

# 烟台市中西部及邻区的水库淤积

杜国云<sup>1</sup>, 刘贤赵<sup>1</sup>, 王 庆<sup>1</sup>, 高桂颂<sup>2</sup>, 张安定<sup>1</sup>

(1. 烟台师范学院地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025; 2. 招远市水务局, 山东 招远 265400)

**摘 要:** 将水库淤积按沉积动力学特征分为河流沉积淤积和水库沉积淤积两种基本类型, 相映建立了两种淤积动力模型。枯水期水库水位下降时, 河流沉积淤积体较水库沉积淤积体有较大面积的出露, 枯水期淤积面积构成了水库淤积体大小及淤积程度的重要侧面和重要参数, 水库淤积程度是枯水期水库淤积面积的函数。结合陆地卫星 TM 图像, 对研究区内的 30 个水库淤积状况统计后, 按淤积程度离差分为三级: I 级,  $DEPDEV < -0.3$ ; II 级,  $DEPDEV = -0.3 \sim 1$ ; III 级,  $DEPDEV > 1$ 。对图像平面数据与水利部门实测的水库淤积量数据进行对比, 发现图像数据与兴利库容以下实测数据协同性好。最后, 分别在流域内及整个研究区域, 对水库淤积程度的空间分布进行了分析。

**关键词:** 烟台市中西部; TM 图像; 水库淤积; 区域变化

**中图分类号:**

**文献标识码:** A

烟台市水库始建于 20 世纪 50~ 60 年代, 主要分布于流域的中上游地区, 现有大型水库 3 座, 中型水库 25 座, 小型水库 1 020 座。水库建成后对当地的农业灌溉、城镇供水、拦洪等起到了重要的作用。近几十年来, 水库不断淤积, 大大降低了水库的调蓄能力与使用寿命。根据与青岛海洋地质研究所联合做的 1: 25 万烟台幅生态地质环境初步调查显示, 烟台市中、西部水库存在不同程度的淤积。水库淤积作为水库环境中的基本问题之一, 直接造成了水库库容量的减少, 不但影响到库区乃至下游地区可供开发利用的水资源量, 也降低了水库的自然调蓄能力、增加了洪水灾害发生概率, 对库区的生态环境也造成了不良的影响。水库淤积间接影响到海岸带海陆之间的相互作用。由于本地区濒临黄、渤海, 入海流程短, 水库蓄水能力的降低直接影响到对地下水的补给能力, 随着海岸带地下水资源的大量开采, 直接导致了海水入侵。目前, 莱州湾、龙口一带的海岸带地下水入侵带已经连成一片, 给当地的工农业生产和城镇居民的日常生活带来了很大的影响。

水库淤积现象在国内外已十分普遍, 并引起了广泛关注与研究。近年来的研究内容主要涉及水库淤积测量<sup>[1~ 3]</sup>, 水库淤积与集水区土地利用关系<sup>[4]</sup>, 以及水库淤积管理<sup>[5]</sup>等三个方面。在大型水库淤积测量方面, 包括数字化测图技术<sup>[1]</sup>、GPS 水下地形测量系统<sup>[2]</sup>, 水库泥沙收支状况分析<sup>[3]</sup>。以上测量方法需要很大的资金投入, 且效率低。在仅需获取水库间相对淤积程度时, 通过卫星遥感资料的平面数据, 结合沉积学理论及前人对水库淤积形态的研究成果, 对不同水库淤积程度进行评估, 尤其是目前对中、小型水库还缺乏系统的环境监测的情况下下更有其现实意义。

本研究以卫星遥感为主要手段, 在水库的淤积程度研究的理论与方法结合上进行了探讨, 并进一步揭示研究区水库淤积的流域空间特征和区域分布上的某些特点, 对区域水库资源与环境的监测、开发与保护有一定的参考意义。随着我国资源卫星的发射成功, 尤其是卫星地表分辨率的进一步提高, 通过卫星遥感对水库淤积程度等水库环境方面的实时监

收稿日期(Received date): 2003- 08- 11; 改回日期(Accepted): 2003- 11- 30。

基金项目(Foundation item): 本文得到了山东省教委项目(编号: J98L51)和国家自然科学基金项目(编号: 40101005)联合资助。[This paper got the Shandong province to educational agency item(No: J98L51) with the item of national natural science fund(No: 40101005) the consociation subsidize.]

作者简介(Biography): 杜国云(1962- ), 男, 烟台师范学院教授。主要从事第四纪地质、资源与环境方面的教学与研究。[DU Guoyun, male, born in 1962, professor, primarily be engaged in the teaching and research of the quaternary geology, resources and environment.]

