

塔里木河下游生态输水的背景、效益和存在的问题

石 丽, 吐尔逊·哈斯木, 韩桂红

(新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 近几十年来,塔里木河下游河道断流,地下水水位剧烈下降,天然植被衰退,为恢复和重建塔里木河下游严重受损的生态系统,从 2001 年到 2006 年,先后进行了 8 次生态应急输水。在实地考察和前人研究资料的基础上,对塔里木河下游生态输水的背景进行了介绍。分析了生态输水后地下水水位恢复情况、地下水矿化度变化、植被对生态输水的响应以及生态输水对土地沙漠化情况的影响。结果认为,生态输水后塔里木河下游沿河道两岸一定范围内生态环境得到明显的改善,但仍存在一些问题,如目前生态输水主要建立在博斯腾湖和开都河高水位的基础上,如果遇枯水期则无法实现。若长期大量从博湖调水,必然导致博湖水环境的恶化。

关键词: 塔里木河下游;生态输水;环境效益

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)01-0176-05

中图分类号: X171.4

Background, Benefits and Problems of Water Conveyance to the Lower Reaches of the Tarim River

SHI Li, Tuerxun·Hasimu, HAN Gui-hong

(College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China)

Abstract: Over the past decades, zero-flow caused the reduction of groundwater level and the degradation of vegetation in the lower reaches of the Tarim River. In order to rehabilitate and reconstruct the seriously damaged ecosystem, eight emergent ecological water conveyances were conducted from 2001 to 2006. The effects of ecological stream water conveyance on groundwater level and quality, vegetation, and land desertification were analyzed based on the field investigation and monitoring data. Results showed that the groundwater level and quality in the lower reaches of the Tarim River have been significantly increased. It can be concluded from this study that after conveying water, ecological environment within a certain range of the riversides in the lower reaches of Tarim River is significantly improved. However, some problems still exist, for example, the current ecological water conveyance is decided mainly by the high water level of Bosten Lake and Kaidu River. If a dry season is encountered, it is difficult to handle it. If a large quantity of water conveyance from Bo Lake, Bo Lake will inevitably lead to the deterioration of the environment.

Keywords: lower reaches of the Tarim River; ecological water conveyance; environmental response

早在 4 000 a 前的原始社会,塔里木河下游绿色走廊已经形成。在历史上,塔河下游改道主要有 5 次,每次改道都引起下游地区生态环境发生剧变,导致绿色走廊的衰退^[1]。铁干里克以下下游河道全部断流,沿岸草木干死,不少地区被黄沙覆盖。近几十年来,由于塔里木河干流水量持续减少,造成下游河道干枯,荒漠化加剧,下游绿色走廊因缺水而几近消亡。为恢复和重建塔里木河下游严重受损的生态系

统,拯救塔里木河下游日益萎缩的“绿色走廊”,“十五”期间,随着国家西部大开发重点生态环境建设项目,投资 1.07×10^{10} 元的塔河综合治理工程的实施,从 2001—2006 年,先后进行了 8 次生态应急输水,通过沿河道输水,提高两岸附近地下水位,拯救和恢复河道两岸的天然植被,由于没有大规模洪水漫溢过程,不存在植物依托水过程而发生的落种更新现象^[2],输水过程主要是对荒漠天然植被的拯救和复壮

收稿日期:2007-08-13

修回日期:2007-10-30

资助项目:国家自然科学基金资助项目(40561013)

作者简介:石丽(1984—),女(汉族),湖南省邵阳县人,硕士研究生,主要从事干旱区资源与环境方面的研究。E-mail:Shili_1984@163.com。

通讯作者:吐尔逊·哈斯木(1961—),男(维吾尔族),新疆轮台县人,副教授,硕士生导师,主要从事干旱区资源与环境方面的研究。E-mail:

Tursun_kasim@yahoo.com.cn。

过程。国内外学者普遍认为,塔里木河流域是全球生态危机的一个缩影,也是环境保护和研究的很好实验室。因此,对于塔河下游环境保护采取的措施,对于解决全球生态问题起到一个很好的示范作用。国内外学者对塔河地区环境问题进行了研究,但大都侧重于围绕植被、地下水等某一方面的环境因素对塔河地区的影响,没有系统地对生态输水的背景、效益进行全面探讨。本文通过对生态输水后地下水位恢复情况,地下水矿化度变化,植被对生态输水的响应以及生态输水对土地沙漠化的影响分析,评价了生态输水效益,提出了塔河下游生态输水中存在的问题,旨在为塔里木河下游生态环境保育提供科学依据。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

