

# 雨水收集系统与景观设计相结合的研究

张 鑫,陈飞虎

湖南大学设计艺术学院,长沙 410082

**摘要** 随着人口增长与经济发展,水资源短缺问题日益严重,雨水的利用价值受到越来越多的关注,尤其在城市,收集雨水对解决城市用水具有十分积极的意义;同时,由于城市空间拮据,把雨水收集系统与景观设计结合起来,合理利用空间美化环境值得探讨。本文综合现有资料,对雨水收集系统和景观设计的不关系进行了初步探讨,挖掘出两者结合的可能性。

**关键词** 城市空间;雨水收集;景观设计

**中图分类号** TU986.4

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.26.009

## A Combination of Rainwater Harvesting System and Landscape Design

ZHANG Liu, CHEN Feihu

School of Design, Hunan University, Changsha 410082, China

**Abstract** With the growth of the population and the development of economy, we are now entering an era of water shortage. People begin to recognize the value of harvested rainwater in solving the water problem, especially in cities. But the rainwater harvesting system is often considered as a separated part in the urban design, and only its functionality is addressed, which brings about the problem that it will take up the precious urban field. This paper proposes to combine the rainwater harvesting system with the landscape design, and discusses the relationship between the rainwater harvesting system and the landscape design, to find out a proper way of their combination in both functionality and aesthetic. It is hoped that this proposal may provide some food of thought in the future design.

**Keywords** urban cities; rainwater harvesting; landscape design

### 0 引言

远古时代人们就已经知道收集利用雨水了,那时用土器、陶器、石池、砖池等简的器皿收集、储存雨水,用于饮用、洗涤、灌溉等,这些原始雨水收集方式可认为是现代雨水收集系统的雏形。在城市化过程中,集中供水系统代替了早期的雨水收集。近年来,随着全球气候变化影响加大,水资源短缺问题日益严重,人们开始重新认识雨水收集的价值,尤其注意到城市雨水收集的重要性。

### 1 现代雨水收集系统的概念

Currier 认为雨水收集系统就是收集自然降雨并善加运用的过程<sup>[1-3]</sup>。一般来说,雨水收集系统有 3 个基本组成部分。

(1) 前端——集水区。收集雨水的区域,如屋顶、土壤地

表及岩石地表<sup>[4]</sup>,岩石地表可以扩展到任何硬质的铺地区。收集雨水量取决于集水区的面积、表面质地及坡度等。最理想的集水区拥有坚硬且光滑的表面,比如水泥面或金属屋顶。(2) 末端——用水区。利用雨水的区域,通常是植物的种植灌溉区。(3) 运输装置。任何连接集水区及用水区的输水构造,包括传统的排水输水设施,如沟渠、水管、落水管、天沟等。有小切口的路缘石、一定坡度的表面如人行道、小山坡等也可以输送雨水。

如果雨水不马上利用则可以储水装置,它是雨水收集系统中常见但非必要的组成部分。选择合适的储水容器取决于降雨量、用水量(灌溉需求包括园地尺寸、土壤类型、地下水高度等)、旱季持续时间、集水区面积、美观性、个人喜好及预算等。

收稿日期:2012-06-25;修回日期:2012-08-03

作者简介:张鑫,博士研究生,研究方向为建筑环境与景观设计,电子邮箱:zhangliu1984@gmail.com;陈飞虎(通信作者),教授,研究方向为建筑环境与景观设计,电子邮箱:tigerflychen@163.com

## 2 雨水收集系统与景观设计的结合途径

景观设计涵盖范围很广,雨水收集系统在景观设计中的应用主要体现在两个方面:景观植物的灌溉及景观水景的供水。根据雨水使用的能动性分为被动型和主动型的雨水收集系统。

### 2.1 被动雨水收集系统(简单系统)与景观设计

被动雨水收集系统指集水区收集的雨水立即被用水区使用(图1)。它一般只能在下雨期间发挥作用,主要用于满足已有的场地现状或小尺度的景观灌溉。活用雨水收集系统的构成元素,可在有效收集利用雨水的基础上,达到美化环境的景观设计目的。

