

基于 RS 的龙羊峡库区悬浮泥沙分布研究

黄华兵¹, 马海州¹, 沙占江^{1,2}, 曹广超^{1,2}, 欧立业¹, 杨海镇²
(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008; 2. 青海师范大学地理系, 青海 西宁 810008)

摘要: 依据含沙水体的光谱特性, 在可见光的任一波段内, 水体中的含沙量与水面光谱反射率成正相关关系。研究表明 TM2 和 TM3 波段能够较好的反映水体悬浮泥沙的含量, 并且 TM2+TM3 能使水体泥沙含量差异更显著。据此以龙羊峡库区为例, 通过对该区两个时相的 TM 影像进行水体提取、二值化、掩膜、密度分割等处理, 提出了一种悬浮泥沙分布的方法。经过对比分析表明该方法可以充分利用 TM 数据, 在缺乏足够实测数据的情况下, 可以有效、快捷地得到层次丰富的泥沙分布图。

关键词: 悬浮泥沙; 遥感; 龙羊峡

中图分类号: P332.5 文献标识码: A 文章编号: 1008-858X(2004)04-0034-04

0 引言

悬浮泥沙是威胁水库安全的一个重要因素, 泥沙的淤积会造成水库库容量的减少、库底高程的抬升, 而水库库容的减少又会降低水库的效用, 并且含沙水流又会导致下游河道的严重冲刷。而利用遥感手段来研究大型水库泥沙运动(泥沙来源、泥沙分布、泥沙运动)是十分有效的。经过多年的研究, 国内外学者已在悬浮泥沙遥感图像处理和定量模式的研究方面积累了不少成功的经验, 提出了众多的悬浮泥沙遥感定量模型, 主要有经验模型和推导模型两大类^[1-3]。这些模型都含有一些未知参数, 要由实测数据来拟合, 并且每种模式都假设了某种近似条件。因此在缺乏足够的实测数据或不满足近似条件的情况下, 这些模式的精度和准确性得不到保证。

针对上述情况以龙羊峡水库为实验区, 探讨了一种悬浮泥沙分布的方法。并利用两个时相 TM 影像和实测资料对此方法的分类结果进行了分析和检验。

1 研究区概况

龙羊峡库区位于青海省共和盆地内(地理位置见图 1), 全长 106 km。库区海拔 2 400 ~ 3 600 m 之间, 降水少(多年平均 311.1 ~ 402.1 mm), 变率大; 多年平均蒸发量(1 528 ~ 1 937 mm)远大于降水量。

库区东北邻祁连山余脉瓦里贡山、拉脊山和日月山, 西南为昆仑山系的河卡山, 东南和中部为较为平坦的木格滩和塔拉滩草原。整个库区除周边山地和下切河谷外, 较为平坦, 略具波状起伏。黄河斜穿本区, 其有多条小支流位于本区(恰卜恰河、茫拉河、沙沟河、沙珠玉河、大小河、切吉河), 但是平均流量小(0.25 ~ 3.5 m³/s), 输沙量高(13.8 × 10⁴ ~ 21.9 × 10⁴ t); 另有英德尔海、上更尕海(淡水)、达连海(96 年已干涸)、尕海嵌于本区, 但水浅(平均水深 < 1 m), 面积小(1.11 ~ 4.99 km²)。

