

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第12期 Vol.31 No.12 **2011**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 12 期 2011 年 6 月 (半月刊)

目 次

基于植被遥感的西南喀斯特退耕还林工程效果评价——以贵州省毕节地区为例	李 昊, 蔡运龙, 陈睿山, 等 (3255)
扩散对破碎化景观上宿主-寄生种群动态的影响	苏 敏 (3265)
湿地功能评价的尺度效应——以盐城滨海湿地为例	欧维新, 叶丽芳, 孙小祥, 等 (3270)
模拟氮沉降对杉木幼苗养分平衡的影响	樊后保, 廖迎春, 刘文飞, 等 (3277)
中国东部森林样带典型森林水源涵养功能	贺淑霞, 李叙勇, 莫 菲, 等 (3285)
山西太岳山油松群落对采伐干扰的生态响应	郭东罡, 上官铁梁, 白中科, 等 (3296)
长期施用有机无机肥对潮土微生物群落的影响	张焕军, 郁红艳, 丁维新 (3308)
云南元江干热河谷五种优势植物的内生真菌多样性	何彩梅, 魏大巧, 李海燕, 等 (3315)
塔里木河中游洪水漫溢区荒漠河岸林实生苗更新	赵振勇, 张 科, 卢 磊, 等 (3322)
基于 8hm 样地的天山云杉林蒸腾耗水从单株到林分的转换	张毓涛, 梁凤超, 常顺利, 等 (3330)
古尔班通古特沙漠土壤酶活性和微生物量氮对模拟氮沉降的响应	周晓兵, 张元明, 陶 冶, 等 (3340)
Pb 污染对马蔺生长、体内重金属元素积累以及叶绿体超微结构的影响	原海燕, 郭 智, 黄苏珍 (3350)
春、秋季节树干温度和液流速度对东北 3 树种树干表面 CO ₂ 释放通量的影响	王秀伟, 毛子军, 孙 涛, 等 (3358)
云南南部和中部地区公路旁紫茎泽兰土壤种子库分布格局	唐樱殷, 沈有信 (3368)
利用半球图像法提取植被冠层结构特征参数	彭焕华, 赵传燕, 冯兆东, 等 (3376)
黑河上游蝗虫与植被关系的 CCA 分析	赵成章, 周 伟, 王科明, 等 (3384)
额尔古纳河流域秋季浮游植物群落结构特征	庞 科, 姚锦仙, 王 昊, 等 (3391)
九龙江河口浮游植物的时空变动及主要影响因素	王 雨, 林 茂, 陈兴群, 等 (3399)
东苕溪中下游河岸类型对鱼类多样性的影响	黄亮亮, 李建华, 邹丽敏, 等 (3415)
基于 RS/GIS 公路路域水土流失动态变化的研究——以榆靖高速公路为例	陈爱侠, 李 敏, 苏智先, 等 (3424)
流域景观结构的城市化影响与生态风险评价	胡和兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等 (3432)
基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析	高 宾, 李小玉, 李志刚, 等 (3441)
若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响	李晋昌, 王文丽, 胡光印, 等 (3451)
施用鸡粪对土壤与小白菜中 Cu 和 Zn 累积的影响	张 妍, 罗 维, 崔晓勇, 等 (3460)
基于 GIS 的宁夏灌区农田污染源结构特征解析	曹艳春, 冯永忠, 杨引禄, 等 (3468)
底墒和种植方式对夏大豆光合特性及产量的影响	刘 岩, 周勋波, 陈雨海, 等 (3478)
不同施肥模式调控沿湖农田无机氮流失的原位研究——以南四湖过水区粮田为例	谭德水, 江丽华, 张 骞, 等 (3488)
丛枝菌根真菌对低温下黄瓜幼苗光合生理和抗氧化酶活性的影响	刘爱荣, 陈双臣, 刘燕英, 等 (3497)
外源半胱氨酸对铜胁迫下小麦幼苗生长、铜积累量及抗氧化系统的影响	彭向永, 宋 敏 (3504)
专论与综述	
水平扫描技术及其在生态学中的应用前景	胡自民, 李晶晶, 李 伟, 等 (3512)
研究简报	
昆仑山北坡 4 种优势灌木的气体交换特征	朱军涛, 李向义, 张希明, 等 (3522)
不同比例尺 DEM 数据对森林生态类型划分精度的影响	唐立娜, 黄聚聪, 代力民 (3531)
苏南丘陵区毛竹林冠截留降雨分布格局	贾永正, 胡海波, 张家洋 (3537)
外来种湿地松凋落物对土壤微生物群落结构和功能的影响	陈法霖, 郑 华, 阳柏苏, 等 (3543)
深圳地铁碳排放量	谢鸿宇, 王习祥, 杨木壮, 等 (3551)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-06



封面图说: 自然奇观红海滩·辽宁省盘锦市——在辽河入海口生长着大片的潮间带植物碱蓬草, 举目望去, 如霞似火, 蔚为壮观, 人们习惯地称之为红海滩。粗壮的根系加快着海滩土壤的脱盐过程, 掉下的茎叶腐质后肥化了土壤, 它是大海的生态屏障。

彩图提供: 段文科先生 中国鸟网 <http://www.birdnet.cn> E-mail: dwk9911@126.com

基于 RS/GIS 公路路域水土流失动态变化的研究 ——以榆靖高速公路为例

陈爱侠^{1,*}, 李 敏², 苏智先³, 朱小花¹, 刘晓茹¹, 曹 杨¹

(1. 长安大学环境科学与工程学院, 西安 710064; 2. 陕西省环境科学研究设计院, 西安 710054;

