

引用格式:Jiang Ye, Sun Jianguo, Xie Jiali, *et al.* Remote Sensing Assessment of Water and Soil Loss Changes of Zoige Wetland in Last 20 Years[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 28(6): 1088-1093. [姜烨, 孙建国, 谢家丽, 等. 近20 a若尔盖湿地水土流失变化的遥感评估[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(6): 1088-1093.]

# 近20 a若尔盖湿地水土流失变化的遥感评估

姜 烨<sup>1,2</sup>, 孙建国<sup>2</sup>, 谢家丽<sup>3</sup>, 颜长珍<sup>3</sup>

(1. 兰州城市学院城市经济与旅游文化学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 兰州交通大学测绘与地理信息学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**在若尔盖湿地以1989、2000、2005和2010年的Landsat TM/ETM数据为信息源提取土地覆盖以及植被覆盖度信息,结合ASTER DEM数据,在地理信息系统技术空间分析功能的支持下,依据水利行业《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007),通过叠加分析对研究区近20 a水土流失变化状况进行评估并分析了其与沼泽萎缩的关系。研究结果表明:若尔盖湿地土壤水力侵蚀面积广,但是程度轻;2000年以前水土流失程度加重,泥沙淤积是沼泽快速萎缩的原因之一;之后在相关生态环境建设和恢复措施作用下水土流失程度有所减轻,沼泽萎缩也呈减缓趋势。

**关 键 词:**若尔盖湿地;水土流失;遥感评价

**中图分类号:**TP 79      **文献标志码:**A      **文章编号:**1004-0323(2013)06-1088-06

## 1 引 言

湿地享有“地球之肾”的美誉,有巨大的环境调节功能和生态效益。健康的湿地生态系统不仅为人类提供多种物质产品和文化产品,而且在维护国家生态安全、减缓全球气候变化方面有着不可替代的重要作用<sup>[1]</sup>。但是在长期的人为和自然因素影响下,我国的湿地出现了退化的趋势<sup>[2-3]</sup>。位于青藏东北部的若尔盖湿地是中国最大的高原沼泽湿地分布区,沼泽湿地是若尔盖高原湿地的主体,占湿地总面积的95%以上,是世界上海拔最高、面积最大的高原泥炭沼泽分布区之一,也是黄河上游重要的水源涵养地<sup>[4]</sup>。由于自然因素和人类干扰活动的综合影响,若尔盖高原沼泽湿地出现了萎缩趋势<sup>[1,4]</sup>。目前针对本区湿地变化格局、土地沙漠化、草地退化、气候变化、放牧影响等方面已经开展了大量的研究<sup>[2,4-7]</sup>,但是对高原湿地水土流失及其对沼泽变化影响的研究开展的还较少。虽然若尔盖高原植被生长良好,人为活动强度相对较小,土壤水力侵蚀轻,

但是在全球变暖、过度放牧、旅游和建设开发的影响下,土壤侵蚀产生的泥沙淤积会一定程度上引起沼泽的萎缩和景观格局的碎化。

本文选取若尔盖湿地为研究区,以1989、2000、2005以及2010年的遥感LanSat TM/ETM数据为信息源,提取土地覆盖、植被覆盖度动态信息,结合该区DEM数据,依据水利部《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007),在地理信息系统技术支持下,通过土壤侵蚀分析水土流失现状、近20 a来时空变化特征及其与沼泽萎缩的关系,为整个研究区土壤侵蚀防治、土地资源利用规划、生态环境恢复及湿地的保护提供科学依据。

## 2 研究区概况

若尔盖湿地位于101°20'~103°25'E、32°09'~34°25'N,为四川、甘肃的交接地带,主要分布于若尔盖、红原、阿坝、玛曲等县境内,属于黄河流域。它是青藏高原向四川盆地、秦岭过渡的区域,在黄河、长江两大流域的分界处。

