

# 基于 GIS 的黄河上游龙羊峡库区 生态环境遥感监测研究

曾 永年<sup>1, 2</sup>, 冯兆东<sup>1</sup>, 曹广超<sup>1</sup>

(1. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 青海师范大学青藏高原资源环境研究中心, 青海 西宁 810008)

**摘 要:** 本项研究以黄河上游生态环境严重退化的龙羊峡库区为研究区, 应用遥感与 GIS 一体化的方法, 建立了库区生态环境动态监测信息系统。在系统的支持下, 利用多时相、多波段 TM 遥感数据, 对库区近十年来生态环境变化进行监测分析, 揭示了库区土地沙漠化、水土流失、土地利用/ 土地覆盖的现状, 以及建库近十年来生态环境时空演化的过程与发展趋势, 为库区生态环境治理提供科学依据。本项研究利用遥感和 GIS 技术, 采用生态环境综合分类系统, 在一次分类处理中通过多层次不同级别的组合获得了基于同一信息源的土地沙漠化、草场盖度、土地利用/ 土地覆盖等多种环境类型信息, 并利用环境信息模型对库区的土壤侵蚀进行了评价。基于 GIS 的分类后再处理使遥感分类精度有了一定程度的提高。研究表明, 在 GIS 的支持下充分利用遥感信息监测与评价生态环境, 是区域生态环境定量化研究的有效途径。

**关键词:** 生态环境监测; RS& GIS; 黄河上游; 龙羊峡库区

**中图分类号:** TP79

**文献标识码:** A

## 1 引言

黄河龙羊峡以上的上游流域位于青藏高原的东北部, 介于  $32^{\circ}30' \sim 36^{\circ}00'N$ ,  $95^{\circ} \sim 103^{\circ}30'E$  之间, 流域面积约  $13.14 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 约占黄河流域面积的 18%, 但这一区域产流量却占黄河全流域的 38%, 是黄河主要径流的形成区。近年来, 受全球气候变化的影响, 黄河上游气候干暖化过程逐年加剧, 加之不合理人类活动的影响, 黄河上游草场退化、土地沙化、水土流失等现象日趋严重, 已严重影响本地区社会经济发展, 并对中下游地区社会与经济的持续发展产生了极大的负面影响。这些问题已引起国家及各级政府部门的广泛关注, 成为当前生态环境研究的热点问题之一<sup>[1, 2]</sup>。为有效开展黄河上游生态环境保护 and 建设, 首先需要解决的问题是要研究这一

地区环境演变的规律、特征和趋势。黄河上游区域范围广, 自然条件严酷, 加之研究基础薄弱, 研究内容复杂。面对大区域范围内如此复杂的生态环境问题, 应用常规方法进行研究比较困难。因此, 应用现代对地观测技术与空间信息科学的方法进行黄河上游环境动态研究显得尤为重要。现代遥感技术与 GIS 的发展和广泛应用为揭示常规方法难以获取的环境动态信息, 解决复杂的空间问题, 进行区域环境动态监测提供了有力条件, 成为当前解决资源与环境问题最有力的技术支撑<sup>[3, 4]</sup>。然而, 目前黄河上游地区生态环境的研究主要以常规方法为主, 遥感技术的应用集中于冰雪及其灾害的研究, 遥感信息利用侧重于 NOAA 卫星数据<sup>[5, 6]</sup>, 在黄河上游地区沙漠化、土地利用、水土流失的调查研究中遥感技术的应用多以目视解译为主, 遥感与 GIS 的结合应用也以目视解译- 纸质专题地图- 数字化- GIS 数据

收稿日期(Received date): 2002- 12- 15; 改回日期(Accepted): 2003- 03- 10。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(NO. 40071066); 教育部骨干教师资助项目; 国家重点基础研究发展规划项目(G2000048701); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1- 10- 06)[The Item Was Supported by National natural Science Foundation of China, No. 40071066; Key Teacher Program of Chinese Education Ministry; Chinese Basic Scientific Research Initiative Project, No. G2000048701; Knowledge Innovation Project of CAS, No. KZCX1- 10- 06]

作者简介(Biography): 曾永年(1959- ), 男(汉), 青海省西宁市人, 兰州大学博士生, 教授, 主要从事遥感与地理信息系统的应用研究。联系电话: (0931) 8912699, e-mail: Zengyongnian@sina.com [ZENG Yong-nian was born in 1959 and come from Xining, Qinghai Province. Now he is doctor candidate in Lanzhou University. His research interests center around the application of remote sensing and GIS in environment. Tel: 13099197012, 0931- 8912699, 6309771]

库的传统模式为主<sup>[7~12]</sup>。本项研究选择黄河上游龙羊峡库区为研究区, 利用遥感与地理信息系统技术对龙羊峡水库建成后近十年来库区生态环境进行动态与综合研究, 为治理库区环境, 开发库区资源, 促进区域社会与经济持续发展提供科学依据和决策支持, 同时也为黄河上游地区生态环境监测提供经验与借鉴。

## 2 研究区概况

龙羊峡水库是目前黄河上游最大的水利工程, 本项研究确定的龙羊峡库区范围介于  $36^{\circ}\sim 36^{\circ}37'N$  与  $101^{\circ}\sim 101^{\circ}31'E$  之间, 库区面积约  $11\,500\text{km}^2$ (图

