

西天山吐拉苏地区生态环境敏感性评价

穆媛芮^{1,2}, 胡建团¹, 郭洁¹, 李蓬勃¹, 张旺生¹, 焦英霞¹

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 新疆地矿局第十一地质大队, 新疆 昌吉 831100)

摘要: 针对生态环境研究中的核心问题——敏感性评价,以西天山吐拉苏地区为研究区,用土壤、植被、气候、地形地貌等多种自然生态因子对该区生态系统的敏感程度进行了分析。借助遥感技术,通过图像处理、判读解译等方法,分类提取出研究区内土地利用、草场利用等信息;利用地理信息系统(GIS)空间分析功能,采用层次分析法(AHP),对各个生态敏感性影响因子进行加权叠加,得出综合敏感性指数,据此将吐拉苏地区生态敏感性划分为非敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极高敏感 5 个等级。并提出了改善该地区生态敏感性对策和建议。

关键词: RS 和 GIS; 吐拉苏地区; 敏感性评价

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)06-0292-04

中图分类号: X826

Evaluation on Environmental Sensitivity of Tulasu Area in Weastern Tianshan Mountain

MU Yuan-rui^{1,2}, HU Jian-tuan¹, GUO Jie¹, LI Peng-buo¹, ZHANG Wang-sheng¹, JIAO Ying-xia¹

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;

2. Eleventh Geological Team, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Changji, Xinjiang 831100, China)

Abstract: Eco-environment sensitivity evaluation is recognized as the core issue of eco-environment of Tulasu area in Weastern Tianshan Mountain. The sensitivity of ecosystems in this area were analyzed with regard to soil, vegetation, climate, topography and other natural ecological factors. Based on the remote sensing(RS) technology, land use, pasture use and other information were extracted through image processing and interpretation. Based on GIS spatial analysis functions and the analytic hierarchy, the various factors affecting ecological sensitivity were combined by weights, and a synthesized sensitivity index was obtained. Based on the in-depth analysis of the ecological problems and their forming factors, some measures and suggestions were proposed to improve the ecological sensitivity. The results showed that the eco-environment sensitivity of Tulasu area could be divided into five categories, i. e., non-sensitive area, mildly sensitive area, moderately sensitive area, highly sensitive area and extremely sensitive area. In addition, this study could provide scientific reference and technical support for the study of ecological environmental protection and the rational development of tourism resources and mineral exploitation.

Keywords: RS and GIS; Tulasu area in Weastern Tianshan Mountain; sensitivity evaluation

生态环境敏感性是指生态系统对各种环境变异和人类活动干扰的敏感程度,即生态系统在遇到干扰时,生态环境问题出现的概率大小^[1]。在自然状况下,各种生态过程维持着一种相对稳定关系,保证着生态系统的相对稳定,而当外界干扰超过一定限度时,这种稳定关系将被打破,导致严重的生态环境问题^[2]。目前国内外对于生态环境敏感性的研究比较重视,也取得了不少成果,然而县区尺度的相关研究相对较少,吐拉苏地区生态环境非常敏感,特别是水

土流失生态问题已影响到区域可持续发展。为此,利用吐拉苏地区生态环境调查资料,对吐拉苏地区生态环境敏感性进行单因素和综合评价,以期为该地区生态环境规划和管理提供生态学依据。

1 研究区概况和资料准备

1.1 研究区概况

吐拉苏盆地地处新疆维吾尔自治区伊犁州伊宁县北部,距伊宁县城约 50 km 处。位于伊犁河谷北

收稿日期:2011-11-25

修回日期:2012-02-15

资助项目:省部级项目“新疆阿希金矿深部及外围成矿预测研究”(KH106223)

