

Sponge Ecological Landscape Design and Benefit Analysis of Campus Green Space in Nanchang City

Huan Xu^{1,a}, Hong Li^{1,b,*} and Yue Hu^{1,c}

¹ Department of Landscape Architecture, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China

^axuhuan@jsnu.edu.cn, ^blihong@jsnu.edu.cn, ^chuyling@gmail.com

*Corresponding author

Keywords: Ecological design, Sponge city, Rainwater garden.

Abstract. The sponge landscape design was carried out in a middle school of Nanchang which was taken as an example, and then the benefits of sponge city after reconstruction was analyzed. The spongy bodies are excavated and a perfect rainwater system is formed based on the current conditions, according which rainwater can be effectively infiltrated, stored, purified and recycled. The original impervious concrete pavement, mud and fish pond of the plot have been designed and transformed into pervious pavement, lawn and pond, and the runoff per unit area increased from 0 m, 0.24 m and 0.56 m to 0.15 m, 1.08m and 0.7 m. Finally the capacity of runoff control in the design unit area of the site after reconstruction is far greater than that in the original area, and is also far higher than the requirements of runoff control in Nanchang under the background of sponge city construction, thus forming a good sponge city benefit.

南昌市校园绿地海绵化生态景观设计及效益分析

徐欢^{1, a}, 李红^{1, b, *}, 胡玥^{1, c}

¹江苏师范大学地测学院风景园林系, 徐州, 江苏, 中国

^axuhuan@jsnu.edu.cn, ^blihong@jsnu.edu.cn, ^chuyling@gmail.com

*通讯作者

关键词: 生态设计; 海绵城市; 雨水花园

中文摘要. 以南昌市某中学为例, 进行海绵化景观设计, 并对改造后的海绵城市效益进行分析。以场地现状为依托, 有效挖掘海绵体, 形成完善的雨水系统, 使雨水有效进行渗透、存储、净化、回收等一系列活动。地块原本的不透水混凝土路面、淤泥、鱼塘经过设计改造为透水铺装、草坪和水池, 单位面积径流量由0m、0.24m、0.56m提升为0.15m、1.08m、0.7m。改造后场地的设计单位面积径流量控制能力远远大于原本地块, 也远远高于海绵城市建设背景下对南昌的径流量控制要求, 形成良好的海绵城市效益。

1. 引言

海绵城市,也可被称为水弹性城市,是新一代城市雨洪管理的概念,指城市像海绵一样,在降水较多时,可以有弹性地吸水、蓄水、渗水、净水,而在水资源短缺的时候,可以将储存起来的水释放并加以利用^[1]。在当今社会,随着人口的增加和工业水平的提高,人们对水的不正当使用也越来越频繁,由此产生的各种水资源问题越来越突出。我国当前正面临各种各样的水危机,包括洪涝灾害、水生态退化、水污染、水资源短缺等等^[2]。为了解决这个问题,我国政府相关部门在借鉴国外先进雨水调控案例的基础上,结合国内的实际情况,提出了“海绵城市”这一城市建设的构想^[3]。目前,因地制宜的实践项目也比较少^[4],已有的城市

绿地海绵化改造的案例多集中在公园绿地和道路绿地^[5]，校园绿地海绵化改造的案例不多。本研究以江西南昌市七里乡中学为例，进行海绵化景观设计，并对改造后的海绵城市效益进行分析。

2. 材料与方法

2.1 研究区概况

此校园用地位于江西省南昌市进贤县七里乡中学。该场地面积约为3公顷，西面和南面均为教学区，东面为学生宿舍，北面为图书馆。整个场地有不规则高差，核桃树、荷塘、鱼池这几块地方的地势较低，具有成为天然“海绵体”的独特优势^[6]。

