

宁夏水土保持的产业结构影响评价

吴启蒙, 朱志玲, 吴咏梅, 王梅梅, 程淑杰, 王重玲

(宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021)

摘 要:探讨不同生态环境基础和产业条件下的水土流失原因,可为宁夏水土流失分区治理提供理论支持。运用空间叠置、专家集成和系统聚类等定性和定量方法,从水源涵养、防治土壤水力侵蚀和风力侵蚀 3 个方面分析宁夏水土保持生态系统服务功能,同时评价产业结构对宁夏水土保持生态系统服务功能的影响,在此基础上将全区分为水土保持重要地区、中等重要地区和不重要地区。结果表明:水土保持重要地区应注意改变不合理的耕作和工矿开发方式;中等重要地区则应协调好绿洲开发与生态环境的关系,积极开展水土保持生态工程建设;不重要地区产业结构对水土保持的综合影响不显著,但是由于生态环境基础较差,应当注意控制人口增长、积极实施产业转型和加强生态环境恢复治理。

关键词:宁夏;水土保持;生态系统服务功能;产业结构;影响评价

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)04-0116-06

Impact Evaluation on Industrial Structure of Soil and Water Conservation in Ningxia Hui Autonomous Region

WU Qi-meng, ZHU Zhi-ling, WU Yong-mei, WANG Mei-mei, CHENG Shu-jie, WANG Chong-ling

(College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The reasons for soil and water erosion under the different ecological environment and industrial conditions were investigated, which could provide support in theory for the partitioning control of the soil and water erosion in Ningxia Hui Autonomous Region. A series of qualitative and quantitative analysis methods were used in this study, such as spatial overlay analysis, integrating expert system and hierarchical cluster analysis. Water conservation, water and wind erosion control were combined to study the ecosystem service function of soil and water conservation. Meanwhile, the influence of industrial structure on the ecosystem service function of soil and water conservation was evaluated. Based on these analysis, Ningxia Hui Autonomous Region was divided into 3 control regions: important, moderately important and unimportant regions of soil and water erosion. The results showed that: the unreasonable tillage and the mode of industrial and mining exploitation could be changed in important regions of soil and water erosion. The relationship between the oasis exploitation and ecological environment should be coordinated well, and ecological engineering construct should proceed actively in the moderately important regions of soil and water erosion. The industrial structure had no significant influence on the soil and water conservation in the unimportant regions. With regard to the bad ecological environment foundation, we should control the growth of the population, implement the transition of the industry actively, and strengthen the governance of geological environment and ecological restoration.

Key words: Ningxia Hui Autonomous Region; soil and water conservation; ecosystem service; industrial structure; effect assessment

土壤和水分是人类赖以生存和发展的基本条件,类不合理的经济活动,极易造成水土流失^[1]。水土流失在山区、丘陵区 and 风沙区,由于不利的自然因素和人失所带来的后果不仅在于土壤的侵蚀,而且在于随之

收稿日期:2011-12-13

修回日期:2012-03-01

资助项目:国家自然科学基金项目“宁夏中部干旱带生态移民与生态建设互动关系研究”(41161078);宁夏大学 211 工程重点学科建设项目“草业科学与生态工程”子项目

作者简介:吴启蒙(1985—),男,安徽宿州人,硕士研究生,主要从事城市与区域发展规划研究。E-mail:merton001@126.com

通信作者:朱志玲(1969—),女,宁夏银川人,副教授,硕士生导师,主要从事城市与区域发展规划研究。E-mail:zhuzhlnxdx@163.com

产生的区域水源蓄涵能力的下降。土壤侵蚀又进一步造成地表植被破坏和荒漠化,反过来加速了土壤侵蚀。水土流失造成区域生态环境恶化,社会经济发展水平低下,严重制约区域经济发展,危及社会稳定,搞好水土保持是实现经济社会可持续发展的前提和保障。

水土流失是生态系统问题,随着人类活动对生态环境影响的日益加深,在研究水土保持时应重视生态系统的整体性,不仅要考虑自然因素的影响,更要考虑人类活动的作用^[2]。当前关于人类活动对水土保持影响的研究多着眼于强度的定量分析^[3-4],而忽视其作用结构的变化差异,事实上,针对结构变化的研究更有利于深层的机制分析和对策的提出。区域产业结构是人类活动的集中体现,产业结构的变动和组合关系直接或间接反映其对于生态环境影响的程度^[5],研究产业结构的影响在水土保持的重要区域更是具有不容忽视的现实意义。本研究以宁夏产业结构影响下的水土保持生态系统服务功能为视角,分析不同生态环境基础和产业条件下造成水土流失的人类活动原因,从而针对性的提出宁夏水土流失的分区治理模式,研究具有一定的理论价值和实践意义。

