

近 20a 察尔汗盐湖区景观格局变化与趋势分析

陈亮^{1,2}, 王建萍^{1,2}, 韩进军^{1,2,3}, 王二龙^{1,2,3}, 张娟⁴, 王罗海⁴

- (1. 中国科学院青海盐湖研究所, 中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室, 青海 西宁 810008;
2. 青海省盐湖地质与环境重点实验室, 青海 西宁 810008;
3. 中国科学院大学, 北京 100049;
4. 青海盐湖工业股份有限公司, 国家盐湖资源综合利用工程技术研究中心,
青海省盐湖资源综合利用重点实验室, 青海 格尔木 816099)

摘 要:柴达木盆地主要景观类型为干盐湖和盐渍地,为了解区内各类景观类型空间分布特征、景观类型变化转移矩阵及变化趋势,分别选取了 2000 年、2010 年、2020 年作为 3 个关键研究时段,以 Landsat TM 多光谱卫星遥感数据为数据源,采用水体指数法与目视解译相结合的方法,建立了七类遥感图像解译标志,对近 20a 察尔汗盐湖区景观格局变化进行了分析。结果表明:察尔汗湖区的工矿用地面积、盐田面积、人工湿地(水库)面积在 2000~2020 年呈现出明显增加的趋势,而盐湖和干盐湖的面积呈现出明显减少的趋势;2000 年以后,人工湿地(水库)的面积逐年增长达到了 218.88 km²,在以盐滩戈壁为主的原生环境比较恶劣的盐湖区内,这片新生水域为当地野生动植物提供了十分宝贵的生境场所。

关键词:柴达木盆地;景观格局;盐湖;3S

中图分类号:P901;P343.3

文献标识码:A

文章编号:1008-858X(2022)02-0019-08

景观格局指的是大小不一、形状各异的景观斑块在空间上的配置,是景观形成因素与景观生态过程长期共同作用的结果^[1],它反映的是生态系统的演变过程^[2]。根据景观生态学的观点,自然界是由城市、湖泊、河流、山脉、公路、工矿等各种斑块、廊道、基质镶嵌成的、满足人类生活生态位和生产生态位的景观生态系统^[3]。这一复杂系统的各种生物和非生物要素在空间上构成的分布组合形式,形成了自然景观的格局。

景观格局的研究由德国地理学家 Troll 在 20 世纪 30 年代第一次提出^[4]。直到 20 世纪 80 年代,北美才开始景观格局相关研究。进入 20 世纪 90 年代,更多学者都开始致力于景观格局的研究,研究成果也开始迅速大量出现。20 世纪末期,各国学者开始利用 3S(Remote sensing、Geography information systems、Global positioning systems)

技术以及其他研究技术手段对景观格局进行了研究,将景观格局的研究方向扩展到了景观格局变化、景观格局驱动力、景观格局模拟等领域,并涌现出了大量的研究成果。目前,对于景观格局的分析方法主要采用数量分析和 GIS(Geography information systems)分析相结合的方法,如陈利顶等^[5]将数量与 GIS 分析很好地结合在一起。周玲玲^[6]以江汉平原 1993 年、1994 年、2010 年、2011 年的 TM/ETM+遥感影像为基础,提取了不同时期的土地利用类型数据,运用景观格局指数对江汉平原的土地利用时空格局变化特征进行分析。卢晓宁等^[7]以 1973~2016 年 9 期 Landsat 卫星影像为基础,构建黄河三角洲湿地景观空间数据库,应用景观格局指数分析方法,研究湿地景观格局演变的趋势,并结合质心模型探讨湿地景观空间位置的变化,以求全面揭示黄河三角洲湿

收稿日期:2022-03-14; 修回日期:2022-03-28

基金项目:第二次青藏高原综合科学考察研究项目(2019QZKK0805);青海省科技创新平台(2020-ZJ-T03);中国科学院重点部署项目(ZDRW-ZS-2020-3);国家自然科学基金项目(U20A2088)。

