

基于遥感技术的宁东煤炭基地土地利用变化及驱动力分析

张永庭^{1,2}, 魏采用², 徐友宁³, 严瑾², 黄涛², 杨雪茹², 李樵民²
ZHANG Yongting^{1,2}, WEI Caiyong², XU Youning³, YAN Jin², HUANG Tao²,
YANG Xueru², LI Qiaomin²

1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 宁夏遥感测绘勘察院, 宁夏 银川 750021;

3. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054

1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Ningxia Remote Sensing Surveying and Mapping Prospecting Institute, Yinchuan 750021, Ningxia, China;

3. Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, Shaanxi, China

摘要:研究大型矿业基地土地利用动态变化过程可间接评估矿产开发对区域生态环境的影响。采用2005年、2010年和2015年3期SPOT-5和GF-2卫星影像数据,通过人工目视解译与计算机自动提取相结合的手段,提取宁东煤炭基地土地利用信息,并收集2000年土地利用遥感解译信息,构建土地利用程度综合指数、动态度等,定量研究宁东煤炭开发引起的土地利用变化,结合经济社会发展指标,构建驱动土地利用变化的定量评价体系,分析了宁东煤炭基地土地利用格局变化的驱动因素。结果表明,2000—2015年宁东煤炭基地一直处于土地持续开发利用阶段,主要表现为草地、林地及耕地向工矿用地为主的建设用地转变,但土地利用程度综合指数的增幅有所下降,表明基地建设逐渐进入稳定期,土地利用压力趋于下降;主成分分析表明,人类活动驱动着宁东土地利用格局的变化,主要有封山禁牧政策、产业化和规模化、人口增长、城镇化等因素。该研究结果可为宁东煤炭基地未来生态环境保护提供科学依据。

关键词:土地利用类型;土地利用动态度;驱动力;卫星遥感数据;宁东煤炭基地

中图分类号:P694;X14

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2018)12-2169-07

Zhang Y T, Wei C Y, Xu Y N, Yan J, Huang T, Yang X R, Li Q M. An analysis of land use changes and driving forces in Ningdong coal base of Ningxia with remote sensing technology. *Geological Bulletin of China*, 2018, 37(12):2169-2175

Abstract: The study of dynamic change of land use in large mining bases can indirectly assess the influence of mineral exploitation on regional ecological environment. Based on satellite image data obtained in 2005, 2010 and 2015 with spatial resolution better than 2.5m, the authors extracted the land utilization information in Ningdong coal base, in combination with artificial visual interpretation and computer automatic extraction technology. On such a basis, the comprehensive index and dynamic attitude of land use were constructed, and the quantitative research was carried out on land use process caused by development; furthermore, a quantitative evaluation system was constructed for land use change with the indicators of economic and social development, and the land use change driving mechanism was analyzed. The results show that, in the stage of continuous land development and utilization from 2005 to 2015 in Ningdong coal base, the grasslands, woodlands and cultivated land were turned into construction land, such as industrial and mining land, but the increase in the comprehensive index of land use was declined, suggesting that the development of Ningdong

收稿日期:2018-01-10;修订日期:2018-06-20

资助项目:中国地质调查局项目《秦岭及宁东矿产资源集中开采区地质环境调查》(编号:DD20160336)和宁夏回族自治区重点研发计划(科技惠民)项目《基于国产高分影像与高光谱数据拟合分析——宁夏特色农作物为例》(编号:2016KJHM130)

作者简介:张永庭(1975-),男,在读博士生,教授级高工,从事资源环境遥感研究。E-mail: 337410051@qq.com

coal base entered a stable stage, and land use pressure of human activities were gradually declined. Principal component analysis shows that the main driving factors of land use pattern change of Ningdong coal base are human activities including the government controlled grazing policy, industrialization and large scale of energy chemical industry, population growth, urbanization and some other factors. The results can provide a scientific basis for future ecological environment protection of Ningdong coal base.