测与研究有着广阔的应用前景。

1 研究区自然地理概况及图像特征

研究区位于 110° 58′ ~ 121° 45′ E、36° 40′ ~ 37° 45′ N，地属烟台市中、西部地区，并包括威海市西南边缘和青岛市的东北部。本区属于暖温带季风型大陆性气候，受海洋影响亦十分明显，多年平均气温 11.5℃，多年平均降水量 657.7 mm(1956~ 1999)，降雨年分配主要集中在 6~ 9 月，占全年降水量的 72.4%。研究区属于丘陵地形，最高山艾山，海拔 817 m，其次是牙山和大泽山，海拔分别为 798 m 和

736 m。分水岭位于中北部，略呈东西向展布，形成了南、北流向的水系，南流河注入黄海，主要有：五龙河、大沽河、小沽河等水系，五龙河有漩河- 蚬河、清水河两条主要分支；北流河注入渤海或黄海，主要有：大沽夹河、黄水河、界河、老母猪河四大水系，内夹河与外夹河是大沽夹河的两条主要分支；此外，西北流向的水系主要有：王河、龙王河两大水系。

研究区的卫星影像资料选用了 2001- 06- 05 采集到的 TM 数字图像(编号为：12034\_20)。由于数据采集的时间处在全年的枯水期与丰水期的过渡阶段，水库淤积物大面积地显露于地表，为水库淤积状况研究提供了可识别的图像信息(表 1)。

表 1 各波段图像统计特征值对照表

Table 1 Contrast of statistic character of six different band image

波段	TM _1	TM _2	TM _3	TM _4	TM _5	TM _6
最大值	11.00	29.00	12.00	5.00	3.00	2.00
最小值	155.00	150.00	182.00	122.00	208.00	182.00
均值	102.10	79.85	79.71	50.28	78.56	62.10
中值	101.00	78.00	73.00	37.00	53.00	45.00
模数	97.00	64.00	46.00	16.00	13.00	12.00
标准差	8.87	15.78	32.03	31.44	58.61	46.16

在简单的多波段合成图像中采用了 TM \_5/ TM \_4/ TM \_1 的合成方案，其中 TM \_4 对水体轮廓有较高的显示，它和 TM \_5 对土壤湿度及含水性均有良好的检测效果。

根据淤积类型及图像特性，采用 TM \_4 反映近水的粉沙质、泥质淤积物；采用 TM \_2 反映水库边部的砂质沉积。

TM \_4 图像有三个峰值区间：13~ 24；24~ 50；50~ 122。经反复实验，灰度值在 40~ 60 间，大致处在图像均值与中值之间，对水库主要淤积物出露及

水域轮廓反映较好(图 1、图 2)。

2 水库淤积形态- 动力模型

水库淤积包括水上淤积和水下淤积两个基本部分，二者之间随水库水面变化而变化。尽管水面以上的淤积只是水库淤积的一部分，实际上，淤积出露加上现有的水面面积则构成了水库的全部淤积范围。为了研究淤积出露面积与水库淤积量之间的关系，需要对水库淤积形态进行分析。

