

文章编号: 1008 - 2786 - (2018)1 - 115 - 07

DOI: 10. 16089/j. cnki. 1008 - 2786. 000308

# 山地城市海绵型绿地立体构建途径

刘 骏\*, 何 颖

(重庆大学 建筑城规学院/山地城镇建设与新技术教育部重点实验室, 重庆 400045)

**摘 要:** 随着海绵城市建设理念的提出以及试点城市建设的开展, 针对特殊类型海绵城市建设的研究越来越受到重视。本文以山地城市为研究对象, 在梳理其降雨径流过程特征的基础上, 分析了山地城市在雨洪管理方面所存在的问题, 阐述了基于降雨径流过程的山地城市山、水、城、绿地之间的关系, 总结了山地城市四类海绵型绿地(山顶绿地、斜坡绿地、平台式绿地和沟谷绿地)的特征及其在雨洪管理方面的作用, 依据降雨径流“产流 - 汇流”的过程, 结合“源头 - 过程 - 终端”的不同环节, 提出山地城市海绵型绿地立体构建的途径, 以此提升山地城市绿地系统的雨洪调蓄功能。

**关键词:** 山地城市; 绿地系统; 海绵型绿地; 低影响开发

**中图分类号:** P901

**文献标志码:** A

针对我国城市洪涝积水、河流水系生态恶化、水污染加剧等一系列水问题, 2014 年 3 月, 住建部提出建设“海绵型”城市的理念, 并颁布了海绵型城市相关建设技术指南。2015 年 4 月, 财政部公布了 16 个海绵城市建设试点城市, 海绵城市建设在我国迅速推进。然而, 不同城市存在不同的自然条件和建设现状, 普适性的方法不可能解决各城市特有的建设问题。为了避免海绵城市建设的盲目性, 对特殊类型城市的雨洪管理规律和建设技术进行深入研究, 具有极强的现实意义。山地城市是我国分布广泛的一种城市类型, 具有地形地势复杂、建设条件敏感、生态环境脆弱等特点。如何针对山地城市的特征, 在城市建设中应用海绵城市的理念解决雨洪管理问题, 成为值得研究的课题。

海绵城市理念的核心是, 用以自然水文过程为引导的城市雨洪管理体系补充原有以灰色基础设施为主导的雨洪管理模式, 增加城市对环境变化与自然灾害的“弹性适应”, 促进城市可持续发展。海绵城市在美国被称为低影响开发 (Low Impact Development, 缩写为 LID), 在澳大利亚被称为水敏

城市设计 (Water Sensitive Urban Design, 缩写为 WSUD), 通过对国内外已有研究成果的梳理, 可以发现, 国内外对海绵城市的最新理念与方法, 雨水控制利用模式, 雨水径流模拟技术, 以及绿地系统在海绵城市建设中的作用等有较多可借鉴的成果, 但对山地城市绿地与海绵城市建设之间关系的系统研究还相对比较缺乏。本文从山地城市降雨径流的特征分析入手, 总结了山地城市在海绵城市建设中存在的问题, 随后以雨水径流过程研究为切入点, 解析山地城市绿地系统与城市的空间格局以及自然径流过程之间的关系, 提出依据降雨径流“产流 - 汇流”的过程, 结合“源头 - 过程 - 终端”的不同环节, 利用山地城市绿地三维立体化的特征, 通过山地城市特有的四类绿地(山顶绿地、斜坡绿地、平台式绿地和沟谷绿地)建构立体化的海绵型绿地体系, 优化山地城市绿地系统在城市雨洪管理体系中的效能。

## 1 山地城市降雨径流过程特征及问题

降雨径流是指降雨所产生的径流, 包括“自然

收稿日期 (Received date): 2016 - 8 - 13; 改回日期 (Accepted date): 2017 - 9 - 01

作者简介 (Biography): 刘 骏 (1969 - ), 女, 重庆人, 硕士, 副教授, 风景园林系主任, 主要从事风景园林规划与设计、绿地系统规划的研究。 [ Liu Jun (1969 - ), female, born in Chongqing, M. Sc., associate professor, head of Department of Landscape Architecture, research on landscape planning and design, green space system planning aspects. ] E-mail: 498756897@qq.com

