

塔里木河的水资源利用与生态保护

陈亚宁, 崔旺诚, 李卫红, 张元明

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

摘要: 分析塔里木河 1956~2000 年间水资源开发利用过程中的生态与环境问题时发现, 进入 90 年代, 塔里木河源流区的山区来水量增加了约 10.9 %, 但是, 源流区补给塔里木河干流的水量却减少了 18.83 %。三源流灌区用水量的增加导致塔里木河干流区的来水量不断减少, 而塔里木河下游来水量的大幅度减少, 则是因塔里木河干流上中游耗水量的增加引起。塔里木河干流自身沿程水量变化对下游水量减少的影响, 远大于塔里木河上游三源流来水变化对下游造成的影响; 塔里木河下游来水量的锐减, 造成下游河道断流 321 km, 尾间湖泊干涸, 地下水位下降, 天然植被衰败, 沙漠化过程加剧。

关 键 词: 水资源; 水污染; 生态系统; 绿色走廊; 塔里木河

中图分类号: TV213.2; X171

1 问题的提出

塔里木河地处我国西北干旱区, 长约 1321 km, 是我国最长的内陆河。近 50 年来, 塔里木河在人类活动的作用下, 流域水环境与自然生态过程发生了显著变化, 以天然植被为主体的生态系统和生态过程因人为对自然水资源时空格局的改变而受到严重影响。源流区土壤次生盐渍化加重, 干流区来水量减少, 水质盐化, 下游河道断流, 湖泊干涸, 地下水位下降, 沙漠化过程加剧, 塔里木河下游以胡杨林为主体的天然植被全面衰败, 夹持在塔克拉玛干沙漠和库鲁克沙漠间的“绿色走廊”濒临消失。

塔里木河日益严重的水资源与生态问题引起了国家和各级政府的高度重视, 国家将塔里木河近期综合治理列入“十五”计划, 投资 107×10^8 元治理塔里木河, 拯救“绿色走廊”; 中国科学院把塔里木河生态建设与荒漠化防治纳入“西部行动”计划, 进行专门研究; 国家水利部拟将塔里木河纳入“大江大河”进行治理; 众多专家学者也纷纷从不同角度, 分析塔里木河水资源变化及消长过程^[1-4], 探讨生态退化与保护对策^[5-10], 塔里木河已成为中国干旱区水资源利用与生态环境问题最为突出的热点地区之一。本文结合近些年野外实际调查和收集到的资料, 以塔里木河水过程为主线, 重点分析塔里木河近 50 年水资源开发利用及引起的环境问题, 旨在揭示塔里木河水资源开发与生态演变的关系, 提出水资源合理利用与生态有效保护的对策。

收稿日期: 2002-08-10; 修订日期: 2002-12-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (90102007) 和中国科学院知识创新项目 (KZCX1-08-03) [Foundation Item: National Natural Science Foundation of China, No.90102007; Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences, No.KZCX1-08-03]

作者简介: 陈亚宁 (1958-), 男, 博士, 研究员, 从事干旱区地表过程与生态系统演变、资源开发与环境保护研究。
E-mail: chenyn@ms.xjb.ac.cn



图 1 塔里木河三源流及干流示意图

Fig. 1 The sketch map of the Tarim River

2 水资源组成与变化特点

塔里木河主要由叶尔羌河、和田河、阿克苏河三大源流 (以下简称三源流) 和塔里木河干流构成 (图 1), 是一条以冰雪融水和降水混合型补给为主的河流。塔里木河干流不产流, 径流主要来自三源流上游的周边山区, 在径流组成中, 冰川融水占 48.2 %, 雨、雪混合补给占 27.4 %, 河川基流占 24.4 %。径流量年际变化较小, C_v 值大多在 0.15~0.25 之间, 最大和最小模比系数为 1.36 和 0.79; 年内分配十分不均匀, 汛期 (6~8 三个月) 的来水量约占年径流量的 60 %~80 %, 连续最大 4 个月 (6~9 月) 的来水量甚至可达年径流总量的 72 %~88 %, 反映了干旱区以山区冰雪融水补给为主的河流特征。

