

# 黑河调水对下游东、西居延海生态环境的影响

乔西现<sup>1,3</sup>, 蒋晓辉<sup>2</sup>, 陈江南<sup>2</sup>, 殷会娟<sup>2</sup>, 陈 丽<sup>2</sup>

(1 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2 黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003;

3 黑河流域管理局, 甘肃 兰州 730030)

**[摘 要]** 针对黑河流域生态系统日益严峻恶化的局面, 2000 年开始对黑河下游进行了调水。东、西居延海是黑河尾闾, 调水以前均干涸多年。通过实地调查、遥感等手段, 分析了干涸多年的黑河尾闾东、西居延海调水后水资源、植被及生态环境的恢复情况。结果表明, (1) 黑河流域水量统一调度以来, 东居延海分别于 2002 ~ 2006 年连续 5 年 10 次进水, 总计入湖水量达到 1.797 7 亿  $\text{m}^3$ , 最大水面面积达 35.7  $\text{km}^2$ ; 西居延海也在 2003 年进水, 入湖水量达到 0.272 3 亿  $\text{m}^3$ , 东、西居延海总计入湖水量达到 2.07 亿  $\text{m}^3$ 。(2) 调水前东居延海及四周植被覆盖度低, 植物种类少, 普遍生长不良, 调水期末湖内及四周植被覆盖度明显增大, 植物种类增加, 生长较好, 植被呈现向良性演替方向发展的趋势。(3) 遥感调查表明, 黑河下游东、西居延海调水后草地面积增加了 15.35  $\text{km}^2$ , 高覆盖度灌木林面积增加了 5.9  $\text{km}^2$ , 而中、低覆盖度灌木林面积减少了 8.59  $\text{km}^2$ , 戈壁滩、沙化面积减少了 19.98  $\text{km}^2$ , 生态环境也有了极大改善。以上结果表明, 调水 5 年多来东、西居延海生态环境正向良好的方向转变。

**[关键词]** 黑河调水; 东居延海; 西居延海; 生态环境恢复

**[中图分类号]** X171.4

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2007)06-0190-05

## Effect of transferring water on ecological environment in east and west Juyanhai lake at the lower reaches of Heihe River

QIAO Xi-xian<sup>1,3</sup>, JIANG Xiao-hui<sup>2</sup>, CHEN Jiang-nan<sup>2</sup>, YIN Hui-juan<sup>2</sup>, CHEN Li<sup>2</sup>

(1 Institute of Water Resources & Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2 Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou, Henan 450003, China; 3 Subconservancy of

Heihe River Watershed, Lanzhou, Gansu 730030, China)

**Abstract :** Aiming at the more and more serious situation of the ecological system of the Heihe watershed, the water resource was transferred to the lower reaches of Heihe River from 2000. The east Juyanhai lake and west Juyanhai lake are the terminal lake of Heihe river, which have been dry for many years before transferring water. Through the measures of investigation and remote sensing, the recovery of water resource, vegetation and ecological environment in east Juyanhai lake and west Juyanhai lake were analyzed. The results indicate: (1) Since water is allocated in Hei river watershed, water have be dispatched into Dongjuyanhai lake from 2002 to 2006 for ten times, and the total quantity is 179.77 million cubic meter, and the maximal surface is 35.7 square kilometer. Water have also be dispatched into Xijuyanhai lake in 2004, and the total quantity is 27.23 million cubic meter. (2) Vegetation coating degree and biology diversity increase since water is dispatched into east Juyanhai lake. (3) Through remote sensing investigation, the area of meadow increases by 15.35 square kilometer, and the area of high overlay degree shrubbery increases by 5.9 square kilometer, and middle-low overlay degree shrubbery lessens by 8.59 square kilometer, and the

†收稿日期] 2006-05-10

[基金项目] 水利部创新项目“黑河调水和治理后评估”

[作者简介] 乔西现(1964-), 男, 陕西合阳人, 总工程师, 主要从事水资源与水环境研究。

area of Gobi-Dene lessens by 19.98 square kilometer. The above findings show that the ecological environment of east and west Juyanhai lake is changing better and better during 5 years after transferring water.