降雨-地表产流-汇流”的全过程。降雨径流与降雨量、降雨强度、降雨历时、地面坡度、下垫层等要素有密切的相关性。与平原城市相比,山地城市在地面坡度和下垫层结构等方面有明显的不同,这对降雨径流过程产生了较大的影响,形成了与平原城市不同的降雨径流特征及问题,其主要表现如下:

### 1.1 降雨径流速度快、冲刷力大,易引发地质灾害

山地城市的建设大多依托自然地形条件和山水格局,呈现出山、水、城相依相生的空间形态。城市中地形复杂,坡度变化大。地面坡度对降水径流过程有着重要的影响,据范世香等的实验研究表明,地面坡度与径流量、峰值流量以及汇流等都有不同程度的关系<sup>[1]</sup>。山地城市整体地势结构复杂、地形破碎,存在大量坡度大于 $25^{\circ}$ 的地段<sup>[2]</sup>,随着坡度的增加,降雨径流呈现出产流时间短、产流量大、汇流时间和距离短等现象,这就造成了山地城市降雨径流速度快、冲刷力大等特点,加之山地城市地质结构不稳定、生态环境脆弱,极易造成水土流失、甚至滑坡、泥石流等地质灾害。

### 1.2 地质条件特殊、地表渗透性差,降雨难以渗蓄利用

山地城市地表构成呈现表层土薄、土壤较贫瘠的特点,渗透性较差的岩石位于浅表地层或直接裸露的情况非常常见<sup>[3]</sup>。在这样的地质条件下,场地对雨水的渗蓄能力受到很大的限制,往往表现为地表径流。加之山地城市地面自然坡度较大,水的流动性占主导,不利于雨水渗透,地表的排滞能力随着坡度的增加而剧减。因此,总体来说,在山地城市中,即便是没有人工建设的自然地带,其地表的雨水渗透能力也较低,这也造成了山地城市降雨难以渗蓄利用的局面。

### 1.3 地形复杂、建设中破坏严重,雨水组织引导困难

山地城市自然地形复杂多变,其中的冲沟、谷底、洼地等,是天然的泄洪滞洪设施。但随着城市的发展与建设,为满足建设的需要,在对自然地形进行改造时,造成了大量的所谓“建设性破坏”,建设后的城市地段形成的各种堡坎、挡墙等工程设施,切断了原来自然地泄洪通道;洼地、池塘被填平后,变成了硬质的人工垫层,原来滞洪蓄水的功能随之消失。这些变化人为地切断了自然的降雨径流过程,使山地城市的雨水更加难以组织引导。

## 2 基于降雨径流过程的山地城市山、水、城关系解析

了解山地城市降雨径流过程的特征及问题是海绵城市建设的基础。要充分发挥城市绿地系统在海绵城市建设中的作用,则还应该从系统的角度出发,通过山地城市自然格局与城市空间发展关系的解析,针对山地城市降雨径流过程的特征和问题,找到山地城市绿地系统合理的介入方式,以此恢复城市的自然水循环过程,保护城市生态环境。

### 2.1 山地城市建设对降雨径流过程的影响

山地城市建设用地紧张,随着城市化进程的加快,山地城市建设呈现掠夺式扩张的状态,这更加剧了对自然降雨径流过程的影响。高强度、快速的土地开发,极大地改变了自然的山水格局,原有的自然排水分区被打乱,天然的泄洪通道的被切断,自然的洼地、池塘被填埋,降雨径流路径被人为地改变;另一方面,城市在建设的过程中,以大量人工的硬质地面覆盖了原有的自然地表,这些不透水的地面铺装改变了原有雨水渗透、过滤的状况,增加了城市中的降雨径流量和雨水污染,改变了原有的水文循环机制。山地城市建设对降雨径流过程的影响,造成了雨水径流量大、城市内涝、面源污染等等一系列城市雨洪问题。

### 2.2 山地城市绿地系统与降雨径流过程修复的关系

城市中的绿地能保持自然界中水的渗透、蒸腾等循环过程,承载城市雨水的暂存、过滤、生态传输途径等功能<sup>[4]</sup>,合理地建构山地城市的绿地系统,在一定程度上可以起到恢复自然降雨径流过程的作用。山地城市绿地系统对降雨径流过程修复的介入可分为两个层面,其一,在山地城市绿地系统整体布局层面,针对其自然地形地貌的特殊性和水文过程的复杂性,借助一定的技术手段,识别自然降雨径流过程的关键环节,结合绿地系统格局建构对其进行保护,以保证城市建设对自然水文过程的最小破坏;其二,在山地典型类型绿地建构的层面,借助水文模型模拟,总结不同绿地类型对城市雨洪调控的影响,通过雨水花园、植被浅沟、调蓄水塘等技术手段,实现绿地对自然降雨径流过程的最大恢复。

