

文章编号: 1007-4619 (2000) 02-0141-05

龙羊峡库区环境动态监测信息系统的建立与应用

曾永年, 马海州, 沙占江, 李玲琴, 曹广超

(青海师范大学, 青藏高原资源与环境研究中心, 西宁, 810008)

摘 要 以黄河上游最大的水利工程——龙羊峡水库为实验区, 围绕库区存在的主要环境问题的研究, 应用遥感与 GIS 一体化的方法, 研究设计了系统结构、功能及数据库的组成, 并建立了可运行的龙羊峡库区环境动态监测信息系统, 在系统支持下有效地实现了库区环境动态监测与应用, 由于该系统较强的可操作性和适应性, 其成果在高寒干旱与半干旱地区环境研究中具有推广和应用价值。

关键词: 大型水利工程; 环境动态监测; 信息系统; 龙羊峡库区

中图分类号: TP79/P343.3 **文献标识码:** A

1 引 言

黄河上游水能资源丰富, 是我国水能资源的重点开发区。然而, 黄河上游“水能富矿区”位于青藏高原与黄土高原的过渡地带, 生态环境十分脆弱。土地沙漠化、水土流失、草场退化等环境问题十分突出^[1,2], 随着这一地区资源开发与经济的发展, 人类活动将会进一步增强, 生态环境问题将会更加突出。为了保证黄河上游资源开发、环境建设与社会经济的持续发展, 开展黄河上游区域环境动态监测就显得尤为重要。位于黄河上游的龙羊峡水库, 是目前我国黄河上游建成的最大的以水利发电为主的大型水利枢纽, 它的建成为根治黄河水患, 开发西北地区的水电资源发挥了极其重要的作用。但龙羊峡水库所处的共和盆地, 生态环境十分脆弱, 是我国沙漠化强烈发展地区之一^[3], 盆地的沙漠化土地集中分布在水库周围, 库区水土流失、草场退化十分严重。严峻的生态环境问题不仅影响和制约了库区资源的开发和农牧业的持续发展, 而且直接威胁着水库的寿命与安全。因此, 我们以龙羊峡水库为实验区, 围绕库区存在的主要环境问题, 应用遥感与 GIS 一体化的方法^[4-6], 设计并建立了可运行的龙羊峡库区环境动态监测信息系统, 实现了库区环境动态监测与分析。由于该系统具有较强的可操作性和适应性, 不仅能长期用于库区环境的监测与分析, 而且其技术

成果可在江河源区生态环境建设研究, 以及高寒干旱与半干旱地区资源、环境与社会经济持续发展中推广和应用。

2 系统结构设计

建立龙羊峡库区环境动态监测信息系统的目的, 是要为龙羊峡库区环境治理与库区资源开发与农牧业生产持续发展提供科学依据。为了实现这一设计目标, 本系统汇集了环境动态监测与分析的大量数据: 既有矢量结构, 也有栅格结构的空数据; 既有地面观测, 也有大量统计所得的属性数据。为了有效获取更新、存贮管理、分析和应用不同类型、不同格式的数据, 根据我们已有的应用软件, 将系统分为 3 个子系统。既环境信息子系统、遥感图像处理子系统和统计数据库管理子系统。各子系统之间通过软件接口实现系统的集成。系统设计结构如图 1。

3 系统的软硬件配置

3.1 硬件环境

本系统是一个微机环境下的信息系统, 主机采用 PII/266 微机, 硬盘 6.4G, 内存 64MB。输入输出设备采用 Calcomp A0 幅面数字化仪、扫描仪、激光打印机和 Epson 彩色喷墨打印机。

