

DOI: 10.5846/stxb201505271059

王娟, 张飞, 张月, 任岩, 于海洋. 艾比湖区域水质空间分布特征及其与土地利用/覆被类型的关系. 生态学报, 2016, 36(24): - .  
Wang J, Zhang F, Zhang Y, Ren Y, Yu H Y. Correlation between the spatial water quality and land use/cover in the Ebinur Lake area. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(24): - .

## 艾比湖区域水质空间分布特征及其与土地利用/覆被类型的关系

王娟<sup>1,2,3</sup>, 张飞<sup>1,2,3,\*</sup>, 张月<sup>1,2,3</sup>, 任岩<sup>1,2,3</sup>, 于海洋<sup>1,2,3</sup>

1 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046

2 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046

3 新疆智慧城市与环境建模普通高校重点实验室, 乌鲁木齐 830046

**摘要:**为深入了解艾比湖周边水质空间格局的变化,利用2014年5月及2014年10月实测水样采样点研究了艾比湖区域4个水质指标的空间变化趋势,包括PH、电导率、矿化度及全盐。结果表明:(1)探讨2014年内干湿季水质的空间分布趋势,从总体上看,PH表现出明显的交错模式;电导率、矿化度及全盐在干湿季变化差异较大,高值均聚集在艾比湖周围,而在耕种土地、天然梭梭林附近值则较低;(2)分析各水质的空间自相关性,PH的HH主要分布于艾比湖北部,LL则主要集中于艾比湖南部。HL的分布,说明有较高PH值的点被有较低PH值的点所包围,表明了水质在一定程度上存在空间异质性。电导率、矿化度及全盐在沿着艾比湖周边到甘家湖梭梭林自然保护区随着地势的增高呈现出由HH-LH-LL的转变。(3)建立水质参数与各土地利用/覆盖类型之间的关系,研究表明研究区内林草地、盐渍地及耕地对水质的影响相对较为显著。(4)为了研究水质变化因素,选取耕地、林草地、盐渍地和未利用地与水质参数分别建立优选多元线性回归模型,所得到的相关系数R分别为0.58、0.72、0.74、0.71,结果表明优选拟合模型与数据的拟合程度较好。总之,开展艾比湖区域水质空间格局的变化趋势研究,对于干旱区水质的时空分布具有重要的理论和实际意义。

**关键词:**水质空间分布;空间分析;土地利用/覆被;相关分析;GIS

## Correlation between the spatial water quality and land use/cover in the Ebinur Lake area

WANG Juan<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Fei<sup>1,2,3,\*</sup>, ZHANG Yue<sup>1,2,3</sup>, REN Yan<sup>1,2,3</sup>, YU Haiyang<sup>1,2,3</sup>

1 College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2 Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

3 Key Laboratory of Xinjiang Wisdom City and Environment Modeling, Urumqi 830046, China

**Abstract:** Water is an important resource for the development of the economy and has a significant influence on maintaining regional ecological balance. Spatial patterns of water quality methods using pH, electrical conductivity (EC), mineralization, and total salt content were examined at 62 sites in and around the Ebinur Lake area. The results of the water quality analysis showed a seasonal variation in pH, EC, mineralization and salt contents between the wet and dry seasons of 2014: (1) Overall, PH showed obvious crisscross pattern; EC, mineralization and total salt showed the large difference between the wet and dry season, high values were recorded around Ebinur Lake, and lower values in farm lands and *Haloxylon* forests; (2) analysis of spatial autocorrelation of the water quality showed the high-high aggregation (HH) of pH

**基金项目:**国家自然科学基金项目(41361045, 41130531);自治区青年科技创新人才培养工程项目(2013731002)

**收稿日期:**2015-05-27; **网络出版日期:**2015-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangfei3s@163.com

was mainly concentrated in the northern part of the Ebinur Lake and low-low aggregation (LL) was mainly in the southern part. Along the periphery of Ebinur Lake to the *Haloxylon* forest, EC, mineralization, and salt content decreased with HH-low-high aggregation (LH)-LL transformation per height of the terrain; (3) the relationship between water quality parameters and land use/cover types showed that the influence of forest-grassland, saline soil, and farm land on water quality is relatively significant; (4) to study the changes of water quality, we used farm land, forest-grassland, salinized land, and abandoned (dormant) land to establish an optimized multiple linear regression model with water quality parameters. The correlation coefficients of R were 0.58, 0.72, 0.74, and 0.71, respectively. These indicated the optimal fitting model is a better method for analysis. In summary, this study showed the water quality variations among different land use/cover in the desert region (Ebinur Lake area) can be used for comparison with other desert environments.

**Key Words:** water quality spatial distribution; spatial analysis; land use/cover; correlation analysis; GIS

水质的空间分布特征对其所流经地区的环境具有指示意义,如反映流域土地利用变化、大气沉降输入、人为活动等的影响,同时它对流域水资源利用方式、可持续发展、管理及生态环境的保护与建设都具有重要的意义<sup>[1-3]</sup>。在我国,受人类活动影响,流域普遍存在水质恶化现象,而水质优劣直接影响流域整体生态环境状况和社会经济的发展<sup>[4]</sup>。

