

# 基于GIS和RS的荒漠区土壤侵蚀研究

武文一<sup>1</sup>, 刘瑛<sup>2</sup>, 梁继业<sup>3</sup>

(1. 中国电力工程顾问集团中南电力设计院, 武汉 430071;

2. 三峡大学 水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002; 3. 塔里木大学, 新疆 阿拉尔 843300)

**摘要:**以GIS和RS为平台,对人类活动较为剧烈的鱼卡矿区及其周边区域的土壤侵蚀状况进行了研究。同时采用叠加分析法研究了土壤侵蚀与土壤类型、土地利用的耦合关系。结果表明:研究区土壤侵蚀以风蚀为主,兼有部分水蚀。从土壤类型来看,灰棕漠土、高山漠土侵蚀强烈,兼有风力侵蚀和水力侵蚀。洪积盐土风蚀强烈,高山荒漠化草原土水蚀较为强烈。从土地利用类型来看,极强度风蚀和剧烈风蚀主要分布在沙地和戈壁两种土地利用类型上,极强度水蚀主要位于沼泽和沟道两种土地利用类型上。因此,在制定水土流失整治措施和区域土地发展规划时,应首先考虑土壤类型和土地利用类型的侵蚀特性。在此基础上,制定有效的保护措施,严格控制水土流失,实现环境和经济的可持续发展。

**关键词:**GIS; RS; 土地利用; 土壤类型; 土壤侵蚀; 荒漠地区

中图分类号:S157.1; TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0010-04

## Study on Soil Erosion in Desertification Area Based on GIS and RS

WU Wen-yi<sup>1</sup>, LIU Ying<sup>2</sup>, LIANG Ji-ye<sup>3</sup>

(1. Central Southern China Electric Power Design Institute of China Power Electric

Engineering Consulting Group, Wuhan 430071, China; 2. College of Hydraulic & Environmental

Engineering, Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China; 3. Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

**Abstract:** Based on the GIS and RS, the soil erosion was analyzed around the Yuka mining area of Qinghai Province. Meanwhile, the coupling relationship between erosion, erosion styles and land use were analyzed by using superposing analysis method. The results show that: most of soil erosion took place in the study site was characterized as wind erosion, as well as a little water erosion. As for the soil types, gray-brown desert soil, alpine desert soil were mainly suffered strong wind and water erosion; alluvial soil were mainly suffered strong wind erosion; strong water erosion occurred in alpine desert grassland soil. As for the land use types, extreme intensive and severe wind erosion mainly happened in the sandy land and gobis, and intensive water erosion occurred mainly in swamp and channel land use types. The ecological characters in this area were fragile with serious soil loss, poor soil fertility and lowest biomass production, and were hard to be restored once vegetation was destroyed. Therefore, the management measures should take soil and land use erosion character as first consideration. And based on this, effective protection measurements should be established to control the soil and water loss and realize the sustainable environment and economic development in this area.

**Key words:** GIS; RS; land use; soil type; soil erosion; desertification area

水土流失和土地荒漠化已经成为当今研究的热点问题<sup>[1-11]</sup>。我国是土壤侵蚀最为严重的国家之一,其范围遍及全国各地。土壤侵蚀作为一种最活跃、最敏感的生态致灾因子<sup>[12]</sup>,关系着山区、丘陵区及风沙区水土资源的开发、利用和保护,关系着江河、湖泊的利

用和整治,涉及整个区域的生态环境、经济持续发展和社会稳定<sup>[13]</sup>。研究区地处荒漠和绿洲的生态过渡带、生态环境脆弱,区域的土壤侵蚀状况与区域的稳定、发展密切相关。对研究区土壤侵蚀的研究,将为区域的水土流失治理和可持续发展规划提供参考依据。

收稿日期:2011-03-11

修回日期:2011-03-28

资助项目:兵团博士资金项目(2008JC15);国家科技支撑计划课题(2006BAD26B05)