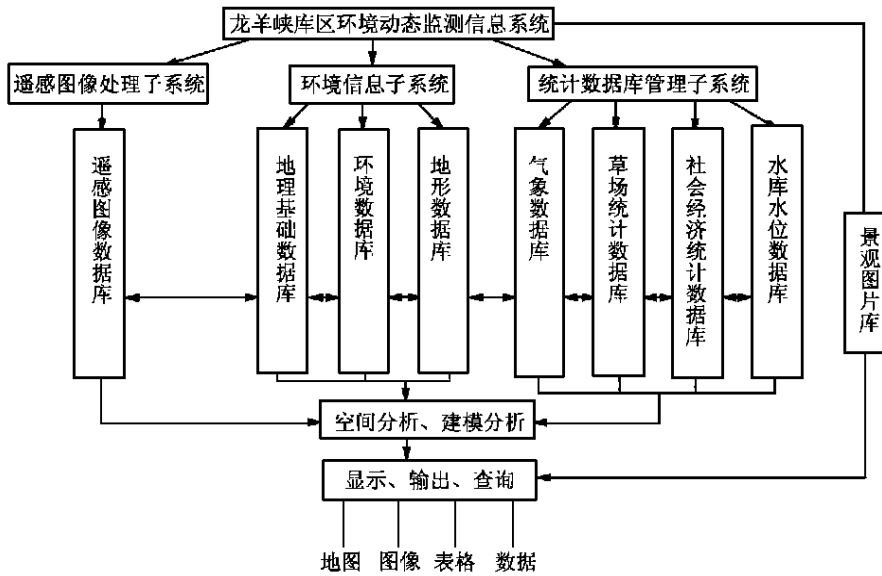


图 1 龙羊峡库区环境动态监测信息系统结构框架

Fig. 1. The structure of environmental detection information system in the region around Longyangxia reservoir

3.2 软件系统

环境信息子系统以 PC ARC/INFO 3.4D pulis 为主体,主要用于地理基础和环境专题图件输入和处理,空间分析与操作;图像处理子系统以 IDRISI 4.0 为主体,用于遥感图像处理、数据信息提取与分类,栅格数据运算、分析;统计数据库管理子系统采用 Foxbase 数据库管理软件,实现环境、气象和社会经济统计数据的有效存贮与管理。用 ARCVIEW 3.0 实现整个系统界面的可视化,用于系统查询,数据更新、维护及各种数据分析处理结果的显示和图形图像输出。

4 数据库建设

翔实而完备的数据库是实现信息系统各项功能的关键和核心。为实现库区环境的动态监测,各子系统分别建立了不同数据结构和模型的空间和属性数据库,构成了完备的库区环境数据库。各空间数据库之间可通过软件接口实现数据的相互转换与存贮,空间数据库与属性数据库之间通过统一设计的地理编码实现相互连结。

4.1 地理基础数据库

该数据库包括研究区各地理基础要素分层图形数据:水系、水库和湖泊、道路、政区界线(乡级)、居民点、等高线等图层,同时也包括由 DEM 分析转换

得到的高程分带、坡度分级、各乡平均高程、各乡平均坡度等数据,各种不同来源的数据经转换后统一采用矢量数据结构分层存贮与管理。

4.2 环境数据库

该数据库存贮了环境信息子系统提供的有关研究区的环境图形数据,包括有:地层岩性、土壤类型、草场类型、草场等级、草场利用,也存贮了遥感图像处理子系统提供的不同时相的库区土地沙漠化、草场盖度、土地利用类型和经空间建模分析所获得的水土流失强度等级等数据。对不同来源的环境数据经数据转换后统一采用矢量数据结构存贮和管理。

4.3 地形数据库

包括由等高线内插生成的库区 DEM、水库 DEM 及坡度坡向等地形要素。地形数据采用栅格数据结构存贮与管理。

4.4 遥感图像数据库

遥感图像数据库主要包括研究区的原始 TM 遥感数据及经遥感图像处理子系统获得的结果数据。包括有:图像原始数据,几何纠正图像数据,各种增强处理图像数据,分类图像数据,专题图像数据等。均以栅格结构存贮管理。

