

基于 RS 和 GIS 的石羊河流域近 50 年土地覆被类型变化研究

卢辉雄^{1,2}, 聂振龙³, 刘敏³, 冯博¹, 程旭¹, 王金哲³,
王茜³, 崔浩浩³, 范芳¹

1. 核工业航测遥感中心, 河北石家庄 050002; 2. 东华理工大学地球科学学院, 江西南昌 330013;
3. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北石家庄 050061

摘 要: 选取石羊河流域为研究区, 采用 1970~2017 年 18 期 Landsat 系列卫星遥感数据, 通过数据处理、面向对象信息提取, 获取了石羊河流域近 50 年土地覆被类型基础数据; 运用转移矩阵、GIS 分析手段, 对石羊河流域不同土地类型时空变化特征进行了研究. 结果表明: 1) 近 50 年来, 石羊河流域自然绿洲面积总体呈逐年减少趋势, 由 1970 年的 35 917.53 km² 减少到 2017 年的 33 865.47 km²; 人工绿洲面积相应增加, 由 5 355.79 km² 增至 7 207.70 km². 2) 耕地、天然林地、天然草地、建设用地总体呈增加趋势, 耕地的增加主要由天然草地、未利用地及水域湿地转化而来, 天然林地的增加主要由天然草地、未利用地转化而来, 天然草地面积的增加主要由未利用地转化而来, 建设用地的扩张以占用周围草地、耕地及未利用地为主. 3) 石羊河流域土地类型的演变, 总体反映了石羊河流域生态环境趋好, 绿洲区域逐渐增加.

关键词: 土地覆被类型; 石羊河; RS; GIS; 演变规律; 甘肃省

RESEARCH ON LAND COVER CHANGES IN SHIYANG RIVER BASIN IN RECENT 50 YEARS BASED ON RS AND GIS

LU Hui-xiong^{1,2}, NIE Zhen-long³, LIU Min³, FENG Bo¹, CHENG Xu¹, WANG Jin-zhe³,
WANG Qian³, CUI Hao-hao³, FAN Fang¹

1. Airborne Survey and Remote Sensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, China; 2. School of Earth Sciences, East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China; 3. Institute of Hydrogeological and Environment Geology, CAGS, Shijiazhuang 050061, China

Abstract: The Landsat series satellite remote sensing data from 1970 to 2017 are adopted for basic data to study the land covers in the Shiyang River Basin by data processing and object-oriented information extraction. The transfer matrix and GIS approaches are used to analyze the temporal and spatial variation characteristics of different land types in Shiyang River Basin. The results show that: 1) In the past 50 years, the natural oasis area in Shiyang River Basin has been decreasing year by year, from 35 917.53 km² in 1970 to 33 865.47 km² in 2017; and the area of artificial oasis increased correspondingly from 5 355.79 km² to 7 207.70 km². 2) The cultivated land, natural forest land, natural grassland and construction land show a generally increasing trend. The increased cultivated land is transferred mainly from natural grassland, unused land and wetland. The increase of natural forest land is mainly from natural grassland and unused land. The natural grassland area is increased mainly by the transferring of unused land. The construction

收稿日期:2019-07-23;修回日期:2019-11-22. 编辑:张哲.

基金项目:科技部“石羊河流域地下水合理开发利用及生态功能保护研究与示范”课题(2017YFC0406103);中国地质调查局、中国科学院“西北生态脆弱区地下水超采与生态退化的管控阈体系”课题(JYYWF20180403).

作者简介:卢辉雄(1988—),男,工程师,主要从事遥感技术应用研究工作,通信地址 河北省石家庄市学府路 11 号, E-mail//13933164939@163.com

land expands by taking up surrounding grassland, cultivated land and unused land. 3) The evolution of land types reflects the better ecological environment and increasing oasis area of the Shiyang River Basin.

Key words: land cover type; Shiyang River; remote sensing (RS); Geographic Information System (GIS); evolution; Gansu Province

0 前言

土地利用/覆被变化影响生态环境和社会经济的可持续发展,近年来已成为国内外研究的热点问题^[1-2]. 2011年,张明明等开展了基于3S的荣成湾沿岸土地覆被变化及驱动力研究^[3];2013年,申丽琼开展了基于3S技术的汶川县土地利用/覆被变化动态监测及分析^[4];2014年,付国燕开展了基于3S的共和盆地近20a土地利用/土地覆被及其景观格局变化分析^[5],周丹等开展了基于3S技术的隆昌县土地利用-覆被动态监测^[6];2018年,徐志涛开展了白洋淀流域土地覆被变化及其生态服务价值评价研究^[7].通过开展土地覆被类型变化研究,能为土地规划、城市建设、水土资源保护制度制订等工作提供决策依据.