Key words: land use pattern; land use degree; driving force; satellite image data; Ningdong coal base

随着经济发展与人口、资源、环境之间的矛盾日益加剧,人类改变土地资源的程度不断增大,导致土地利用形式及地表覆被状况发生较大变化,进而改变了自然地理环境状况^[1-2]。诸多研究表明,土地利用/土地覆被变化是影响全球及区域环境变化的主要因素^[3-4]。近年来,土地利用/土地覆被变化在城市、绿洲等区域的研究成果较多,而在大型矿业基地的研究较少,国内外学者对大型矿业基地的研究集中在景观格局变化^[5-6]、土地利用变化、环境影响评价^[7-10]等方面。因此对大型煤炭基地土地利用/土地覆被变化与人文驱动因素的耦合关系进行研究,掌握土地利用/土地覆盖在不同时空尺度上的变化趋势,揭示土地利用变化的驱动机制及其对矿区经济与环境所产生的影响,提出针对性的防控政策,对矿产资源持续开发及矿区环境保护具有重要的现实意义。

矿产资源开发活动会对矿山土地利用类型及植被类型产生重要影响,资源毁损、地质灾害和环境污染直接或间接破坏土地和植被类型^[11]。作为国家规划建设的14处亿吨级煤炭资源开采基地之一的宁东煤炭基地,面积3484km²,开发始于2003年,目前处于大规模开发建设期间,煤炭资源开采工业建筑物建设占压土地、采空塌陷破坏土地、煤矸石堆积压占林草地等,土地与煤炭资源开采之间已演化为一种互耗的关系,影响宁东煤炭基地的可持续发展^[12-13]。在宁东地区土地利用变化研究方面,马斌等^[14]认为,宁东煤炭基地2000—2007年土地利用结构发生了较大变化,林地和天然草地面积增加,耕地、裸土地和沙地面积减少;闫军^[15]等利用遥感技术,研究土地利用特征、地表生态环境、矿山地质环境等问题,提出基地矿区土地利用与生态恢复治理对策。前人对宁东煤炭基地的相关研究主要集中在2010年以前,并且采用的监测底图分辨率低,信息提取精度不高,没有开展LUCC驱动力研究。

煤炭资源大规模开发建设会使基地范围内土地利用及植被类型发生何种变化,这种变化会对宁东生态脆弱区产生何种影响,已成为政府及科学家

关注的重大社会环境问题。本文主要采用高分辨率的卫星影像数据,开展宁东煤炭基地区域土地利用结构的演变过程及驱动机制的研究,旨在为政府规划建设及矿区生态环境恢复治理提供依据。

1 研究区概况

宁东煤炭基地位于宁夏中东部,地理坐标北纬37°07′15″~38°17′17″、东经106°18′49″~106°57′44″,规划面积3484km²,涉及灵武市、盐池县、红寺堡开发区和同心县(图1)。基地属中温带干旱半荒漠气候区,干燥少雨、蒸发量大、水资源缺乏,土壤类型以淡灰钙土和风沙土为主,区域生物量低、植被恢复困难,植被以荒漠草原和草原带沙生植被为主。基地主要包括红石湾煤矿、羊场湾煤矿、梅花井煤矿、清水营煤矿、灵新煤矿、石沟驿煤矿、金凤煤矿、枣泉煤矿8个大中型煤矿。已探明煤炭资源地质储量273.14×10⁸t,探明储量占全宁夏探明储量的88.6%,含煤面积3500km²,远景储量达1394.3×10⁸t,是中国规划建设的14个亿吨级煤炭开采基地之一。但基地范围内,大部分地区为荒漠型草地,2000年后煤炭资源处于开发规模不断加大的过程,各矿区均不同程度地出现了裂缝、塌陷等变形现象,煤矸石、废渣侵占土地资源,河道洗砂、洗煤厂等污染水土资源,地表植被退化、水土流失等各类环境问题,持续开发对土地利用类型和植被类型产生了明显的影响。

2 研究方法

2.1 数据来源

研究采用分辨率优于2.5m的法国SPOT-5卫星影像数据,融合后空间分辨率为2.5m,接收日期分别是2005年6月20日和2010年7月11日,波段合成为R4G1B3;2015年选用的是2015年7月28日国产高分二号卫星影像,空间分辨率为1m,波段合成为R4G1B3。利用ERDAS10.4对影像数据进行校正、融合、镶嵌等处理,3期影像数学基础一致、色调均匀,拼接处无明显接缝、云覆盖低于5%。收集