3 水资源利用与环境问题分析

塔里木河流域在局部土地生产力和水资源利用效益得到提高、资源环境的人口容量得到增加的同时, 流域水资源利用存在的问题亦日益突出, 并诱发一系列生态与环境问题, 严重影响到区域经济社会的可持续发展。

3.1 三源流补给塔里木河干流的水量减少, 叶尔羌河基本无水补给

塔里木河上游三源流补给塔里木河干流的水量呈逐年减少的趋势。水文资料表明, 20 世纪 50 年代中期至 60 年代, 三源流时段平均下泄塔里木河干流年水量在 $51.79 \times 10^8 \text{ m}^3$, 到了 90 年代, 三源流下泄到塔里木河干流年水量仅为 $42.04 \times 10^8 \text{ m}^3$, 减少约 $9.75 \times 10^8 \text{ m}^3$, 平均每年以 $0.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ 速率递减 (图 2)。从目前塔里木河干流的实际补给来源分析, 和田河只在每年的 7~9 月洪水期才有水量进入塔里木河, 叶尔羌河 1986 年至 2000 年 15 年中, 仅有一年 (1994 年) 有水补给塔里木河。其余 14 年均无水输入塔里木河干流, 阿克苏河是目前塔里木河干流水量的主要补给来源, 补给量占 73.2 %, 和田河为 23.2 %, 叶尔羌河只占 3.6 %。

分析近 50 年塔里木河径流量变化可见, 从 20 世纪 50 年代至 90 年代, 三源流来水量变化在 $174 \times 10^8 \sim 194 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之间。进入 90 年代, 由于气温升高, 山区冰雪消融补给增加, 源流区的山区来水量呈明显增加趋势 (图 3), 阿克苏河和叶尔羌河的径流量比 50 年代多 $19.0 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加了约 10.9 %。但是, 源流区进入塔里木河干流的水量却在不断减少。究其原因, 主要是源流区大规模农业开发所致。近 50 年, 三源流灌区的人口和灌溉面积分别从 1950 年的 156×10^4 人和 $34.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 增加到 2000 年的 395×10^4 人和 $125.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 三源流灌区用水量从 50 年代的 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加到 2000 年的 $155 \times 10^8 \text{ m}^3$, 用水增长了近 2 倍。同时, 由于三源流灌区水资源利用中存在的问题, 绿洲内部土壤次生盐渍化问题日趋突出, 约 38 % 耕地存在严重次生盐渍化问题。

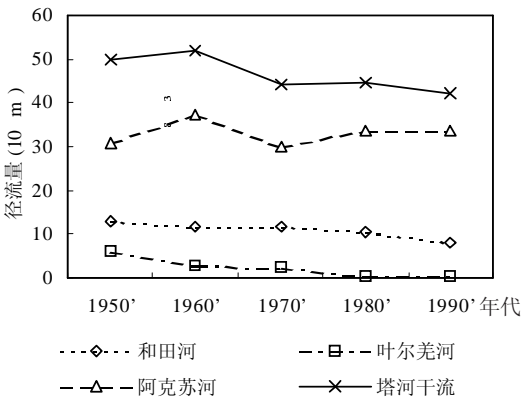


图 2 三源流入塔里木河干流水量变化曲线
Fig. 2 The change of water volume supplied to the Tarim River

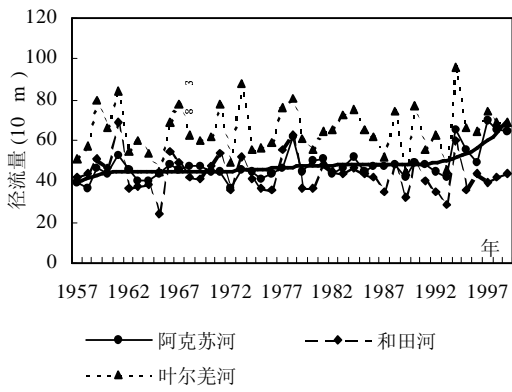


图 3 三源流年际径流量变化过程线
Fig. 3 The changes of annual runoff volume in the three source tributaries