3. 绵阳师范学院, 绵阳 621000)

摘要: 基于 RS 数据源, 利用 ERDAS 和 ArcGIS 软件技术, 对榆靖高速公路两侧 300 m 范围水土流失动态变化开展研究。通过遥感图像数字处理方法, 提取对水土流失起主导作用的植被覆盖度、土地利用类型、沟谷密度等因子; 在矢量化等高线数据的基础上生成数字高程模型 (DEM), 提取地形坡度因子, 将这 4 个因子在 GIS 中进行空间叠加分析。参照《土壤侵蚀分级标准》, 生成研究区不同时段水土流失强度等级图, 利用 GIS 属性统计功能对公路沿线各等级水土流失区面积进行统计, 参照研究区不同侵蚀类型的土壤侵蚀模数, 得出 1996 年和 2006 年公路沿线各流失区的水土流失量, 并对公路沿线水土流失动态变化进行分析。结果表明: 榆靖高速公路修建后沿线 600 m 范围水土流失总量减少 19.26 万 t/a, 水土流失呈减弱趋势。公路施工期导致水土流失增强的各种因素随着营运期固化路面的形成而逐渐消失, 防沙固沙和生态恢复等措施有效改善了公路路域生态环境, 对公路沿线水土流失防治起到了积极作用。

关键词: RS/GIS; 水土流失; 高速公路; 植被覆盖度; 坡度

Study on dynamic changes of soil and water loss along highway based on RS/GIS: an example of Yujing expressway

CHEN Aixia^{1,*}, LI Min², SU Zhixian³, ZHU Xiaohua¹, LIU Xiaoru¹, CAO Yang¹

1 School of Environmental Science&Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China

2 Shaanxi Institute of Environmental Sciences, Xi'an 710054, China

3 Mianyang Normal University, Mianyang, Sichuan 621000, China

Abstract: YUJING expressway is the first highway built in the desert in China. Ecological environment is fragile and vegetation coverage is low along highway. A section with 60km long passes through mobile, semi-mobile and semi-fixed sand dunes so that the roadbed is prone to encroachment by sandstorms. To reduce such encroachments, an ecological protection project was set up within 200—300 meters on both sides of roadbed. This project used the technology of low upright grid barrier, tall upright grid barrier and composite typed sand barriers. To understand the protection effect of the project during highway construction period, the dynamic changes of soil and water loss within 300 meters on both sides of YUJING Expressway were studied by using ArcGIS Spatial Analysis Platforms and ERDAS Spatial Modeling Platforms based on the digital topographic map with 1:250000 scale and two period remote sensing image taken from 1996 and 2006. The investigation area is 70.18 km². The remote sensing digital image processing was employed to extract three factors such as vegetation coverage, land use types and gully density which dominate soil erosion. DEM (Digital Elevation Model) was also used on the basis of vector quantization to extract another factor of geographic gradient. Furthermore the spatial overlay analysis of four factors was carried out to obtain the strength grade map at different periods. Finally the volumes of water and soil loss were calculated in the year of 1996 and 2006, respectively, according to the statistical areas of water and soil loss with different degree by using GIS and soil erosion modules of distinct erosion types in the research areas. The results show

基金项目: 国际科技合作计划基金资助项目 (2006kw-06)

收稿日期: 2010-05-26; 修订日期: 2011-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenaixia9912@163.com

that there has been an obvious decrease in water and soil loss after the construction of Yu-Jing Expressway. The details are given as the following: The study area is basically plane and mostly composed of slow and slight slopes, of the landform grade $<5^\circ$, 92.59% out of the total area. The maximum value of gully density in 1996 and 2006 is 3—5 km/km², and value of most regions is 0—1 km/km². In recent 10 years, the grassland with higher coverage and medium coverage have increased by 7.44%—8.41% along YUJING Expressway. The largest proportion of extremely heavy loss area appeared in 1996 and 2006, which was 55.38% and 34.24%, respectively, the area decreased by 21.14%. The total volume of water and soil loss decreased by 1.926×10^5 t/a in 2006 as compared with that in 1996. There had been considerable improvements in ecological environment and water and soil loss by implementing such measures as greening engineering, sand defense and ecological recovery since YUJING Expressway was built.

Key Words: RS/GIS; water and soil loss; expressway; vegetation coverage; gradient

水土流失是世界性环境问题,我国也是世界上水土流失最严重的国家之一^[1]。水土流失成因复杂,除自然因素外,人类活动也是一个重要因素。公路建设是一种特殊的人类活动方式,强烈地改变了地表自然状况,使得地貌形态发生了根本性的变化^[2]。因此,随着公路建设的跨越式发展,公路建设造成的水土流失倍受关注。Costa 等^[3]研究认为,道路建设是土壤侵蚀过程中的重要诱导因素,因为在路边和没有硬化的路面形成了大量的裸露面,人为活动加剧了土壤侵蚀和沉积的自然过程;Luce^[4]通过研究发现,道路建设形成的硬地面极大地降低了地表的入渗能力,易于形成坡面漫流;Jones 等^[5]对道路对河流影响的研究,发现道路建设大大影响了坡面侵蚀、泥沙沉积的方式和发生频率,导致了向河流输送泥沙增多,污染河流水质;MacDonald^[6]阐述了道路会改变坡面固有的地表径流和地下水流,使水流沿公路沟渠流动,对水土流失会产生一定的影响;Nyssen^[7]通过公路建设对沟蚀危险性的影响研究,指出道路的排水系统会改变径流流动方式,往往在道路的下坡向诱发切沟,造成水土流失。

