

文章编号: 1674-7054(2020)03-0353-08

# 基于海绵城市理念的海口城市公园雨水管理调查

许晓倩, 陈展川, 陈旭, 王宁, 邓涛

(海南大学热带农林学院, 海南海口 570228)

**摘要:** 在城市中构建完整的“海绵体”体系, 能有效地解决城市雨水排放压力及雨水资源的有效利用, 城市公园是构成城市海绵体系的重要部分, 对城市雨水的调节利用起到了不可或缺的作用, 然而传统理念的城市公园建设仅重视公园的景观体验而忽视公园绿地的调蓄雨水能力。笔者通过对海口城市公园的调查, 在分析海口传统城市公园建设中雨水综合利用状况及存在问题的基础上, 提出城市公园海绵化建设的雨水管理策略, 为未来城市公园的海绵化建设与提升提供参考。

**关键词:** 海绵城市; 城市公园; 海口; 雨水管理

中图分类号: X 21

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rds wxb.2020.03.014

城市是一个综合的生态系统, 改革开放以来, 快速的城市化及传统的规划理念, 使城市逐渐丧失“渗、透、滤、蓄”等水生态系统功能, 导致城市的内涝、水资源短缺及水污染问题越来越严重<sup>[1]</sup>。建设海绵城市能有效缓解城市水的旱涝问题, 城市公园在城市绿地系统中占较大比重, 是构建城市“海绵体”体系的重要组成部分。国内外的实践也充分说明了城市公园海绵化建设的重要作用, 如美国的布鲁克林大桥公园展示了雨水管理和应对洪涝的超凡能力; 天津市桥园湿地公园把水作为一种装饰性的景观元素, 设置不同的蓄水洼地, 形成了一系列多样化的生态环境和与水共存的植物群落, 该公园既能管理雨水, 又能为大众提供公共休闲空间<sup>[2]</sup>。海南省海口市的气候属于典型的热带海洋气候, 易受台风影响, 雨量充沛, 干湿季节分明, 旱涝影响较大, 自1988年海南建省办特区以来, 海口城市建设飞速发展, 城市水生态系统发生较大变化, 城市水患问题较突出。因此, 海口从2016年开始推进“城市双修”建设(即对城市的功能体系及其承载空间的场所进行生态修复和城市修补)、综合管廊建设政策, 推动海绵城市建设, 并取得一定的成效。实践证明, 城市公园海绵化建设在兼顾城市公园功能、景观效果的同时, 能有效吸纳公园自身及周边地块雨水, 缓解了城市暴雨灾害或干旱及水污染困扰, 对未来的城市公园景观、生态以及可持续发展有重大意义<sup>[1]</sup>。笔者通过对海口城市公园的调查, 在分析海口传统城市公园建设中雨水综合利用状况及存在问题的基础上, 提出城市公园海绵化建设的雨水管理策略, 为未来城市公园的海绵化建设与提升提供参考。

## 1 调研方法

**1.1 样本选取** 本研究选取海口中心城区具有一定代表性的城市公园, 即万绿园、世纪公园、滨海公园、白沙门公园、人民公园、金牛岭公园、凤翔湿地公园、西海岸带状公园和五源河公园等为调研地点, 调研对象均匀分布于海口市内的4个辖区: 美兰区、龙华区、琼山区和秀英区。调研时间: 根据海口市气候特点, 在2018年分别于旱季和雨季对样本进行集中调研。

**1.2 调研方法** 笔者对所选取的公园在雨水利用方面的现状进行了现场拍摄和观察。统计“海绵城市”

收稿日期: 2019-03-14

修回日期: 2020-02-23

基金项目: 海南省普通高等学校研究生创新科研课题(Hys2018-37); 海南省自然科学基金(319QN162)

第一作者: 许晓倩(1992-), 女, 海南大学2016级硕士研究生. E-mail: 895301965@qq.com

通信作者: 陈展川(1969-), 男, 副教授, 硕士. 研究方向: 景观规划设计. E-mail: 466495583@qq.com

理念在城市公园中的运用情况,调研公园内的植物选择和配置与雨水管理的相关性,并梳理出海口市传统理念下建造的城市公园雨水利用设计方面存在的问题。根据城市公园建设标准的不同,将调查的海口中心城区具有代表性的城市公园划分为传统型城市公园和海绵型城市公园。本文所指的传统型公园是指遵循旧版《公园设计规范 CJJ48-92》设计建成的城市公园,其修建时间早,很少采用雨水管理措施。而海绵型城市公园是指在公园设计规范标准基础上,结合了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》<sup>[3]</sup>、《海南省海绵城市规划设计导则(试行)》《海绵城市建设评价标准 GB/T 51345—2018》等规范进行设计建造的公园,其设计在满足城市公园基本休闲娱乐功能基础上,侧重雨洪设施系统的构建,雨水管理取得比较理想的效果。

