

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.11.027

雨水径流控制的景观设计途径及 在公园绿地中的应用分析^①

刘家琳, 张建林

西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715

摘要: 论述了雨水径流控制的景观设计途径, 提出了雨水径流控制设计方法. 依据雨水径流流动的过程, 在径流产生的起始、中间和末端环节, 在园林绿地中合理安排滞留渗透、传输引导、受纳调蓄 3 类设施, 阐述各环节应用的景观设施、设计策略、设施布局参数. 以晋中社火公园为例, 结合竖向、水体、建筑、场地布局, 采用以滞留渗透控制为主, 传输引导、受纳调蓄控制为辅的设计策略, 对设施布局、景观营造方式、设施规模、设计校核、控制效益等进行说明, 进一步探索雨洪管理在风景园林中的本土实践.

关键词: 风景园林; 雨洪管理; 径流控制; 设计途径; 公园绿地

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)11-0183-07

气候变暖与过度城市化开发改变了土地原有的水文循环状态, 使城市面临越发严峻的内涝灾害、雨水径流污染、水资源紧缺等困境. 而市政工程基础设施由于排水能力落后、功能效益单一, 在应对城市雨洪问题上具有相当的局限性. 由此, 城市规划与风景园林师正尝试探索具备更多生态和社会效益的可持续雨洪管理方式. 以园林绿地为载体进行雨水径流控制设计是实现城市雨洪管理的有效途径. 设计通常以各类景观设施为依托, 依据场地中地表径流流动过程进行景观设施的有序布局, 合理安排雨水径流控制环节, 实现径流流量、流速与水质的控制. 本文通过归纳雨水径流控制各个环节的特点与设计要点, 探索在公园绿地中的应用方法, 提出雨洪管理在风景园林中的本土化应用途径.

1 雨水径流控制设计方法

1.1 雨水径流控制设计环节与设施有序布局

按照控制径流的方式, 设施主要分为滞留渗透、传输、受纳调蓄 3 类. 滞留渗透设施多安排在径流产生的起始环节, 传输设施应用在起始或中间环节, 受纳调蓄设施多在径流外排之前的末端环节. 雨水径流控制设计可以利用园林绿地分阶段逐步实现城市径流的滞留、渗透、净化与蓄积利用(图 1).

1.2 各环节中设施的布局

1.2.1 滞留渗透设施布局

滞留渗透设施主要有下凹绿地、雨水花园与透水铺装 3 类, 其作用是在雨水到达屋面或地面时及早进行控制, 阻断或减缓地表流动, 尽量使径流停滞在设施表面直接下渗, 或经过短时蓄积后缓慢渗透至地下.

设施布局可与建筑、道路场地的布局同步进行. 其中雨水花园与下凹绿地多布置在低洼沼泽区域的上

^① 收稿日期: 2014-11-16

基金项目: 重庆市科委应用开发计划项目基金(cstc2014yykfA90001); 中央高校基本业务专项资金(SWU113059, XDJK2014C093).

作者简介: 刘家琳(1986-), 女, 重庆人, 博士, 讲师, 主要从事风景园林规划设计与理论研究.

通信作者: 张建林, 副教授.

游位置,充分结合建筑、道路场地、停车场周边绿地或绿化隔离带设置.透水铺装可作为地面铺装优先采用的工程材料,在满足功能需求的前提下,避免因盲目追求景观效果而设置大规模的铺装场地(表 1).

表 1 滞留渗透设施布局要点与功能

滞留渗透设施	雨水花园	下凹绿地	透水铺装
布置位置	建筑周边绿地(连接落水管或导流槽) 活动场地边界或场地内的绿地 停车场边界绿地或车位绿化隔离带 道路停车带、人行道绿化隔离带	符合土壤渗透条件(下渗率 $10^{-3} \sim 10^{-6}$ m/s)的地面适宜设置 ^[1]	道路 广场 停车场
平面布局	汇水区不透水面积的 5%~10% ^[2] 形式灵活,长宽多大于 3:2 ^[3]	汇水区面积 33%~50% ^[4] 无特定形式	满足使用需求 无特定形式
功能	滞留、净化、渗透雨水	滞留、渗透雨水	渗透雨水

1.2.2 传输设施布局

传输设施主要有植草沟、旱溪、雨水沟渠 3 类,其作用是将雨水径流引导至汇水区末端,以便收集或汇集造景.