作者简介:陈亮(1981-),男,项目高工,主要从事盐湖遥感与环境变化研究,Email:chenl@isl.ac.cn。

地景观的演变。国内外在景观格局演变有着大量的研究,大多处于生态学和地理学领域,在干旱区、盐湖区学科领域的研究有限,从 2000 年后才陆续有相关研究文献出现,其中大多是针对如上海、北京、西安等大、中型城市,这类城市景观格局层次多、斑块量丰富,宏观把握及观测效果明显;对于西部盐湖区的景观格局演变研究较少,解译标志也不尽相同,缺乏案例典型,且盐湖区的景观格局变化研究尚未起步,值得进一步深入研究^[8-16]。

本文针对盐湖区景观特征,以 3S 技术为手段,创立了适用于盐湖的地貌解译标志,并通过目视解译的方法对研究区进行了遥感影像解译,结合野外实地调查验证,对研究区生态景观变化趋势开展分析,主要内容为:通过对美国国家航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的陆地卫星 Landsat 遥感影像数据进行分析,研究察尔汗盐湖、青海盐湖工业股份有限公司矿区及周边区域景观格局变化,获得近 20 年湖区景观格局变化规律及趋势。

1 数据源与方法

1.1 数据源

目前,常用的遥感图像数据主要有 MODIS 影像、SPOT 影像、Landsat 卫星系列影像等。本文旨

在研究在盐湖资源利用背景下察尔汗盐湖生态环境的变化及趋势,需要利用遥感影像提取盐湖及周边地物的变化信息。考虑到研究所需要的时间尺度以及对于时间和空间分辨率的要求,本文采用了 Landsat 系列卫星的遥感影像,利用到目前为止正在服役的 Landsat-5(1984 年)和 Landsat-8(2013 年)卫星影像数据。

Landsat TM 为 Landsat-5 携带传感器,每 16 天扫描同一地区,影像包含 7 个波段(Band 1-Band 7),除 Band 6(热红外波段)空间分辨率为 120 m 外,其余波段的空间分辨率为 30 m,波段说明详见表 1。Landsat OLI 为 Landsat-8 携带的传感器,包括 OLI(陆地成像仪)和 TIRS(热红外传感器),每 16 天扫描同一地区,影像包含 11 个波段(Band 1-Band 11),Band 1-7 和 Band 9 空间分辨率为 30 m, Band 8(全色波段)空间分辨率为 15 m, Band 10 和 Band 11 空间分辨率为 100 m,波段说明详见表 2。本文的遥感影像均下载自美国地质调查局(USGS)网站。

本文以每 10 年作为一个研究时段,分别选取了 2000 年、2010 年、2020 年的数据,结合野外实地考察与文献资料,对影像数据进行遥感解译,选择湖区主要景观类型,提取面积变化信息,分析盐湖资源开发过程中的不同景观类型的变化及趋势;具体影像数据资料见表 3。

表 1 Landsat-5 TM 影像数据波段特征及作用^[17]
Table 1 Characteristics and Functions of Bands of Landsat-5 TM Image Data^[17]

Band	波段	波长 / μm	分辨率 /m	主要作用
Band 1	蓝色	0.45~0.52	30	反射浅水水下特征,分辨土壤、植被,区分人造地物类型
Band 2	绿色	0.52~0.60	30	用于植被反射率、植被分类和作物长势研究
Band 3	红色	0.63~0.69	30	测量植物绿色素吸收率,分布植物类型,区分人造地物
Band 4	近红外	0.76~0.90	30	测定生物量及长势,区分植被类型,绘制水体边界
Band 5	中红外	1.55~1.75	30	探测植物土壤湿度及含水量,区别云、雪
Band 6	热红外	10.40~12.50	30	探测不同地物的热辐射,绘制热分布图,用于地矿勘探研究
Band 7	中红外	2.09~2.35	30	探测高温辐射源,监测森林火灾,区分人造地物

