

塔里木河下游应急输水与生态改善监测评估

曲 炜¹ 李 霞² 田 盛¹

(1. 河海大学商学院 江苏 南京 210098 ; 2. 新疆农业大学林学院 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要 通过对塔里木河下游 5 次应急输水各断面地表水水量、12 个地下水监测断面观测数据和 33 个植被样地实测资料的统计分析 , 找寻应急输水地下水恢复与植被响应之间的关系。研究表明 , 塔里木河下游 5 次应急输水对该区域地下水恢复起到了积极的作用 , 沿河道横向 1 000 m 范围内地下水埋深平均抬升了 4.0 m , 植被响应范围扩大到离河 900 m , 沿河道纵向 , 阿拉干以上河段地下水埋深得到初步恢复 , 植被生长量有明显变化。阿拉干以下河段地下水水位受应急输水影响较弱 , 特别是依干不及麻断面以下地下水水位基本未得到恢复。

关键词 输水 地下水 植被 塔里木河

中图分类号 :TV211.1+2 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2005)01-0014-04

Monitoring and assessment of emergent water transportation and ecological improvement in the lower reaches of the Tarim River

QU Wei¹ , LI Xia² , TIAN Sheng¹

(1. Business School , Hohai University , Nanjing 210098 , China ; 2. College of Forestry , Xinjiang Agricultural University , Urumqi 830052 , China)

Abstract :Through analyzing water quantity of surface water cross-sections , field data of 12 groundwater monitoring sections and 33 vegetation sample plots during the 5 times of emergent water conveyance in the lower Tarim River , the relationship between groundwater restoration and vegetation response is to be found out. It shows that the 5 emergent water transportations play an active part in the restoration of the groundwater. The groundwater level raises 4.0m averagely in a distance of 1 000 m across the river , and the distance of vegetation response extends to 900 m. Along the river , the groundwater level upstream of the Alagan section is preliminarily rehabilitated , and the growth of vegetation changes obviously. The groundwater level upstream is slightly affected by the emergent water transportation , and the groundwater level downstream of the Yilabujima section is hardly rehabilitated.

Key words :water conveyance ; groundwater ; vegetation ; the Tarim River

2000 年 5 月向塔里木河(以下简称塔河)下游实施的应急输水是塔河自 1972 年断流以来的首次输水 ,截止到 2003 年 10 月共实施了 5 次应急输水任务 ,输水总量为 13.796 亿 m³ ,后 3 次输水水流均进入台特玛湖 ,入湖水量 0.448 亿 m³ ,并形成了一定的湖面面积。根据研究问题的需要 ,并结合地表水、地下水和土壤水监测断面的布置 ,将大西海子水库

—台特玛湖之间划分为 5 个研究区即Ⅰ区(大西海子水库—英苏) ,Ⅱ区(英苏—阿拉干) ,Ⅲ区(老塔里木河) ,Ⅳ区(阿拉干—依干不及麻) ,Ⅴ区(依干不及麻—台特玛湖) ,详见图 1。同时 ,根据植被现状、地形地貌特点和监测断面的位置 ,选择英苏、阿拉干和喀尔达依 3 个断面不同离河距离设置植被样地 ,监测植被个体和群体对应应急输水的响应。

