

基于北京一号小卫星的密云水库水土资源遥感分析^{*}

杨海波, 黄诗峰, 李纪人, 左春刚, 李小涛

(中国水利水电科学研究院, 北京, 100044)

摘要:从降雨量、径流量、水库面积、植被覆盖和土地利用5个方面对密云水库水源地水土资源进行调查分析, 年降雨量和入库径流量有波动, 但长系列分析有下降趋势, 而近几年有所增加。利用北京一号小卫星和 Landsat 7 卫星的三期遥感影像对密云水库水面轮廓进行提取, 从 1992–2006 年水库水面明显减少, 减少区域主要分布在水库东北角的潮河入库处和潮白两河入库的中间带。用像元二分模型对密云县植被覆盖进行分析, 结果表明从 1992–2006 年植被覆盖面积先减小后增加, 其中高覆盖率区减小, 中低覆盖率区面积增加。从土地利用变化分析耕地连续减少, 主要变成了建设用地和林地, 建设用地包括居民住地和工矿用地持续增加。

关键词:密云水库; 北京一号小卫星; 遥感; 植被覆盖; 土地利用

中图分类号: TV213.9; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)03-0153-04

Miyun Reservoir Investigation Based on Beijing 1 Microsatellite

YANG Hai bo, HUANG Shi feng, LI Ji ren, ZUO Chun gang, LI Xiao tao

(China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: Miyun reservoir is investigated from five aspects, such as rainfall, runoff, reservoir area, vegetation coverage and land use. Annual rainfall and runoff into reservoir have decreased in past long term and increased in recent years. Reservoir area obtained from remote sensing data decreased continually in the north east of reservoir and middle zone between Chao river and Bai river inflow. Vegetation coverage is analyzed with two division pixel model and results show that total vegetation coverage area decreased at first phase and increase recently. Land use changes reflect that soil and water conservation policy, population and economic development together promote cultivated land decrease while construction land and forest land increase.

Key words: Miyun reservoir; Beijing-1 microsatellite; remote sensing; vegetation coverage; land use

密云水库建库 40 多年来, 为潮白河流域的防洪和北京市城市供水发挥了重要作用, 目前北京城镇地表水供水量 50% 以上来自密云水库。但一方面, 北京已连续干旱, 水库蓄水入不敷出, 地下水位持续下降。另一方面, 由于水库上游地区降雨年内分布不均, 7、8 月份占全年的 70%, 多为暴雨^[1]。随着高新技术的发展, 遥测技术用于降雨观测, 遥感技术用于水资源调查都取得了一定进展^[2]。北京一号小卫星的大面积观测能力、短时间重复观测、高空间分辨率和多光谱波段等有效性、实用性和先进性, 可以很好地为密云水库水源地水资源调查服务^[3]。中国目前受水蚀影响的面积已达 165 万 km², 占国土总面积的 17% 以上, 成为我国的头号环境问题^[4]。因此该文对密云水库水源地进行调查, 包括水源地降雨量、径流量、水库面积、植被覆盖和土地利用, 结果可为后续水土流失研究提供数据支持。同时, 本研究有助于进一步推广北京一号小卫星的应用。

1 研究区概况

密云水库位于京郊密云县城, 在潮河、白河两河的主河道上距北京约 100 km, 是华北地区最大的水库, 总库容

43.75 亿 m³。密云县位于北纬 40°19′–41°31′, 东经 115°25′–117°33′。地势西北高东南低, 河流走向与山脉的走向一致。境内东、西、北三面群山连绵, 中部低缓, 西南开阔, 地势自北向西南倾斜, 呈簸箕形。暖温带半湿润大陆性季风气候区, 四季分明, 温差较大, 光照充足, 雨量不均^[5]。

2 密云水库水文特征分析

对密云水库水源地降雨量和径流进行分析, 采用潮河上的下会水文站、白河上的张家坟水文站以及密云坝(白河)水文站的实测水文资料。

2.1 降雨量分析

从图 1 中可以看出, 1969 年张家坟年降雨量最大达 1117.9 mm, 1975 年下会年降雨量最小仅为 316.9 mm。由多年平均统计值得到下会的降雨量平均值为 647.64 mm, 张家坟的降雨量平均值为 630.122 mm, 密云(白)的降雨量平均值为 684.43 mm。总的降雨特点为: 丰水年和枯水年变化悬殊、频繁, 且变化较大, 偏丰水年及丰水年占 35%, 平水年占 24%, 偏枯水年及枯水年约占 41%。

