

汇水区土地利用方式对水库水质的影响^①

唐源英, 王海洋

西南大学 园艺园林学院, 重庆 400715

摘要: 为探索人类活动对汇水区水质的影响, 以重庆市渝北区 50 个水库汇水区为研究地点, 应用景观生态学的原理与技术, 从汇水区的角度探讨了土地利用类型的景观组成与景观格局特点对水库水质的影响. 结果显示: 1) 建设用地比例对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度变化的影响最大, 其相关系数数值最高($r=0.494$, $p<0.01$); 草地面积与综合评价指数、TN 之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$). 通过多重对比发现, 当建设用地比例为 $>10\%$ 时, 水库中含氮污染物质量浓度上升幅度明显增加, 而当林地比例 $>20\%$ 时, 水库水质的综合评价指数降低幅度明显增加. 2) 水库汇水区中, 建设用地斑块最大斑块指数、聚集度、连通性指数与 TN, $\text{NH}_3\text{-N}$ 之间表现出极有统计学意义的正相关关系($p<0.01$), 林地斑块间的几何平均临近距离与 TP、综合评价指数之间表现出了极具有统计学意义的正相关关系($p<0.01$).

关键词: 水库汇水区; 水质; 土地利用类型; 景观结构

中图分类号: X52

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)11-0134-08

重庆市渝北区快速的城市化进程导致了渝北区土地利用类型和景观组成与结构发生了剧烈的变化, 并对水库水环境产生了一系列的影响, 由北向南水库汇水区内建设用地比例不断增加, 城区附近的大量耕地被开发用于建设, 具有生态调控功能的林地和草地面积百分比明显下降, 水库汇水区的景观格局也发生较大改变, 水库水质受到不同程度的污染, 城市化带来的水库水环境问题已经逐渐显现. 近年来, 多数研究以大尺度的自然汇水区为研究对象, 只有少量的文献对城市化地区开展了相关研究, 因此, 有必要对渝北区水库汇水区区域开展研究, 从水库汇水区土地利用方式入手, 结合各水库水质指标测定结果, 分析汇水区土地景观结构特点与水质之间的潜在相互影响, 提出渝北区土地利用与水环境保护协调发展的可能依据.

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

渝北区位于重庆市主城区东北部($106^{\circ}27'30''-106^{\circ}57'58''\text{E}$, $29^{\circ}34'45''-30^{\circ}07'22''\text{N}$), 属长江流域, 区内主要河流有嘉陵江、御临河、后河、温塘河、平滩河、朝阳河以及东河, 全区多年平均水资源总量为 $8.52 \times 10^8 \text{ m}^3$. 全区水库共有 70 座, 水库总库容 $1.52 \times 10^8 \text{ m}^3$, 经现场调研, 有 20 座水库处于修建或干涸状态, 故本文以剩余的 50 座水库作为研究对象.

① 收稿日期: 2016-10-15

基金项目: 重庆市科委应用开发计划项目(catc2014yykfA90001).

作者简介: 唐源英(1991-), 女, 四川成都人, 硕士, 主要从事风景园林生态方面的研究.

通信作者: 王海洋, 教授, 硕士研究生导师.

1.2 数据来源

本文利用渝北区 25 m 等高线地形图, 导入 ArcGIS 10.1 内得出每个水库的汇水区范围, 即研究范围. 再根据 2014 年渝北区卫星图片及实地调查绘制研究范围内用地类型分布图(图 1). 其中用地类型的分类根据《土地利用现状分类》国家标准(GB/T21010-2007)和《生态环境状况评价技术规范》国家标准(HJ192-2015)将水库汇水区内的土地利用类型分为了 4 类, 包括: 建设用地、耕地、林地、草地. 根据现场调查, 渝北区水库中污染物质的来源主要包括农业化肥的使用、农村牲畜家禽的养殖以及城镇生活污水的排放等, 大部分水库存在水体富营养化现象. 故本文选取了 4 种具有代表性的常规水质指标, 其中包括总磷(TP)、总氮(TN)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、化学含氧量(COD). 本文水库水样采集时间为 2015 年 4 月份, 用洁净的玻璃瓶在水库水深 1 m 左右处进行采水, 每个水库收集两瓶. 水样监测具体方法参见第四版《水和废水检测分析方法》. 对于水质指标的限定主要根据《地表水环境质量标准 GB3838-2002》分为 5 类.