传输设施用于代替传统地下管网进行雨水传输,呈线性布局,常有两种设置方式.在径流控制的起始环节,其直接与建筑落水管或铺装地面连接,将雨水引导至低处集水区.在径流控制的中间环节时,先结合建筑、场地布置滞留渗透设施,过量的径流再通过传输设施导向下游集水区.植草沟的构造形式较固定,通常结合城市道路、停车场绿化隔离带、园路、建筑边界带状绿地进行设置,在传输雨水的同时能净化水质.旱溪多利用现状自然排水条件加以改造,无固定设计模式.雨水沟渠布局方式灵活,多用砖石砌筑,净化功能不显著(表 2).

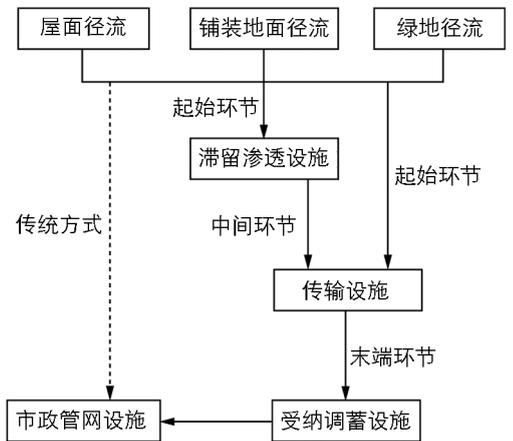


图 1 雨水径流控制设计环节

表 2 传输设施布局要点与功能

传输设施	植草沟	旱溪	雨水沟渠
布置位置	人行道、车行道绿化隔离带 场地与建筑之间的带状绿地 游步道边界带状绿地 停车场边界带状绿地、车位绿化隔离带	现状汇水谷地、冲沟 场地中过于潮湿、干燥、背阴而不适宜生长植被的位置 ^[5]	顺应斜坡绿地或铺装地面、台地设置 建筑边界带状绿地 可与挡土墙、景墙等构筑物整合
平面布局	多直线布局,长度一般不小于 30 m 沟底宽度 0.6~2.4 m,沟顶宽度依据设计流量确定 设施面积多为汇水区的 5%~15% ^[6]	布局多曲折蜿蜒,与周边环境融合 溪床宽度依据现状条件确定	线性布局,形式多样
功能	滞留、净化、渗透雨水	传输、渗透雨水,缓解表土侵蚀	传输、渗透雨水

1.2.3 接纳调蓄设施布局

接纳调蓄设施主要有调蓄水塘、人工湿地、多功能调蓄设施 3 类,用于承接、容纳局部或整片用地的雨水径流,可以蓄积大规模雨量后延缓排放流量,通常在有水景营造或雨水调蓄的需求下采用.

接纳调蓄设施多布置在汇水区末端,与传输设施连接,依据设计条件选择应用类型.有水景营造需求时应用调蓄水塘,结合低势区域的积水洼地进行设置,充分汇集雨水作造景水源.而在城市用地紧缺、行洪压力较大的区域以及降雨不均、降雨量集中地区,选择多功能调蓄设施,平日作为广场或绿地空间,强降

雨时通过下沉界面接纳过量雨水. 当项目中进水水质低或有较高外排水质要求时应用人工湿地, 作为雨水径流或水体的净化系统^[7-8](表 3).

表 3 接纳调蓄设施布局要点与功能

接纳调蓄设施	调蓄水塘	人工湿地	多功能调蓄设施
布置位置	现状汇水谷地、冲沟末端 现状水体或山麓区积水洼地 坡地低势区域、局部汇水区末端 河谷地段或河道附近区域	封闭性水体上游或下游位置 人工水体与城市河道交界处 汇水区末端单独设置	汇水区末端结合下沉广场、绿地设置
平面布局	依据现状设置, 塘长宽比多大于 2 : 1 或 3 : 1, 布局形式灵活 可与人工湿地整合布局, 提升水处理能力, 湿地面积不小于塘的 10 % 不低于 4 : 1 的缓和植被边坡 ^[9] 规模依据水量平衡计算和造景需求确定	布局形式灵活, 湿地单池长度为 20~50 m 湿地床长宽比一般控制在 5 : 1 以内, 潜流湿地在 3 : 1 以内 ^[10] 规模依据水量与水质处理要求、植物种类、造景需求确定	布局形式灵活 规模依据水量平衡计算和造景需求确定
功能	接纳调蓄水量、净化雨水	接纳调蓄水量、净化雨水	接纳调蓄水量