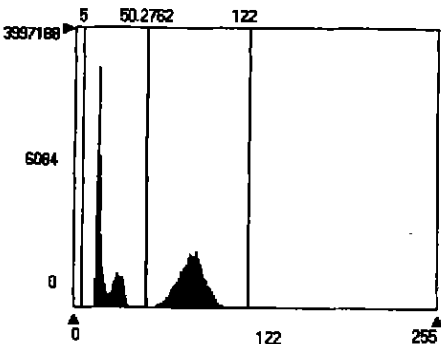


图 1 烟台幅 TM \_4 图像直方图

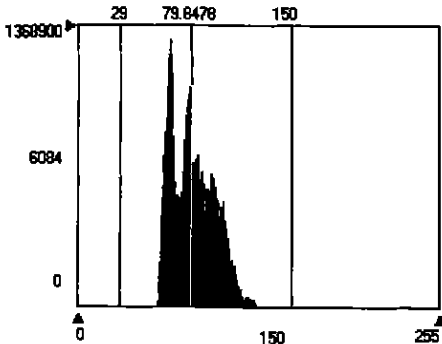


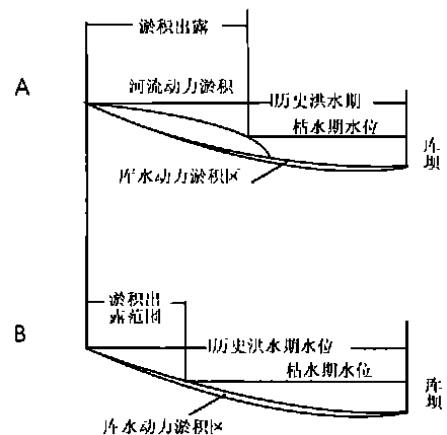
图 2 烟台幅 TM \_2 图像直方图

影响水库淤积的因素很多,主要有水库的入库水流的含沙量大小及其年内分配情况,库区地形、地质特征,以及水库的运用方式等,从而形成了不同的水库淤积形态。库区范围内的淤积一般分为三段:回水变化段、长年回水区行水段和长年回水区静水段。回水变化段是指最高与最低库水位两者回水末端范围内的库段,在此范围内淤积的泥沙较粗,绝大部分是推移质和悬移质中的较粗部分,淤积分布也较均匀。长年回水行水段是指最低库水位回水末端以下,水流具有一定流速的区段,此区主要是悬移质淤积,淤积层很薄,往往不足以形成三角洲淤积。长年回水区静水段是指坝区基本为静水的库段,此段全为悬移质中的极细泥沙以静水沉降方式产生的淤积,分布比较均匀。陈惠源、万俊等根据我国已建水库的大量观测资料分析<sup>[6]</sup>,将水库淤积的纵向形态概括为三角洲淤积、锥形淤积和带状淤积三种基本形态类型。根据图像分析及实地调查,研究区内的水库淤积形态也大致分为以上三种,前者如门楼水库,后者如沐浴水库,其它水库则具有锥状淤积形态。

水库淤积属于三维空间地质实体,需要三维空间数据来描绘。为了通过平面的淤积范围对整个水库淤积量进行评估,可以通过水库淤积剖面来解析,并将三维空间上的描述转化为平面上的描述,以利于卫星图像的分析研究。为了对水库淤积出露面积与水库淤积量建立起线性关系,在此对水库淤积形态进行适当的简化。淤积物纵向形态的形成与水库库容、水库形态、库底形态、库区地质条件及河流泥沙移动状态均有密切的关联,而造成淤积物出露特点的主要因素则取决于淤积物表面形态特征,基本形态有两种:一种是波折型,为三角洲淤积的表面特征;二种是平缓型,为锥状淤积和带状淤积的表面特征。水库淤积过程中,河流动力与水库动力在其中所起的作用不同,推移质淤积中的河流动力作用较为明显,而悬移质淤积中的水库水动力作用更为明显。为了研究问题方便起见,根据水库淤积动力类型,结合研究区水库水面周围出露的淤积物分布,采用以下两种淤积模型,即:河流沉积动力淤积模型和水库沉积动力淤积模型(图3)。尽管不同的水库淤积类型在分布上随水库水位的季节性变化而变化,两种淤积模型之间往往结合在一起,但建立河流沉积动力淤积模型和水库沉积动力淤积模型有助于说明淤积出露面积与淤积体大小和淤积程度之间的关

系。

河流动力淤积模型:包括回水变化段和长年回水区行水段这两个淤积部分。在河水进入库区后,水流散开,以及在水库水体阻滞和地势减缓的情况下,主要由推移质淤积及部分悬移质在库尾形成三角洲堆积,淤积区主要集中在水库的上游分支河流入口处。主要沉积物以沙质为主,部分泥沙随河水进入水库水体当中。对大型水库来说,该类淤积的淤积物粒度较细,淤积物主要分布于兴利库容以下,象门楼水库;对中小型水库来讲,淤积物主要为河床沙,淤积物一般分布于常水位以上,沉积体表面坡度较大,象临潼河水库。从沉积体剖面上看,三角洲型淤积存在和缓的顶积层和一定坡度的前积层。枯水期,水库上游河流动力淤积顶部可以出现典型的河床沙沉积,发育类似洪积扇上的分叉状河道,这种流水地貌可以塑造出水库上游水边上的参差状的边缘轮廓。河流动力淤积的鉴别除了依据以上的河流动力与相关地貌、沉积特征外,一个十分重要的鉴别标志是,河流动力淤积及其作用范围可嵌入到原有水库上游,这使得河流沉积作用范围深入到水库作用范围内,从而形成了库区上游的河流动力淤积区。



A: 河流沉积动力淤积模型 dynamic sediment pattern of river sediment;  
B: 水库沉积动力淤积模型 dynamic sediment pattern of reservoir sediment

图3 水库淤积模型示意图(剖面方向从水库上游至库坝)

Fig. 3 Sketch map of the sediment pattern on reservoir

水库沉积动力淤积模型:为长年回水区静水段。此段的水动力十分微弱,淤积活动是在静水状态下进行,河流动力不明显,淤积主要是一些悬移质的细沙和粘土质,淤积范围遍布整个水库水体覆盖区内。水库沉积动力淤积物除上游河流携带的细颗粒物外,还有洪水期河流携带的悬移质泥沙形成的异重