表 2 Landsat-8 OLI 影像数据波段特征及作用^[17]

Table 2 Characteristics and Functions of Bands of Landsat-8 OLI Image Data^[17]

Band	波段	波长 / μm	分辨率 /m	主要作用
Band 1	深蓝	0.433~0.453	30	观测海岸带气溶胶
Band 2	蓝色	0.450~0.515	30	水体穿透,分辨土壤植被
Band 3	绿色	0.525~0.600	30	分辨植被类型
Band 4	红色	0.630~0.680	30	用于观测道路、裸露土壤,分辨植被种类
Band 5	近红外	0.845~0.885	30	用于植被与海岸带的研究
Band 6	短波红外	1.550~1.660	30	用于植被研究
Band 7	短波红外	2.100~2.300	30	用于矿物、干草的研究
Band 8	全色	0.50~0.680	15	图像锐化
Band 9	卷云	0.52~0.90	30	卷云测定
Band 10	热红外	10.30~11.30	100	反演地表温度
Band 11	热红外	11.50~12.00	100	反演地表温度

表 3 影像数据信息

Table 3 Image data information

	2000 年	2010 年	2020 年
分辨率/m	30	30	30
	135/34	135/34	135/34
	20000901	20101015	20200810
	136/34	136/34	136/34
	20000807	20101022	20200801
轨道号与	137/34	137/34	137/34
接收日期	20000830	20100907	20200925
	138/34	138/34	138/34
	20000906	20100902	20201002
	139/34	139/34	139/34
	20000913	20100909	20201009

1.2 影像处理

本文采用遥感影像目视解译的方法获取目标地物信息,在获取目标地物信息时,通常会对所选取的影像进行图像增强处理。常用的图像增强方法有对比度变换、空间滤波、彩色变换、图像运算和多光谱变换等,其中,彩色变换中的多波段彩色

变换(多波段影像合成)被广泛应用于遥感影像的目视解译。本文获取的遥感影像均为单波段影像,人眼仅能区分 20 左右的亮度集,而对彩色的识别度可达到 100 多种。为增强影像的目视效果,突出研究所需要的地物信息,采用多波段影像合成的方法对影像进行增强处理。其基本方法是根据加色法彩色合成原理,选取遥感影像的 3 个波段分布赋予红、绿、蓝 3 种原色,生产彩色合成图像。由于原色的选择与原来遥感影像波段所代表的实际颜色有所不同,因此又称假彩色合成。多波段影像合成时,组合波段的选择十分重要,它决定了彩色合成影像能否突出目标地物的信息或表达丰富的影像内容。以 Landsat TM 为例,在 TM 的 7 个波段中,一般第 4 波段(近红外波段)相对独立,3 个可见光波段(第 1、2、3 波段)之间,2 个中红外波段(第 5、7 波段)之间有很高的相关性,相关性越高数据重复或冗余的可能性越大。因此,选择第 4 波段与一个可见光波段及一个中红外波段进行多波段彩色合成,一般可以获得最丰富的地物信息。本文针对察尔汗盐湖周边主要的地物信息提取中,选取了第 5、4、3 波段组合,获取近似自然彩色的合成影像,以便于对目标地物的目视解译(图 1)。

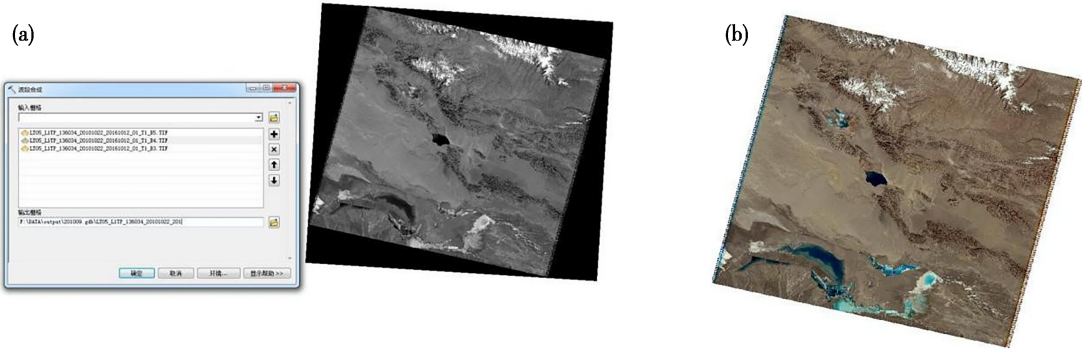


图 1 多波段影像合成过程(a)及效果图(b)