研究流域内土地利用/覆被变化对水环境的影响,可以为流域水土资源可持续利用、保护环境等提供科学依据<sup>[5]</sup>。已有许多学者利用统计分析模型结合 GIS 以及遥感数据进行深入探讨研究地区土地利用格局与水质之间的关系<sup>[6-8]</sup>,表明土地利用/覆被类型与水环境质量之间存在紧密的相互作用关系,土地利用的方式和土地覆被类型可以显著影响水环境质量。例如,国内有郭青海等<sup>[9]</sup>研究结果表明农村居民点、城市居民点、商业用地和滩地对武汉汉阳地区的水质影响相对较大;胡和兵等<sup>[10]</sup>以九乡河为例分析了城市化流域景观格局与河流水质的响应关系,发现城市建设用地、未利用地与水质正相关;而林地与水质呈负相关。国外有 Basnyat 等人<sup>[11]</sup>分析发现,流域内的土地利用类型面积大小与河流水质存在相关性,并且流域内的土地利用类型、面积比例也与河流水质显著相关性;Lee 等<sup>[12]</sup>研究了流域土地利用格局与水库水质间的关系,结果表明城市用地的斑块密度,边界密度以及城市用地的面积越大,水库的水质越差。就当前国内的研究进展来看,土地利用与水环境质量的相关研究近年来不断得到重视,但研究较少涉及像干旱区艾比湖区域这样的小流域,故本研究主要选取 PH、电导率、矿化度及全盐作为研究对象对于干旱区艾比湖区域水质空间分布特征及其与土地利用/覆被类型的关系进行分析探讨,以期控制、治理、保护艾比湖典型绿洲生态环境的调控实践中的实际应用和发展提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

艾比湖区域地处 44°02'—45°10'N, 81°46'—83°51'E 之间,是国家级荒漠自然生态保护区,其类型为湿地、荒漠植被及野生生物混合类型。其独特的湿地生态环境,是干旱荒漠区生物多样性的宝库,有荒漠植物 385 种,约占中国广大荒漠区植物总数的 64%,已被列为新疆维吾尔自治区“湿地自然保护区”。属典型的北温带大陆性干旱气候,年平均气温为 7.36℃,多年平均降水量为 149mm,多年平均蒸发量为 2281mm<sup>[13]</sup>。近 50 年以来,艾比湖区域水资源退化严重,突出表现在水域面积及天然绿洲面积缩小、耕地盐渍化及沼泽化问题突出、草场退化严重、土地沙化、水质咸化、矿化度增高<sup>[14]</sup>。本研究通过实际采样样点的分布情况,确立研究范围如图 1 所示,黑色边界以内为本次研究范围。

### 1.2 数据获取

(1)采用 2014 年 5 月 Landsat 8 遥感影像及 DEM 数据作为数据源分析水质的空间变化及其与土地利用/覆被类型间的相互关系,其中遥感数据没有云、雾和积雪等的影响,图像质量好。

(2)艾比湖区域以盐业、卤虫产业为该区域的支柱产业,并无其他重工业,故工业废水污染在研究区内基本不予以考虑。本次研究在艾比湖区域内精河县及托托乡的农用地、艾比湖周边、艾比湖鸟岛国家生态保护区及甘家湖梭梭林自然保护区进行取样。2015年5月共采集37个水样,同年10月共采集25个水样,共计62个样品。样品采集使用1L聚乙烯瓶,采样前用去离子水清洗,晾干后密封待用,样品采集后带回实验室测定分析。其中pH通过PHS-2C仪用电位法测定;电导率通过DDS-307电导率仪测定;矿化度和全盐则利用残渣烘干-质量法测定。

### 1.3 基于 Moran's I 空间分析

近年来,学科之间交叉和融合的趋势不断加强,各领域的专家学者根据研究需要不断完善和丰富 Moran's I 指数的理论和实践,对于 Moran's I 指数的应用研究已经渗透到土地利用<sup>[15-17]</sup>、景观<sup>[18-19]</sup>、社会经济<sup>[20-21]</sup>等诸多领域,随着时间的推移也被用于水质参数空间相关的标识程度。Moran's I 计算公式如下<sup>[6]</sup>:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}}$$

其中, $X_i$ 和 $X_j$ 代表水样采样点*i*和采样点*j*, $\bar{X}$ 代表所有水质的均值, $W_{ij}$ 代表权重。因为不是所有的采样点都相邻,所以选择4个最邻近点创建权重。因此如果采样点*i*和采样点*j*相邻,则 $W_{ij}=1$ ,否则 $W_{ij}=0$ 。

### 1.4 土地利用/覆被类型面积变化对水质影响空间分析

揭示土地利用/覆被类型面积变化对水环境的影响,对于提高流域水环境质量及实现流域生态环境持续发展具有重要的研究意义<sup>[22-23]</sup>。本研究考虑到影像本身的质量,采用2014年5月获取的Landsat8影像,结合国内外研究经验及所研究区域的实际情况,基于决策树分类,土地利用/覆盖类型分别为耕地、林草地、水体、裸露湖床、盐渍地及未利用地6大类,结合我国北斗卫星地图进行检验纠正,并以实测点为准,对分类精度进行修正。分类后精度达到99.2112%,Kappa系数为0.9904,表明分类较为准确,满足于研究需求。由于水环境质量受土地利用格局的影响与水文缓冲区存在关联<sup>[24]</sup>,故本研究利用ArcGIS10.1空间分析工具对各采样点建立500m缓冲区,分别统计在缓冲区内各采样点的土地利用/覆被类型面积,建立不同土地利用/覆被类型与水质的关系,探讨缓冲区内艾比湖区域土地利用/覆被变化对水质变化的影响趋势。