收稿日期:2012-11-22;修订日期:2013-06-21

基金项目:国家环保公益性行业科研专项(200909050)资助,国家自然科学基金项目(41361080),兰州交通大学科技支撑基金项目(120008)资助。

作者简介:姜 烨(1988—),女,甘肃山丹人,硕士研究生,主要从事遥感与地理信息系统应用研究。E-mail:jiangyen\_988@163.com。

研究区面积约 2.3 万 km<sup>2</sup>,海拔高度 3 211~4 755 m,属高原亚寒带半湿润大陆性季风气候,四季不分明,土地利用类型主要有沼泽地,高盖度草地以及中盖度草地。气候属高原寒温带湿润气候,降水多、湿度大、霜冻期极长,年平均气温为 0.6~1.2℃,年降水量为 660~750 mm,多集中于夏末秋初。无绝对无霜期<sup>[5,8]</sup>。地貌类型主要有丘陵、沼泽和谷地。若尔盖地区的丘陵多数呈浑圆状山丘,丘间河流纵横,黑河和白河由东南向西北径流并注入黄河<sup>[6]</sup>,因储水丰富若尔盖地区发育形成了大面积沼泽地。2010 年研究区土地覆盖类型主要为草地,占总面积的 70.59%,其次是湿地,占 22.91%,林地占 4.50%,难利用地占 1.78%,建设用地占 0.17%,耕地占 0.06%。

### 3 数据源及研究方法

#### 3.1 遥感数据及预处理

本文选择以 Landsat 卫星提供的 1989、2000、2005 以及 2010 年 4 期 TM/ETM 影像作为主要数据来源,首先从 1:10 万地形图选取控制点<sup>[9]</sup>,每景影像上均匀选取 6×6 个控制点,采用二次多项式和最近邻法重采样,对 2000 年的 ETM 进行几何精纠正,最终精度控制在 1.5 个像元之内;然后采用影像对影像的纠正方法对其他期影像进行纠正。

#### 3.2 土地覆盖信息提取

土地覆盖分为耕地、林地、草地、水域与湿地、建设用地和难利用地等基本类型。在前期地面考察的基础上,建立了研究区土地覆盖的遥感地面解译标志,利用人机交互方式对处理后的影像库进行基本地类的目视解译,通过对遥感影像上地物的光谱特征、纹理特征以及时相变化等特征,综合影像色调、亮度、饱和度、结构位置,运用地学相关分析法综合判断,获取了 1989、2000、2005 和 2010 年若尔盖高原 4 期土地覆盖空间数据库(图 1)。利用经纬度坐标将野外采样点导入目视解译结果,检查其地类属性是否一致,并结合 Google Earth 高分辨率影像验证,经过不断修改,最终 4 期土地覆盖数据定性准确度达到 96%。

#### 3.3 植被覆盖度提取

遥感影像中的一个像元由多个端元构成,每个端元对遥感传感器所观测到的信息都有贡献,因此可以将信息(波段或植被指数)分解为有植被与无植被两个组分。利用基于归一化植被指数建立像元植被覆盖度分解计算模型,是将像元分解为有植被和无植被两个端元,有植被的部分比例就是植被覆盖

度。基于植被指数的像元二分法计算植被覆盖度的公式如下:

$$NDVI = fc \times NDVI_{veg} + (1 - fc) \times NDVI_{soil} \quad (1)$$

$$fc = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (2)$$

其中:  $fc$  为植被占像元的比例,也就是植被覆盖度,  $NDVI_{soil}$  为裸土或者无植被覆盖区域的  $NDVI$ ,  $NDVI_{veg}$  为完全被植被覆盖像元的  $NDVI$ ,即纯植被像元的  $NDVI$  值<sup>[10]</sup>,  $NDVI_{soil}$  和  $NDVI_{veg}$  值可根据影像由人为进行确定。