Fig. 1 Multi-band image synthesis process(a) and renderings(b)

1.3 解译标志建立与专题信息提取

遥感影像之所以能够反映地物特征的原因主要是:由于地物的物质组成、结构、理化性质和形成原因的不同,不同地物具有不同的光谱反射率,卫星成像仪在成像的过程中按照一定的投影规则将地物信息反应在影像中,呈现出不同的形状、大小、颜色和纹理等影像特征,从而形成目标地物与

背景之间的对比差异。
本文对盐湖信息的提取主要是以 2000 年、2010 年、2020 年 3 个时期的察尔汗盐湖湖区的遥感影像图,选取河流、盐湖、人工湿地(水库)、工矿用地、盐田、盐渍地、干盐湖 7 类景观类型进行提取,影像解译所依据的解译标志就是根据上述原理结合野外实地考察的情况建立起来的(表 4)。

表 4 察尔汗盐湖区遥感图像解译标志

Table 4 Remote sensing image interpretation symbol of Qarhan Salt Lake Region

地类名称	影像特征	影像特征描述
河流		以深蓝色为主,也有蓝色与浅蓝色,纹理特征为不同宽度的弯曲带状
盐湖		蓝黑色为主色调,形状不规则,边界明显
人工湿地(水库)		以暗绿色、墨绿色为主色调,分布在湖泊周围或河流入湖口
工矿用地		以灰、灰白色为主色调,几何特征明显,边界明显
盐田		以蓝黑色为主,也有蓝色与浅蓝色形状规则,边界明显
盐渍地		以棕红色为主,其间有灰色或灰黑色斑块,且与斑块相间分布
干盐湖		以灰白、青灰为主色调,形状不规则

对于盐湖及周边地物信息的提取,本文采用了水体指数法与目视解译相结合的方法。察尔汗湖区主要盐湖有涩聂湖、大别勒湖、达布逊湖等。首先在 ENVI 5.2 平台中对第 5、4、3 波段彩色合成图像的盐湖湖表边采用水体指数法提取并输出为栅格图层,然后加载至 ArcGIS10.2 中转化为矢量图层并对盐湖湖表与盐田进行分割和面积计算,最后生成属性数据库。影像中所采用的坐标系均为 CGCS2000。

根据建立的解译标志,在 ENVI 5.2 中,对台吉乃尔盐湖区盐湖、河流、盐渍地、干盐滩、人工湿地(水库)、工矿用地运用最大似然法进行监督分类。将分类结果输出为 TIF 格式的栅格图像并加载至 ArcGIS10.2 中,转换为矢量图层,以遥感影像作为底图,进行查错、修正、融斑等处理后,完成解译的初期工作。由于计算机自动分类无法准确地区分干盐滩与盐渍地,因此结合野外考察的结果,对分类后的结果进行人机交互式修正与拓扑处理,得到察尔汗湖区不同类型地物的面积及空间分布。

本文采用遥感影像处理软件对不同时段的影像数据进行几何校正、图像裁剪、图像增强、彩色合成等预处理,通过遥感影像数据解译与野外实地调查结果,结合本区的特点,建立盐湖区景观类型的解译标志。根据解译标志对研究区的景观类型进行人机交互式判读,并在 ArcGIS10.2 中进行矢量化并建立属性数据库,获得了台吉乃尔盐湖区 2000 年、2010 年和 2020 年的景观分类图。考虑到本区域的特点,根据野外调查结果将湖泊分