## 2 结果与分析

### 2.1 水质空间分布特征

从图2可以清晰地看出2014年干湿季水质的空间分布趋势。PH表现出明显的交错模式,5月PH值普遍大于7.8以上,略高于10月的PH。并且,5—10月较高的PH主要分布在艾比湖鸟岛及人类活动较为活跃的耕种土地周围,而较低的PH主要分布于艾比湖下游的甘家湖梭梭林自然保护区附近,这也反映了地理环境的空间异质性。电导率在干湿季变化差异较大,5月的水样电导率值明显高于10月的值,但主要分布趋势大体上保持一致,高值均聚集在艾比湖鸟岛,而在耕种土地、天然梭梭林附近值则较低。天然水按矿化度的分类,处于10.000—100.000g/L均属于盐水,而研究区干湿季的水样矿化度值均在此范围内,故表明艾比湖区域水质为典型的咸化水。从年内的矿化度分布状态可以看出,高矿化度主要分布在艾比湖以南及鸟岛附近,整体上矿化度浓度值在空间上分布不均匀,变化剧烈。全盐表现出与矿化度相似分布趋势,高值主要聚集在艾比湖周边,其他地区则含量较低。

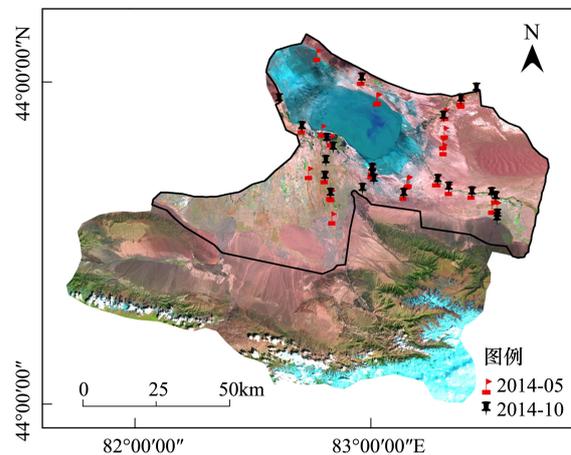


图1 研究区图

Fig.1 Location map of study area

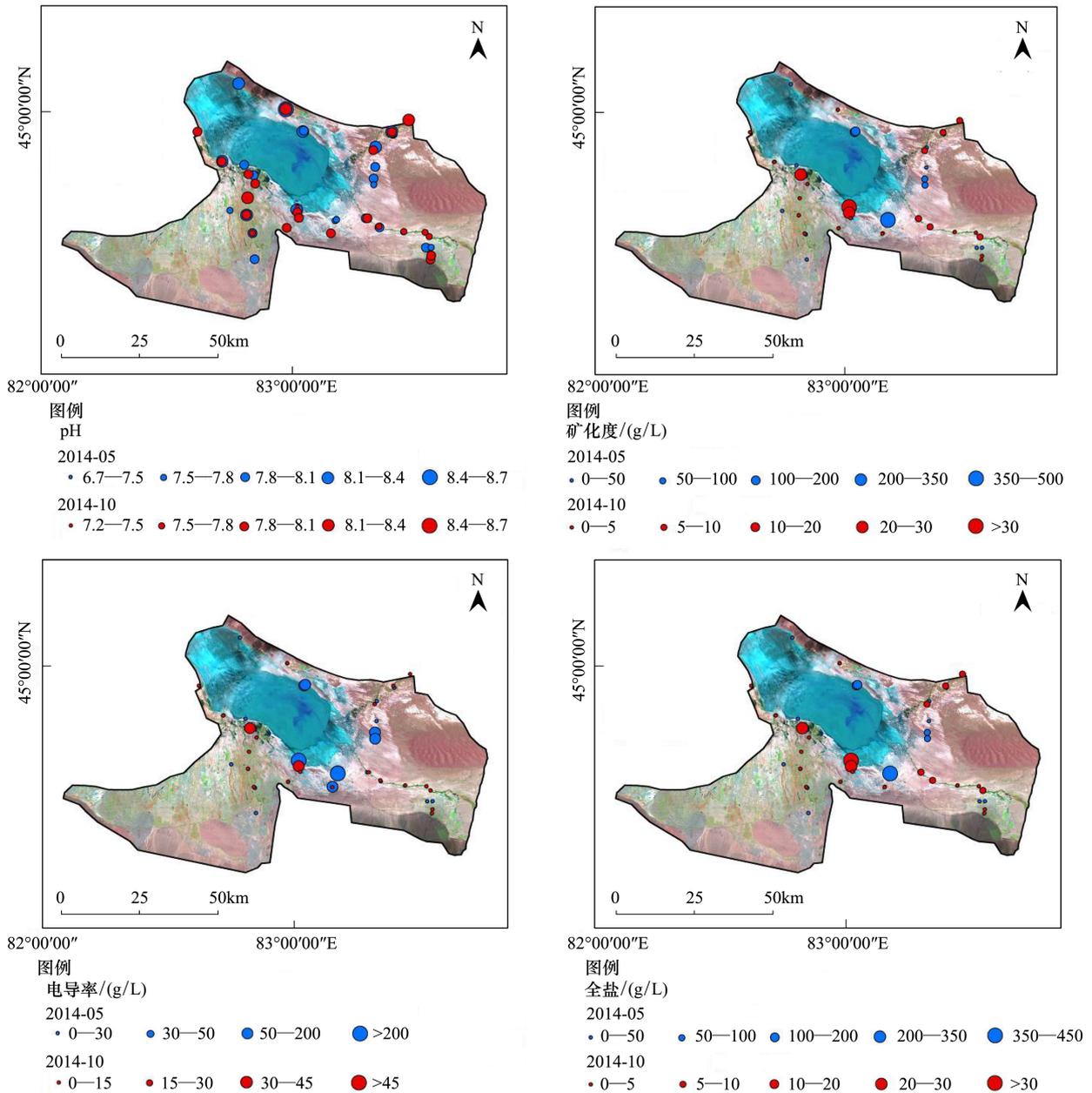


图2 水质空间分布图

Fig.2 The spatial distribution of water quality

在研究艾比湖区域水质空间分布趋势的基础上,为深入研究水质的空间分布特征,采用 Moran's 指数对水质的空间集聚形式进行分析并结合 DEM 数据探讨随地势变化水质的空间分布特征,如图 3。