**Key words:** transfer water of Heihe river; east Juyanhai lake; west Juyanhai lake; recovery of ecological environment

黑河是我国第二大内陆河,全长 821 km,流经青海、甘肃和内蒙古三省区,最后注入东、西居延海。东、西居延海位于内蒙古额济纳旗境内,历史上水草丰美,是戈壁中的一片绿洲,自汉朝至元朝一千多年间,哺育了历史上著名的古居延-黑城绿洲文化。1928~1932年,中瑞西北考察队考察时,东、西居延海水域面积分别为 35 和 190 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。到 1958 年(丰水年),东、西居延海水域面积分别仍有 35.5, 267 km<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。当时,额济纳河两岸,东、西居延海四周和古日乃湖地区,胡杨、沙枣、红柳、梭梭、白刺、甘草、芦苇等林草生长繁茂,郁郁葱葱<sup>[2-4]</sup>。

近半个世纪以来,由于上中游拦蓄河流水源,工农业用水大量增加,以及区内不合理的土地利用,上游来水减少,西居延海于 1961 年干涸,东居延海也于 1973,1980 和 1986 年的枯水期几次干涸,并于 1992 年完全干涸,再未进水。“居延海”从此成为历史,其他沙区边缘和内部的大小湖沼也相继变小甚至干涸。湖水干涸后的额济纳旗成了沙尘暴的重要源地,并由此形成了一条横贯我国北方的“沙尘走廊”<sup>[5-7]</sup>。

为遏制下游生态环境不断恶化的趋势及解决突出的水事矛盾,国家决定对黑河流域水资源实施统一管理和调度,1999 年批复成立水利部黄河水利委员会(以下简称黄委会)黑河流域管理局,并于 1999 年末开始对水资源进行统一调度。通过 5 年调水,流域水资源时空分布发生了重大变化。中游下泄水量逐年增加,按黑河分水曲线关系折算,当莺落峡断面多年平均来水量为 15.8 亿 m<sup>3</sup>,正义峡断面进入下游地区的水量由实施调度前(1997~1999 年)的平均 7.3 亿 m<sup>3</sup> 分别增加到 2000~2003 年的 8.0, 8.3, 9.0 和 9.5 亿 m<sup>3</sup>。2001 年黑河水到达额济纳旗首府——达来库布镇,2002 年黑河水进入干涸 10 年之久的东居延海,水域面积最大达到 23.5 km<sup>2</sup>,2003 年黑河水又进入了干涸 40 年之久的西居延海。从 2002 年以来已经 10 次调水入东居延海,而且自 2004-08-20 至 2006-04-17,已实现东居延海连续 605 d 不干涸。东居延海长期保有一定水量,有效补充了湖滨地区地下水,湖区周边生物多样性明显增加,生态环境逐步恢复。本研究采用人工实地

调查和遥感等手段,分析了东、西居延海调水后水资源、植被及生态环境的变化情况,以为生态系统恶化地区生态环境的治理、恢复及调水效益评估提供参考。

## 1 黑河调水后东居延海的进水状况

东、西居延海作为黑河的尾间湖,分别于 1992 和 1961 年干涸,成为一片沙海。在黑河水量统一调度后,东、西居延海逐步得到恢复。东居延海分别于 2002~2006 年连续 5 年 10 次进水,总计入湖水量达到 1.797 7 亿 m<sup>3</sup>,最大水面面积达 35.7 km<sup>2</sup>;西居延海也在 2003 年进水,入湖水量达到 0.272 3 亿 m<sup>3</sup>。水量调度以来,东、西居延海总计入湖水量达到 2.07 亿 m<sup>3</sup>。