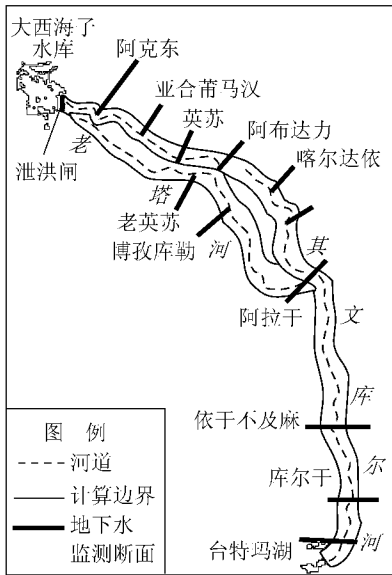


图 1 研究区示意图

1 5 次应急输水地表径流区间消耗水量分析

地下水是内陆干旱区天然植被维持生命活动和延续的最主要、最根本的来源,对区域内生态系统的维持起着十分关键的作用。本研究根据各次输水不同的输水流量、水量、土壤含水率等对 5 次应急输水各区间河道水量消耗、地下水位变化规律以及植被响应进行了分析。分析结果表明,以阿拉干断面为界,其断面以上和以下河段分别消耗输水总量的 76.0% 和 20.8%,其余 3.2% 的水量进入台特玛湖。5 次应急输水各区间输水历时、区间消耗水量见表 1。

分析表 1 中每次输水历时和输水流量可知,同一输水区间在不同输水阶段,随着输水次数的增加,地表径流在区间内停滞时间逐次减小,区间河道水量消耗逐次降低,说明随着输水次数的增加地表径流补给地下水的能力将逐渐减小。由此可以看出,若经过几个输水周期后,各区间河道水量消耗必将逐渐减小,最终稳定在某一个固定值不变。

表 1 5 次应急输水各区间输水历时、消耗水量

区间	第 1 次输水		第 2 次输水		第 3 次输水				第 4 次输水		第 5 次输水		合计 水量/ 10 ⁴ m ³	
					春季		秋季							
	历时/d	水量/ 10 ⁴ m ³	历时/d	水量/ 10 ⁴ m ³	历时/d	水量/ 10 ⁴ m ³	历时/d	水量/ 10 ⁴ m ³	历时/d	水量/ 10 ⁴ m ³	历时/d	水量/ 10 ⁴ m ³		
大西海子①	60	9922.9	95	22655.2	97	18433.8	68	19790.8	114	33129.3	131	34028.8	137960.8	
研究分区 ②	I 区	24	8415.6	6	13019.2	4	8416.7	4	5281.3	5	7753.4	3	2174.8	45061.0
	II 区		1507.3	61	9043.7	12	7954.8	12	7151.0	14	14982.6	6	3680.6	44320.0
	III 区											15470.4	15470.4	
	IV 区				592.3	22	1229.6	12	3998.6	37	5620.4	6	6644.5	18085.4
	V 区						832.7	28	2612.1	21	3355.3	5	3743.4	10543.5
	小计		9922.9		22655.2		18433.8		19043.0		31711.7		31713.7	133480.3
台特玛湖③								747.8		1417.6		2315.1	4480.5	
② + ③		9922.9		22655.2		18433.8		19790.8		33129.3		34028.8	137960.8	

2 5 次应急输水地下水响应分析

对大西海子水库泄洪闸—台特玛湖设置的 12 处地下水监测断面的 70 眼监测井观测数据进行分析(地下水观测断面位置见图 1),可知各断面地下水位均得到了不同程度的抬升,沿河道纵向和横向均表现出一定的规律性。

2.1 各次输水前后地下水动态变化特征

对具有代表性的英苏断面第 1 次输水前后和第 5 次输水前后(见图 2、图 3)进行分析,可以看出,河道两侧 500 m 范围内,第 1 次输水地下水位回升明显比第 5 次快。这主要是由于在第 1 次输水时,河水位远高于地下水位,因此河道两侧局部范围内的水力坡度较大,在其作用下,地下水由河中心向两侧及下游方向的径流排泄运动增强,地下水抬升较快。当地下水位恢复到一定的程度后,其水力坡降减小,地下水位恢复减慢,吸纳地表水的能力也逐渐减小,河道水量消耗减少,这与地表水在各区间的消耗量是一致的。

