

石家庄市地表水源保护区 景观格局演变与水环境效应研究

刘 征 , 赵 晴 , 赵旭阳 , 张 颖
(石家庄学院 资源与环境系, 石家庄 050035)

摘要: 景观格局的生态环境效应是景观生态学的热点问题。以石家庄市地表水源保护区为研究对象,对2000年的TM影像和2010年的HJ-1遥感影像进行土地利用分类;以景观生态学为理论指导,在FRAGSTATS软件上选取CA,PD,NP,PLAND,SHDI,SHEI等景观格局指数,对研究区的景观格局时空变化特征进行了定量研究。景观格局演变与水文效应的相关性方面,以8个常规监测点为中心生成缓冲区,借助FRAGSTATS软件计算缓冲区的景观格局指数变化,并与径流量、高锰酸盐指数、生化需氧量、化学需氧量、总氮、总磷指标的变化做相关性分析。结果表明:(1)研究区的林地、建设用地斑块面积显著增加,低矮灌木及草地、水域、耕地、未利用地斑块面积减少。景观破碎化程度减弱,多样性增加,优势度上升,连通性增强。(2)研究区10年来水质变化不大,水质情况依然不容乐观,总氮、总磷和化学需氧量严重超标。(3)河流径流量或者集水区水量的变化与该区域的景观格局变化有着显著的相关性,景观格局变化影响着水量的变化。(4)建设用地面积所占比例、密度和分维度与总氮指标呈显著正相关性,与水域呈负相关。高锰酸盐指数与耕地面积所占比例呈显著负相关,与建设用地面积所占比例呈显著正相关。生化需氧量与耕地密度呈显著正相关。耕地密度与生化需氧量、化学需氧量呈正相关。

关键词: 水源保护区;景观格局;水环境效应;石家庄市

中图分类号: P951 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-2363(2013)06-0133-07

0 引言

景观格局演变研究是景观生态学研究的核心内容之一,也是当今全球变化研究的热点^[1]。在短期内,景观格局演变是水文变化的主要驱动要素之一,景观格局的改变可以对水分在空间上的重新分配起到调节作用,合理的景观格局将会有利于水分的循环,从而改善区域环境^[2]。景观格局的变化影响着地表径流、生物地球化学循环等一系列生态和水文过程,由此改变进入河流、湖泊污染物的数量,进而对水质产生重要影响。流域的景观组成和空间分布格局与河流、湖泊的水质密切相关^[3]。因此,研究景观格局演变对水文效应的影响就显得尤为重要,具有重大的理论与实践意义^[4-5]。

当前国外景观格局研究的相关文献以美国居多,如Naveh和Lieberman,Forman和Gordon^[6-8]等为景观格局研究提供了良好的概念基础。Krummel,O'Neill以及Turner^[9-11]等对生态过程、尺度和景观格局指数的关系

进行研究,以确定在不同尺度上如何选取适宜的指数来描述当前景观格局、生态过程和选用适当参数预测景观格局。Iverson,Milne等^[12-14]以遥感和地理信息系统为工具,对景观格局的变迁过程进行了分析,其中对景观时空变化的研究方法也是景观格局研究的重要方向。而在我国,景观生态学的研究起步较晚,方法和手段相对落后,研究深度与国际先进水平相比还存在相当的距离,比较典型的研究包括:齐伟^[15]等利用主成分分析、聚类分析的方法,筛选一组代表性景观格局指数进行区域土地利用特征描述和土地利用分区;田光进^[16]等利用海口的3年遥感影像分析研究区的景观格局动态演变;田维渊等^[17]根据雅安市的土地利用情况研究景观格局的变化情况;赵婷婷等^[18]对顺义区农田景观规模和空间格局演变分析;李亦秋等^[19]分析水电梯级开发背景下以流域主要干支流为轴线的不同缓冲区内土地利用和景观格局的空间分异动态;阿里木江·卡斯木等^[20]以乌鲁木齐市2009年的ALOS卫星影像为研究数据定量分析乌鲁木齐市区的绿地景观格局;侯飞等^[21]对徐州市区景观格局及其变化特征进行分析;曹迎等^[22]预测内江中心城区2020年研究区域景观格局的演变。

景观格局与地表水水质之间的关系已成为国内外研究的热点^[23]。自20世纪70年代以来,国外学者从点位、河段、河岸带以及流域尺度对景观格局和地表水水质之间关系开展了广泛的研究,形成了较为完善的理论和方法体系。2000年后土地利用景观格局与水质间的