从图 3 可以得到,研究区各实测水质指标主要表现为 HH、LL 和 LH3 种表现形式。PH 的 HH 主要分布于艾比湖北边,靠近艾比湖干涸的湖床,说明在湖床附近的水样点 PH 具有较高度度的集聚效应。由于多年受到阿拉山口大风作用的影响,PH 较高,多表现为碱性。较低程度的集聚则主要分布在艾比湖南部,靠近农作物耕种土地。HL 说明有较高 PH 值的点被有较低 PH 值的点所包围,表明了水质在一定程度上存在空间异质性。电导率在沿着艾比湖周边到天然梭梭林随着地势的增高呈现出由 HH-LH-LL 的转变,说明电导率的大小分布在空间上表现出从较高的集聚转变为与相邻水样采样点电导率的差异较大,又逐渐过渡为较低的集聚形式。通过建立空间自相关,可以看出矿化度大小的分布由低海拔到高海拔和电导率在一定程度上具有相似性,但主要表现为 LL,分布在耕种用地附近。全盐的 HH 主要分布在艾比湖鸟岛附近,随着地势的升高也

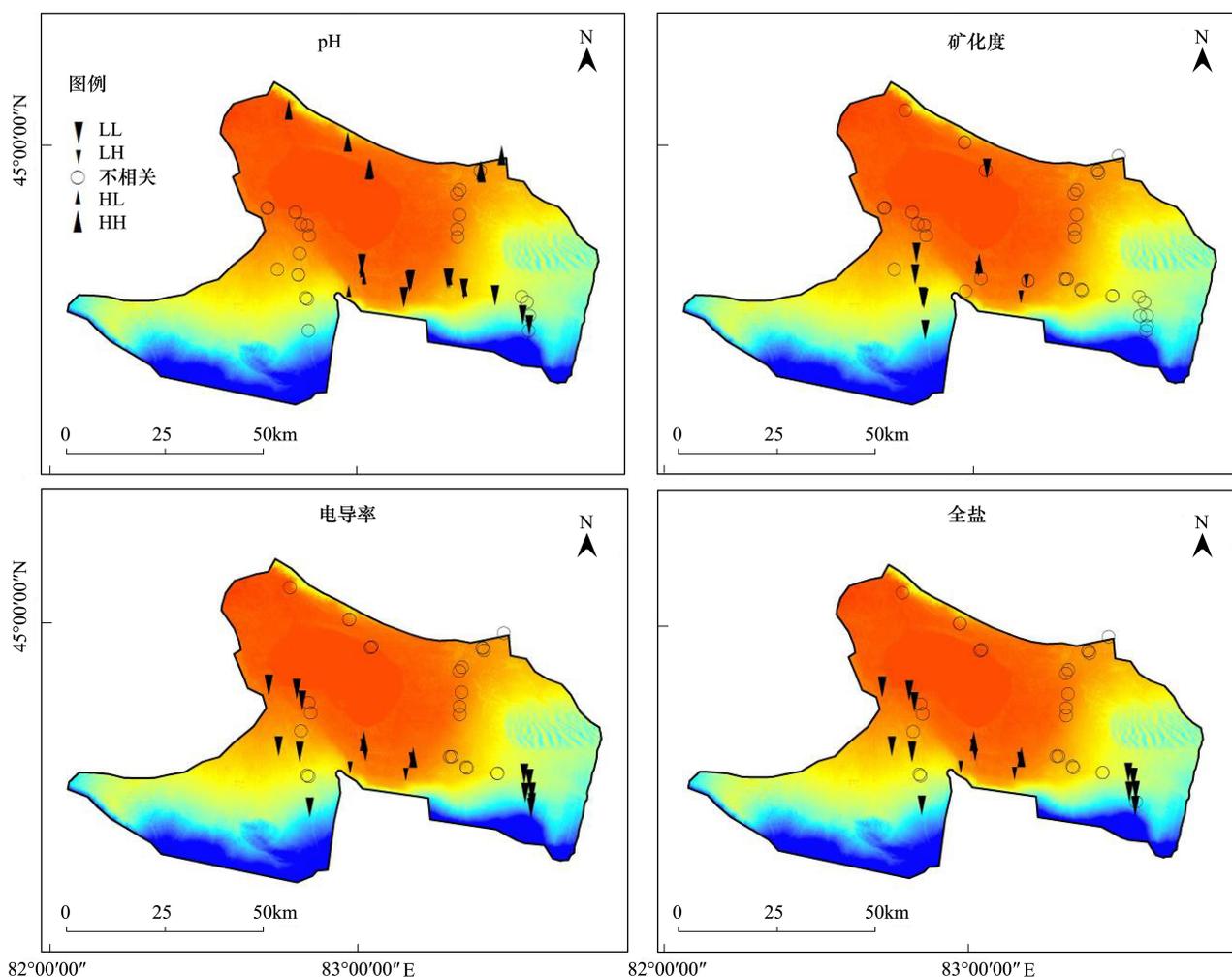


图 3 水质空间自相关图

Fig.3 The spatial autocorrelation map of water quality

逐渐表现为 LH 到 LL 的转移,同时也表明了水质中各离子在人为干扰较小的天然梭梭林附近,水质则没有表现出较大的差异性。总体而言,各水质指标在人类活动较为频繁的区域表现出与相邻水样点属性存在较大差异的现象,而在外界影响较小的区域,则表现出较高或较低的集聚效应。在此基础上,统计了 2014 年水样点的 Moran's I 值,见表 1。