1 宁夏水土流失现状

宁夏处于黄土高原与鄂尔多斯高原的交汇过渡地带,宁夏水土流失类型主要有水力侵蚀和风力侵蚀两种。水力侵蚀主要发生在南部黄土丘陵沟壑区,黄土或松散的风化壳在缺乏植被保护情况下极易发生侵蚀,土壤流失更是造成了区域涵养水源能力的下降;风力侵蚀主要发生在中北部地区,该地区受到腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和毛乌素沙地三面包围,降水稀少,蒸发强烈,土壤沙性且干燥,冬春季盛行西北风,造成局部土地沙化严重。

除了恶劣的地理条件,人类活动也是造成宁夏水土流失的重要原因,主要体现在不合理的耕作垦殖、过度放牧以及工业生产和经济建设所带来的地表破坏、植被退化等。根据宁夏水利厅第二次土壤侵蚀遥感调查数据显示,全区水土流失总面积为 36 849 km²,占土地总面积的 71%。每年因水土流失而输入黄河的泥沙约 1 亿 t,严重的水土流失已成为区内的

头号环境问题^[6]。如何根据宁夏南北自然差异大,水土流失类型多的特点,在水土保持工作中因地制宜地展开针对性治理,实现人口、资源、环境和社会经济发展的协调,对宁夏全区水土保持进行产业结构的影响评价意义深远。

2 指标的构建与核算方法

从生态经济理论出发,将水土保持和产业发展统一于区域发展过程中,体现区域生态系统的可持续发展水平和能力,在评价中遵循区域空间结构的相似性和差异性、数据的易获取和可操作性、评价结果的准确性和科学性等原则,构建宁夏水土保持生态系统服务功能的产业结构影响评价体系(表 1)。

表 1 宁夏水土保持生态系统服务功能的产业结构影响评价指标体系

系统	指标
生态系统服务功能(P_1)	水源涵养
	土壤防水蚀
	土壤防风蚀
	种植业比重
产业结构作用(P_2)	林业比重
	畜牧业比重
	采掘业比重
	建筑业比重

2.1 生态系统服务功能指标解释及核算方法

生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用,它不仅为人类提供生产生活原料,还支撑与维持人类赖以生存的环境,如气候调节、水源涵养、土壤保持、生物多样性保护等^[7]。文中选取水源涵养、土壤防水蚀、土壤防风蚀 3 个方面体现宁夏水土保持的生态系统服务功能。该系统从生态系统服务功能理论出发,运用 GIS 软件对水源涵养、土壤防水蚀、土壤防风蚀 3 个指标所涉及的影响因子进行空间叠置,水源涵养重要性通过直接计算得出,土壤防水蚀重要性和土壤防风蚀重要性则是在先确定水蚀敏感性和风蚀敏感性的条件下得出。评价过程中,对各指标影响因子分别进行重要性或敏感性分级判定,最后对各因子赋值并进行综合计算,结果作为指标得分从低到高对指标的重要性或敏感性进行划分,分级标准见表 2。

表 2 宁夏水土保持生态系统服务功能及产业结构影响分级标准

因素分级	不重要 (不敏感)	较重要 (轻度敏感)	中等重要 (中度敏感)	重要 (高度敏感)	极重要 (极敏感)
赋值	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
分级标准	0.1~0.2	0.21~0.4	0.41~0.6	0.61~0.8	>0.8

指标得分采取对其影响因素的分值取几何平均

数的方法得到,以满足最大限制因素律,既体现了综

合评价的思想,又不忽视限制因素极端值的作用^[8]。公式如下:

$$DS = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n C_i S_i}$$

式中:DS——指标得分; S_i ——该指标的第 i 个影响因素得分; n ——该指标影响因素的个数。

2.1.1 水源涵养重要性评价 水源涵养的生态系统服务功能重要性在于整个区域对评价地区水资源的依赖程度及该地区的洪水调节作用,这里根据评价地区在流域所处的地理位置,以及对流域水资源的贡献来评价,宁夏区域水源涵养重要性分级标准见表 3。

表 3 宁夏水源涵养重要性分级表

类型	干旱	半干旱	半湿润	湿润
城市水源地	极重要	极重要	极重要	极重要
农灌取水区	极重要	极重要	中等重要	不重要
洪水调蓄	不重要	不重要	中等重要	极重要

