

文章编号:1006-7639(2005)-01-0049-05

应用 EOS/MODIS 资料监测河西内陆河下游 水库湖泊水域的变化

杨兰芳

(中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,甘肃 兰州 730020)

摘要:利用 EOS/MODIS 资料,对 2004 年春季至秋季间分布在甘肃省河西境内的 2 个面积最大的水库——红崖山水库、双塔水库和位于内蒙古额济纳旗的东、西居延海湖泊的水体面积进行监测计算,并与近年同期平均值进行了对比分析,结果表明疏勒河、石羊河及黑河流域下游的水库湖泊水体面积都有不同程度的减小。

关键词:MODIS 资料;水库湖泊水域;河西内陆河

中图分类号:TP79

文献标识码:A

引言

河西走廊拥有天然固体水库——祁连山积雪,它哺育出大小水库星罗棋布,滋润着武威—民勤、昌马—安西、张掖—额济纳旗等多片绿洲。河西地区是甘肃省重要产粮区之一,水资源是人类生存、农业生产、生态环境良性循环和一切经济产业的关键^[1],水资源的多寡会直接影响河西走廊乃至全省和全国的生态环境变化^[2]。河西地区自然生态十分脆弱,加之走廊地区气候干旱降雨稀少,人类活动影响,水资源过度开发利用,已导致下游河道——疏勒河、石羊河、黑河断流,水库湖泊萎缩,胡杨林枯死,草场退化,沙漠化加剧,沙尘暴发生频率增加,使河西地区有限的生存与发展空间受到严重威胁。

2002 年 2 月,中国气象局兰州干旱气象研究所卫星遥感中心建起了 EOS/MODIS 资料接收处理系统。随后逐步投入业务运行,对甘肃省生态环境变化和自然灾害(如水体、森林草场火灾、积雪、沙尘暴、植被、干旱等)进行了卫星遥感监测与服务。对水资源状况,实时动态监测计算河流水库湖泊的面积变化,为相关水资源管理部门提供及时有效的水体监测事实信息,以利于科学合理使用分配有限的水资源^[3~5],改善日益尖锐的供需矛盾,对保障河西地区人民生活用水和社会经济可持续发展有十分

重要的意义。

1 资料

本文选用的 EOS/MODIS 数据资料是中国气象局兰州干旱气象研究所卫星遥感中心的“EOS 资料接收处理系统”接收的数据资料,图像资料采用的是 hdf 格式资料。时相主要取自 2004 年春季(3 月)至 2004 年秋季(10 月),为了了解近 3 a 来河西走廊东段石羊河流域下游的红崖山水库、河西西段疏勒河流域下游的双塔水库和河西走廊中段黑河尾宫的居延海水域面积变化状况,选用了时间序列与 2004 年同时相的部分 2002 与 2003 年的数据资料进行了对比分析。

2 水体监测原理与信息提取方法

2.1 水体监测原理

EOS 地球观测系统)是美国于 1999 年 2 月 18 日成功发射的极地轨道环境卫星,该星上搭载着当前世界上新一代“图谱合一”的先进的中分辨率成像光谱仪(MODIS),该仪器的地面分辨率最高可达到 250 m(在通道 1 和通道 2 两波段)、500 m 及 1 000 m,其光谱通道分布范围很广,具有 36 个光谱通道。卫星遥感图像真实地记载了地物自身的热辐射和对

太阳辐射的反射信息,由于各种物体的组成成分、物理和化学特性差异导致电磁波谱特征各不相同。地面的每种物体在卫星如此众多的光谱波段中都有其最佳的显示通道,表 1 给出了区分陆表特征及云系的主要通道及用途^[6],可见光通道 1 和近红外通道 2,可以探测地面及云系表面的电磁波的反射信息,地面水体反射率很低,而且随波长的增大而逐渐降低;土壤和植被却恰好相反,在近红外和中红外波段的电磁波被强烈的反射(尤其在近红外波段),这与水体形成了鲜明的对照,所以水体在近红外波段上与土壤和植被有明显的区别。

表 1 水体监测中使用的主要探测通道及作用

Tab.1 Main probe channels and their function using in water area monitoring

通道	中心波长 (μm)	分辨率 (m)	主要用途
1	0.645	250	陆地、云边界
2	0.858	250	陆地、云边界
3	0.469	500	陆地、云特征
4	0.555	500	陆地
5	1.240	500	陆地
6	1.640	500	陆地、大气
7	2.130	500	陆地、大气