## 2 调查结果与分析

**2.1 海口市城市公园雨水管理现状** 海口市传统型城市公园和海绵型城市公园调查情况见表1、2。由表2可见,海绵型公园和传统型公园在雨水管理措施运用上明显不同,对雨水的调蓄能力和效果也不同。海口中心城区传统型公园由于建成时间较早,其设计理念和公园设计规范侧重于为市民提供休闲娱乐的场所,故公园设计过程中更多考虑景观的体验和使用功能,较少或没有涉及雨水管理措施的应用<sup>[4]</sup>,使传统公园在城市雨水调节中没有发挥应有的作用。虽然从2016年起对部分传统型公园(如万绿园)进行海绵化改造,采用了部分海绵措施,但改造后公园的雨水管理整体效果不如新建的海绵型城市公园的

表1 海口市公园类型调查一览表

Tab. 1 A list of parks under survey

公园名称 Park	建设时间 Time for establishment	公园面积/hm <sup>2</sup> Area	公园类型 Park type	地形情况 Landform	现状 Present conditions
人民公园	1957	23.33	传统型	滨湖 山地	已做景观功能提升
白沙门公园	2009	60	传统型	滨海 台地	基础设施提升
滨海公园	1995	48.67	传统型	滨海 台地	城市滨海景观提升
金牛岭公园	1996	105	传统型	山地	景观提升工程
万绿园	1996	10.7	传统型	滨海 台地	部分海绵化改造
美舍河凤翔湿地公园	2016	78.52	海绵型	滨河 山地	在建,部分开放
五源河国家森林公园	2017	6 150	海绵型	滨河 滨海 台地	在建,开放式城市森林公园建设项目

表2 海口市传统型城市公园与海绵型城市公园雨水管理措施对比

Tab. 2 Comparison of rainwater management measures between traditional urban parks and sponge-type urban parks

海绵措施 Rain retention measures	传统型城市公园 Traditional urban park					海绵型城市公园 Sponge-type urban park	
	人民公园	白沙门公园	滨海公园	金牛岭公园	万绿园	美舍河凤翔湿地公园	五源河国家森林公园
透水铺装	◇	◇	◇	◇	◆	◆	◆
绿色屋顶	×	×	×	×	×	◆	×
下沉式绿地	×	×	◇	◇	◆	◆	◆
生物滞留池	×	×	×	×	×	◆	◆
雨水花园	×	×	×	×	◆	◆	◇
蓄水池	×	×	×	×	×	◆	◆
植草沟	×	×	×	×	◆	◆	◆
人工湿地	×	◆	×	×	◆	◆	◆
生态驳岸	◇	◆	×	◇	◇	◆	◆
自然湿地	×	×	×	×	×	◆	◆

注:◆有 ◇较少 ×无

Note: ◆I/A; ◇Less; × N/A

效果好。而新建的海绵型城市公园(如凤翔湿地公园)在考虑公园的景观与使用功能的同时融入了完善的雨洪管理设施,从源头对雨水径流进行一系列调控处理,实现了雨水滞留、雨水流向引导、初期雨水径流净化、雨水储蓄等作用,并构建了点、线、面相融合的水景观系统<sup>[5]</sup>,平衡了雨洪管理效益与造景美学价值的关系。例如根据公园地形起伏,设计人工梯田、修建污水净化装置,在园路边设置草沟和雨水花园进行引流和滞留雨水。新修建公园如美舍河凤翔湿地公园的停车场采用植草砖透水结构,公园内园路采用透水沥青铺装,具有较好的透水下渗效果。而且新修建公园内的建筑结合环保科普等于一体,如湿地科普展览馆,其屋顶做了简单的屋顶绿化,既可以为游客居民提供休息的地点,又能合理回收部分雨水和对雨水进行引导。