石羊河流域是甘肃省河西内陆河流域中人口最多、经济较发达、水资源开发利用程度最高、用水矛盾最突出、生态环境问题最严重、水资源对经济社会发展制约性最强的地区.前人针对石羊河流域土地覆被类型和生态环境等问题开展了系列研究工作,主要集中在水资源与生态环境遥感监测、绿洲区时空演变、生态环境质量评价等领域^[8-18].针对石羊河流域土地覆被类型的研究虽已开展,但研究的重点侧重于土地变化与环境的关系,或针对石羊河流域上游或下游单独开展研究,研究时间域多止于2010年^[19-24],针对整个石羊河流域土地覆被类型变化开展的长时间系列的研究极少.基于该现状,笔者利用1970年至2017年18期Landsat系列卫星数据,基于RS和GIS技术,获取了石羊河流域近50年土地覆被类型基础数据,研究了近50年来石羊河流域土地覆被类型时空演变特征,以为该区土地利用规划、土地荒漠化防治提供决策依据.

1 研究区概况

石羊河流域位于河西走廊东部,乌鞘岭以西,祁连山北麓,是甘肃河西走廊三大内陆河流域之一,地理坐

标东经101°41'~104°16',北纬36°29'~39°27'.流域行政区划包括武威市的古浪县、凉州区、民勤县全部及天祝县部分,金昌市的永昌县及金川区全部,以及张掖市的肃南裕固族自治县、山丹县部分等3市8县,流域总面积4.16×10⁴ km².石羊河流域地处黄土高原、青藏高原和蒙新高原的交汇过渡地带,以高山、中高山、低山丘陵、沙漠、冲洪积平原构成全流域地貌形态,地势南高北低,自南西向北东倾斜.气候属大陆性温带干旱气候,夏季短而炎热,冬季长而寒冷,区内温差较大,平原地区大部分年平均气温在7~8℃,山麓地区年平均气温在5℃左右.年均降水量为213.4 mm.石羊河水系由自西向东的西大河、东大河、西营河、金塔河、杂木河、黄羊河、古浪河及大靖河等8条支流共同构成.

2 数据来源与处理

2.1 数据源

本次数据采用美国Landsat陆地系列卫星系列数据,影像列号分别为131、132,行号分别为33、34,时间系列为1970~2017年,共收集数据72景(表1).

2.2 数据处理

针对获取的遥感数据,通过大气校正、辐射校正、几何校正、影像融合、彩色合成处理,获得了研究区每年遥感影像图.

3 信息提取和解译

将研究区土地覆被类型划分为自然绿洲和人工绿洲2个一级类,10个二级类(天然林地、天然草地、水域湿地、未利用地、耕地、人工林地、人工草地、建设用地、水域湿地和其他),36个三级类(表2).

采用面向对象的方法,结合人机交互式解译,根据建立的不同土地覆被类型的解译标志,对研究区18期土地覆被类型进行解译,获得了研究区18期土地覆被类型数据(表3、图1).

表1 研究区获取卫星数据一览表
Table 1 Satellite data of the study area

序号	行列号	数据类型	成像时间	序号	行列号	数据类型	成像时间	序号	行列号	数据类型	成像时间
1	141033	Landsat MSS1	19740615	25	131033	Landsat5	20000719	49	131033	Landsat7	20120829
2	142033	Landsat MSS2	19760930	26	131034	Landsat5	20000921	50	131034	Landsat7	20120914
3	142034	Landsat MSS2	19750620	27	132033	Landsat5	20000608	51	132033	Landsat7	20120804
4	131034	Landsat5	19880616	28	132034	Landsat5	20000811	52	132034	Landsat7	20120804
5	131033	Landsat5	19880616	29	131033	Landsat5	20050802	53	131033	Landsat7	20130605
6	131034	Landsat5	19880616	30	131034	Landsat5	20050802	54	131034	Landsat7	20130723
7	132033	Landsat5	19870909	31	132033	Landsat5	20050606	55	132033	Landsat7	20130628
8	132034	Landsat5	19870909	32	132034	Landsat5	20050724	56	132034	Landsat7	20130628
9	131033	Landsat5	19910625	33	131033	Landsat5	20080725	57	131033	Landsat8	20140710
10	131034	Landsat5	19910625	34	131034	Landsat5	20080725	58	131034	Landsat8	20140726
11	132033	Landsat5	19910616	35	132033	Landsat5	20080603	59	132034	Landsat8	20140717
12	132034	Landsat5	19910616	36	132034	Landsat5	20080603	60	133033	Landsat8	20140724
13	131033	Landsat5	19920729	37	131033	Landsat5	20090914	61	131033	Landsat8	20150611
14	131034	Landsat5	19920729	38	131034	Landsat5	20090813	62	131034	Landsat8	20150713
15	132033	Landsat5	19920602	39	132033	Landsat5	20090617	63	132033	Landsat8	20150821
16	132034	Landsat5	19920602	40	132034	Landsat5	20090617	64	132034	Landsat8	20150821
17	131033	Landsat5	19950706	41	131033	Landsat5	20100715	65	131033	Landsat8	20160731
18	131034	Landsat5	19950706	42	131034	Landsat5	20100715	66	131034	Landsat8	20160715
19	132033	Landsat5	19950611	43	132033	Landsat5	20100722	67	132033	Landsat8	20160803
20	132034	Landsat5	19950611	44	132034	Landsat5	20100908	68	132034	Landsat8	20160803
21	131033	Landsat5	19960130	45	131033	Landsat5	20110718	69	131033	Landsat8	20170718
22	131034	Landsat5	19960521	46	131034	Landsat5	20110718	70	131034	Landsat8	20170803
23	132033	Landsat5	19960816	47	132033	Landsat5	20110607	71	132033	Landsat8	20170709
24	132034	Landsat5	19960816	48	132034	Landsat5	20110810	72	132034	Landsat8	20170810

