

场地西侧河流周边多为古镇、村庄。未来对古镇的提升改造预计将建设或更新大量用于服务的建筑,包括公共厕所、游客中心、游客驿站等。这部分服务性建筑可以进行绿色屋顶设计,辅助该地段的雨洪调节。古镇建筑屋面多为单层结构,也可以采用绿色屋顶(如图3)设计。屋顶基质层厚度控制在150 mm左右,在基质中添加适量保水剂提升保水能力,植物选择耐性强的景天科草本和小型花灌木^[21]。

3.3 植草边沟

场地现有交通条件紊乱,滨水空间可达性差。上位规划预计结合场地内外部交通、村落微交通和原有堤坝来建设滨河绿道。该绿道是串联场地景观节点和海绵功能单元的主要空间要素,沿绿道2侧布置带状植草边沟,可与其他海绵单元结合形成连续的雨水导流收集过滤系统,上面种植的植物可以对流经城市和农田的地表径流进行滞纳和初步净化。植草边沟由植被层与过滤层组成,路面雨水一部分经土壤过滤,下渗回补地下水,一部分则形成表面流,溢流到植草边沟中,经过植被和土壤介质的双重过滤吸收,雨水径流得以净化(如图3)。植草边沟植物优先选择根系发达、净化力强、耐水淹且具有一定抗旱能力的植物^[22],种植时要考虑到植被体量,形成一定的密度来增加水流阻力,延长雨水径流滞留时间^[23]。

3.4 植被台地

蟒蛇河和东涡河2河呈Y型交汇,水体中的污染物在交汇口下游东涡河一侧易形成狭长的污染带,在污染带范围内污染物浓度呈三维分布,近底平面污染物浓度较小。随着高度增加,污染物浓度在纵向和横向上都有着显著增长^[24]。现状河流交汇区附近有大面积未开垦裸草绿地,毗邻堤坝高程为4.5 m,河流常水位高程为1.0 m,滩涂高程为0.5 m,从堤坝到滩涂形成宽约30 m缓坡。依托现

有坡体,适当进行堆高挖低,建设上下高差为 1 m 的 4 级生态台地。第 1 级台地临近车行道,沿车行道建设植草边沟,吸收净化来自道路的雨水径流;第 2 级台地建设以灌木和植被为主的雨水花园示范带;第 3 级台地设置卵石游步道,卵石缝隙间栽植耐性强的地被;第 4 级台地与滩涂结合,栽植芦苇、鸢尾、美人蕉、再力花等对水体中污染物吸收能力强的湿地植被,形成的植被带能够有效处理水体中的污染物。

3.5 雨水林地

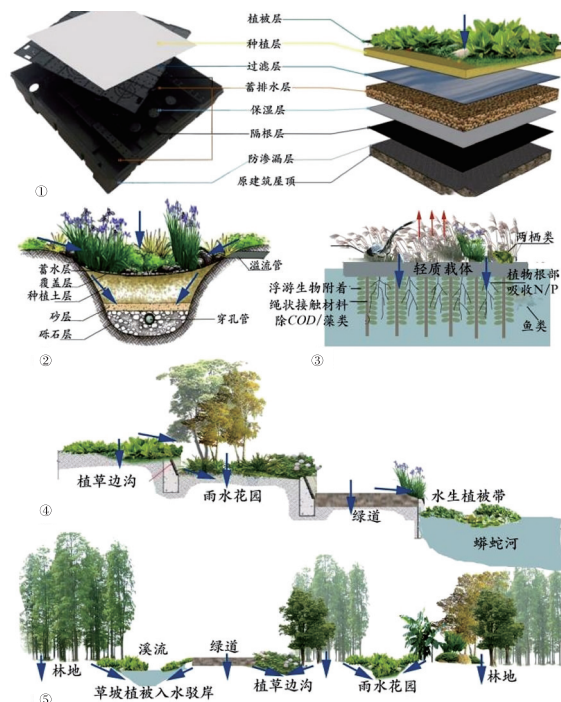
盐龙湖水源保护地南侧和东侧区域存有大面积低洼林地,为废弃苗圃地,林地内植物种类单一,多为园林树种和杂草,植物景观水平和垂直空间层次感低。夏季林地内部易积水滋生蚊虫,旱季需人工浇灌,水调节功能低下。对上述低质林地进行生态化改造,构建雨水林地。首先,堆高穿越该林地内部的绿道,避免雨季道路积水阻碍通行;其次,适当挖低林地滨水区域,形成入水缓坡,延长径流入河时间,提升植被净化效果;再次,远离水系的低洼积水区域改造为近自然雨水花园,栽植耐水淹的湿生乔灌木和地被,提升场地储水能力;最后,在林下空间营造乔-灌-草不同层级的植物垂直结构,利用植物不同的季节性特征、姿态和色彩,丰富林地植物景观,同时可为城市鸟类和昆虫提供优质栖息地。