1)。库区位于草原与荒漠草原的过渡地带, 属于干旱半干旱高寒大陆性气候, 气温低, 夏季平均气温  $12^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ , 冬季平均气温降至  $-12^{\circ}\text{C}$ , 降水量少而变化率大, 年平均降水量  $311\sim 402\text{mm}$ , 风速大、发生频率高, 年均风速  $2.1\sim 2.7\text{m/s}$ , 年均大风日数  $17.7\sim 43.2\text{d}$ , 最多可达  $75\text{d}$ 。蒸发量大, 多年平均蒸发量为  $1\,528\sim 1\,937\text{mm}$ , 干燥度为  $3.9\sim 7.1$ 。土壤以沙质土壤为主, 保水性低且贫瘠<sup>[7]</sup>。库区脆弱的生态环境条件加之自然资源的过度的开发与不合理利用, 草场大范围退化。由此造成的生态失衡, 导致了库区沙漠化的扩展, 水土流失的加剧<sup>[2], 1), 2)</sup>。龙羊峡库区已成为黄河上游生态环境严重退化区域之一。

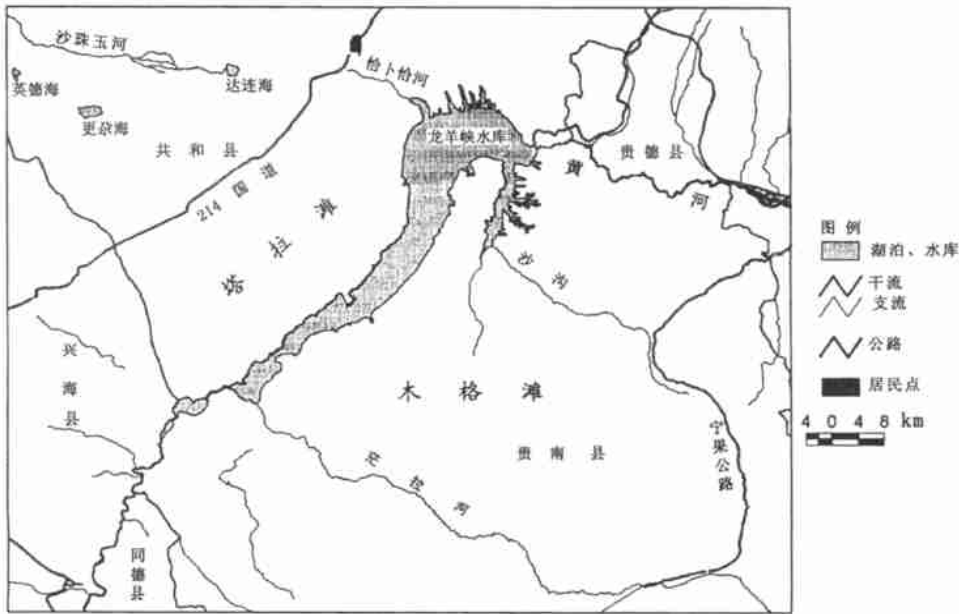


图 1 龙羊峡库区示意图  
Fig. 1 The map of the Longyangxia reservoir

## 3 研究方法

### 3.1 生态环境分类系统

遥感信息的有效提取一方面取决于对地面特征的认识, 另一方面则取决于对遥感信息的理解, 为了有效利用遥感数据提取生态环境变化的信息, 首先必须在充分考虑上述两方面的基础上建立适应于遥

感的分类系统。现代遥感技术为环境研究提供了多时空分辨率、多光谱分辨率的遥感数据, 而不同空间分辨率的遥感数据对应于不同尺度的地面景观, 不同光谱分辨率的遥感数据反映地表信息的程度也不相同。因此, 在认真分析了高寒、干旱与半干旱地区生态环境特征, 以及库区各种环境问题相互关系的基础上, 根据 Landsat TM 遥感数据的空间分辨率、地物光谱特征, 以及对这一地区各种环境问题的可

1) 青海省海南州国民经济统计年鉴 1985~ 1996 年,  
2) 青海省海南州国际农业发展基金“农业综合开发项目区”草场、畜牧基本情况调查报告, 1997  
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

解译性,以土地沙漠化为主线,建立了区域综合环境分类系统(图2)。依此分类系统不仅能有效提取生态环境遥感信息,而且在一次分类处理中通过多层次不同级别的组合可获得基于同一信息源的土地沙

漠化、草场盖度、土地利用等多种环境类型信息,由此获得的各种类型之间的关系协调一致,有利于区域生态环境的综合分析与研究。此外,分类系统中类型的细分也可有效减少“同谱异物”的影响。

