

文章编号 :1674- 7054(2018)02- 0244 - 08

“海绵城市”理念下的三亚城市公园 雨水利用设计策略

宋珏莹,许先升,唐银莹,李丹

(海南大学 热带农林学院,海口 570228)

摘要 :以三亚市白鹭公园为传统公园代表进行实地调研,分析三亚市传统理念下建成的城市公园在雨水利用方面存在的不足,结合三亚“海绵城市”理念下建成的城市公园,提出加强场地渗透率、导向性传输雨水、过滤净化雨水径流、雨水收集储存再利用及雨水利用设计可视化等雨水利用设计策略。

关键词 :海绵城市;城市公园;三亚市;公园景观;雨水利用设计

中图分类号 :TU 986.2

文献标志码 :A

DOI :10.15886/j.cnki.rdswwb.2018.02.018

由于城市中不透水铺装使用越来越多、雨水管网设计不合理、原有的天然水塘和洼地被人为填筑等因素,导致城市洪涝灾害频繁、水资源短缺问题显著^[1]。此外,携带污染物的初期雨水未经处理直接排入水体,严重威胁到受纳水体的水质^[2]。为缓解以上问题,以自然积存、自然渗透、自然净化为目标的“海绵城市”理论得以应用和发展^[3]。近年来,在“双城(海绵城市和综合管廊建设综合试点城市)”、“双修(城市修补、生态修复)”的政策引领下,三亚掀起了建设海绵城市的热潮。城市公园作为城市中心城区中最大的绿色生态系统,是城市中重要的海绵节点之一。在三亚市易受台风天气影响、雨旱季分明的气候背景下,与雨水利用设计结合的城市公园,在兼顾公园景观、休闲游憩和教育示范作用的同时,关注消纳自身及周边地块雨水的功能,能缓解城市内涝及水污染,对于三亚市城市公园景观形式、生态功能以及可持续发展方面有着重大的意义。因此,笔者通过实地调研三亚市白鹭公园,提出传统理念下建成的公园在雨水处理方面的不足,并结合东岸湿地公园等四处“海绵理念”下建成的公园在雨水利用设计方面的特点,提出三亚城市公园中的雨水利用设计策略,旨在为三亚市及海南省其他滨海城市的公园规划设计提供参考。

1 三亚市传统城市公园雨水利用设计中的不足

三亚市地处海南岛最南端,全市面积 1 919.58 km²,其中规划市区面积 37 km²,北靠高山,南临南海。三亚市属热带季风海洋性气候,高温多雨,台风频繁,光照充足,蒸发量大(图 1),旱季雨季尤为分明^[4]。三亚市河流主要发源于北部山区,自北向南自然形成了藤桥河、三亚河及宁远河 3 个相对独立的水系,多年平均地表水资源量为 14.18 亿 m³,地表水资源较丰富,然而地下水资源匮乏,地下水补给量很小^[5]。

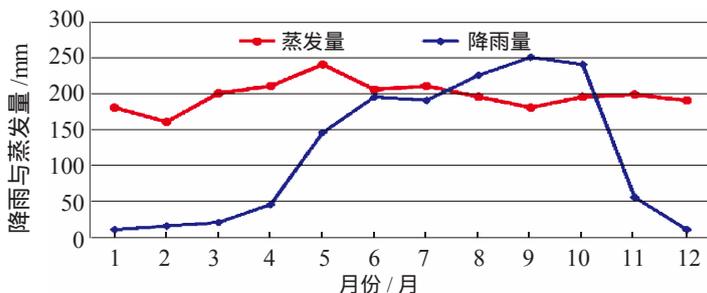


图 1 三亚市近 30 年平均逐月降雨与蒸发量对比图

Fig. 1 The average monthly rainfall and evaporation rate of Sanya city in the last 30 years