流淤积。此外,也包含水库周边的小冲沟和坡面流带入的泥沙,以及水库水体波浪运动对库岸侵蚀产生的碎屑。水库沉积动力淤积在沉积物空间结构、沉积物的粒度特征上与一般水盆地沉积有类似的特点,不同淤积物在平面上呈环带状展布。一些以水库沉积动力淤积为主的水库,周边无明显河流补给,库尾淤积不明显,淤积物在水库高水位时被淹没,低水位时不同程度地显露出来。在枯水期的 TM 影像上呈现出水域外围上的环状淤积带。

图 3 分别给出了河流沉积动力淤积(图 3- A)和水库沉积动力淤积(图 3- B)两种淤积模型。对比以上两种淤积模式可以看出,不同类型淤积体对水面面积的影响程度不同和淤积出露面积存在明显差异,河流沉积动力淤积积体在枯水期的出露面积较水库沉积动力淤积体的出露面积为大,故淤积出露面积与淤积体体积之间是正相关关系,淤积面积与库容变化是负相关关系。所以,淤积出露面积越大,水库淤积程度越高。

### 3 水库淤积程度分析

#### 3.1 水库淤积面积统计

基于河流沉积动力淤积和水库沉积动力淤积两种淤积模型,结合 TM 图像分析,把水库淤积统计分四部分进行:第一部分是水下淤积,属长年回水区静水段。这部分淤积属于水库沉积动力淤积类型,水域代表其淤积范围;第二部分为近水淤积,对一般的水库来讲,它是回水变化段的淤积以及长年回水静水段的枯水期水库周边的淤积,主要淤积物为细沙和泥质,这部分淤积物含水性较强,在 TM<sub>4</sub>、TM<sub>5</sub> 中呈现咖啡色、鲜红色或土红色等深色调,前者如门楼水库,后者如产芝水库、勾山水库等。这部分淤积物面积统计,主要依据 TM<sub>4</sub> 图像灰度切片得到的水库水域轮廓及周边的淤积图像,以灰度值 40~ 60 之间作为灰度切片范围,突出这部分像元的亮度值。经过灰度切片后获得的图像存在大量的同类象元,这些象元主要出现在远离库区的城镇,故容易从图像上分辨出来,但给计算机统计带来了困难。所以,在对这一部分的淤积面积统计中,是通过手工对淤积区像元图量的统计完成的;第三部分分布于回水变化段的上段,也是水库翘尾部分,淤积物主要为河床沙。图像灰度值很高,具有与上游河流沙相连接和连贯一致的色调。这部分淤积物尾端的

确定对整个水库淤积范围的确定具有十分重要的意义,一方面结合了水库库区的 1: 5 万地形图,另一方面则根据图像特征直接判断。在图像上,这部分淤积向上往往与正常河道之间存在一个喇叭形转折点,该转折点可以作为正常河道与水库之间的自然分界,象临潼水库;第四部分是长年回水区行水段,位于水边线以下的浅水部分。极少部分的水库,图像在水库水色上显示了这一地段,但由于 TM<sub>2</sub> 图像中显示了部分水库的泥沙动态特征,并受水库管理所影响,范围不易确定,且作用范围很小,个别水库做了适当的处理,大多数水库仍以水库库尾水边线作为淤积出露范围的界限(图 4)。

水库淤积面积为水库沉积动力淤积面积与河流沉积动力淤积面积之和。水库沉积动力淤积面积理论上应当包含两个部分:一部分是现有水域面积;另一部分是露出水面的淤积部分。在本统计中只取后一部分,即水位下降后露出水面的淤积部分,同时也计算了整个水库淤积面积,这一数值等于当年水位下降露出水面的部分加上现在的水域面积。部分水库淤积面积见表 2。

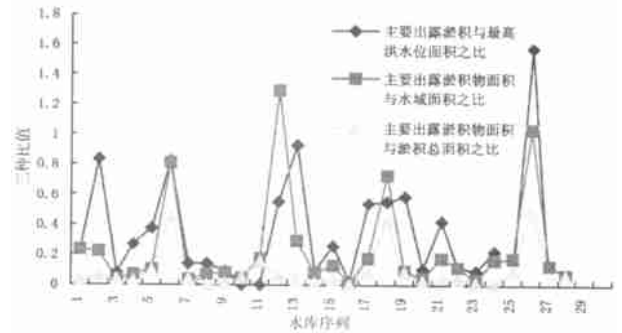


图 4 主要淤积物出露面积三种比值对比

Fig. 4 Contrast of three kinds of ratio of main silting outcrop area

#### 3.2 水库淤积程度分级

水库淤积程度以水库泥沙淤积量为基础,并直接构成了水库库容量变化函数的主要因子。依据河流沉积动力淤积与水库沉积动力淤积两个理论模型,直接通过平面上的淤积范围来估算。