2002 年 7 月和 9 月两次调水,狼心山断面累计过水量 3.04 亿 m<sup>3</sup>,累计入湖水量约 0.492 4 亿 m<sup>3</sup>。其中东居延海第 1 次入流 14 d,入湖最大水域面积 23.6 km<sup>2</sup>,最大水深 0.6 m,入湖水量约 0.235 0 亿 m<sup>3</sup>;第 2 次入流 29 d,入湖最大水域面积 23.8 km<sup>2</sup>,最大水深 0.6 m,入湖水量约 0.257 4 亿 m<sup>3</sup>。

2003 年 8 月和 10 月两次调水,狼心山断面累计过水量 5.38 亿 m<sup>3</sup>,西居延海累计入湖水量约 0.272 3 亿 m<sup>3</sup>,东居延海累计入湖水量约 0.424 7 亿 m<sup>3</sup>。其中东居延海第 1 次入流 18 d,入湖最大水域面积 26.8 km<sup>2</sup>,入湖水量约 0.301 8 亿 m<sup>3</sup>;第 2 次入流 11 d,入湖最大水域面积 31.5 km<sup>2</sup>,入湖水量约 0.122 9 亿 m<sup>3</sup>。

2004 年 8 月和 9~11 月两次调水,狼心山断面累计过水量 1.950 5 亿 m<sup>3</sup>,东居延海累计入湖水量约 0.522 0 亿 m<sup>3</sup>。其中东居延海第 1 次入流 12 d,入湖水量约 0.151 3 亿 m<sup>3</sup>;第 2 次入流 45 d,入湖最大水域面积 35.7 km<sup>2</sup>,入湖水量约 0.370 7 亿 m<sup>3</sup>。

2005 年 7 月,黑河调水再次进入东居延海,使东居延海自 1992 年以来首次实现全年不干涸。

2006-04-16 T6,通过春季“全线关闭引水口,集中下泄”调入下游的黑河水经过 14 d 流入东居延海。这是黑河自 2000 年实施干流水量统一调度以来,内蒙古东居延海首次在春季进水,自 2004-08-20~2006-04-17,东居延海已实现连续 605 d 不干涸。

2 调水后东居延海植被恢复状况

东居延海自 1992 年完全干枯后,湖内及周边植被严重退化,至 2002-07 进水前,湖内仅存少量生长不良的芦苇,周边分布的柽柳大部分枯死。自 2002-07-17 首次通过人工调水进入东居延海后,连续 5 年东居延海先后进水 10 次,最大水面面积近 35.7 km<sup>2</sup>,是下游植被受影响最大的区域。根据实地调查,与调水前相比,调水期末东居延海及周边植被景观发生了明显变化,结果见表 1 和表 2。由表 1,2 可以看出,调水前东居延海及四周植被覆盖度低,植物种类少,普遍生长不良,经过连续 5 年进水,至调水期末湖内及四周植被覆盖度明显增大,植物种类

增加,生长较好。其原因是调水进入东居延海后,由于湖水的侧渗和下渗作用,周边土壤含水量增加和地下水位升高,能够满足植物正常生长对水分的要求,植被呈现向良性演替方向发展的趋势。

表 1 调水前东居延海及周边植被调查结果

Table 1 Investigation result of east Juyanhai lake and surrounding vegetation before transferring water

样方位置 Position	优势植物 Preponderant vegetation	覆盖度/ % Overlay degree	伴生植物 Inferior vegetation
湖内(干枯) Interior of lake(dry)	芦苇 <i>Bulrush</i>	1	-
四周 Surrounding	柽柳 <i>Chinese tamarisk</i>	13	白刺 <i>Siberian nitraria</i>

表 2 调水期末东居延海及周边植被调查结果

Table 2 Investigation result of east Juyanhai lake and surrounding vegetation after transferring water