2.2 水体信息提取方法

MODIS 数据水体信息的提取方法主要有 2 种。其一,为提取资料中所含水体信息,首先需生成多光谱合成彩色图像,以便对目标作人工判识。从红、绿、蓝 3 通道彩色合成图像中目视识别的主要物体有陆地植被、水体、云系等,而它们在图像中由于光谱特性和所赋色彩的差别上可反映出所代表物体的特征,比如在通道 1、2、3 所赋值为红、绿、蓝色)合成彩色图像中植被反映的色彩为绿色,水体为深蓝色,云系为白色或灰白色。由于季节变化引起的亮温差异使物体代表的颜色略有差别,植被随着覆盖度由低到高显现出从浅绿到深绿的过渡;云系则无明显的变化;色彩变化相对较多的尤其是水体,水体水色清澈且水深较深时呈现深蓝色趋近与黑色,水质受到工业污染或含泥沙浑浊时,水色呈现出浅紫色,严冬时节水体封冻呈现深蓝色泛灰。这样利用 3 通道合成图像中物体的代表色彩可简单区分出陆地植被、云系和水体。其二,通过用单通道灰度值法提取水体信息,通过对通道 1 和通道 2 图像的比较可以

发现,在通道 1 图像上,水体的灰度值高于周围陆地灰度的值,水陆分界不明显。而在通道 2 图像上,陆地(土壤、植被)明显高与水体的灰度值,水陆边界十分明显。而云的灰度值明显高于地物的灰度值。所以用简单的预值法就能获得较好的识别效果。预值法提取水体就是通过光谱分析^[7],确定水体识别的反射率和亮温合理预值,低于此预值的地物被认为是水体,为了提高水体判识的精度,对不同的地区和季节需采用不同的预值模型。

3 水体流域概况及水体面积监测结果

3.1 黑河流域概况

黑河也称弱水,黑河是我国第二大内陆河,发源于青海祁连山北麓,流经甘肃河西走廊消失于内蒙古居延海的南缘。全长 821 km,黑河下游进入内蒙古狼心山以下,分为东河和西河,东河注入东居延海,西河注入西居延海。

据记载昔日的居延海水天一色,芦花飞舞、胡杨遍地、鹅雁戏波。近几十年来因为降雨量减少,加上河水的不合理使用和没有上游来水的补给,使得黑河下游东、西居延海相继干涸,1961 年西居延海枯竭,相隔约 30 a 后于 1992 年东居延海枯竭,剩下一片白茫茫的荒滩(图 1a),随后额济纳旗的绿洲也开始萎缩,流域内生态环境遭到严重破坏。为保护黑河流域生态环境,2000 年,国务院作出了黑河跨省际分水的重要决策,黄河水利委员会采取了一系列调水措施,据 EOS/MODIS 监测可看到,于 2002 年 7 月 17 日干涸了 20 a 的东居延海首次过流,同年 8 月 14 日,黑河水再一次抵达东居延海。2003 年 9 月 24 日 16 时 28 分,黑河水抵达内蒙古自治区额济纳旗西居延海。这是自 1961 年以来黑河水第一次进入西居延海出现碧波荡漾的湖面(图 1b),图中边缘浅蓝中心呈深蓝色区域表示居延海水域,绿色表示植被,大片的背景棕色表示陆地。

曹玲^[8]等指出黑河流域上游 20 世纪 80 年代年平均雨量 422.7 mm,90 年代 410.8 mm,60 年代 393.3 mm,黑河出山口莺落峡 1961~2002 年年平均流量 20 世纪 70 年代比 50 年代少 6.3 m^3/s ,90 年代比 80 年代少 7.9 m^3/s 。从曹玲等人的分析可以认为,黑河流域上游的降水量和流量变化相对稳定,对下流河水的变化影响不大。而 2002 年后居延海湖水的再现说明,在全球气候变化,人类用水增加的今天,只有合理使用水资源,才能在保证人类需求和经济



图 1a 2002 年 7 月上旬干涸的居延海影像图
Fig.1a The image of dry Juyan Lake at the first ten days in July 2002