作者简介:穆媛芮(1986—),女(回族),新疆自治区伊犁州人,硕士研究生,研究方向为自然灾害学。E-mail:myr1986@163.com。

通信作者:张旺生(1955—),男(汉族),湖北省咸宁市人,博士,教授,研究方向为地质灾害学。E-mail:sd2411863@163.com。

岸和西天山西端的科古琴山南麓的倾斜山区中,处于东经 $81^{\circ}15'—82^{\circ}20'$,北纬 $44^{\circ}00'—44^{\circ}25'$ [3]。吐拉苏盆地呈近东西向展布,地处中低山区,平均海拔 $1\ 000—3\ 000\text{ m}$ 。区内气候类型属于大陆性温带半干旱气候,夏季凉爽多雨,降水量 $600—800\text{ mm}$,气温变化剧烈,温差大。凭借天山的雪水,牧草生长良好,是伊宁县的主要牧区之一[4],为国家级二类草场。山巅终年积雪,土壤类型为冰沼土,雪线以下系山地潮土,生长有各种牧草,是优良的夏季牧场;山地森林带内是褐色森林土,有着丰富的森林资源;山麓缓坡地带为栗钙土和黑钙土,是优良的春秋牧场。研究区位于倾斜冲积平原区地带,成土母质为火成岩的风化产物和黄土及黄土状物。由于该区富含自然矿产资源,是西天山最大的金矿区。近几年,对矿产资源的勘探开发及过度放牧,非法砍伐,已给该区的生态环境造成了极大的威胁和破坏,迅速加剧了区内生态环境的恶化。

1.2 资料准备

1.2.1 吐拉苏盆地 TM 遥感影像 研究收集吐拉苏地区 2006 年 8 月 22 日的 TM 遥感影像以及相关遥感数据,在 ERDAS 软件下进行几何校正、配准和直方图匹配以及掩模处理后,获取 NDVI 指标,进而计算植被覆盖率。

1.2.2 吐拉苏地区 2006 年生态环境基础资料 资料

主要来源于伊宁市农业局和气象局的土壤质地、地貌类型、降水等自然环境数据,以及 1:20 万吐拉苏地区地形图和土地利用现状图。在 MapGIS 和 ArcGIS 软件支持下将这些资料中的图形进行地图数字化。

2 评价指标体系的建立及权重确定

2.1 评价方法

采用单因子分析和多因子综合评价相结合的方法[5-6]。根据研究区的水土流失过程机理选取降水、土壤、地形和植被 4 个影响因子指标,建立水土流失敏感性评价指标体系,在 GIS 软件支持下得到各单因子敏感性分布图,利用 GIS 的空间分析功能,将各单因子敏感性分布图进行叠加分析,参照生态环境敏感性指数的分级标准,对研究区进行划分,最终获得生态环境敏感性评价结果图[7]。

2.2 评价指标体系的构建

以吐拉苏地区生态环境质量的综合评价为目标,结合研究区自然环境状况及主要生态问题,选取适当的因子进行评价。由于吐拉苏地区水土流失较为严重,因此,选取降水、地形、土壤质地以及植被这 4 组指标,建立吐拉苏地区生态环境质量综合评价指标体系。在进行吐拉苏地区生态环境敏感性评价时参考通用水土流失方程各因子指标(表 1),并考虑 RS 技术及 GIS 技术对资料的存取、表达和计算的可行性。

表 1 研究区生态环境敏感性评价指标体系分级标准

因子指标	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
降水侵蚀力	<25	25~100	100~400	400~600	>600
地形起伏度	<50	50~200	200~300	300~400	>400
土壤质地	石砾、黏土	壤土	壤沙土	粉砂土	砂土
植被覆盖率/%	80~100	60~80	40~60	20~40	0~20
敏感性赋值	1	3	5	7	9

2.2.1 地形因素 地形起伏是导致水土流失的最直接因素。地形起伏度是研究区单位面积最高点与最低点高程之差,可宏观地反映研究区的地标起伏特征。基于 ArcGIS 软件平台和表 1 分级标准,可绘制地形起伏度对生态环境敏感性分布图,并统计不同地形起伏度下水土流失敏感性分布状况。分析研究区地形起伏度分布图可以得出,地形起伏较小,水土流失敏感性较低,随着地形起伏度的增大,水土流失敏感性增强。研究区在地形起伏度超过 200 m 的地区中,中度以上敏感区面积所占比例为 30.69%。

2.2.2 降雨因素 降雨是引起土壤侵蚀的直接外营力,暴雨对土壤的分散,破坏作用最大,同时又会增强地表径流的冲刷和搬运能力,从而加剧水土流失。吐

拉苏地区属于中低山区,降雨量较多,积雪较厚,夏季常发生暴雨。因此,采用降水侵蚀力来反映土壤侵蚀的程度,降水侵蚀力选用 Wischmeier 的经验公式:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 0.179 P_i^{1.5527} \quad (1)$$

