

黑河调水对东居延海恢复效果的 遥感监测分析

都瓦拉¹ 邓晓东¹ 玉 山² 刘朋涛¹ 那 顺¹

(1. 内蒙古生态与农业气象中心, 呼和浩特, 010051;
2. 内蒙古师范大学遥感与地理信息系统重点实验室)

提 要: 利用轨道为 134/31 的 1990 年、2000 年、2002 年、2005 年和 2006 年 9 月 5 景陆地卫星资料, 监测黑河应急调水工程前后几年的东居延海水域面积的变化和其周边地区的植被长势情况。通过遥感监测分析得知, 黑河应急调水后东居延海的湖泊面积扩大较快, 蓄水量的增加也十分明显, 但其周边地区植被的恢复却十分缓慢。黑河下游的生态环境十分脆弱, 一旦破坏很难恢复。因此, 应将黑河流域作为一个完整的生态系统来考虑, 把工农业的发展与生态环境的效应和由此产生的生产力后效联系起来, 统筹中、下游水资源开发利用。

关键词: 黑河应急调水 东居延海 遥感监测

引 言

黑河流域位于西北地区河西走廊中部, 干流全长 821km, 流域面积 $14.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 为我国第二大内陆河^[1]。黑河下游段被称为额济纳河(弱水), 东居延海位于额济纳河冲积扇的扇缘洼地, 是黑河的尾闾湖。据记载, 昔日的居延海是由东、西居延海和古居延泽 3 个湖泊组成的一个连通大湖, 水域面积曾达到 2600 km^2 。由于河道改变、气候变迁和人类活动, 居延海演变为现代相距 30km 的东、西两湖。

黑河下游属于大陆性气候, 常年干旱少雨, 根据《1971—2000 年的内蒙古自治区地面气候整编资料》, 该地区年平均气温为 8.9°C , 年最高气温为 42.5°C , 年最低气温为 -31.3°C , 年平均风速 $3.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 最大

风速 $25.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 8 级以上大风日数平均 38.4 天/年, 沙尘暴日数 10.7 天/年, 年平均降水量 35.2mm, 年平均蒸发量 3136.6mm, 蒸发量是降水量的 89 倍。因此, 下游的水量来源受降水量的影响较小, 主要决定于黑河上、中游地区降水量和中游地区用水量。

黑河中游的张掖地区是我国重要的商品粮基地, 素有“金张掖”之称。1949 年以来, 商品粮基地建设有了一定规模, 水资源的开发利用程度也相应提高, 导致下泄水量大幅度减少, 下泄水量的减少在额济纳河终端的湖泊反映非常明显。额济纳旗年入境水量由 1940—1950 年代的 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少至 1990 年代的 $2 \times 10^8 \sim 3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 使 1962 年西居延海干涸, 东居延海面积严重萎缩, 成为季节湖, 并于 2000 年、2001 年连续全年干涸^[1]。

黑河下游的生态问题不仅对维护流域生态环境和保护自然资源有十分重要的意义，还对加强民族团结与巩固国防建设具有重大意义。

1 黑河应急调水工程

黑河下游生态环境退化已经引起国内外的广泛关注。为了增加黑河下游的水量、缓解日益严峻的黑河下游生态环境退化问题，1992年国家计委批复了“黑河干流分水方案”；1995年国务院八部委、院士考察团先后对额济纳生态环境进行了专题考察；1997年国务院批准了“黑河干流水量分配方案”并成立了“黑河流域管理局”^[2]。

了解黑河应急调水对东居延海水域面积的变化及东居延海复出后对其周边地区的生态环境的影响，在制定合理分水计划时具有重要意义。

2 遥感监测分析

2.1 计算方法与遥感数据预处理

本文所用的遥感数据是轨道134/31的1990、2000、2002、2005和2006年9月共5景陆地卫星资料。对于东居延海水域面积变化的监测，本文主要采用将陆地卫星数据进行真彩色合成后进行人机交互式目视解译方法来量算。对于其周边地区的植被长势情况的监测则利用归一化植被指数（NDVI）的变化来反映，具体技术路线见图1。