收稿日期 2018-01-24

修回日期 2018-03-23

作者简介:宋珏莹(1993-),女,海南大学热带农林学院 2015 级硕士研究生.E-mail: 304268239@qq.com

通信作者:许先升(1965-),男,博士,教授,研究方向:风景园林理论与规划设计.E-mail: xxs918@163.com

三亚市中心城区现状城镇建设用地面积总量约 30 km²，相对于居住用地、公共服务设施和绿地比例偏低。三亚市中心城区现状公园绿地面积 540.65 hm²，占城市建设用地的 18.05%^[5]，三亚市中心城区公园绿地现状见表 1。

表 1 三亚市中心城区公园绿地现状

Tab.1 The park green space's present situation in central district of Sanya city

| 类别代码 Class code | 类别名称 Category name | 建设现状 Construction situation |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| G1 | 公园绿地 | 以综合性公园和带状公园为主 |
| | G11 综合公园 | 白鹭公园、红树林公园、凤凰岭公园、鹿回头广场公园 |
| | G12 社区公园 | 中心城区范围内共 6 处 |
| | G13 专类公园 | 鹿回头公园 |
| | G14 带状公园 | 滨海：三亚湾沿岸带状公园、大东海滨海带状公园 滨河：三亚河滨河绿带 |
| | G15 街旁绿地 | 沿路：三亚湾路、凤凰路沿线 榕根小游园、月川桥头游园等 |

三亚市中心城区现状公园由于建成时间较早，当时的设计理念仅限于为市民提供休闲娱乐的场所，故公园设计过程中较多考虑景观的优美和使用功能的完善，对雨水资源的处理考虑不足。其中，白鹭公园作为目前三亚市中心城区面积最大的开放式综合性公园，可以作为三亚市传统公园的典型代表进行深入的分析。白鹭公园位于临春河河畔、三亚河红树林保护区边缘，建成于 2001 年，占地面积 28.05 hm²，有着丰富的红树林及湿地资源，是市民、游客健身休闲的主要场所之一。通过对白鹭公园进行实地调研，分析总结出三亚市传统城市公园雨水利用设计中普遍存在如下问题。

1.1 大多使用不透水材料 公园内现有广场作为市民娱乐活动的场地，但传统做法中由于理念以及技术的限制，广场大面积运用不透水铺装。有的场地即使运用了透水材料作为表层铺装，但下层结构并不透水。三亚雨季旱季分明，雨季集中在 5~10 月，6 个月的降水量占全年降水量的 85%~90%。连续的暴雨过后，场地的不透水材料及结构使得大量雨水无法下渗，导致广场的使用功能无法在雨停后立即实现，阻断了自然水文循环过程，进而加重城市干旱缺水问题。

1.2 排水方式依赖管网或无导向散排 公园多由大面积草坪构成，地势较平缓，现有的地形设计多因考虑景观效果而成。场地中的设计排水方式多为散排，无法对雨水形成导向作用，雨水径流顺势而流，在低洼处滞留、产生积水，其余通过路面流入水体或市政排水管网，难以实现源头减排、末端调控。

1.3 初期雨水未经处理直接排入水体 现有部分水体淤积 公园中多处路旁种植区缺少地被植物而导致沙土面裸露(图 2)，雨水携带泥沙直接流入排水沟中，导致排水沟中积存沙土，影响排水效率，且初期雨水污染物较多，不利于雨水的再次利用。



图 2 白鹭公园路边排水沟
Fig.2 Roadside drains in Bailu park



图 3 白鹭公园湿地水体污染
Fig.3 Water pollution in Bailu park

公园驳岸处种植区仅有草地,植被层次不够丰富,较难发挥植物根系的净化作用,使得带有污染物的雨水直接流入水体。加之几处水面由于无法与大水面及河流相通,导致水体滞留淤积,水体污染严重(图3),无法为红树及鸟类提供健康的生存场所,甚至会导致红树林的退化,影响了公园的生态及景观效果。

1.4 缺乏雨水再利用措施 三亚是旅游城市,随着每年冬季来临大量游客和候鸟老人的到来,城市用水量激增,供水压力大。城市公园现有雨水处理多为雨污合流、“排”了之,不能够将多余雨水在雨季时回收,留存到旱季时再利用,导致旱季时常存在缺水、停水现象。