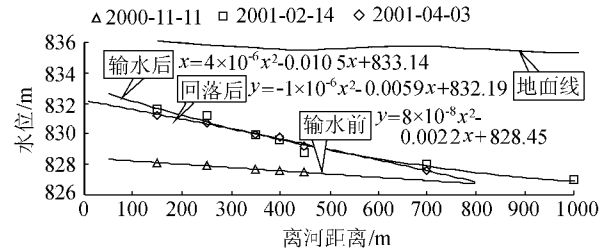


图 2 第 1 次输水前后英苏断面地下水位变化

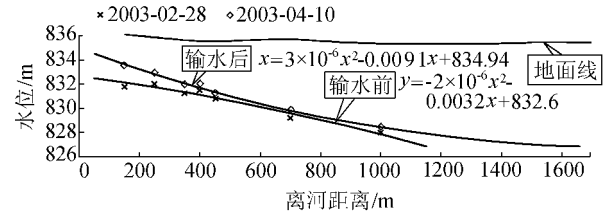


图 3 第 5 次输水前后英苏断面地下水位变化

2.2 5次输水后地下水动态变化特征

以英苏、阿拉干和依干不及麻 3 个断面作为典型断面 ,分别沿河道纵向和横向对 5 次输水后地下水位变化进行比较分析(分析数据见表 2),其结果表明 :①沿河道纵向 ,从上游到下游 ,各断面地下水埋深上升值依次减小 ,分析其原因主要是 3 个断面过水时间、过水水量依次减小 ,补给该断面的地下水量逐段减少。②沿河道横向 ,同一断面随着离河距离的增加 ,其地下水埋深增大 ,地下水埋深上升值依次减小。当离河距离接近 1 km 时 ,其地下水埋深接近定值 ,输水对该区域以外地下水埋深影响较弱。产生这个现象的原因主要是在一定的水量和流速的条件下 ,地下水侧向推动力随离河距离的增加逐渐减小。当该范围内的土壤含水率达到饱和时 ,地表水对地下水水位的恢复影响力显得十分薄弱 ,说明通过线状输水恢复沿河两岸大范围的地下水水位存在一定难度。

表 2 英苏、阿拉干、依干不及麻断面输水前后地下水埋深比较

地下水埋深比较											
英苏				阿拉干				依干不及麻			
输水前	5次输水后	上升值	离河距离	输水前	5次输水后	上升值	离河距离	输水前	5次输水后	上升值	离河距离
9.4	3.7	5.7	150	11.5	5.9	5.6	50	8.3	3.3	5.0	100
9.2	3.5	5.7	250	10.0	5.6	4.4	200	8.5	4.8	3.7	300
8.8	3.6	5.2	350	10.5	7.4	3.1	550	8.7	6.5	2.2	500
8.5	4.1	4.4	450	10.1	8.2	1.9	1000				
8.9	5.7	3.2	700								

3 应急输水植被响应分析

3.1 胡杨个体生长量分析

塔河下游成年胡杨普遍存在树干空朽的现象 ,用“解析木”的方法无法确定树干年轮宽度。因此 ,本研究改“解析木”分析为“解析枝”分析。通过对树枝年轮的量化分析 ,定量的说明应急输水后胡杨个体沿河道纵向和横向的变化规律。对英苏、喀尔达依和阿拉干 3 个断面不同离河距离和不同断面相同离河距离胡杨生长量绘制折线图(图 4 ~ 7)。塔河下游植被破坏严重 ,若按等距离设置植被样地则有些断面在该位置可能没有植被。因此 ,在设置样地时既考虑等距离的要求又兼顾实际植被状况 ,3 个断面有个别点离河距离不同。

分析图 4 至图 7 可知 ,沿河道横向离河不同距离点的胡杨个体 ,由于受输水的刺激 ,在 2001 年均表现出生长量陡增 ,出现曲线拐点。在英苏断面 ,2000 年不同离河距离胡杨总平均生长量为 0.18 cm ,2001 年为 0.419 cm ,2002 年为 0.387 cm ,2003 年为 0.34cm ,呈均衡生长的趋势 ;而沿河道纵向不同断

