

# 基于 3S 技术的水土流失现状监测研究

李雄飞

(陕西省水土保持生态环境监测中心, 陕西 西安 710004)

**摘要:**以黄土高原与毛乌素沙地界线交界处能源重化工基地为研究区域,以 2003 年 9 月份的 ETM 遥感数据为基础数据,在 GPS 野外定点确定土地利用类型,实测样方内植被盖度及遥感信息与 GIS 空间信息分析的基础上,分析并确定影响土壤侵蚀的因子,合成了该区水土流失现状专题图。在此基础上对榆林北部 6 县(区)的各类水土流失类型、面积做了全面清查,并分析了该地水土流失类型、强度及区域分布的分异特征。

**关键词:**水土流失; 3S 技术; 能源重化工基地; 陕北

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2009)02-0080-03

**中图分类号:** P283.8, S157

## Soil and Water Erosion Monitoring Based on 3S Technology

LI Xiong-fei

(Shaanxi Monitoring Center of Soil and Water Conservation and Eco-environment, Xi'an, Shaanxi 710004, China)

**Abstract:** Taking the energy and heavy chemical industry area along the boundary of the Loess Plateau and the Maowusu Sandland as study area and the ETM data as main data source, we identified the land use types by GPS, measured the vegetation cover using quadrat method, and analyzed remote sensing and GIS spatial information. The effects of soil erosion factors were determined, and soil erosion map of the area was made. Based on the above results, the erosion types and area of the north of the six counties (districts) of Yulin region were investigated, and the spatial distribution of soil erosion type, intensity and the characteristics were analyzed.

**Keywords:** soil and water erosion; 3S technology; energy and chemical industry base; Northern Shaanxi Province

黄土高原土壤侵蚀严重。近几年重化工基地建设和资源开发地急速发展,加剧破坏了当地的生态环境。监测该区的水土流失程度、面积、分布特征等状况,是科学合理地规划、开发陕北的关键与前提,对于评价区域土壤侵蚀和指导生态环境建设具有重要意义。3S 技术为快速获取地面情况、监测水土流失信息提供了技术支撑,但是当前在水土保持监测领域运用该项技术研究较少,因而本研究将为陕北能源重化工基地的可持续发展提供准确的基础数据,为充分改造区域生态环境提供科学依据。

## 1 研究区域概况

陕北能源重化工基地地处毛乌素沙地南缘与陕北黄土高原丘陵沟壑区接壤地带,主要分布在陕北北部 6 县(神木县、府谷县、定边县、靖边县、榆阳区、横山县)。该区海拔一般在 800~1 400 m 之间,地势由西南向东北倾斜。西北部是毛乌素沙漠南沿,东南部是覆盖着薄层片沙的黄土丘陵区。年平均气温 8.4℃,

≥10℃积温 3 122℃。年降水量少于 400 mm,降雨集中于 7—9 月。黄河蜿蜒于东部府谷县和山西交界处,窟野河、秃尾河、无定河等黄河支流纵横区内。区内土地总面积 33 992 km<sup>2</sup>,其中耕地面积 7.81×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,人口 165.1 万人。区内已发现的矿产资源有 8 大类,40 多种。自 1998 年国家计委正式批准榆林为国家能源重化工基地以来,该区已形成年产煤炭 2.80×10<sup>7</sup> t,原油 1.80×10<sup>6</sup> t,原油加工 1.00×10<sup>6</sup> t 的生产能力。火电电力装机达到 3.89×10<sup>5</sup> kW,建成了向北京、天津、西安、银川和榆林等地送气的天然气管道 1 700 km 余,年产天然气 3.0×10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>。

## 2 研究方法

研究过程分为 3 步。(1) RS, GIS, 土地利用, 土壤侵蚀, 水土流失分区等基础数据选取;(2) 影响因子的确定及 GPS 定点野外调绘、判读、解译;(3) 对分析结果进行编辑,合成水土流失专题图。工作流程见图 1。