为盐湖与人工湿地(水库)两大类。

2 湖区景观格局动态变化特征

遥感解译结果显示,察尔汗盐湖及周边地区景观格局变化呈现出以盐湖为中心向四周扩张的变化趋势,依次为盐湖、盐渍地、干盐滩及盐渍地,期间夹杂人工景观格局,如工矿用地、人工湿地(水库)等;河流由北向南穿过湖区补给至人工湿地(水库)及达布逊盐湖(见图 2)。

将察尔汗湖区的景观格局类型划分为 7 种景观格局类型,依次为河流、盐湖、盐渍地、工矿用地、盐田、干盐湖、人工湿地(水库)。采用地理信息系统空间叠加的方法,以及面向对象的遥感影像解译的分析技术,利用 ArcGIS 软件对 2000 年、2010 年、2020 年 Landsat 数据进行处理,完成影像的解译,并统计出不同景观格局类型的面积(见表 5)。

表 5 为 2000~2020 年景观格局面积变化,由表可知,察尔汗湖区的工矿用地面积、盐田面积、人工湿地(水库)面积在 2000~2020 年呈现出明显增加的趋势,分别从 2000 年的 2.57 km²、49.53 km²、191.15 km²增加到 2020 年的 38.99 km²、437.79 km²、218.88 km²,变化面积分别为 36.42 km²、388.26 km²、27.73 km²,而盐湖和干盐湖的面积呈现出明显减少的趋势,分别减少 199.82 km² 和 172.29 km²。2000~2020 年,盐渍地面积变化不大,其他景观格局类型相互转换基本平衡,其中干盐湖转变为盐田较为明显(见图 3)。

表 5 2000~2020 年景观格局面积变化
Table 5 Landscape pattern area change from 2000 to 2020

序号	类型	2000 面积/km ²	2010 面积/km ²	2020 面积/km ²
1	河流	75.55	33.25	19.71
2	盐湖	490.26	335.51	290.44
3	盐渍地	1 504.71	1 841.32	1 480.25
4	工矿用地	2.57	24.12	38.99
5	盐田	49.53	157.06	437.79
6	干盐湖	2 655.91	2 372.81	2 483.62
7	人工湿地(水库)	191.15	205.61	218.88