根据宁夏全区各气象站点 2001—2010 年降水量分布数据,取平均值采取内插法绘制宁夏 200,400,800 mm 等降水量线,将宁夏划分为干旱区(<200 mm)、半干旱区($200 \sim 400$ mm)和半湿润区($400 \sim 800$ mm)3 类地区。城市水源地和农灌取水区根据水利部门资料绘制,原图比例为 1:180 万。考虑洪水调蓄指标受到汇水面积、地势和地表覆盖等因素影响,以 2000 年 90 m 分辨率的 SRTM 3 数据为基础,通过 ArcGIS 下的 DEM 插值计算工具(AGREE)绘制地表水网络中的天然水流关系,构建各个计算单元的地下水开采补给网络,再通过人工添加水网实现洪水调蓄分区。在此基础上,分别对城市水源地、农灌取水区和洪水调蓄 3 种类型进行分级评价,从低到高依次分别为极重要、中等重要、不重要(附图 3a)。

极重要地区包括贺兰山及沿贺兰山东麓地区、罗

山和六盘山地区。贺兰山为地下水补给区,东麓为径流区,是银川市、石嘴山市等沿山城镇重要水源地;罗山地处荒漠草原与典型草原过渡地带,是苦水河等水系的发源地,同时也是同心县和红寺堡区的城镇水源地和农灌取水区;六盘山属半湿润地区,地势起伏度大,植被覆盖较茂盛,包括泾河、葫芦河水系,下游分布冬至河水库、夏寨水库、店洼水库等一系列重要水库工程,是固原市各县区重要的城镇水源地和农灌取水补给区。

中等重要地区主要包括灌区、六盘山北部的黄土沟壑区,以及盐池南部丘陵区。灌区横跨干旱区和半干旱区,其间分布青铜峡水库,鸭子荡水库,唐徕渠,秦渠等一系列水库工程,是银川市、吴忠市和中卫市各县区的重要水源地和农灌取水区,其中鸭子荡水库是宁东能源化工基地的正常生产生活取水区;六盘山北部地区包括葫芦河、清水河、泾河水系,地形起伏度大,分布一系列库井水库,与固原市各县区和海原县工农业生产密切相关;盐池南部丘陵区分布有泾河水系,地形起伏高,是水土流失治理的重要区域。不重要地区主要分布在宁夏中部干旱区风沙区,包括中卫市沙坡头区市和中宁县的南部地区,海原县、同心县和盐池县的大部分地区,以及固原市的北部地区。

2.1.2 土壤防水蚀重要性评价 土壤防水蚀重要性评价是根据年径流量和输沙量将区域内水系进行等级划分,在考虑土壤降水侵蚀敏感性的基础上,分析土壤在水蚀作用下对下游河流和水资源可能造成的危害程度。影响土壤水蚀敏感性的因子较多,一般来说,在自然状况下降雨、土壤质地、地形起伏度和植被等因子对土壤侵蚀有重要的影响,宁夏土壤水蚀敏感性分级见表 4。

表 4 宁夏土壤水蚀敏感性影响因素及分级

因素分级	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
降雨侵蚀力/($J \cdot cm \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$)	<25	$25 \sim 100$	$100 \sim 400$	$400 \sim 600$	>600
土壤质地	石砾、沙	粗砂土、细砂土、黏土	面砂土、壤土	砂壤土、粉黏土、壤黏土	砂粉土、粉土
地形起伏度/m	$0 \sim 20$	$20 \sim 50$	$51 \sim 100$	$101 \sim 300$	>300
植被覆盖类型	水体、草本沼泽、稻田	阔叶林、针叶林、草甸、灌丛和萌生矮林	稀疏灌木草原	荒漠	裸地

降水是影响土壤侵蚀的主要因子,参考周伏建等的大量研究成果,降雨侵蚀力 R 值的简便算式为^[9]:

$$R = - \sum_{i=1}^{12} (-2.6398 + 0.6046 P_i)$$

式中: R ——降雨侵蚀力[($J \cdot cm$)/($m^2 \cdot h$)]; P_i ——月降雨量(mm)。根据上式,利用宁夏全区各气象站点 2001—2010 年降雨记录资料计算出宁夏各气象站

点的 R 值,利用内插法得到降雨侵蚀力等值线并完成分区。土壤质地分区图根据 2006 年版《宁夏回族自治区国土资源地图集》中 1:180 万底图绘制,利用 GIS 软件生成;地形起伏度通过利用 ArcGIS 软件在 GRID 模块下使用栅格邻域计算工具对 DEM 影像进行处理获取^[10];植被类型图根据宁夏植被类型分布图等资料,利用 GIS 软件生成。

表 5 宁夏土壤防水蚀重要性分级

主要水系	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
黄河水系、清水河水系	不重要	中等重要	极重要	极重要	极重要
苦水河水系、葫芦河水系、泾河水系	不重要	较重要	中等重要	中等重要	极重要
盐池内流水系、甘塘内陆河水系	不重要	不重要	较重要	中等重要	中等重要