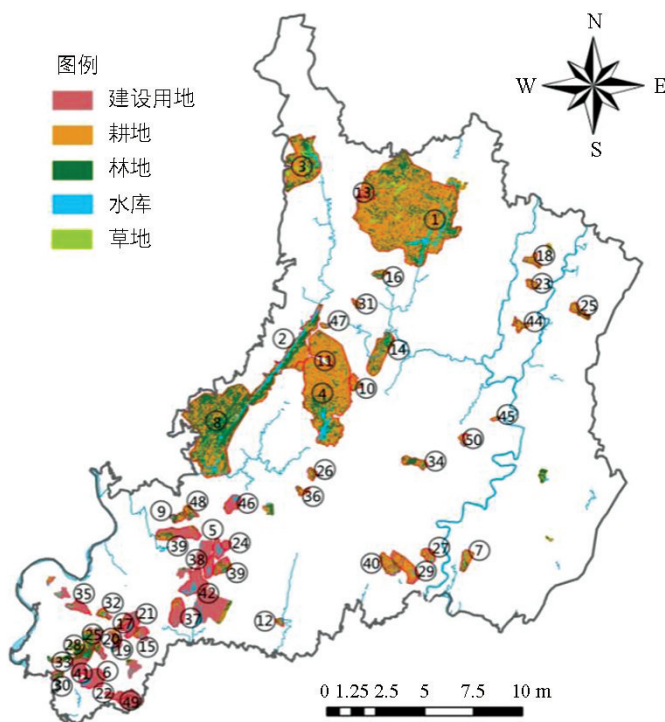


图 1 各水库汇水区土地利用类型分布图

1.3 研究方法

1.3.1 数据处理

本文应用综合污染指数法对各水库水质状况进行量化, 计算公式^[1]为:

$$I_j = \sum_{i=1}^m W_i \frac{C_i}{S_i} W_i = \frac{S_{i1}}{S_{i5}}$$

式中: I_j 表示 j 水库 m 项水质指标的综合指数值; m 表示选取污染指标的项数; W_i 表示第 i 项水质指标权重; C_i 表示 j 水库第 i 项水质指标的实际监测值; S_i 表示第 i 项水质指标的标准评价; S_{i1} 表示第 i 项水质指标 I 类水质标准值, S_{i5} 表示第 i 项水质指标 V 类水质标准值. 式中水质指标是依据污染超标倍数对水库水质的贡献率大小确定的, 它是基于地表水环境质量标准的 I 类标准值, 若同样的超标倍数, 水质达到更差类别水质标准, 则说明此水质指标对水库水污染超标率贡献大, 这在水质综合评价中具有一定的可比性^[2].

景观指数是对景观格局特征的定量表征, 主要包括景观水平与类型水平两方面. 本文基于前人的研究结论, 结合本文研究区的实际情况选择了 9 个指数, 其中包括: 蔓延度指数(CONTAG)、香农多样性指数

(*SHDI*)、斑块密度(*PD*)、最大斑块指数(*LPI*)、景观形状指数(*LSI*)、边缘密度(*ED*)、几何平均临近距离指数(*ENNMN*)、聚合指数(*AI*)和斑块结合指数(*COHE*),用以反映土地用地类型的大小、距离、形状、位置以及密度等特征,这些指数不仅可以描述景观格局与水质之间的关系,对理解生态功能与人类感知也具有重要的意义.在指数计算过程中,先在 ArcGIS 10.1 软件中将土地利用类型图转成标准格式,导入 Fragstats3.3 软件中,获取相应指数的量值.