式中: R ——降水侵蚀力; P_i ——各月平均降水量[8-9]。采用公式(1)计算方法得到吐拉苏地区的 R 值概略分布图,用来评价降水因子的水土流失敏感性。分析得到,吐拉苏地区的 R 值从北向南逐渐减小,由北部的 595.600 4 减少至南部 402.678 6,按照水土流失敏感性因子分级标准可知,该区属于高度敏感区。

2.2.3 土壤质地 土壤质地是指土壤中各级土粒含

量的相对比例及其所表现得土壤砂黏性质,是反映土壤理化性质的综合指标。土壤质地越黏重,稳定性越好,敏感性程度越低,反之,土壤质地越砂,稳定性越差,敏感性程度越高^[10]。吐拉苏地区广泛分布着砂砾土及黄土,黄土疏松、虫孔、大孔隙构造、垂直节理较发育,湿陷性较强,力学性质较差,且黄土较薄^[11],遇到降水或融雪时,黄土自身的重力加大,容易造成水土流失。由附图 12 可以得出,研究区内主要的土壤质地类型有砂土(16.25%)、粉砂土(38.60%)、壤砂土(24.08%)、壤土(3.10%)、石砾、黏土(17.98%)等 5 种类型。

2.2.4 植被覆盖度 植被是生态环境的重要组成部分,植被能够覆盖地面,其根系可以固结土壤,截持降雨,减小流速,过滤淤泥,能减少或防止水土流失。植被越好,形成的生态系统系统结构越复杂,稳定性越大,抗干扰能力越强,环境敏感性也就越低,反之则敏感性越高。然而,吐拉苏地区植被主要以牧草为主,牧草根根系固结深度小,若无限制的放牧和开垦,则很容易水土流失的发生。

本研究中采用 Gutman 提出的等密度模型计算植被覆盖度,计算公式为:

$$f_g = \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: f_g ——植被覆盖度;NDVI——归一化植被指数;NDVI_{max}——归一化植被指数最大值,NDVI_{min}——归一化植被指数最小值^[12-13]。研究中,首先运用 ERDAS 软件从 TM 影像中提取 NDVI 指数,然后按公式(2)构建模型计算植被覆盖度。由运算结果可以看出,高植被覆盖区域主要分布在伊犁河北岸,中低山丘陵黄土覆盖区,并随着海拔高度的增加,植被覆盖率逐渐降低。利用 Reclassfy 工具将研究区植被覆盖度分为 5 类,依次为:低覆盖度(0~20%),中覆盖度(20%~40%),中高覆盖度(40%~60%),较高覆盖度(60%~80%),高覆盖度(80%~100%)。经统计分析,5 类植被覆盖度所占面积比例分别为:3.34%,3.89%,34.76%,33.79%和 24.22%(附图 13)。

2.3 评价指标权重的确定

由于地形起伏度、降雨侵蚀力、土壤质地、植被覆盖度对生态环境敏感性的贡献和作用不同,评价中需确定各评价因子的权重。各因子指标权重的确定主要取决于各指标的重要程度以及指标之间的相互关系的分析。权重的确定应从系统的整体以及系统中各因素相互作用关系出发,确定各指标对生态环境敏感性的贡献程度^[12]。本研究采用层次分析法