### 2.3 山地城市海绵型绿地对城市建设的内在约束

在城市绿地系统中,那些对降雨径流起着关键

性调适作用的绿地,可以被称为海绵型绿地。以保护和恢复山地城市自然降雨径流过程为目标,将这些海绵型绿地沟通联系起来,形成山地城市海绵型绿地体系,这样的绿地体系可以保持自然水文过程的连续性,从而保护城市生态环境。因此,山地城市海绵型绿地体系的构建,在一定程度上可以对城市的空间发展起到限定作用,形成土地开发的基本框架,对城市用地提出相应的建设保护原则和开发强度要求,以形成城市建设的内在约束力。

### 3 山地城市海绵型绿地的类型与特征

根据山地城市降雨径流形成过程和绿地在城市中的不同位置,可将山地城市海绵型绿地分为山顶绿地、斜坡绿地、平台式绿地以及处于凹地的沟谷绿地(图1,表1)。

#### 3.1 山顶绿地

在山地城市中,那些凸出地面的山顶绿地,多以城市公园或者生态林地的形式存在,具有土层相对较薄,地面坡度较陡,往往高出城市建设用地等特点。在降雨过程中,这部分绿地是最初的雨水接纳地,也是最快的雨水产流地,雨水在这部分绿地中流速快,渗透和集蓄的可能性较小,因此山顶绿地对雨水的接纳、滞留等功能有限,其主要作用是作为源头的绿地进行自身雨水径流的消减和净化。

#### 3.2 斜坡绿地

斜坡绿地是山地城市中绿地的常见形式,是降雨过程中最重要的径流产流地。在不同坡度条件下,坡地径流表现出不同的特征。一般情况下,坡度小于25°的缓坡,斜坡绿地常与城市开发建设用地相互交织,降雨时,雨水会迅速汇集到城市中较低的

表1 山地城市海绵型绿地的类型与特征表

Tab. 1 Types and features of sponge green spaces in mountain city

绿地类型	存在形式	坡度	汇水特征
山地绿地	城市公园或者生态林地		流速快,渗透和集蓄的可能性较小
斜坡绿地	与城市开发建设用地相互交织	<25° ≥25°	降雨时,雨水迅速汇集到低洼处,易形成内涝,初期径流的冲刷效应使径流污染产流点分散、汇水线丰富,易形成水土流失等地质灾害
平台式绿地	人工手段处理斜坡用地的一种常见方式,与斜坡绿地组合出现		地势平坦,植被丰富,受坡度影响较小,渗蓄能力较强
沟谷绿地	以溪沟、洼地、池塘、小型水库等湿地绿化的形式存在		是降雨径流过程中的汇流地,与城市的河道相连,形成城市雨洪过程的调蓄阈

地势中,暴雨时则易形成内涝,同时,初期径流的冲刷效应使径流污染的问题更加凸显<sup>[5]</sup>。因此,对于这类斜坡绿地建设的重点是减缓水流速度,同时实现对雨水的净化;对于坡度大于25°的斜坡绿地,其径流特征表现为产流点分散、汇水线丰富等特点<sup>[6]</sup>,由于坡度大,水流速度快,雨水径流冲刷力较大,在暴雨来临时,往往容易形成水土流失,甚至滑坡等严重的地质灾害。因此,该类斜坡绿地需要利用良好的泄洪通道,缩短雨水在斜坡上滞留的时间,从而实现对于雨水的快速排放。