样方位置 Position	距湖岸距离 Distance to the bank of lake	优势植物 Preponderant vegetation	覆盖度/ % Overlay degree	伴生植物 Inferior vegetation	优势植物平均高度/cm Height of preponderant vegetation
西偏南岸 West-south bank	距湖边 100 m 内 Within 100 m to the bank of lake	盐爪爪、柽柳 <i>Kalidium</i> , <i>Chinese tamarisk</i>	10	-	11
	距湖边 100 m 外 Over 100 m to the bank of lake	柽柳 <i>Chinese tamarisk</i>	8	碱蓬 <i>Common seepweed</i>	
	距湖边 60 m 内 Within 60 m to the bank of lake	盐爪爪、柽柳、芦苇 <i>Kalidium</i> , <i>Chinese tamarisk</i> , <i>Bulrush</i>	37	胖姑娘、碱蓬等 <i>Caspian sea karelinia</i> , <i>Common seep-</i> <i>weed and so on</i>	
南岸 South bank	距湖边 60 ~ 120 m 内 Within 60 - 120 m to the bank of lake	柽柳、盐爪爪 <i>Chinese tamarisk</i> , <i>Kalidium</i>	8	芦苇、白刺、碱蓬 <i>Bulrush</i> , <i>Siberian nitraria</i> , <i>Common seepweed</i>	13
	距湖边 120 m 外 Over 120 m to the bank of lake	柽柳 <i>Chinese tamarisk</i>	18	白刺 <i>Siberian nitraria</i>	28
	湖岸向湖心方向 30 m 内 Within 30 m from bank to center of lake	芦苇 <i>Bulrush</i>		-	54
	距湖边 60 m 内 Within 60 m to the bank of lake	盐爪爪、碱蓬 <i>Kalidium</i> , <i>Common seepweed</i>	17	柽柳、白刺、胖姑娘 <i>Chinese tamarisk</i> , <i>Siberian nitraria</i> , <i>Caspian sea karelinia</i>	
南偏东岸 Southeast bank	距湖边 60 m 外 Over 60 m to the bank of lake	柽柳 <i>Chinese tamarisk</i>	35	骆驼刺、白刺、碱草 <i>Alhagi</i> , <i>Siberian ni-</i> <i>traria</i> , <i>Seepweed</i>	17
	进水口两侧 100 m 内 Within 100 m to both sides of infall	柽柳 <i>Chinese tamarisk</i>	56	碱蓬 <i>Common seepweed</i>	86

3 调水后东居延海生态恢复状况的遥感分析

利用遥感等现代信息技术进行流域下游东、西居延海生态状况动态变化监测非常必要,通过卫星遥感手段提供准确的流域生态本底数据不仅事半功倍、快速有效,而且在一些无资料地区,对于大范围

的变化监测又是不可替代的。为了了解调水对黑河下游东、西居延海生态环境的影响,本研究通过地面实地调查并结合遥感信息资料的分析应用,研究了黑河下游调水后东、西居延海生态环境的改善状况。

本次研究资料主要包括 Landsat5-ETM 全波段图像。选取 1998-08-25 和 2004-09-10 两个时相的图像数据进行分析,其中 1998 年代表调水前的情况,2004 年代表调水后生态环境的恢复情况。

黑河流域调查的分级分类标准与 1998 年相同, 域水资源规划的需求进行分类和设计的。各种土地是在国家有关土地利用现状调查二级分类标准及编利用类型及其含义见表 3。码的基础上,按照水利部黄委会勘测设计院黑河流