1.5 缺乏雨水方面的科普教育 我国水资源较为匮乏,人均用水量仅为世界人均用水量的四分之一,然而我国的城市用水量常年高居不下,水资源短缺问题一直备受关注^[6],水资源科普教育尤为重要。三亚城市公园中现有的科普宣传多为健康常识、疾病预防、安全知识教育等,缺乏对雨水资源、节水用水方面知识的宣传教育。

总而言之,在传统理念下,三亚市的城市公园规划设计多重视景观效果和物种选择等外在表现形式,而忽略了其调蓄雨水、生态调节等的内在功能。在解决城市雨水问题与建设海绵城市的政策背景下,城市公园融入“海绵城市”理念下的雨水利用设计、构建“海绵型”公园的工作十分必要。

2 “海绵城市”理念下三亚城市公园中的雨水利用设计策略

2015年6月10日,三亚市正式成为全国首个“双修(城市修补、生态修复)、双城(海绵城市和综合管廊建设综合试点城市)”综合试点的地级市^[7]。在“海绵城市”的理念下三亚市新建了多个公园,如金鸡岭桥头公园、东岸湿地公园、丰兴隆生态公园、红树林生态公园等。在对以上公园进行实地调研过程中发现,针对上文提出的传统公园的雨水设计问题,新理念下建成的城市公园均有相应的应对措施,具体总结见表2。

表2 三亚市部分城市公园雨水利用设计对比

Tab.2 Comparison of rainwater utilization design in some urban parks in Sanya city

| 雨水利用设计 Rainwater utilization design | 白鹭公园 Bailu park | 金鸡岭桥头公园 Jinjiling ridge bridge park | 红树林生态公园 Mangrove ecological park | 东岸湿地公园 Dongan wetland park | 丰兴隆生态公园 Fengxinglong ecological park |
|---|--------------------|---|--|----------------------------------|--|
| 透水铺装 | ○ | ◎ | ● | ◎ | ◎ |
| 绿色屋顶 | ○ | ○ | ○ | ○ | ● |
| 下沉式绿地 | ◎ | ◎ | ● | ◎ | ● |
| 旱溪 | ○ | ○ | ○ | ○ | ● |
| 植草沟 | ○ | ○ | ○ | ● | ● |
| 生物滞留池 | ○ | ● | ○ | ○ | ● |
| 人工湿地 | ● | ○ | ● | ● | ● |
| 蓄水池 | ○ | ○ | ○ | ○ | ● |
| 生态驳岸 | ◎ | ● | ● | ● | ● |
| 雨水回用景观 | ○ | ● | ○ | ○ | ● |

注:●-有 ◎-较少 ○-无

Note:●-I/A ◎-Less ○-N/A

基于对传统公园及新建成公园的实地调研,总结“海绵城市”理念下三亚城市公园中雨水利用设计策略以及规模规划及目标,为未来三亚城市公园的改造和建设提供新的思路。

2.1 加强场地渗透率 自然地表能渗透大部分雨水,超过土壤下渗能力的暴雨会导致地表径流的产生^[8]。由于三亚市雨水集中、降雨强度大,故三亚城市公园设计中首先应考虑增强雨水的下渗率,减少雨水径流的产生,减缓公园积水、内涝问题。

2.1.1 采用透水铺装及透水垫层结构 公园的铺装区域是重要的汇水面,集水快,污染严重,可以考虑采用透水铺装替代传统的沥青、混凝土砖。透水铺装分为两类,一类是铺装材料本身有渗透能力,如红树林生态公园的自行车道,整体使用了透水混凝土作为铺装材料;另一类铺装本身不透气,但材料的间隙能够渗水,如东岸湿地公园的游憩步道采用自然生态的砾石铺地(图4)。除此之外,铺装下的透水垫层结构

