

城市树池现状及海绵型改进优化

徐冉云

(浙江工业大学 环境学院, 浙江 杭州 310014)

摘 要: 城市树池是海绵城市建设中一种重要的技术设施,是城市道路、广场树木生长所需的人工构筑物,已有较多的应用。通过对比分析海绵城市建设中各种城市树池的建池原则、处理方式、植物灌溉、雨水回用等特点,基于低影响开发理念,设计并提出了一种能够有效净化初期径流并储存回用雨水的海绵型改进优化树池,并相应地提出了该新型树池的构造要求、设计方法与参数,结合海绵城市建设的年径流总量控制率指标要求,对其应用特点与要求进行了计算分析,结果表明,该设施具有径流控制与节水效果高、运行维护方便等优点。

关键词: 海绵城市; 低影响开发; 树池; 径流; 雨水回用

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)11-0128-05

Current Status and Improvement of Street Tree Cell Customized for Sponge City

XU Ran-yun

(College of Environment, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: As an important technique in the sponge city construction, street tree cells are necessary artificial structures for trees to grow on urban streets and open areas. Through the comparison and analysis of construction principles, treatment methods, plant irrigation and rainwater reuse of different street tree cells in the construction of sponge city, this paper introduced an improved and optimized street tree cell customized for sponge city, which could purify initial runoffs and store/reuse the rainwater, in alignment with the design concept of low impact development. This paper also proposed construction requirements, design methods and parameters for street tree cells. In combination with the annual total runoff control rate of sponge city, the application characteristics and requirements of street tree cells were calculated and analyzed. The results showed that this innovative street tree cell had the advantages such as runoff controls, efficient water consumptions, and low operation and maintenance requirements.

Key words: sponge city; low impact development; street tree cell; runoff; rainwater reuse

近年来,随着城市的发展和气候的变化,许多城市不断发生严重的洪涝灾害,进而带来雨水径流污染、地下水位下降、生态环境恶化等问题。为应对上述问题,国家提出了海绵城市的理念,在确保城市排水防涝安全的前提下,最大限度地实现雨水在城市区域的积存、渗透和净化,促进雨水资源的利用^[1]。

在道路滞留带的应用过程中发现,受城市道路横断面设计的限制,城市支路及部分次干道往往没

有可用来滞留净化雨水的绿化带,只有断续布置的行道树绿化带,即传统树池。树池作为保护树木生长发育的最基本空间,为道路、广场等硬质空间的绿化提供了可能,成为园林绿化中的一个重要部分,在城市中应用十分广泛^[2]。

1 城市树池的建设原则和处理方式

1.1 城市树池的建设原则

树池覆盖在保证使用功能的前提下,宜软则软、

软硬结合,以最大地发挥树池的生态效益,即通过光合作用固定太阳能,吸收二氧化碳,并释放大量的氧气;截留颗粒污染物与吸收有害气体,涵养水源、减少水土流失等^[3,4]。此外,因不同类型的树池造价存在较大差异,为提升城市整体形象,在城市主要路段及广场、公园主要部位的树池,选用高档覆盖方式,其余部位的树池则选用造价较低的覆盖材料,这样可有效降低造价^[5]。

1.2 城市树池的处理方式

通过对收集到的园林树池处理方式进行归纳、分析可知,当前园林树池的处理方式可分为硬质处理、软质处理、硬软结合三种。硬质处理是指使用不同的硬质材料,用于架空、铺设在行道树树池表面的处理方式;软质处理则指采用草坪地被、花卉和小灌木等低矮植物植于树池内覆盖树池表面的处理方式;软硬结合是指同时使用硬质材料和园林植物对行道树树池进行覆盖的处理方式^[6,7]。

2 城市树池的应用现状

2.1 雨雪分离型

李俊奇等人^[8]设计了一种可对道路雨水进行截污减排的树池,该树池主要包括前池和渗滤池,前池由隔板分隔为弃流室和溢流室,渗滤池与溢流室之间通过格栅连通,其构造如图1所示。