表 3 植被及土地利用类型及其含义

Table 3 Types and meanings of vegetation and soil using

类别 Sort	代码 Cord	分类标准 Standard of class	含义 Meanings
耕地 Plantation	1		调查时生长农作物的土地(包括粮食、经济、蔬菜等作物) Land growing crops when investigating(including the crops of foodstuff ,economy ,vegetable and so on)
胡杨树 <i>P. euphratica</i> trees	211	75 %以上(高盖度) Over 75 % ( High overlay degree)	单指胡杨 Only being <i>P. euphratica</i>
	212	25 % ~ 75 % (中盖度) 25 % - 75 % (Middle overlay degree)	
	213	5 % ~ 25 % (低盖度) 5 % - 25 % (Low overlay degree)	
	221	75 %以上(高盖度) Over 75 % ( High overlay degree)	各类灌木(主要为柽柳、枸杞、葡萄等) All kinds of shrubs (mostly including <i>Chinese tamarisk</i> , <i>Medlar</i> and grape and so on)
灌木林 Shrubbery	222	25 % ~ 75 % (中盖度) 25 % - 75 % (Middle overlay degree)	
	223	5 % ~ 25 % (低盖度) 5 % - 25 % (Low overlay degree)	
	31	75 %以上(高盖度) Over 75 % ( High overlay degree)	各类草本植物 All kinds of herbage
草地 Meadow	32	25 % ~ 75 % (中盖度) 25 % - 75 % (Middle overlay degree)	
	33	5 % ~ 25 % (低盖度) 5 % - 25 % (Low overlay degree)	
	41	河流 River	
水域 Water area	42	湖泊 Lake	地表水 Surface water
	43	水库坑塘 Reservoir and pool	
滩地 Bottomland	46		指河流、湖泊或水库高低水位变化冲击堆积的沙砾石地 Land depositing sands and stones due to the change of water level of rivers , lakes or reserviors
居民地 Resident area	51	城市 City	
	52	乡村 Village	所有的城市、乡村居民用地 All resident area of cities and villages
	53	工矿用地 Land used in mine and factory	
沙地 Dene	61		沙漠和被沙漠覆盖的土地 Desert and land covered by desert
戈壁 Gobi	62		植被盖度 5 % 以下的荒漠、戈壁滩 Hungriness and Gobi within 5 % overlay degree
盐碱地 Salina	63		被盐碱化的、退化的耕地、胡杨林、柽柳以及其他土地 Salted ,degenerative plantation and the other land growing <i>P. euphratica</i> trees , <i>Chinese tamarisk</i> and so on
沼泽 Swamp	64		经常积水的低洼湿地 Low-lying marsh long-standing water
裸土地 Naked land	65		可耕作、未耕种作物的土地 Land which can be cultivated but not

从表 4 可以看出,黑河下游东、西居延海调水前后水面面积、草地面积、灌木林面积、戈壁滩、沙地、盐碱地面积等均有变化。在黑河调水实施以前,东、西居延海已干枯多年,2004-08 的遥感调查表明,东、西居延海已形成 19.21 km<sup>2</sup> 水面面积;草地变化中,高覆盖度草地面积 2004 年较 1998 年增加了 1.19 km<sup>2</sup>,中覆盖度草地面积增加了 7.15 km<sup>2</sup>,低覆盖度草地面积增加了 7.01 km<sup>2</sup>;灌木林变化中,与 1998

年相比,2004 年高覆盖度灌木林面积增加了 5.9 km<sup>2</sup>,中覆盖度灌木林面积减少了 0.39 km<sup>2</sup>,低覆盖度灌木林面积减少了 8.2 km<sup>2</sup>;戈壁、沙地面积 2004 年较 1998 年分别减少了 7.06,12.92 km<sup>2</sup>。黑河调水 5 年多来,两湖地区生态受益最明显,尤其是东居延海地区,不但在 2004,2005 年常年保持较大的水面面积,四周的生态环境也有了极大改善,枯死多年的芦苇、芨芨草等长势良好。

表 4 东、西居延海区调水前后生态环境变化的遥感调查结果

Table 4 Remote sensing investigation on change of ecological environment before and after transferring water in east and west Juyanhai lake