我国在公路路域水土流失方面的研究主要集中在路域水土流失的原因分析和公路建设中水土流失的预测。大量调查研究认为^[8-11],公路建设产生水土流失主要是路基开挖填筑、取弃土等土石方作业,公路建设造成的水土流失具有流失强度大、发生历时短、治理要求标准高等特点,并提出了综合防治措施体系。通过对高速公路沿线水土流失现状和特点分析^[12],对沿线公路施工区和弃渣场的水土流失进行了预测。李智广等^[13]通过研究提出了开发建设项目水土流失量预测需要分析的具体内容。

目前,对公路建设中造成水土流失的原因、特点、形式、危害和防治措施的一般性论述较多,对公路路域水土流失的定量研究较少。以 RS/GIS 技术对水土流失的研究一般多应用于大面积区域或小流域^[14],采用该技术对公路建设造成的水土流失进行全面系统的定量研究尚未见报道。

本文基于 RS 数据源(Landsat ETM),运用 GIS 技术,对榆靖高速公路两侧 300 m 范围水土流失动态变化开展定量研究。

1 研究区域概况

本研究选取陕西省榆林市境内的榆(林)—靖(边)高速公路(图1)。榆靖高速公路是我国修筑的第一条沙漠高速公路,路线全长 115.9 km,1999 年开工建设,2002 年建成通车。研究区域为公路两侧各 4 km,重点研究区域为公路两侧各 300 m,重点研究区面积为 70.18 km²。

榆靖高速公路地处毛乌素沙地南缘,以风蚀沙滩地貌为主,地形较为平缓。公路沿线生态环境脆弱,植被覆盖率低,其中 60 km 长的路段从流动、半流动和半固定沙丘穿过,路基极易遭受风沙侵害。为了减少公路路基被风蚀或沙埋,在公路路基两侧 20 m 范围设置平整带,且在迎风坡设置 300—400 m 固沙林带和 200—300 m 封育带;背风坡设置 100—200 m 固沙林带和 30—100 m 封育带。形成“三带一体”的公路路基防护体系^[15]。目前防护林体系已成规模,小气候效益显著,防护效果良好^[16]。

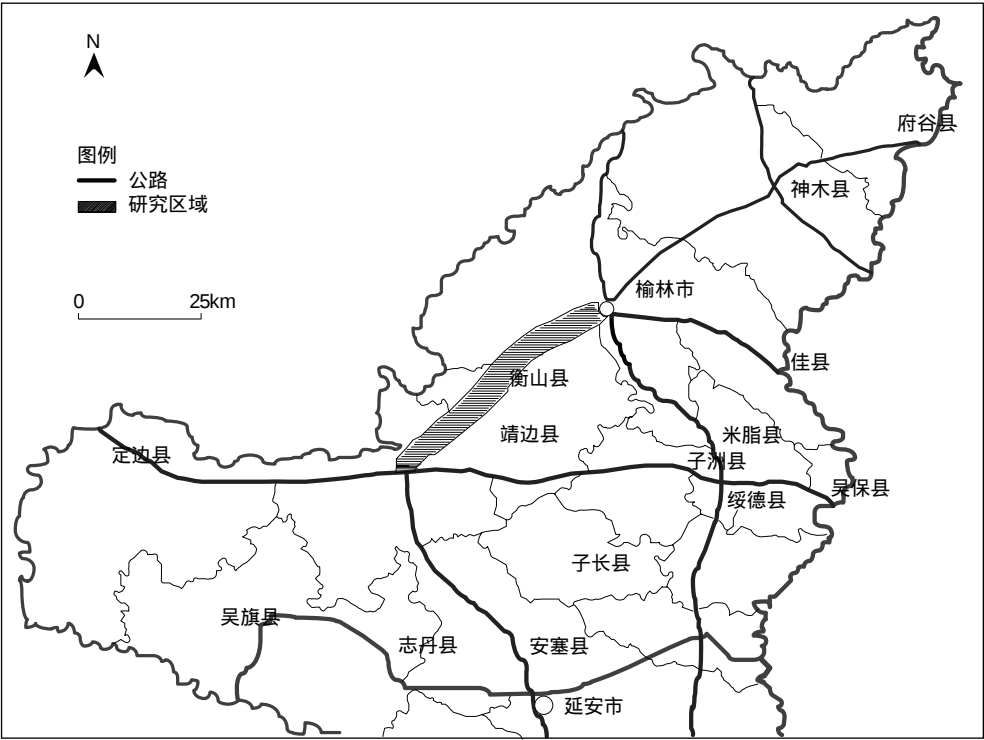


图1 研究区地理位置示意图
Fig.1 Schematic diagram of study area

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

本研究以 1:25 万数字地形图为调查研究基础图;分别选用公路建设前的 1996 年和公路建设后的 2006 年两时段遥感影像。其中 1996 年影像为分辨率为 30 m 的 ETM 影像;2006 年影像为分辨率为 20 m 的 CBERS-1(中巴资源卫星)影像。在 1:25 万比例尺下上述两时段遥感影像分辨率的差异可以忽略不计,因为两者最大制图比例尺可以达到 1:10 万。