根据年径流量和输沙量将黄河水系、清水河水系、苦水河水系、葫芦河水系、泾河水系、盐池内流水系和甘塘内陆河水系等进行等级划分(表 5),结合土壤质地敏感性评价结果,宁夏土壤保持重要性型分为极重要、中等重要、较重要(附图 3b)。

极重要地区包括南部黄土丘陵沟壑区和中部干旱草原区,在土壤水蚀敏感性分级中以极敏感为主,由于地形起伏度比较大,土壤水蚀影响严重;中等重要地区包括银川平原、宁东、石嘴山煤田、卫宁灌区,土壤水蚀敏感性分级以中度敏感为主,地形起伏不

大,水土流失危害比较轻,但对周边城市和道路影响至关重要;较重要地区包括贺兰山、六盘山、天都山、马万山、月亮山地区,土壤水蚀敏感性分级以轻度敏感为主,地形起伏比较大,但植被覆盖较好,有利于水土保持。

2.1.3 土壤防风蚀重要性评价 土壤防风蚀重要性评价是根据土壤质地、冬春季大于 6 m/s 的大风天数、植被覆盖度及湿润指数等因子确定宁夏全区土壤在自然因素作用下的风蚀敏感性,再根据其敏感性和可能影响范围划定防风蚀重要性分区。

表 6 土壤风蚀敏感性影响因素及分级

影响因素分级	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
湿润指数	>0.65	$0.50\sim0.65$	$0.20\sim0.50$	$0.05\sim0.20$	<0.05
冬春季大于 6 m/s 的天数/d	<15	$15\sim30$	$30\sim45$	$45\sim60$	>60
土壤质地	基岩	黏质	砾质	壤质	沙质
植被覆盖	>0.7	$0.5\sim0.7$	$0.3\sim0.5$	$0.1\sim0.3$	<0.1

结合宁夏各县市气象部门年降水量和蒸发量、冬春季风 2001—2010 年数据和资料取平均值计算(表 6),并利用 GIS 软件分别生成湿润指数分区图和冬春季大于 6 m/s 的风频分区图。植被覆盖度利用 2010 年 30 m 分辨率 TM 影像提取 NDVI 值获得,利用 ERDAS 软件生成植被覆盖度等级图^[11]。

在土壤风蚀敏感性分区的基础上,通过分析该地区风沙所造成的生态环境的可能后果与影响范围,来评价该区土壤防风蚀重要性。若该区风沙对多个市县的生态环境造成严重不利影响,则该区对土壤风蚀有极重要的作用;若该区风沙只对少数县市的生态环境造成不利影响,则该区对土壤风蚀控制有中等重要的作用。评价指标与分级标准见表 7。

表 7 宁夏土壤防风蚀重要性分级

敏感性分级结果或影响范围	重要性等级
极敏感、高度敏感或影响多个市县	极重要
中度敏感或影响少数市县	中等重要
轻度敏感	较重要
不敏感	不重要

根据上述分级标准,对宁夏土壤防风蚀重要性进行评价分级,分为极重要地区、中等重要地区、较重要地区和不重要地区(附图 3c)。

极重要地区主要包括腾格里沙漠接壤的中卫市的北部边缘地带和乌素沙漠接壤的盐池的大部分地区,包括灵武县域内东部的区域,在土壤风蚀敏感性

分级中以极敏感和高度敏感为主;中等重要地区主要包括贺兰山东麓以及与严重风沙化区域的周边地区,在土壤风蚀敏感性分级中以中度敏感为主;较重要地区主要包括在青铜峡灌区和卫宁灌区,以及南部黄土丘陵区;不重要地区主要包括贺兰山和六盘山山地。

对水源涵养重要性、土壤防水蚀重要性和土壤防风蚀重要性 3 项指标进行核算。先运用 GIS 软件对水源涵养重要性、土壤防水蚀重要性和土壤防风蚀重要性的评价结果分区图进行叠加,对所得每一个图斑的三项得分取几何平均数后按照最大值标准化处理,作为该系统综合得分 P_1 。

2.2 产业结构作用指标解释及核算方法

产业结构作用反映区域产业经济对水土流失的综合作用结构,参照乌敦等^[12]的研究成果,这里选取对水土流失作用比较明显的种植业、林业、畜牧业、采掘业和建筑业 5 类产业 2010 年产值比重,根据宁夏水土流失的实际情况确定其影响系数分别为 3,1,3,5,2。对于这 5 项指标的得分,通过引入彭建等^[13]提出的区域生态环境影响指数(influence index of industrial structure on natural environment, IISNE),该指数综合表征一定区域产业结构对生态环境的总体结构性影响。这里仅筛选造成水土流失的行业指标,构建人类活动对区域水土流失的综合影响指数 IISNE_{水土流失},反映人类活动对区域水土流失的作用结构,其具体计算方法是各产业产值比重与影响系数