归一化植被指数（NDVI）的计算原理是基于绿色植物叶片对可见光中的红光谱段进行较强烈的吸收，而对近红外谱段具有较高的反射的原理，计算方程式为：

$$\text{NDVI} = (\text{CH}_4 - \text{CH}_3) / (\text{CH}_4 + \text{CH}_3)$$

式中， CH_3 、 CH_4 分别对应 TM 数据中与

红色光谱段对应的3波段与近红外光谱段对应的4波段的反射率。

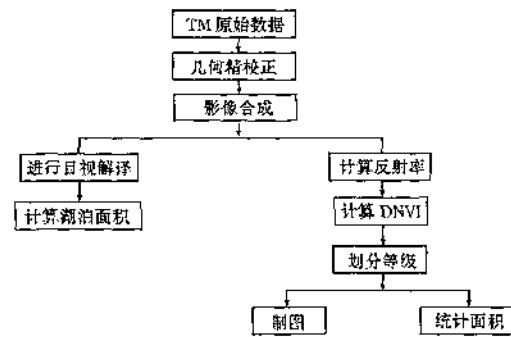


图1 技术路线图

2.2 东居延海水域面积变化

黑河中游地区的水资源利用对下游水量的影响，通过对正义峡水文站水量变化趋势的分析得出结论。据黑河正义峡水文站观测资料，年径流量1950年代为 $12.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，1960年代为 $10.65 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，1970年代为 $10.43 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，1980年代为 $10.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，1990年代为 $3.77 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，1990年代的径流量比1950年代减少了 $9.13 \times 10^8 \text{ m}^3$ （见图2）。

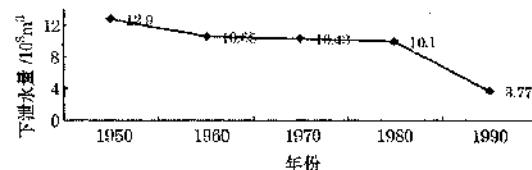


图2 1950—1990年代正义峡水文站下泄水量变化

随着径流量的减少，东居延海的水域面积严重萎缩，变成了间歇性湖泊。通过对陆地卫星资料的目视解译知道，在1990年9月时东居延海的水域面积减少到 38.28 km^2 ，到了2000年、2001年连续两年全年干涸（见图3）。其变化以积水时间逐渐缩短、积水量不断减少为特征。

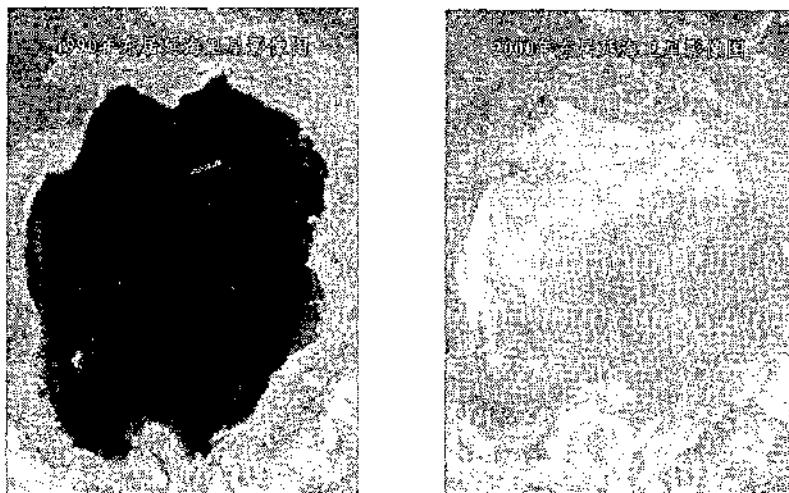


图3 1990年、2000年东居延海水域面积变化

2000年黑河分水方案第一次实施后，经过哨马营水文站的年径流量在2000年为 $4.08 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、2001年为 $4.68 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、2002年为 $5.74 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、2003年为 $8.47 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、2004年为 $4.72 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、2005年为 $6.01 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、2006年为 $7.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ （见图4）。

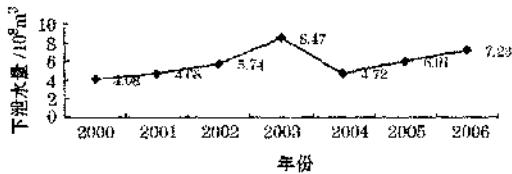


图4 2000—2006年经过哨马营水文站的年径流量变化曲线图

从图4可知，自2000年到2006年下泄水量呈现出逐渐增多的趋势。对陆地卫星真彩色数据的人机交互式目视解译后计算的结果得知，经过连续7年的黑河应急调水之后，东居延海水域面积从2000年的 0 km^2 逐渐增加，在2002年9月份时水域面积增加到 7.73 km^2 ，2005年9月份时水域面积为 35.04 km^2 ，2006年9月份时达到 37.41 km^2 ，总蓄水量在2006年达到 $4750 \times$