作者简介:武文一(1982-),男,山西榆次人,硕士研究生,工程师,研究方向:水土保持与荒漠化防治。E-mail: wuwenyi011@163.com

通信作者:梁继业(1976-),男,吉林省白城市人,副教授,主要从事水土保持与荒漠化防治方向研究。E-mail: Jethro123123@126.com

1 研究区概况

研究区属高寒内陆沙漠型气候,由于受地理位置和地形的制约,区内终年干旱、少雨、多风、寒冷。《青海省地面气象资料 30 a 整编(1961—1990)》资料显示:区域年平均气温 1.4℃,年平均降水量为 83.5 mm,年平均蒸发量为 2 176.6 mm。年平均风速达 2.1 m/s,多为西北风,年平均日照时数为 3 244.8 h,无霜期为 108 d;平均极端低温为-34.2℃,冻土深度可达 1.72 m。研究区植被为温带荒漠区、温带半灌木、灌木荒漠地带性植被,植被覆盖率低,主要种类有红砂、柽柳、骆驼刺、白刺、芨芨草以及碱蓬等耐旱、耐寒、耐风沙的种类。区域土壤基质主要为粗细沙、沙粒和角砾。区域土壤侵蚀类型以风力侵蚀为主。该区域内人烟稀少,地形以戈壁滩、沙丘、高山为主。区内矿产资源丰富,工业以冶金、煤炭、电力化工为主。本研究选取人类活动较为剧烈的煤矿区及其周边区域作为研究对象。

青海鱼卡矿区位于青海省海西蒙古族藏族自治州鱼卡乡。鱼卡乡地域东至羊肠子沟与德令哈毗邻,西起南八仙与冷湖行委相连,南靠察尔汗盐湖与格尔木相接,北侧翻过祁连山与甘肃省相连,地处东经 94°49′38″—95°04′37″,北纬 38°00′29″—38°09′40″。

2 数据来源及处理

解译使用的信息源主要为美国陆地卫星 Landsat 5 遥感影像 TM,空间分辨率 30 m,数据的获取时间为 2005 年 8 月 28 日。选取此时间段的遥感数据,主要是考虑到该时间段具有植被发育好、地表信息丰富的特点,有利于对各生态环境因子的判读。研究区土壤侵蚀类型、强度及分布的判定主要是在野外实地调查、定点记录的基础上,采用 GIS 建模运算来获取。其中,风蚀的判定是在野外定点调查的基础上,参考中国植被图集(1:1000 000)、中国 1:100 万土壤图、地形图(1:50 000)、风速、降水等气象资料,对遥感影像进行目视解译来获取。水蚀的判别主要是在风蚀划分的基础上,结合土地利用现状图并参考水文、气象、土壤、植被和 DEM(1:50 000)等图件资料,利用 ArcGIS 9.2 的空间分析模块,对相关图件进行插值和叠加分析等操作来计算 RUSLE 方程的各个因子。最后利用修正后的通用土壤流失方程 RUSLE 来计算不同区域的土壤侵蚀模数。将所得结果参照土壤水蚀侵蚀强度分级标准<sup>[14]</sup>,进行重分类得到水蚀不同侵蚀等级的分布图。由于现行的风蚀研究指标分级标准主要针对沙地制定,而本研究区内的地貌类型主要是戈壁,因此结合研究区的实际情况制定了该区的风蚀研究指标体系(表 1)。

表 1 研究区风蚀强度分级

级别	地表形态	植被覆盖度/ %	风蚀厚度/ (mm·a <sup>-1</sup> )	侵蚀模数/ (t·km <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
微度	地表植被较多,土壤表层未被破坏	>30	0~2	<500
轻度	地表有一定数量的植被覆盖,土壤表层未被破坏,风沙的起动风速较大	20~30	2~10	500~2500
中度	地面被岩石、岩壳或粗大砾石所覆盖,植被稀少	10~20	10~25	2500~5000
强度	粗沙、砾石覆盖,植被稀疏,大体平坦或呈缓起伏的地面	5~10	25~50	5000~8000
极强度	指表层为沙覆盖,基本无植被的地面	<5	50~100	8000~15000
剧烈	大片流沙覆盖地表	—	>100	>15000