1.3 雨水径流控制设计的整合

雨水径流控制设计还要考虑景观设施与地形、道路场地、植物、雕塑等园林要素的整合(图 2). 如考虑在径流控制的同时提供休憩、活动、游戏的场所; 设施布局与游憩路径充分整合以便于人们近距离观察; 从就近土方平衡原则出发将设施建造与地形设计结合; 或者将景观雕塑作为雨水收集与传输过程中的某个环节等等. 具备整合的设计意识才能让雨洪管理技术真正融入到园林绿地的整体营造中, 避免雨洪管理功能凌驾于绿地的其他功能属性之上.

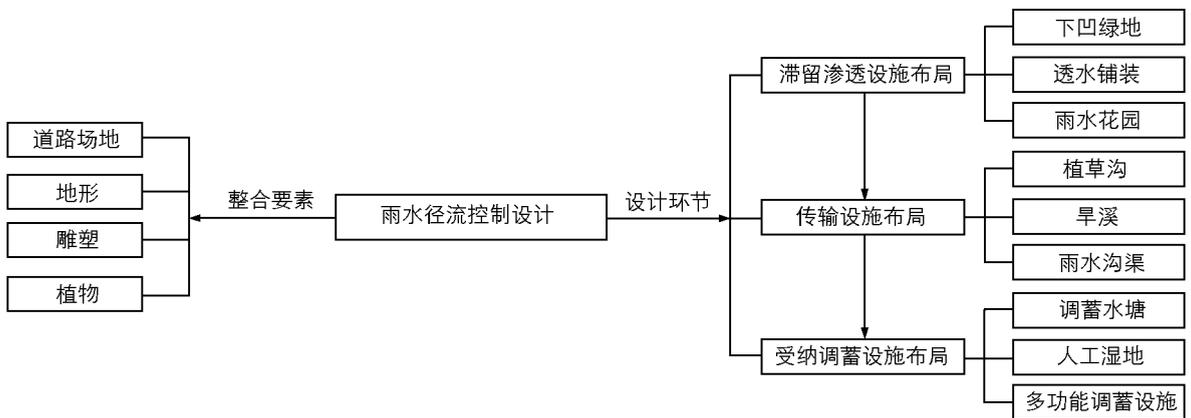


图 2 雨水径流控制设计方法示意

2 晋中社火公园雨水径流控制设计

2.1 雨水径流控制设计

研究区域现状地势平缓, 无明显集水区, 径流控制采取以滞留渗透方式为主, 以传输引导、接纳调蓄方式为辅. 控制起始环节采取 4 种策略, 包括在广场周边设置雨水花园, 道路两侧均为下巴绿地, 地面采用透水铺装, 建筑采取覆土形式等. 设计将水景营造与公园西北区的雨水收集整合, 通过布置植草沟将山地及园路的雨水径流收集、净化后导向水面, 尽可能地通过显露的设计方式最大化地利用园内的雨水资源, 保持良好的径流水质.

2.1.1 雨水花园设计

2.1.1.1 布局与营造方式

方案中雨水花园布局方式分为两类. A类为自然式布局,用以承接广场和绿地坡面的径流量. B类为规则下凹种植槽形式,用以承接入口广场铺装地面的径流量(图 3). 雨水花园的设计结合微地形营造,遵循就近土方平衡原则.

自然式布局的雨水花园依据广场尺度大小而采取不同的营造方式,蓄水深度控制在 250 mm,并合理设置溢流口,避免绿地过量积水.对于面积约 3 500 m²的场地,边缘分散设置 2~3 个雨水花园,将建造所挖的土方面向广场堆筑地形,营造开敞的空间氛围(图 4(a)).对于面积约 400 m²的休憩场地,仅需布置独立的雨水花园则可满足径流控制要求,在场地一侧挖方构筑雨水花园,另一侧填方塑造地形,结合种植形成屏障,提升休憩空间的私密性(图 4(b)).