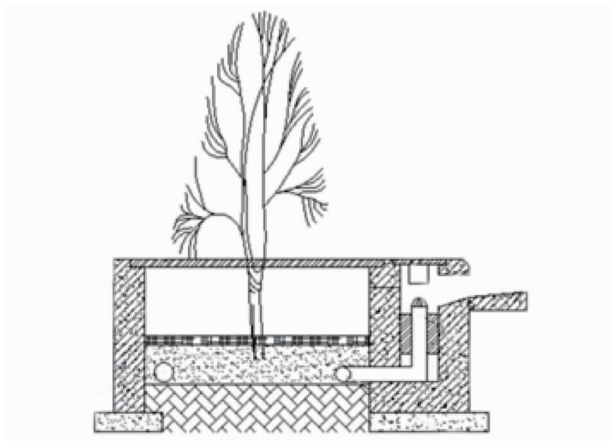


图1 雨雪分离型树池

Fig.1 Rainwater and snow separation street tree cell

在雪季使用此树池时,由于雪水中含融雪剂,会对土壤和植物造成侵害。因此,操作人员可将闸板关闭,即将弃流室和溢流室隔离。此时雪水不会从溢流室进入渗滤池,而是直接从弃流管排出。在雨季使用此树池时,操作人员可将闸板打开,此时,

弃流室和溢流室连通,雨水可穿过格栅进入渗滤池,渗滤池中的渗滤介质层可对雨水进行净化,同时对种植植物进行灌溉;另外,弃流室和溢流室之间的隔板可起到隔油作用,隔离径流雨水中的石油类物质。

2.2 储存利用型

章贵华等人^[9]设计了一种能够收集和储存雨水的生态树池,该树池从上到下依次设置有透水层、蓄水层和土壤层。蓄水层包括若干并列设置的蓄水池,同时,蓄水池连接有用于将水输送至土壤层的输水袋,其构造如图2所示。

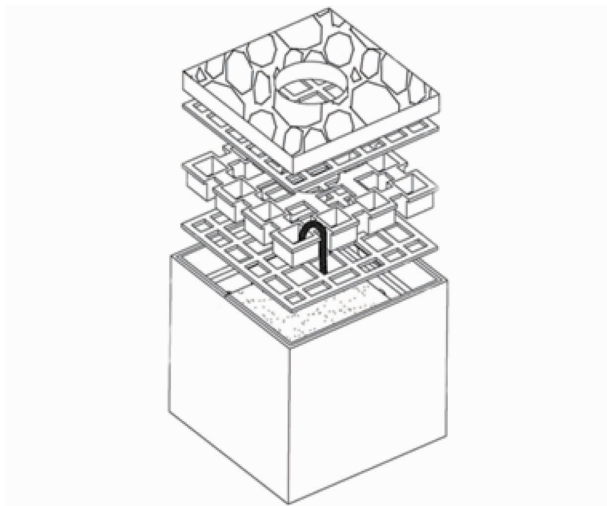


图2 储存利用型树池

Fig.2 Storage and utilization street tree cell

透水层从上至下包括石块层和筛网层,石块之间具有一定的缝隙,雨水能够从缝隙中向下流,并通过筛网层的网孔流入蓄水池中对雨水进行储存。筛网层能够防止石块掉入蓄水池中。雨水经过透水层后存储在蓄水层的蓄水池中,再经过输水袋中的煤渣或海绵等输水介质将水送至土壤层。输水袋延伸至土壤层,使得池底的土壤能够有更多的供给水。同时,相邻蓄水池之间设置有连接块,连接块之间形成的第二通孔能够使雨水进入土壤的上部,给予植物根部更多的水分。

2.3 组合型

李俊奇等人^[10]设计了一种对城市道路、广场径流雨水进行截污减排的组合式雨水渗滤树池,该树池包括前池、两个种植池和两个过流净化池。前池具有间隔开的弃流室和沉淀室,两个种植池沿远离前池的方向排列在前池的同一侧,两个过流净化池位于两个种植池之间,其构造如图3所示。

