

Research on the Influence of Urban Sponginess Degree on Surface Runoff And Water Quality Based on Landscape Pattern

Songbo Li Zhongquan Chang

Jiaxing Vocational & Technicall College, Jiaxing, Zhejiang, 314036, China

Abstract

In the process of rapid urbanization, great changes have taken place in the nature of land use. A large number of green space systems with functions of retaining, storing and conserving water resources under natural conditions have been replaced by impervious ground, which has triggered drastic changes in landscape pattern and led to a series of water environment problems such as increased surface runoff, deterioration of rainfall runoff water quality and shortage of water resources. Causing ecosystem damage. From the perspective of landscape pattern, this paper studied the influence of sponginess degree of urban construction land on surface runoff and water quality, analyzed the variation law of runoff and water quality, and obtained the correlation between landscape pattern index and surface runoff and water quality, which provided a new idea for the construction of sponge city and the protection of water ecology.

Keywords

urbanization; sponge city; runoff water quality; landscape pattern

基于景观格局视角的城市海绵化程度对地表径流水质影响研究

李松波 常中权

嘉兴职业技术学院, 中国·浙江 嘉兴 314036

摘要

在城市化快速发展的过程中, 陆地用地性质发生了巨大的变化, 大量自然状态下具有截留、储存、涵养水资源等功能的绿地系统被不透水地面所代替, 引发了景观格局的剧烈变化, 导致了地表径流增大、降雨径流水质恶化、水资源短缺等一系列水环境问题, 造成了生态系统破坏。论文以景观格局视角研究城市建设用地海绵化程度对地表径流水质的影响, 分析了径流水质变化规律, 得出了景观格局指数和地表径流水质之间的相关关系, 为后面海绵化城市建设和保护好水生态提供新的思路。

关键词

城市化; 海绵城市; 径流水质; 景观格局

1 引言

随着城市化进程的加速, 城市地表径流污染问题日益严重。城市地表径流不仅对城市水环境造成影响, 还会对居民生活和健康产生威胁, 特别是初期雨水引发的面源污染对

水环境造成了严重的影响^[1]。因此, 从景观格局视角出发, 研究城市地表径流水质处理具有重要的现实意义。论文将从城市地表径流污染的源头控制、收集与处理、水质监测与管理、利用等方面进行探讨。

2 城市景观格局变化对水环境的影响

中国城市化进程与发达国家相比起步较晚, 但是城市扩张速度很快, 土地利用性质发生了剧烈的变化, 对水文循环过程产生了很大影响。在自然状态下的天然流域内, 当雨水降落时, 一部分雨水在降落过程中被空气蒸发和植物截留, 一部分雨水降落至地面的洼沼湿地, 一部分雨水被土壤包气带所涵养, 一部分雨水直接渗入地面以下形成地下径流, 其余部分则形成了雨水地表径流, 进入自然水体。而城市化后的土地表面性质发生了很大变化, 原有的具有良好渗

【基金项目】2021年嘉兴市公益性研究计划项目《城市地表径流水质与建设用地海绵化程度响应关系研究》(项目编号: 2021AD30166); 2023年嘉兴职业技术学院校立科研项目《小流域生态绿化生命共同体综合治理研究》研究成果(项目编号: jzyy202342)。

【作者简介】李松波(1986-), 男, 中国黑龙江大兴安岭人, 硕士, 讲师, 从事污水处理及资源化研究。

透、截留、涵养水资源的绿地系统被硬化路面所代替，形成了公共建筑区域、居民住宅区域、商业用地区域、工业厂房区域、道路等不透水下垫面区域。使得地面滞水性、渗透性及热力状况都发生了明显的改变，造成雨水径流的土壤下渗量和植被截留能力下降，加之硬化路面平整度很高，储存雨水径流的能力也相应的减弱，导致城市各汇水区域内径流量明显增加，径流系数也随之增大，汇流过程变化明显^[2,3]。由此可见，城市化前后不同的景观格局对水环境和水生态产生了巨大影响。其所发生的变化如图1所示。