1.3.2 统计分析

为了探索水库汇水区的景观组成结构特点对水库水质的影响,本文利用统计软件 SPSS 20.1 进行相关性分析,分析出对水库水质变化具有统计学意义的变量,同时,为比较建设用地和林地比例变化对水库水质的影响差异,采用多重对比分析方法进行分析.在对数据进行统计分析前,通过 Minitab 软件对不服从正态分布的变量进行 BOX-COX 变换,根据 Lambda 估计值对数据进行幂变换,使进行统计分析的变量均服从正态分布.

2 结果与分析

2.1 水库汇水区土地利用类型组成与水质指标之间的关系

本文将水库汇水区内土地利用类型面积和比例分别与水质指标进行相关性分析,得出各土地利用类型与水质指标之间的相关关系(表 1).

结果显示,水库汇水区中建设用地比例与 TN, NH_3-N 之间的相关系数较高,均表现出极有统计学意义的正相关关系($p<0.01$),但建设用地面积与 TP 之间表现出具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$),这可能是由于所研究的水库中农村区域的水库具有鱼类养殖现象,鱼饲料中含有大量的含磷物质,导致水库中 TP 质量浓度高,并与建筑用地面积表现出具有统计学意义的负相关关系.耕地面积和比例与 TN, NH_3-N 之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$).林地比例与 NH_3-N 之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$).草地面积和比例与综合评价指数之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$),其中草地面积与 TN 之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$),草地比例与 TN 之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$).

表 1 土地利用类型与水质指标之间的 spearman 相关系数

	<i>n</i>	<i>TP</i>	<i>TN</i>	NH_3-N	<i>COD</i>	综合评价指数
建设用地面积	50	−0.323 *	0.198	0.332 *	−0.167	−0.088
建设用地/%	50	−0.067	0.387 **	0.494 **	−0.144	0.164
耕地面积	41	−0.008	−0.431 **	−0.416 **	0.029	−0.284 *
耕地/%	41	0.164	−0.442 **	−0.451 **	0.073	−0.161
林地面积	44	−0.052	−0.255	−0.251	−0.082	−0.240
林地/%	44	0.011	−0.248	−0.315 *	−0.022	−0.206
草地面积	17	−0.264	−0.368 **	−0.265	0.028	−0.389 **
草地/%	17	−0.209	−0.353 *	−0.256	0.030	−0.362 **

注: ** 在 0.01 水平(双侧)上相关性极具有统计学意义; * 在 0.05 水平(双侧)上相关性具有统计学意义.

2.2 不同土地利用类型比例对水质指标质量浓度的影响

国外有学者指出,汇水区范围内各用地类型与水质之间虽然没有明显的线形关系,但当用地类型增加到一定比例时,水域的环境质量会急剧恶化,水质变化中存在趋势突变点. Ryan S King 等的研究结果显示,当汇水区面积中建设用地达到 18%~32%时,河流的水质开始有明显的恶化^[3]. 也有人研究指出影响河流栖息地质量变化的林地组成阈值为 30%~50%^[4]. 本文回归模型结果显示,研究区域内建设用地比例和林地用地比例与水质指标之间也没有明显的线性关系,且线性拟合程度均较低,故本文采取多重对比分

析方法,分析汇水区内建设用地和林地比例变化对水库水质的影响.

本文通过聚类分析以建设用地比例为因子将水库汇水区分为 3 个组($p<0.01$): a 组($n=19, 4.49\% \sim 10\%$), b 组($n=9, 10\% \sim 30\%$), c 组($n=22, 30\% \sim 97.29\%$); 以林地比例为因子将水库汇水区也分为 3 个组($p<0.01$): A 组($n=30, 1.18\% \sim 30\%$), B 组($n=14, 30\% \sim 40\%$), C 组($n=6, 40\% \sim 94.13\%$); 最后通过 SPSS 软件中的多因变量方差分析方法得出表 2.