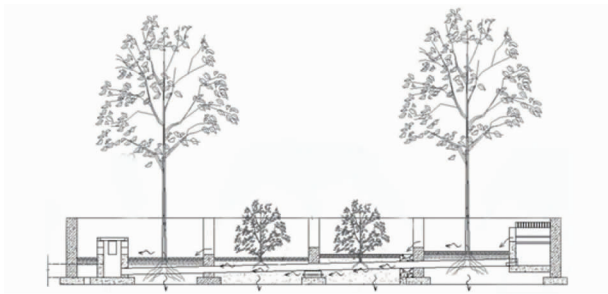


图3 组合式雨水渗滤树池

Fig.3 Combined rainwater infiltration street tree cell

冬季使用该树池时,由于融雪剂会随雪水进入而侵害植物,操作人员可打开翻板,即通过翻板将进水口与弃流室连通,将含有融雪剂的雪水引入弃流室弃流。雨季使用该树池时,操作人员可关闭翻板,即通过翻板将进水口与沉淀室连通,径流雨水直接进入沉淀室。过流净化池中装填有炉渣、砂土与土壤混合构成的净化介质,可通过水平潜流净化方式高效地净化径流雨水。远离前池的种植池中设置有多级溢流口,可控制不同进水条件下的径流溢流速度和蓄水深度。组合式雨水渗滤树池底部设置渗排管,可对超渗径流进行过流净化处理后外排,缩短组合式雨水渗滤树池内的积水时间。

3 海绵型优化改进树池

目前的树池中,雨雪分离型虽能有效解决初期雨水和融雪剂问题,但操作人员需要在雨季和冬季时手工打开翻板,无形中增加了人工劳动强度。储存利用型虽能收集径流雨水供植物使用,但储水空间有限,无法保证旱季植物需水。组合型虽能解决初期雨水、融雪剂的分离和雨水的净化、收集,但仍然无法解决雨雪分离型面临的难题。为了克服现有技术的缺点和不足,笔者提出一种能够净化雨水,而且能进行储水,进而树木能够进行自吸,达到浇灌效果的海绵型优化改进树池,其构造如图4所示。

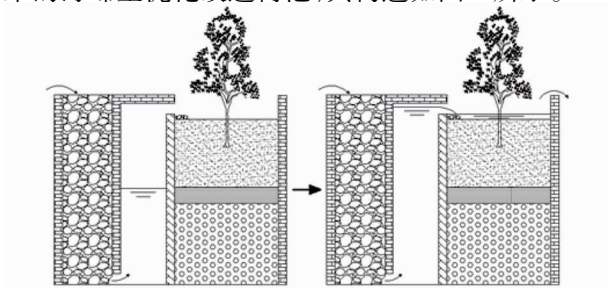


图4 海绵型优化改进树池

Fig.4 Sponge optimization street tree cell

3.1 构造要求

该树池从左到右依次设置有卵石区、储水区和植物生长区。卵石区填满卵石,底部设有连通储水区的出水口;储水区顶部设有与地面齐平的顶盖,顶盖下方靠植物生长区一侧留有溢流口,与植物生长区之间的隔墙为渗透性墙体;植物生长区上层靠溢流口附近放置有卵石,植物生长区由上至下设有改良土壤层、细砂层和填料层。

① 进水口

径流需通过进水口进入树池,边沟水流深度、进水口开口宽度及开口位置都会影响进水口的收水能力。树池的进水口在形式上类似于侧算雨水口,可参考侧算雨水口泄水能力计算公式设计与校核进水口宽度是否满足汇水区域重现期内的排水要求:

$$Q_1 = m \cdot \sqrt{2g} \cdot L \cdot h^{1.5} \quad (1)$$

式中, Q_1 为树池进水口流量,L/s; m 为堰流系数; L 为树池进口宽度,m; h 为道牙石水深,m。

② 卵石区

当初期径流污染浓度较高时,可在径流进入树池前进行预处理,以降低树池污染物处理负荷,减轻树池的维护负担和填料更换频率,延长树池的工作寿命。海绵型优化改进树池设置卵石区预处理进水,道路径流从进水口进入后,在卵石区将大颗粒物沉淀后进入储水区。

③ 树种

树种选择是树池设计的一项关键因素,一般选用当地典型的景观植物。此外树池设计是以控制道路径流为主要目的,故在选择树种时还应考虑以下要求:选择具有良好雨水控制特性的植物;对城市环境中常见的空气或水中污染物具有高度抵抗力。

④ 改良土壤层

改良土壤的渗透性能应较好,营养成分和含量应能保证植被正常生长。为改善和提高树池的径流控制能力,改良土壤应增加孔隙率和有机物含量,控制酸碱度。为提高树池对径流污染物的去除吸附性能,改良土壤中需添加具有去除氮磷的填料,如沸石、炉渣和蛭石等。

