

基于雨水管理的校园景观设计  
——以沈阳建筑大学为例

罗范颖<sup>1,2</sup>,朱玲<sup>2</sup>

(1.莆田学院土木工程学院,福建莆田351100;2.沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁沈阳110168)

摘要:以沈阳建筑大学校园为例,将雨水收集利用措施应用到典型的校园景观地块中,通过对选定场地条件进行全面评估,因地制宜地进行具体雨水收集利用的景观优化,通过规划协同共同改善场地的雨水问题,实现具体地块的优化设计。并针对优化设计的成果运用适当的计算方法得到定量的数据支撑,通过与场地现状的评估数据进行对比,论证了优化策略和途径的科学性。

关键词:雨水管理;校园环境;景观优化;月径流削减率

中图分类号:TU391文献标志码:A

当今社会,水资源成为关乎人类生存与发展的  
重要战略资源,面临着前所未有的挑战,其产生的环境问题已经成为世界性的难题。改革开放以来,我国快速的城市化进程和爆炸式的城市人口增长更是产生了一系列水资源恶化的连锁反应,集中体现为水资源急剧短缺和城市内涝问题日益严重。校园是城市环境中占地面积相对较大且集中的一类典型环境,其水资源的耗费总量也是巨大的。而校园环境同一般的城市环境相比,景观条件较为优越,为雨水的收集与利用提供了潜在的可能性<sup>[1]</sup>。

20 m的绿化分隔带与沈抚铁路相邻<sup>[2-3]</sup>。



图1 沈阳建筑大学校园区位

一、校园规划中的雨水利用问题

沈阳建筑大学择址于沈阳市浑南区浑河南岸的沈阳高新技术开发区内(见图1)。整体校园基地三面与街道相邻,北部面向浑南区东西向的交通要道——浑南大道,西临文汇街,东面则为文华街,而南部隔着宽达

1. 自然条件

沈阳建筑大学校园所在地块开发前为种植水稻的农业用地,地势较为平坦,地下水位偏高,地块形状为规则的长方形,东西长为1 000 m,南北宽为660 m。

沈阳市气候属于北温带受季风影响的半湿润大陆性气候,按《建筑区域气候标准》划分属于严寒地区。春季日照充足,风力强盛,空气湿度比较低,降水变率大,空气干燥;夏

季持续时间较短,气候干热;秋季较短,温度变化大,降温较快;冬季漫长,最长近 6 个月,但降雪较少。沈阳四季气候分明,年平均气温变化较大,全年气温居于  $-29^{\circ}\text{C} \sim 36^{\circ}\text{C}$ ,年平均气温为  $6.2^{\circ}\text{C} \sim 9.7^{\circ}\text{C}$ ,1951 年有完整记录以来至 2017 年,沈阳极端高温为  $38.3^{\circ}\text{C}$  (1952 年 7 月 18 日),极端低温为  $-32.9^{\circ}\text{C}$  (2001 年 1 月 15 日)。全年降水量为 600 ~ 800 mm,受季风气候的影响,降水主要集中在夏季<sup>[4]</sup>。

2. 规划背景

沈阳建筑大学校园占地面积约 76 万  $\text{m}^2$ ;建筑面积约 48 万  $\text{m}^2$ 。校园大致分为六大功能区(见图 2),黄色区域为生活区;北部红色区域为行政办公区;中部蓝色区域为校园主轴景观带;西部橙色区域为教学科研区;南部紫色区域为运动区。校园北侧面向浑南大道,为校园主入口所在地;西临南北向的文汇路,为学校科研、实验区以及西部学生生活区对外联系的次入口<sup>[5]</sup>。

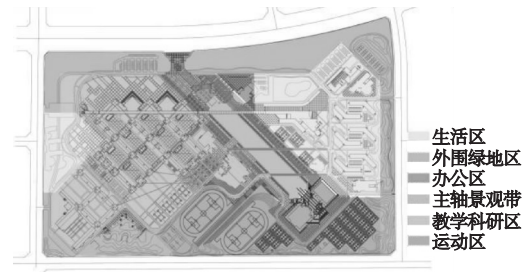


图 2 沈阳建筑大学校园功能分区

沈阳建筑大学内的道路系统设计为人车混行结合、人车分流的交通网络(见图 3)。校园外围的环形主干道担负主要的车辆交通功能,并连通校园内的各个主要功能区。校园的步行系统较为发达,主要出入口均设有行人道路,校园中央水系周边设有景观步道,并向各建筑组群延伸,与分布在校园绿地及建筑庭院中的人行小路共同形成覆盖整个校园的步行网络。