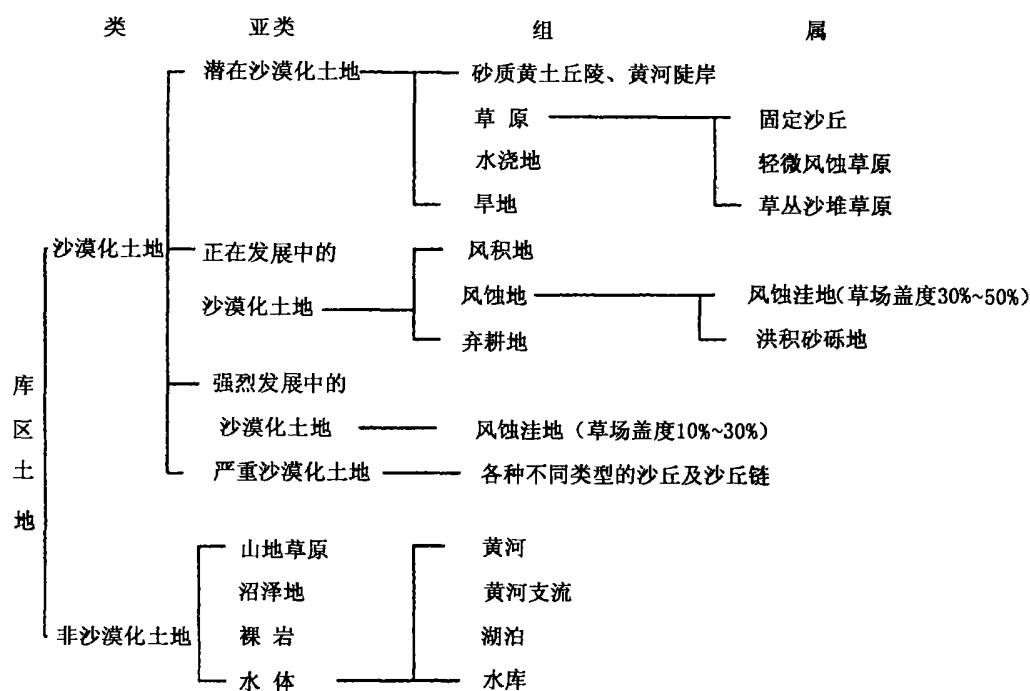


图2 生态环境分类系统

Fig. 2 The eco-environmental classification system

在区域综合环境分类系统中,沙漠化土地类型的划分标准参考了前人在该地区沙漠化研究的已有成果<sup>[7]</sup>。以地表形态为主要指征,植被、土壤等环境因子为附加指征进行沙漠化土地分类,将库区沙漠化土地分为四类,即严重沙漠化土地、强烈发展中的沙漠化土地、正在发展中的沙漠化土地和潜在沙漠化土地。并在野外调查及地物光谱特征分析的基础上,结合TM遥感图象影像特征的分析,将各类沙漠化土地的判别指征在分类体系中具体化。沙漠化是本区生态环境退化的主要方面,因此在区域综合环境分类系统中,为了强调和突出环境退化的主要方面,对一些分布范围较小的类型如盐渍化土地以及道路、居民点等人工地物未做单独类型的划分,而将其归入不同的沙漠化土地分类中。

以区域综合环境分类系统为基础的土壤侵蚀强度分级参考了水利部水土保持监测中心和中国科学院遥感所在大量工作基础上拟定的土壤侵蚀强度分级参考标准<sup>[13]</sup>,结合野外调查,在分析的基础上确

定出本区土壤侵蚀的主要因子,并利用层次分析法建立的权重模型确定各因子的权重,然后采用加权评分法综合评定区域土壤侵蚀强度等级。

土地利用与土地覆盖分类在参考国家土地局制定的分类系统的基础上,根据农牧交错地带土地利用/土地覆盖的特点,并考虑到与区域综合环境分类系统的一致性,将本区土地利用/土地覆盖类型划为草场、耕地、水体、未利用土地四个一级类型和九个二级类型,其中将草场根据其草场盖度划分为高盖度草场(盖度>70%)、中盖度草场(30%<盖度<70%)、低盖度草场(10%<盖度<30%)三个二级类型。

### 3.2 生态环境遥感监测的技术路线与方法

#### 3.2.1 技术路线

遥感与地理信息系统日益广泛的应用于环境研究,并成为生态环境研究中处理、分析大量不同尺度空间信息最有力的技术支持。根据龙羊峡库区存在的主要生态环境问题的研究,在野外调查的基础上,

利用当前遥感与 GIS 前沿领域的理论, 采用遥感与 GIS 一体化的方法<sup>[14~18]</sup>, 以多时相、多波段 TM 遥感数据为主要信息源, 并利用多种环境图件、数据, 建立库区环境监测信息系统。在系统支持下, 监测和分析库区生态环境的现状和时空变化。库区生态环境监测技术路线如图 3 所示。

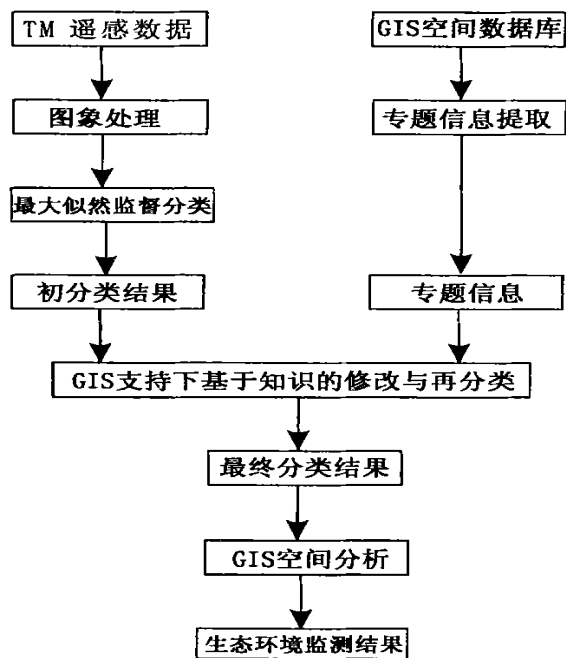


图 3 生态环境监测技术路线

Fig. 3 The detection procedure

### 3.2.2 研究方法

**数据获取:** 利用多时相、多波段的 TM 数据作为生态环境动态监测的主要信息源。选取理想气象条件下 1987-07、1996-07 两个时相的 TM 数据, 各时相数据利用了 TM1、2、3、4、5、7 六个波段, TM 图象分辨率为  $30\text{m} \times 30\text{m}$ 。另外, 收集了区域自然环境及社会经济方面的大比例尺专题地图及数据, 用于遥感数据的分类、环境信息系统数据库的建立及环境动态监测。