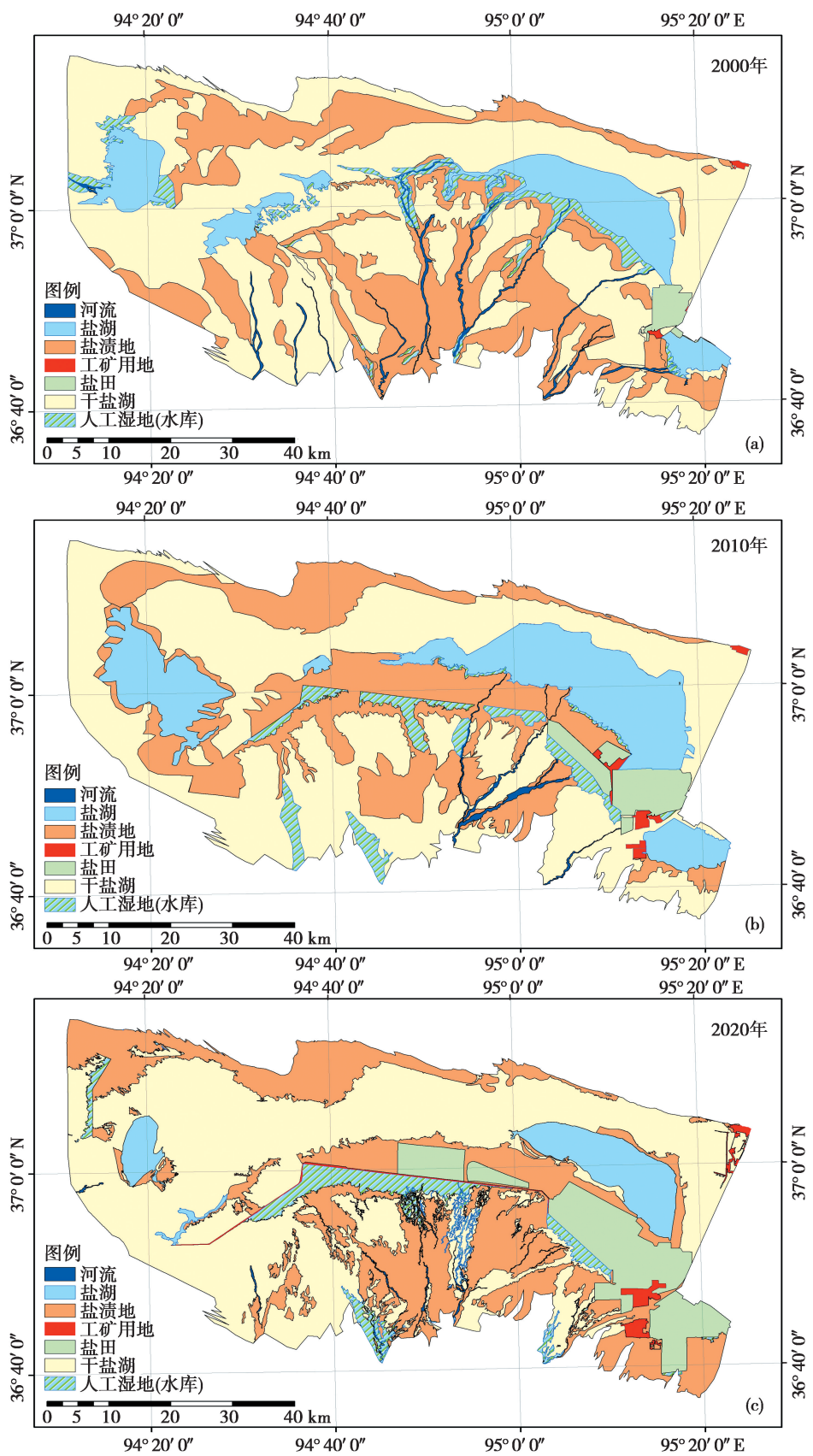


图 2 2000 年(a)、2010 年(b)、2020 年(c)察尔汗盐湖景观格局变化

Fig. 2 Landscape pattern changes of Qarhan Salt Lake in 2000(a) , 2010(b) , 2020(c)