不容忽视,只有面层铺装与地下层均能够透水的结构(图 5)才能实现真正意义上的“透水”。运用以上设计方法能够实现雨水的快速下渗,使道路能够原地吸纳雨水、减少积水时长,在雨停后能够尽快恢复其使用功能。未来三亚市新建公园透水铺装率应不低于 55%,对于改建传统公园宜采用透水与非透水铺装相结合的形式,透水铺装率不低于 45%。



图 4 东岸湿地公园游憩步道

Fig.4 Recreation trail in Dong-an wetland park

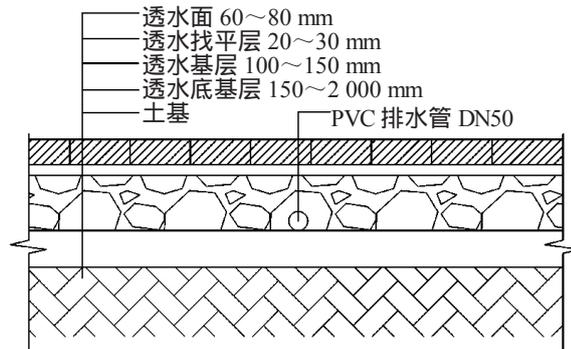


图 5 透水路面结构示意图

Fig.5 The schematic diagram of water permeable pavement

2.1.2 保留原有绿地,提高绿地渗透能力 城市公园设计中,在满足功能用途的基础上,应该尽可能多的保留原有的植被区域,使其完成自然生态的下渗过程。丰兴隆生态公园有大片草坪作为露天剧场,草坪旁边围合的观众席并没有使用传统方式常用的大面积阶梯,而是采用木质坐席与种植区相结合的方式(图 6)。同时,对于改建传统公园,应选择将土壤渗透率在 $10^{-3} \sim 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 间的绿地设置为下凹式绿地,对于过于压实的土壤可通过机械改善土壤渗透率,并考虑在其地下加设与雨水管渠相接的渗管,增强原有绿地的渗水能力(图 7)。相比较传统的做法,能够在三亚炎热的天气条件下起到减少热辐射的作用,同时能将更多的水分渗透到基础层,减少地面积水,补充地下水,缓解城市排水管网的压力。



图 6 丰兴隆生态公园露天剧场观众席

Fig.6 Outdoor theatre auditorium in Fengxinglong ecological park

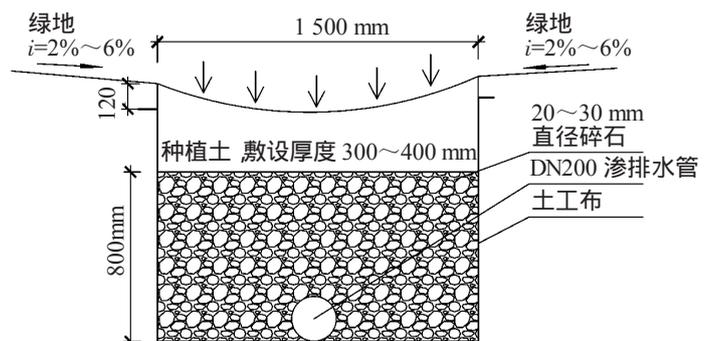


图 7 下凹式绿地渗排水管结构示意图

Fig.7 The schematic diagram of the lower concave green space drainage pipe

2.2 导向性传输雨水 “海绵型”城市公园中,引导雨水按照设计意图流动,实现雨水的定向传输,进行集中处理后利用、排放,从而实现末端调控也是需要考虑的重要问题之一。“海绵城市”理念下的城市公园,常采用植草沟、旱溪、雨水沟的方式引导雨水流向。

2.2.1 植草沟 一般而言,植草沟分为草皮沟渠、干植草沟和湿植草沟 3 种,断面为倒抛物线形、三角形或梯形,纵坡应尽可能平缓,坡度一般小于 4%,边坡坡度不宜大于 1:3^[9],植草沟内植被高度宜控制在 100~200 mm。东岸湿地公园中的坡地上,结合地形设置了曲线型的草皮沟渠,使雨水径流沿生态草沟流动,增长了雨水径流路径,在植物根系净化作用过程中完成定向传输。