3.6 生态浮岛

蟒蛇河盐龙湖段水体常年浑浊,总氮、总磷和固体悬浮物含量较高。部分河段驳岸由于安全要求无法进行生态化改造,地表污染物可以直接排入水中,同时航运污染也直接排放于河中。蟒蛇河盐龙湖段河道较宽,可在不影响主河道通行的水岸临界区域 2 侧设置生态浮岛,直接净化水体污染物。生态浮岛由特制高分子轻质材料载体制成,利用无土栽培技术将可吸附氮、磷、固体悬浮物的植物植入预制的漂浮体种植槽内,岛下植物根系自然延伸悬浮于水中,净化水质的同时为水下动物提供栖息地和产卵地,浮岛上植被具有一定景观效果,也可作为鸟类的临时驻留地^[25]。

3.7 生态驳岸

场地内驳岸大致可分为 3 类:盐龙湖外围为生态石笼驳岸,生态效益较高,同时地处水源保护区,可保留原貌。场地东西 2 侧,近城市、村镇等人口聚集处多为混凝土驳岸。混凝土驳岸与水面高差较大,亲水度低,阻隔了水陆之间的生态交流,减弱了



注:①绿色屋顶;②植草边沟;③生态浮岛;④植被台地;⑤雨水林地。箭头表示径流方向

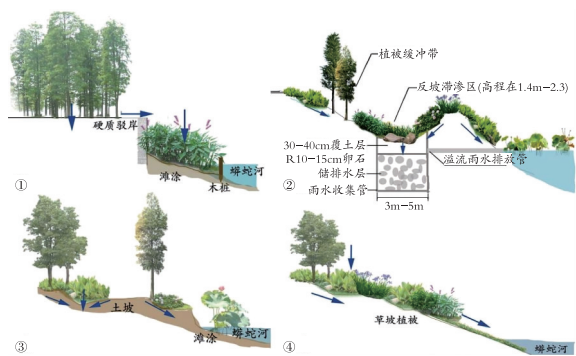
图 3 部分海绵功能单元示意图

驳岸土壤的自净能力,但由于政策限制和水利安全考虑无法对混凝土驳岸进行拆除。预计在其外围增设木桩模拟自然岸线,木桩内结合滩涂栽植一定体量的水生、湿生植被带(如图 4)。河段中部区域为自然土坡,可以根据地形特征和功能需要进行分段改造。坡陡水急的驳岸区域易受到河水自然冲刷,大幅度改造容易破坏原本的驳岸稳定性,可以依托现有土坡,沿岸边栽植耐水湿、根系发达的乔木、灌木和地被,营造自然繁复的植被景观。农田湿地段附近易形成农业面源污染,此处对水体污染净化能力要求较高,后期结合雨水调蓄设施构成反坡式生态驳岸,沿地表径流方向依次设置植物缓冲带、反坡式雨水滞留区和溢流排放设施,拦截过滤地表径流和污染物,对地表径流减速降能,减少岸带侵蚀。坡度较缓、流速较低的河段可以模拟自然河道肌理,恢复河岸曲线,结合植被形成草坡植被入水生态驳岸。驳岸改造示意图如图 4 所示。