从表 2 中可以看出,在不同建设用地比例范围中, a 组与 c 组之间 TN 质量浓度差异具有统计学意义($p<0.05$),而 a-b, b-c 之间并未显示出具有统计学意义的差异($p>0.05$),说明当建设用地比例为 $10\% \sim 30\%$ 时,水库中 TN 质量浓度变化可能存在突变点. 而对于 NH_3-N 指标, a 组与 b 组之间的差异不具有统计学意义, b-c, a-c 之间表现出的差异具有统计学意义,说明在水库汇水区中,当建设用地比例 $>30\%$ 时,水库中 NH_3-N 质量浓度上升的幅度明显增加. 在不同的林地比例范围中, A-B, A-C 之间的综合评价指数差异具有统计学意义($p<0.05$),而 B-C 之间差异并不具有统计学意义($p>0.05$),说明在水库汇水区范围内,当林地用地比例在大于 20% 时,水库水质的综合评价指数降低幅度明显增加.

表 2 不同土地利用类型比例中水库水质质量浓度差异

		TP	TN	NH_3-N	COD	综合评价指数
建设用地	a-b	-0.626	0.070	-0.270	4.310	0.049
	a-c	-0.055	0.194*	-1.701*	3.393	0.256*
	b-c	0.571	0.124	-1.431*	-0.917	0.027
林地	A-B	0.139	-0.031	0.534	1.884	-0.218*
	A-C	0.823	-0.106	0.939	3.248	-0.317*
	B-C	0.684	-0.074	0.405	1.364	-0.100

注: * 在 0.05 水平上差异具有统计学意义.

2.3 水库汇水区景观格局与水质指标之间的关系

2.3.1 水库汇水区景观格局指数与水质指标之间的关系

从表 3 中可以看出,聚集度指数(AI)与 TN, NH_3-N 水质指标之间表现出极具有统计学意义的正相关关系($p<0.01$). 水库汇水区斑块密度(PD)与 NH_3-N 之间表现出极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$),与 TN 之间表现出具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$),边缘密度(ED)与 TN, NH_3-N 之间表现出极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$),景观形状指数(LSI)与 TN 、水库水质综合评价指数之间也表现出具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$).

表 3 水库汇水区景观格局指数与水质指标之间的 spearman 相关系数($n=50$)

	TP	TN	NH_3-N	COD	综合评价指数
PD	0.185	-0.351*	-0.362**	-0.016	-0.174
ED	0.061	-0.425**	-0.413**	0.126	-0.206
LSI	-0.088	-0.316*	-0.248	-0.054	-0.299*
AI	0.000	0.462**	0.416**	-0.135	0.245
LPI	0.004	0.234	0.197	-0.064	0.181
$CONTAG$	0.008	0.263	0.220	-0.007	0.210
$SHDI$	-0.097	-0.262	-0.136	0.041	-0.245

注: ** 在 0.01 水平(双侧)上相关性极具有统计学意义; * 在 0.05 水平(双侧)上相关性具有统计学意义.

2.3.2 不同用地类型景观格局指数与水质指标之间的关系

表 4 中,建设用地斑块的最大斑块指数(U_{LPI})、聚集度(U_{AI})、连通性指数(U_{COHE})与 TN, NH_3-N

之间均表现出了极具有统计学意义的正相关关系($p<0.01$), U_{AI} 、 U_{COHE} 与综合评价指数之间均表现出具有统计学意义的正相关关系($p<0.05$). 建设用地斑块的景观形状指数(U_{LSI})与 TN 、水库水质的综合评价指数之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$), 与 NH_3-N 表现出了具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$), 几何平均临近距离指数(U_{ENN-MN})与 NH_3-N 之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$).