2.2.2 旱溪 旱溪是一种利用卵石、植物等搭配,模仿自然溪流形态而建的雨水景观设施,随着降雨情况不同而呈现雨水蓄水、旱季干涸的状态。一般水体间传输型旱溪和汇水型旱溪深度控制在 200~500 mm,

宽度不小于 1 500 mm。丰兴隆生态公园中的旱溪设计(图 8)在丰水季和枯水季均有不同的景观效果,同样对雨水径流有导向作用,雨水由地势高处逐级向下传输,结合了景桥、跌水等景观,最终流入中央水体,为公园增添了野趣。



图 8 丰兴隆生态公园旱溪

Fig.8 Dry creek in Fengxinglong ecological park



图 9 东岸湿地公园入口休息区

Fig.9 Dong-an wetland park entrance rest area

2.3 雨水过滤、净化处理 初期雨水会携带大量的污染物,如不经过一定的净化处理就直接排入市政管网、河流湖泊,便会导致水质恶化,引发水生态污染。三亚市诸多滨水公园沿岸拥有宝贵的红树林资源,不良的水质会导致红树林的退化,从而引发严重的生态问题。因此,对初期雨水进行过滤、净化,能对径流污染控制起到明显作用^[10]。对于初期雨水,可以利用铺装材质及绿色屋面设计实现初步的净化。

植物和碎石结合的铺装能够对雨水进行初步的过滤净化处理,如东岸湿地公园入口广场处的休憩空间(图 9)采用种植池与碎石铺地结合的形式,具有良好的景观效果。绿色屋同样利用了植物根系净化的作用对初期雨水的污染物进行处理,丰兴隆生态公园中的游客服务中心建筑与景观桥功能结合,在屋顶设置顺应桥体坡度的种植区域(图 10),并在坡底收集口处铺设碎石。坡屋面绿化剖面结构图大样见图 11。三亚长夏无冬,常年平均气温 25.5℃,故可以不设置保温层^[11]。绿色屋面的设置使原本不透水的建筑屋面起到吸纳、净化雨水的作用,在削减雨水径流量的同时通过植物吸收、土壤吸附和微生物降解等作用去除污染物^[12]。



图 10 丰兴隆生态公园屋面绿化

Fig.10 The roof greening of Fengxinglong ecological park

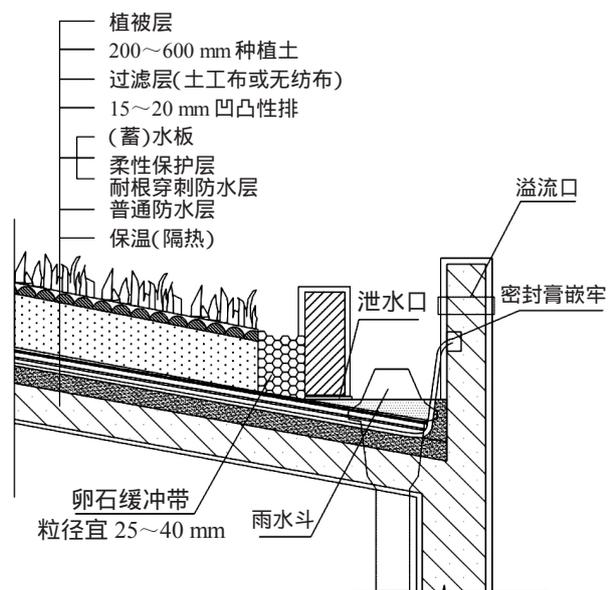


图 11 坡屋面绿化剖面示意图

Fig.11 The schematic diagram of the slope roofing

2.4 雨水收集储存再利用 三亚市城市雨水资源化利用研究及应用处于起步阶段,大量降水资源遭到浪费。“海绵城市”理念下,雨水应作为一种可利用的资源,在雨季收纳、储蓄雨水资源,后期实现雨水的直接和间接利用,对于雨季集中、旱季蒸发量大的三亚市来说尤为重要。