表 1 2014 年 5—10 月水质特征 Moran's I 值

Table 1 Moran's I values of water quality trends in 2014

月份 Month	PH	电导率 Electrical conductivity	矿化度 Mineralization	全盐 Total salt
5—10	0.41	0.31	0.36	0.35
5	0.35	0.22	0.22	0.22
10	0.03	-0.02	-0.04	-0.03

从表 1 可以得到 2014 年 5 月 PH 的 Moran's I 值最高,为 0.35。总体上来说,矿化度、电导率、矿化度及全盐表现为正相关。2014 年 10 月,除 PH 外,电导率、矿化度及全盐均表现为较为微弱的负相关,且整体上各水质的空间自相关性较弱。而 2014 年 5—10 月,在一整年内干湿季变化中,整体上各水质表现出较为明显的空间自相关性,其中矿化度最高,其次依次是矿化度、全盐和电导率。从年内看,说明各水质随着干湿季的变化

即降水、径流等自然因素以及人为活动的影响表现出不同的空间集聚状况。

## 2.2 水质与土地利用/覆被类型关系探讨研究

利用 ArcGIS10.1 以实测水样点为准,建立 500 米缓冲区,统计所有作用区的土地利用/覆被构成。通过二元回归分析建立水质参数与各土地利用/覆盖类型之间的关系,研究土地利用/覆被类型所占比例大小对水质的影响。结合研究区的实际状况及采样点的分布状况,土地类型分类中的水体、裸露湖床及未利用地所占比例大小对水质的影响相对于林草地、盐渍地和耕地来说较弱,具体相关性如表 2 所示。

表 2 水质变化与各土地类型在 500m 缓冲区下相关性

Table 2 Relation between water quality and land cover at 500m buffer scale

土地利用/覆被类型 Land use/cover types	pH	电导率 Electrical conductivity	矿化度 Mineralization	全盐 Total salt
林草地 Forest/grass land	0.2269	0.3943	0.5394	0.5150
盐渍地 Saline Land	0.0359	0.4040	0.4062	0.4160
耕地 Farmland	0.0063	0.3768	0.3175	0.2889
水体 Water Body	0.0614	0.0043	0.0045	$2 \times 10^{-6}$
裸露湖床 Bared lake bed	0.0305	0.2401	0.1420	0.1158
未利用地 Unused land	0.1587	0.0022	0.0089	0.0061

为了更好地研究在 500m 缓冲区下土地利用类型与水质参数的关系,结果选取了对水质参数有较高影响的土地利用/覆被类型进行探讨分析,如图 4。

由图 4 可知,林草地和耕地对 PH、电导率、矿化度及全盐整体上呈现出负影响,盐渍地对 PH、电导率、矿化度及全盐整体上呈现出正影响。随着林地面积的增长,对矿化度及全盐的负影响较为显著,R 值达到 0.73 和 0.72;对电导率的影响次之,R 值为 0.63;PH 相对于其他水质参数来说受到的影响较小,R 为 0.48。盐渍地面积大小的变化对电导率、矿化度及全盐的影响较大,随着盐渍地面积的增大,水质中各离子种类及浓度等均有所增加,尤其是  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  等离子含量较高导致电导率、矿化度及全盐和盐渍地呈正相关。

为进一步研究水质变化因素,作者分析了 PH、电导率、矿化度及全盐与各土地利用/覆被类型面积之间的综合相关关系。其中,分别以 PH、电导率、矿化度及全盐作为因变量,以耕地、林草地、水体、裸露湖床、盐渍地及未利用地作为自变量,建立水质参数与各土地类型间的多元线性回归方程,如表 3:

表 3 水质估算多元线性回归模型

Table 3 Water quality estimated from multiple liner regression models

参数 Parameters	多元线性回归模型 Multiple linear regression model	R
PH	$-0.408 \times \text{耕地} - 1.516 \times \text{林草地} - 0.449 \times \text{水体} - 0.137 \times \text{裸露湖床} - 0.767 \times \text{盐渍地} - 0.399 \times \text{未利用地}$	0.57
电导率 Electrical conductivity	$-1.018 \times \text{耕地} - 0.598 \times \text{林草地} - 0.598 \times \text{水体} - 0.036 \times \text{裸露湖床} - 0.174 \times \text{盐渍地} - 0.384 \times \text{未利用地}$	0.66
矿化度 Mineralization	$-0.291 \times \text{耕地} - 0.081 \times \text{林草地} - 0.067 \times \text{水体} + 0.233 \times \text{裸露湖床} + 0.491 \times \text{盐渍地} + 0.526 \times \text{未利用地}$	0.60
全盐 Total salt	$0.123 \times \text{耕地} - 0.002 \times \text{林草地} + 0.100 \times \text{水体} + 0.114 \times \text{裸露湖床} + 0.171 \times \text{盐渍地} + 0.152 \times \text{未利用地}$	0.40