4 土地覆被类型演变规律分析

4.1 近50年土地覆被类型变化特征

近50年来,石羊河流域自然绿洲面积总体呈逐年减少趋势,由1970年的35 717.53 km²减少到2017年的33 865.47 km²;人工绿洲面积相应增加,由5 355.79 km²增至7 208.70 km²,增幅34.60%。

近50年来,石羊河流域土地覆被类型变化较大的主要为林地、草地、耕地、建设用地和水域面积(表4)。其中自然绿洲中林地面积呈波状起伏变化,总体呈

增长趋势,面积由1970年的7 256.50 km²增长至2017年的7 876.01 km²;草地面积总体呈增长趋势,由1970年的9 794.12 km²增长至2017年的12 475.53 km²,增长约27.61%;自然绿洲水域面积减少,1970年至2017年,水域面积由921.41 km²减少至253.20 km²。人工绿洲中,耕地面积变化较大,呈逐年增长趋势,1970年为4 096.18 km²,至2017年面积达5 296.18 km²;建设用地呈逐年增长趋势,建设用地面积由1970年的594.74 km²增长至2017年的1 066.60 km²,增长率为79.34%。

表 2 研究区土地覆被类型分类表

Table 2 Classification of land cover types in the study area

一级	二级	三级	一级	二级	三级
自然 绿洲	天然林地	有林地	耕地		水田
		灌木林地			水浇地
		疏林地			旱地
		其他林地	有林地		
天然草地	高覆盖度草地	人工林地			灌木林地
	中覆盖度草地				疏林地
	低覆盖度草地				其他林地
水域湿地	河渠	人工 绿洲	建设用地	农村居民点用地	高覆盖度草地
	湖泊				中覆盖度草地
	滩地				低覆盖度草地
	沼泽地				城镇用地
未利用地	沙地				工矿用地
	盐碱地				河渠
	裸土地				水库、坑塘
	其他				滩地
未利用地					沼泽地
					沙地
					盐碱地
未利用地					裸土地

石羊河流域内以林地、草地、耕地及未利用地为

主。其中耕地面积一直呈增加趋势,1970 年耕地面积为 4 096.18 km²,2017 年耕地面积增加至 5 214 km²,耕地的增加主要由天然草地、未利用地及水域湿地转化而来,面积分别为 921.15 km²、423.16 km²、125.89 km²(表 5);天然林地面积的增加,主要由天然草地、未利用地转化而来,转化面积分别为 438.53 km²、527.70 km²;天然草地面积的增加,主要由未利用地转化而来,转化面积达 4 919.02 km²;建设用地的扩张主要为占用周围草地、耕地及未利用地,面积分别为 229.34 km²、102.17 km²、113.52 km²;未利用地主要转出为草地,面积 4 919.02 km²。石羊河流域土地类型的演变,总体反映了石羊河流域生态环境趋好,绿洲区域逐渐增加。

4.2 土地覆被类型阶段性动态变化

基于解译的 18 期土地覆被类型基础数据,通过转移矩阵分析(表 6),获得了近 50 年不同土地类型在不同时间区段的动态变化特征。

1970~1990 年,石羊河流域土地类型总体呈现耕地、水域湿地、天然草地、建设用地的增加,天然林地、人工草地、未利用地的减少。耕地的增加主要来源于天然草地和未利用地,二者的面积分别为 571.70 km²、284.87 km²;天然林地主要转化为天然草地,转出面积 221.83 km²;建设用地的扩张以占用天然草地及未利用地为主;天然草地面积的增加主要来源于未利用地,转化面积为 3 034.21 km²,表明石羊河流域生态环境总体趋于好转。