在图 2 中, 分析了张家坟测站降雨在年内的分布情况。

^{*} 收稿日期: 2007 08 28

基金项目: “十一五”支撑计划项目(2006BAC05B01); 国家自然科学基金重点项目(50339050)

作者简介: 杨海波(1976–), 男, 博士生, 主要从事 GIS 和 RS 在水信息化中的应用研究。E-mail: zzytyhb@163.com

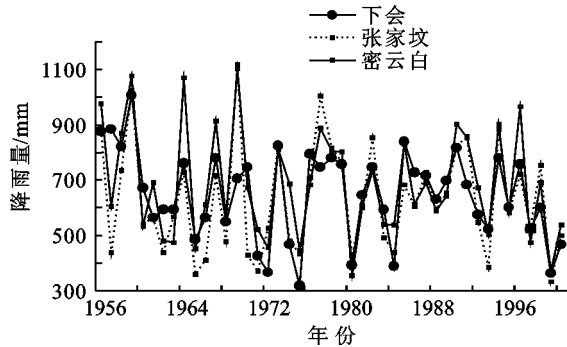


图 1 1956–2000 年密云水库年降雨量

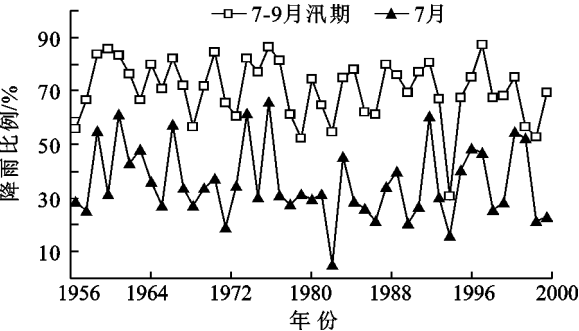


图 2 1956–2000 年张家坟降雨量比例

从总体情况平均分析,汛期 3 个月的降雨量占年内的 70.5%,其中,1994 年汛期降雨量所占比例最大为 87.34%。对降雨量最大的 7 月的降雨量占年内的比例进行分析,1974 年 7 月的降雨量比例最大,占全年降雨量的 66%。

2.2 密云水库径流分析

由图 3 可知,根据 5 a 平均入库径流分析,密云水库的来水量有减少趋势。1971–1975 年年均径流量为 36.39 m³/s,从 1980 年开始,密云水库的来水量明显减少,1981–1985 年年均径流量仅为 14.99 m³/s,而从 2001–2005 年年均径流量最少仅为 8.69 m³/s。从年平均径流量分析,径流变化波动较大,其中 1973 年最大为 62.645 m³/s,2002 年最小为 3.727 m³/s,但之后有上升趋势,其主要原因是由于近几年降雨量增加的缘故。

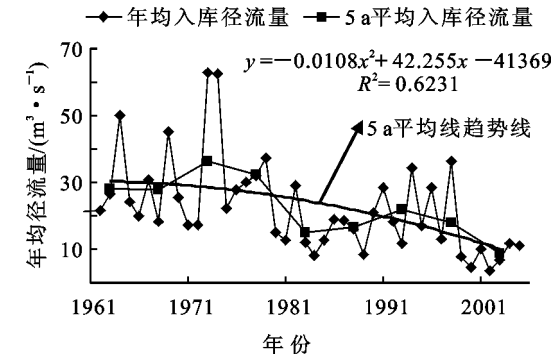


图 3 密云水库年均入库径流量

3 基于遥感影像的分析

3.1 遥感影像的处理

3.1.1 投影坐标转换

所用的数据有北京一号小卫星影像、TM 影像和北京

1: 25 万行政区划图。由于数据坐标系统不同,因此根据课题研究要求,将所有数据转换为北京一号小卫星影像的投影坐标,即北京地方坐标系统。

3.1.2 影像融合与裁剪

北京一号小卫星的多光谱波段与 TM 影像 2–4 波段相接近,并且其 4 m 分辨率全色影像更加清晰。因此,利用北京一号卫星数据的多光谱影像和全色影像进行融合。研究区域为密云水库水源地的密云县,为了数据运算的方便与快速,先对北京一号卫星影像和 TM 影像进行裁剪。用密云县的行政区划矢量图作为 AOI(感兴趣)区域,对 2 种影像进行裁剪(图 4)。