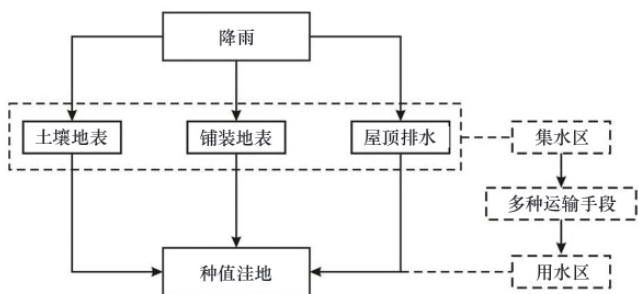


图1 被动雨水收集系统示意

Fig. 1 Diagram of passive rainwater harvesting system

#### 2.1.1 运输系统的景观化潜力

(1) 地形塑造。充分利用场地现有高差,确定排水模式,找到至高点和最低点,并强化至高点集水区和最低点用水区的作用,促进雨水汇集。如果范围过大可以分割成若干排水区;如果是平地则可适当作微地形处理,提供丰富多变的地形

骨架,有效组织雨水汇流,为场地的自然排水和雨水汇集提供有利地形条件,也为景观地的丰富性与趣味性创造条件。

(2) 落水链。屋顶雨水通过管道传输到地面时会加重对地面的冲击,一般做法是在落水管出口处用石块等坚硬的材料设置散水装置或种植大型的坚硬植物阻止水流下落对土壤的腐蚀。几百年前,日本民居和寺庙就使用了一种叫落水链的装置,其作用相当于跌水式的管道,在降低雨水冲力的同时,也可作为一种景观元素。落水链一般只用于2层以下的建筑,如亭子、门廊等的导水,末端需要进行锚固处理,可设置小花坛、小水坛、卵石池等景观小品(图2)。



图片来源: <http://marusinroof.myweb.hinet.net/g2.htm>

图2 台湾温泉山庄落水链

Fig. 2 Rain chains in Taiwan spring villas

(3) 填石暗沟。暗石填沟是在线型沟或洼地中填满多种粒径的碎石,它即可运输雨水,又能下渗部分雨水,一般用在平地或坡度较缓的地方,特别是地表面积较珍贵的地方。值得注意的是最好运输沉积物较少的表面汇集的雨水,以免堵塞空隙影响效果,如停车场、屋顶、人行道或表面牢固覆盖有植被的土壤(图3)。

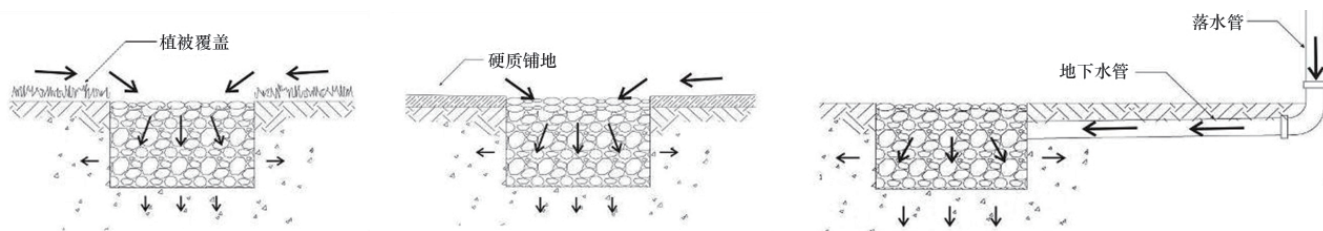


图3 暗石填沟示意

Fig. 3 Diagram of french drains

暗石填沟因在地表没有形成明显的下陷沟渠,可作为单调地面铺装的一种装饰形式。如在美国西雅图雪松河流域环境教育中心,暗石填沟把几处屋顶收集的雨水串起来一并运输的同时,其蜿蜒的形式及碎石的填充效果形成了一种有趣的地面装饰,增添了地面图案的变化性(图4)。

#### 2.1.2 用水区的景观化潜力

用水区主要指的是种植洼地,它是种有灌木、花草乃至树木等植物的较浅的低洼地区。它可以储存、下渗雨水以减少径流量,降低洪水率及土壤侵蚀;被植物直接利用;或者通过土壤和植物的过滤作用净化雨水。



图片来源: <http://www.asla.org/awards/2004/04winners/entry441.html>

图4 雪松河流域环境教育中心

Fig. 4 Cedar River Watershed Education Center

种植洼地所起的景观效果主要依靠其间种植的植被来完成。因其生态功能,最好选择只用雨水灌溉就能长势良好的植物。本土植物能够很好地适应季节性和短暂的雨水供给,大多数适应荒漠生长的植物都有很强的抗旱性,它们都是不错的选择。种植在大的、较深的洼地底部的植物还要考虑其抗涝性,预防当雨水过多无法迅速下渗而淹没根部的情况。而为了达到美观的目的,则要考虑植物的形态、色彩搭配、层次的高低错落等,最常见的是用草本植物。一年生草本能为景观带来立竿见影的季相变化,多年生草本则带来不断生长的欣欣向荣之景;花卉类草本缤纷的色彩、宜人的芬芳将大大刺激人们的感官感受,形成雨季和旱季均有景可赏的花地景观。