**监测过程:** 为了实现多时相遥感动态监测, 首先进行了遥感图象的精纠正处理, 几何精纠正的误差在半个象元之内; 其次进行遥感信息特征的分析, 对 TM 数据六个波段(TM6 除外)的信息特征进行了分析, 结果表明 TM5 波段亮度值覆盖范围最宽达 190 个灰阶, 其次是 TM3 波段, 亮度范围 153 个灰阶, 说明这两个波段所包含的信息量较丰富。虽然 TM7 波段亮度范围也较宽, 但与 TM5 呈强相关, 相关系数达 0.96。可见光波段的 TM1、2、3 相关性

强。另外, 对 TM 六个波段(TM6 除外)主成分分析结果表明, 累积贡献率大于 99% 的第一、二、三主成分均以 TM3、4、5 波段的负荷量为最高, 这说明 TM3、4、5 三个波段的信息量能代表 TM 六个波段全部信息量的绝大部分而且相关性小。在图象处理及信息分析的基础上, 结合主成分分析, 选用 TM3、4、5 作为遥感分类特征波段, 以此减小分类波段的冗余信息, 降低分类波段的维数, 提高图象分类处理的效果。并以野外调查和地物光谱特性分析而建立的影像特征为依据, 采用最大似然法进行监督分类, 分类结果基本上能一次分出所有的类别。但个别生态环境类型受光谱混淆与综合象元的影响, 仍存在错分现象。也就是说仅仅基于光谱信息的最大似然分类结果不够理想, 难以满足区域环境动态监测的要求。为此, 采取了基于 GIS 的再分类处理技术, 来改善最大似然分类结果。首先利用植被指数、主成分分析等遥感专题信息提取的方法, 获得初分类结果中混分类别的单一信息, 用 GIS 空间数据提取方法, 提取 GIS 数据库中有关环境类别的非遥感信息, 如地面坡度、高程、草场类型、土壤类型等, 并在 GIS 的支持下实现初分类结果与各种遥感与非遥感专题信息的复合。然后在 GIS 支持下通过人机交互的方式, 利用多重判据实现基于知识的识别与修改, 达到初分类结果中相混淆异类的有效分离, 实现类型纯化, 获得新的分类结果, 通过野外验证和室内进一步分析修改, 最终确定分类结果。最后利用 GIS 空间分析模块进行多时相叠置分析, 实现龙羊峡库区生态环境动态监测。

## 4 结果与分析

### 4.1 土地沙漠化日趋严重, 持续扩展

1996 年库区各类沙漠土地面积占总面积的 71.5%, 其中以潜在沙漠化土地最多, 占沙漠化土地总面积的 68.5%; 严重沙漠化土地次之, 占沙漠化土地总面积的 15.2%; 正在发展中的沙漠化土地占总面积的 14.4%; 强烈发展中的沙漠化土地占总面积的 1.9% (表 1)。沙漠化发展程度的构成现状反映出库区沙漠化土地不仅面积大, 而且沙漠化过程总体上以严重沙漠化和正在发展中的沙漠化过程占绝对优势, 库区沙漠化形势严重, 并具有继续发展的态势。本区属黄河上游沙漠化重灾区 (图 4)。

为有效分析沙漠化土地的时空变化, 在对比和

定量分析 1987、1996 年两个时相沙漠化土地时空分布的基础上, 将本区沙漠化土地根据其动态变化的特征分为三大类型: 逆转型、扩展型和稳定型。分析结果表明(表 2), 库区沙漠化日趋严重, 从 1987 到 1996 年库区约 89% 的沙漠化土地无明显变化, 约 11% 的沙漠化土地存在明显的扩张与逆转的动态变化, 年变化率分别为 0.78% 和 0.44%, 其中沙漠化土地的扩展速率接近逆转速率的二倍。这说明库区沙漠化虽存在局部逆转, 但总体上以沙漠化正过程为主。这种态势若不加以控制, 库区沙漠化将日趋严重。近 10a 来, 严重沙漠化土地以 2.5% 的年扩展速率增加, 扩展速率居各类沙漠化土地的第二位, 严重沙漠化土地的扩展速率是逆转速率的 5 倍。说明严重沙漠化过程不仅是库区主要的沙漠化过程之一, 而且严重沙漠化土地的治理难度较大。强烈发展中的沙漠化土地在库区各类沙漠化土地中所占的面积最小, 但其扩展与逆转速率均居首位, 分别位 5.3% 和 3.4%。虽然该类沙漠化土地面积较小, 但变化幅度较大, 在沙漠化治理中应予以特别的重视, 从扩展与逆转速率的比较中也发现这类沙漠化土地较严重沙漠化土地较易于治理, 也易于扩展。正在发展中的沙漠化土地面积较大, 其扩展与逆转速率分别为 2.1% 和 2.0%, 扩展与逆转速率几乎相同。说明正在发展中的沙漠化土地极易扩展也易于逆转。又由于该沙漠化土地面积大, 该类沙漠化土地是今后库区沙漠化土地治理的重点, 相对而言其治理难度较小易于治理。目前库区沙质草原已全部沙