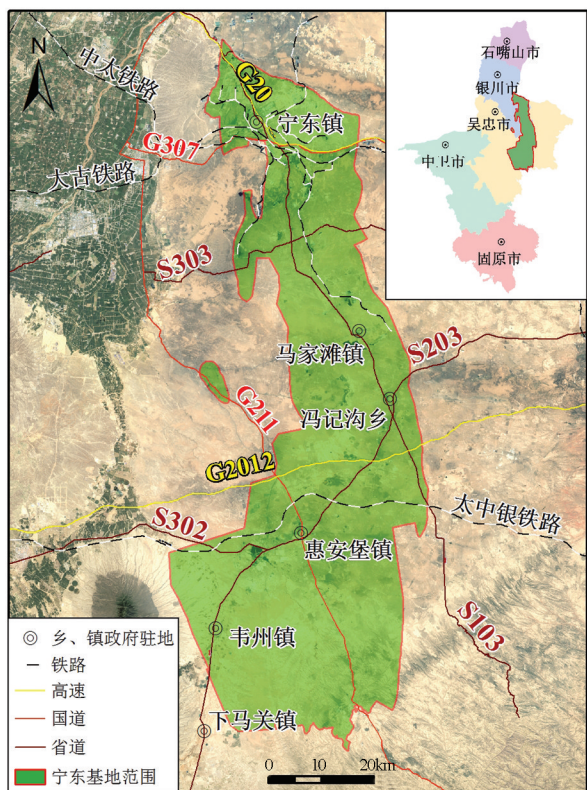


图1 研究区地理位置示意图

Fig. 1 Geographical location of the study area

2000年土地利用遥感解译数据,分类标准、精度及数学基础与2005年、2010年、2015年3期解译土地利用信息一致,满足研究需求。气象、人口等数据均来自宁夏统计年鉴(2000—2016年)。

2.2 土地利用信息提取

采用人工目视解译结合野外调查验证手段,提取土地利用专题信息。经过野外实地查证,遥感解译正确率87.16%。以ERDAS IMAGINE10.4为平台,提取草地覆盖度,建立NDVI模型,得到草地的NDVI灰度图,利用clump和eliminate功能获取草地覆盖信息,分析草地变化。

2.3 土地利用变化综合指数

借鉴刘纪远^[16]在西藏土地利用研究中从生态学角度提出的一种综合分析方法——土地利用程度综合指数模型,研究土地利用变化。其原理为:将土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为4级,即未利用级、自身再生利用级、认为再生利用级、非再生利用级,并赋予分级指数1~4,逐

级表达土地的利用程度。土地利用程度越高,人类对其干扰程度就越大,可恢复性越差。通过以上含义指数,利用各地类土地利用率、土地利用程度分级指数,评价矿区土地利用类型结构总体变化特征,进而反映自然环境和人类对土地利用结构影响的耦合关系^[17-19]。

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i C_i \quad (1)$$

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left[\sum_{i=1}^n (A \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A \times C_{ia}) \right] \quad (2)$$

$$R = \frac{\Delta L_{b-a}}{\sum_{i=1}^n (A \times C_{ia})} = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n (A \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A \times C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A \times C_{ia})} \quad (3)$$

式中, L 表示土地利用程度综合指数, $L \in 100 \sim 400$, L 越接近400,开发利用程度越高; A_i 表示土地利用类型分级指数,按照土地利用程度指数的分级标准,建设用地的土地利用程度为第四级,包括居民、采矿、工业、交通等用地;第三级为耕地等农用地;第二级为林地、牧草地和水域;第一级为沙地和其他地类(表1)。 C_i 表示土地利用类型面积百分比; ΔL_{b-a} 表示土地利用变化综合指数变化量; L_a 、 L_b 表示 a 、 b 两个时间段的土地利用程度综合指数; C_{ia} 、 C_{ib} 表示 a 、 b 两个时间段第 i 类土地类型面积百分比; R 表示土地利用程度变化率。 $R > 0$ 为发展阶段; $R < 0$ 为衰退阶段; $R = 0$ 则为稳定或调整阶段。

2.4 土地利用动态度

土地利用类型在单位时间内面积变化情况称土地利用动态度,反映了土地利用变化速度,可定量描述区域土地利用变化的速度^[20-24]。

$$H = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times \frac{1}{T_2 - T_1} \quad (4)$$