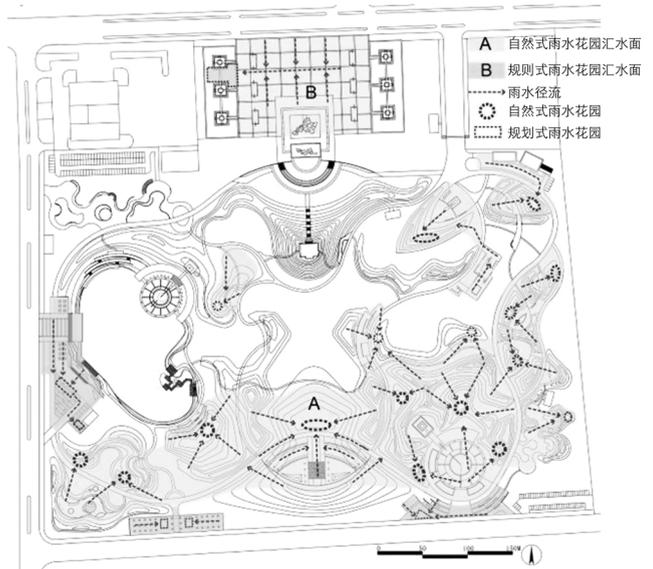
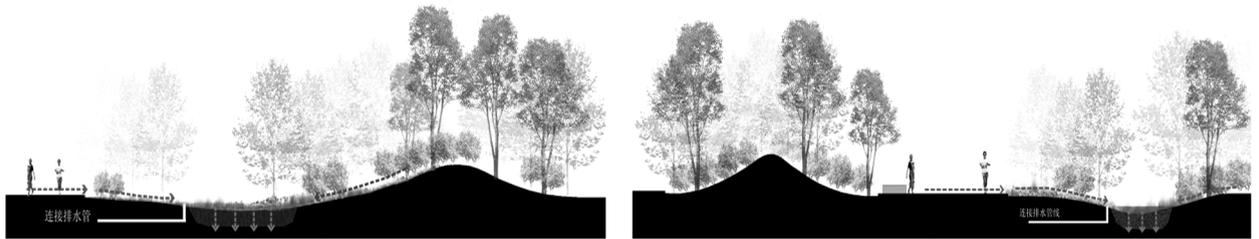


图 3 雨水花园布局与汇水分析

在场地一侧挖方构筑雨水花园,另一侧填方塑造地形,结合种植形成屏障,提升休憩空间的私密性(图 4(b)).



(a) 分散的雨水花园

(b) 独立的雨水花园

图 4 雨水花园与微地形剖面示意

2.1.1.2 设计规模

按雨水花园收纳的径流在 24 h 内全部下渗,且忽略蒸发量的情况下,雨水花园的规模依据水量平衡公式进行估算^[11]:

$$(A_{\text{地}} \varphi_1 + A_{\text{绿地}} \varphi_2)H + A_{\text{雨水花园}} H = A_{\text{雨水花园}} R_{\text{渗透}} T$$

式中: $A_{\text{雨水花园}}$ 为雨水花园面积(m²); $A_{\text{地}}$ 为汇水面铺装面积(m²),计算时应分别统计不同地表径流系数的铺装面积; $A_{\text{绿地}}$ 为汇水面绿地面积(m²); H 为设计降雨量(mm),按控制本地年 90%的降雨事件,本案取设计降雨量为 24.5 mm^[12]; φ_1 为铺装地面径流系数,园中花岗岩铺地的径流系数取 1,透水砖、加固砾石铺装取为 0.4; φ_2 为绿地径流系数,本案取值为 0.25; $R_{\text{渗透}}$ 为下垫面渗透率,取保守值 25 mm/h; T 为计算时间,取 24 h.

雨水花园在 24 h 内可承接的径流总量约 1 470 m³,初期雨水全部滞留在园中,并在 1 d 内完全渗透.表 4 显示了两类雨水花园的总面积,所承接的汇水区面积及径流量.