表 3 石羊河流域 1970~2017 年土地覆被类型面积变化

Table 3 Changes in land cover type in Shiyang River Basin from 1970 to 2017

覆被类型		1970	1985	1990	1991	1995	1996	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
一级	二级																		
自然 绿洲	天然林地	6881	7205	7205	7205	6684	6791	6797	7153	6834	6827	6842	6746	6738	6793	7355	7361	7521	7486
	天然草地	9758	9734	10291	10282	11905	9238	11998	11998	12428	12579	12621	9611	9976	12545	12323	11413	11872	12453
	水域湿地	921	637	650	659	614	562	488	485	281	243	261	274	265	253	256	256	248	253
	其他	18157	17866	16791	16791	15704	18397	15169	14607	14558	14477	14438	17480	17150	14451	14026	14913	13826	13674
人工 绿洲	耕地	4096	4097	4625	4625	4721	4766	5081	5268	5163	5161	5115	5146	5171	5143	5130	5083	5453	5214
	人工林地	376	629	623	623	428	347	413	388	407	398	390	310	305	384	455	369	502	390
	人工草地	36	36	36	36	24	31	51	30	27	27	32	21	20	21	17	18	37	23
	建设用地	595	595	595	595	683	638	711	745	817	795	816	923	863	923	965	1077	1002	1067
	水域湿地	53	75	59	59	112	113	101	103	260	261	259	259	260	259	249	240	269	264
	未利用地	200	200	199	199	198	191	263	296	299	305	301	304	325	301	299	343	342	251

面积单位:km²。

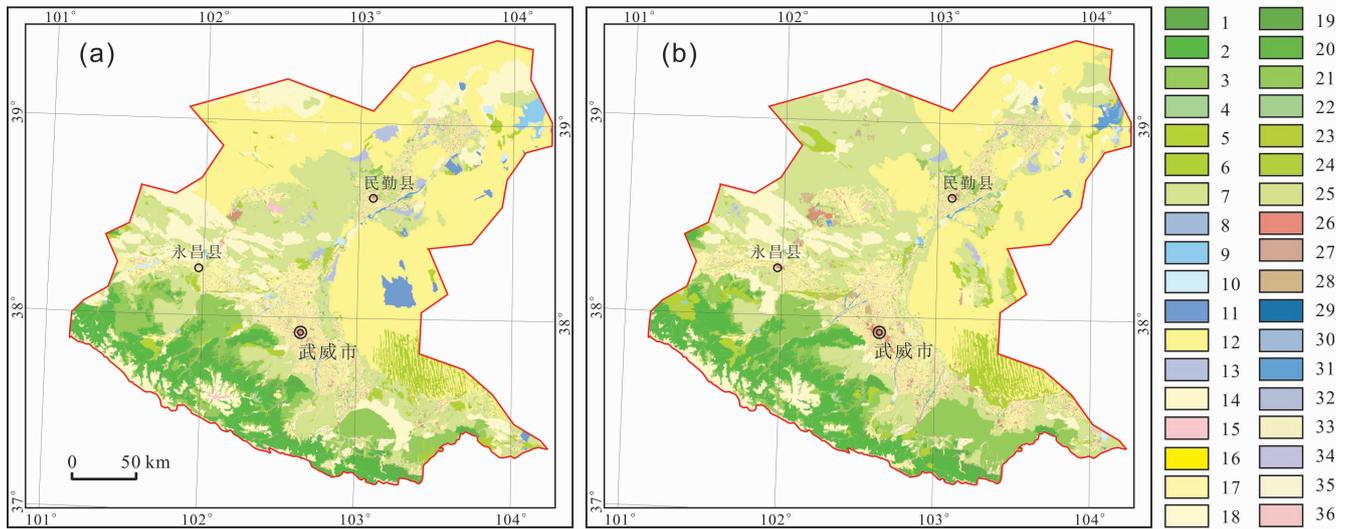


图 1 研究区遥感解译土地覆被类型分布图

Fig. 1 Distribution of land cover types interpreted by remote sensing in the study area