2.4.1 生态储水设施 对于雨水的收集储存,首先考虑采用可以种植耐水湿植物的生态滞留设施,如湿塘、雨水花园、雨水湿地等。东岸湿地公园的中央水体边缘设置陂塘,旱季雨水蒸发时为下凹绿地形式,雨季则可以储存大量的雨水,经过陂塘边缘的净化对中央水体进行补充。丰兴隆生态公园设计中,在地势低洼的开敞区域设置了雨水花园,可以通过植物、土壤和微生物系统蓄渗、净化径流雨水,可以对雨水进行调蓄,在雨季有一定的储水功能,水生植物的种植也使其更有观赏性。根据三亚城市绿地系统规划园林植物名录,三亚市雨水湿地适宜种植的植物见表 3。

表 3 三亚市雨水湿地适宜种植的植物
Tab.3 Rainwater wetlands recommended plants in sanya city

| 分类 Classification | 植物名称 Plant species |
|----------------------|---|
| 挺水植物 | 荷花 <i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.、千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i> L.、泽泻 <i>Alisma plantagoaquatica</i> Linn.、慈姑 <i>Sagittaria sagittifolia</i> L.、纸莎草 <i>Cyperus papyrus</i> 、风车草 <i>Cyperus alternifolius</i> 、水葱 <i>Scirpus validus</i> Vahl、芦竹 <i>Arundo donax</i> 、花叶芦竹 <i>Arundo donax</i> var. <i>versicolor</i> 、芦苇 <i>Phragmites communis</i> 、香蒲 <i>Typha orientalis</i> Presl、再力花 <i>Thalia dealbata</i> Fraser、梭鱼草 <i>Pontederia cordata</i> L.、水芹 <i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC、菹草 <i>Potamogeton crispus</i> L.、灯心草 <i>Juncus effuses</i> L. |
| 浮水植物 | 王莲 <i>Victoria regia</i> Lindl.、睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i> Georgi、芡实 <i>Euryale ferox</i> 、大藻 <i>Pistia stratiotes</i> |
| 沉水植物 | 黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i> 、水车前 <i>Ottelia alismoides</i> 、水筛 <i>Blyxa japonica</i> (Miq.) Maxim.、草茨藻 <i>Najas graminea</i> Del.、黄花狸藻 <i>Utricularia Aurea</i> Lour. |

另外,可以结合三亚的气候、水体适宜红树林生长的特点,人工种植红树植物,与周边水体联通,接入雨水收集管道,打造既能储蓄雨水又富有特色的红树林雨水湿地(图 12)。红树植物种类采用对污水抗性较强且有一定净化污水能力的桐花树(*Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco)、海桑(*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.)、白骨壤(*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.)、秋茄(*Kandelia obovata* (L.) Druce)等^[13]。同时,要明确各红树耐长时间水淹胁迫的能力,从而合理安排其种植的高度,避免水体浸泡导致的植物死亡现象。