### 2.1 遥感和 GIS 数据及处理平台的选择

本次研究选用了 2003 年 9 月份的 Landsat-7

收稿日期:2008-10-16

修回日期:2008-12-09

资助项目:陕西省水土保持生态环境监测中心“陕北北部六县能源重化工基地水土流失监测普查”

作者简介:李雄飞(1980—),男(汉族),陕西省西安市临潼区人,学士学位,主要从事水土保持监测工作。E-mail:flysky-19800219@163.com。

(ETM)数据遥感数据。考虑到白天的热红外波段 6 的数据对本项研究没有太大的意义, 另外, 从光谱的角度来说全色波段 8 并不是一个独立的波段, 所以此研究所使用的是 ETM 波段 1—5 及波段 7 共 6 个波段的数据。根据研究区植被的季节变化特点, 秋末已经农作物收割, 自然植被枯萎, 影像色调差异大, 将信息源的时相选择在 9 月。GIS 数据采用 ARCGIS 文件格式的 1:10 万矢量地形图。同时本次研究还采用了各县土地利用、土壤侵蚀、水土流失分区等文字图件资料。以遥感图象处理软件 ERDAS IMAGINE 8.4 进行遥感图象处理、分析与信息提取, 以 ARCGIS 软件进行辅助信息处理。

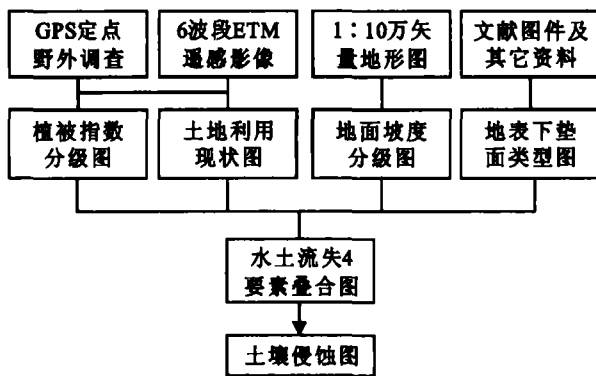


图 1 水土流失现状监测流程

2.2 土壤侵蚀监测相关因子的确定及提取

土壤侵蚀是在一定的环境背景下发生的, 而环境背景因子很多, 如降水、积温、干燥系数、土地利用、植被系数、坡度、地质地貌等。本次研究区域较小, 气候条件基本一致, 而土地利用、植被系数、坡度、地质地貌等因子的变异性却十分显著, 因此选取它们作为土壤侵蚀状况监测的相关因子。

2.2.1 土地利用信息提取 在中国《土地利用现状调查技术规程》一级分类系统中沙地和荒地同属于未利用土地, 但是它们的侵蚀机理截然不同(分别为风蚀和水蚀), 因此单列开来; 同样, 疏林地和灌木丛在一级系统中同属于林地, 考虑到它们对土壤侵蚀影响

的差异, 也将它们单列开来。本次研究的土地利用分作 8 类: 耕地、疏林地、灌木丛、草地、水域、城乡工矿居民用地、沙地、荒地, 并采用了多步骤信息提取法, 融入分区思想, 利用监督、非监督分类相结合<sup>[1-5]</sup>的方法逐步实现对研究区域土地利用信息的提取和成图。  
2.2.2 植被指数解译 本研究将植被盖度划分为 4 个等级<sup>[6]</sup>。(1) 裸露地(植被盖度<10%); (2) 低覆盖地(10%~40%); (3) 中覆盖地(40%~70%); (4) 高覆盖地(>70%)。然后以归一化植被指数(NDVI)将植被覆盖率关联起来(表 1), 最后将伪彩色方式下的 NDVI 根据灰度值赋予彩色, 形成植被覆盖率图像。

表 1 植被覆盖率与 NDVI 关系

植被覆盖率	<10%	10%~40%	40%~70%	>70%
NDVI	<28.6	28.6~52.2	52.2~75.8	>75.8
赋色	褐色	紫色	绿色	墨绿

2.2.3 地面坡度信息处理 应用 1:10 万的矢量地形图, 在 GIS 软件下将其内插成 15 m 的 DEM 数据, 从而提取坡度信息<sup>[7]</sup>。