首先计算淤积面积,然后计算各水库淤积程度均值、水库淤积程度离差,根据各水库淤积程度离差将统计的 28 个水库分成三个等级,分级指标为: I 级,水库淤积程度标准差 < - 0.3; II 级,水库淤积程度标准差处于 - 0.3~ 1 之间; III 级,水库淤积程度标准差 > 1。分级结果见表 3。

表 2 烟台市及邻区主要水库特征值

Table 2 Characteristic values of main reservoirs on Yantai City and nearby area					
水 库 名 称	水 域 面 积 (m <sup>2</sup> )	泥质粉沙 淤积面积 (m <sup>2</sup> )	淤 积 总面积 (× 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> )	兴利水位 以下淤积 量(× 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	兴利水 位库容 (× 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )
城子	34 200	8 100	36. 91	125. 0	1995
勾山	191 880	42 480	70. 01	115. 0	1 920
金岭	40 140	1 260	4. 14	59. 1	745
赵家	59 760	4 410	22. 82	69. 0	1 090
坎上	44 100	4 680	4. 86	40. 5	595
临朐河	13 050	10 530	2. 36	68. 5	662
留驾	147 330	5 130	15. 25	90. 18	1 540
大泽山	34 740	2 250	46. 22	1. 0	622
淄阳	28 980	2 250	23. 98		795
河套	51 210	2 430	5. 36		
涝场	9 000	1 620	1. 06		
庙埠河	3 060	3 960	6. 37	8. 15	616
白云洞	29 430	8 640	26. 12	39. 09	875
北邢家	15 480	1 260	10. 87	55. 0	695
迟家沟	33 930	4 500	13. 77	45. 3	1 356
王屋	188 190	2 880	65. 76	318. 0	7 850
门楼	632 070	112 140	139. 63	102. 4	13 636
龙门口	49 320	36 090	8. 54	211. 2	4 350
庵里	336 060	30 960	38. 85	325. 0	4 070
沐浴	307 710	14 940	55. 96	45. 3	11 014
高格庄	82 980	14 670	29. 21	532. 0	854
产芝	444 600	50 670	155. 15	270. 0	18 003
黄同	198 720	7 920	47. 92	314. 0	2 590
北墅	64 800	10 890	189. 54	325. 0	2 260
饮马池	24 030	4 140			
盘石	23 400	24 300	4. 77	25. 0	1 051
龙王	21 060	2 790	5. 92	72. 0	
小于家	24 930	1 710	2. 66		

注: 水库水域面积和淤积出露面积通过图像计算获得, 水库淤积量为山东省水利局实测。

以上只是对研究区水库淤积程度的粗略的分级, 它给出了区域水库相对淤积程度的大小。这样的一种淤积分级对水库淤积宏观管理决策十分有意义, 这些管理决策问题应当包括水库寿命预测、水库泥沙管理、水库防洪、库区灾害、下游灌溉等。分级还应结合水库管理历史资料, 当地的经济与水利投入情况等方面。

4 与部分水库淤积资料的对照

目前水库淤积计算方法主要采用地形法、断面

法和沙量平衡法。包括水上部分、水下部分的量测。

水库淤积实测结果表明了水库淤积的普遍存在, 以及兴利水位上下淤积量之间的相关关系, 特别是从总淤积量与兴利水位以下淤积量对比中, 清楚地反映出兴利水位以下的水库淤积已经占到了水库总淤积量的绝大部分。

为了将实测的水库淤积量与卫星图像数据源中的淤积面积对比, 选用相同的水库及相同的排序。但由于实测水库淤积数据的不完整( 甚至是个别小型水库兴利库容也未知, 这类数据占到了总数据量的 21. 4%)。在实际的计算当中, 先求出其它水库的兴利库容以下淤积量与兴利库容比值, 并将其作为水库淤积程度的基本参数, 以上述比值均值对数

表 3 烟台市及邻区水库淤积程度分级表

Table 3 Classification of reservoir silting degree on Yantai City and nearby area		
水库名称	主要出露淤积物面积与水域面积之比	水库淤积分级
招远城子水库	0. 236	II
招远勾山水库	0. 221	II
招远金岭水库	0. 031	I
莱州赵家水库	0. 074	I
莱州坎上水库	0. 106	I
莱州临朐河水库	0. 807	III
莱州留驾水库	0. 035	I
青岛大泽山水库	0. 065	I
青岛淄阳水库	0. 077	I
莱州河套水库	0. 047	I
莱州涝场水库	0. 180	II
莱州庙埠河水库	1. 294	III
莱州白云洞水库	0. 293	II
龙口北邢家水库	0. 081	I
龙口迟家沟水库	0. 133	I
龙口王屋水库	0. 015	I
福山门楼水库	0. 177	II
栖霞龙门口水库	0. 732	III
栖霞庵里水库	0. 092	I
莱阳沐浴水库	0. 048	I
青岛高格庄水库	0. 176	II
青岛莱西产芝水库	0. 114	I
青岛黄同水库	0. 040	I
青岛北墅水库	0. 168	II
莱州饮马池水库	0. 089	II
海阳盘石水库	1. 038	III
招远龙王水库	0. 132	I
莱州小于家水库	0. 068	I