塔里木河位于塔里木盆地腹地,是我国最大的内流河,它深居内陆,气候干旱,降水稀少,蒸发强烈,水资源相对贫乏,生态环境脆弱。其干流从肖夹克至台特玛湖全长 1 321 km,英巴扎以上 495 km 为上

游,英巴扎至恰拉 398 km 为中游,恰拉至台特玛湖 428 km 为下游,塔里木河干流下游应急输水主要就在此段,也是本文的研究区。塔里木河下游已成为我国西部生态与环境问题最为突出的地区。

1.2 数据来源

本文主要是在塔河管理局所提供原始资料、实地抽样调查以及参考前人研究资料的基础上,对研究区 2000 年 5 月至 2006 年 11 月以来 8 次生态输水资料进行分析。为了从整体上观测生态输水后地下水位变化情况,选择距离大西海子水库以下不同距离的英苏、阿拉干、阿依不及麻 3 个地区做为观测点,对输水前后距河道不同距离的地下水埋深情况进行分析。采用 STATISTICA 统计数据处理软件对几次输水后地下水的上升情况作出线性图。

2 塔里木河下游的生态输水过程

从 2000 年 5 月中旬—2006 年 11 月,新疆维吾尔自治区连续 8 次将博斯腾湖水引入塔河下游河道内。8 次输水的详细资料见表 1。

表 1 塔里木河下游 8 次生态输水统计

次 号	输水开始时间	输水结束时间	输水量/ 10^8 m^3	输水至大西海子 以下距离/km	水头到达位置
第 1 次	20000514	20000712	1.00	102	接近喀尔达依
第 2 次	20001103	20010205	2.27	216	阿拉干以下
第 3 次	20010401	20011118	3.82	360	台特玛湖
第 4 次	20020720	20021110	3.30	360	台特玛湖
第 5 次	20030302 20030804	20030615 20031103	6.23	360	台特玛湖
第 6 次	200404	200411	2.77	360	台特玛湖
第 7 次	200504	200511	2.50	150	台特玛湖
第 8 次	200609	20061121	2.33	360	接近喀尔达依

注:资料来源于参考文献[3]和塔河管理局所提供资料。

第 1 次输水使塔河下游大西海子水库以下 100 km 余河道周边地域的地下水位有所回升,单侧地下水影响宽度 400 ~ 500 m,整个影响范围可以达到 80 ~ 100 km^2 ,对缓解下游植被的衰败速度起到了一定的作用。

第 2 次应急输水河道过水后其周边地下水位最高回升 4.5 m 以上,单侧方向地下水受影响最大宽度超过 500 m,整个影响面积超过 200 km^2 。

第 3 次应急输水水头到达河尾间台特玛湖,并形成 10 km^2 余的湖面,使断流 30 a 的塔里木河下游河道恢复了通水。输水河道一侧 500 ~ 800 m 范围内地下水平均回升 3 m,最高回升 5 m,使河道两侧大约 600 ~ 800 km^2 范围内的胡杨受益。

第 4 次输水后,下游沿河地下水位有明显回升,地下水位最高抬升 5 ~ 7 m,影响范围达 800 km^2 ,使下游生态环境劣变的情况得到了扼制。

第 5 次生态输水分为 2 个阶段进行,第 1 阶段(20030302—0615),第 2 阶段(20030804—1103)。此次输水与前 4 次输水不同的是,首次打通了老塔里木河河道,对断流 30 余年,风沙侵蚀严重,多处河道已被大沙丘阻断的 105 km 的老塔里木河河道进行疏浚,开挖土方 $1.00 \times 10^6 \text{ m}^3$,实现了其文阔尔河和老塔里木河双河道输水。全年共向大西海子水库以下输水 $6.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ (其中,由博湖向塔河下游输水 $2.40 \times 10^8 \text{ m}^3$,由塔河来水向塔河下游输水 $3.83 \times 10^8 \text{ m}^3$),水再次流到台特玛湖。加上车尔臣河水的