化, 因此, 对这类沙漠化土地治理的重点是防止沙漠化程度的进一步加重。

本区干旱多风、植被盖度低、沙源丰富等自然条件为土地沙漠化提供了基础。但长期气候资料分析表明, 区域气候虽存在进一步干暖化的趋势, 但降水量、大风日数、蒸发量等主要气候因子的变幅不是太大, 并在一定的范围内波动变化。而区域人口增长迅速, 沙质草原长期处于严重超载过牧状态<sup>1), 2)</sup>。以本区沙漠化强烈发展的塔拉滩为例, 草场载蓄量超过合理载蓄量的 23.5%, 个别乡草场超载量达 50%, 甚至达到 116%。在人口过速增长的压力下, 盲目发展和扩大畜牧业生产, 草场长期超载过牧得不到休闲, 牲畜的过度啃食和高频度的践踏使草场得不到再生和更新的机会而逐渐退化, 加之滥垦、砍挖烧柴和药材等不合理的人类经济活动, 使本来就脆弱和自我恢复能力极差的沙质草原沙漠化程度逐年加重, 沙漠化土地面积日趋扩大。不合理的人类经济活动是造成库区沙漠化土地蔓延和沙漠化程度日益加剧的根本原因。因此, 本区土地沙漠化是脆弱生态环境条件下, 过度人类活动作用的结果。这种态势若不加以控制, 到下世纪初库区沙漠化程度将进一步加重, 并严重影响库区农牧业和社会经济持续发展以及龙羊峡库区的安全和寿命。为此, 应采用天然草场封育恢复和人工改良草场建设相结合的方法, 有效治理沙漠化土地, 以促进区域经济的持续发展。

表 1 各类沙漠化土地面积 (1987, 1996) (km<sup>2</sup>)

Table 1 sandy desertified land from 1987 & 1996 (km<sup>2</sup>)

年份	严重沙漠化土地	强烈发展中的沙漠化土地	正在发展中的沙漠化土地	潜在沙漠化土地
1987	1058.2976	181.3191	1268.1072	5729.0555
1996	1247.4120	152.2160	1182.5772	5634.1824

4.2 水土流失是库区严重生态环境问题之一

库区水土流失不容忽视, 虽然库区极强度和强度水土流失面积相对较小(表 3), 但它们主要分布在龙羊峡水库四周及入库黄河支流的两岸(图 5)。在降水集中的 6、7、8 三个月, 库区水土流失量大。

库区水土流失不仅降低了土地生产能力, 而且也为水库及下游带来了大量的泥沙沉积, 严重威胁着龙羊峡水库的寿命。因此, 库区环境治理中, 不能仅考虑沙漠化, 要重视水土流失治理工作, 根据库区水土流失强度分布, 有计划的进行治理。

1) 青海省海南州国民经济统计年鉴 1985 年~ 1996 年;

2) 青海省海南州国际农业发展基金“农业综合开发项目区”草场、畜牧基本情况调查报告, 1997;

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

4.3 龙羊峡库区土地利用结构单一, 结构不合理

分析结果表明库区土地利用结构单一, 土地利用以主要依靠第一性生产力的畜牧业和旱作农业为主, 天然草场、旱地、沙地分别占库区总面积的 80%, 4.8%, 10.9% (表 4)。监测结果表明建库近十年来, 高盖度和中盖度草场严重退化, 沙地和旱作耕地面积大幅增加, 从 1987 到 1996 年高盖度和中盖度草场面积分别减少了 5% 和 3.1%, 而沙地和旱地则分别增加了 17.8% 和 51.8%。说明不合理的土地利用, 不仅破坏和降低了土地生产能力, 而且造

成区域环境的恶化, 并将严重影响这一地区的社会与经济持续发展。应加强天然草场的保护与合理利用, 大力开展人工草场的建设, 严禁天然草场的滥垦, 保证这一地区土地持续利用与经济、社会、生态环境的持续发展(图 6)。

结合有关资料<sup>1), 2)</sup>, 分析表明, 库区过度增长的人口压力造成了土地资源的过度开发与天然草场的过度利用, 加之农牧业生产采用传统的粗放经营的方式, 导致了土地生产力的下降和土地覆盖的变化。最终导致草场退化和沙漠化土地的扩展、水土流失的加剧。

表 2 沙漠化土地变化类型及数量

Table 2 Changes of sandy desertified land

变化类型	基本类型	变化面积 (km <sup>2</sup> )	扩展/ 逆转 速率(%)
逆转型	严重沙漠化土地逆转为强烈发展中的沙漠化土地	12. 1262	- 0. 48%
	严重沙漠化土地逆转为正在发展中的沙漠化土地	10. 5253	
	严重沙漠化土地逆转为潜在沙漠化土地	22. 9008	
	强烈发展中的沙漠化土地逆转为正在发展中的沙漠化土地	49. 2020	- 3. 44%
	强烈发展中的沙漠化土地逆转为潜在沙漠化土地	7. 0059	
	正在发展中的沙漠化土地逆转为潜在沙漠化土地	223. 7190	- 1. 96%
扩展型	强烈发展中的沙漠化土地扩展为严重沙漠化土地	71. 2717	2. 5%
	正在发展中的沙漠化土地扩展为严重沙漠化土地	83. 5050	
	潜在沙漠化土地扩展为严重沙漠化土地	83. 8887	
	正在发展中的沙漠化土地扩展为强烈发展中的沙漠化土地	81. 4289	5. 3%
	潜在沙漠化土地扩展为强烈发展中的沙漠化土地	5. 0913	
	潜在沙漠化土地扩展为正在发展中的沙漠化土地	243. 3361	2. 1%
稳定型 (不变型)	严重沙漠化土地	1005. 2856	
	强烈发展中的沙漠化土地	53. 5480	
	正在发展中的沙漠化土地	878. 1404	
	潜在沙漠化土地	5374. 3775	