#### 3.3 平台式绿地

平台是在山地城市的建设过程中,通过人工手段处理斜坡用地的一种常见方式,因此,平台绿地多与斜坡绿地穿插存在于山地城市中。也正是因为该

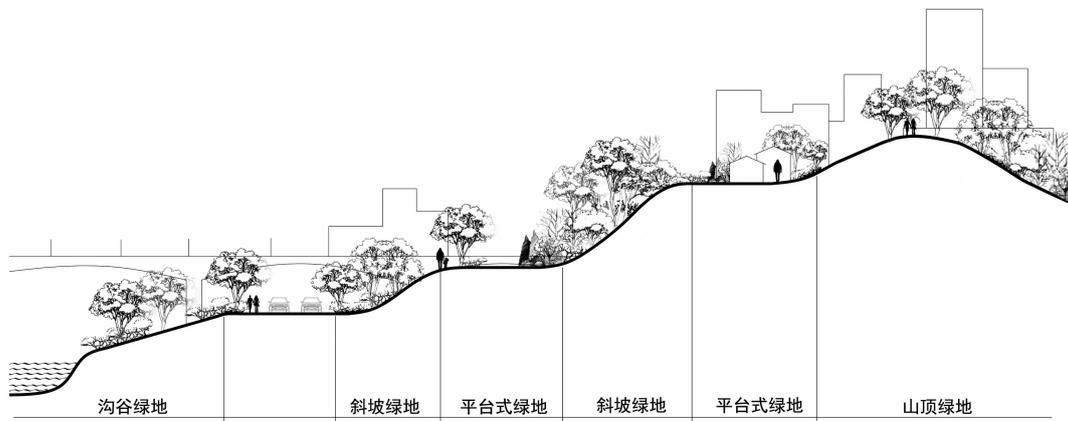


图1 山地城市海绵型绿地示意图

Fig. 1 Diagram of sponge green spaces in Mountainous City

类绿地与斜坡绿地的相互联系与配合,才为山地城市调节径流速度、合理组织水流、雨水收集以及净化水质提供了可能。平台式绿地地势平坦,植被丰富,受坡度影响较小,渗蓄能力也比其他类型山地海绵型绿地强,具有建设雨水花园、下凹式绿地等径流管理设施的自然条件。当城市中的雨水进入平台式绿地,雨水有了充分利用的可能性,为山地城市干旱季节的到来储备更加充足的水资源,同时可利用生物滞留技术来对雨水进行净化,从而有效控制城市面源污染。

### 3.4 沟谷绿地

处于山地城市最低地势的沟谷绿地,是降雨径流过程中的汇流地,对于雨洪过程的调节起着非常重要的作用。沟谷绿地是山地城市雨洪管理的自然调蓄设施,一般以溪沟、洼地、池塘、小型水库等湿地绿化的形式存在,同时与城市的河道相连,形成城市雨洪过程的调蓄阀。这类绿地建设的重点是加强其与产流绿地之间的联系,增加其对降雨径流的调蓄量和调蓄能力。

## 4 山地城市海绵绿地的立体构建策略

通过对山地城市各类型海绵型绿地特征的分析可以看出,虽然山地城市海绵城市的建设有其特殊性和问题,但如果能针对降雨径流过程特点,结合山地城市绿地及城市空间的特征,建构起立体化的海绵绿地体系,同样能到达对雨水进行渗、滞、蓄、净、用、排等多方面的要求。具体策略包括:首先需要识别具有自然排水结构的绿地、提炼雨水冲击程度最低的主干格局,根据对城市山脊、山谷和冲沟分布等条件的分析,形成最小化破坏原有径流过程的绿地格局;其次,运用山地空间要素,采用分散单元的系统组织:即“源头—过程—终端”的雨水组织策略(图2),发挥山顶绿地、斜坡绿地、平台式绿地以及沟谷绿地各自在雨水管理方面的优势,利用雨水花园、植被浅沟、调蓄水塘等技术手段,完善各类海绵型绿地的雨洪调蓄能力。合理利用冲沟、洼地、河流沟谷等构建具有立体特征的山地城市的可持续排水系统,促进雨水的阶段性汇集与再利用,形成具有山地城市特色的雨洪调蓄系统。

### 4.1 “源头—滞留”的海绵绿地

山顶绿地作为山地城市海绵绿地的源头设施,

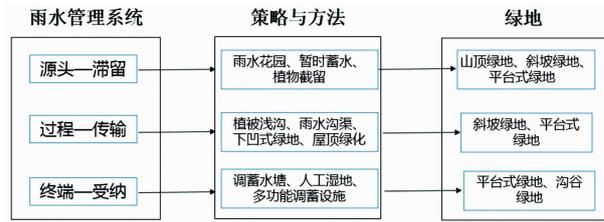


图2 山地城市海绵绿地立体构建框架

Fig. 2 Multidimensional construction framework for sponge green space in mountain city