表 4 晋中社火公园雨水花园设计规模雨水花园类型

雨水花园类型	雨水花园总面积/m ²	汇水区总面积/m ²	汇水区径流量/m ³
A类雨水花园	1 490	80 108	857.5
B类雨水花园	1 065	21 188	612.5

2.1.2 植草沟设计

2.1.2.1 布局与规模

园中植草沟的设计分两类.一类围绕主山体进行设置,承接坡地地形及园路产生的雨水径流,将雨

水净化并导向公园水体, 作为补充水源(图 5). 另一类结合入口停车场设置, 用于提升停车场的外排径流水质.

公园主山体陡坡坡度 22%, 缓坡坡度 13%, 暴雨来临时该区域易产生较大径流量. 方案沿山体主要道路一侧布置干植草沟, 规模设置依据相关设计参数^[12], 沟底宽度为 1.2 m, 深度为 0.45 m, 边坡坡度为 3:1, 沟顶宽度为 3.9 m. 植草沟总长为 900 m, 所承接汇水面面积达 3.7 hm². 该区域植草沟将地表径流全部汇入水面, 无需设置排水管网.

停车场中的植草沟断面形式与上述相同, 结合车位之间的绿化隔离带及场地边缘带状绿地布置. 径流经植草沟过滤后溢流至市政管网.

2.1.2.2 设计校核

植草沟的断面尺寸需进行设计校核, 比较分析设计降雨径流量 Q_1 与植草沟输送的雨水径流量 Q_2 的数值, 若 $Q_2 > Q_1$, 表明设施有能力处理相应的降雨量^[13].

第一步, 确定降雨径流量公式中各参数取值.

$$Q_1 = \psi q F \times 10^{-3}$$

式中: ψ 为不同类型下垫面的径流系数, 计算时坡面绿地为 0.25, 道路广场为 0.4, 停车场采用透水沥青, 径流系数为 0.3; q 为设计暴雨强度, 以晋中 1 年一遇的暴雨强度为设计标准, 降雨历时取 10 min 时, 按照晋中暴雨强度计算公式得出本地 1 年一遇暴雨强度为 153.43 L/S · hm²; F 为植草沟承接的汇水面积, 计算时公园中沿道路设置的植草沟承接的绿地汇水面积为 3.16 hm², 铺装地面面积 0.54 hm², 停车场中植草沟的对应的汇水面积为 0.39 hm².

第二步, 确定植草沟输送的雨水径流量公式中各参数取值.

$$Q_2 = AR^{2/3} i^{1/2} / n, R = A / P$$

式中: A 为植草沟横断面面积, 园中植草沟断面均为梯形, 面积为 1.15 m²; R 为植草沟横断面水力半径, 取值 0.28 m; i 为植草沟的纵向坡度, 其中山地边缘植草沟的纵坡控制在 0.6%, 停车场植草沟为 0.3%; n 为阻力系数, 取 0.2 进行计算.

第三步, 校核分析. 山地边缘植草沟, 按承接坡面绿地径流与园路径流计算, 降雨径流量 Q_1 为 0.15 m³/s, 输送径流量 Q_2 为 0.19 m³/s, 表明植草沟的规模可以应对本地 1 年一遇的降雨量. 停车场中设置的植草沟, 按承接停车场内的雨水径流计算, 降雨径流量 Q_1 为 0.018 m³/s, 输送径流量 Q_2 为 0.13 m³/s, 满足设计要求.

为避免植草沟发生侵蚀现象, 还需进行流速验算. 径流流速 $V = Q_2 / A$, 需满足 $V < 0.8$ m/s. 园中植草沟的设计均符合流速限定的要求.

2.1.3 调蓄水塘设计

方案利用原有鱼塘营造调蓄水塘, 丰富园内水景, 同时用于承接公园西北区域全部的地表径流. 由于晋中是缺水城市, 且气候干燥、降雨不均, 水体面积不宜过大. 调蓄水塘的布局与规模综合考虑了现状资源利用、游憩功能及造景需求、土方平衡、雨水利用、水量补给与损失、建成与维护成本等各方面因素, 最终确定当水体面积为 1.4 hm², 平均水深为 1.2 m 时, 能达到一个较好的平衡点.