首先对 TM 影像进行必要的辐射校正和增强处理,然后结合 DEM、土壤图、植被图及野外调查的结果,采用监督分类和目视解译相结合的方法,结合地形地貌、土壤、植被、气象资料等数据,对土壤侵蚀和土地利用/覆盖等进行解译,得到研究区土地利用和土壤侵蚀数据。利用 ArcGIS 9.2 的空间分析模块,将土壤数据、土地利用数据和土壤侵蚀数据进行空间叠加分析,进而对研究区土壤类型、土地利用类型与土壤侵蚀的耦合关系进行研究。

3 结果与分析

3.1 研究区土壤侵蚀现状分析

由表 2 中可以看出,从侵蚀形态看,研究区兼有

风力侵蚀和水力侵蚀两种侵蚀形态,以风力侵蚀为主。风蚀总面积达 68 422.04 hm<sup>2</sup>,占研究区面积的 90%以上;水蚀总面积仅为 4 780.82 hm<sup>2</sup>,主要分布在河流、居民点、工矿附近和山前倾斜洪冲积平原区。从侵蚀程度来看,研究区 60%以上的区域侵蚀程度达到中度以上,表明该区土壤侵蚀程度较为严重。值得注意的是,虽然该区环境条件恶劣,植被盖度很低,但仍然有近 30%的区域为轻度侵蚀,这主要是由于土壤表层石砾含量较高,而表面又多为大的砾石所覆盖,使得这些区域的土壤侵蚀模数相对较低;但从另外一个角度来看,由于土壤中细粒物质含量较低,一旦这些物质被侵蚀掉,土地生产力就会降至极低的水平甚至接近于零,整个生态系统就会处于崩溃的边

缘。因此该区域土壤侵蚀程度的变化对整个研究区乃至其下游的绿洲都有着十分重要的影响。根据青海省生态功能区划,研究区被划分为沙漠化控制区<sup>[15]</sup>,因此,该区的土壤侵蚀必须给予足够重视,尽量避免人类活动对地表植被的破坏。

3.2 土壤类型与土壤侵蚀的耦合关系分析

由表 2 可以看出,土壤组成为灰棕漠土、高山漠土和洪积盐土的地区风蚀强烈。这些土壤的粘结性

差,土层薄,多为砂砾质,土壤贫瘠,生物积累弱,植被盖度低,极易发生风蚀。研究区大部分位于鱼卡盆地内,盆地略呈三角形,由西北向东南方向延伸,该区盛行的西北风常年对鱼卡盆地进行吹蚀,加剧了该区的风蚀。另外,鱼卡盆地土壤母质多为第三纪和第四纪松散的堆积物,土壤类型多为洪积盐土,该土类表面盐分聚性强,上层积累大量易溶盐,导致该区植被稀疏。上述原因综合作用下,使得上述地类的风蚀较为严重。

表 2 土壤类型与土壤侵蚀的关系 hm<sup>2</sup>

类型	侵蚀强度	灰棕漠土	高山荒漠 化草原土	高山漠土	洪积盐土	沼泽土	残积盐土 和草甸盐土	合计
风蚀	微度	262.63	874.35	0.00	337.67	0.00	0.00	1474.65
	轻度	4806.53	854.34	2110.12	7287.83	2.31	4202.79	19263.92
	中度	1450.50	1029.36	593.45	11612.52	0.00	3533.94	18219.77
	强度	1700.40	3211.3	6628.21	509.00	0.00	868.90	12917.81
	极强度	777.58	387.44	25.84	11881.91	0.00	29.35	13102.12
	剧烈	2409.24	0.00	756.59	260.21	17.73	0.00	3443.77
	小计	11406.88	6356.79	10114.21	31889.14	20.04	8634.98	68422.04
水蚀	微度	8.71	132.54	67.32	352.05	0.00	0.00	560.62
	轻度	621.56	761.55	494.43	283.08	0.00	0.00	2160.62
	中度	263.23	58.12	133.84	5.06	14.02	0.00	474.27
	强度	0.11	53.22	3.43	122.25	0.00	0.00	179.01
	极强度	126.46	671.74	554.06	0.00	0.00	54.04	1406.3
	小计	1020.07	1677.17	1253.08	762.44	14.02	54.04	4780.82