据不完整的水库进行填补。

在由卫星图像获取的水库淤积程度与依据地形实测获取的水库淤积程度对比中, 我们可以清晰地看到, 两者具有明显的协同性(图 5、图 6)。在两种数据源形成的淤积程度差值散点图中(图 7), 两种数据源推导出的水库淤积程度差值基本集中于  $\pm 1$  之间, 占数据总数的 82% 以上, 差值在  $\pm 2$  之间的数据占总数据量的近 90%。

由图 8、图 9 可以看出, 各水库淤积面积与水库淤积量之间的协同性较好, 其中建新水库、里店水库、丘山水库和战山水库协同性较差, 将坏的数据删

除后, 淤积量与淤积面积对比见图 10。

5 水库淤积程度流域对比及区域分布

在对水库进行流域管理中, 根据流域内各级水库之间相对淤积程度, 并对流域内的各个水库施行不同的管理决策。需要对流域内的水库淤积程度在流域空间内进行对比分析。研究中分别对大沽河流域、内夹河流域、漩河- 蚰河流域、小沽河流域四个有代表性的流域内的上游与中游水库, 或上游与下游水库之间的水库淤积程度进行了比值处理。

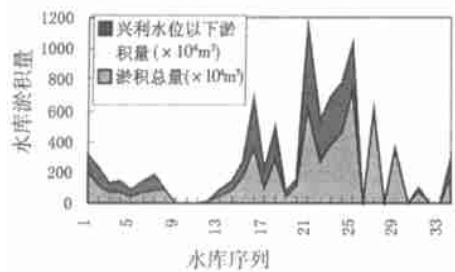


图 5 烟台市及邻区大中型水库总淤积量兴利水位以下淤积量对比

Fig. 5 Comparison total silting with silting under Xingli level of reservoir in Yantai City and nearby area

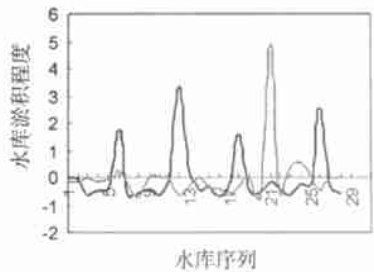


图 6 烟台市及邻区水库图像信息及实测淤积程度对比

Fig. 6 Contrast of silting degree base on actual measurement and image information of the reservoir

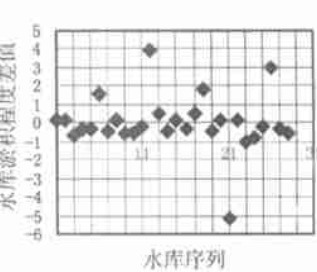


图 7 两种数据源水库淤积程度差值图

Fig. 7 Chart of dispersion of reservoir silting degree from two kinds of data resources

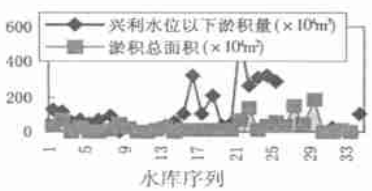


图 8 水库淤积量与淤积面积对比  
Fig. 8 Contrast of silting quantity and silting area of the reservoirs

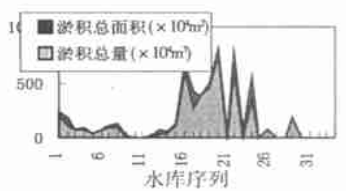


图 9 水库淤积总量与淤积面积对比  
Fig. 9 Contrast of silting total quantity and silting total area

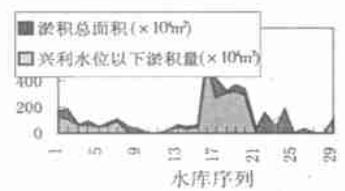


图 10 兴利水位下淤积量、面积对比  
fig. 10 Contrast of silting quantity under Xingli level and silting total area

流域空间对比结果显示, 4 个流域内的上游河段水库淤积程度比中下游水库淤积程度大, 或中上游水库淤积程度比下游水库淤积程度大。在所统计的 4 个流域中, 有 3 个流域的上游水库淤积程度与中、下游水库淤积程度比值均在 1.5 以上, 仅内夹河流域  $< 1$ , 见表 4。