的加权求和。对各县市区的计算结果进行最大值标准化处理,作为该系统综合得分 P_2 ,见下式:

$$P_2 = [\text{IISNE}_{\text{水土流失}}] = \left(\sum_{i=1}^n X_i K_i \right)$$

式中: X_i ——对水土流失造成影响的某类产业产值比

重; K_i ——其对应的影响系数; n ——造成水土流失产业的数目,文中 $n=5$ 。各县市区产业结构的水土流失综合影响计算结果见表 8,表中数据来源于宁夏回族自治区统计局、《宁夏统计年鉴 2011》,采掘业数据根据实际作用地重新核算。

表 8 宁夏各县市区产业结构的水土流失综合影响

行政区	种植业	林业	畜牧业	采掘业	建筑业	IISNE _{水土流失}	P_2
银川市	0.016	0.000	0.009	0.000	0.053	0.182	0.044
永宁县	0.102	0.002	0.034	0.000	0.019	0.449	0.109
贺兰县	0.129	0.001	0.024	0.000	0.034	0.528	0.128
灵武市	0.032	0.002	0.016	0.775	0.049	4.118	1.000
石嘴山市	0.016	0.001	0.005	0.155	0.071	0.979	0.238
平罗县	0.094	0.001	0.019	0.000	0.067	0.472	0.115
利通区	0.074	0.001	0.077	0.000	0.037	0.527	0.128
红寺堡区	0.526	0.048	0.079	0.000	0.003	1.869	0.454
青铜峡市	0.052	0.002	0.027	0.000	0.069	0.376	0.091
盐池县	0.077	0.023	0.089	0.000	0.045	0.613	0.149
同心县	0.187	0.011	0.125	0.000	0.000	0.945	0.230
原州区	0.256	0.011	0.079	0.000	0.005	1.026	0.249
西吉县	0.409	0.015	0.113	0.000	0.000	1.581	0.384
隆德县	0.354	0.024	0.146	0.000	0.002	1.527	0.371
泾源县	0.203	0.058	0.127	0.000	0.015	1.078	0.262
彭阳县	0.324	0.038	0.193	0.306	0.016	3.153	0.766
沙坡头区	0.117	0.003	0.042	0.000	0.030	0.540	0.131
中宁县	0.121	0.003	0.040	0.000	0.054	0.593	0.144
海原县	0.369	0.020	0.118	0.000	0.001	1.485	0.361

注:数据来源于宁夏回族自治区统计局及《宁夏统计年鉴 2011》。

3 评价结果及建议

3.1 指标体系的合成和评价结果

在行政分区的基础上,将各行政区赋予产业结构对水土流失综合影响的计算结果 P_2 ,和生态系统服务功能重要性评价结果 P_1 进行空间叠置,对所得图斑的 P_1 和 P_2 两个属性求几何平均数,即得最终评价结果。按照表 2 的赋值分级标准,将产业结构影响下的宁夏水土保持生态系统服务功能评价结果分为重要地区、中等重要地区和不重要地区(附图 3d)。

重要地区分布在黄土丘陵沟壑区的南部;中等重要地区主要分布在引黄灌区和红寺堡灌区;不重要地区主要包括中部干旱风沙区和黄土丘陵沟壑区的北部,以及卫宁平原的北部边缘地区。

3.2 分析和建议

重要地区从行政界限上看包括固原市的隆德、泾源、彭阳 3 县。其中,隆德、泾源两县是水源涵养的极重要地区,造成水土流失的产业结构影响主要体现在种植业上,水土保持工作的重点在于改变不合理的耕作方式以防止植被破坏,采取工程措施就地拦截地表径流,提高土壤的水分供应^[14],在保护天然植被的基础上大力发展人工混交林;彭阳县是土壤防水蚀的极

重要地区,造成水土流失的产业结构影响主要体现在种植业上和采掘业上,水土保持工作的重点除了要做到上述内容以外,还应在工矿开发的同时加强监督管理,坚持水土保持设施的同步发展,制定相应水土保持方案制度,明确责任、严格执行。