表 3 不同土地利用类型与土壤侵蚀的关系 hm<sup>2</sup>

风蚀	微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈	合计
草甸	0.00	294.28	0.00	0.00	0.00	0.00	294.28
石漠	0.00	529.27	3000.70	10216.65	26.09	16.17	13788.88
沙地	0.00	0.00	538.55	2266.83	2426.71	2068.37	7300.46
灌丛	424.78	871.05	0.00	0.00	0.00	0.00	1295.83
沼泽	0.00	200.76	0.00	0.00	0.00	0.00	200.76
荒草地	667.11	1108.81	168.56	0.00	0.00	0.00	1944.48
戈壁	0.00	0.00	12314.83	154.42	9758.6	1353.81	23581.66
砾漠	361.68	15820.67	2098.86	279.91	890.72	0.00	19451.84
盐碱地	21.08	439.08	98.27	0.00	0.00	5.42	563.85
小计	1474.65	19263.92	18219.77	12917.81	13102.12	3443.77	68422.04
水蚀	微度	轻度	中度	强度	极强度	合计	
草甸	0.00	676.68	7.66	0.50	0.00	684.84	
石漠	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
沙地	0.00	0.00	73.04	0.00	0.00	73.04	
灌丛	415.74	1372.29	48.74	1.43	8.42	1846.62	
沼泽	0.00	3.46	0.94	107.33	377.25	488.98	
荒草地	123.81	52.65	109.81	0.00	266.82	553.09	
戈壁	0.00	0.00	232.99	0.00	0.00	232.99	
砾漠	0.00	36.39	1.09	10.65	0.00	48.13	
盐碱地	21.07	19.15	0.00	59.10	149.37	248.69	
沟道	0.00	0.00	0.00	0.00	604.44	604.44	
小计	560.62	2160.62	474.27	179.01	1406.30	4780.82	

土壤组成为灰棕漠土、高山漠土、高山荒漠化草原土的区域水蚀强烈。一方面,这些土壤的母质多为

坡积物、湖积物、洪冲积物,土壤肥力低,植被稀疏,土质多为粗砾碎屑物质或砂砾物质;另一方面,研究区

的主要水源为冰川融水,其自东向西横穿研究区。两者共同作用,加剧了分布在河流附近的灰棕漠土、高山漠土和高山荒漠化草原土的土壤侵蚀程度。特别是广泛分布于柴达木山的高山荒漠化草原土,其土壤侵蚀最为严重。高山荒漠化草原土主要分布在柴达木山上,该山体的干旱剥蚀明显,山麓遍布碎石,岩石裸露,且多沙化。长期水力侵蚀作用使得使该区的土壤侵蚀严重。

### 3.3 土地利用与土壤侵蚀的耦合关系分析

由表3可以看出,石漠、沙地、戈壁和砾漠风蚀强烈,其中极强度和剧烈侵蚀类型主要分布在沙地和戈壁两种土地利用类型上。这些区域风蚀严重的主要原因是该区植被稀疏、地表多被沙物质覆盖,为风蚀提供了丰富的沙源。同时这些土地利用类型的植被稀疏,地表粗糙度低,起沙风速低。因此,这些土地利用类型更易发生风蚀<sup>[16]</sup>。