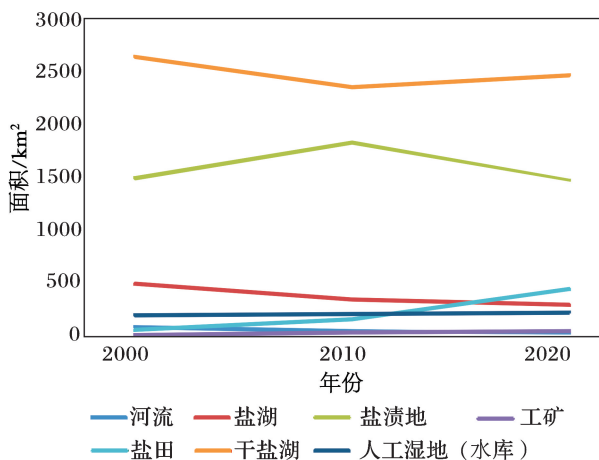


图3 2000~2020年察尔汗湖区景观格局面积

Fig. 3 Landscape pattern area of Qarhan Lake District from 2000 to 2020

由图3可知,2000~2020年,河流面积变化呈减小趋势,最大河流面积出现在2000年(75.55 km²),最小河流面积出现在2020年(19.71 km²),平均每年河流面积变化速率为-3.70%。盐湖面积略为减小,最大盐湖面积出现在2000年(490.26 km²),最小盐湖面积出现在2020年(290.44 km²),平均每年盐湖面积变化速率为-2.04%。盐渍地面积变化呈先增加后减少趋势,最大出现在2010年(1 841.32 km²),最小出现在2020年(1 480.25 km²),平均每年盐渍地面积变化速率为-0.08%。工矿用地面积变化呈增加的趋势,最大工矿用地面积出现在2020年(38.99 km²),最小工矿用地面积出现在2000年(2.57 km²),平均每年工矿用地面积变化速率为70.86%。盐田面积整体增加,最大盐田面积出现在2020年(437.79 km²),最小盐田面积出现在2000年(49.53 km²),平均每年盐田面积变化速率为39.19%。干盐湖面积呈先下降后上升趋势,最大干盐湖面积出现在2000年(2 655.91 km²),最小干盐湖面积出现在2010年(2 372.81 km²),平均每年干盐湖面积变化速率为-0.32%。人工湿地(水库)面积呈稳定上升趋势,最大人工湿地(水库)面积出现在2020年(218.88 km²),最小人工湿地(水库)面积出现在2000年(191.15 km²),平均每年人工湿地(水库)面积变化速率为0.74%。

3 讨论

依据2000~2020年的察尔汗湖区景观格局变化规律,统计得到不同土地利用类型的面积及其占比(见图4),可清楚判断察尔汗湖区景观格局空间变化规律。

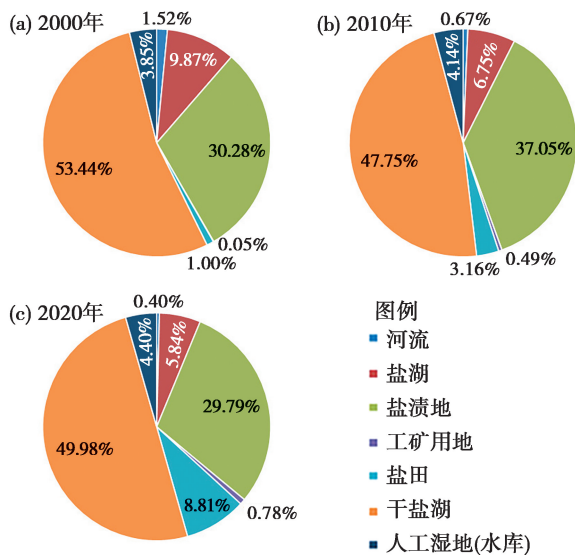


图4 察尔汗湖区2000年、2010年、2020年景观格局类型面积占比

Fig. 4 The proportion of landscape pattern types in 2000, 2010 and 2020 in the Qarhan Lake District

综合分析,近20年来,随着察尔汗湖区资源开发规模的逐步增大,盐田与工矿用地面积显著增大,这主要是因为随着盐湖产量的扩大和卤水品质的下降,为了保证生产,所需盐田面积逐年增加。

同时,从2000年开始,伴随着当地企业防洪工程的修建,人工湿地(水库)面积出现增加,原有的河流入湖口湿地向南转移,转而与防洪堤以南的微咸水或咸水水库形成了面积更大的人工湿地(水库)(218.88 km²)。在以盐滩戈壁为主、原生环境比较恶劣的盐湖区内,这片新生水域为当地野生动植物提供了十分宝贵的生境场所。

参考文献:

- [1] 苏洁琼,王烜.气候变化对湿地景观格局的影响研究综述[J].环境科学与技术,2012,35(4):74-81.
- [2] 张楷若.基于RS和GIS的广元朝天区土地利用景观格局分析[D].成都:成都理工大学,2013.