2 研究原理与方法

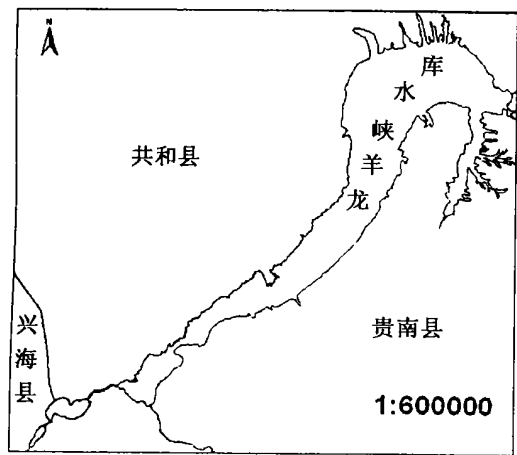


图 1 龙羊峡地理位置图

Fig. 1 The location of Longyangxia reservoir

本研究采用的卫星资料是美国的 Landsat5 卫星成像的 TM 多波段资料, 本文所使用的三个波段特征见表 1^[4]。

表 1 TM 波段特征表

Table 1 The characteristics of TM bands

波段号	波段	波长范围 / μm	分辨率 /m	波段特点	应用范围
TM2	绿	0.52 ~ 0.60	30	水体穿透力较强(一般 10~20 m); 位于叶绿素的两个吸收带之间	反映水下特征、水体浑浊度、沿岸泥沙流、沿岸沙地等; 识别植物类别和评价植物生长力
TM3	红	0.63 ~ 0.69	30	位于不同含沙浓度水体辐射峰值附近, 对水中悬浮物泥沙反映敏感	用于研究泥沙流范围及迁移规律
TM5	中红外	1.55 ~ 1.75	30	位于两个水的吸收带之间, 受两个吸收带的控制	土壤湿度、植物含水量调查, 作物长势分析, 易区分云和雪

同时, 分析不同含沙量的水体在不同波段的光谱特征, 得出不同含沙量水体的反射峰值均集中在 0.55 ~ 0.7 μm 之间(如图 2 所示)^[9]。相当于 TM2 (0.52 ~ 0.60 μm) 和 TM3 (0.63 ~ 0.69 μm), 因此利用 TM2 和 TM3 波段的影像灰度就可以反映水体泥沙含量的差异。分析两个时相的 TM2 和 TM3 波段图像, 发现水深对两个波段的影响略有不同, 在一定水深内 TM3 波段影像对泥沙的灵敏度高于 TM2, 随着水深的增加, TM2 波段影像对泥沙的灵敏度急剧增加比 TM3 波段表现要好。因而综合利用 TM2 波段

两个时相数据的成像时间分别为 1987 年 7 月 12 日和 1996 年 6 月 30 日, 成像轨道分别为 132/35 和 133/35。经过辐射纠正和几何纠正, 由两幅遥感图像镶嵌拼成龙羊峡库区全图。

研究表明, 混浊的自然水体主要由泥沙、悬浮物、污染物等组成, 它的光谱反射率比纯净的水体要高, 而含有悬浮泥沙的水体对太阳光具有选择性散射和反射现象。水中的悬浮泥沙散射属于米氏散射, 它的强度与水中悬浮泥沙颗粒相关, 是悬浮泥沙浓度、大小、种类和形状的函数。在可见光的任一波段, 随着含沙量 S 的增加, 水面光谱反射率 R (在 TM 图像上反映为像元的亮度值) 迅速增加并且趋于 1; 变化率 dR/dS 随着含沙量 S 的增加而减小^[3]。同时反射峰值波长向长波方向移动, 而且反射峰值本身形态变得更宽。当水中的泥沙含量近于饱和时, 水面光谱反射曲线也接近于泥沙本身的光谱特性^[4]。可见水面光谱反射率与泥沙含量关系密切, 可以较精确反映水体中泥沙的含量。

高透射能力和 TM3 波段的高反射率特征, 采用影像灰度叠加可以使水体灰度差异变得更显著。

在近红外波段水体的反射率明显低于其他地物, 因此在近红外波段选用合适的水体阈值, 将低于阈值的像元定为水体, 高于阈值的像元定为非水体, 这样可将水体提取出来^[7-10]。为此, 我们选用了 TM 第 5 波段 (1.55 ~ 1.75 μm), 经过频度直方图分析确定了水体的阈值, 并利用库区的 DEM 去除了水体中混有的阴影, 得到了水体信息。

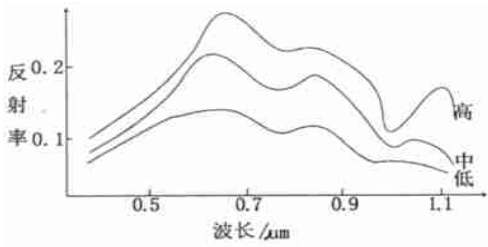


图 2 不同含沙量水体的反射曲线
Fig. 2 The reflective curves of water with different sediment levels