4 海绵型滨水景观空间配置

4.1 海绵型滨水景观平面空间配置

郊野村落段多自然土坡,北岸村落聚集,南岸为农田绿地,上位规划预计在北岸建设游客中心、



注:①水泥驳岸+木桩;②反坡式生态驳岸;③急流土坡+植被;④草坡植被入水驳岸。箭头表示径流方向

图4 生态驳岸改造示意图

轮渡驿站等服务建筑和游憩绿地广场,主要通过建设绿色建筑、生态驳岸、透水广场和自然植被带等营造自然雨水绿地和大量游憩活动场地。农田湿地段岸带蜿蜒曲折,北岸和南岸西侧有面积农田,2河交汇区有面积摞荒地,净化水质和农田径流能力有限。沿河建设反坡式生态驳岸、生态浮岛和植被台地,结合自然植被形成多层植被净化带,吸收净化雨水径流、水体和周边农业面源污染。农田湿地段东侧为盐龙湖保护地,内有大面积林地,植被种类和景观层次单调,结合雨水花园理念,丰富植物种类,营造多层次林地垂直空间,构建复合型雨水林地。市区段为硬质驳岸,2岸村镇聚集,绿地空间狭小,生态性差,大面积游憩公共空间需求度高,驳岸建设可结合绿道提供游憩平台,并沿滩涂设木桩栽植水生植被带,沿车道与绿道周边设植被边沟和雨水花园,提升局域雨洪生态功能效益。海绵型滨水景观空间配置平面图如图5所示。

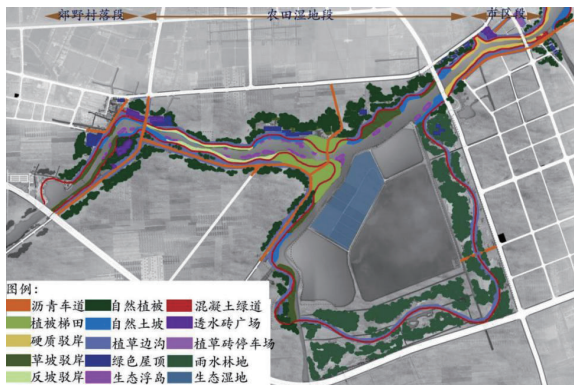
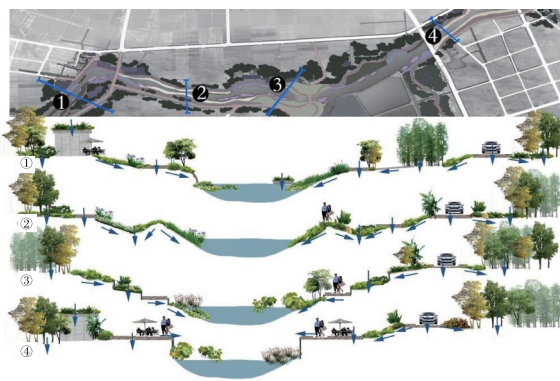


图5 海绵型滨水景观空间配置平面图

4.2 海绵型滨水景观竖向空间配置

场地内防洪堤顶标高为4.5 m,护坡高程范围

为0.5—1.5 m,大面积滩涂地高程为0.5 m,河道常水位1.0 m,5 a一遇最高洪水位为1.4 m,百年一遇最高洪水位为3.0 m,绿道高程为1.5 m,建筑高程大于3.0 m。拓宽原有堤坝作车行道,与绿道之间形成高差约3 m的缓坡,缓坡与植草边沟结合,衔接周边海绵功能单元,形成海绵生态景观系统。驳岸改造范围为0.5—1.5 m,结合滩涂向河道延伸,构建多样化雨洪生态驳岸,吸收拦截径流污染,提升土壤与水体的生态交换功能。在水面适宜位置设生态浮岛,净化水质,降低水浪对岸带的侵蚀。河道最大深度约3 m,不同水生植物对水深要求不同,要根据局域具体水深选择搭配,例如,水深10—30 cm栽植石菖蒲、水葱,水深30—60 cm栽植再力花、千屈菜,水深60 cm以上栽植荷花、睡莲。截取4段含上述景观单元在竖向上进行说明,海绵型滨水景观竖向空间配置图如图6所示。



注:①绿色建筑+植被土坡+生态浮岛+入水草坡+透水广场+林地+绿道+植草边沟;②反坡式生态驳岸+绿道+堤坝+植草边沟;③植被台地;④绿色建筑+植草边沟+绿道+硬质驳岸+水生植被带+硬质驳岸+植被缓坡+堤坝+植草边沟。箭头表示径流方向

图6 海绵型滨水景观空间配置剖面图

5 结语

在水生态问题层出不穷的困境下,城市需要更好的水弹性和环境适应能力,城市滨水区的建设充满机遇与挑战。与传统的滨水规划设计相比,海绵型滨水空间更强调雨洪管理、生态修复和景观规划结合的多层次复合关系,蓝绿空间相互依存关系更加紧密。蟒蛇河盐龙湖段滨水景观建设以水系规划为核心,分析水系周边绿地环境、交通条件和地理地貌,分区建设水域、陆域和水陆交界带,统筹水域雨水管理和生态修复建设,将“海绵”哲学融入传统滨水景观设计中,打造出一条特色雨洪生态滨水