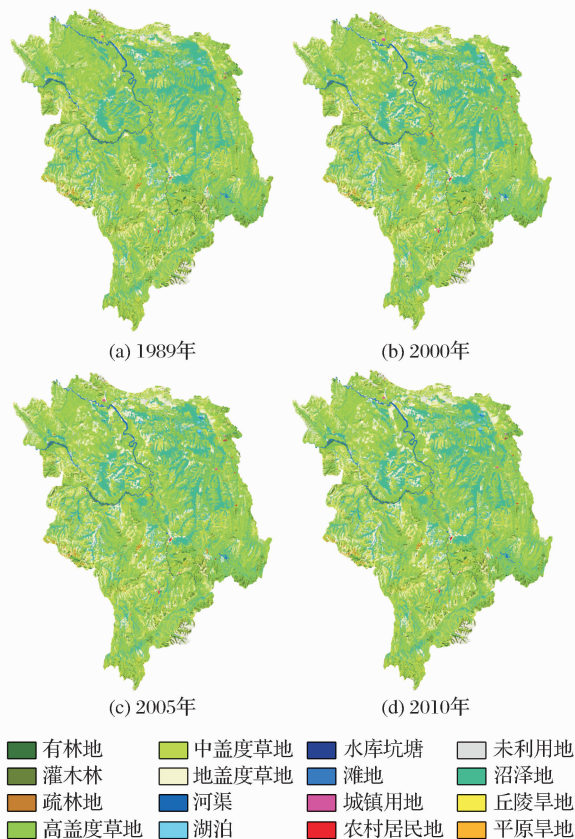


图 1 若尔盖土地覆盖图

Fig. 1 Distribution of land cover of zoige wetland

完全覆盖研究区需要 5 景 TM/ETM 影像,由于 TM/ETM 影像数据量较少,因此选取的影像为 6~9 月份影像,首先对影像进行归一化植被指数  $NDVI$  的提取,并对每个 30 m 的影像栅格计算植被覆盖度数据,为了覆盖度计算准确,每期影像均以 8 月份影像为标准,进行标准化处理。然后将植被覆盖度按  $<30\%$ 、 $30\% \sim 45\%$ 、 $45\% \sim 60\%$ 、 $60\% \sim 75\%$  和  $>75\%$  分为 5 级,生成研究区 4 期的植被覆盖度数据。

#### 3.4 坡度分级

在植被保护不好的情况下,土壤侵蚀随着坡度的增加土壤侵蚀强度就会加大<sup>[11]</sup>,因此坡度是影响水土流失大小的主要因素之一。采用 ASTER 30 m 分

分辨率 DEM 数据(数据来源:美国 NASA 的 LP DAAC,http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/index.jsp),在 ArcGIS 提供的空间分析模块支持下,计算得到流域坡度数据,然后根据土壤侵蚀面蚀分级标准将坡度分为<5°、5°~8°、8°~15°、15°~25°、25°~35°和>35°6 个等级,生成若尔盖湿地的坡度数据。

3.5 水土流失强度分级方法

中国水土流失强度分类分级标准,实际上是用土壤侵蚀强度分类分级标准来代替的<sup>[12]</sup>。土壤侵蚀是在降雨和径流等外营力作用下的水土流失,主

要依赖于降雨、植被覆盖、地形等<sup>[13]</sup>。有一定坡度的可蚀性土壤上,强降雨遇到有限的植被覆盖就会发生侵蚀<sup>[14]</sup>。

本研究参照中华人民共和国水利行业标准《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—2007)土壤侵蚀强度面蚀分级指标(表 1)确定土壤侵蚀等级。侵蚀等级分为微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强烈侵蚀、极强烈侵蚀和剧烈侵蚀 6 个等级。由于本区沟谷不太发育,并且在短期内变化不明显,研究对于沟蚀暂不予考虑。

表 1 土壤侵蚀强度分级指标  
Table 1 Classification indicator of soil erosion intensity

土地覆盖类型/地形坡度		<5°	5°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
耕地		微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
	<30%	微度	中度	中度	强度	极强度	剧烈
	30%~45%	微度	轻度	中度	中度	强度	极强度
	45%~60%	微度	轻度	轻度	中度	中度	强度
	60%~75%	微度	轻度	轻度	轻度	中度	中度
	>75%	微度	微度	微度	微度	微度	微度

4 结果分析

4.1 若尔盖湿地水土流失现状

水土流失面积 22 499.72 km<sup>2</sup>,主要以微度侵蚀为主,占总面积的 65.48%(图 2)。从轻度侵蚀到

剧烈侵蚀,各等级侵蚀面积分别占总面积的 24.64%,6.14%,1.02%,0.41%和 0.13%。2010 年全区水土流失不太严重,这与该区植被盖度高、生长良好密切相关。

4.2 若尔盖湿地水土流失面积变化分析

通过对若尔盖地区 4 期土壤侵蚀研究结果进行动态分析,可以反映不同侵蚀等级在空间和时间上的变化情况和土壤侵蚀变化趋势在空间上的分布状况。近 20 a 来若尔盖地区土壤侵蚀面积的动态变化有如下特点。