图 3 1987 年泥沙分布图
Fig. 3 The distribution of suspended sediments in 1987

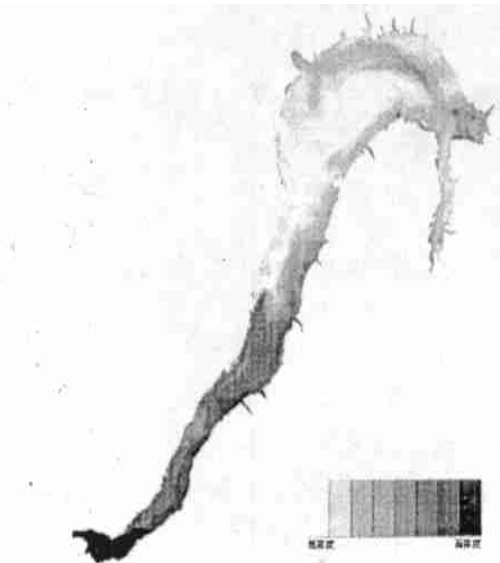


图 4 1996 年泥沙分布图
Fig. 4 The distribution of suspended sediments in 1996

为了得到含有泥沙的水体信息,先对含有水体信息的遥感图像进行了二值化处理使其变成 0、1 二值图像。利用得到的二值图像对 TM2 和 TM3 波段图像进行掩膜处理。同时为了增强水体泥沙含量的对比度,将掩膜得到的 TM2 和 TM3 图像进行波段相加。最终得到了水体泥沙含量图。通过对泥沙含量与水体光谱反射率的研究,依据不同的泥沙含量等级确定水体光谱反射率(TM 图像上为像元的亮度值)的范围,据此对得到的水体泥沙含量图进行密度分割,得到龙羊峡库区的泥沙分布图(如图 3,图 4 所示)。以上操作均在 ERDAS IMAGINE 8.6 下完成。

3 结果分析

通过以上分析从泥沙的空间分布图中我们可以看出,在水流入库处泥沙淤积最严重,这与上游入库水流挟沙量大相关,含沙量分布随着水流的方向逐渐减小,泥沙沿程落淤。可以明显看到,水库四周的泥沙分布偏高并且水库左岸泥沙分布略高于右岸泥沙分布,造成此种现象的原因,主要是由于库区四周沿岸滑塌和严重的大面积土地沙化,使得流沙在风力和小股水流的作用下入库所致。结合当地多年的气象资料,库区盛行风向为西北风,这是导致泥沙左岸分布高于右岸的主要原因。在水库大坝处也存在高泥沙分布,经过分析,主要有两个方面原因:一是由于水面急剧变窄,水流急剧变小使得泥沙浓度偏高;另外水库大坝下方的一股沙流携带大量的泥沙进入水库与库中水流交汇也使得含沙量增加。对比两个时相的泥沙分布图可知,10 年间库区泥沙分布面积有很大的增加,并且从 1996 年的图像上可以看到水库上方分布着一狭长泥沙高浓度带。这是由于在水流作用下水库中大量泥沙在此沉积所致。

通过实地考察,龙羊峡库区 10 年累计泥沙淤积量 $22\,023 \times 10^4 \text{ t}$, 年均淤沙 $2\,202 \times 10^4 \text{ t}$ (见

表 2)^[10]。

表 2 龙羊峡库区泥沙淤积量

Table 2 The volume of silt in Longyangxia reservoir	
年份	泥沙淤积量($\times 10^4$ t)
1987	2 679
1988	1 237
1989	4 338
1990	1 530
1991	1 837
1992	2 713
1993	2 868
1994	1 750
1995	1 419
1996	1 652
合计	22 023

对比以上分析结果发现, 由上述方法得到的龙羊峡库区泥沙分布图与实际情况吻合甚好, 能有效的反映库区的实际情况。

4 结 论

本文根据悬浮泥沙遥感监测的一般原理及含沙水体的光谱特性, 提出了一种依据水面光谱反射率提取泥沙分布的方法。并利用 TM 遥感影像得到了龙羊峡库区两个时相的泥沙分布图, 通过对比分析可以得出以下结论:

(1)含沙水体的水面光谱反射率与泥沙含量的关系密切, 是反映水体泥沙含量的精确指标。水面光谱反射率与泥沙含量成正相关关系, 随着泥沙含量的增加, 水面光谱反射率也随之增加。

(2)含沙水体的反射峰值位于 0.55 ~ 0.71 μ m 之间对应 TM2 和 TM3 波段, 利用 TM2 波段的高透射率和 TM3 波段的高反射率可以有效地反映含沙水体光谱反射率的差异, 采用影像叠加可以使其差异更显著。

(3)龙羊峡库区的泥沙来源主要是流域来沙和周边土地沙化所致, 以周边土地沙化为主。泥沙空间分布呈现库尾、库首、周边高的特点, 在水流入库处随着水流方向泥沙含量逐渐降

低。
(4)在缺乏实测资料的情况下, 利用含沙水体的光谱反射率提取泥沙分布是一种快捷有效的方法。

参考文献:

[1] 阳峰 沈晓华, 邹乐君. 非线性函数拟合算法在遥感泥沙定量模式中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(3): 138—143.