3.2 塔里木河干流上中游区耗水量增加，到达下游的水量锐减

在三源流补给塔里木河干流水量减少的同时，塔里木河干流自身上、中游区的耗水则不断增加，分别从 20 世纪 50 年代的 $12.59 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $23.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增加至 90 年代的 $19.29 \times 10^8 \text{ m}^3$ 和 $26.69 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。阿拉尔至恰拉站的上、中游段区间耗水量，由 50 年代占塔里木河干流的径流量的 72.9 % 上升到目前的 95 % 以上 (图 4)，而到达塔里木河下游区的水量则由 50 年代的 $13.53 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少至 90 年代末的 $2.67 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

塔里木河干流上、中游区耗水量增加是受人类活动和河道自然条件双重影响所致。塔里木河干流上、中游地区私扒乱引、擅自开荒用水现象十分严重，引水口多达 138 处，其中 90 % 的引水口没有永久控制工程，造成水资源严重浪费。并且，超量引水还引起干流上中游地区大面积的土地盐碱化。同时，由于塔里木河干流上、中游河段地势起伏和缓，河道泥沙淤积，行洪能力不足，洪水期无序漫溢，加之缺乏堤防控制，致使水量在上、中游段无效损耗，大量散失。

进一步分析近 50 年来塔里木河干流不同区段水量减少过程还可以发现，20 世纪 90 年代以来，在塔里木河干流上游的阿拉尔、新其满和中游英巴扎断面的来水量分别比 50 年代减少 15.9 %、24.7 % 和 38.3 % 的同时，下游恰拉断面则减少了 80.3 %，表现为愈向下游，减少强度愈大 (图 5)。也就是说，塔里木河干流下游来水量减少的幅度远大于阿拉尔断面来水变化的幅度。由此表明，塔里木河干流自身沿程水量变化对下游水量

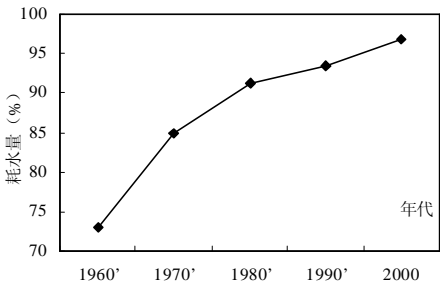


图 4 塔里木河干流上中游耗水量变化曲线
Fig. 4 The water consumption in the upper and middle reaches of the Tarim River

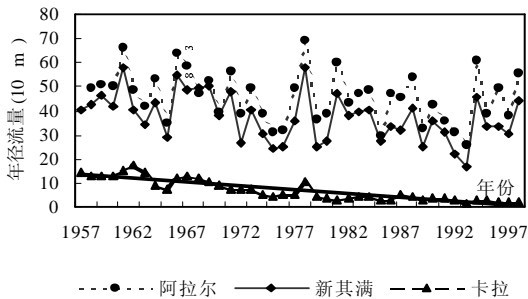


图 5 塔里木河干流年径流量过程线图
Fig. 5 The annual runoff changes in the mainstream of the Tarim River

减少的影响，远大于塔里木河上游三源流来水变化对下游造成的影响。

3.3 塔里木河水环境质量日趋恶化

塔里木河在 1958 年还是一条淡水河，河水的矿化度从未超过 1.0 g/L。目前，塔里木河干流上游阿拉尔的年均矿化度达 1.85 g/L，中游 1.37 g/L，下游恰拉 1.34 g/L，与干旱区一般河流随流程增加矿化度逐渐升高的情形有所不同。统计表明，阿拉尔地区，< 1.0 g/L 的淡水比例仅占 34.9 %，1~3 g/L 微咸水占 44.2 %，3~5 g/L 半咸水占 16.9 %，> 5 g/L 的咸水占 4.0 %^[11,12]。塔里木河水质盐化主要是由上游灌区的洗盐排水所致。20 世纪 50 年代至 60 年代前期，灌区的余水和农田洗盐排水多滞留在洼地中，很少流入河道。70 年代以后，随着灌区排水工程的建设，大量农田洗盐排水在没有得到治理的情况下就直接排入塔里木河，从而导致塔里木河水质盐化不断加重。同时，因上排下灌，使上游已被排出的污水又在中下游带进灌区，形成盐渍化污染循环。水资源的污染使其开发利用条件恶化，加剧了缺水危机。