表 3 1996 年水土流失强度等级及其面积

Table 3 Soilr erosion area and its changes in 1996

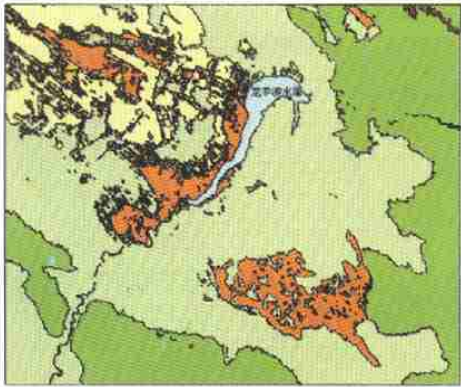
强度等级	面积(km <sup>2</sup> )	占库区面积比例(%)
微 度	7951. 8778	69. 1
轻 度	1741. 0950	15. 1
中 度	825. 0537	7. 2
强 度	721. 3906	6. 3
极强度	27. 2887	0. 2

5 结论

不合理的人类活动在黄河上游生态环境退化中起着主要的作用, 目前草场的加速退化与人类不合理经济活动有关。日趋严重的土地沙漠化、水土流失等环境问题不仅影响了区域经济可持续发展, 而且也威胁着龙羊峡水库的安全。因此, 积极开展黄河上游沙漠化治理与生态环境保护与重建是当务之

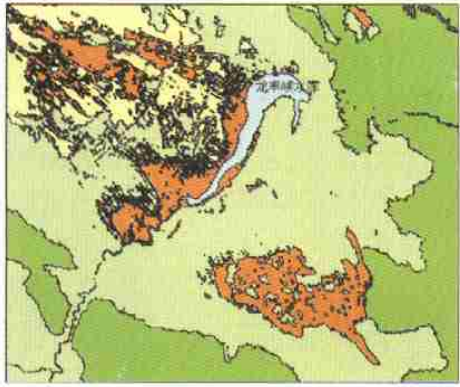
1) 青海省海南州国民经济统计年鉴 1985 年~ 1996 年;  
2) 青海省海南州国际农业发展基金“农业综合开发项目区”草场、畜牧基本情况调查报告, 1997.  
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>





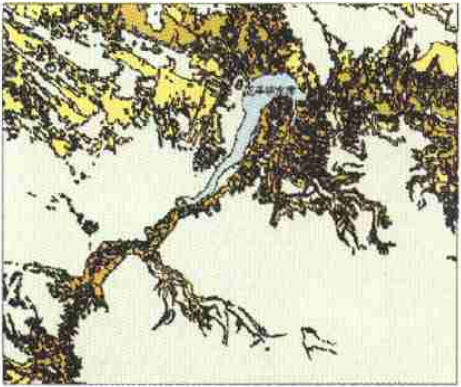
- 严重沙漠化土地
- 强烈发展中的沙漠化土地
- 正在发展中的沙漠化土地
- 潜在沙漠化土地
- 山地草场
- 裸露基岩
- 水体

图4(a) 1987年龙羊峡库区土地沙漠化图  
Fig. 4(a) The sandy desertification around Longyangxia reservoir in 1987



- 极强度侵蚀
- 强度侵蚀
- 中度侵蚀
- 轻度侵蚀
- 微度侵蚀
- 水体

图4(b) 1996年龙羊峡库区土地沙漠化图  
Fig. 4(b) The sandy desertification around Longyangxia reservoir in 1996



- 极强度侵蚀
- 强度侵蚀
- 中度侵蚀
- 轻度侵蚀
- 微度侵蚀
- 水体

图5 龙羊峡库区水土流失强度等级图  
Fig. 5 The soil erosion around Longyangxia reservoir

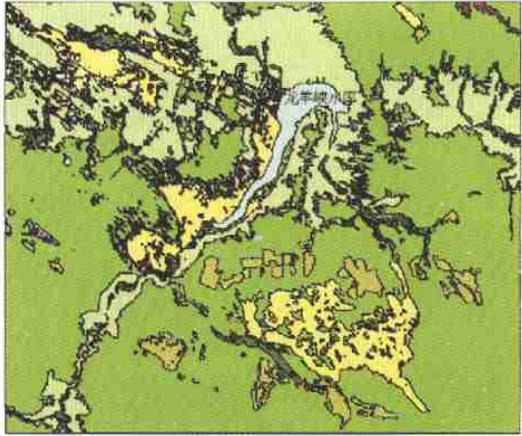


图6(a) 1987年龙羊峡库区土地利用/土地覆盖图  
Fig. 6(a) The land use/cover around Longyangxia reservoir in 1987

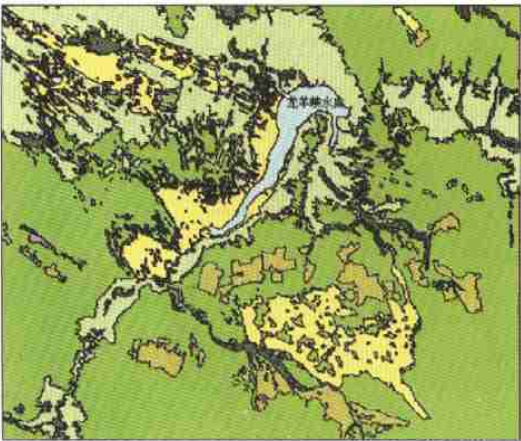


图6(b) 1996年龙羊峡库区土地利用/土地覆盖图  
Fig. 6(b) The land use/cover around Longyangxia reservoir in 1996