收稿日期: 2012-09-01; 修回日期: 2013-10-10
基金项目: 河北省自然科学基金项目(D2010001952); 河北省科技计划项目(2237126D-3)
作者简介: 刘征(1979-),女,河北涉县人,讲师,硕士,主要从事生态环境规划与评价研究,(E-mail) liuzheng111_1979@163.com。
通讯作者: 赵旭阳(1959-),男,河北井陉市人,学士,教授,主要从事区域研究与开发,(E-mail) log2008@163.com。

关系也日益引起国内学者的重视^[24-25]。但国内研究起步较晚,研究比较少,目前的相关研究主要集中在景观类型的面积与水质的关系方面。随着研究的逐步深入以及遥感技术的发展,景观的空间分布格局对水质的影响逐渐受到关注^[26-27]。岳隽等^[28]研究的深圳市西部库区景观格局与水质的关联特征的分析,总结近年来景观格局与水质关系的研究成果,将研究方法和手段总结为 3 个,有“子流域”分析法、“缓冲区”分析法和“梯度法”分析法。Tu^[29]通过地理加权回归模型分析了 84 个子流域的水质和土地利用指标关系,结果表明土地利用指标的水质解释能力随流域尺度上的城市化程度而变化。Nash^[30]对河流分别以 30 m 和 60 m 计算缓冲区,对采样点以 300 m 和 600 m 计算缓冲区,然后分别以流域和缓冲区内的各土地利用类型比例及河流长度和河网密度作为景观指数,分析了土地利用与水质特征的关系。Wang^[31]应用综合污染指标研究了城市化背景下上海城区、郊区和农村区域对地表水质的影响,发现农村地区的水质污染最为严重。

由国内外发展现状可以归纳出以下不足:(1)传统数据采集方法具有覆盖不全、量化程度不高、管理困难等缺陷,无法直接用于景观生态学研究。(2)在研究中没有与具体的实际需要相结合,没有体现对景观格局变化进行研究的实际意义^[32]。(3)当前景观格局与水文效应研究只局限于小尺度的流域范围内,对保护区范围内研究较少,不能从宏观上把握景观格局演变对水文效应的影响。(4)目前对石家庄地表饮用水源保护区的研究仅局限于一级保护区范围。从地理系统的角度看,虽然一级保护区是最重要的区域,但是其生态风险主要来自于整个区域的开发建设等人类活动。

应用景观生态学原理,在遥感手段的支持下,对石家庄地表水源保护区进行定量的景观格局演变分析。选择对整个区域进行研究,从时空尺度分析景观格局演变趋势,并分析对水文效应的影响,可以为该生态功能保护区的景观规划提供重要的科学依据,具有重大的理论与实践意义。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

选择石家庄市地表水源保护区为研究对象,该研究区位于石家庄市西部滹沱河中游的平山县和井陉县境内,主体由滹沱河干流、岗南水库和黄壁庄水库及其支流所组成。研究区地理位置为 113°34'E~114°18'E,38°01'N~38°45'N,总面积 4 372.21 km²,两座水库总库容 27.81 亿 m³。该区域承担着石家庄生产、生活用水的功能,它是维护石家庄市环境质量和地表水源安全的重点区域。

1.2 数据源

获取的数据包括遥感数据、统计数据以及野外调查

数据等。以遥感数据为主要信息源,经过预处理后结合一些非遥感数据进行分析研究。

1.2.1 遥感影像的数据来源与处理。以覆盖了研究区的 2000 年 TM 和 2010 年 HJ-1 号两期的遥感影像为基本数据,对其进行裁剪、拼接、几何校正等预处理^[33]。对影像数据进行监督分类,按照研究的需要,将其分为六大类,分别为建设用地、林地、低矮灌木及草地、耕地、水域、未利用地。最终获得了研究区 2000、2010 年的土地利用分类图(图 1)。

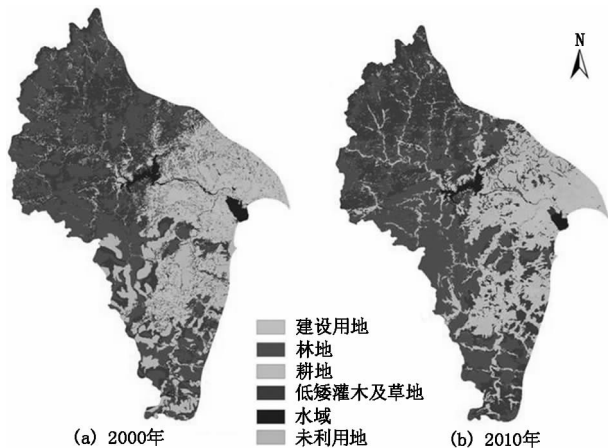


图 1 研究区土地利用/覆被遥感分类

Fig. 1 The land use and land cover of study area

2000 年土地利用类型主要以低矮灌木及草地、林地、未利用地为主,低矮灌木及草地面积占 32.62%,林地占 28.90%,未利用地占 17.86%,水域和建设用地所占比例小。2010 年的土地利用类型仍以林地、低矮灌木及草地、未利用地为主,林地占 35.47%,低矮灌木及草地减少到 29.46%,未利用地为 15.21%,水域和建设用地所占比例仍然很小,不足 10%。