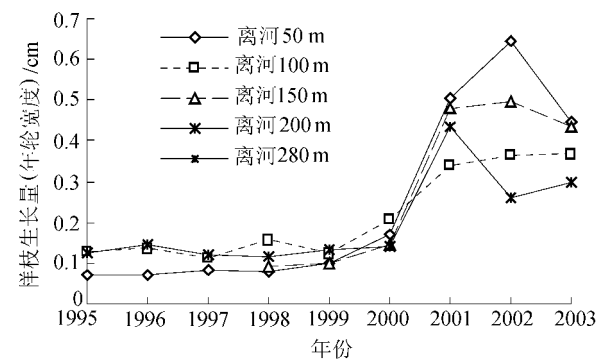


图 4 1995 ~ 2003 年英苏断面不同离河距离样枝生长量

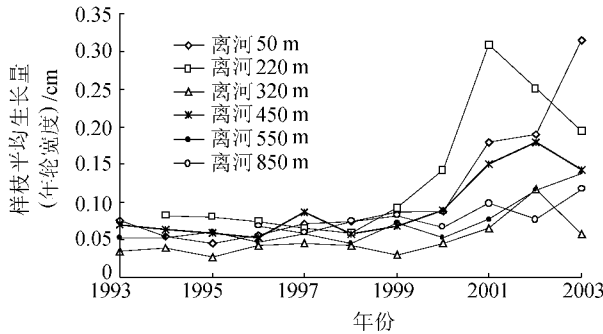


图 5 1993 ~ 2003 年喀尔达依断面不同离河距离样枝生长量

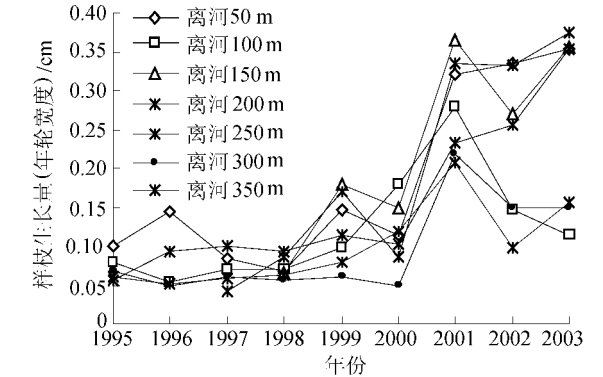


图 6 1995 ~ 2003 年阿拉干断面不同离河距离样枝生长量

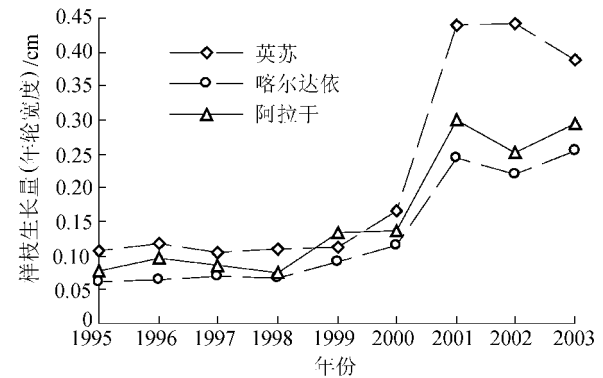


图 7 英苏、喀尔达依、阿拉干断面离河 200 m 内样枝平均生长量

面相同离河距离 ,胡杨个体对应急输水的响应时段没有显著差异 ,均以 2000 年为增长起点 ,3 个断面

胡杨生长量对输水的响应由大到小依次为 英苏、阿拉干、喀尔达依。

3.2 胡杨群体对应急输水响应分析

3.2.1 植被种类、植被株数与离河距离关系研究

对 33 处样地中植被的种类、长势、盖度或郁闭度等因子进行调查统计,并对不同断面相同离河距离的样地中以上各指标加权平均得到表 3。

表 3 不同离河距离样地内植被各项调查指标汇总

离河 距离/m	植物 种类	平均 株数 /棵	平均 盖度 /%	平均 高度 /m	平均 冠径 /m	平均更 新株数 /棵
50	7	12.2	0.42	5.85 ^① 1.73 ^②	2.88 ^① 3.24 ^②	6.4 (胡杨萌蘖)
150	5	11.0	0.32	6.78 ^① 1.0 ^②	3.1 ^① 1.83 ^②	1 (胡杨萌蘖)
300	5	9.6	0.2	5.6 ^① 1.98 ^②	3.12 ^① 2.44 ^②	无
500	1	9.3	0.23	0.97 ^②	3.88 ^②	无
750	1	8.0	0.25	1.23 ^②	1.72 ^②	无