塔里木河目前既是沿程各灌区引水源，又是农田排污水接纳区。对塔里木河干流主要排污口的统计表明 (表 1)，塔里木河干流目前年平均接纳灌区排污水约 $6.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，接纳溶解性总固体的总量约为 $835.30 \times 10^4 \text{ t}$ ，主要污染物质是氯离子、硫酸根、总硬度，其中氯化物污染最为严重。上游新沙总排干、塔北截洪排、阿瓦提总排干和塔南干排是主要污染源，其中，新沙总排干对塔里木河的水质污染最为严重。

表 1 塔里木河干流各排渠排污量统计一览表 (2000~2001 年实际调查资料)

Tab. 1 Statistics of the polluted water volume in the mainstream of the Tarim River

序号	排污口名称	排水量 (10 ⁸ m ³)	氯离子 (10 ⁴ t/a)	硫酸根 (10 ⁴ t/a)	氟 (10 ⁴ t/a)	总硬度 (10 ⁴ t/a)	溶解性总固体 (10 ⁴ t/a)
1	十四公里退水处	0.4605	10.9	6.40		7.92	31.10
2	新沙总排干	1.7	102.9	57.30		72.59	265.20
3	阿瓦提总排干	1.924	87.0	45.40	0.0214	57.14	230.90
4	塔北二截排	0.299	12.6	4.50	0.00352	10.29	31.10
5	多浪渠排干	0.1	2.9	1.30	0.0016	3.33	9.60
6	塔北截洪排	0.824	45.8	17.00		36.92	182.10
7	塔南干排	0.96	50.6	26.2			85.30
合 计		6.2675	312.7	158.10	0.02652	188.18	835.30

3.4 河道断流，地下水位下降，天然植被严重衰败，沙漠化过程加重

塔里木河干流上、中游大量取水和河道缺乏治理，到达下游河段的水量逐年减少，塔里木河下游河道逐渐无水下泄而干涸 (表 2)，其尾闾也几次向上游变动。1972 大西海子水库的建成致使其下游 321 km 河道长期断流，以水作用过程为主体的生命过程锐减，大西海子以下至台特玛湖约 200 km 宽范围形成了一道生态断带，台特玛湖亦因得不到河水补给于 1972 年干涸。

同时，随着河道断流，塔里木河下游的地下水位大幅度下降，英苏以下区域由 20 世纪 50~60 年代的 3~5 m 下降至 2000 年的 8~12 m (图 6) (1973 年和 1989 年为地矿局水文地质大队资料，90 年代和 2000 年为实测资料)，且愈向下游，地下水位埋藏愈深。大面积湿地丧失，以胡杨为主体的荒漠河岸植被和以怪柳为代表的平原地灌丛等天然植被严

表 2 塔里木河下游各段水量水情变化 ^[13] (10⁸ m³)

Tab. 2 The change of water volume in the lower reaches of the Tarim River (10⁸ m³)

年 代	恰 拉			铁干里克	阿尔干	罗布庄
	塔里木河来水量	孔雀河输水量	总来水量			
50 (1956-1959)	14.80	0	14.80		常期过水	4-5
60 (1960-1969)	10.39	0	10.39	2.88	时断时续	0.23
70 (1970-1979)	6.45	1	7.45	0.47	断流	枯竭
80 (1980-1989)	3.77	2.01	5.78	0.36	枯竭	干涸
90 (1990-1999)	2.38	2.26	4.64	0.06	干涸	干涸
平均 (1956-1999)	7.11	1.06	8.17	1.83	断流31年	断流30年