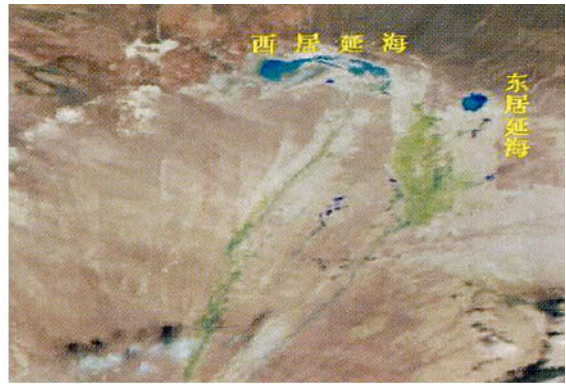


图 1 b 2003 年 10 月上旬居延海影像图
Fig.1b The image of Juyan Lake at the first ten days in October 2003

持续增长的同时,保护当地的自然生态。

3.2 居延海的水面积变化

根据 MODIS 资料计算,由图 2a 看出,2004 年东居延海的水体面积在春季至秋季间呈 3 峰型(3 月、5 月中旬和 10 月),初春 3 月面积达 23.78 km²,随后逐渐下降至 5 月 4 日监测发现完全干涸,但在 5 月 16 日水面积再度呈现 14.23 km²,在 5 月下旬第

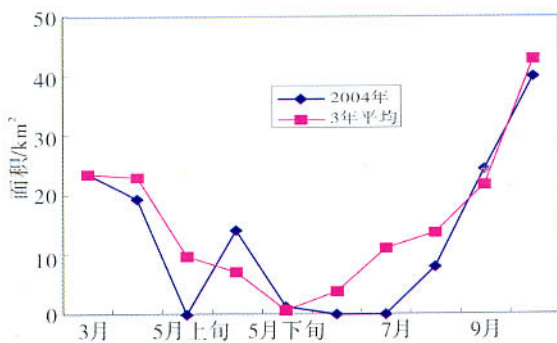


图 2a 东居延海水域面积变化曲线图
Fig.2a Water area change of eastern Juyan Lake

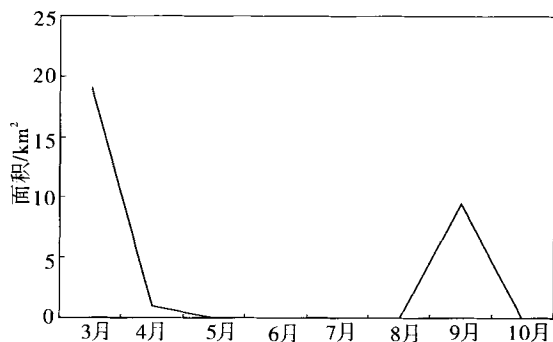


图 2b 2004 年西居延海水域面积变化曲线图
Fig.2b Water area change of western Juyan Lake in 2004

二次出现干涸,之后约 3 个月中持续无水,从 8 月 26 日的 8.06 km² 开始水面积迅速上升,10 月达一年 3 季中的最大值 39.84 km²。与 2 a 2002 年 7 月以前均为干涸)平均值相比,除 5 月中旬与 9 月增加外,3 月、5 月下旬基本相同,其余各月水面积都有不同程度的减小,3 季中总的水面积 2004 年比平均值减少了 17.31%。

图 2b 给出了 2004 年 3 月~10 月间西居延海的面积变化,2004 年西居延海的水域面积呈现双峰型(3 月和 9 月),3 月湖水面积是 19.1 km²,4 月水面积急剧减小仅剩 0.94 km²,5 至 8 月(春、夏季)期间完全干涸,9 月 21 日再度来水,面积达 7.69 km²,相隔 1 月后湖水又迅速干涸。

3.3 石羊河流域概况

祁连山冷龙岭北麓白雪形成的大小 200 多条洩流汇聚在一起形成石羊河,红崖山水库位于巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠交汇处的甘肃省武威市民勤县境内,为石羊河流域下游的拦河水库,始建于 1958 年,总面积 25 km²。该水库是亚洲第一大世界第二大沙漠水库。它滋润着河西走廊的武威—民勤绿洲。该水库不仅保障着民勤县 5.13 万 hm² 耕地的农业灌溉,而且还是当地 30 万人口饮用水唯一的水源。分析石羊河 1950~2000 年的流量变化得出,流量在不断减少,20 世纪 90 年代后期减少更为明显,由于石羊河中游用水量增加,拦截用水过多,石羊河下游水量越来越少,红崖山水库入库径流量从 1956 年的 5.14 亿 m³ 下降到 2002 年的 0.84 亿 m³,水量减少 84%左右^[9]。据 EOS/MODIS 监测,2004 年 6 月下旬红崖山水库干涸(图 3a,图像说明同图 1),据有关报