**2.2 海口市城市公园雨水管理方面存在的问题** 通过对海口中心城区城市公园的实地调研分析,与新建的海绵型公园相比,传统型公园在雨水管理方面主要存在以下 4 个方面的问题。

**2.2.1 不透水材料的大量使用** 传统型公园普遍采用不透水铺装材料作为园路、广场的表层材料,较少采用透水铺装材料,且底层材料结构多未采用透水结构(图 1),以及部分园内老停车场仍沿用原来的水泥铺装、少部分采用植草砖铺设,但找平层及基层结构并不透水,大量雨水无法下渗,阻断了自然雨水文循环过程,丧失了海绵功能<sup>[1]</sup>。



图 1 非透水结构路面铺装

Fig. 1 Pavement with impermeable structure

**2.2.2 土壤的渗透力差** 土壤是天然的透水、蓄水介质,对雨水径流具有吸纳能力<sup>[6]</sup>。传统型公园修建时间较早,有大片草坪广场空间,但未得到合理利用。且部分公园内土壤以黏土、软土为基底,无法提升公园整体雨水吸纳效率。海口市主城区土壤总体以粘土、软土为基底,渗透性比较差,城市南侧及桂林洋等地区主要以火山岩为主,土壤的渗透性较好<sup>[1]</sup>(图 2)。早期,城市公园建设对土壤渗透能力的关注不够,没有对渗透性差、易板结的土壤采取与之相适应的植物配置措施,既影响植物的生长,也减弱雨水的滞存能力<sup>[1]</sup>。现今,随着对城市生态中的相互关系研究不断深入,这方面问题也在逐渐改善。

**2.2.3 雨水未合理利用** 由于传统公园建筑物较少,且修建年代较早,大部分屋顶为坡屋顶,不具备改造屋顶花园的条件,降雨往往直接排往地面或直接通过管道排出。



图 2 海口市土壤渗透性分析图<sup>[7]</sup>

Fig. 2 Diagram for analysis of soil permeability in Haikou<sup>[7]</sup>

海口是热带滨海城市,海拔低,地势平缓,干湿季节明显,大部分城市公园的竖向设计主要基于空间变化与景观观赏为主,无法对雨水形成引导作用,雨水多采用无组织的散排方式,鲜有考虑雨水的滞纳利用,雨季特别是台风季节,传统型公园积水比较严重,雨水四处漫流,或流入水体或通过管网排入市政排水管道,造成水体的污染和加重城市排水管网的负荷,浪费了大量的雨水资源,旱季公园的绿化管养及水景依然靠自来水补给,与城市用水竞争,未能考虑雨水的再利用,增加了公园绿化管养和水景维护的成本。传统理念的公园建设不能兼顾日常的使用功能与应对洪暴的功能,更谈不上对雨水资源的合理利用<sup>[1]</sup>。传统型公园修建时以体验和使用功能为主,未能合理利用公园地形,无法将降雨进行合理疏导和吸纳。

公园在海绵城市中起重要作用之一是可以吸纳周边小区因降雨产生的径流量,缓解城市内涝问题,但根据调研实际情况,传统公园由于各方面条件限制,以及基础设施建设跟不上,实际难与周边地区共同分担降雨径流量。

**2.2.4 雨水直排对水体的污染** 目前城市公园还面临水体污染问题,公园中雨水多为无序散排,雨水夹杂着泥沙及污染物一同带入市政管道或水体中,一方面导致泥沙在排水沟中淤积,影响排水的效率,当遭遇短时强降雨或持续降雨时,因无法及时分流致使公园内涝现象频发;另一方面,携带污染物的雨水未经处理流入水体中,也会污染水质,影响水生态系统。如海口金牛岭公园提升前由于缺乏雨洪管理方面的考虑,因此公园内部与外围的雨水在排放时,多与淤泥、沙石以及夹杂着污染物直接排入湖中,造成湖水腥臭浑浊,到处是垃圾漂浮物,影响公园滨水空间的正常使用。