重衰败, 林间沙地活化, 沙漠化过程加强。50 年代末沙漠化面积约占 53.6 %, 90 年代初占到 88.6 %, 90 年代后期沙漠化面积已经占总土地面积的 95 %^[14]。英苏以下草本植被消失, 生态系统恶化, 生物多样性严重受损, 夹持在塔克拉玛干沙漠和库鲁克沙漠间的塔里木河下游“绿色走廊”不断萎缩, 浮尘、沙尘暴等灾害性天气显著增加, 人类生存环境日趋恶化, 塔里木河下游成为中国西部地区最严重的生态灾难区。

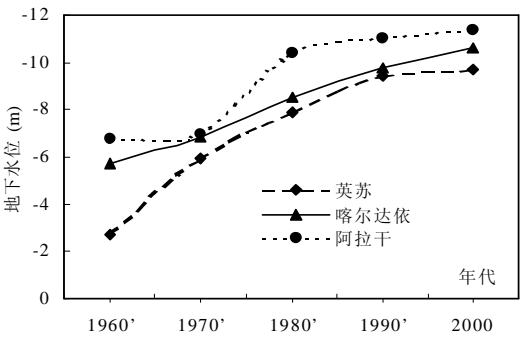


图 6 塔里木河下游地下水位变化过程线
Fig. 6 The groundwater level in the lower reaches of the Tarim River

4 水资源利用与生态保护对策

面对塔里木河日益突出的生态与环境问题, 要确立塔里木河生态河的地位和基本观念, 坚持生态与经济、上游与下游协同发展的原则, 以“整体、协调、循环、再生”为生态和经济建设的出发点, 实现流域水资源的统一管理, 运用市场的和行政的手段, 建立合理的分水方案和水市场调节机制, 控制源流引水, 减少干流上、中游低效耗水, 确保下游基本用水, 实现流域水过程的完整性和水资源的可持续利用, 为流域生态与经济社会的可持续发展提供水资源的安全保障。具体措施如下:

4.1 流域水资源管理措施

塔里木河流域跨 5 个地 (州) 和新疆兵团 4 个师, 存在利益主体多元化问题。并且, 资源利用过程中市场调节机制尚未建立起来, 政府调节仍是流域水格局长期存在的主导机制。为此, 需进一步建立完善水资源管理和调节机制。

4.1.1 实施塔里木河流域水资源的统一管理, 打破水资源发生和利用过程中的多元主体边界。以流域生态过程完整性的保持和上、中、下游各族人民可持续发展的平等权利为基本准则, 将生存与发展的道德规范从局域延伸到整个流域, 从干旱区人类延伸到生物生态系统, 确保塔里木河流域各族人民公共利益的持续存在和发展。

4.1.2 建立合理的分水方案和调水机制。根据塔里木河多年平均流量和生态、经济发展的需要编制相对稳定的流域水量分配方案, 由上级和地方政府监督执行或用法律的形式固定下来, 确保用水的公平性。实施严格的取水许可和水质监管制度, 保证水资源在利用中平衡、在使用中提高质量。

4.1.3 建立水市场调节机制。把经济生产用水引入市场调节机制, 通过水资源的有偿使用, 提高其空间配置的经济高效性, 使稀缺资源在保障生存的基本前提下, 向高效产业、高效区域流动, 实现管理促进发展的目的。

4.1.4 大力推进水资源保护科学技术的进步, 力争在产水、调水和用水的各个环节上, 提高应用技术和管理技术的科技含量, 促进流域水资源保护和可持续利用。

4.2 水过程完整性保障措施

塔里木河以水为中心的生态与经济矛盾突出。为此, 要正确处理好生产、生活和生态用水的关系, 加快实施塔里木河流域的“供水、堵水和输水”工程, 逐步实现塔里木河流域水过程的完整性、有序性、减灾性和高效性, 为流域生态与经济社会的可持续发展提供水资源的安全保障。

4.2.1 “供水”工程是指改造或废弃三源流灌区的一些耗水大、效益差的平原水库, 完善灌区输供水网络体系。同时, 以优惠的政策促进产业结构调整, 鼓励发展特色经济,

发挥区域优势,积极地应用各种新技术,通过科技进步,实施灌区节水改造,改变落后的灌溉生产方式,确保三源流每年有 $46.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 水供给塔里木河干流。