(AHP),两两因子比较其重要性,通过所有层次之间的总排序计算这 4 个因子的相对权重(表 2)。

表 2 研究区生态环境敏感性因子指标权重

敏感性因子	降水侵蚀力	土壤质地	地形起伏度	植被覆盖度
权重	0.142 3	0.336 6	0.438 3	0.082 8

2.4 生态环境敏感性评价模型

根据各评价指标值和权重,采用加权求和的计算方法对吐拉苏地区生态环境敏感性进行综合评价。按公式(3)计算生态环境综合敏感性得分,并确定综合敏感性。

$$I_{\text{sen}} = \sum_{i=1}^4 U_i \times W_i \quad (3)$$

式中: I_{sen} ——生态环境敏感性综合指数; U_i ——第 i 个敏感性指标的赋值; W_i ——第 i 个敏感性指标的权重^[12-13]。

3 评价结果及分析

3.1 评价结果

在 ArcGIS 环境下对指标专题图进行像元的空间叠加运算,最终确定研究区生态环境敏感性的等级和分布,得到研究区生态敏感性综合评价图,即吐拉苏地区生态环境敏感性的 5 级区域:不敏感区、轻度敏感区、中度敏感区、高度敏感区、极敏感区,从而得到生态环境敏感性分区图(附图 14)。通过对评价结果分析可以看出,吐拉苏地区的生态环境敏感性区域分布比较集中,高度敏感区和极敏感区约共占研究区面积的 16.46%,主要分布在中山区,剥蚀作用强烈;中度敏感区占研究区面积的 24.58%,主要分布于坡度较缓的中低丘陵区,其上覆盖着土质较为疏松的黄土砾石层;不敏感区、轻度敏感区分布面积大,分别是 13.85%和 45.11%,主要分布于冲积平原和高山区。从表 3 可以看出,吐拉苏地区的生态环境敏感性比较低,当前生态环境状况良好。不敏感区和轻度敏感区就占总面积的 58.96%,面积为 266 864 km²,总体呈斑块状、条带分布,较敏感区集中分布在 3 条带中,从中部高山区向两边中低丘陵区、冲积平原区延伸,敏感性程度从低—高一—低。

表 3 研究区敏感区面积分布统计

敏感区	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
面积/km ²	62 6878	204 176	111 254	45 805	28 760
百分比/%	13.85	45.11	24.58	10.12	6.34

3.2 评价结果分析

3.2.1 极度敏感区 极度敏感区的面积为 28 760

km²,占研究区总面积的6.34%。主要集中在中山区,成零星斑状分布,少量分布在低山丘陵区。该区域降水多,坡度陡,水系都流经此区,侵蚀强烈。区内的几个大型金矿区也都分布在该区域内。

3.2.2 高度敏感区 高度敏感区的面积为45 805 km²,占研究区总面积的10.12%。主要分布在中山区,环绕极度敏感区呈条带状分布,该区域内降水较多,人类活动较为集中,如开采矿物、修建道路、放牧等。

3.2.3 中度敏感区 中度、轻度及不敏感区的面积为111 254 km²,占研究区总面积的24.58%。主要分布在低山丘陵区 and 中山区,成明显的条带状分布,与研究区内的成矿带大致吻合。同时,这里也是草场比较茂盛的区域,旅游与放牧活动较集中。

综合以上分析,目前吐拉苏地区的生态环境现状处于良好的状态,不敏感区和轻度敏感区占研究区的58.96%,极度敏感区和高度敏感区仅占16.46%。但从吐拉苏地区敏感区的分布及长远发展趋势看出,极度敏感和高度敏感区有向外扩展的趋势,通过对该区域的实地考察,可以判断目前所造成的生态环境恶化与人类活动有密切的关系,尤其是采矿活动。加之吐拉苏地区储藏丰富的金矿,煤矿等,近两年又发现铀矿,开采前景可观,如不及时采取相应的措施治理,水土流失、地质灾害等发生的频率和范围都变大,进一步导致吐拉苏地区生态环境的继续恶化,影响当地居民的生活及旅游业的发展,阻碍伊宁县社会经济的长远发展。因此,针对吐拉苏地区目前的环境状况,应及时采取预防和治理的措施,将发展与治理同步进行,从而保证伊宁县经济与环境的可持续发展。

4 结论

通过选取有代表性的生态环境因子,在RS与GIS技术的支持下,构建了生态敏感性评价指标体系,对吐拉苏地区的生态环境敏感性进行了评价。将吐拉苏地区生态敏感性划分为非敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极高敏感5个等级,反映出了该区域的生态环境现状。为应对不同的敏感区域需因地制宜地采取相应的治理措施。