2.2 海绵城市效益分析方法

海绵城市的效益就取决于能渗透到地表以下的雨水径流量，地下径流大致可分为两个过程：首先是被“海绵体”内部吸收，这些被吸收的雨水容积称为内部蓄水容积（ V_1 ， m^3 ）；接着，有些雨水可以通过介质的孔隙渗透到地表以下，这些渗透下去的雨水容积称为下渗雨水容积（ V_2 ， m^3 ）^[7,8]。那么，某地块的整体径流量（ V ， m^3 ）可以用下式来表示。

$$V=V_1+V_2= SH + SN_1h_1+SN_2h_2+...+SN_nh_n \quad (1)$$

其中， V 是某地块的整体径流量， m^3 ； S 是该地块的面积， m^2 ； H 是有效蓄水深度， m ； h 是每层材质的厚度， m ； N 是每层材质孔隙率，%； n 为该地块内部材质的层数。

那么，该海绵体的单位面积径流量（ Q ， m ）则可用下式来表示：

$$Q = \frac{V}{S} = \frac{SH+SN_1h_1+SN_2h_2+\cdots+SN_nh_n}{S} = H + N_1h_1 + N_2h_2 + \cdots + N_nh_n \quad (2)$$

其中， Q 是某地块的单位面积径流量， m^3 ； H 是有效蓄水深度， m ； h 是每层材质的厚度， m ； N 是每层材质孔隙率，%； n 为该地块内部材质的层数。

3. 设计方案及分析

3.1 总体规划方案

本项目面积约为3公顷。方案整体采用折线构图，以活泼的线条将场地划分为多个区域，与场地本身的不规则图案相适应（图1）。出入口设置上，每个出入口均与周边道路和构筑物的出入口相呼应，从而顺应人流。道路流线上，以通畅为首要原则，辅以趣味性，在保障人流通行的基础上设置功能性节点。竖向设计上，尽量尊重场地原有地形地貌，因地制宜^[9]，适当改变高差，充分挖掘“海绵体”，实现雨水渗透最大化。方案共有5个功能区，分别为：休闲聊天区、户外展览区、小型班会区、师生阅报区、散步游赏区。它们功能独立却又不相互冲突，充分保障了师生在课余时间的活动需求（图2）。

3.2 水系统分析

该校园景观空间的设计以海绵城市理念为向导，对雨水的收集利用是非常重要的环节。该场地主要通过地势高低使得雨水自然汇集到“海绵体”中。“海绵体”分为三种：透水铺装、下凹式绿地、水池。除了自身对水的特殊处理方式，各个“海绵体”之间也通过水管、水泵等人工方式保持着紧密的联系和用水平衡（图3）。

3.3 海绵城市效益分析

由公式可知， Q 与地块的面积没有关系，与该地块的有效渗透深度、地块内部材质的孔隙率（表1）及其厚度有关。该基地原本主要地貌为不透水混凝土路面、淤泥、鱼塘。不透水

混凝土路面的单位面积径流量为0。淤泥主要集中在原有荷塘处，厚度约为300mm，含水量大约为60%。结合表1可以大致算出淤泥的单位面积径流量为： $Q=0.3*0.6+0.3*0.4*0.46=0.24$ 。