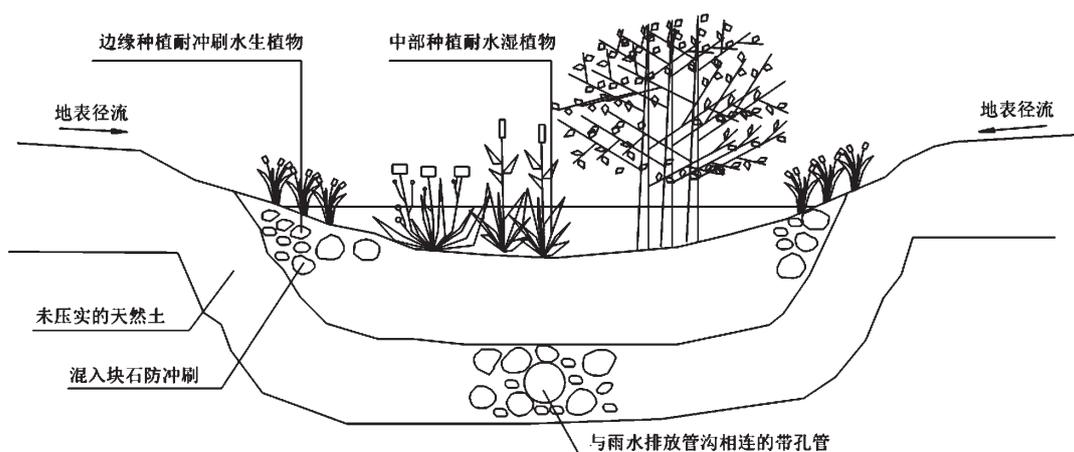


图 12 雨水湿地剖面示意图

Fig.12 The schematic diagram of rain-water wetland

2.4.2 人工储水设施 除了自然形式的储水设施,在条件允许的情况下可以采用人工储水设施。丰兴隆生态公园中设置有地下封闭式蓄水池,容积约 175 m³,用于收纳初期雨水,存储的雨水资源经简单处理可当做中水使用,为公园提供公厕用水、路面清洁、灌溉用水及消防用水等。应确保新建工程及改造工程对应的雨水资源化利用量应占其绿化浇洒、道路冲洗和其他生态用水量的 25%及 20%以上。

2.5 雨水利用设计可视化、景观化 海绵城市理念下的城市公园应更加注重雨水资源相关知识的科普,将雨水利用设施由地下管道转变为地上的、可见的设计,将雨水渗透、净化、传输、储蓄的过程作为景观加以展示。

在红树林生态公园中,利用指示牌对公园的雨水径流系统、红树林生境营造手法加以说明;在丰兴隆生态公园中也设置有多指示牌说明园内雨水处理设备的用途和地下层结构,同时公园设有许多地上可见的雨水处理设施,如旱溪、生态滤池、除磷池等。以上做法能够将雨水利用过程可视化、景观化,让人们感知、体验雨洪景观设计和过程,寓教于乐,增强市民、游客的节水意识,鼓励人们参与到城市雨洪管理中来。

综上所述,整理出三亚城市公园雨水利用措施衔接关系图见图 13,在对于新建公园及传统公园的改造中,应更加注重雨水利用设计与公园景观的结合。

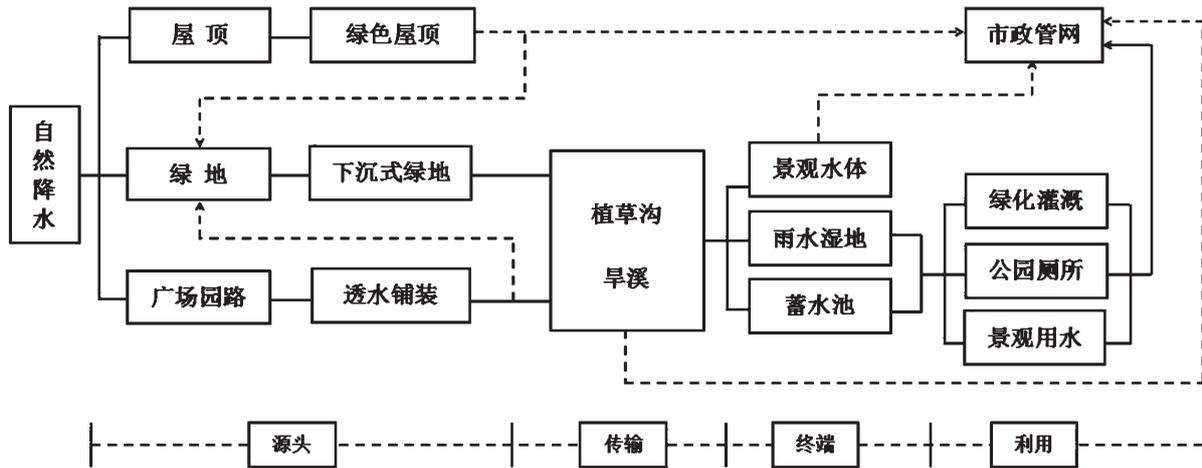


图 12 雨水湿地剖面示意图
Fig.12 The schematic diagram of rain-water wetland

“海绵城市”理念下建成的三亚东岸湿地公园、丰兴隆生态公园、红树林生态公园,为传统公园雨水管理问题提供了新的解决策略,为三亚市“海绵型”城市公园的建设开创先河,起到了一定的指导作用,为三亚市城市公园的“海绵化”改造提供了参考和启示。

