

人类活动干预后的塔里木河 水资源持续利用问题*

李 新 周宏飞

(中国科学院新疆地理研究所 乌鲁木齐 830011)

摘 要 人类活动的加剧,使干旱区河流原有的水文状态发生了很大变化。而如何持续利用变化后的地表水资源,是保证干旱区持续发展的前提之一。该文分析了人类活动对新疆塔里木河流域水文干预的后果,认为人类活动使河流下游径流量减少,水量的时空分布改变,径流规律趋于复杂化。指出,维持一定的河流水流量,整治河道和改变用水模式是持续利用塔里木河水资源的保证。

关键词 人类活动 水资源 持续利用

分 类 中图法 X37

塔里木河(以下简称塔河)是我国最长的内陆河,发源于喀喇昆仑山北麓、东帕米尔高原和天山南麓。历史上汇入塔河的河流有和田河、克里亚河、叶尔羌河及喀什噶尔河、阿克苏河、渭干河、迪那河、开孔河及一些小水系。后来塔河水系经过几次变迁,喀什噶尔河、渭干河、迪那河无水汇入塔河,成为独立的小水系。塔河干流下游河道逐渐无水下泄而干涸,塔河干流尾间也几次变动,大西海子水库也于 1972 年取代台特马湖成了塔河的尾间湖,英苏以下 266 km 河道断流,塔河的实际长度仅 1 055 km。目前的塔里木河流域,仅包括阿克苏河、和田河、叶尔羌河及塔河干流,水资源量共有 $201.39 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中地表水 $196.61 \times 10^8 \text{ m}^3$,地下水资源量 $4.78 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。另外在人为调节下,孔雀河有部分水量下泄汇入塔河。

1 人类活动对塔河的影响

塔河流域的 $196.61 \times 10^8 \text{ m}^3$ 地表径流量中,有 $158.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ 直接由河道引入农区用于灌溉绿洲的农田、林草等,占地表水资源的 80.4%^①。人类活动引用地表水资源用于生产目的后,直接干预了塔河原有的水文状态,特别是对源流向干流的水量补给及水量消耗影响明显。

1.1 干流总水量及其组成

塔河水量是由阿克苏河、和田河、叶尔羌河的水资源经过灌溉引用后的余水、回归水

* 国家攻关资助项目 (96—912—02—02)

① 新疆水利厅塔里木河流域管理局、流域规划办公室. 新疆塔里木河流域水资源利用及管理研究. 1995, 124 ~ 125

收稿日期: 1997-05-31, 收到修改稿日期: 1997-12-28

下泄汇集形成的径流量。塔河上游三条源流的年径流量多年变化过程，没有显著增多或减少的趋势^[1]，但多年来由于各源流在不断扩大灌溉面积，把大量的水资源截流于源流灌区，致使建国以来三个流域农业灌溉面积共增加了 $42.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，增加了一倍以上。而塔河干流的水量呈逐年减少趋势。1957 年~1993 年减少约 24.9%。阿克苏河、叶尔羌河、和田河引用地表水量占河川径流总量的 60% 以上，其中叶尔羌河灌区几乎全部河川径流量都被引用，近几年无水汇入塔河。塔河源流各时段水量见表 1。

表 1 塔里木河源流各时段水量统计

Tab.1 The runoff in different periods in the branches of Tarim River (10⁸m³)

河 名	站 名	1957 年 ~ 1964 年	1965 年 ~ 1974 年	1975 年 ~ 1984 年	1985 年 ~ 1993 年	1957 年 ~ 1993 年
库玛拉克河	协合拉	42.98	45.28	48.20	46.14	45.83
托什干河	沙里桂兰克	23.26	28.72	25.29	25.43	25.83
阿克苏河	西大桥	56.02	58.98	63.38	58.42	59.41
喀拉喀什河	乌鲁瓦提	21.37	21.46	23.18	19.68	21.48
玉龙喀什河	同古孜洛克	24.31	22.74	21.71	19.55	22.02
叶尔羌河	卡群	63.46	64.78	66.52	60.00	63.48
塔里木河	阿拉尔	51.08	48.54	45.79	38.37	45.87

注：喀拉喀什河和玉龙喀什河是和田河的两大大支流，库玛拉克河和托什干河是阿克苏河的两大大支流。

塔河干流水源组成变化比较大，其原因是：①源流的丰枯年份不完全一致；②各源流农业灌溉的发展、水源开发工程建设进展及水资源利用程度不同，耗水量占河川径流的百分比不一样。因此各源流汇入塔里木河水量变化很大。根据 1960 年~1993 年的资料统计，塔河水源组成的多年平均值是：阿克苏河汇入 $33.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占塔河上游径流量的 73.01%；和田河汇入 $10.90 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占阿拉尔站径流量的 23.92%，叶尔羌河汇入 $1.40 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占阿拉尔站径流量的 3.07%（表 2）。从塔河水源组成分析中几个时段各源流的下泄水量看，阿克苏河、和田河下泄水量变化不大，而叶尔羌河自 70 年代末期以来，基本没有水量进入塔河干流。

