

晋陕蒙能源基地榆神府矿区水土流失综合评价

傅耀军^{1,2}, 李曦滨², 孙占起², 白喜庆², 方大云², 李连娟²

(1. 中国矿业大学, 北京 100083; 2. 中国煤炭地质总局水文地质局, 河北 邯郸 056004)

摘要: 晋陕蒙能源基地榆神府矿区, 煤炭资源丰富, 是我国重要的能源重化工基地。由于地处鄂尔多斯盆地东北部的黄土丘陵区和毛乌素沙地, 自然条件恶劣, 生态环境十分脆弱, 水土流失是该区主要环境地质问题之一, 而煤炭资源的大规模开发, 必将加剧水土流失和环境恶化。根据 1987 年、1992 年和 1999 年 3 期 TM 卫星遥感影像解译成果, 在地理信息系统空间数据库功能的支持下, 应用层次分析法, 评价了该区水土流失现状, 初步揭示了水土流失影响因素和发展规律。结合调查成果, 研究了矿山开发等对水土流失的影响, 并进行了初步预测评价, 为该区环境保护和水土流失的防治提供了依据。

关键词: 榆神府矿区; 水土流失; 遥感; 地理信息系统; 综合评价

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2003)01—0032—04

中图分类号: S157; TD8

Comprehensive Evaluation on Soil and Water Loss in Yushenfu Coal Mine

FU Yao-jun^{1,2}, LI Xi-bin², SUN Zhan-qi², BAI Xi-qing², FANG Da-yun², LI Lian-jian²

(1. *China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China*; 2. *Hydrogeological Bureau, National Administration of Coal Geology, Chandan 056004, Hebei Province, China*)

Abstract: Yushenfu coal mine has very rich coal resource and it is one of the key fuel energy and heavy chemical industry base in China. It locats in loess-hilly area and Maowusu sandlot, northeast of Erduos basin, where have badly natural conditions and fragile environment system. Soil and water loss in natural environment is one of the main environmental geology problems in this area. Soil and water loss will become more seriously problem with large scale development of coal resources. According to three terms (1987, 1992, 1999) explaining results of TM remote sensing image, and under the support of data-base of GIS, the influence factors of soil and water loss and its trends are estimated by using arrangement analysis. A primarily forecasting and evaluating is made on coal mine exploitation that may affect natural environment based on the results of our survey. This would provide basic information for environmental protection.

Keywords: Yushenfu coal mine; soil and water loss; remote sensing; GIS; comprehensive evaluation

1 概况

榆神府矿区是我国已探明超过千万亿吨储量的 2 个巨型煤田之一, 不仅煤炭资源丰富, 煤种齐全, 煤质优良, 且煤层气资源丰富, 是煤炭、煤层气资源重点开发区, 已被确定为最重要的能源重化工基地。

该区处于黄河中游, 地质—生态环境脆弱, 气候条件恶劣, 地理地质背景条件差, 降水少且集中, 旱涝灾害频繁, 植被稀疏, 水资源短缺, 人地矛盾尖锐, 乱牧乱垦, 土地利用结构不合理以及不适宜的开发建设等造成了该区水土流失十分严重, 为全国乃至全世界之最, 是黄河泥沙的主要来源区。全区 50% 的土地存在明显的水土流失危害, 土地资源破坏严重。

2 侵蚀方式

工作区地处毛乌素沙地、盖沙黄土丘陵和黄土丘陵沟壑区的过渡带。土壤侵蚀方式、侵蚀类型及流失方式多种多样, 反映出水土流失侵蚀强度的区域差异极大。按侵蚀营力可划分为: 水力侵蚀、风力侵蚀及人为侵蚀。其中水力、风力以自然条件为基础, 而人为侵蚀主要以煤矿开发及交通等经济建设活动为主。

2.1 水力侵蚀

该区水力侵蚀的主要表现形式有面状侵蚀、沟状侵蚀、淋滤侵蚀、膨胀侵蚀及山洪侵蚀等。侵蚀作用主要表现为剥蚀地表、割裂地面、深切沟坡、流失土地肥力等。

收稿日期: 2002-11-01

资助项目: 国土资源大调查项目“晋陕蒙能源基地(陕北地区)矿山环境地质调查”(2000116000113)

作者简介: 傅耀军(1959—), 男(汉族), 河北成安人, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事水文地质、矿山环境地质、遥感技术和地理信息系统方面的研究工作。电话(0310)7115020, E-mail:fyj@hshwater.com。

面状侵蚀是表层土壤较均匀的流失现象。主要为溅蚀、片蚀、鳞片状面蚀、砂砾化面蚀、细沟侵蚀等。面蚀使表土中的细小物质呈悬浮状态随水流失,产生砂砾化、鳞片状及细沟状侵蚀,主要发生在梁峁顶部的缓坡上。区内窟野河、秃尾河、悖牛川、乌兰木伦河等的分水岭地带梁峁顶部大都存在面状侵蚀。