3.2 水库面积变化时空分析

由于水体信息和别的地物的反射差别较大,水体表现为深蓝色,轮廓清晰(图 4)。选择通过计算机自动识别和人工解译相结合的方法提取水面线。

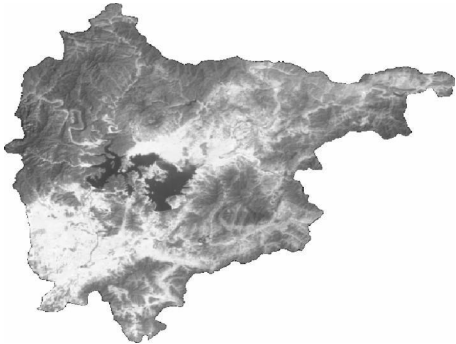


图 4 2006 年 5 月北京一号卫星影像

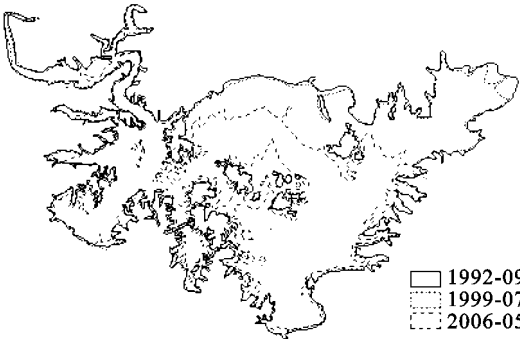


图 5 水库水面轮廓线

根据水库库水面轮廓线的变化分析得到,密云水库面积从 1992 年的 151 km² 减少到 2006 年的 84 km²,总面积减少了 67 km²,占 44.37%。虽然所测得的水库面积数据不是同一月份,但是水库面积减小的总趋势很明显。变化的主要区域在水库库尾的潮河入库区和白河入库区、潮白河入库中间地带及水库中岛屿增大引起水面减小。1999 年 7 月到 2006 年 5 月变化最大,在潮河入库区水面面积减少了 18.2 km²,白河入库区水面减少了 8.3 km²,水库中心岛屿扩张了 7.9 km²,在潮白两河入库中间地带水面面积减少了 15.3 km²。从水库面积变化速率上看,从 1992 年 9 月到 1999 年 7 月,面积减少速率为 2.7 km²/a,而从 1999 年 7 月到 2006 年 5 月,水域面积减少最为严重,减少速率为 7.1 km²/a(图 5)。

3.3 密云县植被覆盖率计算

植被覆盖率指植被冠层或叶面在地面的垂直投影面积占统计区总面积的比率。植被覆盖率是重要的气候与生态参数,是进行全球及区域气候研究、水文研究和生态研究中所需的重要信息^[6]。像元二分模型是进行植被覆盖率遥感估算的较为简单实用的模型^[7]。

$$Fc = (S - S_s) / (S_v - S_s) \tag{1}$$

式中: Fc ——植被覆盖率; S ——该像元总的光谱信息; S_v ——植被部分的信息; S_s ——无植被部分的光谱信息,用 NDVI 值作为光谱信息的计算值代替 S 。NDVI 为归一化植被指数,用于植被覆盖密度评价,其值在- 1 到 1 之间,且随覆盖度增大而增大。NDVI_{min} 和 NDVI_{max} 分别为研究区内的 NDVI 最小值和最大值代替 S_s 和 S_v 。但应注意,为了有效地剔除掉图像中存在的非植被覆盖所引起的伪信息,NDVI< 0 代表无植被覆盖地区,NDVI> 0 区有植被覆盖,所以,先用掩膜把 NDVI< 0 的部分去除掉。

计算结果见表 1,结合图 6 分析,从 1992 年 9 月到 1999 年 7 月,在密云水库下游左侧,即密云县的西南部低覆盖率的面积增加,这个区域正是由于居住地和工业用地的发展处,因此变化较为明显。从 1999 年 7 月到 2006 年 5 月,较低覆盖率的面积明显增加,并主要分布在西南部和东北部,该区域为居民地区和潮河入库区。