(1)有一定坡度的可蚀性土壤上,强降雨遇到有限的植被覆盖就会发生侵蚀<sup>[14]</sup>。1989、2000、2005 以及 2010 年水土流失面积分别为总面积的 97.96%、97.90%、97.86%和 97.82%。水土流失发生在有一定坡度,植被覆盖有限的可蚀性土壤上,研究区水土流失总面积呈减少趋势,主要由于建设用地等土地覆盖类型增加,使地表不可蚀面积扩大,导致水土流失总面积减少。

(2)不同等级水土流失面积变化。虽然若尔盖湿地水土流失总面积变化不大,由于自然与人为因素的影响,不同等级的水土流失面积在不同时段所占比例及相互转换还是比较显著(图 2)。总体来说,由于侵蚀程度加重,1989~2000 年微度和轻度

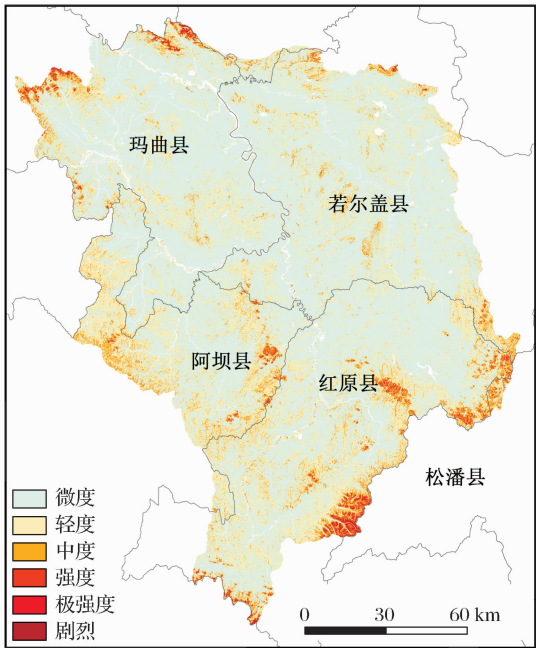


图 2 2010 年若尔盖湿地水土流失现状图  
Fig. 2 Status map of water and soil loss in Zoige wetland in 2010

水土流失面积减少,中度以上的水土流失面积增加;而另外两个时段的变化趋势除 2005~2010 年轻度减少外,其他等级的水土流失面积变化趋势则与此相反(表 2)。

表 2 若尔盖湿地各时段不同等级水土流失面积及沼泽面积净变化

Table 2 Net area changes of different gradations of soil erosion and marsh in Zoige wetland from 1989 to 2010

年份	土壤侵蚀面积变化/km <sup>2</sup>						沼泽面积变化 /km <sup>2</sup>
	微度	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈	
1989~2000 年	—1239.94	—3611.41	4235.48	529.98	67.45	4.41	—208.15
2000~2005 年	5364.89	690.83	—5051.03	—876.20	—112.32	—24.43	—30.78
2005~2010 年	2924.99	—1433.85	—1268.41	—155.60	—61.77	—13.48	—20.13

(3)水土流失强度变化。通过对若尔盖 4 期土壤侵蚀等级栅格图进行空间分析,计算侵蚀强度等级转换矩阵(表 3~5),得出各土壤侵蚀类型间转化情况,从而分析了各土壤侵蚀类型的动态变化趋势。1989~2000 年若尔盖土壤侵蚀经历了复杂的变化,整个研究区由于气候变化及过度放牧等因素,微度和轻度水土流失的侵蚀强度增大导致中度以上的水土流失面积增加较多,全区水土流失处于剧烈发展期,其中 4 378.02 km<sup>2</sup> 的轻度侵蚀转化为中度,1 223.52 km<sup>2</sup> 的微度侵蚀发展为中度,中度、强度、极强烈和剧烈水土流失面积分别增长了 121.14%、71.97%、33.61%和 6.88%。2000 年后对若尔盖湿地实施的保护措施取得成效,草地和湿地的植被覆

盖度有所提高,中高盖度草地面积增加,低盖度草地面积减少。2000~2010 年水土流失程度减轻,2000~2005 年微度和中度侵蚀面积变化最大,微度侵蚀增加面积为 5 364.89 km<sup>2</sup>,增加的面积主要来源于轻度和中度,中度侵蚀面积减少,减少面积中的 84.63%转换为微度侵蚀,中度、强度、极强烈和剧烈的面积分别减少了 65.33%、69.19%、41.89%和 35.59%;2005~2010 年水土流失减轻更多,不但中度、强度、极强烈和剧烈的面积分别减少了 47.31%、60.12%、39.64%和 30.49%,而且轻度的面积也减少了 20.19%,减少的中度侵蚀中 28%转化为微度侵蚀,35%减轻为轻度侵蚀,而 2005 年 46.49%的轻度侵蚀减轻为微度侵蚀。