统计数据库

统计数据库由研究区气象数据库、草场统计数

数据库、社会经济统计数据库、水库水位观测统计数据数据库组成。全部采用关系数据库结构存贮与管理。

4.6 景观图片库

包括库区各种景观图片。以 TIF 格式存贮。

5 系统的功能

5.1 信息查询功能

利用 ARCVIEW 软件建立的可视化用户界面,可方便地实现各种矢量数据的空间和属性查询,并能实现基于乡级行政区域的各种环境、社会经济信息的查询。

5.2 遥感信息提取功能

利用遥感图像处理子系统并在环境信息子系统的支持下,采用基于知识的遥感分类方法,有效提取库区土地沙漠化、草场退化、土地利用等动态环境信息,经数据转换,在环境数据库中建立具有动态时序的环境数据图层,确保系统对库区环境动态监测与分析。

5.3 空间分析功能

利用 ARC/INFO 和 IDRISI 软件较为完善的空间分析和操作功能,即可实现矢量数据,也可实现栅格数据的各种空间操作与分析,从而有效地提取库区环境动态变化数据,用于库区环境时空演化规律及趋势分析研究,还可利用栅格化的环境数据建立库区数字环境模型,评价库区水土流失强度及时空分布。利用遥感专题信息提取方法及图像掩膜技术,在系统的支持下获得遥感瞬时的水库水位,具体方法为:首先在图像预处理的基础上,经过比值图像处理,提取水体及水库边界信息,并转换成具二值属性的水库边界膜,将该膜与 DEM 相乘,就可获得水库遥感水位数据。然后再利用 DEM 和实测及遥感水位资料进行水库库容的监测与分析。

5.4 制图功能

本系统能利用数据库中的图形数据及空间分析所得到的各种数据结果,以地图制图理论与方法为指导,设计输出各种符合规范和精度要求的专题地图。

6 系统的部分应用

GIS 支持下,基于知识的多重判据遥感分类方法研究。

该项研究首先利用遥感图像处理子系统,在信息分析和特征选择的基础上,采用最大似然法对研究区的遥感图像进行监督分类,获得初分类结果,然后利用多种比值植被指数、主成分分析等方法提取初分类中易混分的类别,在 GIS 的支持下,利用专题信息对初分类结果进行人机交互式的修改和再分类,获得最终分类结果。研究表明,这种 GIS 支持下的基于知识的分类方法比单纯的监督分类方法精度高,相对于目前基于专家系统的分类方法,本方法简单易行,应用灵活,易于操作和实现。利用本方法获得了龙羊峡库区土地沙漠化、草场盖度、土地利用等动态信息,如封三图版 I 图 2、3、4、5 所示。并被有效地用于库区环境动态监测。

基于本系统的库区环境研究,揭示了库区环境的现状及建库近十年来(1987-1996 年)库区环境时空演化的过程与发展趋势。利用 1987、1996 两个时相的 TM 图像数据,在系统支持下进行了环境动态监测。研究表明:

(1)库区土地沙漠化日益严重,沙漠化总体上以沙漠化正过程为主,本区为沙漠化灾害的重灾区。目前库区各类沙漠化土地面积占库区总面积的 71.5%,其中严重沙漠化土地、强烈发展沙漠化土地、正在发展中的沙漠化土地和潜在沙漠化土地的面积各占 10.9%、1.3%、10.3%、49%。从 1987 到 1996 年库区土地沙漠化虽有局部的逆转,但总体上以沙漠化正过程为主,并以正在发展和严重沙漠化过程占绝对优势,如封三图版 I 图 2、3 所示。严重沙漠化土地以 $21\text{km}^2/\text{a}$ 的平均速度急剧增加,潜在沙漠化土地则以 $10.5\text{km}^2/\text{a}$ 的平均速度迅速减少并转化为正在发展中的沙漠化土地。因此,本区是黄河上游沙漠化灾害的重灾区,区域生态环境急需治理和保护。

(2)以实地调查、分析为基础,在系统支持下用数字环境模型法对库区水土流失强度进行了评价分析,获得了库区水土流失强度的空间分布规律。分析结果表明,水库四周、黄河及支流两岸是本区强度和极强度水土流失区集中分布的区域,如封三图版 I 图 4 所示。本区降水量的季节分布不均,在降水量集中分布的 6、7、8 三个月库区水土流失量大,水