式中, H 为土地利用动态度; $T_2 - T_1$ 为研究初期和末期时间间隔值; $W_2 - W_1$ 为研究时段内该类土地面积差值。

2.5 土地利用转换趋势

采用土地利用转移矩阵反映土地利用类型转变趋势的分析方法^[25-26],以及土地利用类型变化特征和各类型之间的转移情况。运用Arcgis10.1中的空间分析模块,结合Excel数据透视表功能建立转移矩阵,利用2005年、2015年2期遥感影像提取土地

利用信息后叠加,得到基地土地利用类型转移特征,确定土地利用类型互相转换的数量和方向。

3 结果与分析

3.1 土地利用程度

宁东煤炭基地开发开始于2003年,2005年已经完成了部分建设。为了掌握基地开发前后土地利用结构的变化情况,收集2000年宁东煤炭基地的土地利用遥感解译数据作为开发建设前的数据,与2010年、2015年的数据一起进行分析。宁东煤炭基地2000—2015年土地利用结构发生了较大变化(表1),2000年、2005年、2010年、2015年4期土地利用程度综合指数分别为194.7、217.45、219.88、225.12,在100~400范围内,说明土地利用一直处于合理开发阶段^[13]。2000—2015年土地利用程度综合指数从194.70持续增加至225.12,增加了30.42,土地利用程度变化量大于零,说明土地利用处于发展阶段。第一阶段(2000—2010年)土地利用程度变化量为25.18,第二阶段(2010—2015年)土地利用程度变化量为5.24,表明第二阶段开发利用程度较第一阶段大幅度减小,从土地利用程度综合指数增加幅度总体可知,建设逐渐进入稳定阶段,土地利用压力逐渐下降^[27]。

3.2 土地利用动态特征

2005—2010年,基地主要土地利用动态度大小为工业用地(18.53%)>采矿用地(4.65%)>交通用地(3.45%)>沙地(-0.83%)>耕地(-0.78%),即工业、采矿及交通用地增速显著,沙地和耕地缓慢减

少。分析其原因为,宁东煤炭基地开发建设初期(第一阶段),主要进行工业园区主体建设及基础设施建设,使工业园区(工业用地)、基础设施用地(连接各工矿企业之间的道路及连通其他主要城市的铁路、高速路等交通运输用地)等建设用地呈现增速显著的特征;由于退耕还林措施的实施及基地建设占用部分沙地及耕地,使耕地呈现缓慢减少的特征。

2010—2015年主要土地利用动态度大小为工业用地(5.10%)>采矿用地(2.82%)>林地(2.38%)>交通用地(1.32%)>沙地(-0.85%),即工业用地、采矿用地及交通用地增速放缓,林地加速扩展,沙地和草地持续低速减少(图2)。分析其原因为,基地建设第二阶段,化工园区规划建设框架基本完成,在初期建设的基础上进行了一些大中型能源化工业类、煤炭资源开发类项目及基础设施建设,使基地工业用地、采矿用地及建设用地呈现持续增加但增速较缓的特征;加强基地生态环境建设,进一步加大退耕还林等生态措施力度,部分耕地、草地种植了大面积柠条,使林地呈现增速显著的特征;开发建设的第一阶段及第二阶段沙地呈现匀速持续减少的特征,分析其原因主要为,基地建设及基地生态建设使得沙地面积逐渐减少。

3.3 土地利用转换特征

2005—2015年,基地土地变化面积大小依次为建设用地(采矿用地、工业用地、交通用地、建制镇)、草地、林地及耕地(图3)。特征一:以草地、林地及耕地向采矿用地、工业用地、交通用地及建制镇为主的建设用地转换。建设用地流出面积26km²,转变为草地(19.3km²),占建设用地总流出面积的74.23%;建设用地流进面积176.4km²,主要由2005年的草地、耕地、林地及沙地向建设用地转换,其中草地转进112.4km²,占总流进面积的63.72%,其次为林地和耕地,比例分别为21.60%和10.15%。特征二:耕地、草地向林地转换使其显著增加,草地面积大幅度减少是基地土地利用变化的另一个主要特征。林地流进总面积312.2km²,由2005年的草地、耕地转进,比例分别为85.75%和10.08%;草地流出面积为229.2km²,转为林地的面积最大,其次为工业用地和沙地,其他地类较小。

2005—2015年,土地利用转换主要集中在基地北部。其中,北部宁东镇部分草地建设成

表1 宁东煤炭基地土地利用程度综合指数及变化
Table 1 Comprehensive index of land use degree and its change rate in Ningdong coal base