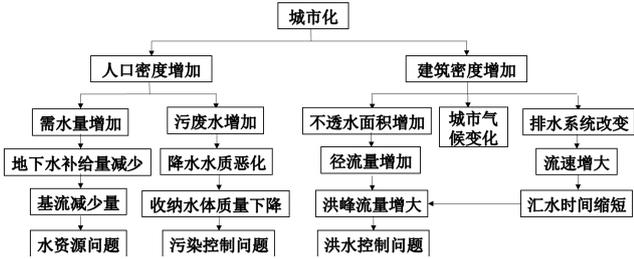


图1 城市化对水文效应的影响

3 城市内不同海绵化程度的景观格局对地表径流的影响

3.1 景观格局参数选取

景观格局是(Landscape pattern)是指景观的空间格局，表征了景观的空间结构特征，主要包括景观的大小、形状、属性，反映了景观在空间上的分布与配置组合规律，是由生态学延伸而来的概念。景观格局的变化也随着城市化的进程越来越快，在城市建设过程中，很多城市区域随意破坏原有景观格局的连续性和整体性，片面追求气派、复杂的人造景观，造成了土地资源的浪费，对生态环境造成了恶劣的影响，引起了城市一系列的水环境问题^[4,5]。为了更好地探究景观格局对城市水环境的影响程度，选取嘉兴市经过海绵化改造过的区域烟波苑、中央公园和未改造区域王安里进行景观格局和径流水质变化研究。选取斑块数NP、斑块密度PD、景观形状指数LSI和类型所占面积百分比PLAND四个参数进行研究，具体表达的含义如表1所示。

3.2 地表径流水质参数选取

嘉兴市所选研究区域内城市化程度比较高，下垫面的种类也较为复杂，地表径流所产生的污染物性质和种类也具有较高的复杂性，根据各汇水区的用地性质和污染物形成的原因，将地表径流污染分为大气沉降、屋面径流、建筑工地和道路径流污染，如表2所示。

基于上述污染物的种类和性质，选取固体悬浮物(SS)、化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)和总磷(TP)四个指标对雨水进行水质分析，并取10场中等强度降水的样本平均浓度进行研究分析^[6]。

表1 景观格局指数含义

景观格局指数	表达的含义
斑块数NP	反映景观的空间格局，描述整个景观的异质性。NP大，破碎化程度越高，反之越低
斑块密度PD	反映景观的破碎化程度，斑块密度越大，则斑块越小，破碎化程度越高
类型所占面积百分比PLAND	是确定景观中优势景观元素的依据，决定景观中的生物多样性，优势种和数量等生态指标的重要因素
景观形状指数LSI	LSI≥1，无上限。当景观中只有一个正方形斑块时，LSI=1，当景观形状不规则时，其值增大。用来描述斑块边界复杂程度

表2 城市污染源类型

污染源类型	污染物
大气沉降污染	酸类(硝酸盐、硫酸盐等)、有机污染物、金属(铅、汞等)、氮磷物质、颗粒物等
屋面径流污染	有机污染物、金属(铝、铬、锌、钙等)、颗粒物
建筑工地	泥沙、盐类、酸类物质等
道路径流污染	有机污染物、金属(铅、锌、铁、铜、镍、钙、锰等)、氮磷物质、颗粒物等

3.3 不同景观格局对地表径流水质的影响

本研究利用嘉兴市2021年土地利用现状CAD地形图，经过数据统计以及人工解译，获取研究区域内地表下垫面的覆盖信息和景观格局参数(如图2所示)。

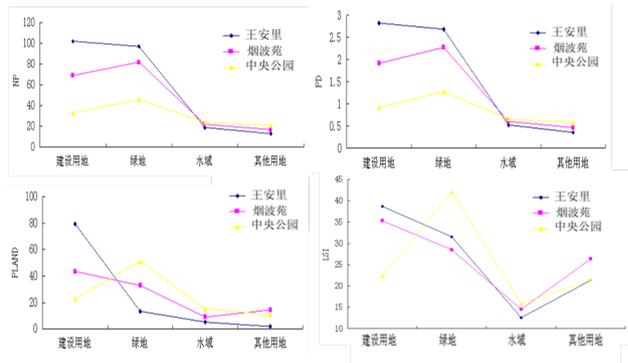


图2 研究区域景观格局指数

嘉兴市在海绵城市改造过程中的景观格局是由多种景观类型互相镶嵌有机组合在一起形成了复杂的景观系统，而未改造区域的景观类型则较为单一，三个区域内景观格局的变化趋势和种类有很大的不同。先来看斑块数NP和斑块密度PD，两者在三个区域内的走向趋势是趋于一致的，烟波苑和王安里两个区域建筑用地最多，斑块密度也比较大，说明这两个区域不透水面积占比较大，景观破碎化程度高。斑块数量NP越大说明植被、水体等城市自然生态系统受到人为的干扰越多，天然植被被人工植被代替，形成了较小的植被斑块，这也说明了斑块密度也很大的原因，三个区域的水域和其他用地斑块数和密度较小，也说明了城市化程度比较高。

在景观类型所占面积百分比PLAND方面，王安里建设用地比例最高，烟波苑次之、中央公园最低，绿地占比方面中央公园最高，烟波苑次之，王安里最低，水域和其他用

地也呈现出了类似的规律,这体现了王安里和烟波苑区域的城市化水平达到了比较高的水平,而中央公园作为休闲栖息的地方,开发较弱,基本保持自然状态,这也得益于人们环保意识的逐渐增强,一些被破坏的区域得到修复,未开发的区域得到有效保护,使得绿地占比增高。对三个区域的景观斑块形状指数 LSI 进行比较,发现王安里和烟波苑建设用地 LSI 较高,而绿地 LSI 较低,说明在建设用地区域景观斑块形状区域复杂化,而绿地区域在人为干预下其形状趋于规则。