3. 主要问题

校园内道路与广场等硬质场地面积较大,暴雨来临时低洼处易出现积水现象(见图 4)。雨水在道路广场表面形成的径流量

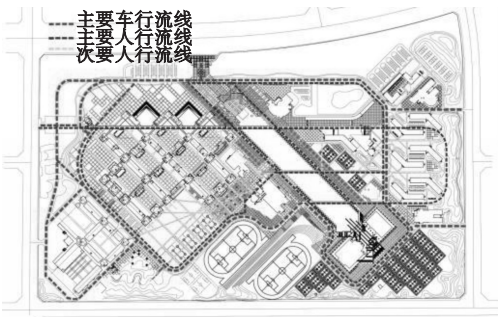


图 3 沈阳建筑大学交通组织流线  
大,下渗缓慢,导致强降雨天气后道路广场持续多天积水。



图 4 沈阳建筑大学校园广场积水

二、校园局部场地优化

1. 场地条件

选取沈阳建筑大学校园北部靠近主入口处的机关楼前道路和广场环境为设计地块(见图 5)。机关楼广场前为宽 12 m 的校园双向行车主干道,同时也是人车混行路,广场北侧临道路,西侧以广场绿化同另一个广场分隔开,东侧为学校的 5 个主要停车场之一,由停车场绿带进行分隔。

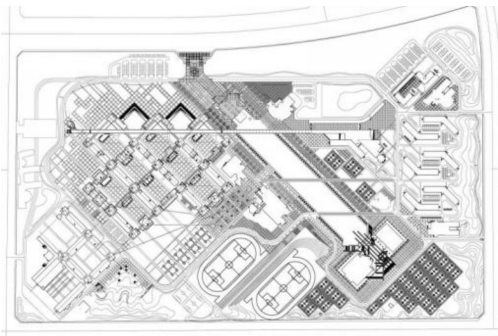


图 5 校园机关楼前道路与广场具体位置

2. 优化策略

优化地块的雨水收集利用范围主要为道路与广场路面、路侧绿地及广场绿地。雨水收集利用的流程如图 6 所示,路面的降雨一部分通过透水铺装就地下渗,而落在不透水铺装上的雨水径流被边缘设施收集至路侧绿化(如雨水种植池、路缘扩展带及排水树池)内,进行渗蓄利用;广场路面的降雨一部分通过透水铺装直接下渗,而落在不透水铺装上的雨水径流,通过道路边缘设施被引流至广场绿化(如排水树池或下凹式绿地)内,进行渗蓄利用<sup>[6]</sup>。

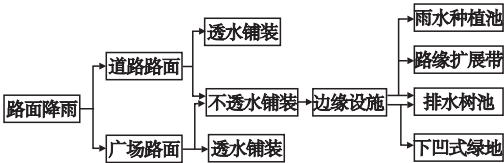


图 6 优化地块雨水收集利用流程

(1) 人行道与广场替换透水铺装

优化地块的道路广场积水问题的成因主要有 2 个:一个是市政雨水口缺乏;另一个是路面的硬化程度过高。在不改变市政设施的前提下,道路广场的路面铺装改造成的生态树池作为雨水收集和排水的设施,在道路与广场的绿化方式中相当常见,经常作为小规模的分散式雨水收集利用设施在城市环境中应用。透水路面(城市道路、硬质广场等)设计重点在于使路面结构长期稳定,具有较好的承载能力,而就透水铺装而言,就不能采取等同的标准来看待。透水性铺装设计的出发点在于表面水份的有效下渗,其应用场合对承载能力要求相对较低,强调在满足适当承载要求的前提下最大程度地实现其透水保水的效率,这正是透水性铺装的生态价值与意义所在<sup>[7]</sup>。

另外,校园广场的铺装优化可以考虑结合平面原有铺装图案特点,遵循原有图案形式或重组构成新的平面,利用部分透水铺装(透水混凝土、透水砖等)替代原有的不透水铺装,两者结合应用,形成组合透水模式,构成点、线、面 3 种生态化透水的铺装形式(见表 1)。