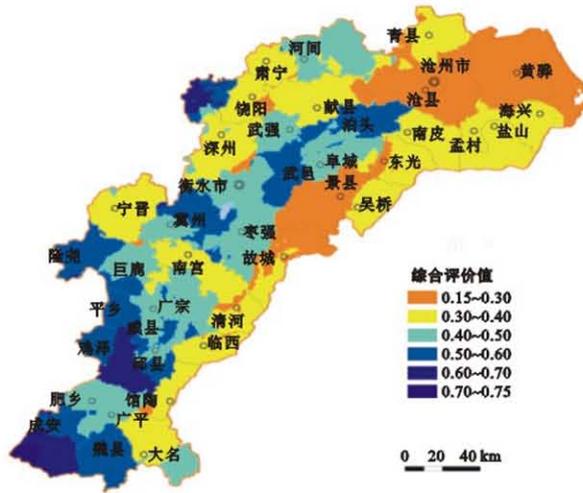
(1) 极敏感区域。主要分布于中低山区内坡度较陡的工矿用地。应对矿山开采人为活动加以严格要求,严格控制矿产资源开发规模,尤其注重地下水资源的保护,以及重金属的防治,防止对下游生活区造成污染。同时,应做好生态环境保护以及恢复治理工作。

(2) 高度敏感区域。主要分布于坡度较陡的山区耕地、牧区、尾矿和道路用地。对于25°以上陡坡要坚决退耕还林还草,适度放牧,注意绿化,及时处理矿区的“三废”,避免其下渗造成对下游水资源的污染。

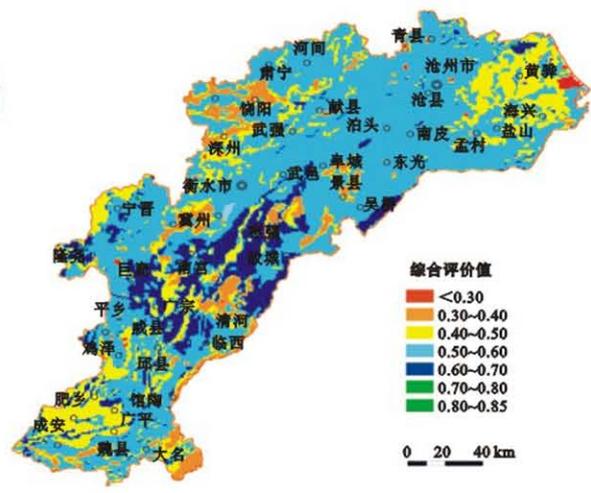
(3) 中度及轻度敏感区域。侵蚀程度较小,大部分为牧业和旅游用地,由于长期的放牧活动,针茅等破坏草场的杂草丛生,加之牛羊等对草场的践踏,导致地表植被大面积裸露。针对此情况,该区域应广泛开展防护林建设,推广种植耐旱的牧草,对牧区应进行圈地式放牧,保证草场的循环恢复。

[参考文献]

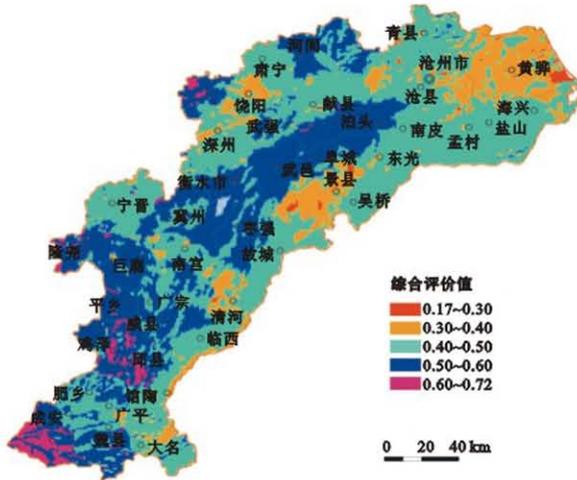
- [1] 刘康,欧阳志云,王效科,等. 甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布[J]. 生态学报, 2003, 23(12): 2711-2718.
- [2] 杨帆,侯恩科,荆秀艳. 基于RS和GIS的锦界矿区生态敏感性分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(15): 9217-9218.
- [3] 毋瑞身,田昌烈,杨芳林,等. 新疆阿希地区金矿概论[J]. 贵金属地质, 1996, 5(1): 6-21.
- [4] 蒋以元,刘康怀,杨国清. 新疆吐拉苏地区生态环境问题与对策研究[J]. 桂林工学院学报, 2000, 9(20): 72-75.
- [5] Sung R H, Dhong I J, Cho H Y. A renovated model for spatial analysis of pollutant runoff loads in agricultural watershed[J]. Wat. Sci. Tech., 1998, 38(10): 207-214.
- [6] Cassel G M, Petscgek H G. GIS-based assessment of the threat to world forests by patterns of non-sustainable civilization nature interaction[J]. Journal of Environmental Management, 2000, 59(4): 279-298.
- [7] 裴莉娜,黄小刚,毕润成. 基于GIS的临汾市水土流失敏感性评价[J]. 山西师范大学学报, 2009, 23(4): 120-123.
- [8] 王小丹,钟祥浩,范建荣. 西藏水土流失敏感性评价及其空间分异规律[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 183-188.
- [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): 13-18.
- [10] 伍光和田连恕. 自然地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [11] 安海堂,刘平. 新疆伊犁地区黄土滑坡成因及影响因素分析[J]. 地质灾害与环境保护, 2010, 21(3): 22-25.
- [12] 元伟涛,王瑞艳,修洪敏,等. 黄河三角洲垦利县生态环境敏感性评价[J]. 水土保持通报, 2010, 30(6): 214-218.
- [13] 马飞,李景吉,彭培好,等. 珠穆朗玛峰国家自然保护区南北坡植被覆盖变化[J]. 地理科学进展, 2010, 29(11): 1427-1432.