3 结语

“海绵城市”理念下的城市公园建设,对三亚市雨水调控、水资源再利用以及水质净化有着很大的帮助。三亚城市公园在结合雨水处理的城市公园景观设施方面仍需探索和创新,具有很大的发展空间。在三亚市未来的城市公园建设中,应借鉴先例、积极创新,对现有传统理念下的公园进行合理的“海绵化”改造,去芜存菁、新旧共生,将自然生态与人工措施结合,兼顾雨水利用设计与景观功能,注重新建成“海绵型”公园的监管和后期养护工作,加强对城市公园周边区域客水的收纳和处理功能,扩大服务面积,增进各城市公园间的沟通联系,以点带面形成整体化、连片化的海绵系统,以期满足可持续发展需求,为推进“海绵城市”的构建助力。

参考文献:

[1] 杜建康,李卫群,陈波,等.雨水调蓄塘在防治城市内涝中的应用[J].给水排水,2012,48(10):39-43.
[2] 罗彬,李纳,王军霞.城市面源污染形成过程及其排放特征研究进展[J].四川环境,2012,31(4):110-113.

- [3] 车生泉, 谢长坤, 陈丹, 等. 海绵城市理论与技术发展沿革及构建途径[J]. 中国园林, 2015, 31(6):11-15.
- [4] 三亚市委规划局.《三亚市道路景观专项规划》[Z]. 三亚: 三亚市委规划局, 2013.
- [5] 三亚市园林环卫管理局.《三亚市城市绿地系统规划》[Z]. 三亚: 三亚市园林环卫管理局, 2012.
- [6] 史兴. 浅谈石羊河流域古浪片区高效节水灌溉技术的推广应用[J]. 农业开发与装备, 2015(9):33.
- [7] 俞孔坚, 王欣, 林双盈. 城市设计需要一场“大脚革命”——三亚的城市“双修”实践[J]. 城乡建设, 2016(9):56-59.
- [8] 向璐璐, 李俊奇, 卞诺, 等. 雨水花园设计方法探析[J]. 给水排水, 2008(6):47-51.
- [9] 彭乐乐. 海绵城市目标下的公园绿地规划设计研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [10] 王诗鑫. 城市公园中雨洪管理系统设计研究[D]. 北京: 北京建筑大学, 2015.
- [11] 王天.《种植屋面工程技术规程》JGJ155-2007 介绍[J]. 施工技术, 2007(10):1-3.
- [12] 王景. 基于低影响开发(LID)理念的城市公园规划设计研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2015.
- [13] 郑康振, 陈耿, 郑杏雯, 等. 人工红树林湿地系统净化污水研究进展[J]. 生态学杂志, 2009, 28(1):138-145.

Analysis of Rainwater Utilization Design Strategy in Sanya Urban Park under the Theory of Sponge City

SONG Jueying, XU Xiansheng, TANG Yinying, LI Dan

(Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: Based on our field research of Bailu Park which was built with the conventional concept in Sanya. The paper analyzes the traditional parks' shortage of the use of rainwater utilization, contains use waterproof material, poor drainage pattern, water pollution, and the lack of rainwater reuse measures and rain water science education. Combined with the design of the city parks built under the concept of “sponge city” in Sanya, provides some design strategy of rainwater utilization, contains strengthen the permeability of the site, transmit rainwater directionally, filter and purify rainwater runoff, collect and storage rainwater, and add visualization of rainwater utilization design.

Keywords: Sponge city; Urban park; Sanya; Park landscape; Rainwater utilization design

(责任编辑 潘学峰)