2.2 研究方法

通过遥感图像数字处理方法,提取对水土流失起主导作用的植被覆盖度、土地利用类型、沟谷密度等因子,提取实际比例尺为 1:25 万。在矢量化等高线数据的基础上生成数字高程模型(DEM),提取地形坡度因子。采用专家咨询和打分的方法获取 4 个因子的权重(表 1)。将 4 个因子在 GIS 中进行空间叠加分析,生成研究区不同时段水土流失强度等级图,利用 GIS 属性统计功能对公路沿线各水土流失区面积进行统计,参照研究区不同侵蚀类型的土壤侵蚀模数,得出 1996 年和 2006 年公路沿线各流失区的水土流失量,并对公路沿线水土流失进行动态变化分析。

表 1 水土流失评价因子权重值
Table 1 Weight of soil and water loss assessment factors

评价因子 Assessment factors	植被覆盖度 Vegetation coverage	土地利用类型 Land type	沟谷密度 Gully density	坡度 Slope grade
权重值 Weight	0.30	0.30	0.25	0.15

3 水土流失因子提取结果

3.1 植被覆盖度提取结果

采用人机交互式目视解译法,将两期图像合成为假彩色图像,用目视解译方法提取植被覆盖度信息。根

据《水土保持技术规范》中植被盖度分级指标^[17],依据植被覆盖度的解译标志,输出研究区植被覆盖度图。利用 GIS 统计研究区各植被覆盖度所占面积及变化(表 2)。

表 2 研究区植被覆盖度变化表
Table 2 Vegetation coverage changes in study area

植被覆盖度 Vegetation coverage	1996 年		2006 年		植被覆盖度变化量 Variance	
	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	比例/%
	Area		Area		Area	Scale
高覆被 High	1.50	2.15	2.71	3.87	+1.21	+1.72
中高覆被 Higher than average	6.21	8.86	6.24	8.91	+0.03	+0.05
中覆被 Medium	14.33	20.56	16.63	23.76	+2.30	+3.20
中低覆被 Lower than average	16.42	23.45	19.22	27.42	+2.80	+3.97
低覆被 Low	25.55	36.62	20.04	28.60	-5.51	-8.02
裸地 Bare land	5.85	8.36	5.19	7.44	-0.66	-0.92

“+”表示面积或比例增加;“-”表示面积或比例减少

结果表明:2006 研究区植被覆盖度较 1996 年相比有明显的提高,高覆被、中高覆被、中覆被、中低覆被的面积均有所增加,低覆被、裸地的面积均有所降低。

3.2 地形坡度提取结果

本文选用 2002 年数字地形图。坡度因子在本项目研究过程中评价水土流失并不是主要因素,其权重值为 0.15,研究区多为风沙草滩区,地势相对平坦,起伏变化不大,因此本研究在两个不同时期使用相同的坡度因子进行叠加分析不会影响最后的水土流失量估算。

依据《水土保持技术规范》,将坡度划分为<5°、5°—8°、8°—15°、15°—25°、25°—35°、>35°等 6 个级别,输出研究区坡度图。利用 GIS 统计研究区各坡度等级所占的面积,见表 3。

表 3 研究区坡度等级分布表
Table 3 Slope grades distributions in study area

项目 Item	坡度等级 Slope grades					
	缓倾斜坡	中等斜坡	高等斜坡	陡坡	急坡	急陡坡
	Gradual	Moderate	Highly sloping	Abrupt	Steep	Cliff
面积 Area/km ²	64.98	3.93	1.003	0.24	0.022	0.003
占研究区总面积 Proportion/%	92.59	5.60	1.43	0.0034	0.00031	0.000043

结果表明:研究区地形基本比较平缓,大部分地区属于缓倾斜坡,地形坡度<5°,占研究区总面积的 92.59%,该地区的坡度因素不会导致大量的水土流失。

3.3 沟谷密度提取结果

依据《水土保持技术规范》,沟谷密度按:0—1km/km²,1—2km/km²,2—3km/km²,3—5km/km²,5—7km/km²,>7km/km²分为 6 级,输出沟谷密度图,利用 GIS 统计研究区各沟谷密度强度所占面积及变化,见表 4。

表 4 研究区沟谷密度变化表
Table 4 Gully density variations in study area

沟谷密度/(km/km ²) Gully density	1996 年		2006 年		沟谷密度变化量 Variance	
	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积/km ²	比例/%
	Area		Area		Area	scale
0—1	43.95	62.62	45.14	64.32	+1.19	+1.70
1—2	22.78	32.46	21.10	30.07	-1.68	-2.39
2—3	2.32	3.31	2.67	3.8	+0.35	+0.49
3—5	1.13	1.61	1.27	1.81	+0.14	+0.20
5—7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计 Total	70.18	100.00	70.18	100.00		

“+”表示面积或比例增加;“-”表示面积或比例减少

结果表明:研究区 1996 年和 2006 年沟谷密度最大值为 3—5km/km²,大部分区域的沟谷密度是 0—1km/km²,且 1996 年至 2006 年沟谷密度值变化幅度不大。

3.4 土地利用类型提取结果

在 IMAGING ERDAS 8.4 软件环境下运用遥感判读人机互化解译方法得到 1996—2006 年近 10 a 中 1996 年和 2006 年两个断面年的各土地类型面积及变化(表 5)。