沟状侵蚀是坡面水汇聚成股流冲刷地面形成线状沟的现象。主要表现为浅沟、冲沟及河沟。沟蚀通过沟谷加深加宽及溯源侵蚀,使梁峁边缘呈锯齿状后退,是水力侵蚀中危害最严重的一种形式。全区黄土丘陵沟壑区的沟谷、支沟普遍存在此类侵蚀。

淋滤侵蚀是地表水流沿着黄土裂隙、孔隙产生的冲刷、溶蚀作用。表现形态为黄土陷穴、黄土溶蚀穴、黄土漏斗等。大量分布于窟野河流域的黄土沟缘、沟头及沟底等。膨胀侵蚀是地表红土(N₂)由于其特殊的矿物组成,遇水膨胀破碎在流水或自重力作用下发生脱落和运移。主要分布于红土地层区。

山洪侵蚀是在暴雨作用下,短时间内在水动能作用下土壤发生脱落和移动,形成水土混合物,沿坡向下流动的侵蚀。山洪侵蚀多发生于暴雨季节的黄土丘陵沟壑区。

2.2 风力侵蚀

风力侵蚀主要表现为吹扬、搬运、跃移等。风蚀凹地、槽穴、残墩是其主要形态特征。形成的沙地、沙丘、沙垄等,分布于工作区西部毛乌素沙地边缘及沙地与黄土丘陵的过渡带。根据植被覆盖度可分为固定、半固定、流动沙地等。

2.3 人为侵蚀

人为侵蚀主要表现在矿山开发、交通等建设的工程动土、削坡造路以及农业开垦坡地等。煤矿建设及相关交通、电力、生活设施工程占用耕地,使地下水位下降,植被系统恶化。采矿及相关建设使土壤及岩石裸露、破碎,引起土壤加速侵蚀。采矿、筑路、削坡等工程随意向河道弃土、弃渣,使河道淤积严重,增加河流泥沙量。乡镇小煤矿、土炼焦盲目发展,随意向河道排放粉煤、焦渣等增加河流淤积量。

3 水土流失主要影响因素

通过野外调查和侵蚀机理分析,引发该区侵蚀作用发生发展的主要因素,可分为自然因素和人为因素 2 大类。自然因素包括,降雨强度、地貌类型、地形坡度、沟壑密度、土地抗蚀能力(母质类型)及植被覆盖度等。人为因素有,矿山开发、土地利用类型及水土保持管理水平等。

4 水土流失现状评价

4.1 侵蚀强度评价标准划分

根据《水土保持技术规范》(SD238-87),利用遥感解释及野外调查成果,工作区水土流失分为水力侵蚀和风力侵蚀 2 种类型。

水力侵蚀可分为 7 级,即不明显侵蚀(侵蚀模数 $< 500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)、轻度水蚀(侵蚀模数 $500 \sim 2\,500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)、中度水蚀(侵蚀模数 $2\,500 \sim 5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)、强度水蚀(侵蚀模数 $5\,000 \sim 8\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)、极强度水蚀(侵蚀模数 $8\,000 \sim 15\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)、剧烈水蚀(侵蚀模数 $15\,000 \sim 25\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)及极剧烈水蚀(侵蚀模数 $> 25\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)。

根据该区风力侵蚀特征,可划分为轻度风力侵蚀(侵蚀模数 $500 \sim 2\,500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)、中度风力侵蚀(侵蚀模数 $2\,500 \sim 5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)、强度风力侵蚀(侵蚀模数 $> 5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$)。

4.2 评价方法及评价模型

针对该区水土流失的主要影响因素,选取 TM543 遥感图像进行单因素解译,生成母质类型、植被覆盖度、土地利用类型、地形地貌及沟壑密度等 5 个单因素解译图。地形地貌、植被、水体、地表物质、采矿、交通及人类活动等主要因子均可从图像中解译提取,结合对矿区开发和水土保持管理水平实地调查成果,可较好地满足评价要求。

评价方法采用层次分析法(AHP)。选取参加评价的单因素遥感解译图层,经过野外试验反复验证后,应用地理信息系统(GIS)进行图层的矢量化,建立图层的空间属性,并建立评价数学模型。采用专家评分法确定评分标准,权重系数排序生成矩阵,利用地理信息系统的空间叠加能力,根据权重进行空间叠加,生成新的图层,而后根据水土流失分类标准和水土流失强度综合指数对新图层进行属性化,进而达到评价的目的。