[2] 黎夏. 悬浮泥沙遥感定量的统一模式及其在珠江口中的应用[J]. 环境遥感, 1992 7(2): 106—113.

[3] 李京. 水域悬浮固体含量的遥感定量研究[J]. 环境科学学报 1986, 6(2): 166—173.

[4] 赵英时. 遥感应用原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[5] 马蔼乃. 遥感信息模型[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997.

[6] 程承旗, 马延, 王立明, 等. 利用 TM 影像分析潮河与密云水库入库口处泥沙的空间分布[J]. 地理科学, 2001, 21(5): 447—450.

[7] 陆家驹, 李士鸿. TM 资料水体识别技术的改进[J]. 环境遥感 1992, 7(1): 17—23.

[8] 杜云艳, 周成虎. 水体的遥感信息自动提取方法[J]. 遥感学报 1998, 2(4): 264-268.

[9] 杨存建, 徐美, 等. 遥感信息机理的水体提取方法的探讨[J]. 地理研究, 1998, 17(增刊): 86—89.

[10] 都金康, 黄永胜, 冯学智, 等.SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(3): 214—219.

[11] 徐露, 冯玲. 龙羊峡水库泥沙淤积量估算[J]. 青海环境, 2001, 11(3): 114-115.

[12] 李炎, 李京. 基于海面遥感器光谱反射率斜率传递现象的悬浮泥沙遥感算法[J]. 科学通报, 1999, 44(17): 1892—1897.

[13] 陈涛, 李武, 吴曙初. 悬浮泥沙浓度与光谱反射率峰值波长红移的相关分析[J]. 海洋学报, 1994, 16(1): 38—43.

[14] 李四海, 恽才兴. 河口表层悬浮泥沙气象卫星遥感定量模式研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(2): 154—160.

[15] 汪小钦, 王钦敏, 邬群勇, 等. 遥感在悬浮物质浓度提取中的应用——以福建闽江口为例[J]. 遥感学报, 2003, 7(1): 54—57.

[16] 刘建波, 戴昌达. TM 图像在大型水库库情监测管理中的应用[J]. 环境遥感, 1996, 11(1): 53—58.

(下转第 57 页)

Preparation methods of gypsum whiskers

LI Sheng-li¹, ZHANG Zhi-hong^{1,2}, JIN Zhi-liang¹, WANG Hui-juan², LI Wu^{1,2}

(1. *The Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Qinghai, Xining 810008, China;*

2. *Qinghai Haixing S & T Development Ltd. Co. Qinghai, Xining 810008, China*)

Abstract: Methods of gypsum whiskers are introduced in this paper, the shape and heat resistance of dihydrate gypsum whiskers with the relative calcium sulfate whiskers have been compared, and some characteristic pictures were given.

Key words: Gypsum; Dihydrate gypsum whiskers; Calcium sulfate whiskers; Hydrothermal; Preparation

(上接第 37 页)

Research of distribution of suspended sediments in Longyangxia reservoir based on RS

HUANG Hua-bing¹, MA Hai-zhou¹, SHA Zhan-jiang^{1,2}, CAO Guang-chao^{1,2}, OU Li-Ye¹, YANG Hai-zhen²

(1. *Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;*

2. *Department of Geography, Qinghai Normal University, Xining 810000, China;*)

Abstract: According to the spectrum characteristic of water with silt, the quantity of suspended sediments in water has a certain relation with the reflection of water in every band of visible light. After studying, the second and third bands of TM image can reflect the quantity of sand in water very well, and the combination of them can strengthen the difference in the quantities of sand in water. So, in this paper Longyangxia reservoir is taken for example. Making use of the TM image with two temporal in this area, by extracting water, creating a map with 0 1 encoding, masking and density slicing, we develop a method identification of the distribution of suspended sediments in water. After analyzing and comparing, we draw a conclusion that this method can use multi-band of images adequately, especially in areas lack of measured data, and can make a rich image of suspended sediments distribution quickly and effectively.

Key words: Suspended sediments; Remote sensing; Longyangxia