分级类型	分级指数	土地利用类型	2000年	2005年	2010年	2015年
农用地	3	耕地	51.65	49.53	41.78	43.46
林地、草地 水域用地	2	林地	0.75	19.64	20.51	30.29
		草地	105.64	128.98	130.67	115.52
		水域	0.83	2.91	3.28	2.74
建设用地	4	居民地	5.93	6.08	6.79	7.74
		采矿用地	0.77	2.33	4.5	7.04
		工业用地	0.54	1.04	4.9	9.91
		交通用地	1.27	2.09	3.53	4.46
未利用地	1	沙地	6.47	4.25	3.54	2.94
		其他地类	20.85	0.59	0.37	1.01
土地利用程度综合指数 L			194.7	217.45	219.88	225.12

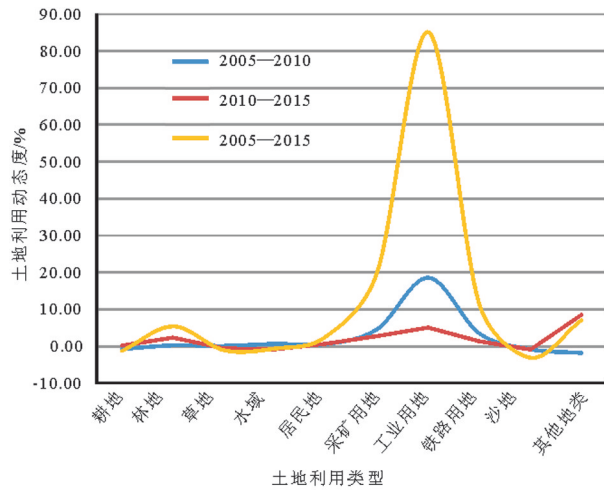


图2 宁东煤炭基地主要地类土地利用年均动态图

Fig. 2 The average annual rate of the main land use type in Ningdong coal base

了综合工业园区及煤化工园区,宁东镇第三居委会西南部草地建设成了临州石油天然气化工园区、庆华煤化工园区;北部杨家庄、赵路圈、中部郭记场和南部王家沟附近耕地退耕为草地;北部方家塘、中部周家沟附近耕地种植柠条变成了林地;北部任家庄与范家庄子草地种植柠条变成了林地;北部宁东

镇第二居委会的李家圈、甜水井、中部的马家庄子、马家窑与南部的新庄、孙家山附近的沙地变成了草地。可见,该基地土地利用转换的空间分布特征表明,其主要表现为边开发占用、边补偿生态用地的特征。

3.4 驱动力分析

(1) 定量分析

矿区土地利用变化是一个复杂的过程,受多种自然和人为因素影响,其中人类活动是矿区土地利用变化的主要驱动力^[28-32]。本文以矿业开发区域土地利用变化驱动因素的理论体系为基础,基于基地特有的资源依托性及化工产业发展过程中对生态的约束,从人口、经济、煤炭产业、生态约束等方面选取指标,构建宁东基地土地利用变化驱动力定量评价的指标体系,利用主成分分析法定量分析宁东煤炭基地土地利用变化驱动力。运用SPSS22软件得到主成分载荷矩阵(表2)。

由表2看出,第一主成分与 $x_5, x_7, x_{10}, x_{12}, x_{13}$ 有较大正相关,而这5个变量与基地资源型产业及经济水平有关性,因此第一主成分可看作煤炭资源产业化与经济水平的代表;第二主成分与 x_1 和 x_2 有较大的相关性,而这2个变量与基地人口有关,因此第二主成分可看作基地人口的代表。以上分析结果表明,选取的16个变量指标可由煤炭资源产业化规模与经济水平及人口规模3个主要因子代表。