图 11 是全区水库淤积程度分布图, 以及由水系分布所反映出来的地势及多年降雨量分布状况。水

库淤积程度在整个研究区域内的分布情况有以下两个显著特点: 一是水库淤积程度大的地段沿莱州郭家店、招远南院庄、栖霞一带分布, 基本限定在年均降雨量 640~ 680 mm 两条等值线内。二是西部水库淤积程度较东部地区偏高, 淤积较严重的水库集中在西部。从河流反映出的地势看, 淤积严重的水库分布地段恰好位于区域地势较高的部位, 水库均处在流域的上游。

表 4 流域空间水库淤积程度对比

Table 4 Contrast of silting degree of the reservoirs in drainage area space

流域名称	水库名称	位 置	高 程(m)	淤积级别	上、下游淤积程度比值
大 沽 河	招远城子水库	上游	130	II	
	招远勾山水库	上游	120	II	
流 域 内 夹 河	青岛产芝水库	中游	70	I	1. 943
	栖霞庵里水库	上游	120	I	
流 域 漩河- 蚰河	福山门楼水库	下游	40	II	0. 519
	栖霞龙门口水库	上游	130	III	
流 域 小 沽 河	莱阳沐浴水库	中游	100	I	15. 071
	莱州庙埠河水库	上游	170	III	
	莱州涝场水库	上游	190	II	
流 域	青岛北墅水库	中游	120	II	7. 701

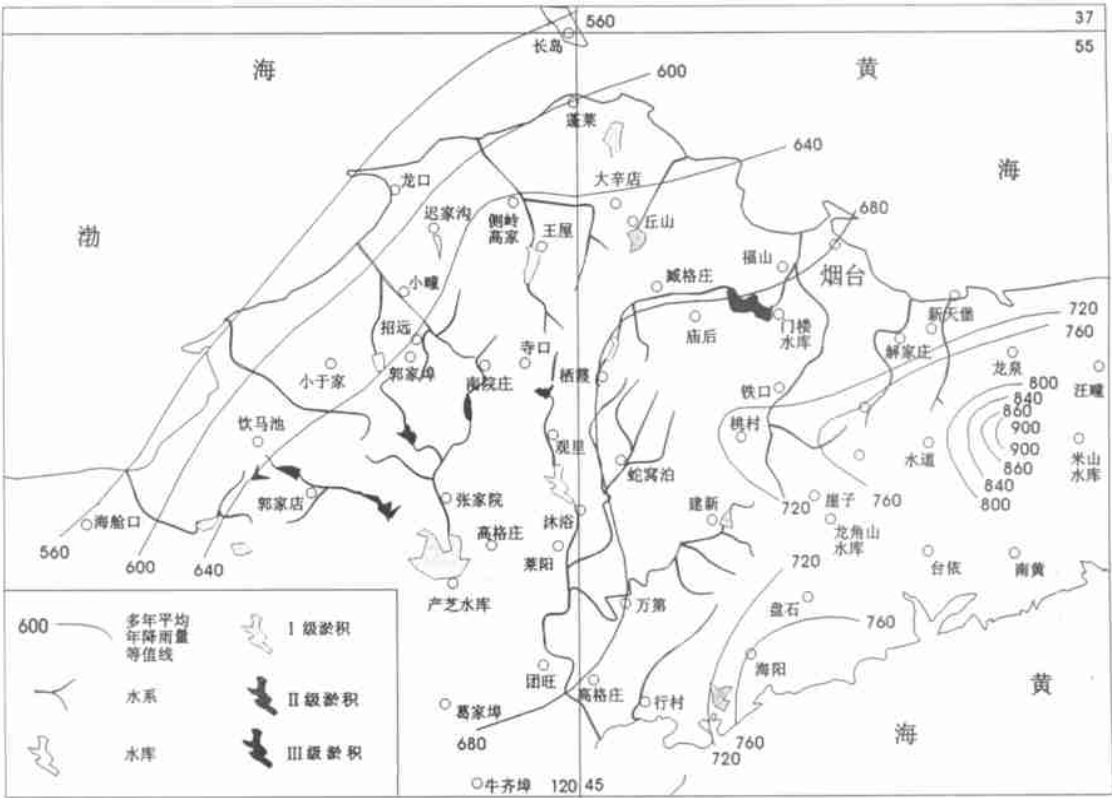


图 11 烟台市及邻区水库淤积程度的区域分布

Fig. 11 Regional distribution of silting degree of the reservoirs in Yantai city and nearby area

6 结论及讨论

根据上述水库淤积研究得到以下几点认识。

1. 烟台市中西部及邻区水库淤积在卫星 TM 图像上反映明显, 识别标志清晰。
2. 通过所建立的河流沉积动力淤积和水库沉

积动力淤积两种水库淤积模型较好地揭示不同淤积类型的淤积出露面积之间的关系, 以及与水库淤积程度的相关关系。

3. 通过对研究区水库淤积出露面积统计及划分, 获得了不同水库之间的相对淤积程度。通过与水库淤积实测值对照, 尤其是兴利库容以下淤积量对照结果看, 两种数据源所获水库淤积程度存在良