耕地斑块的景观格局特征与各水质指标之间的相关系数相对较小, 只有耕地斑块的**最大斑块指数**(A_{LPI})与 TN 、 NH_3-N 之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p<0.01$), 耕地的**聚集度指数**(A_{AI})与 TN 表现出了具有统计学意义的负相关关系($p<0.05$).

表 4 不同用地类型景观格局指数与水质指标之间的 spearman 相关系数($n=50$)

	TP	TN	NH_3-N	COD	综合评价指数
U_{PD}	0.177	-0.361**	-0.341*	-0.071	-0.209
U_{LPI}	0.023	0.497**	0.498**	-0.064	0.322*
U_{ED}	0.087	-0.203	-0.108	-0.184	-0.237
U_{LSI}	-0.085	-0.370**	-0.315*	-0.087	-0.364**
U_{ENN-MN}	-0.019	-0.183	-0.366*	0.172	-0.099
U_{AI}	0.002	0.461**	0.485**	-0.059	0.306*
U_{COHE}	0.013	0.445**	0.470**	-0.068	0.288*
A_{PD}	-0.001	0.073	0.010	-0.038	-0.104
A_{LPI}	0.207	-0.389**	-0.393**	0.084	-0.117
A_{ED}	0.010	-0.222	-0.228	0.069	-0.158
A_{LSI}	-0.254	-0.172	-0.103	-0.014	-0.249
A_{ENN-MN}	0.159	0.093	0.049	-0.034	0.096
A_{AI}	0.278	-0.307*	-0.294	0.049	-0.090
A_{COHE}	0.036	-0.259	-0.009	0.023	-0.088
F_{PD}	0.004	-0.234	-0.319*	0.013	-0.185
F_{LPI}	-0.137	-0.060	0.041	-0.003	-0.180
F_{ED}	-0.322*	-0.230	-0.094	-0.066	-0.389*
F_{LSI}	-0.319*	-0.142	-0.060	-0.009	-0.317*
F_{ENN-MN}	0.453**	0.166	-0.067	0.074	0.407**
F_{AI}	0.004	0.024	0.145	-0.099	-0.052
F_{COHE}	0.124	0.074	0.071	-0.130	-0.015
G_{PD}	0.525*	0.002	-0.162	0.086	0.208
G_{LPI}	0.275	-0.118	-0.051	0.064	0.049
G_{ED}	0.276	-0.232	-0.184	0.248	0.093
G_{LSI}	-0.571*	-0.672**	-0.189	0.056	-0.586*
G_{ENN-MN}	-0.552	-0.335	-0.050	0.250	-0.400
G_{AI}	0.444	0.554*	0.162	0.000	0.500*
G_{COHE}	-0.267	-0.292	-0.015	-0.096	-0.363

注: ** 在 0.01 水平(双侧)上相关性极具有统计学意义; * 在 0.05 水平(双侧)上相关性具有统计学意义.

林地斑块几何平均临近距离指数(F_{ENN-MN})与 TP 、综合评价指数之间表现出了极具有统计学意义的正相关关系($p<0.01$), 林地斑块边缘密度(F_{ED})与 TP 水质指标、综合评价指数之间表现出了具有统计学意

义的负相关关系($p < 0.05$),林地斑块密度(F_{PD})与 NH_3-N 水质指标之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p < 0.05$),林地景观形状指数(F_{LSI})与 TP 和综合评价指数指标之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p < 0.05$).

草地斑块的斑块密度(G_{PD})与 TP 之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p < 0.05$),草地斑块的景观形状指数(G_{LSI})与 TN 之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p < 0.01$),与 TP 、综合评价指数之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p < 0.05$). 在其他的景观格局指数中,草地斑块的聚集度指数(G_{AI})与 TN 、综合评价指数均表现出了具有统计学意义的正相关关系($p < 0.05$).