中等重要地区从行政界限上看包括石嘴山市两区一县、银川市三区两县和灵武市的西部,吴忠市的利通区、红寺堡区和青铜峡市,中卫市沙坡头区和中宁县的北部地区。造成水土流失的产业结构影响主要体现在建筑业上,其中灵武市(主要是宁东能源化工基地)对水土流失的影响最为明显。虽然水土保持生态系统服务功能的重要性程度不高,但是该地区属于宁夏人口和经济活动的密集区域,人地矛盾突出、生态问题尖锐^[15]。一旦生态环境恶化,水土流失的速度和后果不堪设想。因此,应协调好绿洲开发与生态环境的关系,积极开展水土保持生态工程建设,在城市建设和工业生产中注意植被和土壤表层保护,控制和减少影响范围,做好影响区域施工管护和恢复治理。

不重要地区行政界限上看主要是盐池、同心、海原、西吉等县,固原市的原州区,以及中卫市沙坡头区和中宁县的南部地区和北部边缘地带,上述地区人口

密度较小,产业结构所造成的综合影响不大。但是值得注意的是,该地区属生态环境脆弱区,几乎包含了土壤防水蚀和防水蚀的全部极重要区域。应当注意控制上述地区的人口增长、积极实施产业转型,在保障生态移民政策顺利实施的同时,加强对上述地区的恢复治理。

4 结语

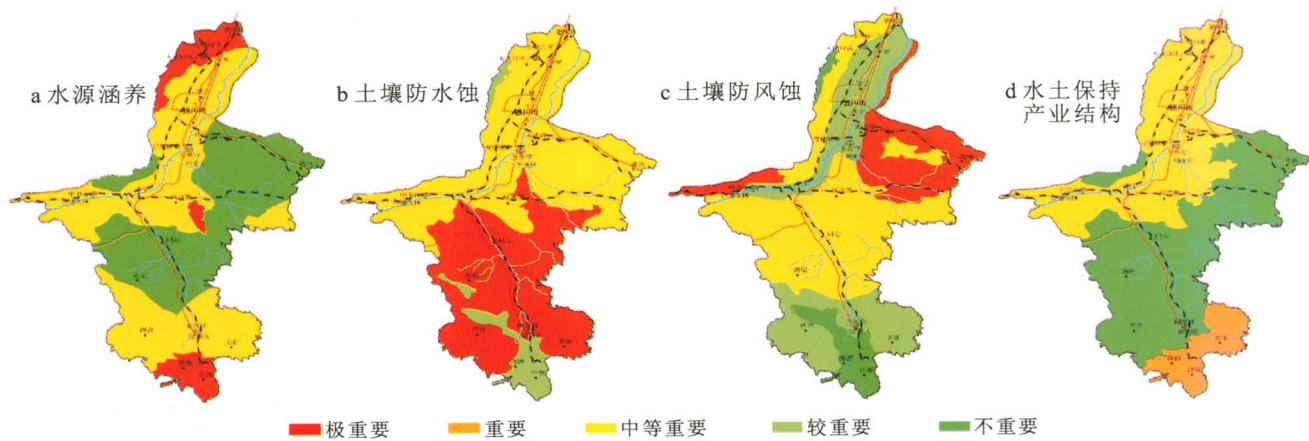
本研究在区域水土保持生态系统服务功能研究的基础上考虑了产业结构的影响,对水土保持的分区治理有一定的借鉴意义。需要指出的是,由于数据获取手段的局限性,在评价过程中认为人类活动的影响在行政上最小空间单元分布是均质的,不利于在更小尺度评价对象的推广,这也是以后研究需要改进之处。

参考文献:

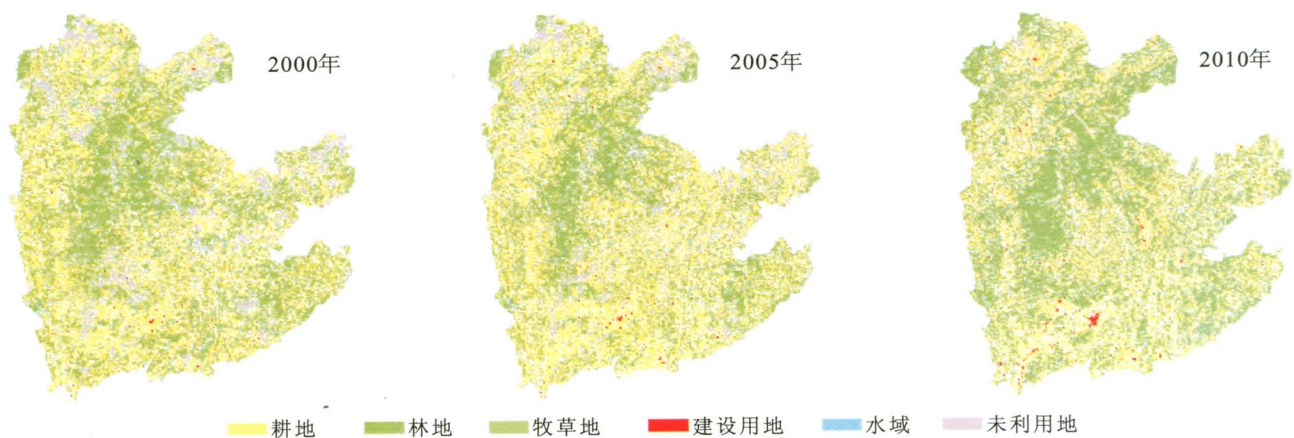
- [1] 水利部水土保持司. 水土保持科普知识读本[M]. 河南: 黄河水利出版社, 2003.
- [2] 王辉, 莫多闻, 苏成. 土壤侵蚀研究中有关的人地关系问题探讨[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 56-58, 99.
- [3] 孙家国, 谷艳玲, 母成波. 黑龙江垦区水土保持分区模式研究[J]. 中国西部科技, 2010, 9(34): 4-5, 25.
- [4] 张信宝, 周杰, 安芷生. 对黄土高原水土保持分区的修改意见[J]. 人民黄河, 1999, 21(8): 33-35, 39.
- [5] 汤进华, 钟儒刚. 武汉市产业结构变动的生态环境效应研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(2): 259-263.
- [6] 王立明, 张宁. 宁夏水土保持现状与发展对策[J]. 中国水土保持, 2010(8): 13-15.
- [7] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [8] 王令超, 刘荷芬, 王国强. 基于 GIS 工作平台的农用地定级方法研究[J]. 地域研究与开发, 1999, 18(4): 20-22.
- [9] 周伏建, 陈明华, 林福兴, 等. 福建省降雨侵蚀力指标 R 值[J]. 水土保持学报, 1995, 9(1): 8-12.
- [10] 刘新华, 杨勤科, 汤国安. 中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 57-62.
- [11] 龚建周, 夏北成. 基于遥感影像的广州市植被覆盖度内部结构与时空变化[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(4): 25-29.
- [12] 乌敦, 李百岁. 鄂尔多斯市产业结构变化及其生态环境效应[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(5): 6-10.
- [13] 彭建, 王仰麟, 叶敏婷, 等. 区域产业结构变化及其生态环境效应: 以云南省丽江市为例[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 798-806.
- [14] 丁琳霞, 穆兴民. 水土保持对小流域地表径流时间特征变化的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(3): 103-106.
- [15] 魏晓, 孙峰华. 宁夏水土保持及区划研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 119-121.
- [16] 研究[J]. 遥感技术与应用, 2002(6): 293-298.
- [17] 贾宝全, 马玉峰, 仇宽彪. 伊金霍洛旗近 15 年来植被覆盖度的动态变化[J]. 干旱区地理, 2009(7): 481-487.
- [18] 刘云芳, 李瑞, 张克斌, 等. 基于 NDVI 的农牧交错带草地植被数量动态研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(10): 137-143.
- [19] 成军锋, 贾宝全, 赵秀海, 等. 干旱半干旱地区植被覆盖度的动态变化分析: 以毛乌素沙漠南部为例[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(12): 172-176.
- [20] 马永欢, 周立华, 朱艳玲, 等. 近 50 年来盐池县土地沙漠化驱动因素的时间变化[J]. 干旱区研究, 2009, 26(2): 249-254.
- [21] 毋兆鹏, 陈学刚, 卢燕. 新疆典型沙尘暴源区绿洲土地荒漠化的动态变化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(11): 23-28.
- [22] 张应昌, 常兆丰. 民勤荒漠区植被退化动态定位研究[J]. 干旱区研究, 2008, 25(1): 16-21.
- [23] 沈彦, 张克斌, 杜林峰, 等. 封育措施在宁夏盐池草地植被恢复中的作用[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(3): 90-93.

(上接第 115 页)