景观廊道。

此类模式可以应用于大多数的平原城市滨水空间改造,但要注意结合地域环境和水域特征,避免盲目套用模式,以实用性带动适用性,因地制宜地建设海绵型滨水空间。同时,该项目还需要进一步结合未来几年蟒蛇河盐龙湖周边区域的雨洪情况和内涝频率,以验证其能否满足该地区的雨洪管理需求。

参考文献:

- [1] 李新建,杨丽丽,裴俊英.基于海绵城市理念的白藤山生态修复湿地公园海绵化改造[J].城市道路与防洪,2022(6):115-118.
- [2] 王浩,梅超,刘家宏,等.我国城市水问题治理现状与展望[J].中国水利,2021(14):4-7.
- [3] 李国婉,夏兵,隋己元,等.海绵城市建设对流域海绵体生态水文过程的改善[J].生态学报,2022,42(24):1-13.
- [4] 吴丹洁,詹圣泽,李友华,等.中国特色海绵城市的新兴趋势与实践研究[J].中国软科学,2016(1):79-97.
- [5] 李兰,李锋.“海绵城市”建设的关键科学问题与思考[J].生态学报,2018,38(7):2599-2606.
- [6] 刘谦,倪琪.基于海绵城市建设的城市滨河绿道景观规划设计[J].华中建筑,2019,37(2):95-100.
- [7] 宋芸.海绵城市概念在城市滨水景观设计中地应用[J].现代园艺,2016(2):93-94.
- [8] 祁亚楠,高嘉许.基于海绵城市理念的滨水景观规划设计[J].现代园艺,2017(7):71.
- [9] 郑昭佩,宋德香.山地城市海绵城市建设的对策研究——以济南市为例[J].生态经济,2016,32(11):161-164.
- [10] 谭亚坤.海绵城市在城市滨水景观中的应用[J].现代园艺,2022,45(1):105-106.
- [11] 鲁丹,刘译浓.基于海绵城市理念的滨水景观规划设计[J].现代园艺,2022,45(14):69-71.
- [12] 张梦娜.城市滨水景观设计中海绵城市概念的应用策略分析[J].产业科技创新,2020(34):17-19.
- [13] 费文君,丁佳颖,曹颖.从“泄洪沟”到“海绵园”的滨水绿地适用性设计[J].中国园林,2018,34(2):106-111.
- [14] 王伟嘉,朱振通,周洲,等.新韵水岸,活力运河——杭州京杭运河东岸景观带总体规划[J].中国园林,2020,36(S2):111-114.
- [15] 陈思聪,刘雪梅.浅析在海绵城市背景下的雨水花园设计——以宁波生态走廊为例[J].现代园艺,2020,43(7):172-174.
- [16] 朱华,杨琛.弹性设计理念在滨水景观中的应用——以金华燕尾洲公园为例[J].工业设计,2021(5):100-101.
- [17] 吴铃榕,付围幅,袁小鹏,等.明湖国家湿地公园生态景观设计及应用研究[J].现代园艺,2021,44(20):43-45.
- [18] 左倬,朱雪诞,胡伟,等.盐城蟒蛇河饮用水源原水水质及盐龙湖工程水质净化效果评价[J].环境污染与防治,2015,37(5):61-65.
- [19] 俞孔坚,轰伟,李青,等.“海绵城市”实践:北京雁栖湖生态发展示范区控规及景观规划[J].北京规划建设,2015(1):26-31.
- [20] 田春,曾加龙,李鑫,等.高承载植草草坪在天府机场远距离停车场的应用[J].四川建设,2022,42(S1):185-187.
- [21] 石倩雨.探析“海绵城市”绿色屋顶的设计运用[J].文化产业,2020(12):19-20.
- [22] 魏巍,白杨,王忠杰.海绵城市理念在风景园林规划中的实践——以西咸新区沣河景观规划为例[J].中国园林,2021,37(S1):28-33.
- [23] 孟永刚,王向阳,章茹.基于“海绵城市”建设的城市湿地景观设计[J].生态经济,2016,32(4):224-227.
- [24] 米潭,姚建.Y型河流交汇区污染物扩散模拟研究[J].环境科学与技术,2020,43(11):9-16.
- [25] 吴中奎,潘俊,雷康,等.城市浅水富营养化湖泊生态修复中生态浮岛的研究进展[J].环境生态学,2021,3(11):67-72.