从结果中可以看出,PH、电导率、矿化度与全盐和各地物类型的相关系数 R 分别为 0.57、0.66、0.60、0.40,且通过了  $\alpha=0.05$  的显著性水平检验,结果表明除全盐以外,其余水质参数综合拟合模型与数据的拟合程度较好。

在此基础上,通过比较水质参数与各地物类型间的 Pearson 相关性,可以得出在 0.01 水平置信度下,PH 与林草地的相关系数 R 为 -0.476,与未利用地的相关系数 R 为 0.398。电导率与林草地的相关系数 R 为

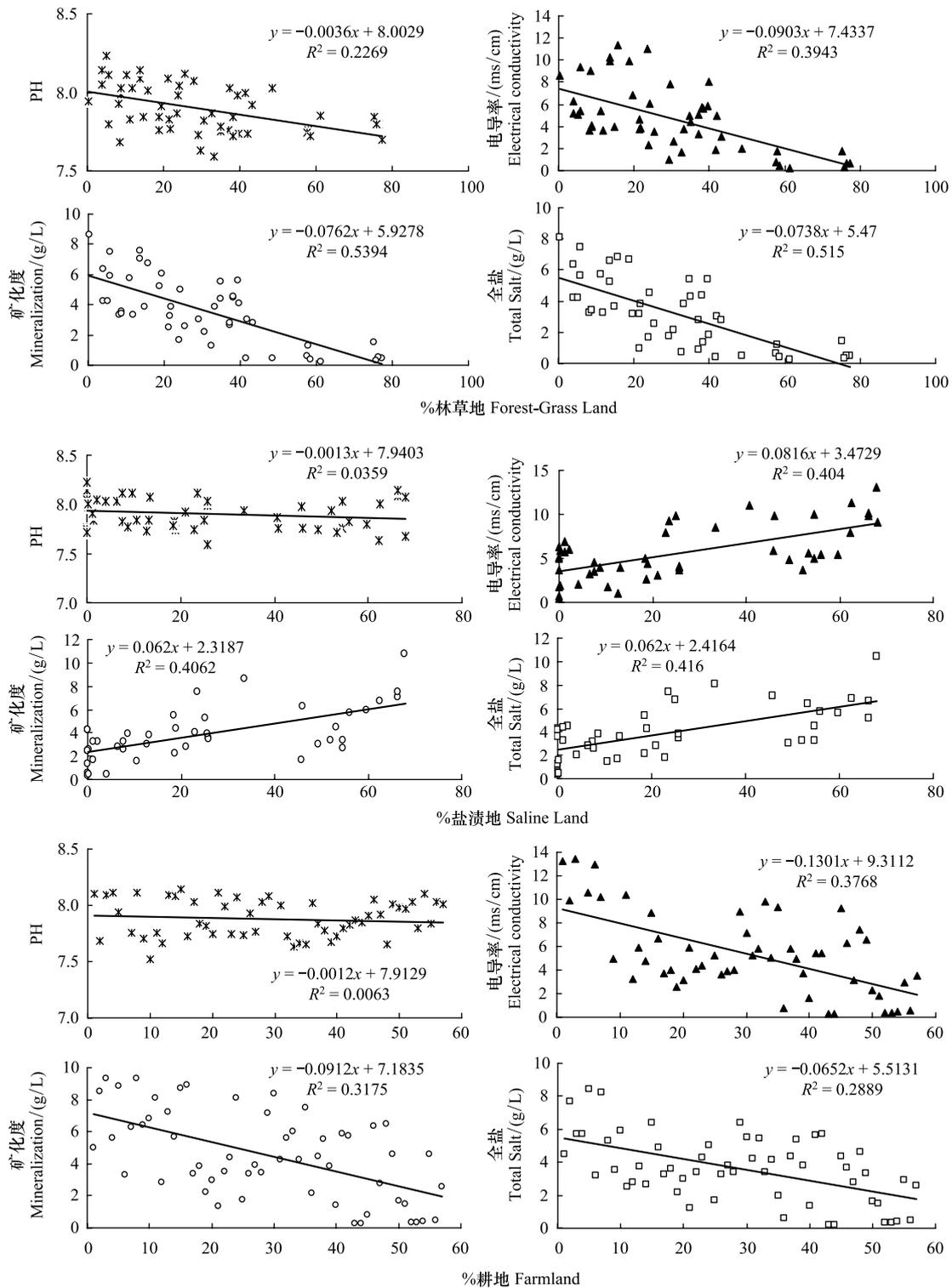


图 4 水质与土地类型关系图

Fig.4 The relationship of Water quality and Land types

-0.628,与盐渍地的相关系数 R 为 0.626。在 0.05 水平置信度下,电导率与耕地的相关系数 R 为-0.324,与裸露湖床的相关系数 R 为 0.353。在 0.01 水平置信度下,矿化度与林草地的相关系数 R 为-0.734,与盐渍地的相关系数 R 为 0.583。与电导率在相同置信水平下,全盐与林草地的相关系数 R 为-0.718。多元线性逐步回归法虽然具有预测模型的优势,但是建立在对同一时段大量多次调查基础上,为了达到整体模型的拟合度,有

可能舍弃与因变量密切相关的影响因子<sup>[25]</sup>。故综合以上水质参数与土地类型间的相关性,选取对水质参数影响较大的土地利用/覆被类型建立优选多元线性回归模型,如表 4:

表 4 水质估算优选多元线性回归模型

Table 4 Water quality estimated from optimal multiple liner regression model

参数 Parameters	优选多元线性回归模型 Select multiple linear regression model	R
PH	-0.082×耕地-0.602×林草地-0.358×盐渍地+0.119×未利用地	0.58
电导率 Electrical Conductivity	-0.322×耕地-0.498×林草地+0.145×盐渍地-0.183×未利用地	0.72
矿化度 Degree of mineralization	-0.184×耕地-0.554×林草地+0.190×盐渍地-0.011×未利用地	0.74
全盐 Total salt	-0.055×耕地-0.195×林草地+0.012×盐渍地-0.034×未利用地	0.71

由上表可以得到,选取的耕地、林草地、盐渍地和未利用地与水质参数分别建立优选多元线性回归模型,相关系数 R 在一定程度上都有所提高。PH、电导率、矿化度与全盐和选取的地物类型建立模型所得到的相关系数 R 分别为 0.58、0.72、0.74、0.71。由于当相关系数  $0.5 \leq |R| < 0.8$  时被视为中度相关,且通过了  $\alpha = 0.05$  的显著性水平检验,故结果表明优选拟合模型与数据的拟合程度较好,因此,建的优选多元线性回归方程可用。同时以上结果可以在一定程度上预测土地利用/覆被类型变化对水质质量的影响,为保护干旱区艾比湖区域的水资源保护提供一定的依据。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 讨论

由于降水量季节分配的不均匀,河流流量的季节性差异可显著影响区域水质<sup>[26-27]</sup>,导致不同水体中的形态元素空间分布具有不均匀性<sup>[25]</sup>。研究区中博尔塔拉河、精河丰水期流量大、流速快,出入艾比湖水量较大,导致地表径流量的显著变化是促使艾比湖区域水质的空间分布特征在丰水期与枯水期表现出较为明显差异的重要原因之一。近几十年来,随着人口的大量增长,艾比湖区域上游农药化肥的施用量不断增加,使得许多未经处理的工业废水和生活污水排入河道,且随着河流进入艾比湖,导致艾比湖水环境逐步恶化<sup>[28]</sup>;同时,研究区多年来随着年均沙尘日数的增加,加上艾比湖湖面面积的减小所导致的艾比湖干涸湖底面积的增加,在大风作用下形成的盐尘颗粒对整个华北地区的植被、农作物和水资源构成威胁<sup>[29]</sup>,都是在艾比湖周边的采样点的 PH、矿化度、电导率及全盐浓度的空间分布相较于耕地、林草地等水样采样点较高的主要原因,也是各水质元素在空间集聚状态上表现出明显差异的原因之一。由于土地利用状况与水体水质之间也存在着较为显著的相关关系,因此,土地的异质性在一定程度上也影响了水质的空间分布进而改变了区域水体的状况。结合当地的经济状况,发现受人类活动影响较大的区域,由于人为对土地利用方式的改变、对湖区资源的开采利用等诸多因素的影响导致艾比湖区域土地利用类型面积的大小与区域水质存在较为显著的相关性。其中林草地、盐渍地及耕地对水质的影响较为突出,主要表现为离人类活动频繁区域水中各指标变化较为明显,而远离人类活动范围的天然梭梭林及结构较为单一的耕种土地周围,受影响较轻,水质的空间分布较为稳定。

总体而言,艾比湖区域土地利用/覆被类型面积比例与水质表现出较为明显的相关性,研究结果可为艾比湖区域土地利用/覆被与水质关系研究提供借鉴,为艾比湖区域空间开发与水环境保护协调政策制定提供科学依据。

#### 3.2 结论

本研究对艾比湖区域水质空间分布特征及其与土地利用/覆被类型的关系进行分析,结论显示:

(1) 通过对水质空间分布及空间集聚形式进行分析,可以得到在湖床附近的水样点 PH 具有较高度度的集聚效应,较低程度的集聚则主要分布在精河县及托托乡的农作物耕种土地。沿着艾比湖到天然梭梭林电导

率随着地势的增高呈现出由 HH-LH-LL 的转变,说明电导率的大小分布在空间上表现出从较高的集聚转变为与相邻水样采样点电导率的差异较大,又逐渐过渡为较低的集聚形式。矿化度大小的分布由低海拔到高海拔和电导率在一定程度上具有相似性,但主要表现为 LL,分布在耕种用地附近。全盐的 HH 主要分布在艾比湖鸟岛附近,随着地势的升高也逐渐表现为 LH 到 LL 的转移,代表了水质中各离子在人为干扰较小的天然梭梭林附近,水质没有表现出较大的差异性。总体而言,各水质指标的空间分布在人类活动较为频繁的区域表现出与相邻水样点属性存在较大差异的现象,而在外界影响较小的区域,则表现出较高或较低的集聚效应。