3.2 海绵型优化改进树池的设计

① 设计方法

与雨水花园等生物滞留措施类似,树池的蓄水层厚度、渗透速率以及空隙储水量决定了设施的径流体积控制能力。在蓄水层厚度、渗透系数、填料厚

度等主要设计参数确定的情况下,单位面积树池的径流体积控制能力确定,即固定面积场地内树池的面积率愈大,相应的雨水控制体积就愈大。参考生物滞留设施的完全平衡水量体积削减法^[11],植物生长区单位时间内可控制水量的计算方法如下:

$$V = G + V_w + S \quad (2)$$

式中, V 为计算时段内进入植物生长区的雨水径流量, m^3 ; G 为计算时段内填料层空隙的储水量, m^3 ; V_w 为计算时段内蓄水空间内的储水量, m^3 ; S 为计算时段内植物生长区的下渗量, m^3 。

计算时段内填料层空隙的储水量计算方法如下:

$$G = n \cdot A_f \cdot d_f \quad (3)$$

式中, n 为种植土和填料层的平均空隙率,一般取 0.3; A_f 为植物生长区的表面积, m^2 ; d_f 为种植土与填料层的总厚度, m 。

当树池的进水量大于土壤渗透量时,会在蓄水层中形成积水,则表面最大积水量即为蓄水高度与植物生长区表面积的乘积:

$$V_w = A_f \cdot h_1 \quad (4)$$

式中, h_1 为蓄水层设计水深, m 。

计算时段内的植物生长区下渗量计算方法如下:

$$S = \frac{K \times (d_f + h_1) \times A_f \times T \times 60}{d_f} \quad (5)$$

式中, K 为渗透系数, m/s ; T 为计算时间,通常按一场雨历时 120 min 计算。

② 设计举例

海绵型优化改进树池的改良土壤层渗透系数 $K = 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$,种植土与填料层的总厚度 $d_f = 0.8 \text{ m}$,蓄水层的设计水深 $h_1 = 0.2 \text{ m}$ 。根据公式(2)~(5)计算得出单位面积植物生长区的可控制水量 $V = 0.485 \text{ m}^3$ 。当树池各分区的面积 $S_{\text{植物生长区}} = 2S_{\text{卵石区}} = 2S_{\text{储水区}}$ 、卵石区的孔隙率 $n_{\text{卵石区}} = 0.4$ 时,单位面积树池的设计径流总量 $V_{\text{树池}} = 0.592 \text{ m}^3$ 。假定汇水面积 $F = 800 \text{ m}^2$ (即 100 m 四车道半宽面积),道路径流系数为 0.9,计算不同面积比所对应的设计降雨深度,如表 1 所示。

我国树池规格因道路条件而定,一般情况下,正方形树池不小于 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$,长方形树池以 $1.2 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ 为宜,圆形树池直径则不小于 1.2 m 。根据表 1 的数据,以正方形树池为例,计算为了满足

10、20、30 mm 的设计降雨深度时,不同规格树池所需个数以及植株间距,如表 2 所示。

表 1 不同树池面积率下的设计降雨深度

Tab. 1 Design rainfall depth of street tree cell under different area ratios

树池表面积/ m^2	面积比/%	径流处理体积/ m^3	设计降雨深度/mm
5	0.63	2.960	4.1
10	1.25	5.920	8.2
15	1.88	8.880	12.3
20	2.50	11.840	16.4
25	3.12	14.800	20.6
30	3.75	17.760	24.7
35	4.38	20.720	28.8
40	5.00	23.680	32.9

表 2 不同规格树池设计数量与株距要求

Tab. 2 Design numbers and spacing requirements of street tree cell at different sizes

树池规格/m	单位树池面积/ m^2	树池数量/个			植株最大间距/m		
		10 mm	20 mm	30 mm	10 mm	20 mm	30 mm
1.0×1.0	1.00	12	24	36	8.3	4.2	2.8
1.2×1.2	1.44	8	17	25	12.5	5.9	4.0
1.5×1.5	2.25	5	11	16	20	9.1	6.2