### 3 建 议

#### 3.1 增强公园绿地渗透率

**3.1.1 提高土壤的渗透能力** 自然地面能渗透大部分的雨水,超出土壤下渗能力的大雨、暴雨会导致地表的径流<sup>[8]</sup>。由于海口市雨季尤其是台风季节降雨强度大、雨水集中、持续时间长,城市公园设计中应考虑增强雨水的下渗能力,减少雨水径流<sup>[1]</sup>。首先,针对城市中土壤渗透性差的公园绿地,通过科学的竖向设计,合理利用原有地形地貌、尊重场地的自然属性、遵循最小干预原则,兼顾景观与排水,引导绿地汇水和集水,尽可能控制地形的坡度,延长雨水径流路径,减缓雨水径流速度,从而延长雨水渗透和汇集的时间,减缓公园积水和内涝,充分发挥土壤的滞渗能力,进而达到最大程度发挥城市公园绿地海绵效应的目的<sup>[9]</sup>;其次,针对各类公园绿地中渗透能力差的土壤,应采取可持续的土壤改良措施,譬如,(1)选择根系发达的植物类型,利用植被发达的根系长期作用于土壤,可使土壤的团粒结构、孔隙度等得到改善,植被结构越丰富,土壤的渗蓄能力越强;(2)通过监测土壤状况,及时增施适宜的有机肥料,提升土壤性能,在增强土壤稳定性的同时,还能提升土壤透气透水性能;(3)注重城市公园后续管理,尽量减少或避免人工踩踏,定期对公园内部绿地土壤的渗透性和滞纳雨水能力进行检测和维护工作,更好地发挥土壤的海绵作用<sup>[2]</sup>。

**3.1.2 采用透水铺装及透水结构** 透水铺装具有一系列孔隙结构,它能有效地让表面的雨水透过铺装面层下渗到下层结构中,具有短时间过滤污染杂质和下渗雨水的作用<sup>[1]</sup>。因此,相比于传统的园路场地铺装,透水铺装能够减缓地面积水、补充地下水资源,起到缓解城市热岛效应的作用<sup>[10]</sup>。公园的园路、场地等硬质铺装区域是重要的汇水面,集水快、污染较严重,可以考虑采用透水铺装替代传统的沥青、混凝土砖、石材等<sup>[4]</sup>。透水铺装主要分为两类,一类是材料本身不具有透水能力,雨水主要通过材料的结构空间下渗,如砾石铺地、嵌草铺装等,另一类是材料本身是透水的,如各种透水面砖、透水性沥青、透水性混凝土等。另外,为使空间铺装结构的透水性能最大,在保证最基本的面层透水需求的基础上,也需要考虑基层与垫层等下层结构的透水性能,在条件允许的情况下适当采用透水结构(图3),才能实现真正意义上的“透水”。除此之外,传统城市公园海绵化提升过程中,确实需保留的非透水铺装场地,周边应设置收集雨水系统或渗井<sup>[1]</sup>。