土流失对水库泥沙淤积不容忽视。

(3)库区土地利用结构单一,利用不合理。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,天然草场占库区总面积的 80%。从 1987 年到 1996 年,高盖度和中盖度草场严重退化,如封三图版 I 图 5 所示。高盖度草场与中盖度草场分别以 $37.8\text{km}^2/\text{a}$ 和 $9.2\text{km}^2/\text{a}$ 平均速度减少,而沙地和旱作耕地大幅度增加。过度的土地利用导致了库区草场严重退化和沙化加剧,库区环境的严重退化造成土地生产能力的降低,严重影响到库区农牧区经济持续稳定地发展。

(4)利用遥感专题信息提取方法及图像掩膜技术,在系统支持下获取遥感瞬时的水库水位数据。根据遥感水位及龙羊峡水库建库以来的实测水位数据,从分辨率为 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的库区 DEM 中提取龙羊峡水库水体的 DEM 数据,并按公式(1)、(2)获得水库实际库容及水域面积。

$$V = s \sum (H - h_i) \quad (1)$$

$$S = sn \quad (2)$$

式中: V 、 S 为水库实际库容和水域面积; s 为 DEM 像元面积; H 为水库水位高程; h_i 为库域 DEM 各像元高程值; n 为库域 DEM 像元数。

表 1 龙羊峡水库 1987—1996 年水位及库容

Table 1 The water level and storage capacity of Longyangxia reservoir from 1987 to 1996

年份	年均水位/m	实际库容/ m^3
1987	2539.09	6671631150
1988	2535.10	5896720575
1989	2553.52	9972737550
1990	2563.52	12554399250
1991	2549.52	9021269925
1992	2546.46	8132855175
1993	2564.58	12826708650
1994	2563.22	12283238925
1995	2543.56	7702225200
1996	2540.13	6869264100
设计值	2600.00	24731360550

表 1 为建库以来龙羊峡水库的年平均水位和实际库容,从这些监测数据可知,龙羊峡水库自建库以来,由于黄河水量的不足,水库至今未达到设计水位。利用这种方法有效监测了龙羊峡水库建库以来逐年逐月的库容及水面面积,并对水库设计淹没区内耕地数量和变化进行了有效的监测。

致谢:

作者十分感谢南京大学城市与资源学系冯学智教授的热情指导与大力支持,特此致谢!

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[J]. *Advance in Earth Sciences*, 1998, 13 suppl.: 1-5, (In Chinese). [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[J]. *Advance in Earth Sciences*, 1998, 13 suppl.: 32-36, (In Chinese). [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] Dong Guangrong, Gao Shangyu, Jin Jiong et al. The Study on the Desertification and Ways to combat it in Gonghe Basin, Qinghai [M]. Beijing: Science Press, 1993, 40-58, (In Chinese). [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.]
- [4] Manfred Ehlers et al. Integration of remote sensing with geographic information system; A necessary evolution[J]. *PE&RS*. 1989, 55 (11): 1619-1627.
- [5] Li Deren. On definition, theory and key techniques of the integration of GPS, RS and GIS[J]. *Journal of remote sensing*. 1(1): 68-72 (in Chinese). [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.]
- [6] Zhang Jianting. Probe on some Questions of GIS Integration. Remote sensing Information[J]. 1998, (1): 14-18, (In Chinese). [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.]