沼泽、荒草地、盐碱地和沟道等地类的水蚀强烈,其中极强度侵蚀类型主要位于沼泽和沟道两种土地利用类型上。沼泽的侵蚀以水蚀为主,这主要是由于该区水资源条件相对于其它地类要好,水蚀强度要大于其它地类。由于沟道多为雨水冲刷形成,该区雨水为短历时降雨,短时间内会形成季节性河流,进而对沟道进行冲刷,使得沟道的侵蚀强度很大。

## 4 结论

通过上述分析可知,研究区土壤侵蚀严重,兼有水蚀和风蚀两种侵蚀形态,侵蚀类型以风蚀为主。从土壤类型来看,灰棕漠土、高山漠土侵蚀强烈,兼有风力侵蚀和水力侵蚀。洪积盐土风蚀强烈,高山荒漠化草原土水蚀较为强烈;从土地利用类型来看,极强度风蚀和剧烈风蚀主要分布在沙地和戈壁两种土地利用类型上,极强度水蚀主要位于沼泽和沟道两种土地利用类型上。

鱼卡盆地是洪积盐土的主要分布区,该区土地利用类型以沙地和戈壁为主。独特的地理条件和地形特点使得鱼卡盆地风蚀严重。在今后的区域生态整治中,对人为活动剧烈且侵蚀最严重的盆地应特别保护,限制人为活动的范围和程度。特别是在人类活动(如矿产资源的开发)过程中,应充分考虑到该区的生

态环境特点,采取有效措施防治水土流失,实现区域经济和经济的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 王思远,刘纪远,张增祥,等.不同土地利用背景下土壤侵蚀空间分布规律研究[J].水土保持学报,2001,15(3):48-51.
- [2] 范丽丽,沈珍瑶,刘瑞民.基于GIS的大宁河流域土壤侵蚀评价及其空间特征研究[J].北京师范大学学报:自然科学版,2007,43(5):563-566.
- [3] 邹亚荣,张增祥,周全斌.农牧交错带土地利用的土壤侵蚀状况分析[J].水土保持通报,2004,24(5):35-38.
- [4] 赵文武,傅伯杰,吕一河,等.多尺度土地利用与土壤侵蚀[J].地理科学进展,2006,25(1):24-33.
- [5] Russell S H, William W D. Landscape Erosion and Evolution Modeling[M]. New York:Kluwer Academic/Plenum Publishers,2001.
- [6] Stanley S W, Pierre C. U. S. Soil erosion rates-myth and reality[J]. Science,2000,289:248-250.
- [7] 周平,蒙吉军.鄂尔多斯市1988—2000年土壤水力侵蚀与土地利用时空变化关系[J].自然资源学报,2009,29(10):1706-1716.
- [8] 张鲁,周跃,张丽彤.国内外土地利用与土壤侵蚀关系的研究现状与展望[J].水土保持研究,2008,15(3):43-48.
- [9] 仲晓雷,郭成久,范昊明,等.辽宁省不同土地利用背景下土壤侵蚀空间分布规律[J].水土保持研究,2008,15(3):217-219.
- [10] 郝慧梅,任志远.区域LUCC的土壤侵蚀响应研究:以榆林市为例[J].干旱区研究,2008,25(4):583-591.
- [11] 邱利,张仁陟,张富,等.基于RS与GIS的定西市安定区土地利用变化与土壤侵蚀研究[J].干旱区资源与环境,2011,25(2):40-45.
- [12] 何兴元,胡志斌,李月辉.GIS支持下岷江上游土壤侵蚀动态研究[J].应用生态学报,2005,16(12):2271-2278.
- [13] 张洪江.土壤侵蚀原理[M].北京:中国林业出版社,2000.
- [14] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准SL190-96(B)[S].
- [15] 青海省环境科学研究设计院.青海省生态功能区划报告[R].2003.
- [16] 刘明义,宋志超,张黎辉,等.沙地风蚀动力因子分析[J].中国水土保持,2000(7):28-30.