道,此次亦是自建库以来第一次全面彻底干涸。于干涸时间相隔约 40 d,在 2004 年 8 月 4 日,

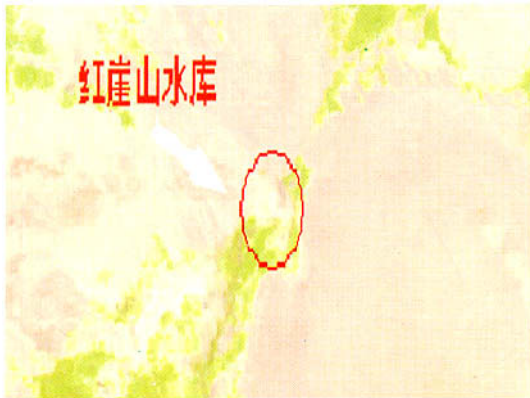


图 3a 2004 年 7 月 20 日红崖山水库干涸影像图

Fig.3a The image of dry Hongyashan reservoir on 20th July 2004

EOS/MODIS 卫星监测到红崖山水库又再度进水,水域面积约为 1.5 km² (图 3b)。



图 3b 2004 年 8 月 4 日红崖山水库影像图

Fig.3b The image of Hongyashan reservoir on 4th August 2004

3.4 红崖山水库面积变化

图 4 反映出,红崖山水库 2004 年春季(3 月)至秋季(10 月)水域面积呈 3 峰型,3 月为 12.6 km² 之后渐渐畏缩至 4 月 4.9 km² 后,逐渐缓慢上升至 6 月上旬达 7.8 km²,后又急剧下降,于 6 月下旬完全干涸,8 月初再度来水,且迅速上升至 10 月达最大值 15.4 km²。2004 年与 3 a 平均值相比,水面积变化的趋势一致,但变化幅度除 3 月基本持平外,在整个分析期(3~10 月),都有较大幅度的降低。总体相比红崖山水库水域面积比近 3 a 平均值减少了 44.9%。

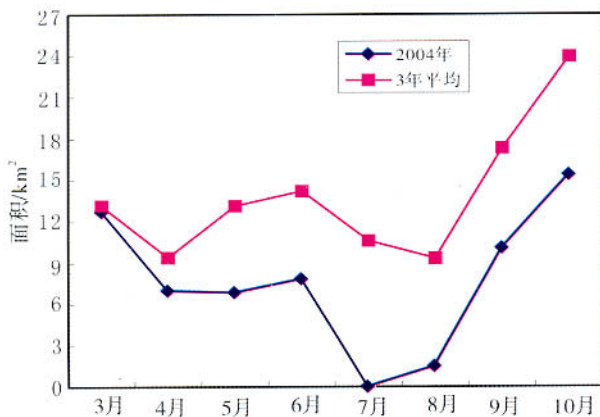


图 4 红崖山水库水域面积变化曲线图

Fig.4 Water area change of Hongyashan reservoir

3.5 疏勒河流域概况

双塔水库位于昌马河下游,疏勒河流域位于甘肃省河西走廊的西部,发源于祁连山的最高峰宰吾

结勒峰冰川、河源河谷,上游由昌马河、党河、榆林河等组成,向东西,在巨壑深谷中穿行,从昌马峡口出山,中游由南向北,流经百里戈壁,进入绿洲平原,昌马河干流全长 670 km,下游的双塔水库建造于 20 世纪 60 年代,是安西人民的生命之水,生命之库,由于该水库(图 5)才使茫茫戈壁有了安西这片绿洲。

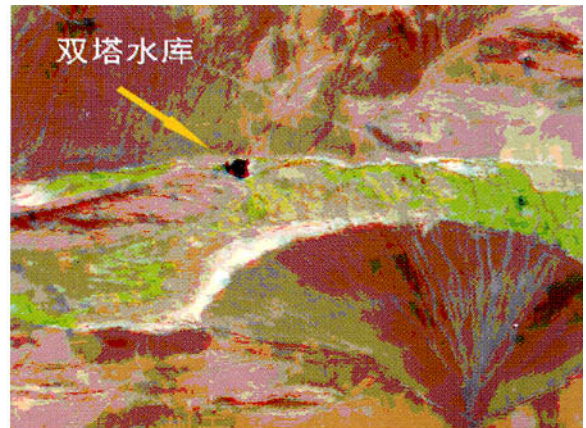


图 5 2004 年 8 月 29 日双塔水库 EOS/MODIS 影像图

Fig.5 EOS/MODIS image of Shuangta reservoir on 29th August 2004

3.6 双塔水库面积变化

从图 6 可以看出,双塔水库水域面积的变化反映出,峰值出现在 4、6、10 月,谷值出现在 3、7 月,可能是由于 3 月气温低、积雪消融少,7 月上中游灌溉需水量增加,注入下游库区的水量明显减少。7 月以后水域面积又快速上升,至秋季 10 月达一年中的最