重点应解决其自身的雨水径流消减和净化,延缓雨水到达低洼地面的时间,缓解汇流地的径流压力。相关研究表明,下木的覆盖度、林木郁闭度、林冠截留量、枯落物的厚度、枯落物的最大持水量、物种的多样性等对滞留雨水,减少雨水径流量、减缓流速都有一定的作用<sup>[7]</sup>。因此,首先可以通过丰富的植物搭配来营建“源头—滞留”的海绵绿地,利用树冠、枝干及枯落物对雨水的截留—蒸腾作用来延缓雨水到达地面的时间,达到减少径流,促进雨水自然循环的目的;其次,在相对平坦或下凹的汇水区域可适当建立雨水花园(图3),通过雨水花园暂时贮存雨水,从源头削减汇入低洼地区的雨水,实现雨水的源头控制。同时通过植物和土壤的过滤作用减少雨水中的金属离子、固体悬浮物、细菌及有机污染物质<sup>[8]</sup>。由于山地城市受地质条件影响,雨水表现为地表渗透,土壤天然保水量相对较高,因此可适当减少雨水花园的下凹深度,同时配以耐水湿性较强的植物,防止过量的雨水侵蚀植物根部,影响植物生长。当雨水花园中的雨水超出所设计的贮藏能力时,可通过溢流装置流至附近水体或排水装置。

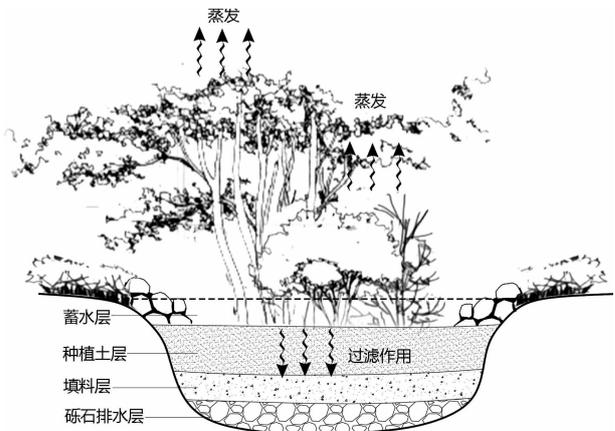


图3 山地城市雨水花园示意图

Fig. 3 Diagram of Rain garden in mountain city

#### 4.2 “过程—传输”的海绵绿地

在山地城市中,对降雨径流起传输作用的海绵型绿地主要为斜坡绿地和平台式绿地,这两类绿地相互配合补充,从整体上调节产流过程的径流速度,实现对雨水的净化与收集。

对于坡度小于 $25^{\circ}$ 的斜坡绿地,为了减缓斜坡绿地上的径流速度,防止坡面产流过快,一方面通过多层次的植物种植,延长雨水到达地面的时间,同时在坡地上沿等高线设计布置景观化的植草沟和旱溪等设施,对雨水产生拦截作用;另一方面加入“台阶式”或“台地式”组合关系的平台式绿地(图4),在强化山地特征和斜坡绿地形式的同时,为雨水利用提供新的可能性。雨水通过斜坡绿地得到初步的截留,在斜坡绿地与平台式绿地之间自然式的植物缓冲带进一步的净化,汇集进入平台式绿地。当缓坡式斜坡绿地过长时,可适当增加多级平台式绿地,以使雨水在坡地上的滞留时间相对增长,达到分散处理净化雨水、减少雨水径流时间的目的,进一步加强斜坡绿地对于雨水控制的能力。在山地城市中,坡度大于 $25^{\circ}$ 的斜坡绿地较为常见,该类斜坡绿地则需要利用良好的泄洪通道,缩短雨水在斜坡上滞留的时间,防止水土流失及滑坡等地质灾害。因此利用地形图、坡度图、汇水线等确定排水格局,在尊重自然格局的基础上,形成自然排水线路,以此加强其导泄功能。同时,将自然冲沟与植草沟、旱溪等人工设施相结合,加固冲沟的不稳定地形,实现雨水的快速排放。