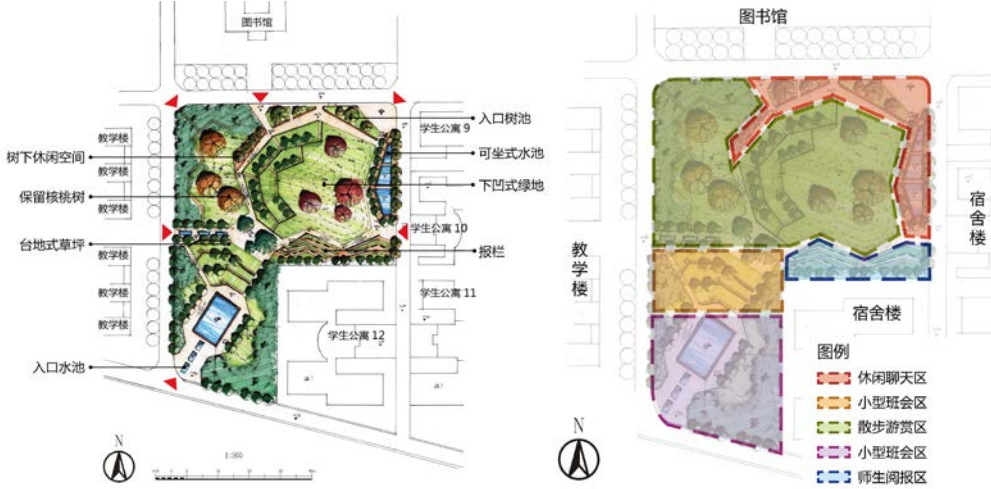


图1 总平面图

图2 功能分区图

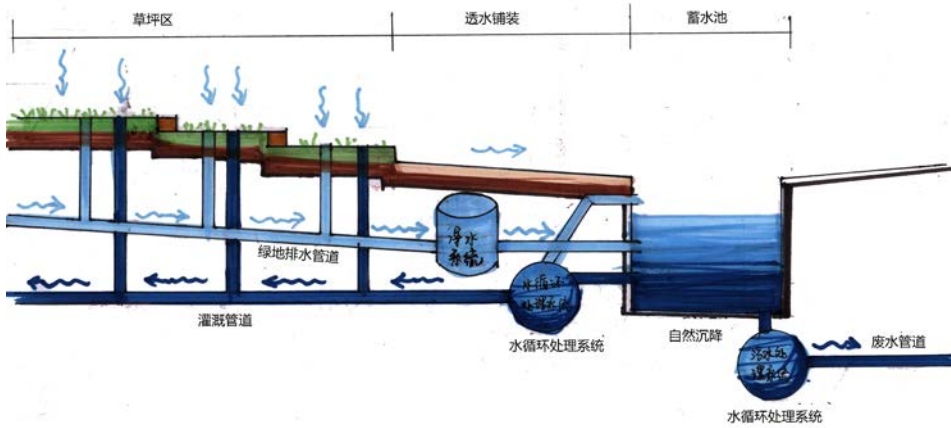


图3 整体水系统示意图

表1 典型地质材料孔隙率经验值

材料	带填充粗砾石	粗砂	中砂	细砂	淤泥	砂土	石英砂	透水面砖	级配碎石
孔隙率	28%	39%	40%	41%	46%	35%	49%	15%	15%

鱼塘位于南侧入口处，鱼塘的常水位大致为800mm，最高水位为1200mm，所以鱼塘的有效蓄水深度大致为400mm。鱼塘底部为淤泥，含水量大约为60%，取厚度为200mm。结合表1可以算出鱼塘的单位面积径流量为： $Q = 0.4 + 0.2*60\% + 0.2*40\%*46\% = 0.56$ 。综上所述，基地原有主要地貌不透水路、面、淤泥、鱼塘的单位面积径流量大致依次为：0m、0.24m、0.56m。

设计后地块原本的不透水混凝土路面、淤泥、鱼塘分别被改造为透水铺装、草坪和水池。透水铺装的内部结构从上至下依次为：60/80mm厚透水面砖、30mm厚中砂、100~200mm压实级配碎石、0~60mm厚砂垫层。取透水路面砖厚度为80mm；级配碎石厚度为200mm；砂垫层采用中砂，厚度为60mm。综合各材质吸水性能，取有效蓄水厚度为75mm。结合表1可以算出透水铺装的设计单位面积径流量为： $Q = 0.75+0.08*15\%+0.03*40\%+0.2*15\%+0.06*40\% = 0.15$ 。

草坪的内部结构从上至下依次为：蓄水层、枯木覆盖层、种植土层、人工填料层和砾石层。种植土采用砂土，平均厚度大致为500mm；填料层以石英砂为主，厚度为1200mm；砾石层采用带有填充的粗砾石，厚度为80mm。综合蓄水层厚度和各材质吸水性能，取有效蓄水厚度为400mm。结合表1可以大致算出草坪的设计单位面积径流量为： $Q = 0.4 + 0.5*0.35 + 1.2*0.4 + 0.08*0.28 = 1.08$ 。水池的常水位大致为500mm，最高水位为1200mm，所以水池的有