4.2.2 “堵水”工程是指在保障上中游生产和适度规模生态用水的前提下,对河汉发育河段修筑堤防保护,防止洪水无序漫溢,减少水资源无效损耗;对塔里木河干流上中游段的 138 个跑(引)水口进行有计划封堵,废除所有私自乱扒、乱引的临时性引水口,修建永久性引水控制闸,减少水资源的“跑漏”,变无序引水为计划用水。

4.2.3 “输水”工程是指对干流上中游部分淤积严重、行洪能力不足的河段,实施河道疏浚,提高河道输水能力;对侵蚀冲刷严重河段,实施护岸工程,减缓河岸冲刷;对河曲较大的游荡河段,修建束洪防护堤,控制和归顺河势;对大西海子以下长期干涸河道和风沙堆积严重河段进行疏浚,提高输水能力和水流速度,确保河水输送到台特玛湖。

4.3 受损生态系统的重建措施

针对塔里木河下游“绿色走廊”严重萎缩、生态环境日益退化,于 2000 年开始实施向塔里木河下游应急输水工程,即从博斯腾湖调水到大西海子水库,集中向下游断流 30 年的河道输水,以拯救日趋萎缩的塔里木河下游“绿色走廊”,恢复与重建日益退化的生态系统。

4.3.1 结合塔里木河下游河道自然条件,优化输水路径,在目前沿塔里木河大支流—齐文阔尔河“线型”输水的基础上,逐步实施双河道输水和面上供水方案,扩大输水的生态效应;确立 8~9 月为最佳输水时段,使植物落种与输水时间相一致,达到“生态默契”,为天然植物的落种更新提供条件,以实现生态系统的可持续性;尽快将大西海子水库的功能由农田灌溉转变为向台特玛湖方向的生态输水,或废弃之,以保证向塔里木河下游的长期生态输水,使沿河两岸地下水埋深上升到 4.0 m 以上,以满足塔里木河下游乔灌木生长需要,加速受损生态系统的修复和重建。

4.3.2 在塔里木河干流区进行有计划的退耕、退牧,部分地区可实施退耕还林、还草,但要结合实际情况,优化模式,减少经济林草比例;大部分地区应实行退耕、退牧封育,实施生态移民,建立生态补偿机制,以确保广大农牧民群众生活水平有所提高;建设高水平人工草料基地,实施生态置换;调整种植物结构,发展高效生态产业和特色生态农业,增加林草比例。

4.3.3 加快 218 国道的防沙建设,生物防沙与局部风沙危害严重段的机械防沙相结合,河道附近地段的路段可通过输水恢复植被,发挥天然植被的保路防沙作用,远离河道的路段以机械固沙为主,确保塔里木河下游“绿色走廊”的畅通。

4.4 水环境保护措施

塔里木河水质恶化是在自然及人为因素共同作用下形成的。要加强控制向塔里木河干流排水排盐,实施咸、淡水分流,以减少高矿化度水进入塔里木河是非常必要的。同时,要对排放的污水进行必要处理,减少污水排放量和污染物的含量。

4.4.1 要贯彻节水优先、治污为本的原则,做好流域经济社会发展布局 and 规划,严格控制兴建耗水量大和污染严重的项目,控制流域农药、化肥的施用种类和用量,防止面源污染,发展生态农业。

4.4.2 从塔里木河源流和干流的可持续发展高度出发,科学地规划排水系统,建立和完善塔里木河源流区及干流上游灌区农田排水体系,严格控制灌区排水指标,杜绝超标水质对塔里木河水资源的污染,严格控制和减少源流区及干流上中游高矿化度水的排入,建立全流域的农田排水管理系统和水质安全保障体系。

4.4.3 减少和控制源流排入干流的高矿化度水,改善水质。塔里木河上游三源流区地下水资源丰富。积极、合理地开发地下水,不但能解决流域干旱缺水问题,而且对降低地下水位、改良土壤有积极作用。因此,要积极地应用各种新技术,通过科技进步,实施