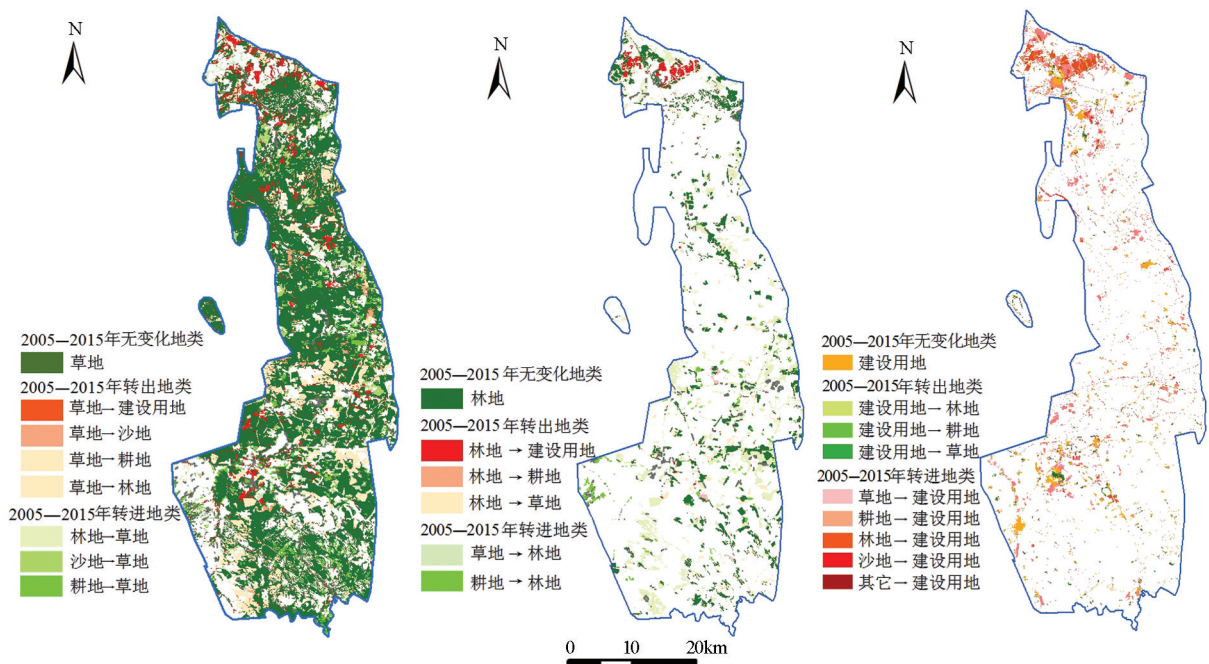


图3 2005—2015年宁东煤炭基地主要地类变化空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of main land use types in Ningdong coal base in 2005—2015

表2 主成分载荷矩阵
Table 2 The component matrix

变量指标	主成分	
	第一主成分	第二主成分
总人口(x1)	0.432	0.883*
第二产业从业人员(x2)	0.037	0.947*
第三产业从业人员(x3)	-0.026	0.055
人口增长率(x4)	0.542	0.039
人均生产总值(x5)	0.839*	0.011
工业生产总产值(x6)	0.746	0.008
第三产业生产总产值(x7)	0.932*	0.005
固定资产投资额(x8)	0.642	0.007
消费性支出(x9)	0.537	0.025
能源生产总量(x10)	0.978*	0.013
能源消耗总量(x11)	0.732	0.014
采矿业就业人数(x12)	0.895*	0.033
煤产值(x13)	0.917*	0.021
工业废水排放量(x14)	0.286	0.423
工业废气排放量(x15)	0.483	0.581
工业固体废弃物产生量(x16)	0.356	0.761

注:*表示与第一、第二主成分相关较大的影响因素

①产业化因素:宁夏持续以煤炭、电力和煤化工为支撑,建设国家级重点能源化工基地,目前已建成并投入生产的包括煤矿、焦炉煤气制甲醇、洗煤厂、电厂、电解铝等一大批大中型能源化工项目。化工园区占用大面积的草地、耕地等,近10年工矿用地面积增加了118.26km²,年变化率达到了40.20%,交通运输用地增加了21.02km²,年变化率达到了11.37%,新增的工矿及交通用地主要占用草地、林地、耕地等农用地。

②人口因素:表2中与第二主成分有较大正相关性的是第二产业从业人员及总人口,均为人口因

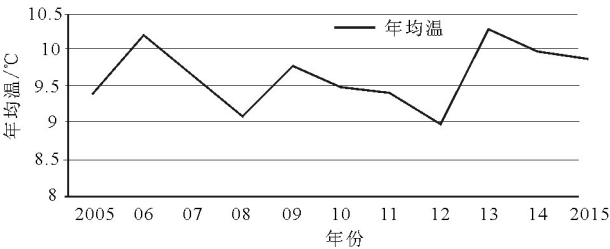


图4 宁东地区2005—2015年均温变化
Fig. 4 The average temperature curve of Ningdong in 2005—2015