1.2.2 水量水质数据。结合研究需要,本次监测共设采样点 8 个(图 2);水量监测点有 3 个:小觉、微水、平山;水质监测点 5 个:下槐镇、岗南出口、平山桥、岩峰、地都。其中,下槐镇、岗南出口位于一级水源保护区,执行Ⅱ类地表水环境标准,其他水质监测点位于二级水源保护区,执行Ⅲ类标准。

① 径流量数据。该数据来源于石家庄市水文水资源勘测局监测资料。各监测点年平均径流量总体变化不大,呈波状起伏。平山、微水、小觉 3 个监测点年平均径流量变化趋势一致,其中,平山站径流量最大,小觉站次之,微水站最小(图 3)。

② 水质数据。该数据来源于石家庄市环境监测中心监测资料。参考《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),结合本次研究的实际,选取了高锰酸盐指数、生化需氧量、化学需氧量、总氮、总磷 5 个指标。

从环境监测数据来看,水域的总氮、总磷、生化需氧量指数严重超标,主要受工业点源污染、城镇生活污水面源污染以及农业面源污染的影响所致。

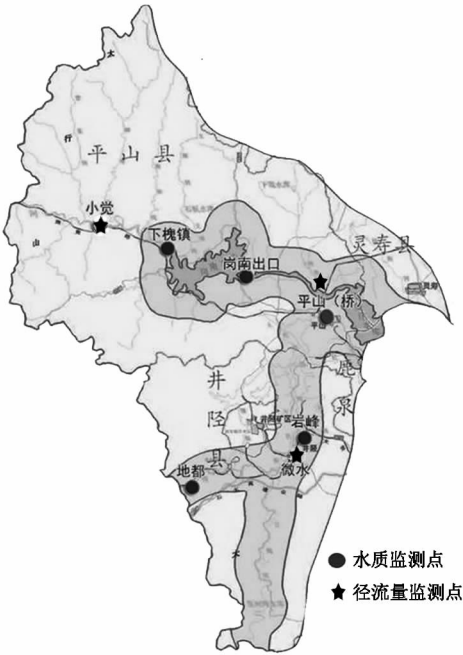


图2 监测点分布

Fig.2 Distribution of monitoring points

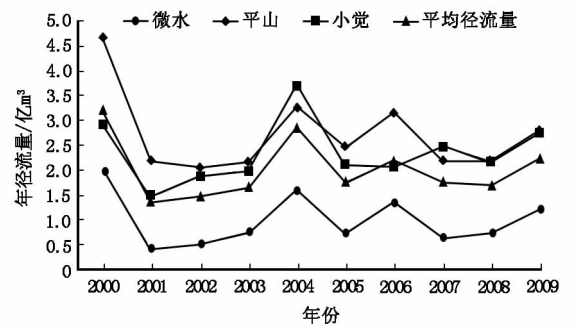


图3 径流量

Fig.3 The diagram of runoff

高锰酸钾指数:整体上高锰酸盐指数达到了地表水的水质标准,变化较平缓。仅有岩峰 2000,2001 年严重超标,其他都符合Ⅲ类水质要求。Ⅱ类水质以上水域占 90% 以上。生化需氧量:除岩峰外,生化需氧量基本达到了水质标准,但从数值变化上有上升趋势。化学需氧量:2000—2006 年,监测点的化学需氧量变化较小,2006 年以后呈峰状变化且有下降趋势。监测点指标整体上有近 50% 数据严重超标,近两年才达到Ⅲ类水质标准。总磷:整体上呈下降趋势,但波动较大,2009 年达到最高峰,2010 年显著下降。下槐镇、岗南出口达到了Ⅱ类水质标准,其他监测点仍未达到Ⅲ类水质标准。总磷指标下降主要原因是研究区的水土流失强度的减弱。虽然耕地面积增加,但水土流失面积在大幅度减少,使得农业的化肥流失量在减少,总磷含量呈下降趋势。总氮:严重超过Ⅲ类(≤1)水质标准,最高达到 10 mg/L,且近两年有抬升趋势。工业面源污染是总氮含量增加的主要原因。