除此之外,山地城市中呈梯状分布的平台式绿地,常与下凹式绿地、雨水贮存等人工设施结合,同时与建筑布局相组合,这就形成了不同台地标高上下凹式绿地、雨水贮存设施、屋顶绿化、垂直绿化等丰富的三维网络化组合方式,为复合、循环利用雨水

提供了独特的条件。因此,雨水经过斜坡绿地汇集到平台式绿地中,进行充分渗透过滤,通过下凹式绿地的常水位与溢流口之间的高差得到暂时储存。雨季时,富余的雨水一部分通过下部路径输送到下一级雨水处理设施<sup>[9]</sup>,与城市雨水径流路径相联系;而另一部分雨水则通过上部路径导入建筑屋顶进行再净化。上部径流的产生是由于部分建筑屋顶与相同标高的平台式绿地相连接,建筑屋顶成为平台式绿地的延伸,建筑空间便对周围的雨水资源产生融合调节的作用<sup>[10]</sup>。因此,在建筑屋顶的部分或全部进行绿色植物、植物生长基质及屋顶防水结构覆盖式设计,包括植物根系阻隔层、屋顶排蓄水层和灌溉系统等结构,加强屋顶绿化的雨水处理能力,随后雨水进入建筑内部进行生活用水利用。同时,增加建筑立面的垂直绿化,防止雨水冲刷建筑立面产生二次污染,使到达地面的雨水最终完成渗透收集,而续存补给地下水。(图5)

#### 4.3 “终端—受纳”的海绵绿地

山地城市的沟谷绿地位于雨水径流过程的下游,对雨水有终端处理的作用,因此将沟谷绿地中的自然洼地或水塘与调蓄水塘、人工湿地和多功能调蓄水池等人工的雨水终端处理构筑物建设相结合(图6),建立良好的入渗场地,接纳山地城市其他海绵绿地以及城市用地中的雨水径流。洼地和水塘通过雨水入水口连接上游冲沟等传输设施,根据不同设置边缘区、缓冲区和蓄水区。在边缘区设置预处理前池,底部布置大卵石,确保径流中污染物质的快速沉降;缓冲区边坡通过种植水生植物减缓水流速度,去除水中大部分有机质,达到净化雨水水质、削减雨水径流量的作用;经过边缘区与缓冲区处理的雨水作为生态补水进入蓄水区中,通过其常水位与溢流口之间的高差储存雨水,用于日常生活用