效蓄水深度大致为700mm。水池底部处理成不透水硬质，则水池的设计单位面积径流量大约为0.7m。

综上所述，透水铺装、草坪和水池的设计单位面积径流量大致依次为：0.15m、1.08m、0.7m。根据设计场地中这三块的面积比例，算出它们的加权平均值为0.8m。根据《海绵城市建设技术指南》可知，南昌的径流量控制率可以设置为85%，对应的设计降雨量为38.9mm，远远低于该场地的设计单位面积径流量，完全符合海绵城市建设背景下对景观设计的要求。

4. 结论

本校园绿地空间景观设计是一项基于海绵城市理念的从全方位多层次来考虑的设计。该设计采用折线形，顺应地块原本不规则形状，创造活力有趣的空间关系。将地块分为五个彼此独立又互补的功能区，供师生阅读、班会、看报、游赏、聊天……着力打造一个多功能的室外活动空间。该设计的出入口与周边环境的人流来向相对应，以流畅的曲线贯穿整体，同时满足无障碍通行要求，方便师生往来通行。

在海绵城市理念的实践方面，顺应场地自身地貌和高差关系，充分挖掘“海绵体”，同时将设计放大到扩初图和数据层面，展现其真正的可行性。将原本单位面积径流量为0的不透水混凝土路面改造为设计单位面积径流量为0.15m的透水铺装，将原本单位面积径流量为0.24m的淤泥改造为设计单位面积径流量为1.08m的草坪，将原本单位面积径流量为0.56m的鱼塘改造为设计单位面积径流量为0.7m的水池，设计后整体单位面积径流量控制能力要远远大于设计前，也远远高于海绵城市建设技术指南中对南昌的径流量控制要求，形成良好的海绵城市效益。

References

- [1] Q. Yang, R. Allen, and M. Dobbie, The Role of Landscape Architecture in Sponge City—Case Study of Melbourne, Australia, *Chinese Landscape Architecture*, vol.32(4), pp. 74-78, 2016.
- [2] K. Yu, D. Li, H. Yuan, W. Fu, Q. QIAO, and S. WANG, “Sponge City”: Theory and Practice, *City Planning Review*, vol.39(6), pp. 26-36, 2015.
- [3] S. Chen and J. Wang, Sponge city theory and its application in landscape architecture planning, *Agriculture and Technology*, vol.36(3), pp. 128-131, 2016.
- [4] H. Zhao and L. Yin, Research Progress of Rain Garden in China in the Ten Years from 2005 to 2015, *Chinese Landscape Architecture*, vol. 32(10), pp. 60-64, 2016.
- [5] Y. Zhang, Research and Development Prospect of Rainwater Garden Based on Low Impact Development Technology, *Jiangsu Building Materials*, vol. 23(5), pp. 52-56, 2016.
- [6] H. Xu and H. Li, Threshold effect on photosynthetic parameters for soil volumetric water content of *hippophae rhamnoides*, *Chemical Engineering Transactions*, vol. 55, pp. 367-372, 2016.
- [7] J. Liu, J. Wang and X. Ma, Sponge City Benefit Analysis of Sinking Afforesting on Yunjin Rd, *China Municipal Engineering*, vol. 23, pp. 33-35, 2016.
- [8] H. Zhou, Optimal design scheme of rainwater garden of green campus, *Shanxi Architecture*, vol. 42(18), pp. 110-111, 2016.
- [9] H. Xu and H. Li, Total Amount Calculation and Health Benefit Assessment of PM2.5 Adsorbed by Urban Green Space in Xuzhou City, China, *Nature Environment and Pollution Technology*, vol. 16(1), pp. 81-88, 2017.