表 1 植被覆盖率统计

覆盖 程度	1992 年 9 月		1999 年 7 月		2006 年 5 月	
	面积	覆盖率	面积	覆盖率	面积	覆盖率
	/km ²	/ %	/ km ²	/ %	/ km ²	/ %
较低	63.4743	3.062971	49.8411	2.578632	788.7903	36.72735
中	107.9919	5.211182	319.4091	16.52528	650.2533	30.27685
较高	1556.774	75.1226	1269.203	65.66479	599.1711	27.89838
高	344.07	16.6032	294.3972	15.23124	109.4758	5.097373
非植被覆盖 面积	260.37		399.83		184.99	
植被覆盖 面积	2072.31		1932.85		2147.69	

3.4 密云县土地利用变化分析

土地利用的变化能够在一定情况下体现人类基本的生产生活方式的改变对土地的影响,另一方面,土地利用的变化又会引起相应的地理空间上不同地理要素的变化。对于北京一号小卫星的影像,有 3 个波段的多光谱数据,但其分辨率为 32 m,为了提高目视解译精度,把 4 m 分辨率的全色波段的影像与 32 m 分辨率的多光谱影像进行融合。土地利用变化幅度:

$$EA_i(k) = [A_i(k+1) - A_i(k)] / A_i(k) \tag{2}$$

式中: $A_i(k)$ ——第 k 期第 i 类土地利用类型的面积; $A_i(k+1)$ ——第 $k+1$ 期第 i 类土地利用类型的面积。

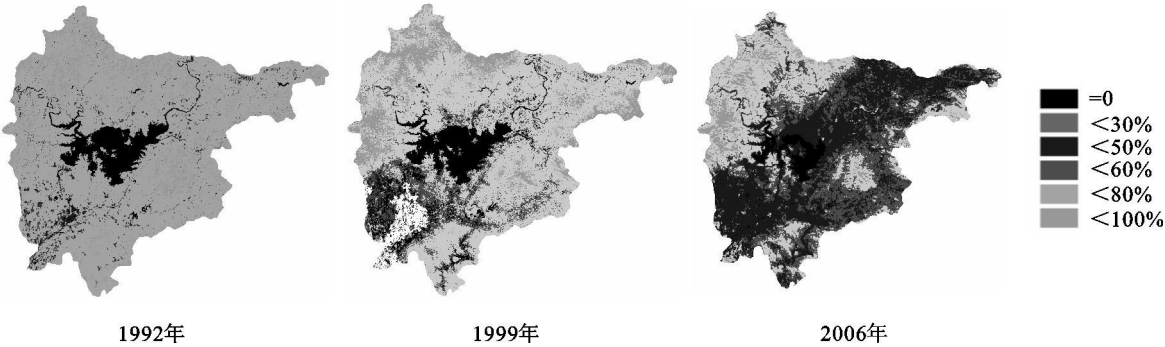


图 6 1992 年、1999 年和 2006 年植被覆盖率

表 2 密云县 1992- 2006 土地利用类型面积 hm²

土地利用 类型	1992 年	1999 年	2006 年
耕地	40996.75	36555.01	30476.37
林地	138382.87	142360.97	149420.18
草地	16262.74	14480.98	15784.88
水域	18607.08	18789.36	15413.81
建设用地	7194.64	8938.80	10039.27
未利用地	741.79	1060.76	1051.43

密云县土地总面积 22 186.9 hm²,林地所占比重最大,其次是耕地。2000 年耕地为 30 476.37 hm²,占 13.71%,比 1992 年减少了 6 078.6 hm²,林地共 149 420.18 hm²,占 67.25%,比 1999 年增加了 7 059.2 hm²,建设用地共 8 938.8 hm²,占 4.02%,比 1999 年增加了 1 100.47 hm²。水域面积减少了 3 375.55 hm²。