调蓄水塘的设计通过整理地形, 利用建造水体所挖的土方构筑主山体及周边微地形, 组织雨水汇流. 山地的地表径流由植草沟传输至水面, 其余径流由缓坡地形引导至水面(图 5). 水体所承接的周边汇水面积达 5.3 hm². 水体

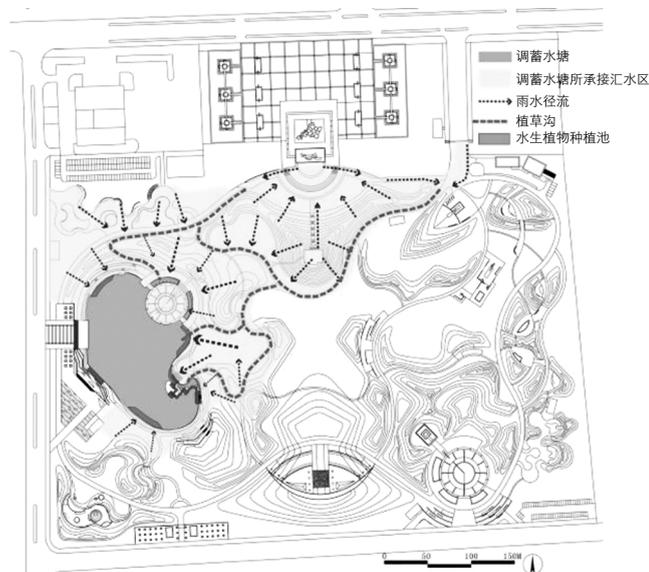


图 5 植草沟、调蓄水塘布局与汇水分析

常水位标高比溢流口低 200 mm, 在暴雨时期可充分蓄积雨水, 达到错峰排洪的目的。

水体边界以自然驳岸为主, 边坡控制在 2%~8%, 可视作缓冲带区域, 起到减缓径流流速及初期径流过滤作用。在边界径流汇集的关键位置设置水生植物种植池, 丰富水体景观的同时, 可沉积雨水中携带的泥沙。此外, 将植草沟的末端构造造成喇叭口的形态, 沟底铺设粗糙卵石, 可避免径流的冲刷和侵蚀。

为保持水体水质, 有必要通过中水处理系统对湖水进行循环处理。径流控制设计可以消减中水处理系统的负荷, 降低水体维护成本。

2.2 效益分析

根据晋中气象局所提供的 2010 年气象观测记录资料, 基于当年月降雨量数值, 对公园中西北区域的雨洪管理效益进行分析(表 5)。得出调蓄水塘一年所储蓄的雨量约为 12 116 m³, 绿地直接入渗量约为 16 298.8 m³, 全年降雨由公园自身完全消纳。水面水位因降雨、蒸发、渗透等因素而产生波动, 但不会发生溢流外排现象。雨水作为水体补充水源得以充分利用, 特别是在降雨集中的 8、9 月份, 雨水收集量充足, 无需补水, 减低了水体维护的经济成本。

表 5 雨洪管理效益分析

月份	降雨量/ mm	总降水量/ m ³	绿地入渗量/ m ³	水体储蓄雨量/ m ³	雨水占水体补 水比例/m ³	溢流量/ m ³
1 月	0.4	26.8	15.4	11.4	—	—
2 月	8.9	596.3	342.0	254.3	—	—
3 月	6.4	428.8	245.9	182.9	—	—
4 月	30.0	2 010.0	1 152.9	857.1	30%	—
5 月	38.7	2 592.9	1 487.2	1 105.7	32.6%	—
6 月	10.0	696.8	399.7	297.1	9%	—
7 月	24.2	1 621.4	930.0	691.4	21.4%	—
8 月	210.0	14 070.0	8 070.3	5 999.7	100%	—
9 月	80.0	5 360.0	3 075.0	2 285.0	无需补水	—
10 月	14.8	991.6	568.8	422.8	44.8%	—
11 月	0.3	20.1	11.5	8.6	—	—
12 月	—	—	—	—	—	—
总计	423.7	28 414.8	16 298.8	12 116		