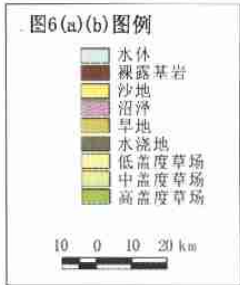


表 4 土地利用/土地覆盖变化( 1987, 1996)  
Table 4 Land use and its changes from 1987 to 1996

土地利用/ 土地覆盖类型		1987 年面积	1996 年面积	面积变化
一级类型	二级类型	( km <sup>2</sup> )	( km <sup>2</sup> )	( km <sup>2</sup> )
水体	水体	207. 3641	227. 8636	20. 4995
	裸岩	19. 1310	19. 1717	0. 0407
	沙地	1058. 5100	1247. 4436	188. 9336
未利用土地	沼泽	12. 6667	15. 5149	2. 8482
	旱地	362. 1053	549. 6757	187. 5704
耕地	水浇地	193. 3551	245. 8826	52. 5275
	低盖度草场	181. 3020	152. 0878	- 29. 2142
草场	中盖度草场	2673. 4481	2590. 1826	- 83. 2655
	高盖度草场	6787. 7367	6447. 7965	- 339. 9402

急。研究表明, 在 GIS 的支持下充分利用遥感信息监测与评价生态环境, 是黄河上游区域生态环境定量研究的有效途径。本文利用遥感和 GIS 技术, 采用综合分类系统, 通过一次分类获得了土地沙漠化、土地利用/ 土地覆盖等信息, 并利用环境信息模型对库区的土壤侵蚀进行了评价。基于 GIS 的分类后再处理使分类精度有了一定程度的提高, 但基于知识的模式化和自动化的分类方法还有待于进一步的研究。

参考文献( References) :

[ 1 ] Chen Guodong. Some Understandings About the Eco-environmental Protection and Buildings in the Source Region of Yangtze and Yellow Rivers. *Advance in Earth Sciences*, 1998, **13**( suppl ) : 1~ 5 [ 程国栋. 关于江河源区生态环境保护与建设研究的几点认识[ J ]. 地球科学进展, 1998 **13**( 增刊 ) : 1~ 5 ]

[ 2 ] Dong Guangrong, Yan Ping, Su Zhizhu. The Urgency of Research and Control of Land Desertification in the Source Area of Yangtze and Yellow Rivers. *Advance in Earth Sciences*, 1998, **13**( suppl ) : 32 ~ 36 [ 董光荣, 严平, 苏志珠. 江河源区土地荒漠化亟待研究和治理[ J ]. 地球科学进展, 1998 **13**( 增刊 ) : 32~ 36 ]

[ 3 ] Xu Guanhua Remote Sensing and Natural Resource and Environment Information System: Application and Prospect. *Remote Sensing of Environment*, 1994, **19**( 4 ) : 241~ 246 [ 徐冠华. 遥感与资源环境信息系统应用与展望[ J ]. 环境遥感, 1994, **19**( 4 ) : 241~ 246 ]

[ 4 ] Xu Guanhua Remote Sensing Information Science: Progress and Prospect. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**( 5 ) : 385~ 397 [ 徐冠华. 遥感信息科学的进展与展望[ J ]. 地理学报, 1996, **51**( 5 ) : 385~ 397 ]

[ 5 ] Zeng Qunzhu. The Summary of Snow Cover Monitoring by Remote Sensing and Snowmelt Runoff Research in upper Reaches of the Yellow River. In: *The Study of Remote Sensing in Typical Region of the Yellow River Basin*. Beijing: Science Press, 1990, 1~ 13 [ 曾群柱. 黄河上游卫星雪盖监测与融雪径流研究总结[ A ]. 见: 黄河流域典型地区遥感动态研究[ C ]. 北京: 科学出版社, 1990,

1~ 13 ]

[ 6 ] Feng Xuezhi, Wang Jian, Zeng Qunzhu. The Ice and Snow Water Resources Information System for Snow Cover monitoring in the Upper Reaches of the Yellow River. In: *The Study of Remote Sensing in Typical Region of the Yellow River Basin*. Beijing: Science Press, 1990, 50~ 61 [ 冯学智, 王健, 曾群柱. 黄河上游卫星雪盖监测中的冰雪水资源信息系统[ A ]. 见: 黄河流域典型地区遥感动态研究[ C ]. 北京: 科学出版社, 1990. 50~ 61 ]

[ 7 ] Dong Guangrong, Gao Shangyu, Jin Jiong *et. al.* The Study on the Desertification and Ways to combat it in Gonghe Basin, Qinghai. Beijing: Science Press, 1993, 40~ 58 [ 董光荣, 高尚玉, 金炯, 等. 青海共和盆地土地沙漠化与防治途径[ M ]. 北京: 科学出版社, 1993. 40~ 58 ]

[ 8 ] Zhang Zhi. Remote Sensing Analysis of Water and Soil Conservation in the Source Regions of the Yellow River. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 1999, **19**( 6 ) [ 张志. 黄河河源区水土保持空间结构遥感分析[ J ]. 水土保持通报, 1999, **19**( 6 ) ]