表 5 1996—2006 年各种类型土地面积变化表
Table 5 The area changes of various land types during 1996—2006

土地类型 Land type	1996 年		2006 年		1999—2006 土地资 源面积变化 Variations	
	面积/hm ² Area	%	面积/hm ² Area	%	面积/hm ² Area	比例/% Scale
水浇地 Irrigable land	477.53	6.80	390.08	5.56	-87.45	-1.25
旱地 Dry land	247.13	3.52	454.73	6.48	+207.60	+2.96
有林地 Forest land	19.73	0.28	27.83	0.40	+8.10	+0.12
灌木林 Shrub land	41.85	0.60	85.35	1.22	+43.50	+0.62
疏林地 Open forest land	79.95	1.14	146.55	2.09	+66.60	+0.95
高盖度草地 Densely covered grass	88.50	1.26	610.35	8.70	+521.85	+7.44
中盖度草地 Medium covered grass	352.50	5.02	942.83	13.44	+590.33	+8.41
低盖度草地 Low covered grass	900.90	12.84	1023.15	14.58	+122.25	+1.74
河渠 River and ditch	77.63	1.11	76.28	1.09	-1.35	-0.02
湖泊 Lake	5.25	0.07	3.08	0.04	-2.18	-0.03
滩地 Bottomland	4.73	0.07	1.58	0.02	-3.15	-0.04
城镇用地 Town and construction land	21.30	0.30	95.40	1.36	+74.10	+1.06
农村居民地 Rural settlement	29.78	0.42	86.85	1.24	+57.08	+0.81
裸沙地 Sand	2286.08	32.58	1544.55	22.01	-741.53	-10.57
其它未利用地 Unused land	2386.05	34.00	1527.60	21.77	-858.45	-12.23
合计 Total	7017.53	100.00	7017.53	100.00		

“+”表示土地利用类型面积或比例增加;“-”表示土地利用类型面积或比例减少

表 5 数据表明,近 10 a 来,榆靖高速公路沿线旱地、有林地、灌木林、疏林地、高盖度草地、中盖度草地、低盖度草地、城镇用地和农村居民点用地都出现递增的态势,其中增长较快的有高盖度草地、中盖度草地和旱地。而水浇地、湖泊、滩地、裸沙地以及其它未利用地面积有所减少,减少较快的是裸沙地和其它未利用地。

3.5 水土流失因子提取结果精度和误差的说明

本研究利用 ERDAS IMAGINE 软件,采用二阶多项式纠正方法对选用的遥感影像进行校正,通过 25 个控制点的采样,几何校正的误差在 12.5 m 以下。其中沟谷密度因子是采用人工解译的手段,提取沟谷分布图,通过公里网格计算出沟谷密度,所以得到的沟谷密度与实际沟谷密度完全相符。

4 水土流失强度输出结果

在 GIS 平台 ARC/INFO 的支持下,将植被覆盖度、土地利用类型、坡度、沟谷密度矢量图转化为栅格分布图,运用多因子加权求和模型进行分析,得出水土流失综合评价指数。参考《土壤侵蚀分类分级标准》中水土流失强度 6 级分类系统,采用传统的地理数据分级处理方法,将水土流失综合评价指数共分为 6 级。其分级情况见表 6。

依据研究区的水土流失综合评价指数计算结果,输出研究区两个时段的水土流失强度等级图,利用 GIS 统计研究区各流失强度所占的面积及比例(表 7)。

由表 7 可知,1996 年和 2006 年研究区的极强度流失区面积所占比例均为最大,分别为 55.38% 和 34.24%,极强度流失区面积减少了 21.14%。

表 6 研究区水土流失综合评价指数分级表
Table 6 Comprehensive index classification of soil erosion in study area

水土流失强度 Soil erosion intensity	微度流失 Slight loss	轻度流失 Gentle loss	中度流失 Medium loss	强度流失 Heavy loss	极强度流失 Extremely heavy loss	剧烈流失 Violent and severe loss
水土流失综合评价指数 Comprehensive index of soil erosion	1.10—2.60	2.60—3.90	3.90—5.10	5.10—5.90	5.90—6.50	6.50—8.21

表 7 研究区水土流失面积动态变化表
Table 7 The area dynamic changes of water and soil loss in study area

水土流失强度 Soil erosion intensity	1996 年水土流失面积 Areas in 1996		2006 年水土流失面积 Areas in 2006		水土流失区面积变化 Variations	
	面积/km ²	%	面积/km ²	%	面积 Area/km ²	比例 Scale/%
微度流失区 Slight loss	4.40	6.27	1.83	2.61	-2.57	-3.66
轻度流失区 Gentle loss	5.55	7.91	8.73	12.44	+3.18	+4.53
中度流失区 Moderate loss	3.64	5.19	14.32	20.40	+10.68	+15.21
强度流失区 Heavy loss	9.83	14.01	18.26	26.02	+8.43	+12.01
极强度流失区 Extremely heavy loss	38.87	55.38	24.03	34.24	-14.84	-21.14
剧烈流失区 Violent and severe loss	7.89	11.24	3.01	4.29	-4.88	-6.95