10^4 m^3 ，创水量统一调度以来的历史新高（见图5）。

2.3 东居延海周边地区植被的变化

为了更好地反映上游来水量对东居延海周边地区植被的影响，研究区的范围选择是包括东居延海及周边地区的以A：($42.3469^\circ \text{ N}, 101.186^\circ \text{ E}$)、B：($42.3503^\circ \text{ N}, 101.312^\circ \text{ E}$)、C：($42.2539^\circ \text{ N}, 101.317^\circ \text{ E}$)、D：($42.2504^\circ \text{ N}, 101.191^\circ \text{ E}$)为四角点的面积为 112.16 km^2 长方形区域。将对比的等级根据NDVI值的大小划分为3个等级，定义 $0.2 \leqslant \text{NDVI} < 0.4$ 为稀疏植被区， $0.4 \leqslant \text{NDVI} < 0.6$ 为中等植被区， $\text{NDVI} \geqslant 0.6$ 为茂密植被区。

分析反演后的数据得知（见表1），在1990年9月，研究区内 $0.2 \leqslant \text{NDVI} < 0.4$ 的稀疏植被区的面积为 86.858 km^2 ，在 $0.4 \leqslant \text{NDVI} < 0.6$ 的中等植被区的面积为 3.323 km^2 ， $\text{NDVI} \geqslant 0.6$ 的茂密植被区的面积为 3.771 km^2 。

虽然黑河干流分水工程是从2000年开始的，但由于河床异常干燥，地下水位很

低, 2000、2001 年的黑河水在到达东居延海之前, 就消失在茫茫的河床之中。因此, 在 2000 年 9 月的时候, 研究区内各等级植被区的面积都比 1990 的减少了许多, 稀疏植被区、中等植被区和茂密植被区的面积分别为 20.703 km^2 、 0.012184 km^2 和 0 km^2 。



图 5 2002—2006 年东居延海水域面积变化图

表 1 调水前后各等级植被区面积变化

	1990 年	2000 年	2002 年	2005 年	2006 年
稀疏植被区 面积/ km^2	86.858	20.703	1.079	1.968	1.648
中等植被区 面积/ km^2	3.323	0.012184	0.081	1.039	0.013808
茂密植被区 面积/ km^2	3.771	0	0	0	0

在 2002 年 7 月, 黑河中游再次统一向下游调水后, 17 日黑河水才到达了干涸已久的东居延海。因此, 在 2002 年之前该区的地下水位仍然是逐渐降低阶段, 沿湖岸周边地区植被失去水源, 长势明显衰退, 植被面积急剧减少。在 2002 年 9 月, 研究区内的各等级植被区面积分别为 1.079 km^2 、 0.081 km^2 和 0 km^2 。

随着调水工程的逐步进行, 离东居延海湖岸较近的一些低洼地和岸边的表层土壤含水量明显提高。因而有较为丰富的水分供给植物吸收和利用, 这给一些尚未完全灭绝的植物恢复提供了可能。在 2005 年 9 月, 研究区内的各等级植被区面积分别为

被区的面积都比 1990 的减少了许多, 稀疏植被区、中等植被区和茂密植被区的面积分别为 20.703 km^2 、 0.012184 km^2 和 0 km^2 。

1.966 km^2 、 1.039 km^2 和 0 km^2 。到了 2006 年 9 月的时候, 研究区内的各等级植被区面积分别为 1.648 km^2 、 0.013808 km^2 和 0 km^2 。

从分析中可以知道, 东居延海湖周边地区的植被恢复很缓慢, 生态环境虽然有好转迹象, 但好转并不明显。

3 结 论

黑河下游地区属于干旱荒漠地带, 在这里水是国民经济和生态环境的制约因素, 要想解决黑河下游生态环境退化问题就必须解决黑河水资源合理利用问题。

经过连续 7 年的应急调水后, 使东居延海水域面积从 2000 年的 0 km^2 逐渐增加, 在 2006 年 9 月份时达到 37.41 km^2 , 总蓄水量达到 $4750 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。其周边地区一些尚未完全灭绝的植物得到水分供给而得到恢复, 生态环境退化问题得到了缓解, 但植被的恢复速度还十分缓慢。黑河下游的生态环境十

分脆弱，一旦破坏很难恢复。因此，应将黑河流域作为一个完整的生态系统来考虑，把工农业的发展与生态环境的效应和由此产生的生产力后效联系起来，统筹中、下游水资源开发利用。

参考文献

[1] 郭 铛, 梁 荟, 王小平. 黑河调水对下游生态环

境恢复效果的卫星遥感监测分析 [J]. 中国沙漠, 2004, 24 (6): 740-744.

[2] 龚家栋, 程国栋, 张小由, 等. 黑河下游额济纳地区的环境演变 [J]. 地球科学进展, 2002, 17 (4): 491-494.