- [3] 徐延达,傅伯杰,吕一河.基于模型的景观格局与生态过程研究[J].生态学报,2010,30(1):212-220.
- [4] 邬建国.景观生态学:格局,过程,尺度与等级[M](第二版).北京:高等教育出版社,2007.
- [5] 陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等.中国景观生态学发展历程与未来研究重点[J].生态学报,2014,34(12):3129-3141.
- [6] 周玲玲.基于景观格局指数的江汉平原土地利用覆盖时空变化分析[J].安徽农业科学,2016,44(11):304-306+312.
- [7] 卢晓宁,黄玥,洪佳,等.基于 Landsat 的黄河三角洲湿地景观时空格局演变[J].中国环境科学,2018,38(11):4314-4324.
- [8] 陈亮,陈克龙,张志军.青海湖周边地区表土磁化率与土壤重金属的相关性研究[J].中国人口·资源与环境,2017,27(增1):51-54.
- [9] 陈亮.青海湖环湖区表土磁性、金属元素空间分布特征及污染评价研究[D].西宁:青海师范大学,2012.
- [10] 李露露.基于景观指数的城市演变特征及其形成机理——以芜湖市为例[C]//中国环境科学学会.2017 中国环境科学学会科学与技术年会论文集(第三卷).北京:中国环境科学学会,2017:8.
- [11] 王永,刘春玲,贺鹏,等.基于 GIS 与景观指数的黄骅市景观格局分析[J].安徽农业科学,2017,45(16):63-67.
- [12] 李博,张韵成,甘恬静.长株潭城市群景观格局时空变化分析[J].中外建筑,2018(11):57-61.
- [13] 陈亮,张西营,唐启亮,等.柴达木盆地地表重金属污染与来源分析[J].环境科学,2021,42(10):4880-4888.
- [14] 陈丹,蒋贵国,邓元杰,等.大城市近郊区土地利用及景观格局演变对生态服务价值的影响——以成都市龙泉驿区为例[J].江苏农业科学,2018,46(24):328-333.
- [15] 陈奥,王建萍,陈亮,等.台吉乃尔盐湖景观格局变化遥感分析(1990~2015年)[J].盐湖研究,2020,28(1):105-111.
- [16] 相江芸,王建萍,何袖辉,等.格尔木河表层沉积物重金属污染现状及潜在生态风险评价[J].盐湖研究,2021,29(1):88-98.
- [17] United States Geological Survey[EB/OL].(2007-04-29)[2022-05-23].<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/glovis-help-index>.

Changes and Trends of Landscape Pattern in Qarhan Salt Lake Region in Recent 20 Years

CHEN Liang^{1,2}, WANG Jian-ping^{1,2}, HAN Jin-jun^{1,2,3}, WANG Er-long^{1,2,3}, ZHANG Juan⁴, WANG Luo-hai⁴

(1. Key Laboratory of Comprehensive and Highly Efficient Utilization of Salt Lake Resources, Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;

2. Qinghai Provincial Key Laboratory of Geology and Environment of Salt Lakes, Xining, 810008, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China;

4. Qinghai Salt Lake Industry Co., Ltd., National Engineering Technology Research Center for Comprehensive Utilization of Salt Lake Resources, Qinghai Province Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Salt Lake Resources, Golmud, Qinghai, 816099, China)

Abstract: The main landscape types in Qaidam Basin are dry Salt Lake and saline land. In order to understand the spatial distribution characteristics of various landscape types in the Qaidam Basin, as well as the change transition matrix and trend of landscape types, this paper selected 2000, 2010 and 2020 as three key research periods respectively. Based on Landsat TM multi-spectral satellite remote sensing data as data source, using water index method and visual interpretation method, seven types of remote sensing image interpretation indicators were established to analyze the changes of landscape pattern in Qarhan Salt Lake area in recent 20 years. The results show that: The area of industrial and mining land, salt field and constructed wetland (reservoir) in Qarhan Salt Lake area increased significantly from 2000 to 2020, while the area of Salt Lake and dry Salt Lake decreased significantly. Since 2000, the area of constructed wetland (reservoir) increased year by year to 218.88 km². In the Salt Lake area, which is dominated by salt flats and Gobi, where the original environment is harsh, the new waters provide a valuable habitat for local wildlife.

Key words: Qaidam Basin; Landscape pattern; Salt Lake; 3S