好的协同性。这对全区宏观上的水库资源与环境管理具有一定的实践意义和参考价值。

4. 由研究所获水库淤积程度的区域分布, 流域空间内和全区分布都存在明显的规律性, 但其形成的具体原因还不十分清楚, 因此需要做进一步的研究。

5. 卫星遥感技术用于水库淤积研究在本区还是一个先例, 具有投资少、周期短、可重复性强等诸多优点。但由于它只能从平面的角度来认识对象, 通过地理信息系统所生成的 DEM 的基础是图像的灰度值, 并不是严格意义上的地貌标志。目前, 卫星图像的地表分辨率还相当低。因此所获结果与传统水库淤积测量方法所获的直接结果有别, 与实测值会有一定的误差存在, 但不失为一种新的思路和新的探索。相信, 随着卫星技术的发展, 卫星资料应用技术水平的提高, 上述问题都会得到解决。

#### 参考文献(References):

[1] YAN Tiekui, XU Peng. Application of digitalization drawing in the silt up measurement of Qinghe reservoir[J]. *The engineering investigate*, 2000, (6): 52 ~ 54. [闫铁奎, 许鹏. 数字化测图在清

河水库淤积测量中的应用[J]. *工程勘察*, 2000, (6): 52~ 54.]

[2] LIU Shihe, ZHOU Zujun. Research in silt up to measure and the storage capacity relation to revise, Tuoxi reservoir[J]. *Wuhan water conservancy and electric power university journal*, 2000, **33** (4): 21 ~ 24. [刘士和, 周祖俊. 柘溪水库淤积测量及库容关系曲线修正研究[J]. *武汉水利电力大学学报*, 2000, **33** (4): 21~ 24.]

[3] SHI Xiurui, XIA Wei. The analysis on wash-silting variety of Dongting lake (1956~ 1995)[J]. *Lake science*. 1999, **11**(3): 199 ~ 205. [施修端, 夏薇. 洞庭湖冲淤变化分析(1956~ 1995年)[J]. *湖泊科学*. 1999, **11**(3): 199~ 205.]

[4] LIN Jinjiang, CHEN Shuqun. Influence of the land utilization in reservoir catchment area on reservoir silting sands Taiwanese region [J]. *Water and soil conservation research*, 1999, **6**(3): 72 ~ 79. [林襟江, 陈树群. 台湾地区水库集水区土地利用对水库淤砂之影响[J]. *水土保持研究*, 1999, **6**(3): 72~ 79.]

[5] HUANG Huayi, ZHAO Keyu. Application of reservoir discharge sands of the middle and small reservoir in south mountain district, Shanxi province[J]. *Sediment research*, 2000, (1): 77 ~ 78. [黄华忻, 赵克玉. 陕南山区中小水库排沙运用[J]. *泥沙研究*, 2000, (1): 77~ 78.]

[6] CHEN Huiyuan, WAN Jun chief editor. The water resources develop and utilize [M]. Wuhan: University of Wuhan publishing house, 2001, 21 ~ 22. [陈惠源, 万俊主编. 水资源开发利用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001, 21~ 22.]

## Reservoir Silting and Regional Character in Mid-western Yantai City

DU Guoyun<sup>1</sup>, LIU Xianzhao<sup>1</sup>, WANG Qing<sup>1</sup>, GAO Guisong<sup>2</sup>, ZHANG Anding<sup>1</sup>

(1. Geography and resource management college, Yantai Normal University Yantai, Shangdong 264025;

2. Zhaoyuan water-resource bureau, Zhaoyuan, Shangdong 265400)

**Abstract:** Divided reservoir silting, according to the sediment dynamics character, into two basic types of reservoir water dynamic silting and river water dynamic silting, and building two types of dynamic sediment model. When reservoir water level fall during unwatered period, river dynamic sediment body has more area than reservoir water dynamic sediment body, the silting area during unwatered period becomes the important parameter of the size of reservoir sediment body and the silting degree, the silting degree is the function of the ratio of the silting area for different reservoir during unwatered period. Combining Land-sat (tm) images, obtained some statistical data of 30 reservoirs, the silting degree was divided into three grades: I grade, silting degree  $DEPDEV < -0.3$ ; II grade, silting degree  $DEPDEV = -0.3 \sim 1$ ; III grade, silting degree  $DEPDEV > 1$ . Finally, established that the character of the silting degree in drainage area and the regional vary with rainfall.

**Key words:** Midwestern Yanai City; reservoir silting; regional variety