3 讨 论

3.1 水库汇水区内地利用类型对水库水质的影响

在相邻的水生系统中,由于不透水面积和比例的增加以及产出污染物的增加,建设用地是导致水质污染的重要因素^[5-6]. 本文中,耕地比例与 TN, NH_3-N 之间表现出了极具有统计学意义的负相关关系,这与已有的一些研究结果有所不同^[7],可能是由于耕地对地表水水质的影响大多取决于用地类型中的农业活动以及其地理位置^[8],重庆山城中存在大量的梯田,这使农业灌溉水中的污染物及养分被梯田有效地吸收与沉淀. 针对于林地,林地对地表径流的影响主要包括林下凋落物层的截留效应和土壤层的生态效应^[9],研究区域内林地所占汇水区比例与 NH_3-N 之间均具有统计学意义的负相关关系,林地在水库汇水区中所占比例越高,水库中 NH_3-N 的含量就越少,这可能是由于林地对地表径流中含氮污染物质具有截留吸纳的作用^[10]. 草地同林地一样,具有涵养水源、蓄水固土的作用,通过增加地面粗糙度,能有效拦截泥沙,分散、延缓地表径流^[11]. 研究区域内草地所占汇水区比例与 TN 表现出了具有统计学意义负相关关系,说明在水库汇水区中,草地所占比例越高,水库受到氮污染的影响就越小^[12].

3.2 水库汇水区景观格局对水库水质的影响

在汇水区景观水平上,汇水区斑块密度(PD)、边缘密度(ED)反映了景观的破碎化程度,其值越高,意味着汇水区景观结构对污染物质的控制越有利. 本文中汇水区斑块密度(PD)与 TN 表现出了具有统计学意义的负相关关系($p < 0.05$),与 NH_3-N 表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p < 0.01$),汇水区边缘密度(ED)与 TN, NH_3-N 均表现出了极具有统计学意义的负相关关系($p < 0.01$). 这与 Sang-Woo Lee 等人的研究结果相似, Sang-Woo Lee 等人的研究表明斑块间物质、能量的流动速度依靠斑块的边缘密度,用地类型的边缘密度值越高,用地类型与其他用地类型之间 TN, NH_3-N 污染物的流通性越弱,斑块内对 TN, NH_3-N 污染物的消减作用就越强^[13]. 景观形状指数(LSI)反映了汇水区景观形状的规则度,研究区域内景观形状指数(LSI)与 TN 、水库水质综合评价指数之间表现出了具有统计学意义的负相关关系($p < 0.05$),说明水库汇水区分水岭的形状越复杂,景观边缘将会拦截越多的污染物质流入受纳水体中^[14]. 汇水区斑块聚集度(AI)反映了水库汇水区斑块的聚集程度,研究区域内, AI 与 TN, NH_3-N 表现出极具有统计学意义的正相关关系($p < 0.01$),说明水库汇水区斑块越聚集,水库中 TN, NH_3-N 质量浓度就越高.

水库汇水区用地类型水平上,不同的用地类型,其影响水库中水质污染指标质量浓度变化的景观格局指标各不相同. 本文中,建设用地斑块的斑块密度(U_{PD})、景观形状指数(U_{LSI})、斑块几何平均最临近指数(U_{ENN_MN})与 TN, NH_3-N 之间表现出了具有统计学意义的负相关关系,这与他人的研究结果相似,汇水区内建设用地斑块越破碎,景观形状越趋于复杂,斑块间的距离越大,建设用地斑块越能抑制 NH_3-N 污染物质的输出^[15];最大斑块指数(U_{LPI})、聚集度(U_{AI})、连通性(U_{COHE})与 TN, NH_3-N 之间表现和出具有统计学意义的正相关关系,表明汇水区内大面积建设用地的团聚分布对污染物质的输出具有促进作用. 对于林地而言,林地斑块密度(F_{PD})、边缘密度(F_{ED})、景观形状指数(F_{LSI})、斑块几何平均最临近指数(F_{ENN_MN})对水库水质的影响具有统计学意义,其中,林地斑块密度与 NH_3-N 之间的相关性