数学模型为:

$$E_Q = \sum_{i=1}^n W_{ij} I_{ij} \quad (i = 1, j = 1 \sim 5)$$

式中: E_Q ——水土流失强度综合指数; I_{11} ——植被覆盖度分级评分值; I_{12} ——母质类型分级评分值; I_{13} ——地貌类型分级评分值; I_{14} ——沟壑密度分级评分值; I_{15} ——矿山开发分级评分值; $W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, W_{15}$ 为各对应因子的相对权重。

4.3 影响因子选取

针对该区水土流失的特点结合野外调查成果,选取植被覆盖度、母质类型、地貌类型、沟壑密度及矿山

开发为评价因子。采用专家打分法,建立各因子的分级评分标准,结果列表统计。

4.4 权重系数的计算

根据专家意见对影响因素进行排序,生成判断矩阵,经过一致性检验后得出各影响因子的权重系数。母质 0.450;沟壑密度 0.300;地貌类型 0.158;植被覆盖度 0.065;矿山开发 0.027。

4.5 水土流失的现状评价

应用上述评价方法和模型,利用 1999 年遥感卫星数据,对水土流失现状进行评价(表 1)。

评价结果表明,全区水力侵蚀主要为极剧烈、剧烈和极强度侵蚀。风力侵蚀主要为中度和轻度风蚀。水土流失仍处于十分严重的阶段,全区 50% 以上的土地有明显的侵蚀。

表 1 工作区水土流失现状分布一览表

类型	分区名称	侵蚀模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)	分布范围	1999 年现状 面积/ km^2	占全区面积 比例/%	T _M 卫片影像特征
水力 侵蚀	不明显 侵蚀区	< 50	工作区河谷,大保当以西及红碱淖周围(风蚀)	6 584.55	43.90	深绿色、色彩较均匀
	轻度 水蚀区	500~ 2 500	工作区各大河谷及孙家岔以西红碱淖、南部	92.26	0.62	深兰、灰白色,色彩不均匀
	中度 水蚀区	2 500~ 5 000	活鸡兔以西,孙家岔以东	496.76	3.31	灰白—棕红色
	强度 水蚀区	5 000~ 8 000	店塔以北窟野河、秃尾河各支沟的两侧	881.48	5.88	棕红、红褐、浅绿色
	极强度 水蚀区	8 000~ 15 000	朱盖沟上游地区、悖牛川以东到大昌汉以西地区,古城以西窟野河西岸等	1 607.07	10.71	深棕红色、浅绿色
	剧烈 水蚀区	15 000~ 25 000	新民、孤山以北,老高川以东地区、窟野河、秃尾河及佳芦河分水岭一带	1 725.63	11.50	深棕红色、浅绿色
	极剧烈 水蚀区	> 25 000	黄河、窟野河、秃尾河及佳芦河之间黄土丘陵地带大面积分布	3 616.09	24.11	深棕红色、浅黄绿色
风力 侵蚀	轻度 风蚀	500~ 2 500	主要分布于神木、店塔、大昌汉以西地区	2 352.97	15.69	浅绿色—棕红色,具格状,平行条纹结构
	中度 风蚀	2 500~ 5 000	中鸡以南至大保当之间	5 020.38	33.47	棕红色、浅绿色为主,浅灰色次之,色彩不均匀,具斑点状结构
	强度 风蚀	> 5 000	秃尾河上游及大保当一带间断性分布	1 241.15	8.27	灰白—浅灰白色,具鱼鳞状波纹

大柳塔、活鸡兔、石圪台等大型国有煤矿区主要水土流失类型为强度、中度水蚀和中度风蚀。由于采取了科学的措施有力地遏制了水土流失,矿区的水土流失现状没有恶化,并有好转趋势。而小煤矿主要分布区,由于没有任何环境保护措施,增加了水土流失量,加剧了土壤侵蚀。区内小煤矿密集分布的乌兰木伦东岸、考考乌素沟、敏盖兔、府谷县的孤山、新民及三道沟等地大都为极剧烈水蚀和中度风蚀区。

5 矿山开发对水土流失的影响评价

水土流失总量包括原生地面产沙量(自然侵蚀状态下的地面输沙量)和新增水土流失量。新增水土流失量主要指矿山开采、铁路公路建设、基本建设及开荒等增加的水土流失量。

5.1 矿山开发前的输沙量

矿区水土流失在水、风及重力侵蚀的相互作用下发生,其水土流失量可根据河流输沙量来评价,包括悬移质和推移质输沙量 2 部分。

采用输沙模数图查算法和经验公式法计算该区悬移质输沙模数,进而求得悬移质输沙量为 $3.56 \times 10^7 t/a$ 。选用比例系数法推求推移质输沙量,推移质输沙量结果为 $3.56 \times 10^6 t/a$ 。矿区开发前地面输沙总量平均为 $3.91 \times 10^7 t/a$ 。