表 3 1989~2000 年土壤侵蚀类型转移矩阵/km<sup>2</sup>

Table 3 The transfer matrix of soil erosion type from 1989 to 2000/km<sup>2</sup>

1989 年	2000 年侵蚀等级						1989 年总计
	1 微度	2 轻度	3 中度	4 强烈	5 极强烈	6 剧烈	
1 微度	6 078.34	1 223.52	639.67	37.55	4.01	0.30	8 010.16
2 轻度	585.08	4 776.26	4 378.02	261.99	11.06	0.21	10 022.31
3 中度	91.08	398.08	2 418.20	514.45	64.76	3.64	3 496.39
4 强烈	1.59	7.39	266.65	378.60	69.19	12.46	736.38
5 极强烈	0.16	0.31	19.67	60.70	108.47	11.25	200.66
6 剧烈	0.05	0.02	0.84	12.16	10.41	40.72	64.22
2000 年总计	6 770.22	6 410.90	7 731.87	1 266.36	268.11	68.63	

表 4 2000~2005 年土壤侵蚀类型转移矩阵/km<sup>2</sup>

Table 4 The transfer matrix of soil erosion type from 2000 to 2005/km<sup>2</sup>

2000 年	2005 年侵蚀等级						2000 年总计
	1 微度	2 轻度	3 中度	4 强烈	5 极强烈	6 剧烈	
1 微度	6 258.58	451.15	38.76	1.64	0.37	0.07	6 770.22
2 轻度	2 814.37	3 325.40	235.91	26.13	1.08	0.04	6 410.90
3 中度	2 799.18	3 220.93	1 484.38	172.75	42.96	2.84	7 731.87
4 强烈	232.91	94.21	763.07	127.29	38.32	9.48	1 266.36
5 极强烈	11.60	2.86	142.44	44.74	61.16	5.11	268.11
6 剧烈	0.71	0.13	12.38	16.97	11.78	26.62	68.63
2005 年总计	1 2135.11	7 101.73	2 680.84	390.16	155.79	44.20	

表 5 2005~2010 年土壤侵蚀类型转移矩阵(km<sup>2</sup>)  
Table 5 The transfer matrix of soil erosion type from 2005 to 2010(km<sup>2</sup>)

2005 年	2010 年侵蚀等级						2005 年总计
	1 微度	2 轻度	3 中度	4 强烈	5 极强烈	6 剧烈	
1 微度	10 875.29	1 070.37	133.40	46.86	2.83	0.49	12 135.10
2 轻度	3 301.73	3 565.32	218.83	13.30	0.00	0.00	7 101.72
3 中度	748.42	928.36	877.19	86.92	34.76	3.97	2 680.83
4 强烈	96.03	103.29	109.60	68.03	9.71	3.34	390.15
5 极强烈	32.48	0.00	63.80	14.54	42.33	2.57	155.79
6 剧烈	5.16	0.00	9.48	4.84	4.37	20.33	44.20
2010 年总计	15 060.09	5 667.88	1 412.43	234.53	94.03	30.72	

4.3 若尔盖水土流失对沼泽萎缩的影响

通过对若尔盖土地覆盖数据进行分析,近 20 a 来若尔盖湿地中沼泽面积呈减少趋势,1989~2010 年沼泽面积共减少了 259.07 km<sup>2</sup>(表 2)。1989~2000 年,全区水土流失处于剧烈发展期,同时也是沼泽严重萎缩期,沼泽面积减少 208.15 km<sup>2</sup>,年萎缩速度 18.92 km<sup>2</sup>。2000~2010 年,水土流失程度减轻,沼泽萎缩速度相对减缓,沼泽面积减少 50.91 km<sup>2</sup>,年萎缩速度 5.09 km<sup>2</sup>。

5 结 语

通过对近 20 a 来若尔盖湿地水土流失变化状况进行评估,分析了其与沼泽萎缩的关系。研究结果表明:

(1)若尔盖湿地沼泽广泛分布、植被覆盖好,虽然全区水土流失面积大,但是土壤水力侵蚀程度低,2010 年微度面积和轻度面积占总水土流失面积的 90.12%。

(2)近 20 a 来若尔盖地区土壤侵蚀面积动态变化显著。1989~2000 年若尔盖水土流失处于剧烈发展期。中度、强度、极强烈和剧烈水土流失面积都有增长。2000~2010 年水土流失程度减轻,其中 2000~2005 年中度、强度、极强烈和剧烈的面积分别减少了 65.33%、69.19%、41.89% 和 35.59%;2005~2010 年水土流失减轻更多。

(3)水土流失产生的泥沙对湿地的淤积在一定程度上加速了湿地的萎缩。根据同期土地覆盖监测表明:1989~2000 年,若尔盖水土流失处于剧烈发展期,湿地减少了 208.153 km<sup>2</sup>,而 2000~2010 年,水土流失程度减轻,湿地面积只萎缩了 50.92 km<sup>2</sup>。

20 世纪 90 年代末起,若尔盖湿地气候增暖,迅速进入暖干期<sup>[2]</sup>,总云量持续减少,日照时数上升,平均气温明显上升,降水量、蒸发量、径流量总体都

呈减少趋势,草地气候干旱化明显<sup>[2]</sup>。同期又由于草地承包等政策的实施,过度放牧造成超载率高达 53.07%,局部地区甚至达到了 100%,不但加速了草地退化<sup>[5]</sup>,水土流失也发展迅速,由此产生的泥沙对湿地的淤积,在一定程度上加速了湿地的萎缩。自 1998 年 8 月我国设立《若尔盖湿地国家级自然保护区》以来,国家对高寒沼泽湿地生态系统进行重点保护,实行了轮牧禁牧、填埋沟渠、治沙种草等一系列恢复措施,取得了一定成效,2000 年后湿地和草地的功能正逐步恢复<sup>[1]</sup>。水土流失程度有所减轻,湿地萎缩也得到减缓。对若尔盖湿地的保护和恢复,不能只着眼于湿地本身与对气候变化的敏感性研究<sup>[15]</sup>,对水土流失也要给以足够的重视,否则泥沙淤积将逐渐填充洼地,不但使湿地蓄水能力下降,还会引起湿地景观格局的破碎化,进而使湿地功能减弱或者丧失。

参考文献(References):

[1] Gao Junqin, Lei Guangchun, Li li, *et al.* The Distribution Characteristics of Soil Organic Carbon in Three Kinds of Wetland Soils in Zoigê Plateau[J]. Wetland Science, 2010, 8(4): 327-330. [高俊琴,雷光春,李丽,等. 若尔盖高原三种湿地土壤有机碳分布特征[J]. 湿地科学, 2010, 8(4): 327-330.]

[2] Dai Yiang, Luo Yong, Wang Changke, *et al.* Climate Variation and Abrupt Change in Wetland of Zoigê Plateau during 1961~2008[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2010, 32(1): 35-44. [戴洋,罗勇,王长科,等. 1961~2008 年若尔盖高原湿地的气候变化和突变分析[J]. 冰川冻土, 2010, 32(1): 35-44.]

[3] Niu Zhenguo, Gong Peng, Cheng Xiao, *et al.* Geographical Characteristics of China's Wetlands Derived from Remotely Sensed Data[J]. Science in China(Series D: Earth Sciences), 2009, 39(2): 188-203. [牛振国,宫鹏,程晓,等. 中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39(2): 188-203.]