2.2.4 地质地貌信息处理 本研究区域是榆林市北 6 县区域, 土壤表层组成物质以沙地, 黄土和基岩为主, 根据《陕西省地质地貌分区图》将研究区域划分为 3 个大的区域: 风积沙丘、沙地、沙盖黄土梁、黄土丘陵和基岩丘陵。

2.3 多层数据叠加分析

通过遥感影像提取的土地利用信息、植被覆盖信息及 DEM 提取的坡度信息, 综合考虑当地地质地貌, 以 GIS 空间分析方法, 将得到的 4 种水土流失重要因子专题图进行层面运算和定量分级, 最终根据当地土壤侵蚀信息和野外实际监测水土流失信息加以分析、处理, 得到土壤侵蚀图。

2.3.1 各层面数据的重编码 由于此次的 4 个层面专题图的种类都不超过 9 类, 因此可用单位整型数字对其进行重编码, 其 4 种水土流失因子专题图的分类代码见下表(表 2)。

表 2 各类水土流失因子及其类型编码表

土地利用类型		植被覆盖度		坡度分级		地质地貌分类	
类型	代码	类型	代码	类型	代码	类型	代码
林地	1	>70%	1	<5°	1	基岩丘陵	1
灌丛	2	40%~70%	2	5°~8°	2	黄土丘陵	2
草地	3	10%~40%	3	8°~15°	3	风积沙地	3
水系	4	<10%	4	15°~25°	4		
耕地	5			25°~35°	5		
沙地	6			>35°	6		
荒地	7						
居民地	8						

2.3.2 各层面数据的叠加运算 将以上编码作为每层空间数据的栅格单元属性信息,在 GIS 软件下进行多层次叠加运算(map calculator),即可得到区域内每个栅格都有 4 位整型数据属性的具有土壤侵蚀强度信息的栅格图像。

2.3.3 土壤侵蚀强度数据分析与处理 在得到以上信息后,可根据土壤侵蚀分类分级标准(SL190-96)、土壤侵蚀强度分级与相关指标关系等资料及野外调查数据,分析判断每种不同代码组合情况的土壤侵蚀强度级别,再进行重编码(recorde)、聚类(clump)、去除分析(elevation),得到最终的土壤侵蚀强度分级图。

### 3 结果分析

榆林市北 6 县重化工基地位于榆林市北部,水土流失形式以水蚀和风蚀为主。本次研究在 3S 技术支撑下对各县(区)的各类水土流失类型、面积以及侵蚀模数做了全面普查。这一结果(表 3)反映了该区土壤侵蚀的现状,为以后在此基础上提出科学的防治和治理措施提供了一条途径。该区土壤侵蚀强度、地质地貌类型、植被等自然地理因子有较大差异,从合成得土壤侵蚀图(附图 2),可得该区土壤侵蚀类型、强度及区域分布的分异特征。

表 3 各县(区)水土流失类型、面积及侵蚀模数

县(区)	风沙区			丘陵沟壑区			河川沟道		
	面积/km <sup>2</sup>	流失面积/km <sup>2</sup>	侵蚀模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	面积/km <sup>2</sup>	流失面积/km <sup>2</sup>	侵蚀模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	面积/km <sup>2</sup>	流失面积/km <sup>2</sup>	侵蚀模数/(t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
榆林	4 133.8	3 256.7	3 378	2 434.0	1 935	9 362	267.1	208.3	9 586
神木	3 940.0	3 120.0	5 256	2 876.0	2 876	20 148	722.0	722.0	32 000
府谷	908.0	851.1	17 733	1612.0	1 511	23 906	680.5	637.9	35 800
横山	1367.8	1 078.0	2 457	2 913.8	2 302	10 049	0	0	—
靖边	0	0	—	2 028.1	1 766	16 469	0	0	—
定边	3 242.2	2 050.0	316	3 621.6	3 460	8 506	0	0	—
合计	15 390.5	11 898.8		16 633.0	14 841		1 669.6	1 568.0	