“+”表示水土流失面积或比例增加;“-”表示水土流失面积或比例减少

5 水土流失动态变化分析

5.1 研究区水土流失动态变化

依据《水土保持技术规范》,参考榆林地区多年水土保持治理经验,研究区土壤侵蚀模数按照土壤侵蚀强度等级依次划分,见表 8。

表 8 榆林地区土壤侵蚀模数划分
Table 8 Soil erosion modules divisions in YULIN

土壤侵蚀强度分级 Intensity grading	微度流失 Slight loss	轻度流失 Gentle loss	中度流失 Medium loss	强度流失 Heavy loss	极强度流失 Extremely heavy loss	剧烈流失 Violent and severe loss
侵蚀模数/(t·km ⁻² ·a ⁻¹) Modulus	500	2500	5000	8000	15000	20000

由表 7 和各水土流失区的面积(表 6),可得榆靖高速公路沿线 1996 年—2006 年水土流失量的变化,见表 9。

表 9 研究区 1996—2006 年土壤流失量动态变化
Table 9 Dynamic Changes of soil loss during 1996—2006 in study area

水土流失量 /(t/a) Erosion loss capacities	1996 年	微度流失 Slight loss	轻度流失 Gentle loss	中度流失 Medium loss	强度流失 Heavy loss	极强度流失 Extremely heavy loss	剧烈流失 Violent and severe loss	流失总量 Total loss
		2200	13875	18200	78640	583050	157800	853765
	2006 年	微度流失 Slight loss	轻度流失 Gentle loss	中度流失 Medium loss	强度流失 Heavy loss	极强度流失 Extremely heavy loss	剧烈流失 Violent and severe loss	流失总量 Total loss
		915	21825	71600	146080	360450	60200	661070
变化量 Variance/(t/a)		-1285	+7950	+53400	+67440	-222600	-97600	-192695

“+”表示水土流失量增加;“-”表示水土流失量减少

由表 9 可知,研究区 1996—2006 年水土流失总量从 85.37 万 t/a 降低到 66.11 万 t/a,减少了 19.26 万 t/a。可见,公路修建后水土流失总量减少,沿线水土流失情况有所改善,当地的水土流失状况比施工前有明显

的好转。

5.2 研究区水土流失动态变化原因分析

榆靖高速公路修建过程中采取了一系列水土流失防治工程措施,对施工期间和运行期间可能发生的水土流失均进行了防护设计,实现设计阶段预防优先,施工阶段及时治理,运营阶段管护监督,与主体工程原有防治措施形成统一协调的防护体系,有效改善了沿线生态环境,达到了综合防治和减缓公路沿线水土流失的目的。具体体现在以下几个方面:

(1) 公路路域防风固沙带的有效防护

为了防沙固沙,榆靖高速公路在路基两侧设置平整带(宽 20 m),防风带(迎风侧宽 200—300 m,背风侧宽 30—100 m)和保护带(迎风侧宽 300—400 m,背风侧宽 100—200 m)。公路两侧形成外围高立式栅栏阻沙→沙障固沙→植物治沙→路基边坡防护的防沙体系。这“三带一体”的综合防护体系最大宽度可达 1020 m,有效阻止外围流沙的侵入,保障公路的畅通无阻,同时改善了公路沿线的生态环境质量,对水土流失的减弱起到了至关重要的作用。

(2) 公路路域完善的绿化设计

公路建设加强了公路路域的绿化措施,绿化面积达 5247.2 hm²。公路两侧征地范围内的土地及道路交叉处均植树种草绿化,进行植被恢复工程,有效地提高了公路沿线区域的植被覆盖度。

(3) 公路路域生态环境的改善

公路沿线区域原来的生态环境比较恶劣,以沙地为主,人烟稀少,植被覆盖度低。榆靖高速公路的修建改变了原有的区域交通环境,促进了沿线经济的发展,使居民数量增加,同时扩大了耕地面积和居民区附近的绿化面积,改善了沿线的生态环境。

6 结论

本文选用榆靖高速公路建设前的 1996 年及公路建设后的 2006 年 2 个时段 ETM 遥感影像,以 1:25 万地形图为调查研究的基础底图,在 RS/GIS 技术的支持下,提取榆靖高速公路两侧边各 300 m 区域的植被覆盖度、土地利用类型、坡度、沟谷密度等 4 个评价因子分布图,采用专家打分方法获取 4 个评价因子权重值,利用 GIS 的空间分析能力,对影响水土流失强度变化的 4 个因子进行叠加分析,生成研究区水土流失强度等级分布图。利用 GIS 统计公路沿线各水土流失区的面积,参照研究区不同侵蚀类型的土壤侵蚀模数,得出 1996 年和 2006 年公路沿线各流失区的水土流失量,对公路沿线水土流失进行动态变化分析,分析结果表明:

(1) 1996 年和 2006 年研究区极强度流失区面积所占比例均为最大,分别为 55.38% 和 34.24%,极强度流失区面积减少了 21.14%。

(2) 研究区 1996 年—2006 年水土流失总量从 85.37 万 t/a 降低到 66.11 万 t/a,减少了 19.26t/a,水土流失呈减弱趋势。

(3) 榆靖高速公路修建后,通过公路绿化工程、防沙固沙工程、生态恢复工程等措施的落实,公路路域生态环境明显改善,水土流失有所减轻。

References:

- [1] Liu Z. Viewing the strategic layout of ecological construction of soil and water conservation based on the present status of soil and water loss in China. *Soil and Water Conservation in China*, 2002, (6): 2-4.
- [2] Guo R, Xue Z M, Liu Y. Anticipated easily occurred problems and approaches to water and soil loss in construction and development projects. *Soil and Water Conservation in China*, 2000, (2): 36-37.
- [3] Costa J E, Baker V R. *Surficial Geology: Building with the Earth*. New York: John Wiley and Sons, 1981: 45-47.
- [4] Luce C H, Black T A. Sediment production from forest roads in western Oregon. *Water Resources Research*, 1999, 35(8): 2561-2570.
- [5] Jones J A, Swanson F J, Wemple B C, Snyder K U. Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. *Conservation Biology*, 2000, 14(1): 76-85.
- [6] MacDonald L H, Sampson R W, Anderson D M. Runoff and road erosion at the plot and road segment scales, St John US Virgin Islands. *Earth*

Surface Process and Landforms, 2001, 26(3): 251-272.