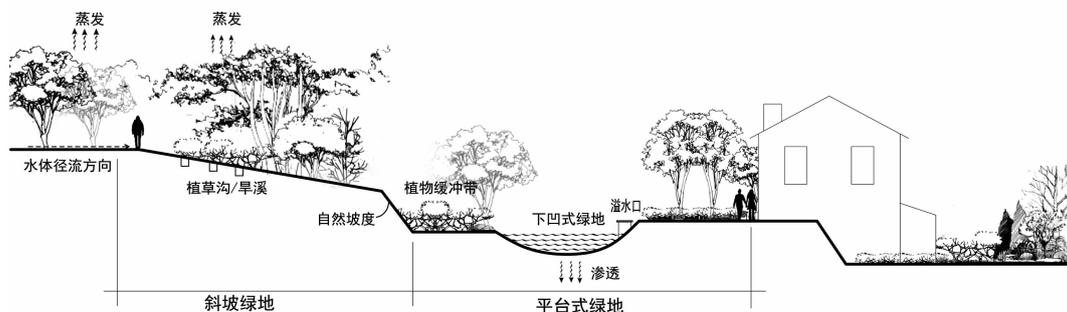


图4 缓坡式斜坡绿地与平台式绿地的结合

Fig. 4 Combination of slope green space and platform green space

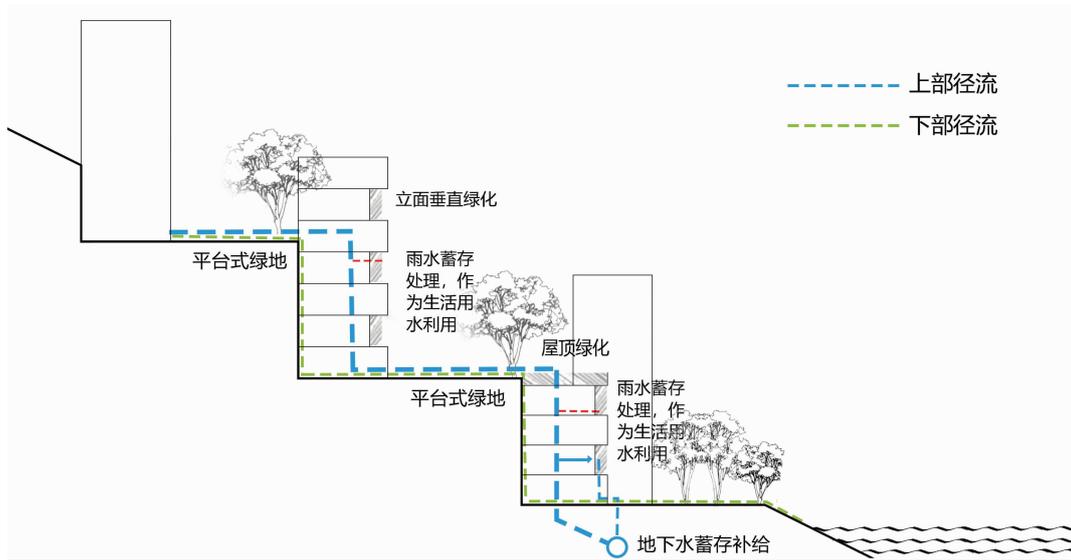


图 5 平台绿地的三维网络化导流示意图

Fig. 5 Diagram of platform green space's multidimensional network diversion

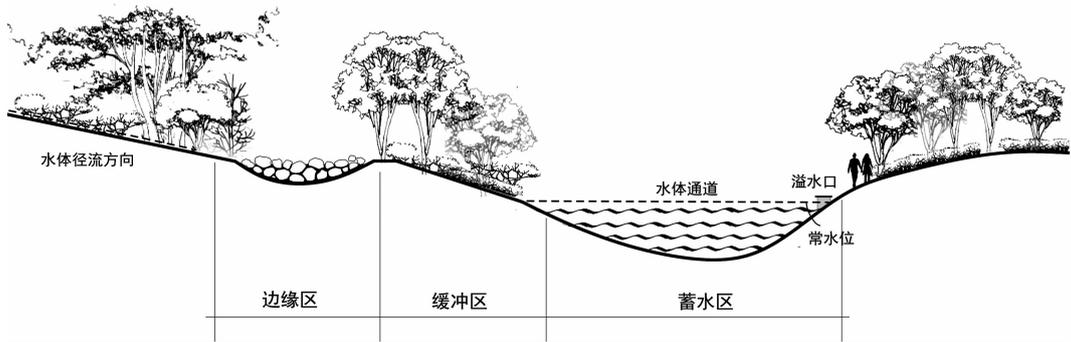


图 6：“终端-收纳”海绵绿地示意图

Fig. 6 Diagram of “terminal-storage” sponge green space

水和旱季浇灌。山地城市由于坡度较陡,汇水面的径流系数比平原城市大,因此终端洼地需要调蓄的水量原则上也更多,可根据计算结果适当增加洼地处理设施的面积和深度,以增强其蓄水能力。当蓄水量超过常水位,富余水体流入人工湿地,最终汇入外围江河等水体通道。

## 5 结语

海绵型绿地的立体地构建,是在山地城市降雨径流过程的特征和问题分析的基础上,结合山地城市自然和城市建设的空间特征所提出的。依据降雨径流“产流-汇流”的过程,和该过程中“源头-过程-终端”的不同环节,本文总结了山地城市的山顶绿地、斜坡绿地、平台式绿地和沟谷绿地等四类海

绵型绿地的特征,提出了各自在海绵城市建设中的作用和建设要点,其目的是探索山地城市绿地对雨洪调控可能的有效途径,切实实现山地城市海绵城市建设的目标,促进山地城市海绵城市建设的发展与完善。本论文整体研究偏于理论方面的思考,对山地城市海绵型绿地的立体构建方面的具体指标,技术方面的内容需要相关研究的补充,因此,期待今后能对山地城市海绵型绿地立体构建模式进行量化技术方面的研究,使该体系更具科学性,并有助于其推广与应用。