类型 Type	东、西居延海区/ km <sup>2</sup> East, west Juyanhai lake		2004 年较 1998 年增减( ±)	
	1998	2004	面积/ km <sup>2</sup> Area	百分比/ % Percent
高覆盖度灌木林 Shrubbery with high overlay degree	8.27	14.17	5.9	71.34
中覆盖度灌木林 Shrubbery with middle overlay degree	34.36	34.75	- 0.39	- 1.14
低覆盖度灌木林 Shrubbery with low overlay degree	46.29	54.49	- 8.2	- 17.71
高覆盖度草地 Meadow with high overlay degree	0.86	2.05	1.19	138.37
中覆盖度草地 Meadow with middle overlay degree	2.25	9.4	7.15	317.78
低覆盖度草地 Meadow with low overlay degree	21.67	28.68	7.01	32.35
河流 River	0.11	0.11	0	0.00
湖泊 Lake	0	19.1	19.1	
滩地 Bottomland	263.22	238.95	- 24.27	- 9.22
沙地 Dene	26.22	13.3	- 12.92	- 49.28
戈壁 Gobi	385.36	378.3	- 7.06	- 1.83
盐碱地 Salina	77.40	68.72	- 8.68	- 11.21
裸岩石砾地 Naked lands with rocks and gravels	12.54	12.54	0	0.00
小计 Subtotal	878.55	902.86		

## 4 结 论

(1) 黑河流域水量统一调度以来,东居延海分别于 2002~2006 年连续 5 年 10 次进水,总计入湖水量达到 1.797 7 亿 m<sup>3</sup>,最大水面面积达 35.7 km<sup>2</sup>;西居延海也在 2003 年进水,入湖水量达到 0.272 3 亿 m<sup>3</sup>。水量调度以来,东、西居延海总计入湖水量达到 2.07 亿 m<sup>3</sup>。

(2) 调水前东居延海及四周植被覆盖度低,植物种类少,普遍生长不良,经过连续 5 年进水,由于湖水侧渗和下渗的作用,周边土壤含水量增加和地下水位升高,能够满足植物正常生长对水分的要求,至调水期末湖内及四周植被覆盖度明显增大,植物种类增加,生长较好,植被呈现向良性演替方向发展的趋势。

(3) 遥感调查表明,黑河下游东、西居延海调水后,草地面积增加了 15.35 km<sup>2</sup>,高覆盖度灌木林面积增加了 5.9 km<sup>2</sup>,而中、低覆盖度灌木林面积减少了 8.59 km<sup>2</sup>,戈壁滩、沙地面积减少了 19.98 km<sup>2</sup>,生态环境有了极大改善。

(4) 黑河下游实施调水以来,东、西居延海生态

环境向良性方向转变,但生态环境的改善与恢复是一项长期而艰巨的任务,要从根本上遏制东居延海及周边地区生态环境不断恶化趋势,巩固并恢复这一重要的生态屏障,必须在巩固和完善现有治理成果的基础上,进一步加大对黑河下游的综合治理力度。

## [参考文献]

- [1] 中华人民共和国水利部. 黑河流域近期治理规划[R]. 北京:水利部,2001.
- [2] 曹文炳,万 力,周 训,等. 黑河下游水环境变化对生态环境的影响[J]. 水文地质工程地质,2004(5):21-24.
- [3] 潘启民,田水利. 黑河流域水资源[M]. 郑州:黄河水利出版社,2001.
- [4] 钟华平,刘 恒,王 义,等. 黑河流域下游额济纳绿洲与水资源的关系[J]. 水科学进展,2002,13(2):223-228.
- [5] 杨国宪,何宏谋,杨丽丰. 黑河下游地下水变化规律及其生态影响[J]. 水利水电技术,2003,34(2):27-29.
- [6] 刘 敏,甘枝茂. 黑河流域水资源开发对额济纳绿洲的影响及对策[J]. 中国沙漠,2004,24(2):162-166.
- [7] 龚家栋,董光荣,李 森. 黑河下游额济纳绿洲环境退化及综合治理[J]. 中国沙漠,1998,18(1):44-50.