The Establishment and Application of Environmental Detection Information System in the Region of Longyangxia Reservoir

ZENG Yong-nian, MA Hai-zhou, SHA Zhan-jiang, LI Ling-qin, CAO Guang-chao

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

Abstract: Based on the main eco-environmental problems in the region of Longyangxia reservoir, we designed the structure, function and database of eco-environmental information system using the methods of remote sensing integrated with GIS. At the end, the environmental detection information system in the region of Longyangxia reservoir was established. The system comprises of three subsystems: the remote sensed data processing system, the eco-environmental information system and the statistics database management system. This system has multifunctions with detailed spatial and attribute database including fundamental geographic elements, eco-environment, landform, remotely sensed image, statistics and landscape photo data. With it a new method for extracting environmental information from remotely sensed data is applied efficiently. The eco-environment was then detected dynamically. The results show as follows:

- (1) The sand desertification land has been increased in nearly one decade and kept stable development situation;
- (2) The regions of very severe and severe water erosion are mainly distributed around the Longyangxia reservoir, which not only influences on the regional eco-environment but also endangers the security of the Longyangxia reservoir;
- (3) Because the structure of land use is unitary and unreasonable, the grassland is degraded seriously, which results in the expending of desertification and the decreasing of land productivity.

The system and the research methods could be applied to the other similar areas.

Key words: environment dynamical detection; remote sensing; GIS; Longyangxia reservoir

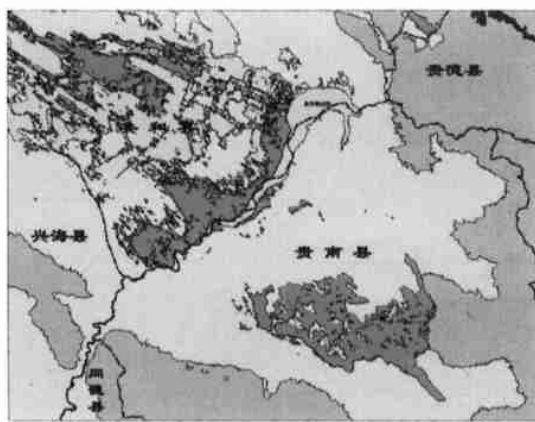


图 2 1987 年龙羊峡库区土地沙漠化图

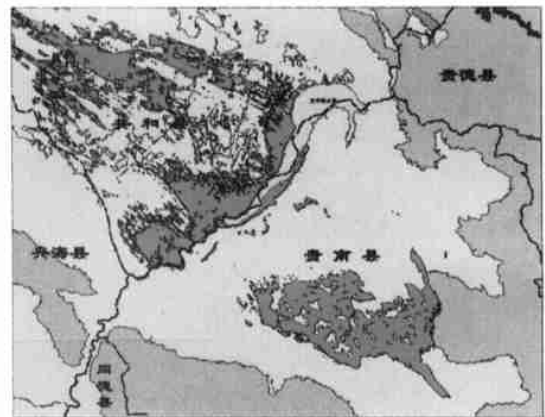
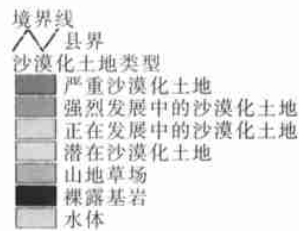


图 3 1996 年龙羊峡库区土地沙漠化图



图 4 龙羊峡库区水土流失强度等级图

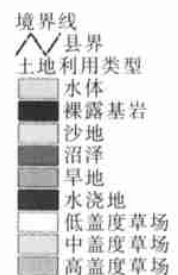
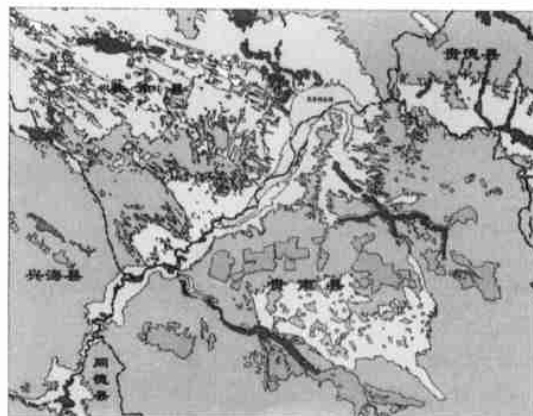
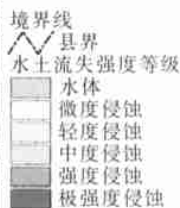


图 5 龙羊峡库区土地利用图