### (1) 条状种植洼地

条状种植洼地主要在街道、人行道或停车场边上水平设置,以最大化地收集雨水。常规街道与停车场的绿化带往往种在高于地面的种植池中,只能起到分隔、美化空间和提供庇荫的作用。用种植洼地替代传统种植池,除了以上作用外,还能提供重要的生态功能。通过路面坡度引导雨水,或配合有小切口的路缘石,使雨水的导向性更明确,更好地汇集。

美国波特兰市 NE Siskiyou 街道通过路缘石的小切口把雨水引导到洼地中,用很少的投入解决了大量的环境问题。美国景观设计协会评价它是居住区雨洪管理计划的典范,用简单而温馨的设计创造出比原有景观更优美的街道生态景观(图 5)。



图片来源: <http://www.asla.org/sustainablelandscapes/greenstreet.html>

图 5 NE Siskiyou 绿色街道

Fig. 5 Green street of NE Siskiyou

### (2) 雨水花园

雨水花园是面积稍大的种植洼地,景观元素的可选性更多更灵活,可作为大的景观节点,成为一个很好的休憩空间。

洼地可以由人为挖出,但并非所有的场地都适合建造雨水花园。场地面积、土壤类型、场地与周围建筑的关系、场地的坡度、太阳的朝向、已有的植物等都需要纳入考虑范围。为了有利于雨水下渗,雨水花园的土壤不应太紧实,特别是底部,但土壤含沙量过大,又不利于储水,可以混合一些有机质增加土壤含水能力。如果土壤表层铺有覆盖物则能够减少土壤水分的蒸发。

美国波特兰市 Mount Tabor 中学将原有的一个利用率不高的沥青停车场改造成了雨水花园,融合了艺术、教育与生

态功能等一系列概念,让孩子们每天都可以接触到一些有真正生态功能的景观(图 6)。



图片来源: [http://www.asla.org/awards/2007/07winners/517\\_nna.html](http://www.asla.org/awards/2007/07winners/517_nna.html)

图 6 Mount Tabor 中学雨水花园

Fig. 6 Rain garden of Mount Tabor Middle School

### (3) 下沉式绿地

下沉式绿地指低于周边地面的绿地空间,收集雨水原理类似于种植洼地,但下沉的深度更深,景观的人工化设计程度更明显,在使用功能上往往结合了硬质铺地广场的部分功能,具有汇集人流,作为活动空间的作用。

美国弗吉尼亚州某小学的下沉式绿地中心部分一半是硬质铺地,四周环绕阶梯式座椅,是孩子们休闲的乐园、表演的舞台、学习的天地,又具有收集雨水的生态功能(图 7)。



图片来源: <http://www.asla.org/2011awards/456.html>

图 7 马纳萨斯帕尔克小学下沉式绿地

Fig. 7 Landscape of Manassas Park Elementary School

### (4) 石笼

石笼是在铁丝等金属丝编织成的箱笼内填充卵石或砾石所形成的一种装置。多用做堤防、挡墙防护等工程。因为其有一定的透水性,也可用作种植洼地或下沉绿地的边坡防护,以减少快速水流对土壤的侵蚀,同时营造一种新的景观视觉效果。

美国波士顿 MIT 大学 Stata 中心前坪的种植洼地部分边缘就用阶梯式石笼围合,设计为可以承担 100 年一遇的洪水(图 8)。

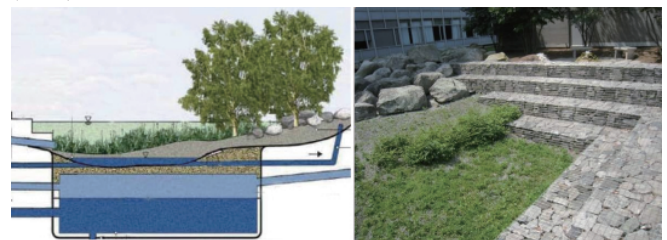


图 8 MIT Stata 中心前坪雨水收集系统

Fig. 8 Rainwater harvesting system of MIT Stata center

(5) 连续洼地的活用

如果能通过土堤的溢水口(图9)或沟渠连接多个种植洼地,将有利于扩大蓄水量和延长蓄水时间。特别是在坡度较大的区域,低侧月牙形的土堤加上连续梯级式洼地可以更有效地储存及利用雨水<sup>[9]</sup>(图10)。重复类似的形式可以成为潜在的序列式景观元素,合理的排列将能轻松塑造一个有气势的大场景。