结果与 Collinge 等人所研究结果相反, Collinge 认为汇水区范围内, 自然林地的破碎化将会对生态系统和环境带来消极的影响^[16], 而在本文中得出了相反的结果, 这可能是由于人类对林地的利用方式直接或间接地导致污染物被过滤, 比如在果园中设置截水沟, 截水沟有效地过滤了灌溉水的中污染物沉淀以及养分. 研究区域内林地边缘密度(F_{ED})与景观形状指数(F_{LSI})与 TP 污染指标呈负相关, 斑块几何平均最临近指数与 TP 污染指标呈正相关, 表明林地斑块形状的复杂性及林地斑块的聚集性将有利于促进林地斑块对 TP 污染物质的消减作用, 这一点已被多人的研究结果所证实^[17]. 针对于草地斑块而言, 草地斑块的景观形状指数(G_{LSI})与 TN, TP 之间表现出了具有统计学意义的负相关关系, 这与李明涛的研究结果一致, 草地形状越复杂, 越有利于 TN, TP 污染物的削减^[17]. 草地的斑块密度(G_{PD})与 TP 之间也表现出了具有统计学意义的正相关关系($p < 0.05$), 说明草地斑块的破碎度越高, 水库中的 TP 质量浓度增加的可能性就越大, 这可能是由于草地对污染物质具有一定的消减作用, 但当草地被施加的污染物质质量浓度超过一定范围时, 草地与水质污染指标会呈现正相关关系^[18].

4 结 论

本文以重庆市渝北区 50 个水库为研究对象, 分析了渝北区水库汇水区间景观组成结构的差异, 以及不同水库汇水区间景观组成结构特点与水质指标之间的相关关系, 得出以下结论: 研究区域内, 建设用地、林地的面积和比例对水库水质含氮污染物的影响具有统计学意义, 草地面积和比例对水库水质的综合影响最大, 且当建设用地比例为 $>10\%$ 时, 水库中含氮污染物的质量浓度增加幅度较大, 而当林地比例 $>20\%$ 时, 水库水质的综合评价指数降低的幅度较大. 另一方面, 水库汇水区内建设用地斑块的密度越大、聚集程度越高以及连通程度越大, 可能会影响水库含氮污染物质量浓度的增加, 而林地斑块间几何平均临近距离的减小可能会促进水库中含磷污染物质量浓度的减少.

此外, 本文还存在一些不足之处: 1) 由于水库汇水区景观组成结构综合作用于水库水质, 因此本文在相关分析的基础上, 还应进行多元回归分析, 建立多元回归模型, 提取影响水质指标变化的关键变量. 2) 在研究汇水区景观结构组成与水质之间的关系的基础上, 本文还应针对现状对未来的情景进行综合预测, 为土地利用规划提供一定的理论基础.

参考文献:

- [1] 杨 静. 改进的模糊综合评价法在水质评价中的应用 [D]. 重庆: 重庆大学, 2014.
- [2] 薛巧英, 刘建明. 水污染综合指数评价方法与应用分析 [J]. 环境工程, 2004, 22(1): 64—66, 69.
- [3] KING R S, BAKER M E, WHIGHAM D F, et al. Spatial Considerations for Lingking Watershed Landcover to Ecological Indicators in Streams [J]. Ecological Applications, 2005, 15(1): 137—153.
- [4] 刘珍环, 李 猷, 彭 建. 河流水质景观组分阈值研究进展 [J]. 生态学, 2010, 20(21): 5983—5993.
- [5] LENAT D R, CRAWFORD J K. Effects of Land Use on Water Quality and Aquatic Biota of Three North Carolina Piedmont Streams [J]. Hydrobiologia, 1994, 294(3): 185—199.
- [6] WHITE M D, GREER K A. The Effects of Watershed Urbanization on the Stream Hydrology and Riparian Vegetation of Los Pen Asquitos Creek, California [J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 74(2): 125—138.
- [7] 王 静, 林春野, 陈瑜琦, 等. 中国村镇耕地污染现状、原因及对策分析 [J]. 中国土地科学, 2012, 26(2): 25—30, 43.
- [8] JEON J H, YOON C G, HAM J H, et al. Model Development for Nutrient Estimates from Paddy Rice Fields in Korea [J]. J Environ Sci Health B, 2004, 39(5/6): 845—860.
- [9] 鲍 文, 包维楷, 何丙辉, 等. 森林生态系统对降水的分配与拦截效应 [J]. 山地学报, 2004, 22(4): 483—491.
- [10] 高成德, 余新晓. 水源涵养林研究综述 [J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(5): 78—82.
- [11] 李怀恩, 邓 娜, 杨寅群, 等. 植被过滤带对地表径流中污染物的净化效果 [J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 81—86.
- [12] 周 文, 刘茂松, 徐 驰, 等. 太湖流域河流水质状况对景观背景的响应 [J]. 生态学报, 2012, 32(16): 5043—5053.

- [13] LEE S W, HWANG S J, LEE S B, et al. Landscape Ecological Approach to the Relationships of Land Use Patterns in Watersheds to Water Quality Characteristics [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2009, 92(2): 80–89.
- [14] UUEMAA E, ROOSAARE J, MANDER Ü. Scale Dependence of Landscape Metrics and Their Indicatory Value for Nutrient and Organic Matter Losses from Catchments [J]. *Ecological Indicators*, 2005, 5(4): 350–369.
- [15] JOHNSON L B, GAGE S H. Landscape Approaches to the Analysis of Aquatic Ecosystems [J]. *Freshwater Biology*, 1997, 37(1): 113–132.
- [16] COLLINGS S K. Ecological Consequences of Habitat Fragmentation: Implications for Landscape Architecture and Planning [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1996, 36(1): 59–77.
- [17] 李明涛, 王晓燕, 刘文竹. 潮河流域景观格局与非点源污染负荷关系研究 [J]. *环境科学学报*, 2013, 33(8): 2296–2306.
- [18] Bahman Jabbarian Amiri Kaneyuki Nakane Modeling the Linkage Between River Water Quality and Landscape Metrics in the Chugoku District of Japan [J]. *Water Resour Manage*, 2009, 23: 931–956.

Effects of Land Use Pattern of the Catchment Area on Reservoir Water Quality

TANG Yuan-ying, WANG Hai-yang

School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In order to explore the impact of human activities in the catchment area on the water quality of the reservoir, 50 catchment areas in Yubei District of Chongqing were taken as the research sites, and the influences of land use type, landscape composition and landscape pattern on reservoir water quality were investigated and discussed based on the principles and techniques of the applied landscape ecology. The results showed that the proportion of urban construction land had the greatest influence on $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration, with a correlation coefficient of 0.494 ($p < 0.01$), followed by the proportion and area of agriculture land, which had a significant negative effect on TN and $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration ($p < 0.01$), and that the proportion and area of grassland was in a highly significant correlation with the comprehensive evaluation index ($p < 0.01$) and mainly influenced TN. A multiple comparative analysis showed that when the proportion of urban area was more than 10%, the nitrogen concentration in reservoirs significantly increased, and when the proportion of forest land was more than 20%, the comprehensive index of water quality was significantly reduced. The dominance degree of construction land patches and cultivated land patches and the aggregation and connectivity of urban patches had a highly significant effect on TN and $\text{NH}_3\text{-N}$ ($p < 0.01$). The edge shape and ENN-MN of forest patches had a highly significant effect on the comprehensive evaluation index of the water quality, especially on the concentration of TP of the reservoir ($p < 0.05$).

Key words: reservoir catchment; water quality; land use type; landscape architecture