汇入,在台特玛湖区最大形成了约 200 km² 余的湖面,创近百年来历史记录。2006 年,塔河干流的主要源流——阿克苏河来水大幅减少(比 2005 年同期减少 2.45 × 10⁹ m³,减幅达 38%),但通过源流各地州严格执行限额用水,采取各种节水措施,使干流源流节点阿拉尔来水达 5.10 × 10⁹ m³,特别是塔河干流进行了科学合理的水量调度,使塔河下游恰拉断面来水又达新高,流量达到 140 m³/s,大西海子水库进库流量达 104 m³/s,大西海子下泄流量达 75 m³/s,创下塔河下游来水历史新纪录。2006 年 9 月实施的第 8 次生态输水已开始向功能性输水转变,输水重点由前几次向台特玛湖输水开始向横向扩大下游植被受水面积转变。同时,在实现了其文阔尔河、老塔河双河道输水之后,又充分利用文阔尔河在塔河下游形成的天然湖泊,进行集中生态供水,尝试激活该地区的天然种子库,从而达到生态植被的自然恢复,为更加经济、科学、高效利用有限水资源进行了有益的探索。

3 塔里木河下游生态输水的效益

3.1 地下水位的恢复情况

干流下游地区由于河水断流,地下水位大幅下降,在塔河干流实施应急输水后地下水出现了显著的变化。为了研究塔里木河下游输水前后地下水位的变化情况,选择距离大西海子水库以下不同距离的英苏、阿拉干、阿依不及麻 3 个地区做观测点,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监测井进行了观测分析。地下水观测断面位置如图 1 所示。

由观测结果可知,各断面的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了一定的规律性^[4]。其中英苏、阿拉干、依干不及麻 3 个地区分别距大西海子 60,190,280 km。英苏、阿拉干、依干不及麻 3 个地区的断面输水前后地下水埋深情况如表 2 所示。

表 2 英苏、阿拉干、依干不及麻断面输水前后地下水埋深

m

英 苏				阿 拉 干				依 干 不 及 麻			
输水前	7 次输水后	上升值	离河距离	输水前	7 次输水后	上升值	离河距离	输水前	7 次输水后	上升值	离河距离
9.4	5.7	3.7	150	11.5	6.9	4.6	150	8.3	4.6	3.7	150
9.2	5.1	4.1	250	10.0	6.4	3.6	250	8.5	6.3	2.2	250
8.8	5.9	2.9	350	10.5	6.5	4.0	350	8.7	6.0	2.7	350
8.5	6.7	1.8	450	10.1	7.3	2.8	450	—	—	—	—
8.9	7.2	1.7	700	—	—	—	—	—	—	—	—

注:数据来源于参考文献[4]和由塔河管理局所提供资料整理而成。

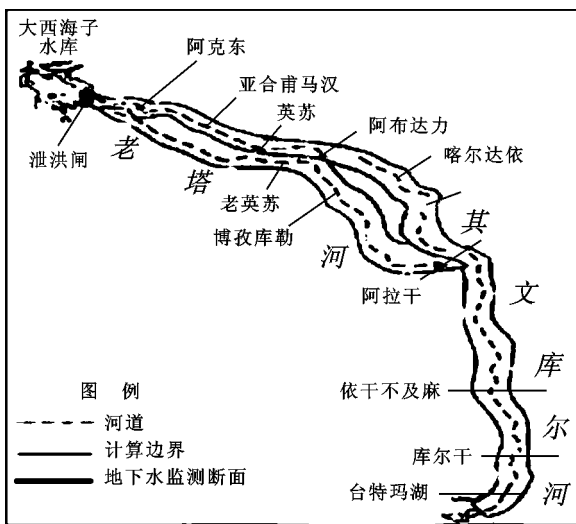


图 1 研究区示意图

2000—2004 年大西海子水库泄洪闸前 6 次累计输水 1.76 × 10⁹ m³,结束了塔河下游河道断流近 30 a 的历史,它带来的变化首先是使塔里木河下游的地下水水位升高^[6]。