[ 9 ] Yang Changzhen, Wang yimou, Feng YuSun, *et al.* Present Situation and Distribution Features of the Sandy Land in Qinghai Province in MID 1990s. *Arid Land Geography*, 2000, **23**( 2 ) : 104 ~ 108 [ 颜长珍, 王一谋, 冯毓荪, 等. 1996 年青海省沙漠现状及分布特征[ J ]. 干旱区地理, 2000, **23**( 2 ) : 104~ 108 ]

[ 10 ] Wang Genxu, Shen Yongping, Cheng Guodong. Eco - environment Changes and Causal Analysis in the Source Regions of the Yellow River. *Journal of Glaciology and Geocryology*. 2000, **22**( 3 ) : 200~ 205 [ 王根绪, 沈永平, 程国栋. 黄河源区生态环境变化与成因分析[ J ]. 冰川冻土, 2000, **22**( 3 ) : 200~ 205 ]

[ 11 ] Zhang Longsheng, Ma Lipeng. Study on Desertification in Maqu County, Upstream of Huanghe River. *Journal of Desert Research*, 2001, **21**( 1 ) : 84~ 87 [ 张龙生, 马立鹏. 黄河上游玛曲县土地沙漠化研究[ J ]. 中国沙漠, 2001, **21**( 1 ) : 84~ 87 ]

[ 12 ] Zhu Zhenda, Chen Guangting. Sandy Desertification in China. Beijing: Science Press, 1994, 217~ 223 [ 朱震达, 陈广庭. 中国土地沙质荒漠化[ M ]. 北京: 科学出版社, 1994. 217~ 223 ]

[ 13 ] Chinese Water Conservancy Ministry. The Standard for Classification System of Soil Erosion. Beijing: Chinese Water Conservancy and Electricity Pres., 1997, 9~ 10 [ 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997. 9~ 10 ]



- [14] Manfred Ehlers et. al Integration of Remote Sensing with Geographic Information System: A Necessary Evolution. *PE & RS*. 1989, **55**(11): 1619~ 1627.
- [15] Mattikalli N M, Devereux B J and Richards K S. Integration of Remotely Sensed Satellite Images with Geographical Information System. *Computers & Geosciences*, 1995, **21**(8): 947~ 956
- [16] Li Deren. On Definition, Theory and Key Techniques of the Integration of GPS, RS and GIS. *Journal of Remote Sensing*. 1997, **1**(1): 64~ 68[李德仁. 论 RS、GPS 与 GIS 集成的定义、理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, **1**(1): 64~ 68]
- [17] Zhang Jianting Probe on Some Question of GIS Integration. *Remote Sensing Information*. 1998, (1): 14~ 18. [张健挺. 地理信息系统集成若干问题探讨[J]. 遥感信息, 1998(1), 14~ 18]
- [18] Zhang Li Theoretical and Practical View of GIS System Integration *Acta Geographic Sinica*, 1996. **51**(4). 306 ~ 314 [张犁. 地理信息系统集成的理论与实践[J]. 地理学报, 1996, **51**(4): 306~ 314]

## Detection of Ecological Environment Around Longyangxia Reservoir, the Upper Reach of the Yellow River by Remote Sensing and GIS

ZENG Yong-nian<sup>1,2</sup>, FENG Zhao-dong<sup>1</sup>, and CAO Guang-chao<sup>2</sup>

(1. National Laboratory of Western China's Environmental System, Lanzhou University, Lanzhou 730000 China;

2. Center for Resources and Environment Research of Qinghai-Xizang(Tibetan) Plateau, Qinghai Normal University, Xining 810008 China)

**Abstract** In recent years, the ecological environment in the upper reach of the Yellow River has been degrading due to both the global changes and the sharper contradiction between human and nature. The ecological environment problems such as grassland degeneration, sandy desertification and water erosion have seriously affected on the regional sustainable development. In order to protect and recovery the ecological environment in the upper reach of the Yellow River, it is important to detect ecological environment with remote sensing and GIS. The region around Longyangxia reservoir is chosen as a study site, which is one of the most seriously ecological environment degrading regions in the upper reach of the Yellow River. The ecological environment detection information system in this area is established using remote sensing technology integrated with GIS. Based on the analysis of the multi-temporal and multi-spectral Landsat TM date with ancillary data in GIS, the ecological environment changes are detected for the period from 1987 to 1996. The result shows as manifested bellow:

(1) The sandy desertified land has been increased and kept a sustainable developing situation. The sandy desertified land has increased accounting for 71.5% of total study area, among which the very severe, severe, on-going, and potential desertified lands account 15.2%, 1.9%, 14.4% and 68.9% of total sandy desertified land, respectively. The composing indicates that the potential, very severe, and on-going desertified lands are main parts in the Basin. Sandy desertification has intensified seriously from 1987 to 1996.

(2) The very severe and severe water erosion are mainly distributed in this area. The soil erosion is one of the most serious ecological environment problems in this area, The serious soil erosion not only affects the regional ecological environment, but also endangers the security of Longyangxia reservoir.

(3) The land is mainly used for animal husbandry and rainfed agriculture, which are dependent on the primary productivity. The structure of land use is unity and unreasonable, the grassland is degraded seriously from 1987 to 1996, which results in the desertifying and the decline of the land productivity.

So it is necessary and urgent to combat desertification and protect ecological environment in the upper reach of the Yellow River.

**Key words:** ecological environmental detection; RS and GIS; upper reaches of the Yellow River; Longyangxia Reservoir