2 不同尺度的景观格局分析

景观格局与水文的相关关系依赖于研究的时空尺度,区分时空尺度的研究有助于为研究区管理提供准确依据^[34]。因而,采用了不同的时间尺度对研究区的景观格局进行研究。

2.1 景观指数的选取

景观格局指数是高度浓缩的景观格局信息,是反映景观结构和空间配置特征的量化指标。其分为 3 个:斑块水平指数、景观类型水平指数及景观水平指数^[35]。本研究选取的景观格局指数见表 1。

表 1 景观格局指数及其生态意义

Tab.1 The landscape pattern index and its ecological significance

指标	名称	生态意义
面积指标	斑块总面积(CA/TA)	计算其他景观格局指数的基础,既反映着景观的动态变化趋势,也表明了景观的稳定性特征
	斑块面积百分比(PLAND)	其值越小,表明该类景观要素在整个景观中所占面积越少,对景观中物质和能量流的控制作用小,会增加景观的异质性
	平均斑块面积(AREA_MN)	用于描述景观粒度,在一定意义上揭示景观破碎化程度。景观斑块平均面积越小,其景观破碎化程度越大
形状指标	分维数(PAFRAC)	主要揭示斑块组成的景观形状和面积大小之间的关系,反映了在一定观测尺度上景观类型的复杂程度。一般情况下,人类活动对景观的干扰越大,景观越趋于规则,分维数越小。分维数值在一定程度上反映了人类活动干扰的强弱
多样性指标	多样性指数(SHDI)	该指数的大小反映景观类型的多少和各景观类型所占比例的变化。当各景观类型所占的比例差异增大时,类型多样性指数下降
	均匀度指数(SHEI)	与优势度指标之间可以相互转换(evenness = 1 - dominance),即 SHEI 值较小时优势度一般较高,可以反映出景观受到一种或少数几种优势斑块类型所支配;SHEI 趋近 1 时优势度低,说明景观中没有明显的优势类型且各斑块类型在景观中均匀分布
连通性指数	聚集度指数(COHESION)	聚集度指数描述景观中同一斑块类型之间的自然衔接程度,即斑块类型之间的相互分散性。聚集度指数明确考虑了斑块类型间的相邻关系,因此能够反映景观组分的空间配置特征
异质性指标	斑块数(NP)	常用来指示景观或生境的破碎化
	斑块密度(PD)	斑块密度反映景观被分割的破碎化程度,同时也反映景观空间异质性程度,在一定程度上反映人为活动对景观的干扰程度。PD 愈大,破碎化程度愈高,空间异质性程度也愈大

2.2 景观格局分析

从景观生态学的角度来看,研究区的景观本底主要由受干扰较少的天然林地、低矮灌木及草地、耕地构成,斑块由零星分布的耕地、水域、村庄、水库等构成,各级河流、防护林、道路等构成廊道。各个斑块聚集成团,分布在整个景观中形成聚集格局。从整体来看,2000 年景观格局以总面积比例超过 30% 的低矮灌木及草地为本底,经过 10 年的演变,形成了以林地、草地为主,其他斑块均匀布局的景观格局。

2.2.1 研究区的景观在景观水平上的特征变化。研究区的景观破碎化程度减轻(表 2)。斑块数量明显呈减少趋势,减少了 44 862 块,平均每年减少了 4 486 块;斑块密度从 2000 年的 24.97 减少到 2010 年的 14.70,减少了 10.27;2000 年的平均斑块面积为 4.01 hm²,2010 年为 6.80 hm²,说明研究区的景观连通性增强。

景观优势度上升。根据 SHDI 和 SHEI 指数表可以

看出,研究区的景观多样性指数和均匀度指数都有略微的下降。SHDI 由 2000 年的 1.56 减少到 2010 年的 1.53,SHEI 由 2000 年的 0.80 下降到 2010 年的 0.79。多样性和均匀指数的减少反映了人类活动对景观整体的影响,均匀度减少,景观优势度相对上升。

人类干扰程度增强,斑块形状趋于规则。从景观的结构复杂性来看,形状指数有所减少,反映了受人类活动的影响强烈,景观中斑块形状趋于规则化。

2.2.2 研究区的景观在类型水平上的特征分析。① 斑块数量分析(表 3,表 4)。2000—2010 年间各斑块的数量有不同程度的增减。耕地、未利用地、低矮灌木及草地、水域斑块数量有所减少,其中低矮灌木及草地、水域斑块数量减少量最大,说明了这 5 种景观类型斑块趋于完整化,破碎程度减轻;林地的斑块数量增加幅度相对较大,说明林地景观的破碎度加剧,主要因为人类活动对景观改造度的加强。