[4] Chen Zhike, Lv Xianguo. Comparison between the Marsh



- Wetland Landscape Patterns in the Zoigê Plateau for Two Periods[J]. *Wetland Science*, 2010, 8(1): 8-14. [陈志科, 吕宪国. 两个时期若尔盖高原沼泽湿地景观格局的对比研究[J]. 湿地科学, 2010, 8(1): 8-14.]
- [5] Hu Guangyin, Dong Zhibao, Wei Zhenhai, *et al.* Spatial and Temporal Change of Desertification Land of Zoige Basin in Recent 30 Years and Its Cause Analysis[J]. *Advances in Earth Science*, 2009, 24(8): 908-916. [胡光印, 董治宝, 魏振海, 等. 近 30 a 来若尔盖盆地沙漠化时空演变过程及成因分析[J]. 地球科学进展, 2009, 24(8): 908-916.]
- [6] Xu Gang, Zhao Zhizhong, Wang Yan, *et al.* Remote-sensing Dynamic Monitoring of Sand-and Rock-desertification of the Zoigê Plateau Basin, Northern Sichuan, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 2007, (8): 1048-1055. [徐刚, 赵志中, 王燕, 等. 川北若尔盖高原盆地沙漠化、岩漠化遥感动态监测研究[J]. 地质通报, 2007, (8): 1048-1055.]
- [7] Wang Aihua, Zhang Shuqing, Zhang Bai. Application of Remote Sensing and Geographical Information System Technology to Wetland Research[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2001, (3): 200-204. [汪爱华, 张树清, 张柏. 遥感和地理信息系统技术在湿地研究中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2001, (3): 200-204.]
- [8] Chai Xiu. The Marsh of Zoige Plateau[M]. Beijing: Science Press, 1965. [柴岫. 若尔盖高原的沼泽[M]. 北京: 科学出版社, 1965.]
- [9] Fei Yiqing, Li Yongqing. Extraction of Remote Sensing Alter-ation Information and Analysis of Metallogenic Prognosis based on ETM-A Case Study of Danghe-Nanshan Area in Gansu[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2011, 26(4): 482-488. [费一清, 李永庆. 基于 ETM 数据的蚀变遥感异常信息提取及成矿区预测研究——以甘肃党河南山地区为例[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(4): 482-488.]
- [10] Li Miaomiao, Wu Bingfang, Yan Changzhen, *et al.* Estimation of Vegetation Fraction in the Upper Basin of Miyun Reservoir by Remote Sensing[J]. *Resources Science*, 2004, (4): 153-158. [李苗苗, 吴炳方, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, (4): 153-158.]
- [11] Zhang Hongjiang. Theory of Soil Erosion[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999. [张洪江. 土壤侵蚀原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.]
- [12] Tian Y C, Zhou Y M, Wu B F, *et al.* Risk Assessment of Water Soil Erosion in Upper Basin of Miyun Reservoir, Beijing, China[J]. *Environmental Geology*, 2009, 57: 973-942.
- [13] Fan J R, Zhang J H, Liu S Z, *et al.* Monitoring of Soil Erosion and Assessment for Contribution of Sediments to Rivers in a Typical Watershed of Theupper Yangtze River Basin[J]. *Land Degradation & Development*, 2004, 15(1): 411-421.
- [14] Zhang Xiwang, Lin Feng, Li Xiaosong, *et al.* Analysis of Soil Erosion Temporal and Spatial Changes in the Yongding River Controlling Area[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2011, (6): 81-84. [张喜旺, 凌峰, 李晓松, 等. 永定河治理区土壤侵蚀时空变化分析[J]. 测绘科学, 2011, (6): 81-84.]

## Remote Sensing Assessment of Water and Soil Loss Changes of Zoige Wetland in Last 20 Years

Jiang Ye<sup>1,2</sup>, Sun Jianguo<sup>2</sup>, Xie Jiali<sup>3</sup>, Yan Changzhen<sup>3</sup>

(1. School of Urban Economy and Tourism Culture of Lanzhou City University, Lanzhou 730070, China;

2. Faculty of Geomatics of Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

3. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute  
Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** This paper takes Zoige Wetland as the study area to get the water and soil loss change and its effects on the shrink of marshes. In the study, the Landsat TM/the ETM data acquired in 1989, 2000, 2005 and 2010 which have been used to derive the land cover and vegetation fraction data, and Aster DEM derive the grade of slope. According to ‘Standards for classification and gradation of soil erosion (SL190-2007)’, the data in the raster format have been overlaid to assess the status and change trend of soil erosion in Zoige Wetland in last 20 years with the support of spatial analysis of GIS. The results show that the hydraulic soil erosion area is widely spread in Zoige Wetland, but the gradation of water and soil erosion is slight. The degree of soil and water loss is aggravating and sediment deposition resulted from the soil erosion is also one of the main reasons for the rapid shrinkage of marshes before 2000. Its degree has shown the decreasing trend under the ecological environment construction and recovery measures after 2000, and the marsh shrinking speed has also slowed down.

**Key words:** Zoige Wetland; Water and soil loss; Remote sensing assessment