**3.2 设置雨水疏导设施** 基于“海绵城市”理念下的城市公园,常采用植草沟、旱溪等方式进行雨水的疏导。引导雨水按照设计意图流动,实现对雨水的有序传输和调控。公园表层雨水径流通过边坡导入植

草沟或旱溪,再利用重力流流往下一级雨洪设施,如凤翔湿地公园通过植草沟将雨水引入公园地下雨水管道(图4)。

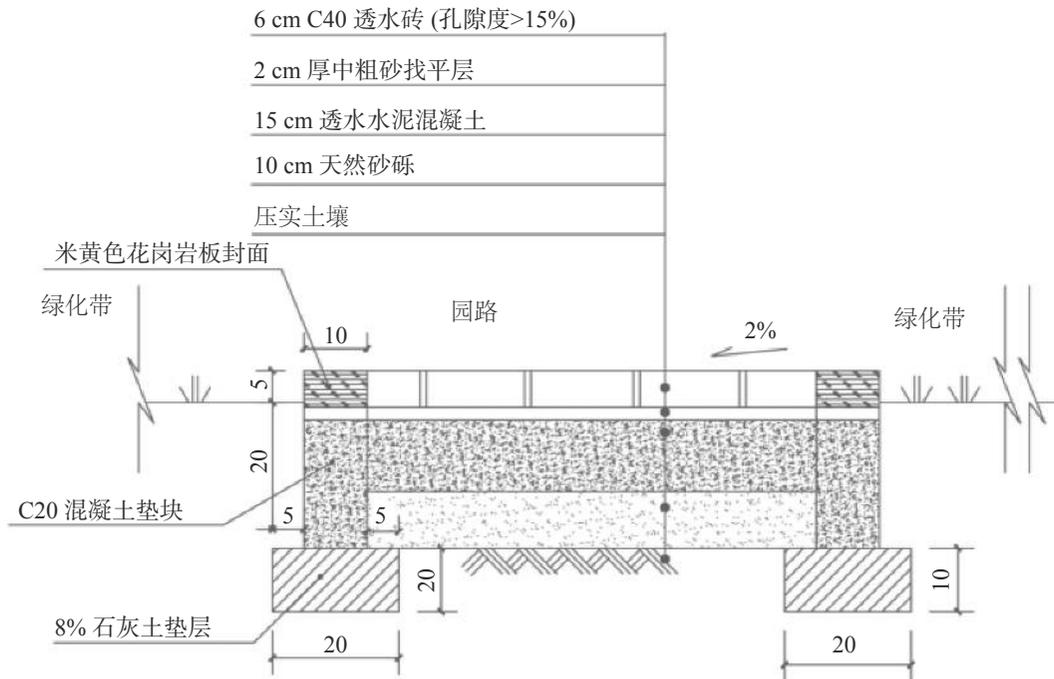


图3 透水铺装结构图

Fig. 3 Structural sketch of permeable pavement

**3.2.1 设置植草沟分流** 植草沟能有效延缓雨水径流速度、净化过滤雨水、推迟雨洪峰值出现的时间。植草沟在规划设计中要尽可能利用原有地形地貌,合理进行地形设计。为了减小雨水径流对边坡的冲刷,可以在植草沟两侧边坡中散置卵石、设置防腐杉木桩或采用种植植被等形式来削弱雨水径流的速度。如美舍河凤翔湿地公园在园路路侧的植草沟种植观赏草,一方面起到雨水的过滤疏导作用,另一方面与传统的排水沟相比,更具生态性和观赏性(图5)。



图4 凤翔湿地公园植草沟

Fig. 4 Grass swales in Fengxiang Wetland Park

**3.2.2 设置旱溪引流蓄渗** 旱溪是一种利用溪床上铺设卵石及溪边的植物搭配来模拟自然溪流的线性景观设施,雨季能蓄积雨水、旱季呈干涸的状态<sup>[4]</sup>。万绿园海绵化提升中,利用旱溪对雨水径流进行线性疏导,效果显著,能够将地表的雨水径流直接输送到吸纳调蓄设施,有效地促进公园绿地雨水的外排。同时,溪底的卵石和溪边的植物也能过滤地表雨水、减缓地表径流对土壤的冲蚀(图6)。

**3.3 注重雨水的调蓄与回用** 海口市在雨水资源方面的研究起步较晚,公园绿地大多依靠市政工程施工供水和排水,在建设中缺少雨水资源应用的意识与经验,忽视了城市公园绿地对于城市水循环的重要调节作用,雨季内涝,旱季缺水现象严重<sup>[1]</sup>。雨水应作为一种可利用的资源,在公园日常管养中可用于绿

化浇洒、园路场地冲洗及其他生态用水等,对于雨季集中、旱季蒸发量大的海口市来说尤为重要<sup>[1]</sup>。基于海绵城市理念的雨水调蓄与利用的目的就是要减少公园外排雨水的峰值流量、防止发生内涝,实现低影响度开发和雨水的资源化利用<sup>[1]</sup>。如万绿园海绵化改造后,结合公园内起伏的阳光草坪区和现状低洼地形成3处雨水花园,发挥了收集雨水、滞存渗透的作用,同时将净化后的雨水收集起来用于公园绿化的喷灌,多余的雨水通过雨水花园排水口排入湖体或海里,实现对雨水进行调蓄和资源化回用。



图5 万绿园旱溪

Fig. 5 Dry stream in Wanlv Yuan Park



图6 雨水花园

Fig. 6 Rainwater garden

在公园绿地规划设计中应根据场地的自然水文条件来选择适宜的技术设施,将雨水花园、下凹绿地、人工湿地和多功能调蓄池等技术设施与公园景观相结合<sup>[1]</sup>(图7),共同营造集功能性美观性于一体的城市雨洪景观,由此来改善城市水循环并创建城市良好的生态景观环境<sup>[10]</sup>。