注: 晋中当地霜冻期为 1 月到 4 月下旬, 11—12 月, 调蓄水塘不进行补水, 4 月下旬到 10 月无霜期计算补水量。

3 结 语

雨水径流控制设计强化了园林绿地中对径流流量、流速、水质的控制及雨水资源化利用的意识, 在项目方案设计阶段可作为设计专项, 与竖向、道路、植物等专项共同作为方案内容的支撑。此外, 径流控制设计方法除了应用在公园中, 在雨水水质条件允许的情况下更提倡应用在城市住区、道路、公共设施环境等以硬质地表、建筑屋面作为主要汇水面的开放空间, 这些空间的地表径流控制是城市雨洪管理的关键区域, 雨洪控制设计可呈现更大的效益价值。

参考文献:

- [1] 郑 兴, 周孝德, 计冰昕. 德国的雨水管理及其技术措施 [J]. 中国给水排水, 2005(2): 104—106.
- [2] 车 伍, 李俊奇. 城市雨水利用技术与管理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 120.
- [3] ROGER B, ELLEN C. Rain Gardens: A How to Manual for Homeowners [M]. Wisconsin: University of Wisconsin Extension, 2003: 9—10.
- [4] 北京市园林科学研究所. 绿地雨水利用研究内容的汇集报告 [R]. 北京市公园管理中心, 2012(11): 4—6.
- [5] WSU Clark County Extension, Dry Stream Beds [EB/OL]. http://clark.wsu.edu/volunteer/mg/gm_tips/drystreambeds.html, 2005—03.
- [6] Chesapeake Stormwater network, Stormwater Design Specification No 11: Wet Swale [EB/OL]. http://chesapeakestormwater.net/wp-content/uploads/downloads/2012/02/DCR-BMP-Spec-No-11_WET-SWALE_Final-Draft_v1-

- 9_03012011. pdf, 2011-03-01: 1-9.
- [7] 张建林, 邢佑浩. 基于景观和生态思想的重庆彩云湖湿地公园规划设计 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(4): 138-143.
- [8] 魏泽军, 张欢欢, 等. 进水污染负荷对砾石人工湿地运行效果影响研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2012, 34(9): 102-106.
- [9] Chesapeake Stormwater network, Stormwater Design Specification No 14: Wet Pond [EB/OL]. http://chesapeakestormwater.net/wp-content/uploads/downloads/2012/02/DCR-BMP-Spec-No-14_WET-PONDS_Final-Draft_v1-9_03012011.pdf, 2011-03-01: 1-9.
- [10] 上海市建筑建材业市场管理总站. DGTJ08-2100-2012 人工湿地污水处理技术规程 [Z]. 2012: 5-6.
- [11] 王淑芬, 杨乐, 白伟岚. 技术与艺术的完美统一——雨水花园建造探析 [J]. 中国园林, 2009(06): 54-57.
- [12] 潘国庆, 车伍, 李俊奇, 等. 城镇雨水收集利用储存池优化规模的探讨 [J]. 给水排水, 2008(12): 42-47.
- [13] Chesapeake Stormwater network, Stormwater Design Specifications No 10: Dry Swales [EB/OL]. http://chesapeakestormwater.net/wp-content/uploads/downloads/2012/02/DCR-BMP-Spec-No-10_DRY-SWALE_Final-Draft_v1-9_03012011.pdf, 2011-03-01: 1-22.
- [14] 张炜, 车伍, 李俊奇, 等. 植草沟在城市雨水利用系统中的应用 [J]. 给水排水, 2006(8): 33-37.

Landscape Design Approach to Stormwater Runoff Control and A Case Study of Urban Park

LIU Jia-lin, ZHANG Jian-lin

School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In order to further explore the application of stormwater management in local practice, this paper studies the landscape design approach to stormwater runoff control and proposes the design method for it. Based on the flow of rainwater runoff, the landscape design adopts three links of control, i. e. detention and infiltration design, transfer design, and receiving and retention design, and describes the landscape facilities, design strategy and facility layout parameters applied to these aspects. Then the Jinzhong Shehuo Park under construction is used as a case study. It constructs a stormwater runoff control system combining vertical, water, building and square layout, which relies mainly on detention and infiltration design and partly on transfer design and receiving and retention design. A detailed description is presented of the situation of facility layout and size, landscape construction methods, design verification and control effectiveness.

Key words: landscape architecture; stormwater management; runoff control; design approach; urban park

责任编辑 潘春燕