## 参考文献 (References)

[1] 范世香,韩绍文. 地面坡度对地表径流影响的实验研究[J]. 水土保持通报, 1991, 04:6-10 [FAN Shixiang, HAN Shaowen. Testing research on the effects of land surface slopes upon surface runoff [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1991, 04:6-

- 10]
- [2] 赵万民,李云燕. 山地城市地质灾害防治规划思考:防治与利用一体化[J]. 上海城市规划,2013,**04**:30-34 [ZHAO Wanming, LI Yunyan. Thinking of geological disaster prevention planning in mountainous cities: Prevention and utilization of integration [J]. Shanghai Urban Planning Review, 2013, **04**:30-34]
- [3] 张智,祖士卿. 山地城市内涝防治与雨水利用的思考[J]. 给水排水动态,2011,**06**:15-16 [ZHANG Zhi, ZU Shiqing. Thinking of waterlogging prevention and rainwater utilization in mountainous cities [J]. Water & Wastewater Information, 2011, **06**:15-16]
- [4] 胡楠,李雄,戈晓宇. 因水而变——从城市绿地系统视角谈对海绵城市体系的理性认知[J]. 中国园林,2015,**06**:21-25 [HU Nan, LI Xiong, GE Xiaoyu. Change with water—The rational cognition of sponge city system from the perspective of urban green space system [J]. Chinese Landscape Architecture, 2015, **06**:21-25]
- [5] 颜文涛,韩易,何强. 山地城市径流污染特征分析[J]. 土木建筑与环境工程,2011,**03**:136-142 [YAN Wentao, HAN Yi, HE Qiang. Characterization of stormwater runoff pollution in mountain city [J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2011, **03**:136-142]
- [6] 刘家琳,张建林. 重庆海绵城市建设中园林绿地 LID 设计策略探析[J]. 风景园林,2016,**03**:35-44 [LIU Jialin, ZHANG Jianlin. Analysis of LID design strategy for sponge city construction in urban green space of Chongqing [J]. Landscape Architecture, 2016, **03**:35-44]
- [7] 李香云,王玉杰. 缙云山楠竹林地的降雨径流过程特征及其影响因素研究[J]. 西部林业学,2009,**01**:36-41 [LI Xiangyun, WANG Yujie. Precipitation runoff process and affecting factors of phyllostachys pubescens forests in Jinyun mountain [J]. Journal of West China Forestry Science, 2009, **01**:36-41]
- [8] 罗红梅,车伍,李俊奇,等. 雨水花园在雨洪控制与利用中的应用[J]. 中国给水排水,2008,**06**:48-52 [LUO Hongmei, CHE Wu, LI Junqi, et al. Application of rainwater garden to storm and flood control and utilization [J]. China Water & Wastewater, 2008, **06**:48-52]
- [9] 张炜,车伍,李俊奇,等. 图解法用于雨水渗透下凹式绿地的设计[J]. 中国给水排水,2008,**20**:35-39 [ZHANG Wei, CHE Wu, LI Junqi, et al. Application of graphical approach for low elevation greenbelt design [J]. China Water & Wastewater, 2008, **20**:35-39]
- [10] 徐煜辉,韩浩. 基于低影响开发的山地生态住区规划策略研究[J]. 华中建筑,2015,**12**:126-130 [XU Yuhui, HAN Hao. Research on planning strategy of mountain ecological residence based on low-impact development [J]. Huazhong Architecture, 2015, **12**:126-130]

## On the Multidimensional Construction of Sponge Green Spaces in Mountain City

LIU Jun\* and HE Ying

(Key Laboratory of Technology for Construction of Cities in Mountain Area,  
Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

**Abstract:** Along with the idea of sponge city development and related practice projects in pilot cities, more and more attention has been paid to the research on special type of sponge city. Based on the past observation on rainfall, runoff characteristics in mountain cities, this paper addressed existing problems of storm water management and focused on the interrelationship among mountain, river, city, and green space in the natural process of rainfall and runoff. Four types of characteristic of sponge green spaces (mountaintop, slope, platform, and gully) were concluded and how they affected storm water management was summarized. Furthermore, by following the process of rainfall and runoff, an approach to establishment of three-dimensional sponge green space system in mountain city has been introduced, which integrated the different phases of sources, transfer, and storage in the process of rainfall and runoff, and improved the function of storm water management in mountain city.

**Key words:** mountain city, green space system, sponge green spaces, low impact development