表 2 景观水平上的景观格局指数表
Tab.2 The landscape pattern index at landscape level

整个景观	TA/hm ²	NP/块	AREA-MN/hm ²	PD/(块·hm ⁻²)	PAFRAC	COHESION/%	SHDI	SHEI
2000 年	436 875.40	109 064	4.01	24.97	1.47	99.41	1.56	0.80
2010 年	436 875.40	64 202	6.80	14.70	1.43	99.25	1.53	0.79

表 3 2000 年景观格局指数统计
Tab.3 Landscape pattern index in 2000

类型	建设用地	林地	耕地	低矮灌木及草地	水域	未利用地
CA/hm ²	22 591.26	12 508.96	58 103.73	141 536.70	9 397.80	77 842.71
PLAND/%	5.17	28.63	13.31	32.40	2.15	17.82
NP/块	23 123	24 063	4 359	22 830	7 132	27 517
AREA-MN/hm ²	0.98	5.20	13.33	6.21	1.32	2.83
PD/(块·hm ⁻²)	5.29	5.51	1.00	5.23	1.63	6.30
PAFRAC	1.55	1.44	1.35	1.52	1.45	1.46
COHESION/%	95.96	98.37	98.97	99.77	97.47	97.10

表 4 2010 年景观格局指数统计
Tab.4 Landscape pattern index in 2010

类型	建设用地	林地	耕地	低矮灌木及草地	水域	未利用地
CA/hm ²	24 601.50	153 777.11	54 621.89	127 900.84	7 478.21	66 445.56
PLAND/%	5.63	35.2	12.50	29.28	1.71	15.21
NP/块	12 046	9 479	22 903	6 091	1 011	12 595
AREA-MN/hm ²	2.04	16.22	2.39	21.00	7.40	5.28
PD/(块·hm ⁻²)	2.76	2.17	5.24	1.39	0.23	2.88
PAFRAC	1.40	1.41	1.45	1.34	1.42	1.48
COHESION/%	96.36	99.64	97.04	99.63	98.42	98.96

② 景观要素分析。建设用地斑块面积增加,数量明显减少,2000—2010 年,平均斑块面积由 0.98 hm² 增加到 2.04 hm²,斑块密度由 5.29 下降到 2.76,分维度指数下降,聚集度增强,斑块的破碎度减弱,连续性增强,主要因为城镇在不断扩张。林地斑块面积大幅增加,10 年间由 125 058.96 hm² 增加到 153 777.11 hm²,斑块占整

个景观的比例增加到 26.5%,但数量明显减少,聚集度指数增加,主要因为政府植树造林工作,使得斑块的破碎度降低,连通性增强。耕地斑块面积 10 年间由 58 103.73 hm² 减少到 54 621.89 hm²,所占比例减少 26.58%,斑块数量明显减少,主要因为人类活动对耕地的改造度加强,一部分耕地被用于退耕还林还草。低矮

灌木及草地斑块面积大幅度减少,减少了13 635.86 hm²,斑块数量增加,斑块密度由5.23减少到1.39。大部分低矮灌木及草地被人类利用,转化为耕地、林地。水域斑块面积和斑块数量都有减少,但数量减少明显。斑块分维度和聚集度指数变化较小。说明经过10年的演变,水域的连通性减弱,有河流干涸断流现象。未利用地斑块面积有所减少,数量也明显减少,平均斑块面积增加了2.4 hm²。斑块密度也由2000年的6.30减少到2010年的2.88,斑块的破碎化程度减弱。

研究区建设用地的破碎化程度减弱,斑块间的连通性增强;林地、耕地的斑块变化量最为明显,破碎度减弱,聚集度增强;10年间,低矮灌木及草地的优势地位被破坏,破碎度在加大,斑块的连接度减弱;水域是面积最小的景观类型,10年内,面积有所减少,向小型化方向发展;未利用地的斑块面积增大,聚集度增强。

3 景观格局演变与水文效应分析

由于研究区的水质水量常规监测点数量有限,使对

整个区域的水文过程很难控制。为了将研究范围覆盖二级水源保护区,对8个常规监测点做不同半径的缓冲区。其中,水量监测点3个,缓冲区半径设置为10 000 m,水质监测点5个,缓冲区半径设置为5 000 m,借助FRAGSTATS软件计算缓冲区的景观格局指数变化,并在SPSS软件的支持下与水质水量数据做相关性分析。