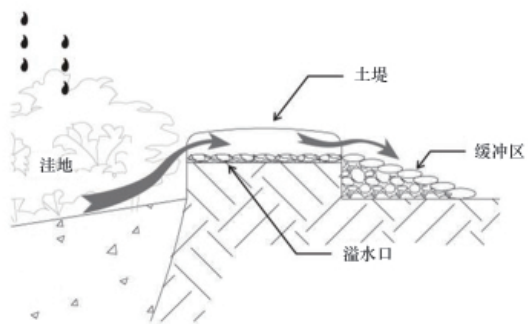


图9 土堤溢水口

Fig. 9 Berm with rock apron around swale

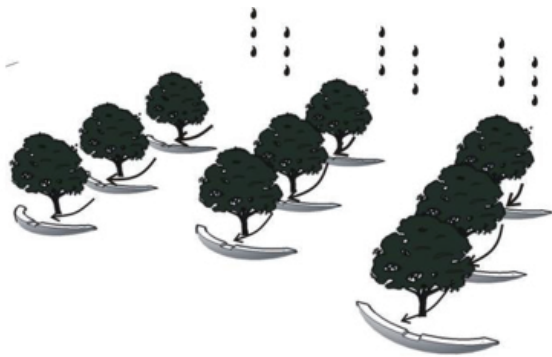


图10 连续洼地的雨水流向示意

Fig. 10 Series crescent-shaped berms

2.2 主动雨水收集系统(复杂系统)与景观设计

很多人都有这样的疑问,常规年可否收集到足够的雨水满足整个景观的灌溉要求。如果想要设计一个完全自给自足的雨水收集系统,雨水的储存环节必不可少。这也是主动雨水收集系统最大的区别,它可以主动选择使用雨水的时间,且水量可控性较高,适用于大范围的景观灌溉,在旱季给植物提供水资源和景观水的补给。

储水装置可分为地上和地下两种放置方式,但地下装置视觉上不可见,对于景观审美几乎没有影响,因此本文只介绍主要收集屋顶雨水的地上储水装置(图11)。

2.2.1 储水装置主要类型及其对景观的影响

地上储水装置主要分为两类:雨水桶和水箱<sup>[6]</sup>。

(1) 雨水桶

雨水桶是技术要求最低,花费最少,最易维护的收集装置。上端直接收集落水管输送的雨水,靠近底部的出水口可

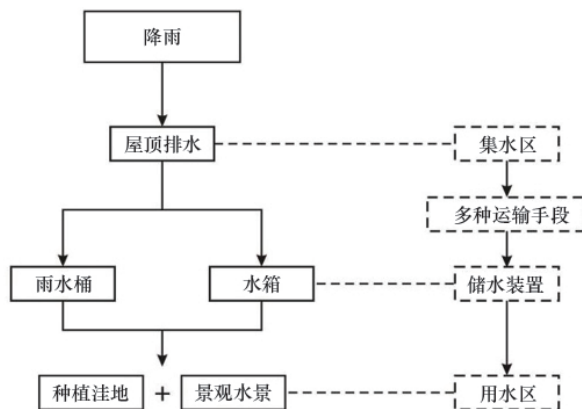


图11 主动雨水收集系统示意

Fig. 11 Diagram of active rainwater harvesting system

连接龙头软管用于景观灌溉。木桶、陶罐、塑料桶等均可用作雨水桶,同时,它们本身也可处理为景观小品,如花坛罐或用绘画装饰,或用藤蔓植物遮盖起来(图12)。



图片来源: <http://lindajot.hubpages.com/hub/Easy-Rain-Barrel-Use>  
[http://hillsborough\\_fyn.ifas.ufl.edu/ImagesOld/Burton\\_1.jpg](http://hillsborough_fyn.ifas.ufl.edu/ImagesOld/Burton_1.jpg)  
<http://www.philmaffetone.com/offthegrid.cfm>

图12 雨水桶

Fig. 12 Rain barrels

(2) 水箱

水箱是大型雨水收集装置。因体积较大,对于视线的阻碍较明显,且不利于隐藏与装饰,所以适合设置在不重要的景观位置,必要时用其他的构筑物、屏风或植物遮蔽起来,或临近需水区设置多个相连的较小储水罐,便于操作及伪装。