监测资料表明,塔河下游地下水正在逐步恢复,水质有了明显改善,下游沿河两侧 400~500 m 范围内的 0~3.0 m 深度内土壤含水量明显增大。河道两侧地下水埋深在输水过程中明显抬升,由输水前的 8~11 m,抬升到 5~6 m。通过 STATISTICA 统计数据软件做出的 5 次输水后地下水平均水位上升幅度线性图^[7],塔河下游第 1 至第 5 次输水后的平均水位一直处于上升状态,上升幅度分别为 7%, 28%, 33%, 46% 和 50%,说明地下水对生态输水的响应非常显著。

3.2 地下水矿化度的变化

20 世纪 50 年代以前,塔里木河干流河水矿化度均未超过 1.0 g/L,是一条淡水河^[8]。由于干旱地区河流随流程增加,河水矿化度会逐渐升高,当时阿拉干矿化度为 0.8~0.9 g/L,而台特玛湖的矿化度为 8.6 g/L。随着断流,湖泊、河流逐渐干枯,在强烈的蒸发作用下,使水域的盐分不断浓缩,导致矿化度升高^[9-10];同时也使系统中土壤的盐分不断向地表聚

积形成盐结皮,加之塔里木盆地是一个内陆封闭盆地,各种沉积物和土壤中的盐分含量普遍较高,盐源充足,无论是地表水还是地下水都很容易溶解其中的盐分,使矿化度升高^[11]。随着生态水流的到来,由于输送的水是来自博斯腾湖的低矿化度水(矿化度 1.12 g/L),水质明显好于塔里木河下游原地下水水质,输水后下游地下水水质明显好转。

以塔里木河下游英苏断面为例,我们对距河道 $150, 250, 350$ 和 450 m 处的地下水位抬升情况与矿化度变化进行了分析,结果表明,在塔里木河下游实施生态输水过程中,随着地下水位的逐渐抬升,地下水矿化度出现降低的变化趋势(图2),尤其是距河道 150 m 和 450 m 处的2眼地下水监测井的水质变化从第1次输水至第6次输水后最为明显,矿化度由 4.805 g/L 和 3.38 g/L 降低至 1.065 g/L 和 2.265 g/L ;在距河道 250 m 处,随着生态输水间歇性的进行,地下水的矿化度出现了先降后升又降的变化趋势;在距河道 350 m 处,地下水的矿化度呈微波浪型起伏变化,变幅在 0.4 g/L 左右^[13]。