a—1970;b—2017;1~15—自然绿洲 (natural oases): 1—有林地 (forest), 2—灌木林地 (shrub), 3—疏林地 (open forest land), 4—其他林地 (other forest), 5—高覆盖度草地 (high coverage grassland), 6—中覆盖度草地 (middle coverage grassland), 7—低覆盖度草地 (low coverage grassland), 8—河渠 (channel), 9—湖泊 (lake), 10—滩地 (beach land), 11—沼泽地 (marshland), 12—沙地 (sand), 13—盐碱地 (saline-alkali soil), 14—裸土地 (bare ground), 15—其他 (others); 16~36—人工绿洲 (artificial oases): 16—水田 (paddy field), 17—水浇地 (irrigated land), 18—旱地 (dry land), 19—有林地 (forest), 20—灌木林地 (shrub), 21—疏林地 (open forest land), 22—其他林地 (other forest), 23—高覆盖度草地 (high coverage grassland), 24—中覆盖度草地 (middle coverage grassland), 25—低覆盖度草地 (low coverage grassland), 26—城镇用地 (urban land), 27—农村居民点用地 (residential area), 28—工矿用地 (industrial land), 29—河渠 (channel), 30—水库、坑塘 (reservoir/pond), 31—滩地 (beach land), 32—沼泽地 (marshland), 33—沙地 (sand), 34—盐碱地 (saline-alkali soil), 35—裸土地 (bare ground), 36—其他 (others)

表 4 石羊河流域 1970~2017 年土地覆被类型面积动态表

Table 4 Comparison of land cover types in Shiyang River Basin between 1970 and 2017

一级类	二级类	1970	2017	变化量	变化率
自然绿洲	天然林地	6880.86	7485.83	604.97	8.79%
	天然草地	9758.32	12452.72	2694.39	27.61%
	水域湿地	921.41	253.20	-668.21	-72.52%
	未利用地	18156.94	13673.73	-4483.21	-24.69%
合计		35717.53	33865.47	-1852.05	-5.19%
人工绿洲	耕地	4096.18	5214.09	1117.92	27.29%
	人工林地	375.64	390.18	14.54	3.87%
	人工草地	35.79	22.81	-12.98	-36.27%
自然绿洲	建设用地	594.74	1066.60	471.86	79.34%
	水域湿地	53.09	263.91	210.82	397.08%
	未利用地	200.35	251.11	50.76	25.34%
	合计	5355.79	7208.70	1852.91	34.60%

面积单位: km².

表 5 石羊河流域 1970~2017 年土地类型转移矩阵

Table 5 Transfer matrix of land types in Shiyang River Basin from 1970 to 2017

2017/ 1970	耕地	天然 林地	天然 草地	水域 湿地	人工 林地	人工 草地	建设 用地	未利 用地
耕地	3649.59	30.28	276.39	2.47	14.68	1.12	102.17	19.47
天然林地	30.17	6489.05	321.74	0.11	0.32	0.00	1.17	38.29
天然草地	921.15	438.53	6679.23	29.31	66.94	4.69	229.34	1389.14
水域湿地	125.89	0.27	242.49	471.46	8.67	0.00	5.73	119.99
人工林地	47.69	0.00	10.15	0.03	281.46	0.00	24.94	11.37
人工草地	6.93	0.00	3.19	0.00	0.03	16.48	7.34	1.82
建设用地	9.18	0.00	0.22	0.44	1.18	0.29	582.40	1.03
未利用地	423.16	527.70	4919.02	13.29	16.90	0.22	113.52	12343.50

面积单位: km².

1990~2000 年, 石羊河流域土地类型总体呈现耕地、天然林地、天然草地、人工草地、建设用地的增加, 水域湿地、人工林地、未利用地的减少. 耕地的增加主

表 6 石羊河流域 1970~2017 年间不同阶段土地类型转移矩阵

Table 6 Transfer matrix of land types in Shiyang River Basin during periods from 1970 to 2017