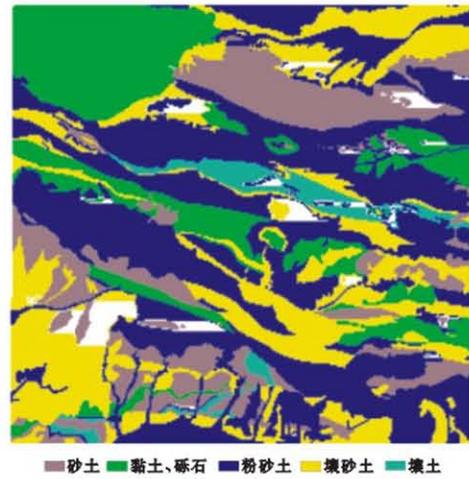
附图9 黑龙江地区水资源综合质量评价



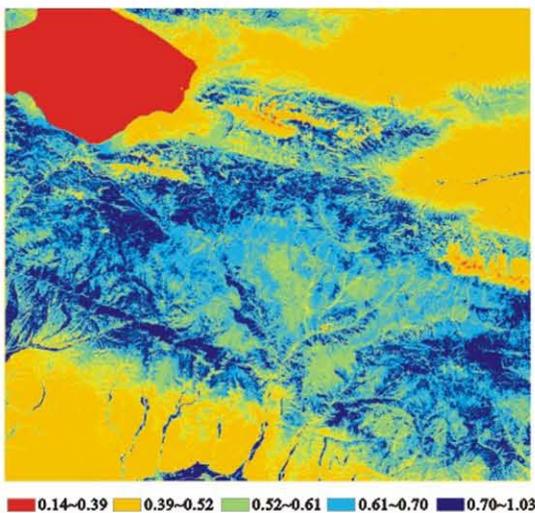
附图10 黑龙江地区土壤资源综合质量评价



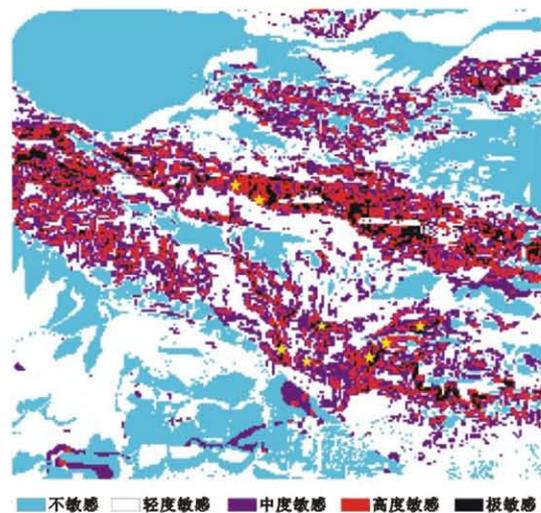
附图11 黑龙江地区水土资源综合质量评价



附图12 吐拉苏地区主要土壤质地类型分布



附图13 吐拉苏地区植被覆盖度分布



附图14 吐拉苏地区生态环境敏感性综合评价结果