3.1 景观格局演变与径流量分析

河流径流量或者集水区水量的变化与该区域的景观格局变化有着显著的相关性。建设用地、林地、低矮灌木及草地和水域斑块面积比例的变化量与径流量的变化量呈显著相关;建设用地斑块面积的增加使不透水层面积增大;植被具有对降水的多层拦截,阻止或延缓地表径流的产生,从而影响径流量变化;从景观水平上分析,景观多样性的变化与径流量呈显著相关,表明人类的干扰活动对径流量影响明显(表5)。

3.2 景观格局演变与水质的相关性分析

由于缓冲区半径设置较大,一定程度上影响景观格

表5 景观格局指数与径流量相关性分析
Tab.5 The correlation analysis of the landscape pattern index and runoff

指数	PLAND						PAFRAC	SHDI
	建设用地	林地	耕地	低矮灌木及草地	水域	未利用地		
径流量	-0.975*	0.819*	0.765	-0.914*	0.830*	-0.097	0.878*	0.918*

说明: *表示通过置信水平0.1的相关性检验。下表同。

局指数与水量水质的相关性,使相关性指数整体低于小面积缓冲区与水质水量的相关性。

总磷变化量与各项景观指标的相关性都不显著。其原因是磷的来源很多,主要是农业面源污染与城镇生活污染。虽然近10年的耕地斑块面积有所减少,由于

政府的积极治理,使研究区的水土流失情况得到很好的改善,化肥流失量大幅度降低。相比之下,由于人口数量的增多,城镇建设用地的扩展,使城镇的生活污水排放量增大,与总磷指标的相关性较高(表6)。

表6 景观格局指数与水质指标的相关性分析
Tab.6 The correlation analysis of the landscape pattern index and quality index

指数	指标	高锰酸盐指数	化学需氧量	生化需氧量	总氮	总磷
PLAND	建设用地	0.975*	0.478	0.572	0.761*	-0.399
	耕地	-0.775*	-0.493	-0.349	-0.246	0.078
	林地	0.266	0.076	0.765	0.406	0.287
	水域	-0.110	0.621	0.451	-0.794	-0.324
PD	建设用地	0.080	-0.301	0.008	0.943*	-0.300
	耕地	0.591	0.581	0.749*	0.023	0.283
	林地	-0.109	0.319	0.483	-0.406	-0.109
	水域	-0.174	-0.083	0.249	0.647	-0.410
PAFRAC		0.399	0.245	0.493	0.775*	-0.364
SHDI		0.364	0.497	0.765	0.189	-0.047

随着经济的增长和人们生活水平的提高,居民及工矿用地逐渐扩大,工业排放的生产废水和居民生活产生的有机废弃物和生活洗涤污水都沿地表汇入河流,导致水域质量恶化。从表6看出,建设用地面积所占比例、密度和分维度与总氮指标呈显著正相关性,与水域呈负

相关。这表明总氮主要来源于建设用地,包括工业点源污染、城镇生活面源污染等。其次,水域斑块比例的减少,使河流的自净能力下降,使总氮含量呈上升趋势,应减少人类活动对水域周围斑块形状的干扰。

由表6可知,高锰酸盐指数、生化需氧量、化学需氧

量与各景观格局指数相关性并不相同,3 种指标虽都反映水体被有机物污染的程度,但是由于其氧化剂及所规定的测定条件不同,所测出的还原物质不一样,化学需氧量的氧化剂氧化能力最强,其次为高锰酸盐指数,生化需氧量测定的虽也是水体中的还原性物质,但其过程是一个完全的仿生物自然氧化过程,涉及诸多因素,反应较为复杂^[36-37]。其中,高锰酸盐指数与耕地面积所占比例呈显著负相关,与建设用地面积所占比例呈显著正相关。生化需氧量与耕地密度呈显著正相关,化学需氧量与耕地密度呈正相关。这说明城镇建设用地、生活污水、畜禽污染、耕地面源污染与水质的有机物含量密切相关。

4 结论

(1)解译遥感影像并获取了 2000 和 2010 年的土地利用图,发现林地、建设用地均有增加,耕地、低矮灌木及草地、水域及未利用地呈减少趋势。原因主要是大西柏坡开发、公路等建设使得建设用地明显增加,占用了部分的未利用地。退耕还林、还草是耕地减少的重要原因。