灌区节水改造, 合理利用地下水, 减少人为因素对水环境的不利影响。

4.4.4 咸淡分流, 排水与洪水分流。从塔里木河主要干排的水质分析资料可以看出, 对塔里木河水水质影响最大的干排主要分布在塔里木河干流上游的阿拉尔附近, 可以借助地形条件, 通过工程措施, 实施咸、淡水分流, 排水与洪水分流办法, 把农田排盐水引入塔里木河古河道, 进入古河道的农田排水对恢复胡杨和红柳植被的生长有很大帮助。

5 结论

(1) 20 世纪 90 年代以来, 塔里木河上游源流区的山区来水量比 20 世纪 50 年代多 $19.0 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加了约 10.9 %, 但是三源流补给塔里木河干流的水量却由 20 世纪 60 年代的 $51.79 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少到 90 年代 $42.04 \times 10^8 \text{ m}^3$, 平均每年以 $0.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ 速率递减。源流区进入塔里木河干流的水量减少的原因主要是源流区大规模农业开发所致。

(2) 塔里木河干流上、中游区段的耗水量由 20 世纪 50 年代占塔里木河干流径流总量的 72.9 % 上升到 90 年代末的 95 % 以上, 上、中游地区私扒乱引、擅自开荒用水是造成上、中游区耗水量不断增加的主要原因。塔里木河干流自身沿程水量变化对下游水量减少的影响, 远大于塔里木河上游三源流来水变化对下游造成的影响。

(3) 塔里木河水水质盐化是由上游灌区的农田洗盐排水所致。塔里木河干流目前年平均接纳灌区排污水约 $6.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 接纳溶解性总固体的总量约为 835.30×10^4 吨, 其中, 氯化物污染最为突出, 新沙总排干对塔里木河的水质污染最为严重。

(4) 实施塔里木河流域水资源的统一管理, 打破水资源发生和利用过程中的多元主体边界, 是实现塔里木河流域水资源优化管理的核心; 加快实施塔里木河流域的“供水、堵水和输水”工程, 是实现塔里木河流域水过程的完整性、有序性、减灾性和高效性前提; 严格实行退耕、退牧封育, 是塔里木河干流受损生态系统恢复与重建的关键。

参考文献 (References)

- [1] Li Xin, Zhou Hongfei. Sustainable utilization of water resources of Tarim River under the influence of human activities. *Geographical Research*, 1998, 17(2): 171-177. [李新, 周宏飞. 人类活动干预后的塔里木河水资源持续利用问题. *地理研究*, 1998, 17(2): 171-177.]
- [2] Zhou Hongfei. Analyses and calculation for water consumption and its potentialities along the mainstrem of Tarim River. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 1998, 12(3): 48-52. [周宏飞. 塔里木河干流区的水量消耗和潜力分析计算. *干旱区资源与环境*, 1998, 12(3): 48-52.]
- [3] Ji Fang, Fan Zili, Deng Yongxin. Regional characteristics of water resources utilization for the mainstream of the Tarim River. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 1998, 12(2): 15-18. [季方, 樊自立, 邓永新. 塔里木河干流水资源利用区域分异特点及其改造途径. *干旱区资源与环境*, 1998, 12(2): 15-18.]
- [4] Hamid Yimit, Tashpolat Tiyp, Xiong Heigang. Analysis on annual variation and seasonal change of runoff from water resources utilization in the interior river. *Geographical Research*, 2000, 19(3): 271-276. [海米提·依米提, 塔西甫拉提·特依拜, 熊黑钢. 内流河流域水资源利用对径流年际年内变化影响的分析. *地理研究*, 2000, 19(3): 271-276.]
- [5] Chen Yaning, Li Jianbang. Some environmental problems and harness emphases of the mainstream of the Tarim River. In: *The Water Resource, Environment and Management of Tarim River Watershed*. Beijing: China Environment Science Press, 1998. 239-242. [陈亚宁, 李建邦. 塔里木河流域的环境问题及治理重点. 见: *塔里木河流域水资源、环境与管理*. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. 239-242.]
- [6] Chen Yaning. Resource and environment and regional sustainable development of Tarim basin. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 1999, 13(1): 11-16. [陈亚宁. 塔里木盆地资源环境与可持续发展. *干旱区资源与环境*, 1999, 13(1): 11-16.]
- [7] Tang Qicheng, Zhang Jiebin. Water resources and eco-environment protection in the arid regions in Northwest China. *Progress in Geography*, 2001, 20(3): 227-233. [汤奇成, 张捷斌. 西北干旱地区水资源与生态环境保护. *地理科学进展*, 2001, 20(3): 227-233.]
- [8] Han Delin, Fan Zili. Resources and environment problems and countermeasure of Talimu River Valley. *Territorial*