我国《城市道路绿化规划与设计规范》(CJJ 75—1997)中要求种植株距不小于 4 m,故若控制设计降雨深度为 30 mm,树池规格至少为 $1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$ 时方可满足规范要求。此时若要提高设计降雨深度,就需提高树池的滞蓄高度,或与其他措施联合使用(如下凹绿化带、渗透检查井等)。树池株距在具体设计时应根据雨水口的间距布置与整体街道绿化布局进行适当调节,降低施工难度,使整体场地景观更加协调。

3.3 运行维护

雨季使用该树池时,径流雨水先进入卵石区,经净化处理后由卵石区底部进入储水区,待水面上升后,储水区的雨水进入植物生长区,经卵石消能及植物、改良土壤层、细砂层、填料层截留过滤后溢流排出。为了确保植物的正常生长,树池种植树木每年至少应检查一次,以确保树木生长良好,包括修剪、保暖等。当树木出现死亡或病害等不适情况时,需更换树木和树池填料。

降雨结束后,储水区水位下降,积水由渗透性墙体进入植物生长区。若种植土壤湿润时间超过 72

h,需更换10~15 cm的种植土壤,并尽量避免损害根系。当树池内无积水时,利用市政洒水车,将储水区作为进水口,卵石区作为出水口,清除卵石区中的大颗粒污染物,清洗后的废水可收集后再利用。考虑到卵石对冲洗的阻碍作用,卵石区底部会残留一些污染物,需要定期更换卵石。

树池树木栽种后需清除池中杂草,除草频率随植物生长时间可逐渐降低,并对植物进行检查和修剪以保持植株的形状和健康。若植株出现不明原因的生长不良,可咨询园林专家。若某树种证实在建设场地不易成活,需更换为较易生长的树种。植物在种植2~3年里需要充足的灌溉,特别是北方春季干旱少雨,蒸发量大,如果供水不足,会严重影响苗木成活率。

4 结论

随着国家大力推行海绵城市建设,雨水径流的源头处理必将成为研究的重点。通过对现有树池进行分类、解析,熟悉各种树池的优缺点,从而提出一种能处理初期径流、储存回用雨水、反冲洗方便易行、可一体化施工的海绵型优化改进树池,旨在为雨水径流的处理提供技术支持。

参考文献:

- [1] 车伍,赵杨,李俊奇,等. 海绵城市建设指南解读之基本概念与综合目标[J]. 中国给水排水,2015,31(8): 1-5.
- [2] 尹荣,关春雨,李艺,等. 地下市政管线与行道树相互关系研究[J]. 给水排水,2010,36(8):117-121.
- [3] Zhang W, Keller A A, Wang X J. Analytical modeling of polycyclic aromatic hydrocarbon loading and transport via road runoff in an urban region of Beijing, China[J]. Water Resour Res,2009,45(1):163-169.
- [4] 毛燕,王熙. 商业步行街植物景观设计[J]. 安徽农业

科学,2010,38(32):18441-18442,18478.

- [5] 谭焕荣,朱桥明. 对现阶段生态园林建设中树池处理技术应用的分析[J]. 广东园林,2013,35(1):72-76.
- [6] 王建龙,陈宏亮,车伍,等. 城市绿色道路雨水技术发展与应用[J]. 中国给水排水,2015,31(2):1-5.
- [7] 李德巍,王莹,李英华,等. 城市园林景观设计雨水收集利用方式的探讨[J]. 中国给水排水,2014,30(14):29-32.
- [8] 李俊奇,王文亮,车伍. 树池、采用该树池对径流雨水进行渗滤处理的方法[P]. 中国专利:CN201310513297.7,2014-02-05.
- [9] 章贵华,施国萍. 一种生态树池[P]. 中国专利:CN201620567261.6,2016-11-16.
- [10] 李俊奇,王文亮,陆利杰,等. 组合式雨水渗滤树池[P]. 中国专利:CN201410328452.2,2014-11-12.
- [11] 李俊奇,向璐璐,毛坤,等. 雨水花园蓄渗处置屋面径流案例分析[J]. 中国给水排水,2010,26(10):129-133.



作者简介:徐冉云(1995-),女,浙江杭州人,本科在读,研究方向为环境工程。

E-mail:497709169@qq.com

收稿日期:2017-01-10