- [7] Nyssen J, Poesen J, Moeryersons J, Luyten E, Veyret-Picot M, Deckers D, Haile M, Govers G. Impact of road building on gully erosion risk: a case study from the northern Ethiopian highlands. *Earth Surface Process and Landforms*, 2002, 27(12): 1267-1283.
- [8] Wang Y T, Wang W P, Diao X Q. Discussion on the causes and countermeasures of soil erosion in highway construction. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1999, 19(1): 61-62.
- [9] Liu C Y, Yuan C P. Countermeasures of soil erosion control in the highway construction in Changzhi City. *Soil and Water Conservation Science and Technology in Shanxi*, 2001, (3): 41-42.
- [10] Li J H, Yang L L. Influences and countermeasures of constructing Fengning Line of 112 national road on soil and water loss. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, 21(3): 32-34.
- [11] Liu C L, Liu Y H, Gao P. The soil erosion and countermeasures during expressway construction. *Soil and Water Conservation Science and Technology in Shanxi*, 2000, (4): 44-45.
- [12] Wang Z Y, Dai M X. Initial study on soil and water conservation measures of Maping Expressway. *Environmental Protection in Transportation*, 2001, 22(2): 32-35.
- [13] Li Z G, Zeng D L. Preliminary study of prediction of soil erosion amount in development and construction projects. *Soil and Water Conservation in China*, 2001, (4): 24-26.
- [14] Cai B F, Bian Y S, Zhao N. Analysis on soil erosion in Guishui River watershed in Beijing based on GIS. *Research of Environmental Sciences*, 2006, 19(3): 52-55.
- [15] Bian S B. Design of sand-fixing and environmental protection along YU-JING expressway. *Highway*, 2000, (11): 67-70.
- [16] Hao C, Shi Z B, Dang B, Zhao X B, Hao X Z, Liu S Q. Study on the microclimate effect of wind break and sand fixation forest along the Yulin-Jingbian Expressway. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 2008, (2): 34-36.
- [17] Department of Water Conservancy and Water and Soil Conservation, Ministry of Water Conservancy and Electric Power. *Soil and Water Conservation Technical Specifications*. Beijing: Water Conservancy and Electric Power Press, 1988: 89-90.

参考文献:

- [1] 刘震. 从我国水土流失现状看水土保持生态建设战略布局. *中国水土保持*, 2002, (6): 2-4.
- [2] 郭锐, 薛志敏, 刘勇. 开发建设项目水土流失预测易出现的问题及其对策. *中国水土保持*, 2000, (2): 36-37.
- [8] 王玉太, 王维平, 刁希全. 浅谈公路建设的水土流失原因及其防治措施. *水土保持通报*, 1999, 19(1): 61-62.
- [9] 刘长育, 原彩萍. 长治市公路建设的水土流失防治对策. *山西水土保持科技*, 2001, (3): 41-42.
- [10] 李金海, 杨莉琳. 国道 112 线丰宁县城至千松梁段扩建对水土流失的影响及对策. *水土保持通报*, 2001, 21(3): 32-34.
- [11] 刘崇理, 刘元和, 高鹏. 高速公路建设中的水土流失与防治对策. *山西水土保持科技*, 2000, (4): 44-45.
- [12] 王志勇, 戴明新. 马场垣至平安高速公路水土保持方案的探讨. *交通环保*, 2001, 22(2): 32-35.
- [13] 李智广, 曾大林. 开发建设项目土壤流失量预测方法初探. *中国水土保持*, 2001, (4): 24-26.
- [14] 蔡博峰, 卞有生, 赵楠. 基于 GIS 的北京市妫水河流域水土流失的初步分析. *环境科学研究*, 2006, 19(3): 52-55.
- [15] 边世斌. 榆靖高速公路防风固沙与环境保护设计. *公路*, 2000, (11): 67-70.
- [16] 郜超, 施智宝, 党兵, 赵晓彬, 郝新忠, 刘世岐. 榆靖沙漠高速公路防风固沙林小气候效益的研究. *陕西林业科技*, 2008, (2): 34-36.
- [17] 水利电力部农村水利水土保持司. *水土保持技术规范*. 北京: 水利电力出版社, 1988: 89-90.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 12 June, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Effect assessment of the project of grain for green in the karst region in Southwestern China: a case study of Bijie Prefecture	LI Hao, CAI Yunlong, CHEN Ruishan, et al (3255)
The effect of dispersal on the population dynamics of a host-parasite system in fragmented landscape	SU Min (3265)
The effect of spatial scales on wetland functions evaluation: a case study for coastal wetlands in Yancheng, Jiangsu Province	OU Weixin, YE Lifang, SUN Xiaoxiang, et al (3270)
Effects of simulated nitrogen deposition on nutrient balance of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) seedlings	FAN Houbao, LIAO Yingchun, LIU Wenfei, et al (3277)
The water conservation study of typical forest ecosystems in the forest transect of eastern China	HE Shuxia, LI Xuyong, MO Fei, et al (3285)
The ecological responses of <i>Pinus tabulaeformis</i> forests in Taiyue Mountains of Shanxi to artificial Harvesting	GUO Donggang, SHANGGUAN Tielang, BAI Zhongke, et al (3296)
The influence of the long-term application of organic manure and mineral fertilizer on microbial community in calcareous fluvo-aquic soil	ZHANG Huanjun, YU Hongyan, DING Weixin (3308)
Endophytic fungal diversity of five dominant plant species in the dry-hot valley of Yuanjiang, Yunnan Province, China	HE Caimei, WEI Daqiao, LI Haiyan, et al (3315)
Seedling recruitment in desert riparian forest following river flooding in the middle reaches of the Tarim River	ZHAO Zhenyong, ZHANG Ke, LU Lei, et al (3322)
Scaling up for transpiration of <i>Pinaceae schrenkiana</i> stands based on 8hm permanent plots in Tianshan Mountains	ZHANG Yutao, LIANG Fengchao, CHANG Shunli, et al (3330)
Responses of soil enzyme activities and microbial biomass N to simulated N deposition in Gurbantunggut Desert	ZHOU Xiaobing, ZHANG Yuanming, TAO Ye, et al (3340)
Effects of Pb on growth, heavy metals accumulation and chloroplast ultrastructure of <i>Iris lactea</i> var. <i>Chinensis</i>	YUAN Haiyan, GUO Zhi, HUANG Suzhen (3350)
Effects of temperature and sap flow velocity on CO ₂ efflux from stems of three tree species in spring and autumn in Northeast China	WANG Xiuwei, MAO Zijun, SUN Tao, et al (3358)
The soil seed bank of <i>Eupatorium adenophorum</i> along roadsides in the south and middle area of Yunnan, China	TANG Yingyin, SHEN Youxin (3368)
Extracting the canopy structure parameters using hemispherical photography method	PENG Huanhua, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (3376)
The CCA analysis between grasshopper and plant community in upper reaches of Heihe River	ZHAO Chengzhang, ZHOU Wei, WANG Keming, et al (3384)
Community structure characteristics of phytoplankton in argun River Drainage Area in autumn	PANG Ke, YAO Jinxian, WANG Hao, et al (3391)
Spatial and temporal variation of phytoplankton and impacting factors in Jiulongjiang Estuary of Xiamen, China	WANG Yu, LIN Mao, CHEN Xingqun, et al (3399)
Effect of bank type on fish biodiversity in the middle-lower reaches of East Tiaoqi River, China	HUANG Liangliang, LI Jianhua, ZOU Limin, et al (3415)
Study on dynamic changes of soil and water loss along highway based on RS/GIS: an example of Yujing expressway	CHEN Aixia, LI Min, SU Zhixian, et al (3424)
The urbanization effects on watershed landscape structure and their ecological risk assessment	HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (3432)
Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou Bay based on landscape pattern	GAO Bin, LI Xiaoyu, LI Zhigang, et al (3441)
Impacts of land use and cover changes on ecosystem service value in Zoige Plateau	LI Jinchang, WANG Wenli, HU Guangyin, et al (3451)
Effect of chicken manure application on Cu and Zn accumulation in soil and <i>Brassica sinensis</i> L.	ZHANG Yan, LUO Wei, CUI Xiaoyong, et al (3460)
GIS analysis of structural characteristics of pollution sources in irrigable farmland in Ningxia China	CAO Yanchun, FENG Yongzhong, YANG Yinlu, et al (3468)
Effects of pre-sowing soil moisture and planting patterns on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean	LIU Yan, ZHOU Xunbo, CHEN Yuhai, et al (3478)
<i>In situ</i> study on influences of different fertilization patterns on inorganic nitrogen losses through leaching and runoff: a case of field in Nansi Lake Basin	TAN Deshui, JIANG Lihua, ZHANG Qian, et al (3488)
Effects of AM fungi on leaf photosynthetic physiological parameters and antioxidant enzyme activities under low temperature	LIU Airong, CHEN Shuangchen, LIU Yanying, et al (3497)
Effects of exogenous cysteine on growth, copper accumulation and antioxidative systems in wheat seedlings under Cu stress	PENG Xiangyong, SONG Min (3504)
Review and Monograph	
The horizon scanning technology and its application prospect in Ecology	HU Zimin, LI Jingjing, LI Wei, et al (3512)
Scientific Note	
The gas exchange characteristics of four shrubs on the northern slope of Kunlun Mountain	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (3522)
Effect of DEM data at different scales on the accuracy of forest Ecological Classification system	TANG Lina, HUANG Jucong, DAI Limin (3531)
Canopy interception of rainfall by Bamboo plantations growing in the Hill Areas of Southern Jiangsu Province	JIA Yongzheng, HU Haibo, ZHANG Jiayang (3537)
Effects of exotic species slash pine (<i>Pinus elliottii</i>) litter on the structure and function of the soil microbial community	CHEN Falin, ZHENG Hua, YANG Bosu, et al (3543)
The carbon emission analysis of Shenzhen Metro	XIE Hongyu, WANG Xixiang, YANG Muzhuang, et al (3551)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 12 期 (2011 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 12 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元