(1) 东部砾质丘陵极剧烈侵蚀区。该区主要分布在府谷中南部,神木东部,榆林西北部等地,地貌为黄土梁峁丘陵宽谷,水蚀十分活跃,为极强烈侵蚀区,侵蚀模数在 8 500~25 000 t/(km<sup>2</sup>·a)之间。

(2) 西部风沙剧烈侵蚀区。该区主要分布于长城以北风沙碱滩区、中部风沙草滩区、东部黄土丘陵盖沙区的定边北部、靖边北部、横山西部和东北部、榆阳东北部、神木西北部、府谷西部。地貌为较平坦的风沙滩地和覆沙黄土谷地,风蚀是当地主要侵蚀类型,土地沙化,草场退化严重,侵蚀模数在 2 500~5 500 t/(km<sup>2</sup>·a)之间。

(3) 南部丘陵沟壑强度侵蚀区。这一区域主要包括定边南部、靖边南部、横山中部和南部、榆阳东北部,地貌为黄土丘陵沟壑,土壤侵蚀以水蚀为主,侵蚀模数在 8 000~10 000 t/(km<sup>2</sup>·a)之间。

少量轻、微侵蚀地区主要镶嵌于西部风沙剧烈侵蚀区,主要发生于河流谷地、滩地湖泊(海子)等处,侵蚀模数在 500 t/(km<sup>2</sup>·a)以下。

### 4 结语

能源重化工基地地域辽阔,资源丰富。近年来,该区自然环境也在国家退耕还林和实现山川秀美工程的大政策下有了明显改善。但严重的水土流失和

土地沙化仍然困扰着该区的发展,人为因素影响,加重了流失的比重,水土流失成了生态环境恶化的直接动因。对该区应用 3S 技术进行水土流失的现状监测,快速准确获取最新水土流失动态,为进一步合理开发和规划治理提供了依据,在实践中必将起到深远影响。

#### [ 参 考 文 献 ]

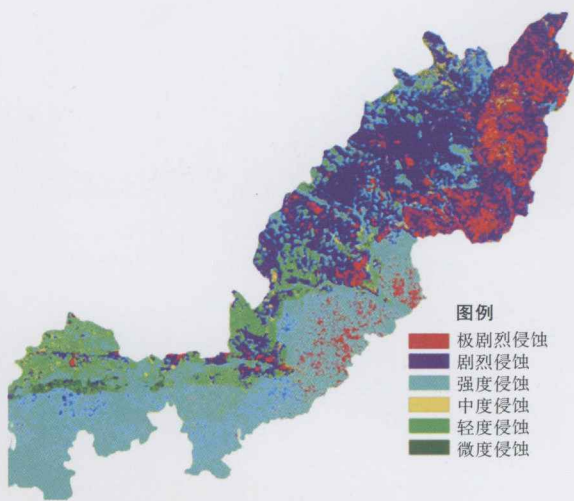
- [1] 邹亚荣,张增祥,周全斌,等. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系分析[J]. 水土保持研究,2002,9(1):67-65.
- [2] 陈松林. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系研究[J]. 福建师范大学学报:自然科学版,2002,16(1):25-28.
- [3] 胡良军,杨勤科. 基于 RS 和 GIS 的区域水土流失快速定量评价方法[J]. 中国水土保持,2002(1):39-40.
- [4] 张显峰,催伟宏. 运用 RS, GPS 和 GIS 技术进行大比例尺土地利用动态监测的实验研究[J]. 地理科学进展,1999,18(2):137-146.
- [5] 术洪磊. GIS 辅助下的基于知识的遥感影像分类方法研究[J]. 测绘学报,1997,26(4):328-335.
- [6] 李道峰,田英,郝芳华. 基于 NDVI 数据的黄河流域地表植被覆盖综合分类研究[J]. 水土保持研究,2005,10(4):88-91.
- [7] 王秀英,曹文宏,陈东. 土壤侵蚀与地表坡度关系研究[J]. 遥感学报,1999,3(2):139-143.