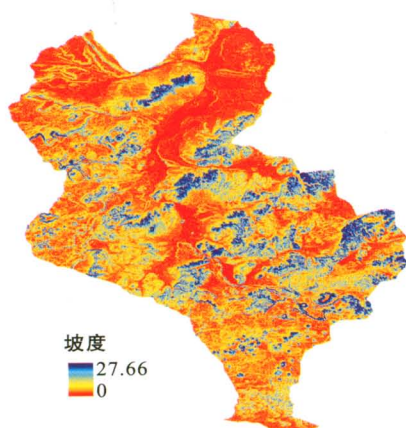
- [5] Los S O, Collatz G J, Sellers P J, et al. A global 9—years biophysical land—surface data set from NOAA AVHRR data[J]. Journal of Hydrometeorology, 2000, 1(2): 183-199.
- [6] Peter R J. North Estimation of FAPAR, LAI, and vegetation fractional cover from ATSR—2 imagery[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 114-121.
- [7] 杨胜天, 刘昌明, 杨志峰, 等. 南水北调西线调水工程区的自然生态环境评价[J]. 地理学报, 2002, 57(1): 11-18.
- [8] Lepeieur C, Verstraete M M, Pinty B. Evaluation of the performance of various vegetation indices to retrieve vegetation cover from AVHRR data[J]. Remote Sensing Review, 1994, 10(4): 265-284.
- [9] 李苗苗, 吴炳方. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 153-159.
- [10] Bradley C R. The influence of canopy green vegetation fraction on spectral measurements over native tall grass prairie[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 81(1): 129-135.
- [11] 高志海, 魏怀东, 丁峰. TM 影像荒漠化解译与成图技术



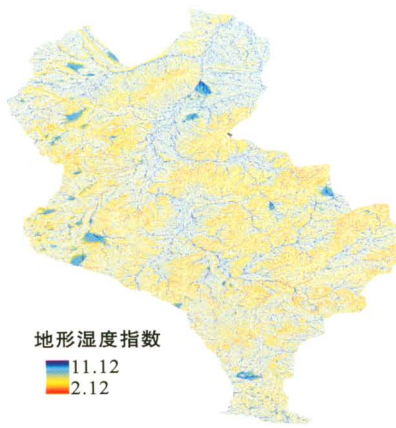
附图3 宁夏水源涵养、土壤防水蚀和防风蚀以及水土保持产业结构重要性评价分区



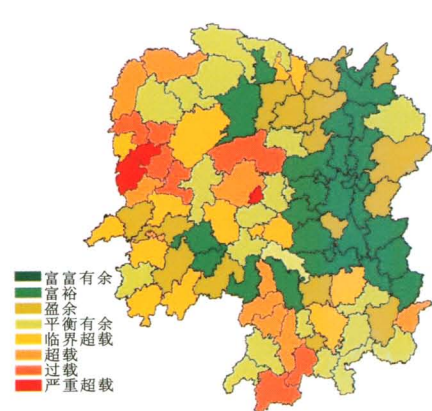
附图4 贵州省绥阳县2000—2010年土地利用/土地覆被变化



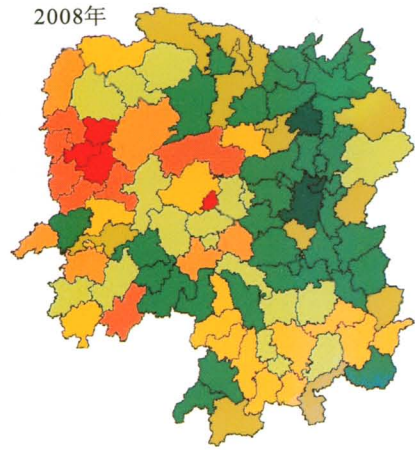
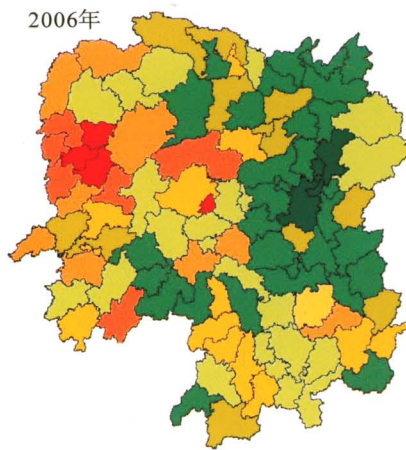
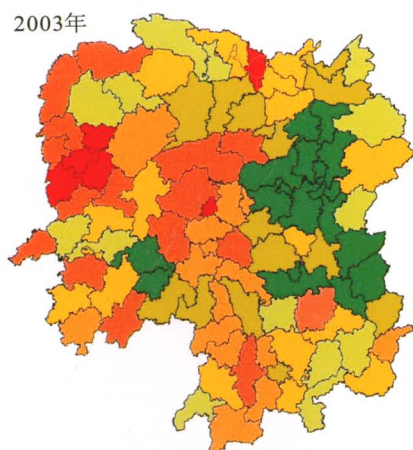
附图5 内蒙古锡林浩特市坡度变化



附图6 内蒙古锡林浩特市地形指数



附图7 2000年湖南省人粮关系分布状况



富有余 富裕 盈余 平衡有余 临界超载 超载 过载 严重超载

附图8 2003—2008年湖南省人粮关系分布状况