5.2 矿山开发新增输沙量评价及预测

5.2.1 评价方法 依据榆神府矿区规划、开发中的基建工程项目及原煤生产规模,结合地质地貌条件,采用单项内容清单法计算废弃土石排弃量,预测未来流失量。

5.2.2 流失量计算依据 研究表明,固体排弃物可能流失量除与排弃物的物质组成有关外,主要受控于堆放的地貌部位、下垫层的地层岩性、堆放方式、汇水面积等因素。据此可确定排弃物流失系数。单项工程流失量包括煤炭生产移动土石量、储装运系统废弃土石量、矿区供水系统弃土石量、矿区建材生产弃土石量、生产垃圾排弃量以及冶金、化工、输电线路、供热、发电等排弃量。

5.2.3 矿山开发流失量预测及评价 根据上述计算出煤矿区新增水土流失量,初期为 2.85×10^7 t/a,近期为 3.72×10^7 t/a。输沙模数由开发前的 1.29×10^4 t/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$),增大到 2.45×10^4 t/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)(初期)及 2.77×10^4 t/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)(近期),分别为原来的 1.90 倍和 2.15 倍。

研究表明,新增流失量主要来自露天矿剥离的土石弃碴,其次为铁路、公路土石弃碴。小煤窑新增水土流失量将超过总量的 5%,不容忽视。

6 水土流失防治措施建议

水土流失灾害是榆神府矿区主要的灾害环境地质问题之一。水力侵蚀造成东部地区水土大量流失,肥力和生产水平降低。风力侵蚀使得西部地区大面积土地沙漠化并向东发展,使本来就脆弱的环境更加恶化。大量泥沙输入黄河下游,造成河道不断淤积抬高。水土流失还可引发许多其它灾害及环境问题。

依据榆神府矿区的地质环境、开发规划及经济发展等条件,提出如下水土流失防治措施建议:

(1) 矿山开发与矿山环境防治统一规划,合理布置,要按地质环境系统制订矿山开发和环境治理的总体方案。

(2) 防治并重,治管结合,强化管理,重视预防,突出重点。由于重治、轻管,忽视对自然资源的保护和对环境地质问题的预防,致使几十年来对环境的治理成就,基本上被人为破坏抵消,甚至有的地区破坏大于治理。因此,依法管理,在防治并重的基础上强调预防和管护,特别对当前正在开发的煤矿区,意义重大。

(3) 矿区开发与水土保持结合。矿区开发应

本着“边开发、边治理、水土保持先行”的原则,尽最大可能减少植被破坏、土地占用、废弃物排放,达到生产效益最大化。严格控制小煤窑的生产。

(4) 以建设高产农田,解决粮食问题为突破口,推进综合治理。修建水平梯田、条田、水地、河谷淤地、灌木林网式耕地等,建立以拦泥淤地、防洪保收、蓄水灌溉为主要目的的库坝工程体系,改广种薄收为集约化经营,提高粮食单产,解决粮食问题,促进退耕还草、还林,从而使环境防治与农牧林生产同步发展。以小流域为单元,坚持综合治理,连续治理和连片扩大治理,试验、示范、推广相结合。

(5) 建立泉域保护区。矿区内分布的许多泉水,是十分珍贵的近源水资源。泉流量能够满足矿区近期需水量,这些泉的补给源均为煤系地层上覆的萨拉乌苏组沙层和上覆风积砂层,开采这些地段的煤层势必疏干含水层并导致泉水枯竭,进而影响地表植被,促使部分固定沙地活化,加剧水土流失。为确保生态环境的基础不被破坏,永续利用地下水,应将大泉域列为长期水源保护区。

(6) 种树种草,育树育林,加强植被建设。必须依据自然环境特点,因地制宜配置乔、灌、草的合理结构,做到适地适树适草。力求乔、灌、草相结合,带、片、网相结合,人工种植与天然植被封育改良相结合,生态防护效益与经济效益相结合。

[参 考 文 献]

- [1] 景可,卢金发,等.黄河中游侵蚀环境特征和变化趋势[M].郑州:黄河水利出版社,1997.
- [2] 朱俊凤,朱震达.中国沙漠化防治[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [3] 叶贵钧.西北五省(区)的煤炭资源、水资源及生态环境[J].煤田地质与勘探,2000(6).
- [4] 唐燕波,付利群,华解明,等.榆林神府矿区土地沙漠化现状及发展态势研究[J].河北建筑科技学院学报,2001(2).
- [5] 马秀芬,华解明,等.榆林神府矿区水土流失及发展态势[J].河北建筑科技学院学报,2001(3).
- [6] 水土保持技术规范 GB228—87[Z].