值得注意的是,进入储存装置前,需要分离初期雨水。因为屋面及天沟等处积累了灰尘和杂质,屋顶的初期雨水一般含有较高的污染物<sup>[7]</sup>。为了尽可能只收集较洁净的雨水,常在落水管中加入阀门把初期雨水排掉。根据经验,100m<sup>2</sup>的屋顶集水区,初期雨水装置需要转移约50L的雨水<sup>[8]</sup>。

2.2.2 主动雨水收集系统与景观水体

景观水体在水源补给和水质保持方面存在很大问题,到了枯水期水位下降较快,如果使用自来水补水,成本高且造成水资源浪费。收集的雨水经过沉淀、过滤、净化等处理,通过泵等压力装置,在枯水期可以为景观水体,如湖、池塘、喷泉、瀑布等提供重要的补给。

### 3 雨水收集系统的局限性

#### 3.1 雨水来源的不稳定性

因为下雨事件的不可预测性,雨水收集系统不能作为一个长期的、用于抗旱的供水来源。它的使用主要决定于一个地区的降雨频率及总量。雨水资源丰富的地区更适合使用雨水收集系统,但不建议把所有的水来源寄托于雨水收集系统,应根据当地年均降雨量及实际降雨情况,适时配合市政供水系统。

#### 3.2 潜在的危险性

雨水虽可作为资源利用,但过多的雨水会形成危害。因此,在雨水利用的同时要防止雨水泛滥。绿地中丰富的地形和较大的高差虽为雨水利用创造了条件,但非常时期亦具有一定风险。因此,雨水收集系统的容量应与暴雨时的降水量相匹配,并重点考虑强暴雨时雨水收集系统的排水问题。

### 4 结论

在水资源短缺的现今,雨水作为一个可选择的供水来源,它的合理利用对于缓解城市用水压力具有重要意义。雨水收集系统不但可以从源头上解决雨水径流问题,净化雨水,而且它的景观潜力也不可估量。在进行场地景观设计的时候,有很多可以收集雨水的机会。居住区、学校、公园、停车场、商业设施等都是雨水的收集区域,可行性与操作性很强。在设计阶段,把雨水收集系统与景观有效结合,不但不会削弱景观本身的审美性,还能创造一个低维护、可持续的景观。

### 参考文献 (References)

- [1] Boers T M, Ben-Asher J. A review of rainwater harvesting [J]. *Agric. Water Manage.*, 1982, 5: 145-158.
- [2] Sivanappan R K. Rain water harvesting, conservation and management strategies for urban and rural sectors [J]. *National Seminar on Rainwater Harvesting and Water Management*, 2006, 11/12(1): 1-5.
- [3] Critchley W, Siegert K. Water harvesting—A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production, training manual No.3 in water harvesting, AGL/MISC/17/91 [R]. Rome: FAO, 1991.
- [4] Gould J E. Rainwater catchment systems technology: recent developments in Africa and Asia [C]//Proceeding of Science and Technology in the Third World Development Conference. Glasgow: University of Strathclyde, 1993.
- [5] Waterfall P H. Harvesting rainwater for landscape use [M]. 2nd ed. Tucson, AZ, USA: University of Arizona, 2004.
- [6] Office of Energy and Sustainable Development (OESD). A program of the city of Berkeley green building initiative, guide to conserving water through rainwater harvesting & graywater reuse for outdoor use[EB/OL]. [2012 -04 -01]. <http://www.ci.berkeley.ca.us/ContentDisplay.aspx?id = 45768>.
- [7] Mendez C B, Afshar B R, Kinney K, et al. Effect of roof material on water quality for rainwater harvesting systems (final report)[R]. Austin, Texas, USA: Texas Water Development Board, 2010.
- [8] Texas Water Development Board. The Texas manual on rainwater harvesting[M]. 3rd ed. Austin, Texas, USA: Texas Water Development Board, 2005.

(责任编辑 安莹,吴晓丽)

·学术动态·

## “图像处理与反问题国际研讨会”征文

中国福建福州大学数学与计算机科学学院福州-格林威治应用计算研发中心将于2012年12月14—16日在福州市举办“图像处理与反问题国际研讨会”。

征稿范围:(1)图像和视频编码技术;(2)图像预处理技术;(3)图像和视频中的对象识别;(4)分形、小波与图像处理;(5)PDE在图像处理中的应用;(6)图像处理中的反问题;(7)图像处理的并行和分布算法;(8)图像处理在工业和生活中的应用,如:安防监控,视频点播,地下管道缺陷检测,历史文物图像恢复,遥感图像处理等。

摘要截稿日期:2012年10月15日。

联系电话:13599409566。

电子邮箱:mqwang@fzu.edu.cn。

会议网站:<http://cmcs.fzu.edu.cn/glwz/wipip>。