素,基地主要涉及6个乡镇,2005—2015年人口数量从7.3万增加到11.6万人,人口增长导致城镇化、交通运输、区位条件、市场需求等变化,并通过对人们生活方式和价值观的影响改变着土地利用的格局^[33],城镇建设用地面积从15.36km²增加到21.73km²。

(2)定性分析

①封山禁牧因素:基地从2005年开始实施封山禁牧、退耕还林等措施,十年间耕地面积减少了70.43km²,较2005年减少了12.24%;林地面积大幅增加,较2005年增加了54.29%。政府政策对土地利用格局的变化有强制性的影响^[34],退耕还林、还草的实施,是基地林地增加的主要原因。

②自然因素:基地2005—2015年气温呈缓慢起伏上升趋势(图4),平均升温率为0.029,极端最低气温-28.0℃,极端最高气温41.4℃,明显增温导致地表蒸发和植物蒸腾作用加强,对植物生长造成一定影响^[35];同时,基地降水总体呈显著增加趋势(图5),平均降水量为203.27mm,降水量年际间变化较大,最大降水量为2012年的341.1mm,最小降水量为2005年的80.4mm。气温及降水量的变化对基地土地利用格局的变化产生了一定影响。

4 结 论

(1)2005—2015年,基地草地、耕地、沙地面积有明显减少,采矿、工业及交通用地面积有较大幅度增加,水域面积总体变化不明显,自然水域面积不断减少而人工水域面积有所增加。2005—2010年,工业、采矿及交通用地增速显著,沙地和耕地缓慢减少;2010—2015年,工业、采矿及交通用地持续中速增长,林地扩展速度较快,沙地和草地减少速度较慢。

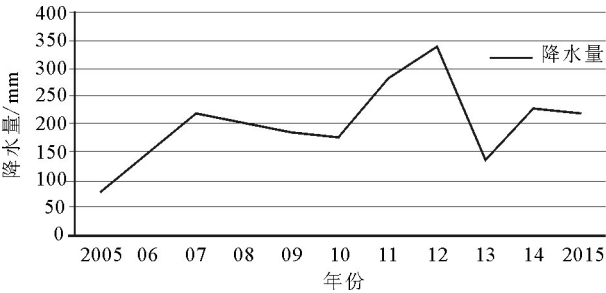


图5 宁东地区2005—2015年降水量变化
Fig. 5 The precipitation change curve of Ningdong in 2005—2015

(2)宁东煤炭基地土地利用程度综合指数表明,2005—2015年,土地利用一直处于合理开发状态,2010年以后开发利用程度较之前略有加大,但总体稳定,土地利用压力趋于下降。