表 1 暴雨情况下不同透水模式的渗水率比较

平面组合模式	铺装比率/%	渗水率/%
点式	20	28.3
线式	45	33.2
面式	75	35.6

(2) 广场优化生态树池

生态树池作为雨水收集和排水的设施,在道路与广场的绿化方式中相当常见,经常作为小规模的分散式雨水收集利用设施在城市环境中应用。

生态树池是一个内含改良土壤的种植容器,分为有底和无底两种<sup>[8]</sup>。对于雨水资源较为短缺、降雨季相分布明显的沈阳地区,有底型的生态树池更适用,用于蓄存水份供植物生长。其基本构造由上至下分别由沉淀层、覆盖层、过滤介质、种植土层、砂层和砾石层以及穿孔管和蓄水模块组成。

(3) 结合人行道开辟雨水种植池/沟

雨水种植池是一种典型的道路雨水的滞留设施,但一般不单独应用,常配合人行道进行设计。雨水种植池是一种线性狭窄的,并配置丰富的景观植物且形状规则(长方形或正方形)的“下凹式”景观空间<sup>[5]</sup>。种植池底部通常为平底,具有垂直的池壁和平缓的纵向坡度,内部通常种植各种耐淹没的植被,其池缘预留 300~400 mm 的雨水进口,雨水径流随着道路的竖向坡度进入种植池进行渗透、滞留,达到雨水径流的过滤下渗目的<sup>[8]</sup>。可以结合道路的高差进行设计,使每个种植池之间互相联通,当上一个雨水种植池内的雨水含水量达到饱和状态时,进入下一个雨水种植池,最后剩余的雨水通过埋设在底部的穿孔管进入下级雨水处理系统。

3. 具体设计

以沈阳建筑大学校园机关楼前道路和广场环境为例,优化后的场地景观总平面如图 7 所示。结合道路断面的设计模式,对校园主干道环境进行优化设计(见图 8、图 9),将原来的绿地退后,以雨水种植池配合水篦式人行道分隔出一侧的主人行道,能够极大地提高行走的安全性及舒适性。作为学校主入口的行车道,一定程度上影响着人们对校园



环境的第一印象,也增加了其景观性<sup>[9]</sup>。新增雨水种植池的规格为 2.8 m × 15 m,道路一侧为缘石和宽度为 0.8 m 的人行道,采用工程式路缘石切口的立式水篦设计,平均间隔 8 m 左右设一个,将收集的道路一侧汇流雨水径流引入种植池中;雨水种植池另一侧的人行道宽 3 m,也采用透水砖铺设,就地消纳道路雨水径流。优化后的路侧绿化带如图 10 所示。

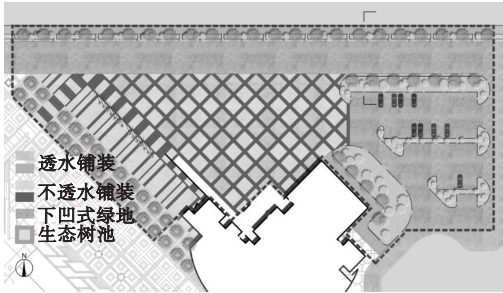


图 7 局部地块优化设计平面

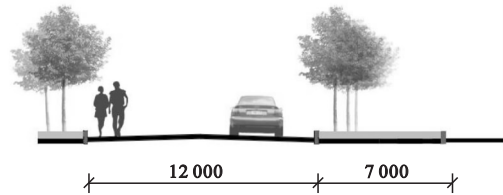


图 8 机关楼前道路环境原剖面图

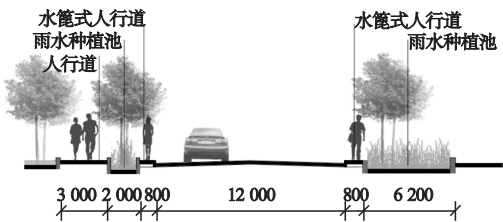


图 9 机关楼前道路环境优化剖面图



图 10 主干道路侧绿化带的优化设计透视

机关楼广场的铺装形式为规则的图案铺装,优化设计结合原有的图案模式,采用面式

组合的铺装形式,将透水铺装与原有铺装间隔铺设(见图 11)。广场绿化的景观优化采取降低原有平坦式规则绿地地坪标高的做法,利用生态树池配合下凹式绿地进行雨水收集利用的优化。优化后广场的雨水径流一部分通过透水铺装下渗,其余通过广场边缘的生态树池和下凹式绿地进行雨水的下渗与蓄集(见图 12)。