时间	土地类型	耕地	天然林地	天然草地	水域湿地	人工林地	人工草地	建设用地	未利用地	转出	土地变化面积
1970~1990	耕地	3825.03	53.93	159.98	3.57	0.71	0.24	2.89	49.82	271.14	624.45
	天然林地	29.6	6628.64	221.83	0.22	0.22	0	0.34	0	252.21	-196.48
	天然草地	571.7	0.59	8195.17	9.95	58.1	2.97	81.05	838.78	1563.14	2146.55
	水域湿地	7.71	0.02	269.56	682.98	8	0	0.97	5.27	291.53	37.17
	人工林地	1.33	0	16.21	0	355.29	0	0.39	2.41	20.34	52.7
	人工草地	0.16	0	3.64	0	0.17	20.45	3.97	7.4	15.34	-11.82
	建设用地	0.22	1.17	4.26	0.01	0.02	0.01	586.52	2.54	8.23	88.71
	未利用地	284.87	0.02	3034.21	28.69	5.82	0.3	7.33	14996.04	3361.24	-2455.02
转入	895.59	55.73	3709.69	42.44	73.04	3.52	96.94	906.22			
1990~2000	耕地	4550.41	24.92	114.79	1.72	10.65	1.73	6	10.41	170.22	360.75
	天然林地	33.75	6557.97	67.43	0	0	0	11.66	13.56	126.4	112.34
	天然草地	389.14	123.48	10775.47	26.96	35.02	25.43	20.72	508.65	1129.4	93.1
	水域湿地	4.75	0.03	43.69	546.97	2.97	0	0.29	126.72	178.45	-84.84
	人工林地	0.19	0	53.87	0	360.55	0.17	0	13.54	67.77	-15.04
	人工草地	0	0	0	0	0	20.41	0	3.56	3.56	27.33
	建设用地	2.19	0	7.86	1.61	0.37	0.28	670.17	0.98	13.29	27.87
	未利用地	100.95	90.31	934.86	11.59	3.72	3.28	2.49	14755.06	1147.2	-469.78
转入	530.97	238.74	1222.5	41.88	52.73	30.89	41.16	677.42			
2000~2010	耕地	4785.04	2.3	168.77	3.92	22.46	3.5	55.34	40.05	296.34	32.83
	天然林地	47.71	6430.24	318.54	0	0	0	0.2	0	366.45	44.88
	天然草地	187.34	290.84	11128.42	18.29	28.29	6.75	52.13	285.91	869.55	623.05
	水域湿地	11.62	0.1	45.79	493.6	0.31	0	1.58	35.85	95.25	-9.72
	人工林地	6.74	0	40.27	0.88	329.21	0	2.78	33.4	84.07	-23.05
	人工草地	2.61	0	7.34	0	0	21.15	1.58	18.63	30.16	-19.69
	建设用地	6.54	0	14.18	0.02	0.07	0	690.19	0.34	21.15	104.71
	未利用地	66.61	118.09	897.71	3.02	9.89	0.22	12.25	14324.7	1107.79	-693.61
转入	329.17	411.33	1492.6	26.13	61.02	10.47	125.86	414.18			
2010~2014	耕地	4846.29	9.29	134.69	2.4	30.99	0.1	69.68	49.82	296.97	-13.72
	天然林地	12.85	6533.53	171.39	0.05	0.66	0	0.41	0	185.36	636.23
	天然草地	192.59	395.62	11241.14	10.58	36.01	0.45	112.67	838.78	1586.7	-504.88
	水域湿地	1.18	0.19	40.34	474.97	0.14	0	1.76	5.27	48.88	24.3
	人工林地	27.33	0.75	10.87	0.64	337.37	0	7.08	2.41	49.08	68.74
	人工草地	9	0	2.62	0	0	16.88	2.75	7.4	21.77	-21.22
	建设用地	18.07	0.4	14.01	10.8	2.25	0	763.03	2.54	48.07	154.04
	未利用地	22.23	415.34	707.9	5.1	47.77	0	7.76	14996.04	1206.1	-299.88
转入	283.25	821.59	1081.82	29.57	117.82	0.55	202.11	906.22			
2014~2017	耕地	4991.52	15.97	85.64	0.03	9.4	1.75	19.11	6.13	138.03	84.57
	天然林地	10.05	7215.39	98.13	0.05	0.37	0	0.86	30.25	139.71	130.74
	天然草地	96.01	141.61	11563.75	20.79	9.35	1.96	53.68	435.89	759.29	129.57
	水域湿地	1.92	0.09	4.43	493.29	0.66	0	3.3	0.86	11.26	22.96
	人工林地	65.05	1.4	36.28	0.13	322.25	0	24.77	5.32	132.95	-65.03
	人工草地	4.82	0	0	0	0	12.05	0.55	0	5.37	5.39
	建设用地	21.04	0.09	1.88	0.06	4.09	0.03	936.6	1.34	28.53	101.6
	未利用地	23.71	111.29	662.5	2.76	44.05	7.02	27.86	13445.06	879.19	-399.4
转入	222.6	270.45	888.86	23.82	67.92	10.76	130.13	479.79			

面积单位: km².

要来源于天然草地及未利用地,二者的面积分别为389.14 km²、100.95 km²;天然林地面积的增加,主要源于天然草地、未利用地植树造林的结果,二者面积分别为123.48 km²、90.31 km²;建设用地面积的增加主要因城市扩张,占用天然草地、林地,面积分别为20.72 km²、11.66 km²;未利用地主要转化为耕地、林地和草地,转出面积分别是100.95 km²、90.31 km²和934.86 km²;未利用地面积的减少,主要由于未利用地向天然草地、耕地的转化。10年间,林地和草地面积增大,同时以荒漠为主的未利用地的面积呈现较大幅度的减小,表明研究区的生态环境状况趋于改善。