**3.3.1 生态调蓄设施** 对于雨水的收集调蓄,宜优先采用具有调蓄空间的景观水体,如湿塘、雨水花园、雨水湿地等生态调蓄设施,通过人工模拟自然湿地的布局和功能,起到雨水调蓄、水质净化的作用。

同时,也为生物营造良好的栖息环境,丰富大众的游赏体验,发挥多元化的景观与生态效益。

**3.3.2 人工调蓄设施** 当生态蓄水设施的调蓄容量不满足时,在条件允许的情况下可以设置蓄水池、蓄水桶等人工蓄水设施。海口凤翔湿地公园中设置有地下封闭式蓄水池,用于收纳初期雨水,存储的雨水资源经简单处理后用于公园路面清洁、绿化浇灌用水及消防用水等。雨水调蓄池的容量应根据海口城市规划、降雨特征、市政管网的排水能力统筹确定,新建工程及改造工程的雨水资源化利用量应分别占其道路和场地冲洗、绿化浇洒及其他生态用水量的25%及20%以上<sup>[4]</sup>。

**3.4 公园“海绵系统”中植物的选择与配置** 植物是公园自然生态系统中重要的景观构成要素,是公园规划中必不可少,且生态新效果极为显著的景观绿化材料。在海绵城市理念的城市公园设计中,科学的选择与配置低影响开发设施植物,不仅能提升公园的景观效果,也有助于发挥“城市海绵系统”的生态效益。虽然海绵型公园在植物的应用方面形式众多,但对于植物的选择上应遵循的原则是基本一致的,主要有以下三点:(1)优先选用乡土植物,乡土植物对当地的气候、土壤和周边环境有很强的适应能力,不但长势良好,富有地域特色,还能减少了后期维护的成本。(2)选用根系发达、抗风强、净化能力强的植物,既能发挥植物对于雨水中污染物的去除和降解作用,又能抵御台风的影响。(3)选用既耐涝又有一定耐旱能力的植物。如雨水花园会出现满水期与枯水期交替的现象,因而配置的植物既要能耐水湿,又要有一定的抗旱能力,才能保证其存活率,发挥其净化功效和景观效果<sup>[1]</sup>。根据以上原则推荐可用于海口城市公园的海绵城市植物见表3。

在海绵城市公园的规划建设中还应注重不同植物的搭配,发挥最佳的净化去污能力,形成稳定的植



图7 雨水湿地

Fig. 7 Stormwater wetlands

物群落, 展现良好的景观效果。公园中植物配置方式不同, 公园的海绵效应也不同, 公园中常见的植物配置方式有以下几种: 乔木、灌木、乔木-灌木、乔木-草本、灌木-草本、乔木-灌木-草本等组合方式<sup>[8]</sup>。乔木-灌木-草本搭配的多层次结构的土壤综合性状明显优于单层次植被, 层次丰富的植物群落能有效截留雨水, 降雨时雨水首先被树冠截留, 然后被灌木草本层截留, 减弱雨水对土壤的直接冲刷<sup>[11]</sup>, 增加土壤的下渗量, 并能降低土壤中水分的蒸发量。同时, 大量的植被凋落物能够为土壤提供一定的有机质, 加之植物根系与土壤之间的相互作用都有利于改良土壤结构, 保持土壤结构稳定<sup>[12]</sup>, 增加了土壤的孔隙度, 改善土壤透水蓄水能力, 从而提高城市公园的海绵效应。