图 11 机关楼广场铺装优化设计透视

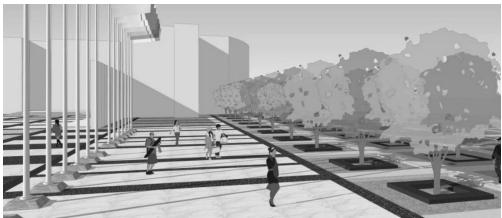


图 12 机关楼广场绿地的优化设计透视

广场东侧的停车场也通过降低周围绿地的地坪标高、以下凹式绿地配合简易路缘石开口的做法消纳落在停车场路面的雨水径流<sup>[9]</sup>。

三、优化效益分析

1. 计算原理

可以采用径流体积削减法<sup>[10]</sup>对原地地的雨水收集利用效益、沈阳建筑大学校园环境的雨水收集效益进行计算验证。计算所需的当地多年降雨量统计数据如表 2 所示。

表 2 沈阳市 2014—2015 年气候量变化

月份	日均最高气温/℃	日均最低气温/℃	平均降水总量/mm
1	-5	-17	7
2	-1	-13	8
3	6	-4	17
4	16	4	38
5	23	11	54
6	27	17	92
7	29	21	187
8	28	19	166
9	24	12	75
10	16	4	41
11	6	-4	19
12	-2	-13	10

由表2可知,沈阳地区七月降雨量为全年最大值,故可以选用多年统计的七月降雨量进行计算(见表3),得出径流体积的削减率,对环境的雨水收集效益进行评价。

表3 沈阳市2014、2015年7月平均降雨量

降雨场次	平均降水总量/mm
1	16
2	11
3	14
4	22
5	30
6	26
7	32
8	12
9	14
10	10

假定 $H'$ 为某块场地雨水设施的设计控制降雨量,mm;则单场雨能削减的径流体积为 $V$ ,即 $V$ 对应于 $H'$ 的降雨量。根据沈阳地区多年降雨资料统计,七月平均有 $n$ 场雨,降雨量大于或等于 $H'$ 的场数为 $a$ ,小于 $H'$ 的场数为 $b$ ,则有 $n=a+b$ ,且 $n$ 场雨对应的降雨量为 $H_i(i=1,2,\cdots,n)$ ,无场降雨量资料时通常也可用日降雨量来代替,则根据径流体积削减法,全月削减的径流体积和削减率的计算方法为

$$V^n = a \times \varphi \times H' \times A + \sum_{i=1}^b \varphi \times H_i \times A \quad (1)$$

$$\eta = \frac{V^n}{\sum_{i=1}^n \varphi \times H_i \times A} \times 100\% = \frac{a \times H' + \sum_{i=1}^b H_i}{\sum_{i=1}^n H_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $\varphi$ 为径流系数, $A$ 为雨水设施的汇水面积。根据《建筑给水排水设计规范》(GB50015—2009)规定,道路、广场、屋面等硬质环境 $\varphi$ 取值为0.85,绿地等软质环境 $\varphi$ 取值为0.15。若场地内存在不同类型的雨水设施,面积分别为 $A_1,A_2,\cdots,A_n$ ,则 $\eta$ 的加权平均值 $\bar{\eta}$ 为

$$\bar{\eta} = \frac{\eta_1 \times A_1 + \eta_2 \times A_2 + \cdots + \eta_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \cdots + A_n} \quad (3)$$

2. 原场地效益分析

机关楼道路与广场环境的原场地绿地为平坦式绿地,铺装形式为不透水铺装。根据经验, $H'$ (绿地)=5 mm,由表2、表3可知, $a=10,b=0$ ,由式(2)可得,原场地绿地对于月径流总量的削减率 $\eta_1=26.7\%$ ; $H'$ (不透水铺装)=0 mm,则 $\eta_2=0$ ,已知绿地面积 $A_1=2\,224\text{ m}^2$ ,铺装面积 $A_2=9\,714\text{ m}^2$ ,由式(3)可得,原场地对月径流量的削减率 $\bar{\eta}'_1=6.2\%$ 。