2000~2010年,石羊河流域土地类型总体呈现耕地、天然草地、天然林地、建设用地的增加,未利用地、人工林地、人工草地、水域湿地的减少。耕地的增加主要源于天然草地、未利用地的开垦,二者的面积分别为187.34 km²、66.61 km²;天然林地总体面积变化不大,天然林地向天然草地及耕地转化的面积与天然草地、未利用地向天然林地转化的面积相差不大;建设用地的增加主要源于开发利用天然草地、耕地、未利用地,三者的面积分别是55.34 km²、52.13 km²、12.25 km²;未利用地(荒漠为主)面积总体减少,主要转化为天然草地、天然林地,转出面积分别达到897.71 km²、118.09 km²。

2010~2014年,石羊河流域土地类型总体呈现天然林地、人工林地、建设用地、水域湿地的增加,天然草地、未利用地、人工草地、耕地的减少。耕地减少面积不大,总体趋于平稳,主要表现为天然草地、人工林地、天然林地、未利用地向耕地的转化与耕地向天然草地、人工林地、建设用地、未利用地的转化面积相差不大,体现了石羊河流域在此期间,耕地相互转化呈现一种动态平衡。天然林地面积的增加主要由天然草地和未利用地的转化而来,转化面积分别是395.62 km²、415.34 km²;建设用地面积的增加主要源于对天然草地、耕地的开发利用,二者面积分别为112.67 km²、69.68 km²;水域湿地面积的增加,主要与天然草地的转化有关;天然草地的减少主要源于耕地、建设用地的开发利用占用了天然草地资源。

2014~2017年,石羊河流域土地类型总体呈现天然林地、天然草地、建设用地、耕地的增加,人工林地、未利用地的减少。天然林地面积的增加主要从天然草

地、未利用地的转化而来,转化面积分别为141.61 km²、111.29 km²;天然草地面积的增加主要源于耕地、天然林地、未利用地的转化,转化面积分别为85.64 km²、98.13 km²、662.5 km²;建设用地面积的增加主要与城镇扩张有关,表现为对天然草地、未利用地等土地类型的开发建设;耕地的增加与人类的开垦有关,主要表现为对天然草地、人工林地、未利用地的开发利用。区内未利用地面积总体减少,主要转化为耕地、建设用地、天然林地、天然草地和人工林地,面积分别为23.71 km²、27.86 km²、111.29 km²、662.50 km²、44.05 km²,反映该时期一方面由于环境的好转,荒漠化土地向草地的转化,另一方面由于人类活动,城市扩张、耕地的开垦占用了未利用地资源。

5 结论

通过对石羊河流域1970~2017年18期遥感影像信息提取及解译分析,得出以下结论:

1)近50年来,石羊河流域自然绿洲面积总体呈逐年减少趋势,由1970年的35 717.53 km²减少到2017年的33 865.47 km²;人工绿洲面积相应增加,由5 355.79 km²增至7 208.70 km²。

2)近50年来,石羊河流域土地覆被类型显著增加的有耕地、天然林地、天然草地、建设用地。耕地的增加主要由天然草地、未利用地及水域湿地转化而来;天然林地的增加主要由天然草地、未利用地转化而来;天然草地面积的增加,主要由未利用地转化而来;建设用地的扩张以占用周围草地、耕地及未利用地为主。

3)石羊河流域土地类型的演变,总体反映了石羊河流域生态环境趋好,绿洲区域逐渐增加。

参考文献:

- [1]叶宇航.我国耕地非农化的驱动因素研究[J].科学决策,2015(9):33-50.
- [2]张明明,王庆,李希国,等.基于3S的荣成湾沿岸土地覆被变化及驱动力研究[J].海洋与湖沼,2011,42(1):20-26.
- [3]冯雨林,杨佳佳,王晓光.基于GIS技术的水土流失遥感定量评价研究进展[J].地质与资源,2018,27(3):279-283.
- [4]申雨琼.基于“3S”技术的汶川县土地利用/覆被变化动态监测及分析[D].成都:成都理工大学,2013.

布密度均小于 0.9 眼/100 km²,有较大的开发空间。

5) 地热流体资源量计算表明,这五大构造单元地热流体热量潜力模数均介于 10×10⁸~60×10⁸ kJ/km·a 之间,表明有较大的开采潜力。

参考文献:

- [1] 王现国,张慧,张娟娟. 开封凹陷区地热水水化学特征及同位素分析[J]. 安全与环境工程,2012,19(6):88-92.
- [2] 李海林. 郑州市郑东新区深部地热资源研究[J]. 地下水,2011,33(4):7-10.
- [3] 王继华. 河南沉降盆地地热资源评价[J]. 长江大学学报(自然科学版),2010,7(2):178-180.
- [4] 王心义,黄丹. 河南省地热资源开发利用现状评价[J]. 地下水,2010,32(1):54-55,70.
- [5] 王肖凤,符勇,康彩艳. 南阳盆地地热特征与开发利用前景[J]. 平顶山学院学报,2010,25(2):122-125.
- [6] 商真平,姚兰兰. 商丘市城区可采地热资源量计算分析[J]. 人民黄河,2009,31(5):62,64.
- [7] 张心勇,马传明. 开封凹陷区地温场特征分析[J]. 工程勘察,2009,37(10):44-49.
- [8] 齐玉峰. 河南省开封凹陷区地热田地热资源分析[J]. 西南科技大学学报,2009,24(3):75-78.
- [9] 刘传权,郭克剑. 郑州市城区深部基岩层热储特征分析[J]. 华南地质与矿产,2008(2):58-61.
- [10] 黄光寿,郭丽丽,黄凯. 河南省十大温泉地热地质特征[J]. 地质与资源,2020,29(1):91-100.
- [11] 张满波,武秀江,吴双红. 河南省地热资源形势及开发利用潜力分析[J]. 地下水,2008,30(4):45,70.
- [12] 齐玉峰,王现国,王关杰,等. 开封凹陷区地热资源开发利用与保护[J]. 地下水,2007,29(4):77-79.
- [13] 郭山峰,王春晖,吴祖成. 周口市地热资源浅析及水文地质参数计算[J]. 地下水,2006,28(6):32-33.
- [5] 付国燕. 基于“3S”的共和盆地近 20a 土地利用/土地覆被及其景观格局变化分析[D]. 西宁:青海师范大学,2014.
- [6] 周丹,杨武年. 基于 3S 技术的隆昌县土地利用/覆被动态监测[J]. 地理空间信息,2014,12(5):72-74.
- [7] 徐志涛,陈鹏飞,周世健,等. 白洋淀流域土地覆被变化及其生态服务价值评价[J]. 生态科学,2018,37(6):83-90.
- [8] 张永. 石羊河流域植被覆盖与荒漠化动态研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2018.
- [9] 唐志光,马金辉,李朝奎,等. 石羊河流域上游植被时空变化及其对区域气候的响应[J]. 地理与地理信息科学,2016,32(3):116-120.
- [10] 魏伟,石培基,赵军,等. 石羊河流域海拔、植被覆盖与景观类型空间关系研究[J]. 干旱区地理,2012,35(1):91-98.
- [11] 贾焰,张军,张仁陟. 2001-2011 年石羊河流域水资源生态足迹研究[J]. 草业学报,2016,25(2):10-17.
- [12] 魏伟,石培基,周俊菊,等. 基于 GIS 和组合赋权法的石羊河流域生态环境质量评价[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(1):175-180.
- [13] 李传华,赵军. 2000-2010 年石羊河流域 NPP 时空变化及驱动因子[J]. 生态学杂志,2013,32(3):712-718.
- [14] 张瑞君,段争虎,谭明亮,等. 石羊河流域天然植被生态需水量估算及预测[J]. 中国沙漠,2012,32(2):545-550.
- [15] 魏伟,石培基,周俊菊,等. 近 20 多年来石羊河流域景观格局演变特征[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(2):156-161.
- [16] 韩兰英,王宝鉴,张正偲,等. 基于 RS 的石羊河流域植被覆盖度动态监测[J]. 草业科学,2008,25(2):11-15.
- [17] 蓝欣,郑娇玉,江帆,等. 石羊河流域下游植被覆盖变化与地下水和气候的响应分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2015,51(6):865-870,876.
- [18] 文星,段朝晨,廖杰,等. 石羊河流域植被指数时空变化及荒漠化遥感监测[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2012,42(S1):415-422.
- [19] 王锦,路京选,王志强,等. 基于 MODIS 植被指数的民勤绿洲演变分析[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2010,8(4):266-270.
- [20] 韩涛,王大为. 2000-2014 年石羊河流域植被覆盖变化研究[J]. 中国农学通报,2017,33(13):66-74.
- [21] 周兰萍,魏怀东,丁峰,等. 1973-2010 年石羊河流域耕地时空变化研究[J]. 干旱区研究,2015,32(3):483-491.
- [22] 俞永慧,迪丽达尔·艾再提约麦尔,马静,等. 石羊河上游土地利用/覆被动态变化及重心转移研究[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版),2018,37(1):12-20.
- [23] 石培基,王祖静,刘春芳. 石羊河流域土地覆被空间演化及驱动机制[J]. 生态学报,2014,34(15):4361-4371.
- [24] 马爱功,王杰. 干旱半干旱地区土地利用/覆被变化研究——以民勤绿洲为例[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版),2008,29(3):81-84.

(上接第 171 页 /Continued from Page 171)