表3 海口市海绵城市植物推荐表<sup>[1]</sup>

Tab. 3 Recommendation of plants for Haikou on the concept of sponge city

水生植物 aquatic plants	植物名称及拉丁学名 Common and Latin name
挺水植物	菖蒲 <i>Acorus calamus</i> L.、千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i> Linn.、再力花 <i>Thalia dealbata</i> 、梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i> L.、东方香蒲 <i>Typha orientalis</i> 、水葱 <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> 、黄花蔺 <i>Limonocharis flava</i> 、荷花 <i>Nelumbo nucifera</i> 、菱角 <i>Trapa natans</i> L.、慈菇 <i>Sagittaria pygmaea</i> 。
浮水植物	睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i> 、王莲 <i>Victoria amazonica</i> (Poepp.)、风眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i> 、浮萍 <i>Lemna minor</i> L.、茨实 <i>Euryale ferox</i> 、水蕹 <i>Aponogeton lakhonensis</i> 、大藻 <i>Pistia stratiotes</i> Linn.、荇菜 <i>Nymphoides peltata</i> 、水菜花 <i>Ottelia cordata</i> 、水禾 <i>Hygroryza aristata</i> 。
沉水植物	狐尾藻 <i>Myriophyllum verticillatum</i> Linn.、轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i> (Linn. f.)、金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i> Linn.、草茨藻 <i>Najas graminea</i> 、水车前 <i>Ottelia alismoides</i> 、狸藻 <i>Utricularia vulgaris</i> Linn.、竹叶眼子菜 <i>Potamogeton wrightii</i> 。
湿生植物	芦苇 <i>Phragmites australis</i> 、狼尾草 <i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.)、矮蒲苇 <i>Cortaderia selloana</i> 、灯芯草 <i>Juncus effusus</i> Linn.、旱伞草 <i>Cyperus involucratus</i> 、花叶芦竹 <i>Arundo donax</i> 、水生美人蕉 <i>Canna glauca</i> L.、马蹄莲 <i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.)、彩色马蹄莲 <i>Zantedeschia hybrida</i> 、短叶荳蔻 <i>Cyperus malaccensis</i> 、水角 <i>Hydrocera triflora</i> (L.)。
陆生植物 terrestrial plants	植物名称及拉丁学名 Common and Latin name
乔木	串钱柳 <i>Callistemon viminalis</i> 、黄金香柳 <i>Melaleuca bracteata</i> 、刺桐 <i>Erythrina variegata</i> Linn.、鸡冠刺桐 <i>Erythrina crista-galli</i> Linn.、阳桃 <i>Averrhoa carambola</i> Linn.、鸡蛋花 <i>Plumeria rubra</i> L.、红千层 <i>Callistemon rigidus</i> 、美花红千层 <i>Callistemon citrinus</i> 、大花紫薇 <i>Lagerstroemia speciosa</i> 、红花紫荆 <i>Bauhinia variegata</i> Linn.、木棉 <i>Bombax ceiba</i> L.、美丽异木棉 <i>Ceiba speciosa</i> 、苦楝 <i>Melia azedarach</i> L.、黄瑾 <i>Hibiscus tiliaceus</i> Linn.、小叶榕 <i>Ficus microcarpa</i> 、柳叶榕 <i>Ficus binnendijkii</i> 、水石榕 <i>Elaeocarpus hainanensis</i> 、盆架子 <i>Alstonia rostrata</i> 、蒲桃 <i>Syzygium jambos</i> (Linn.)、海南蒲桃 <i>Syzygium cumini</i> (L.)、水翁 <i>Cleistocalyx operculatus</i> 、水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i> (L.)、秋枫 <i>Bischofia javanica</i> 、小叶榄仁 <i>Terminalia neotaliala</i> 、马占相思 <i>Acacia mangium</i> 、椰子 <i>Cocos nucifera</i> L.、大王棕 <i>Roystonea regia</i> 、老人葵 <i>Washingtonia filifera</i> 、蒲葵 <i>Livistona chinensis</i> 、金山葵 <i>Syagrus romanzoffiana</i> 、三药槟榔 <i>Areca triandra</i> 、粉丹竹 <i>Bambusa chungii</i> 、青皮竹 <i>Bambusa textilis</i> 。
灌木	三角梅 <i>Bougainvillea glabra</i> 、夹竹桃 <i>Nerium indicum</i> 、软枝黄蝉 <i>Allamanda cathartica</i> L.、黄蝉 <i>Allamanda schottii</i> 、木芙蓉 <i>Hibiscus mutabilis</i> Linn.、朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> Linn.、木槿 <i>Hibiscus syriacus</i> Linn.、鸳鸯茉莉 <i>Brunfelsia brasiliensis</i> 、朱缨花 <i>Calliandra haematocephala</i> 、红粉扑花 <i>Calliandra tergemina</i> var. <i>emarginata</i> 、双荚槐 <i>Casin bicapsularis</i> L.、九里香 <i>Murraya paniculata</i> (L.)、米仔兰 <i>Aglaia odorata</i> 、丝兰 <i>Yucca smalliana</i> 、鸭脚木 <i>Schefflera arboricola</i> 、黄金榕 <i>Ficus microcarpa</i> 、变叶木 <i>Codiaeum variegatum</i> (L.)、花叶垂榕 <i>Ficus benjamina</i> 、红车 <i>Syzygium rehderianum</i> 、棕竹 <i>Rhapis excelsa</i> 、细叶棕竹 <i>Rhapis humilis</i> 、散尾葵 <i>Dypsis lutescens</i> 、美丽针葵 <i>Phoenix roebelenii</i> 。
草本	龟背竹 <i>Monstera deliciosa</i> 、春羽 <i>Philodendron selloum</i> 、绿萝 <i>Epipremnum aureum</i> 、白蝴蝶 <i>Syngonium podophyllum</i> 、肾蕨 <i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.)、波士顿蕨 <i>Nephrolepis exaltata</i> 、吊竹梅 <i>Tradescantia zebrina</i> 、小蚌花 <i>Tradescantia spathacea</i> 、大花马齿苋 <i>Portulaca grandiflora</i> 、彩叶草 <i>Plectranthus scutellarioides</i> (L.)、花叶良姜 <i>Alpinia zerumbet</i> 、文殊兰 <i>Crinum asiaticum</i> var. <i>sinicum</i> 、蜘蛛兰 <i>Hymenocallis littoralis</i> 、一叶兰 <i>Aspidistra elatior</i> 、蔓花生 <i>Arachis duranensis</i> 、沿阶草 <i>Ophiopogon bodinieri</i> 、大叶油草 <i>Axonopus compressus</i> 、结缕草 <i>Zoysia japonica</i> 、狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> (Linn.)、马尼拉草 <i>Zoysia matrella</i> (Linn.)。