水土保持监测分区

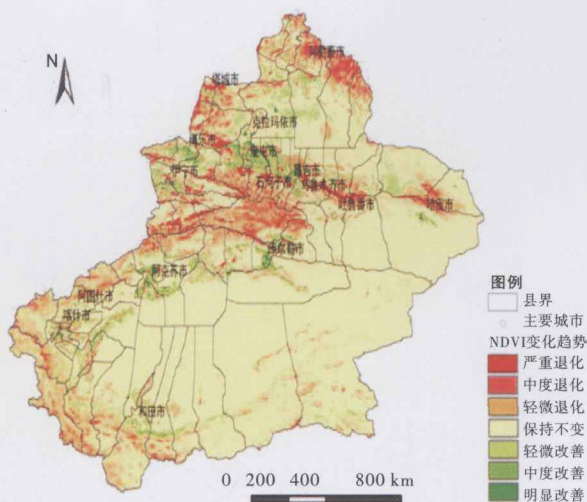
- I 1 武陵山以东低中山中度侵蚀重点治理兼保持监测区
- I 2 大娄山—武陵山中山中度侵蚀重点治理监测区
- I 3 武陵山以东低中山中度侵蚀重点治理兼保护监测区
- II 1 三峡库区东段平行岭谷低山丘陵中度侵蚀重点治理监测区
- II 2 三峡库区中段平行岭谷低山丘陵中度侵蚀重点治理监测区
- II 3 平行岭谷低山丘陵轻度侵蚀城市建设重点治理监测区
- II 4 平行岭谷低山丘陵轻度侵蚀重点治理监测区
- III 渝西方山丘陵轻度侵蚀重点治理监测区



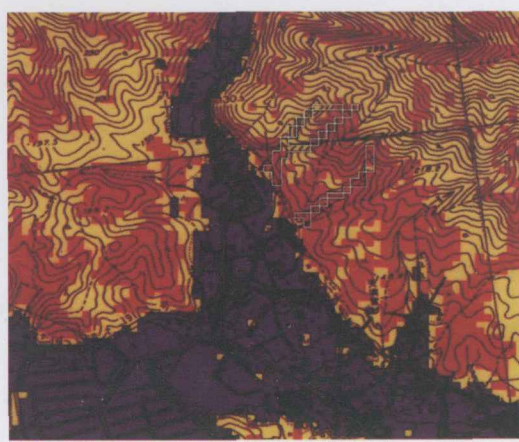
附图1 重庆市水土保持监测分区



附图2 榆林市北6县水土流失状况

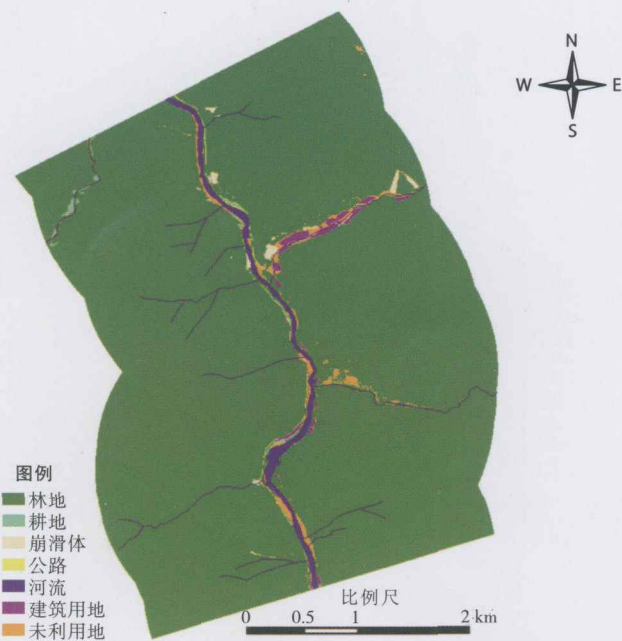


附图3 新疆地区近10 a最大化NDVI变化趋势



危险度等级	像素数	占有率	颜色
危险度高	1798	27.4%	红色
危险度中	2499	38.1%	黄色
危险度低	2264	34.5%	棕色

附图4 日本广岛地区滑坡危险度评价图



附图5 汶川县桃关地区景观分布信息提取成果（左图为震前，右图为震后）