(2)整理研究区近 10 年的水量水质数据发现:研究区的高锰酸盐指数和生化需氧量基本达到《地表水环境质量标准》的要求,但总氮、总磷和化学需氧量严重超标。

(3)景观格局空间结构的变化:① 景观破碎化程度减轻,主要表现在斑块数量和密度的减少。② 景观多样性增加,分维度指数有所下降,形状趋于规则化,聚集度基本增强,说明了人类活动对景观整体的干扰增强。③ 均匀度指数减少,相对的景观优势度上升,优势类型明显。

(4)建设用地面积所占比例、密度和分维度与总氮指标呈显著正相关,与水域呈负相关。高锰酸盐指数与耕地面积所占比例呈显著负相关,与建设用地面积所占比例呈显著正相关。生化需氧量与耕地密度呈显著正相关。耕地密度与生化需氧量、化学需氧量呈正相关。此外,从景观类型水平上看,SHDI 与生化需氧量呈显著正相关,而它通常是与表征水质下降的指标呈显著相关性。水质指标的变化主要来源于城镇工矿点源污染、生活面源污染以及农业污染 3 个方面。其中,以城镇的工矿和生活污染对水质的影响最为突出。

参考文献:

[1] 翟德利. 基于 SPOT 遥感影像的海南省昌化江上游流域景观格局变化[D]. 海口:海南师范大学,2008:45-56.
[2] 徐纬. 济南市南部山区三川流域景观变化及水文生态效应研究[D]. 济南:山东师范大学,2007:38-42.
[3] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2000:19-10.
[4] 陈利顶,傅伯杰,赵文武.“源”“汇”景观理论及其生态学意义[J]. 生态学报,2006,26(5):1444-1449.
[5] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报,1995,15(2):113-120.

[6] Naveh Z, Lieberman A S. Landscape Ecology :Theory and Application[M]. New York;Speringer-Verlag,1984:13.
[7] Forman R T T. Land Mosaics:The Ecology of Landscape and Regions [M]. Cambridge: Cambridge University Press,1995:4.
[8] Gordon R L, Hunsaker C T,O' Neill R V, et al. Ecological Risk Assessment at the Regional Scale [J]. Ecology, 1991,8(1):196-206.
[9] Turner M G. Landscape Changes in Landscape Patterns in Georgia [J]. Photogrpn Eng Remote Sensing, 1990(56): 379-386.
[10] Krummel J R, Gardner R H,Sugihrar G. Landscape Patterns in A Disturbed Environment [J]. Oikos,1987(48): 321-324.
[11] O'Neill R V,Krummel J R, Gardner R H, et al. Indices of Landscape Pattern[J]. Landscape Ecology,1988(1): 153-162.
[12] Milne B T, Johnston K M, Forman F T T. Scale-Dependent Proximity of Wildlife Habitat in Spatially-Neutral Bayesian Model[J]. Landscape Ecology,1989(2): 101-110.
[13] Iverson L R. Land-Use Changes in Dlinois, USA: The Influence of Landscape Attributes on Current and Historic Land Use[J]. Landscape Ecology,1988(2):45-62.
[14] 范莉. 重庆市景观格局及其时空变化的遥感定量研究[D]. 重庆:西南大学,2006:6.
[15] 齐伟,曲衍波,刘洪义,等. 区域代表性景观格局指数筛选与土地利用分区[J]. 中国土地科学,2009,23(1):33-37.
[16] 田进光,张增祥,张国平,等. 基于遥感与 GIS 的海口市景观格局动态演变[J]. 生态学报,2002,22(7): 1028-1034.
[17] 田维渊,曾世斌,杨武年,等. 基于 RS 与 GIS 的雅安市土地利用景观格局变化分析研究[J]. 测绘与空间地理信息,2011,34(2):95-97.
[18] 赵婷婷,张凤荣,牛振国,等. 北京市顺义区农田景观格局变化研究[J]. 地域研究与开发,2009,28(3): 106-111.
[19] 李亦秋,鲁春霞,邓欧,等. 猫跳河梯级开发流域土地利用与景观格局空间分异[J]. 地域研究与开发, 2013,32(1):128-133.
[20] 阿里木江·卡斯木,玉苏普江·艾麦提. 基于 ALOS 数据的乌鲁木齐市绿地景观格局研究[J]. 地域研究与开发,2012,31(2):86-89.
[21] 侯飞,胡召玲. 基于 GIS 的徐州市区景观格局变化分析[J]. 地域研究与开发,2012,31(1):156-160.
[22] 曹迎,周波,任茜,等. 基于 CA 模型的内江城市景观格局动态演变研究[J]. 地域研究与开发,2009,28(5):73-76.
[23] 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,等. 南京市九乡河流域景观格局空间分异对河流水质的影响[J]. 环境科学, 2012,33(3):794-801.
[24] 赵军,杨凯,郜俊,等. 区域景观格局与地表水环境质