在王安里、烟波苑、中央公园三个区域内收集雨水径流,在得到 10 场中等强度降雨的样本后取其平均浓度进行水质测试,样品测试结果如图 3 所示。

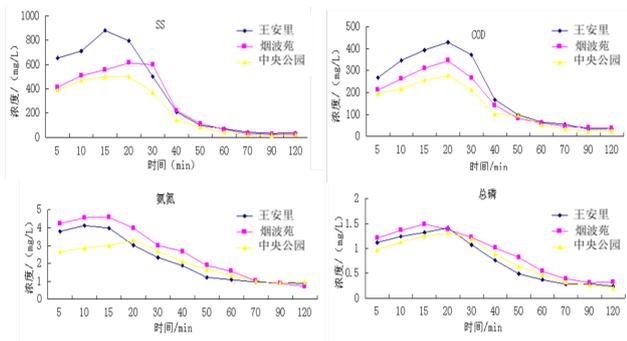


图 3 研究区域各水质指标变化情况

总体来看,四项水质指标在降雨初期呈现先升高后降低的趋势,在降雨后期浓度降低并趋于稳定,这是由于在降雨初期地面上含有较多的污染物,在地表径流形成后污染物随着水流进入自然水体,当降雨强度逐渐增大后,地表径流汇流速度加快,对地表的冲刷也逐渐加大,较多的污染物进入到径流之中,造成污染物浓度升高,具有典型的初期冲刷效应,这个过程大约持续在 15 分钟,当地面污染物逐渐减少后,其浓度也随着降雨的进行而下降并趋于稳定。

在降雨初期悬浮物 SS 浓度在王安里、烟波苑、中央公园的浓度达到了 628mg/L、405mg/L 和 392 mg/L,随着降雨的进行最高浓度分别达到了 851mg/L、503mg/L 和 459mg/L,说明面源污染情况较为严重;三个区域 COD 浓度也从 267mg/L、212mg/L 和 193mg/L 上升至 405mg/L、278mg/L 和 213mg/L;氨氮浓度分别从 4.13mg/L、3.86mg/L 和 2.47mg/L

上升至 4.51mg/L、3.97mg/L 和 3.13mg/L;总磷浓度分别从 1.32mg/L、1.21 和 0.89 mg/L 上升至 1.52mg/L、1.36 和 1.38mg/L。从污染物浓度变化来看,SS 和 COD 降雨初期浓度上升很快,后面浓度下降也比较迅速,而氨氮和总磷在降雨初期浓度上升较为缓慢,整个降雨过程都趋于平稳,最后都处于一个较低的水平上,和 SS、COD 呈现出了不同的变化状态。从污染物的浓度和三个区域的斑块指数来看,经过海绵化城市改造的区域水质要好于未经过海绵化改造的区域,悬浮物浓度 SS 与斑块数 NP 极显著相关,与景观形状指数 LSI 和类型所占面积百分比 PLAND 呈现显著正相关。氨氮和总磷与景观指数之间也表现出较为相似的规律。氨氮、总磷与斑块数 NP、斑块密度 PD、景观形状指数 LSI 呈现显著正相关,表明在研究区域内景观格局指数和水质关系存在极大的相关性。

4 结语

经过对城市海绵化改造和未改造区域景观格局与地表径流水质的研究,发现了景观格局指数和地表径流水质指数的变化规律及其相关关系,在以后的海绵城市改造过程中要关注景观格局的连通性和不透水下垫面在整个实施区域的比例,确保绿地比例和透水性地面比例满足地表径流水质处理要求,达到城市开发和水环境、水生态、水安全共赢的局面,为后续城市化推进做好标杆工程。

参考文献

- [1] 车伍,张鹏,张伟,等.初期雨水与径流总量控制的关系及其应用分析[J].中国给水排水,2016,32(6):9-14.
- [2] 车伍,赵杨,李俊奇,等.海绵城市建设指南解读之基本概念与综合目标[J].中国给水排水,2015,31(8):1-5.
- [3] 刘文,陈卫平,彭驰.社区尺度绿色基础设施暴雨径流消减模拟研究[J].生态学报,2016,36(6):1686-1697.
- [4] 谢继锋,胡志新,徐挺,等.合肥市不同下垫面降雨径流水质特征分析[J].中国环境科学,2012,32(6):1018-1025.
- [5] 刘洁,李玉琼,张翔,等.基于SWMM的不同LID措施城市雨洪控制效果模拟研究[J].中国农村水利水电,2020(7):6-11.
- [6] 许文斌,江竹青,袁翼,等.基于MIKE&SWMM的南昌市内涝分析及 LID 改造研究[J].水电能源科学,2023,41(1):77-81.