大值。2004 年与 3 a 平均值相比, 水体面积变化不大, 仅比平均值降低了 2.17%。这在所分析的 3 条河流中是唯一 3 季无断流的一条河流。

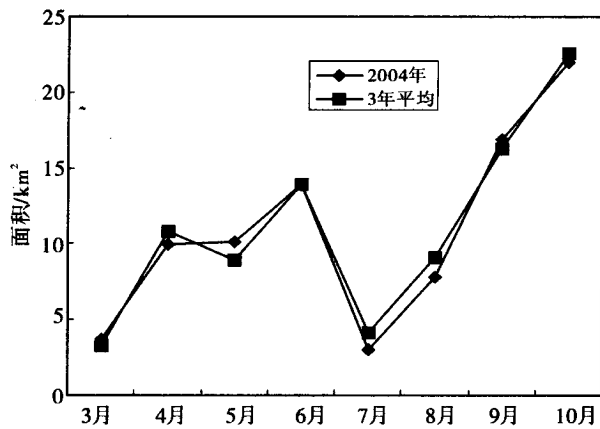


图 6 双塔水库水域面积变化曲线图

Fig.6 Water area change of Shuangta reservoir

4 小 结

(1) EOS/MODIS 资料能准确监测水库水域面积的变化, 为各级政府和水利部门合理调度水资源提供准确依据。

(2) 红崖山、双塔水库 2004 年春、夏、秋 3 季水库面积比 3 a 平均值、东居延海比 2 a 平均值分别减少了 44.9%、2.17% 和 17.31%, 其中减少幅度最大

的是红崖山水库, 其次是东居延海, 相对变化最小的是双塔水库。

(3) 河流断流时间最长的是黑河, 2004 年西居延海 4 个月、东居延海 3 个月持续干涸。

(4) 从 4 个水库湖泊水体面积变化显示: 5、6、7 月是河西走廊流域用水的高峰期, 水库湖泊的水最少, 甚至出现完全干涸。此期间应是考虑合理分配使用流域水资源的重要时期。

参考文献:

- [1] 陈兴鹏, 康丁. 河西走廊绿洲生态良性循环的水资源问题[J]. 中国沙漠, 2000, 20(1): 90-93.
- [2] 丁密伟, 高玉卓, 何江海, 等. 黑河正义峡河川径流量减少的原因及对策分析[J]. 中国沙漠, 2001, 21(1): 62-66.
- [3] 王根续. 黑河流域额吉纳绿洲区水资源合理利用分析[J]. 兰州大学学报, 1997, 33(3): 111-116.
- [4] 李福兴, 齐善堂. 河西走廊区域开发对生态环境的影响及其整治对策[J]. 干旱区资源与环境, 2001, 15(1): 25.
- [5] 杨恕, 韩艳梅. 对河西水资源可持续利用的几点看法[J]. 兰州大学学报, 2000, 28(3): 5-9.
- [6] 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 179-186.
- [7] 董超华, 章国材, 邢福源, 等. 气象卫星释用手册[M]. 北京: 气象出版社, 1994. 129-138.
- [8] 曹玲, 龚永祥, 张德玉. 气候变化对黑河流域生态环境的影响[J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 45-49.
- [9] 杨兴国, 张存杰, 叶谦, 等. 甘肃省河西地区环境蠕变的若干事实[J]. 干旱气象, 2004, 22(1): 65-68.

A Monitoring Analysis of Reservoirs and Lakes by Using EOS/MODIS Data in Hexi and Surrounding Area

YANG Lan-fang

(Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Using the EOS/MODIS data, the water areas of eastern and western Juyan Lake in Ejinaqi, as well as Hongyashan and Shuangta reservoirs, which are the biggest in Gansu province, were monitored and calculated from spring to autumn in 2004, and a contrast analysis was done by comparing with average values of the latest 3 years in the same period. The results show that the areas of reservoirs and lakes locating in the downriver of Heihe, Shiyanghe and Shulehe valley have decreased in different degree, and this means the environment is deteriorating in these areas.

Key words: MODIS data; reservoirs and lakes; water area; contrast analysis