- 量关系研究进展[J]. 生态学报,2011,31(11):3180-3189.
- [25] 黄金良,李青生,洪华生,等. 九江流域土地利用/景观格局-水质的初步关联关系[J]. 环境科学,2011,32(1):64-72.
- [26] 岳隽,王仰麟,李贵才,等. 深圳市西部库区景观格局与水质的关联特征[J]. 应用生态学报,2008,19(1):203-207.
- [27] 郭青海,马克明,张易. 城市土地利用异质性对湖泊水质的影响[J]. 生态学报,2009,29(2):776-778.
- [28] 岳隽,王仰麟,李贵才,等. 不同尺度景观空间分异特征对水体质量的影响——以深圳市西丽水库流域为例[J]. 生态学报,2007,27(12):5271-5280.
- [29] Tu J. Spatially Varying Relationships between Land Use and Water Quality across An Urbanization Gradient Explored by Geographically Weighted Regression[J]. Applied Geography,2011,31(1):376-392.
- [30] Nash M S, Heggem D T, Ebert D , *et al.* Multi-scale Landscape Factors Influencing Stream Water Quality in the State of Oregon[J]. Environmental Monitoring and Assessment,2009,156(1/4):343-360.
- [31] Wang J Y, Da L J, Song K, *et al.* Temporal Variations of Surface Water Quality in Urban, Suburban and Rural Areas during Rapid Urbanization in Shanghai, China[J]. Environmental Pollution,2008,152(2):387-393.
- [32] 李文杰. 梁子湖流域土地利用变化对流域水环境的影响[D]. 武汉:华中师范大学,2009:53.
- [33] 王婷,周廷刚,吴忠芳. 基于知识规则的遥感影像土地利用分类研究[J]. 地理与地理信息科学,2008,24(4):32-35.
- [34] 谢明达,朱大明,韦小儒,等. 遥感影像分类在景观格局变化中的应用[J]. 河南科学,2010,28(7):821-824.
- [35] 赵晓燕. 基于 GIS 的西安市城市景观格局分析及其优化对策[D]. 西安:西北大学,2007:32
- [36] 黄慧坤. 辨析高锰酸盐指数、化学需氧量、生化需氧量[J]. 环境科学导刊,2004,23(S1):181-182.
- [37] 王鹤扬. 地表水高锰酸盐指数与化学需氧量相关关系研究[J]. 环境科学与管理,2011,36(9):118-121.

Landscape Distribution Evolution and Its Hydrological Effects on the Surface Water Resource Protection Zone of Shijiazhuang City

Liu Zheng , Zhao Qing , Zhao Xuyang , Zhang Ying

(Department of Resources and Environment , Shijiazhuang University , Shijiazhuang 050035 , China)

Abstract: The eco-environmental effect of the landscape distribution is a hot issue in landscape ecology. Based on a study of surface water resource protection zone of Shijiazhuang City, with theoretical guidance of the landscape ecology, the study classified TM images in 2000 and 2010 HJ-1 remote sensing images on land use. By selecting CA, PD, NP, PLAND, SHDI, SHEI as the landscape pattern index by FRAGSTATS software, the study made a quantitative analysis of the landscape distribution in the study area with its temporal and spatial varying characteristics. Generate buffer of eight regular monitoring points in the research landscape distribution evolution and hydrological effects of correlation, with the FRAGSTATS software calculating the buffer landscape pattern index changes. Then the study analysed the correlation with runoff, CODMn, BOD, COD, TN, TP changes. The results show that: Firstly, in the study area, the forest land and the construction land areas are significantly increased. Low shrub and grass, water, farmland, unused land areas are decreased. Landscape fragmentation degree is abated, diversity is increased, superiority level is increased, connectivity is enhanced. Secondly, for the past decade, the water quality changed little, the water quality is still not satisfactory, with TN, TP and COD severely exceed the normal standard. Thirdly, The river flows or watershed water changes and the regional landscape distribution changes have significant correlation, landscape distribution changes affect changes in water quality. Fourthly, construction land area proportion, density and fractal dimension show significant positive correlation with TN and negative correlation with water. CODMn and farmland ratio show significant negative correlation, and construction land area ratio show positive correlation. BOD and farmland density had significant positive correlation. Farmland density and COD, BOD show positive correlation. In addition, from the view of the landscape types, SHDI and BOD showed significant positive correlation, it usually shows significant correlation with the decline of surface water quality indicators .

Key words: water resources protection zone; landscape distribution; hydrological effect; Shijiazhuang City