3. 优化后场地效益分析

经过雨水收集利用的优化设计,机关楼道路与广场区域采用生态树池、雨水种植池及下凹式绿地等常见雨水收集利用的绿化措施,结合透水铺装替换,共同削减场地内的雨水径流量。根据经验, $H'$ (生态树池)=20 mm,由表2、表3可知, $a=4,b=6$ ,由式(2)可得 $\eta_2=83.9\%$ ; $H'$ (雨水种植池等下凹式绿地)=25 mm,由表2和表3可知, $a=3,b=7$ ,由式(2)可得 $\eta_2=66.3\%$ ; $H'$ (透水铺装)=13 mm,由表2和表3可知, $a=7,b=3$ ,由式(2)可得 $\eta_3=93\%$ 。由式(3)可得,优化后机关楼道路与广场的月径流削减率 $\bar{\eta}'_2=25.2\%$ 。

对设计道路与广场场地优化前后的月径流削减率进行对比评价, $\bar{\eta}'_1 < \bar{\eta}'_2$ ,故能得出结论:机关楼道路与广场场地的优化设计明显削减了雨水径流,在一定程度上对道路场地的积水问题有所缓解,场地的雨水收集利用效率得到明显提高。

四、结 语

近年来,水资源匮乏的现实使人们加强了对于雨水这一天然资源有效利用与开发的探究。依托校园环境进行雨水收集利用的研究也不断受到关注,而校园环境雨水收集利用景观优化的研究由于条件的局限,许多量化指标(土壤含水量、渗透系数等)存在不确定性,大多停留在定性分析的层面,缺少更加直观的研究方式。笔者运用适当的计算方法,对校园景观环境的优化进行分析,通过在

校园内部有效利用雨水改善区域水环境,实现良好的水循环。城市环境的雨水利用则更为复杂,应当从统筹规划的层面开展研究。校园环境作为城市环境重要的子系统,需要同其他环境系统相互贯通,以点带面地影响城市的雨水利用。

参考文献:

[1] 张业成,张立海,张梁,等. 浅议中国水资源形势与水环境灾害[C]//资源·环境·循环经济:中国地质矿产经济学会 2005 年学术年会论文集. 北京:中国大地出版社,2005.

[2] 南鸞静. 高校校园景观要素分析[J]. 大观周刊,2011(46):120.

[3] 俞孔坚,韩毅,韩晓晔. 将稻香溶入书声:沈阳建筑大学校园环境设计[J]. 中国园林,2005

(5):12-16.

[4] 纪瑞鹏,张玉书,冯锐,等. 辽宁省农业气候资源变化特征分析[J]. 资源科学,2007,29(2):74-82.

[5] 孔祥伟. 稻田校园:一次简单置换带来的观念重建[J]. 建筑与文化,2007(1):17-19.

[6] 车伍,李俊奇,刘红,等. 现代城市雨水利用技术体系[J]. 北京水利,2003(3):16-18.

[7] 车伍,周晓兵. 城市风景园林设计中的新型雨洪控制利用[J]. 中国园林,2008(11):52-56.

[8] 权威. 某高校新校区雨水生态化综合利用研究[D]. 天津:天津大学,2012.

[9] 周森希. 老高校校园扩建改造规划原则的探讨[J]. 河海大学学报,1995(4):105-110.

[10] 户园凌. 低影响开发雨水系统综合效益的分析研究[D]. 北京:北京建筑工程学院,2012.

Analysis of Campus Landscape Design Based on Rainwater Management: Taking Shenyang Jianzhu University as an Example

LUO Fanying<sup>1,2</sup>, ZHU Ling<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering, Putian University, Putian 351100, China; 2. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** Taking the campus of Shenyang Jianzhu University as an example, this paper applies measures of rainwater management into typical campus landscape, comprehensively evaluates the site conditions, and optimizes the specific rainwater management according to different landscape conditions. Moreover, we plan to make them coordinate and improve together to solve the existing problems in campus landscape. What's more, aimed at the results of optimization design, the appropriate calculation methods are chosen to get quantitative data to support the design, and compared to current evaluation data. Finally, the science of optimization strategies and approaches are proved.

**Key words:** rainwater management; campus environment; landscape optimization; monthly runoff reduction rate