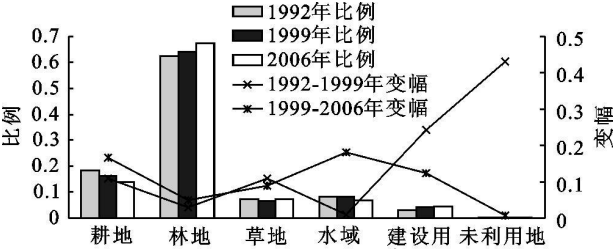


图 7 土地利用变化

三期土地利用类型的变化情况说明建设用地包括居民住地和工矿用地持续增加,其原因是由于人口的增长与经济发展的需要;居民住地和工矿用地面积的增加主要来源于耕地和林地。

4 结 论

对密云水库水源地的降雨量、径流量及年际与年内变化规律、水库水面变化、植被覆盖和土地利用进行调查分析。

表 3 密云县 1992– 2006 年土地利用转移矩阵

hm²

1992 年	2006 年						
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	总 计
耕地	30260.35	8909.11	62.7	0	1467.64	296.96	40996.76
林地	0	138315.83	0	0	68.1	0	138383.93
草地	0	0	14575.92	260.03	1426.8	0	16262.75
水域	98.11	2195.25	1146.27	15153.78	0	13.67	18607.08
建设用地	117.91	0	0	0	7076.73	0	7194.64
未利用地	0	0	0	0	0	741.8	741.8
总计	30476.37	149420.19	15784.89	15413.81	10039.27	1052.43	222186.96

三期遥感影像分析得到水库轮廓明显退缩。1992 年 9 月到 2006 年 5 月,密云县植被覆盖面积先减少后增加,尤其是 1999 年以后较低和中覆盖率的植被面积增加较多。水文数据分析得出密云水库水源地入库径流量呈总体下降趋势,但近几年有所增加,降雨量变化波动无一致性减少趋势。综合分析说明径流对降雨量有一定影响,而植被覆盖变化不是影响径流的主要因素。从植被覆盖分布看,覆盖率高的部分在密云水库白河上游处,而密云水库的西南– 东北方向较低,此处也是人口活动影响的最大区域。土地利用分析得到,耕地连续减少,主要变成了建设用地和林地。整个土地利用的变化与水源地保护相关,相关的资料也证实了这样的分析。为了使水库得到更好的保护,政府在空间上划定一定的管制区域,北部为地表饮用水源保护区,南部为水源八厂地下饮用水源补给区,水库上游地区近年来大力发展林牧业,积极植树种草,使林草地面积增加较快,同时加强对上游地区发展乡镇企业和旅游业的限制,使工矿用地面积增加速度远远低于其它地区,以水土保持和水源涵养林为主,形成林地利用占绝对优势的土地利用结构。此次遥感调查的结果也反映出随着北京市人口和经济的增长,一些措施从供水和保水两方面出发,通过减少耕地的面积可以有效减少农业用水,

在水库上游进行退耕还林以扩大水源涵养林而有效保水。

参考文献:

[1] 李成茂,马履一,王小平.密云水库集水区区域可持续发展评价及其调控对策研究[J].北京林业大学学报,2005,27(6):50-55.

[2] 赵超,包为民,孟永国.遥测降雨的抗差修正研究[J].水电能源科学,2005,23(6):21-24.

[3] 北京宇视蓝图信息技术有限公司.北京一号小卫星在轨测试总结报告[R].北京:2006.

[4] 王经武,王娟.水土保持是生态环境建设的主体[J].水土保持研究,2000,7(3):11-12.

[5] 李永贵,刘大根,刘振国,等.密云水库周边水土保持与水源保护探讨[J].中国水土保持科学,2006,4(2):13-17.

[6] 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,2004,7(4):153-159.

[7] 陈晋,陈云浩,何春阳,等.基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J].遥感学报,2001,5(6):416-422.

(上接第 152 页)

的护底工程、护坡工程以及控制桥墩附近发生局部冲刷的防护工程,如铅丝笼抛石防护措施等。

参考文献:

[1] 蒋焕章.对桥墩局部冲刷影响因素的分析[C]//桥墩冲刷学术讨论会论文集.北京交通部科学研究院,1964:15-21.

[2] 陆浩,高冬光.桥梁水力学[M].北京:人民交通出版社,1991.

[3] Arved J,傅松林,译.桥墩局部冲刷深度函数的趋向[J].世界桥梁,1990(2):13-19.

[4] 惠遇甲,王桂仙.河工模型试验[M].北京:中国水利水电出版社,1999.

[5] Arved J Raudkivi,Robert Ettema.Clear water scour at cylindrical piers[J].Journal of Hydraulic Engineering,1983,109(3):338-349.

[6] 何文社,曹叔尤,张红武,等.清水冲刷河床稳定粗化层级配计算[J].水力发电学报,2003(2):39-45.

[7] 李诚,李梦成,蒋焕章.桥台局部冲刷的计算方法[J].长沙铁道学院学报,2001,19(1):103-109.

[8] 熊广忠.桥涵水力水文计算[M].北京:人民交通出版社,1992.