## 4 讨论

城市公园绿地面积在城市中所占的比例较大,是城市中心城区的重要绿色基础设施,具备一定的雨洪管理能力。基于对海口市城市公园的实地调研,针对传统城市公园建设中存在的雨水管理问题,总结“海绵城市”理念下海口城市公园中雨水管理策略,为未来海口城市公园的改造和建设提供新的思路。海口市传统型公园修建时间久远,多数只具有公园的基本功能,在雨水管理方面改造潜力大,综合考虑公园的地形、植物、景观、小品和功能定位对传统型公园进行改造,能极大提升公园雨水调蓄能力,使公园与周围建筑群形成良性水循环,吸纳周边建筑群的雨水径流。海口市传统型公园虽然有很大改进空间,但是同样的改造的难度也相对较大,一方面,传统型公园修建时间早,园内早已形成相对稳定的植物群落,在对公园进行功能结构的调整、改善公园土壤问题时,对公园内植物进行移栽会对原有植物群落、公园使用功能造成一定影响。另一方面,传统型公园的改造成本高昂,且不同公园的改造难度不同,制约了城市公园改造的进度,因此,传统公园的改造需因地制宜选择相应雨水管理措施,而不是面面俱到,生搬硬套。

### 参考文献:

- [1] 许晓倩. 热带高校海绵校园景观规划设计研究[D]. 海南大学, 2019.
- [2] 庞伟编, 李婵, 杨莉. 海绵城市理论与实践[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2017.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于印发《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》的通知(建城函[2014]275号)[Z]. 2014-10-22.
- [4] 宋珏莹, 许先升, 唐银莹, 等. “海绵城市”理念下的三亚城市公园雨水利用设计策略[J]. 热带生物学报, 2018, 9(2): 244-251.
- [5] 宋珏莹, 许先升, 付晖. 三亚市“海绵型”公园建设实践调查研究[J]. 广东园林, 2018, 40(3): 49-55.
- [6] 成泽虎, 邹敏, 吴昊. 海绵城市视角下对城市绿地的认识[J]. 绿色科技, 2017(12): 86-87.
- [7] 海口市规划局. 《海口市海绵城市专项规划》公示[Z/OL]. (2017-07-07)[2019-03-07]. [http://www.haikou.gov.cn/pub/root9/0119/201707/t20170712\\_1092387.htm](http://www.haikou.gov.cn/pub/root9/0119/201707/t20170712_1092387.htm).
- [8] 向璐璐, 李俊奇, 车伍, 等. 雨洪花园设计方法探析[J]. 给水排水, 2008(6): 47-51.
- [9] 朱红霞. 城市绿地雨水渗透利用(二)——留底土壤的渗透[J]. 园林, 2012(02): 50-53.
- [10] 刘洋. 雨洪资源在城市园林绿地中的景观应用研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.
- [11] 陈艺文. 城市绿地的海绵效应研究[D]. 南京: 东南大学, 2017.
- [12] 乔娜, 余斧斥, 胡夏嵩, 等. 植物对土壤加强作用及其生态护坡研究综述[J]. 人民黄河, 2011, 33(7): 106-143.

(下转第 367 页)