(3)基地土地类型转移特征为:以草地、林地及耕地向采矿用地、工业用地、交通用地及建制镇为主的建设用地转换。耕地、草地向林地转换,草地面积大幅度减少。

(4)基地土地利用变化主要由能源化工产业化规模化、人口增长和城镇化驱动及封山禁牧政策实施,自然因素对土地利用类型的变化也产生了一定影响。

致谢:项目实施过程中中国地质调查局西安地质调查中心何芳高级工程师给予了大力指导,宁夏大学樊新刚老师在论文写作方面给予指导,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1]岑静,陈家玮,杨忠芳.层次分析法在四川省通江县广纳镇土地评估中的应用[J].地质通报,2008,27(2):277-285.
- [2]李传哲,于福亮,刘佳.近20年来黑河干流中游地区土地利用/覆被变化及驱动力定量研究[J].自然资源学报,2011,26(3):353-363.
- [3]李秀彬.全球环境变化研究的核心领域土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J].地理学报,1996,51(6):553-558.
- [4]陈百明,刘新卫,杨红.LUCC研究的最新进展评述[J].地理科学进展,2003,22(1):22-29.
- [5]胡召玲,杜培军,赵昕.徐州煤矿区土地利用变化分析[J].地理学报,2007,62(11):1204-1214.
- [6]毕如田,白中科,李华,等.基于RS和GIS技术的露天矿区土地利用变化分析[J].农业工程学报,2008,24(12):201-204.
- [7]Lausch A, Biedermann F. Analysis of temporal changes in the Lignite mining region south of Leipzig using GIS and landscape metrics[C]//Clare T, Howard D. Quantitative approaches to landscape ecology. 06th-10th September 2000, Bangor, IALE(UK), 2000: 71-83.
- [8]Santo E L, Sanchez L E. GIS applied to determine environmental impact indicators made by sand mining in a floodplain in southeastern Brazil[J]. Environmental Geology, 2002, 41(6): 628-637.
- [9]Gould S F. Comparison of post-mining rehabilitation with reference ecosystems in Monsoonal Eucalypt Woodlands, Northern Australia[J]. Restoration Ecology, 2012, 20(2): 250-259.
- [10]卞正富.国内外煤矿区土地复垦研究综述[J].中国土地科学,2000,14(1):6-11.
- [11]徐友宁,武征,赵志长.西北地区不同类型矿产开发环境地质问题及其产生的主要原因[J].西北地质,2002,35(1):45-46.
- [12]娄华君,庄健鸿.煤矿开采区水、土地与煤炭资源同步利用模式研究[J].资源科学,2007,29(5):90-91.
- [13]陈伟涛,张志,王焰新,等.矿山地质环境遥感监测方法初探[J].地质通报,2010,29(3):457-462.
- [14]马斌,徐志友,卜崇德,等.宁东能源化工基地水土保持生态环境动态监测分析[J].中国水利水电,2011,14:53-56.
- [15]闫军.宁夏宁东能源化工基地土地生态与矿区地质环境研究[D].中国地质大学硕士学位论文,2016:27-28.
- [16]刘纪远.西藏自治区土地利用[M].北京:科学出版社,1992:1-60.
- [17]王秀兰.土地利用/土地覆盖变化中的人口因素分析[J].资源科学,2000,22(3):39-42.
- [18]李进鹏,王飞,穆兴民,等.延河流域土地利用变化对其生态服务价值的影响[J].水土保持研究,2010,17(3):110-114.
- [19]肖思思,吴春笃,储金宇.1980—2005年太湖地区土地利用变化及驱动因素分析[J].农业工程学报,2012,28(23):1-2.
- [20]摆万奇,赵士洞.土地利用和土地覆盖变化研究模型综述[J].自然资源学报,1997,12(2):170-175.
- [21]王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):82-87.
- [22]史培军,宫鹏,李晓兵.土地利用/覆被变化研究的方法与实践[M].北京:科学出版社,2000:99-134.
- [23]谢余初,巩杰,赵彩霞.干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应:以甘肃省金塔县为例[J].水土保持研究,2012,19(2):165-170.
- [24]安美玲,张勃,孙力炜,等.黑河上游土地利用动态变化及影响因素的定量分析[J].冰川冻土,2013,35(2):355-356.
- [25]蒙古军,吴秀芹,李正国.黑河流域1988—2000年土地利用/覆被变化研究[J].北京大学学报(自然科学版),2003,40(6):922-929.
- [26]马潇潇.煤矿区土地利用变化及驱动力分析[D].河南理工大学硕士学位论文,2011:25-26.
- [27]顾朝林.北京土地利用/土地覆盖变化机制研究[J].自然资源学报,1999,14(4):307-312.
- [28]陈浮,陈刚,包浩生,等.城市边缘土地利用变化及人文驱动力机制研究[J].自然资源学报,2001,16(3):204-210.
- [29]樊杰,许豫东,邵阳.土地利用变化研究的人文地理视角与新命题[J].地理科学进展,2003,22(1):1-10.
- [30]Wood D, Lenné J M. 'Received Wisdom' in agricultural land use policy: 10 years on from Rio[J]. Land Use Policy, 2005, 22(2): 75-93.
- [31]毛蒋兴,李志刚,闫小培.快速城市化背景下深圳土地利用时空变化的人文因素分析[J].资源科学,2008,30(6):939-948.
- [32]韩会然,杨成凤,宋金平.北京市土地利用变化特征及驱动机制[J].经济地理,2015,35(5):148-154.
- [33]张军锋.煤矿区土地利用变化与生态环境响应研究[D].西南大学硕士学位论文,2008:19-20.
- [34]娄和震,杨胜天,周秋文,等.延河流域2000—2010年土地利用/覆盖变化及驱动力分析[J].干旱区资源与环境,2014,28(4):15-20.
- [35]马玉峰,高春香.农牧交错带气候变化对土地利用的影响及对策[J].资源科学,2013,4:24-25.