- Development and Management, 1998, 8(3): 47-51. [韩德麟, 樊自立. 塔里木河流域可持续发展面临的资源环境问题及对策. 国土开发与整治, 1998, 8(3): 47-51.]
- [9] Xu Jinyan. Resilient protection in Tarim River Basin green passage. Environmental Protection of Xinjiang, 1997, 19(4): 21-23. [徐金燕. 试论塔里木河流域绿色走廊的保护与恢复. 新疆环境保护, 1997, 19(4): 21-23.]
- [10] Wang Run, Gao Qianzhao, Lu Jinhua et al. Ecologic environment and prospects of the green corridor in the lower reaches of Tarim River. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1997, 11(3): 42-46. [王润, 高前兆, 陆锦华 等. 塔里木河下游绿色走廊生态环境与前景. 干旱区资源与环境, 1997, 11(3): 42-46.]
- [11] Ma Yingjie, Ji Fang, Fan Zili. A study on water quality assessment in Tarim River. Arid Zone Research, 1999, 16(3), 1-5. [马英杰, 季方, 樊自立. 塔里木河水质评价研究. 干旱区研究, 1999, 16(3): 1-5.]
- [12] Wang Ranghai, Fan Zili. Coupling relationship between water and salt of waters ecosystem in arid zone. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(2): 204-208. [王让会, 樊自立. 干旱区水域生态系统的水盐耦合关系. 应用生态学报, 2002, 13(2): 204-208.]
- [13] Song Yudong. Research on Water Resources and Ecology of Tarim River, China. Urumqi: Xinjiang People's Press, 1999. 1-481. [宋郁东. 中国塔里木河流域水资源与生态问题研究. 新疆人民出版社, 1999. 398.]
- [14] Wang Ranghai, Fan Zili. Study on land desertification with RS and GIS techniques in Alagan of the lower reaches of Tarim River. Journal of Remote Sensing, 1998, 2(2): 137-142. [王让会, 樊自立. 利用遥感和 GIS 研究塔里木河下游阿拉干地区土地沙漠化. 遥感学报, 1998, 2(2): 137-142.]

Utilization of Water Resources and Ecological Protection in the Tarim River

CHEN Yaning, CUI Wangcheng, LI Weihong, CHEN Yapeng, ZHANG Hongfeng
(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China)

Abstract: In this paper, the exploitation of water resources and the corresponding environmental problems in the Tarim River during the past five decades are mainly analyzed as follows: (1) Statistics show that in the 1990s, the annual volumes of runoff from the mountainous regions of the source stream areas increased obviously (by 10.9%), compared to that in the 1950s. The water volume supplied from the Aqsu, Yarkand, and Hetian rivers to the Tarim River reduced greatly (18.83%). (2) Increasing use of water in the source area resulted in problems of secondary soil salinization. Increasing consumption of water in the upper and middle reaches caused droughts in the lower reaches. The reduction amplitude of the inflow volume at the lower reaches was far higher than that at the Aral section in the upper reaches of the mainstream of Tarim River. (3) The ecosystems in the lower reaches of the Tarim River has damaged seriously. Due to the drying up of the watercourses, groundwater level along the lower reaches of the river basin dropped from 3-5 m to 8-12 m, and water quality became salinized. Vegetation survival depended on groundwater there has seriously degenerated: 68% of natural vegetation has been lost, 47% of *Populus euphratica* died. Biodiversity has been seriously damaged, and desertification process has been quickened, at a rate of 150-200 km² every year.

Key words: water resources; water pollution; ecosystem; green corridor; the Tarim River