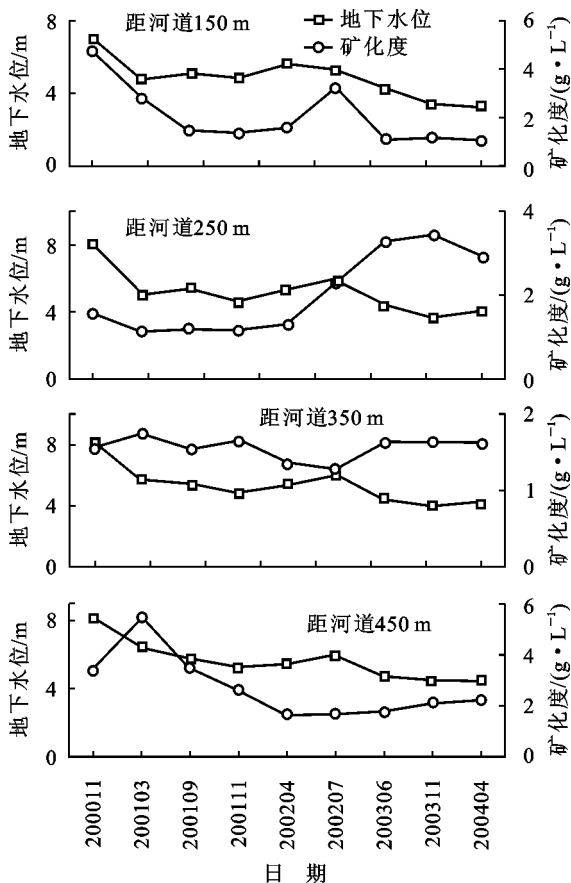


图2 输水后地下水位与矿化度的变化关系

3.3 塔里木河下游植被对输水的积极响应

塔里木河下游以胡杨、柽柳为主体的天然植被主要依赖于地下水和土壤水维系其生存。因而,浅层

地下水位变化将对植物的生长产生直接影响。由于生态输水使下游地下水水质明显好转,这对植被恢复是非常有利的。生态输水后,天然草地大面积恢复,在下游阿克墩地区,由于受到地表水漫溢的作用,河两岸约 3.5 km 的范围地下水位抬升至 $1\sim 2\text{ m}$,草地覆盖度超过 70% ,地表风蚀、沙化明显减弱。随着生态输水工程的实施和河道附近浅层地下水位的抬升,输水河道附近的天然植被表现出明显的响应,生态环境得到改善^[14]。随着第1次生态输水,沿岸许多草本植被得以重新萌发,像甘草、骆驼刺、百刺、罗布麻、芦苇、猪毛菜、沙枣、胖姑娘等植被重新大片出现在塔河下游。

而一些耐旱的乔、灌木随着地下水位升至其生长适宜水位,长势也得以重新恢复。从输水后植被的盖度、丰富度指数等生态指标的变化看^[15],整体上均有一个明显的随距河距离增加植被盖度和种类明显降低的变化趋势。

由于不同种属植被对地下水水位的要求不同,因此它们对地下水位变化的敏感性也不同,植被盖度主要受下游主要建群植被胡杨的影响较大,而多样性指数^[15]更多地取决于草本植被萌发的多少,因此这两个指标在变化上稍有差别,但是总体看对生态输水的响应都很明显。

3.4 生态输水对土地沙漠化的影响

随着生态输水的实施,原先引起沙漠化的一些环境因子发生了变化,如土壤含水率、植被覆盖度和植被种类(生物多样性)的变化。据有关资料反映,整个下游天然植被面积增加了 $1.80 \times 10^4\text{ hm}^2$,沙地面积减少了 $3.37 \times 10^4\text{ hm}^2$ 。减少的沙地多被水体和植被所代替。塔里木河下游沙漠化程度与距大西海子水库的远近密切相关,输水前阿克墩为中度沙漠化地区,而英苏以下均为重度沙漠化地区,输水后沙漠化逆转的强度也是由远而近呈逐步增强的趋势。在阿克墩(距大西海子水库 20 km),沙漠化程度变化的范围是 3.5 km ,其中在 1 km 范围内,由于河水漫溢,地表植被响应明显,覆盖度超过 60% ,地表有少量斑点状流沙,为潜在沙漠化;在 $1\sim 3.5\text{ km}$ 范围,稳定性植被盖度在 $20\%\sim 30\%$,地表有小风蚀坑和小片流沙,为轻度沙漠化,总体上沙漠化程度减轻。英苏(距大西海子水库 54 km)沙漠化逆转的范围是 500 m ,其中在 200 m 范围内响应明显,为轻度沙漠化;在 $200\sim 500\text{ m}$,随着灌、草植被恢复生机,地表植被盖度增加到 10% 左右,流沙所占百分比不到 40% ,灌、草丛沙堆密集,表现为重度沙漠化向中度沙漠化转化; 500 m 以外,植被盖度不到 10% ,风蚀现象未发

生转变,仍为重度沙漠化地区。到阿拉干(距大西海子水库 145 km),响应的范围降至 300 m,多为重度转为中度沙漠化,而距离大西海子 283 km 的考干逆转范围仅 100 m,考干以下至台特玛湖段基本没有变化,该段除少量枯死的树干外,几乎没有任何活植株,地表完全为流沙覆盖。变化范围整体上是一个以大西海子水库为底,以考干为顶,以输水河道为中轴的不规则三角形分布,在纵横两个方向上均呈现梯度变化的空间分布特点^[5]。虽然,生态输水后,该地区沙漠化状况有所改善,但存在的问题依然很严重。

4 讨论与建议

总体说,塔里木河下游生态输水实现了地下水位的升高,并由此带来下游生态环境向好的方向转化。但是,从目前实现恢复的范围看,仍然只是在很小的区域内发生,远未达到恢复和重建下游生态环境的目标,生态输水过程中还存在很多问题有待解决。

(1) 从目前和长远来看,博斯腾湖承担着孔雀河沿线农业灌溉和下游生态环境保护的用水任务,若长期大量从博湖调水,必然导致博湖水位下降,矿化度增加,孔雀河下游生态用水得不到保护,将会出现新的环境问题。