(2)通过二元回归分析建立水质参数与各土地利用/覆盖类型之间的关系,研究土地利用/覆盖类型所占比例大小对水质的影响。结果表明林草地和耕地对 PH、电导率、矿化度及全盐整体上呈现出负影响,盐渍地对 PH、电导率、矿化度及全盐整体上呈现出正影响。通过对水质参数与土地利用/覆被类型建立优选多元线性回归模型分析比较,PH、电导率、矿化度、全盐与各土地利用/覆被类型建立模型所得到的相关系数 R 分别为 0.58、0.72、0.74、0.71,且通过了  $\alpha=0.05$  的显著性水平检验,结果表明耕地、林草地、盐渍地及未利用地的面积变化对水质参数有较大的影响。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 吕婕梅,安艳玲,吴起鑫,罗进,蒋浩. 贵州清水江流域丰水期水化学特征及离子来源分析. 环境科学, 2015, 36(5): 1565-1572.
- [ 2 ] Meybeck M. Global occurrence of major elements in rivers. Treatise on Geochemistry, 2003, 5: 207-223.
- [ 3 ] Plummer J D, Long S C. Monitoring source water for microbial contamination; evaluation of water quality measures. Water Research, 2007, 41(16): 3716-3728.
- [ 4 ] Wang Q, Shi J A, Chen G J, Xue L H. Environmental effects induced by human activities in arid Shiyang River basin, Gansu province, northwest China. Environmental Geology, 2002, 43(1/2): 219-227.
- [ 5 ] 陈莹,尹义星,陈爽. 典型流域土地利用/覆被变化预测及景观生态效应分析——以太湖上游西苕溪流域为例. 长江流域资源与环境, 2009, 18(8): 765-770.
- [ 6 ] Chang H. Spatial analysis of water quality trends in the Han River basin, South Korea. Water Research, 2008, 42(13): 3285-3304.
- [ 7 ] King R S, Baker M E, Whigham D F, Weller D E, Jordan T E, Kazzyk P F, Hurd M K. Spatial considerations for linking watershed land cover to ecological indicators in streams. Ecological Applications, 2005, 15(1): 137-153.
- [ 8 ] Park M H, Stenstrom M K. Using satellite imagery for stormwater pollution management with Bayesian networks. Water Research, 2006, 40(18): 3429-3438.
- [ 9 ] 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. 生态学报, 2009, 29(2): 776-787.
- [ 10 ] 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,安静. 南京市九乡河流域景观格局空间分异对河流水质的影响. 环境科学, 2012, 33(3): 794-801.
- [ 11 ] Basnyat P, Teeter L D, Flynn K M, Lockaby B G. Relationships between landscape characteristics and nonpoint source pollution inputs to coastal estuaries. Environmental Management, 1999, 23(4): 539-549.
- [ 12 ] Lee S W, Hwang S J, Lee S B, Hwang H S, Sung H C. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. Landscape and Urban Planning, 2009, 92(2): 80-89.
- [ 13 ] 袁新春,张莉萍. 新疆精河流域水文特性分析. 现代农业科技, 2010, (6): 290-290, 294-294.
- [ 14 ] 吉力力·阿不都万里,穆桂金. 艾比湖干涸湖底尘暴及其灾害分析. 干旱区地理, 2002, 25(2): 149-154.
- [ 15 ] Zhao Y L, Murayama Y. Effect of spatial scale on urban land-use pattern analysis in different classification systems; An empirical study in the CBD of Tokyo. Theory and Application of GIS, 2006, 14(1): 29-42.
- [ 16 ] 谢花林,刘黎明,李波,张新时. 土地利用变化的多尺度空间自相关分析-以内蒙古翁牛特旗为例[J]. 地理学报, 2006, 61(4): 389-400.
- [ 17 ] 谷建立,张海涛,陈家赢,任艳,郭龙. 基于 DEM 的县域土地利用空间自相关格局分析. 农业工程学报, 2012, 28(23): 216-224.
- [ 18 ] Tan W Q, Xu J H, Yue W Z, Mei A X, Zhao J, Su F L. Scales of spatial autocorrelation and self-similarity of urban landscape pattern. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(6): 627-630.
- [ 19 ] 刘吉平,吕宪国,刘庆凤,高俊琴. 别拉洪河流域湿地鸟类丰富度的空间自相关分析. 生态学报, 2010, 30(10): 2647-2655.
- [ 20 ] Du G M, Zhang S W, Zhang Y Q. Analyzing spatial auto-correlation of population distribution: A case of Shenyang city. Geographical Research, 2007, 26(2): 383-390.
- [ 21 ] 许传阳,唐永,王巧玲. 基于空间自相关的中国区域经济增长趋同研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(26): 8347-8349.
- [ 22 ] 梅立永,赵智杰,黄钱,尹璇. 小流域非点源污染模拟与仿真研究——以 HSPF 模型在西丽水库流域应用为例. 农业环境科学学报,

- 2007, 26(1): 64-70.
- [23] Li S Y, Gu S, Liu W Z, Han H Y, Zhang Q F. Water quality in relation to land use and land cover in the upper Han River Basin, China. *Catena*, 2008, 75(2): 216-222.
- [24] 赵军, 杨凯, 郜俊, 单福征. 区域景观格局与地表水环境质量关系研究进展. *生态学报*, 2011, 31(11): 3180-3189.
- [25] 李昆, 王玲, 李兆华, 王祥荣, 陈红兵, 吴忠, 朱鹏. 丰水期洪湖水质空间变异特征及驱动力分析. *环境科学*, 2015, 36(4): 1285-1292.
- [26] Fan X Y, Cui B S, Zhang K J, Zhang Z M, Shao H B. Water quality management based on division of dry and wet seasons in Pearl River Delta, China. *Clean-Soil, Air, Water*, 2012, 40(4): 381-393.
- [27] Prathumratana L, Sthiannopkao S, Kim K W. The relationship of climatic and hydrological parameters to surface water quality in the Lower Mekong River. *Environment International*, 2008, 34(6): 860-866.
- [28] 任建丽, 金海龙, 叶茂, 靳万贵, 满中龙. 艾比湖湿地自然保护区水质分析与评价. *干旱区资源与环境* 2011, 25(5): 154-157.
- [29] 张飞, 王娟, 塔西甫拉提·特依拜, 周梅, 王东芳, 李瑞, 李晓航. 1998-2013 年新疆艾比湖湖面时空动态变化及其驱动机制. *生态学报*, 2015, 35(9): 2848-2859.