注:①胡杨,②柽柳。

分析表 3 可知,植被种类 y 与离河距离 x 的相关关系为

$$y = -2.348\ln x + 16.663, r = 0.92$$

植被株数 y 与离河距离 x 的相关关系为

$$y = -1.5093\ln x + 18.288, r = 0.98$$

3.2.2 植被种类、植被长势、植被株数与地下水埋深关系研究

将各断面相同离河距离植被种类、长势、单位面积株数均值与相应地下水埋深均值进行相关分析,得到植被种类与地下水埋深相关式:

$$y = 38.804e^{-0.4712x}, r = 0.97$$

植被长势与地下水埋深相关式:

$$y = 14.033e^{-0.3497x}, r = 0.99$$

植被株数与地下水埋深相关式:

$$y = 15.077e^{-0.0752x}, r = 0.91$$

4 结 论

a. 地表水。第 3 次应急输水前,各河段河道水量消耗均表现出随输水次数的增加而增大的趋势;第 3 次输水后,I 区河道水量消耗随输水次数的增加而减小,其他各区变化规律不变。说明 5 次应急输水后,I 区地下水位已初步得到恢复,若再经过几个输水周期后,其他各区也将表现出与 I 区相同的变化规律。因此,单单依靠河道本身的线状输水,经过几个输水周期之后,区间河道水量消耗不再增加。为了使水流在区间内的消耗量增大,建议在河道分叉点分水,形成面状输水格局。

b. 地下水。5 次应急输水后,地下水埋深沿河道纵向和横向均表现出一定的变化规律:沿河道纵

向,各区地下水埋深均得到了一定程度的恢复并随输水距离的增加而逐渐减小,英苏、阿拉干和依干不及麻断面地下水埋深抬升幅度分别为 5.0 m、4.0 m 和 3.0 m。沿河道横向,地下水埋深对应急输水的响应范围是随输水时间、输水次数的增加而变宽。目前资料显示,地下水埋深响应宽度最大点在英苏断面,距输水河道 1000 m 左右。

c. 植被。5 次应急输水后,植被个体和群体均表现出明显的变化,特别是胡杨个体生长量沿河道纵向和横向均有明显增长。沿河道纵向,英苏、阿拉干、喀尔达依断面 2001 年、2002 年和 2003 年样枝生长量(年轮宽度)的平均值分别为 0.3 cm、0.25 cm 和 0.15 cm,这与河道水量消耗和地下水埋深具有相同的变化规律。沿河道横向,英苏、阿拉干和喀尔达依断面离河 0~200 m 范围内,应急输水第 2 年即 2001 年,树木就有明显的增长;离河 200~500 m 范围内,树木生长峰值出现在 2002 年;离河 500~1000 m 范围内,在应急输水的第 4 年即 2003 年树木才有较快生长的趋势。

参考文献:

[1] 宋郁东,樊自立,雷志栋,等.中国塔里木河水资源与生态问题研究[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000.385~410.
[2] 徐海量,宋郁东,陈亚宁.塔里木河下游生态输水影响范围探讨[J].干旱区资源与环境,2004,18(1):54~58.
[3] 陈亚宁,李卫红,徐海量,等.塔里木河下游地下水对植被的影响[J].地理学报,2003,58(4):542~549.
[4] 周跃志,王福勇.塔里木河生态用水调控定额初探[J].新疆大学学报(自然科学版),2003,20(2):195~198.

(收稿日期:2004-08-30 编辑:傅伟群)