(2) 依靠从博斯腾湖输水仅仅是一个应急性措施,并不是长久之计。由于塔里木河下游地区的水资源不仅要供给大片的天然植被和人工绿洲,而且还要供给该地区的几个兵团农场生产生活用水,该地区的水资源负荷量非常大。当春夏季正值用水高峰期,博斯腾湖流域地区自身也用水紧张,对于下游农业造成不利影响。而当应急输水停止,塔河下游又将干涸断流,对于下游生态的恢复很不利。

(3) 水资源利用不当是土地荒漠化的主要原因。由于新疆的塔河下游处于极端干旱的沙漠中心,两岸天然绿洲和向沙漠过渡的植被都需要依赖河道所供给的地下水,河流干涸切断了地下水的补给,造成天然绿洲和荒漠过渡带的植被衰败甚至死亡,就是由于整个流域缺乏统一规划和科学管理,地表水和地下水不能综合地开发利用。对塔河下游水资源问题要从开源节流两方面着手。

塔里木河下游地区气候极端干旱且蒸发强烈,当地下水位超过极限蒸发水位后,输水对地下水抬升的作用明显趋缓。因此从节约用水的角度考虑,输水间隔的选择应该慎重。在此,建议一次输水结束到下一

次输水开始的间隔定在半年左右,这样可以保证在较大范围内地下水位的稳定和升高,同时减少土壤水分蒸发的损耗;输水时间应该适当缩短,建议以水流到达台特玛湖后 1~2 d 即停止,尽量减少不必要的沿程蒸发损失;输水后的地下水位控制在较大区域水位能达到 5~3 m 为宜,以保证塔里木河下游主要建群植被胡杨和柽柳的生态恢复为评价标准^[16]。

[参 考 文 献]

- [1] 方英楷. 塔里木河下游绿色走廊的兴衰与保护[J]. 当代中国史研究, 2001(8): 115—123.
- [2] 李卫红, 陈亚鹏, 张宏峰, 等. 塔里木河下游断流河道应急输水与地表植被响应[J]. 中国沙漠, 2004, 24(3): 301—303.
- [3] 魏军. 浅析塔里木河下游绿色走廊输水后生态与环境的变化[J]. 中国水利, 2005(13): 139.
- [4] 曲炜, 李霞, 田盛, 等. 塔里木河下游应急输水与生态改善监测评估[J]. 水资源保护, 2005, 21(1): 16.
- [5] 徐海量, 陈亚宁, 雷加强, 等. 塔里木河下游生态输水对沙漠化逆转的影响[J]. 中国沙漠, 2004, 24(2): 173—175.
- [6] 徐海量, 宋郁东, 陈亚宁, 等. 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—56.
- [7] 邓铭江. 塔里木河下游环境监测与生态修复研究[J]. 水利规划与设计, 2005(2): 35—37.
- [8] 李静, 孙虎, 邢东兴, 等. 西北干旱半干旱区湿地特征与保护[J]. 中国沙漠, 2003, 23(6): 671—672.
- [9] 崔培毅. 塔里木河流域森林资源及其保护[C]// 刘晏良, 焦广辉, 樊自立, 等. 塔里木河中下游实地踏勘报告. 北京: 中国统计出版社, 2000: 276—300.
- [10] 冯金朝, 刘立超. 干旱地区植被影响沙地水分传输机理及其参数化[J]. 中国沙漠, 2000, 20(2): 201—206.
- [11] 宋长春, 邓伟. 松嫩平原西部地下水特征及其与土壤盐渍化的关系[J]. 地理科学, 2000, 20(3): 246—250.
- [12] 赵振勇, 王让会, 张慧生, 等. 塔里木河下游荒漠生态系统退化机制分析[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 221—223.
- [13] 李卫红, 陈永金. 新疆塔里木河下游生态输水对地下水位和水质的影响[J]. 资源科学, 2006(9): 158—161.
- [14] 陈亚宁. 塔里木河下游地下水位对植被的影响[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 545—546.
- [15] 包维楷, 陈庆恒. 生态系统退化的过程及其特点[J]. 生态学杂志, 1999, 18(2): 36—42.
- [16] 徐海量. 塔里木河下游生态输水后地下水变化规律研究[J]. 水科学进展, 2004, 15(2): 225—226.