表 2 塔里木河水源组成阶段

Tab.2 Runoff in Tarim River from the branches in different periods (10⁸m³)

年 份	塔里木河	阿克苏河		和田河		叶尔羌河	
	年径流量	汇入塔河 水量	占塔河径流 (%)	汇入塔河 水量	占塔河径流 (%)	汇入塔河 水量	占塔河径流 (%)
1960~1965 平均	49.23	36.53	74.2	10.88	22.10	1.82	3.70
1966~1975 平均	48.26	33.81	70.06	11.78	24.41	2.67	5.53
1976~1985 平均	45.60	32.05	70.28	12.57	27.57	0.98	2.15
1986~1993 平均	39.42	31.68	80.37	7.74	19.63	0	0

1.2 对塔里木河干流水量沿程消耗的影响

自 50 年代以来，源流河流域土地开垦规模不断扩大，用水量增加，致使供给塔里木河干流的水量日趋减少，同时，塔里木河干流沿岸农牧业的发展迅速，引水量增多，使得干流沿程水量消耗发生了很大的变化。塔里木河干流上游至下游的阿拉尔、新渠满、恰拉水文站的年径流变化和上、中、下游各段的耗水量变化就明显存在人类活动干预后的特征（图 1）。

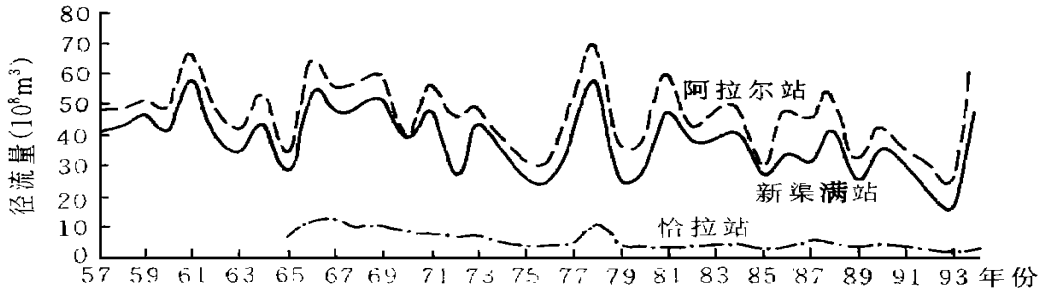


图 1 塔里木河上、中、下游径流量多年变化 (10⁸m³)

Fig.1 Yearly runoff change in the upper reaches, middle reaches and lower reaches of Tarim River

人类活动干预后，干流各河段水量沿程消耗具有以下变化特征：

- (1) 上游段耗水量和耗水比例均呈增长态势，上游段耗水量从 50 年代的 $14.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 上升到 90 年代的 $17.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，增加 13%，耗水比例从 26.4% 增加到 43.5%。
- (2) 下游段耗水量和耗水比例锐减。源流各河来水量 90 年代比 50 年代减少了约 25%，而干流下游段的来水量则减少了 80%，从 50 年代的 $15.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 下降到 90 年代的 $3.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，下游段的耗水比例则从 27.7% 下降到 7.8%。
- (3) 中游段耗水量和耗水比例始终保持较高水平。中游段耗水量和干流来水量同步减少，从 50 年代耗水 $25.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少到 90 年代的 $19.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，减少了 25%，耗水比例则一直保持在 48% 左右。

塔河干流水量的上述沿程消耗变化，有自然的原因，但更多的是由于人为的原因。在水过程中沿河道随意堵坝、扒口，无闸控制的引水和蓄水，泛滥成灾的洪灌草场等所产生的后果也不可低估。是人类活动的影响大大加强了水量沿程消耗的变化。塔河干流区分项耗水情况见表 3。

表 3 1980 年~1994 年塔里木河干流区分项耗水量

Tab. 3 Water consumption in Tarim River from 1980~1994 (10⁸m³)

河 段	耗水总量	农业净耗水	河道蒸发	水面蒸发	潜水蒸发	植被蒸腾	河道漫溢、 河岸缺口出水
上 游	18.11	1.26	0.84	1.21	5.88	4.81	4.11
中 游	21.20	0.42	0.57	3.90	6.25	5.12	4.94
下 游	8.64*	1.27	0.09	1.79	3.02	2.47	0
合 计	47.95	2.95	1.50	6.90	15.15	12.4	9.05

* 包括从孔雀河引水 $2.01 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

由于河岸上的引水口超过 100 个, 又无控制工程, 汛期以上、中游各引水口出流及漫溢消耗于蒸发的水量有所增多。如 1994 年塔河发生特大洪水, 上游阿拉尔站的年径流量为 $61.34 \times 10^8 \text{ m}^3$, 下游恰拉站的年径流量只有 $2.94 \times 10^8 \text{ m}^3$, 上、中游两岸积水成灾, 帕满水库紧急炸坝排水, 下游却旱情未减^[2]。

1.3 对径流年内分配与水质的影响

塔河各月的径流量分配不均, 水量主要集中在 7 月~9 月的洪水期, 3 月~6 月的枯水期水量最少。由于农业生产春灌引水占河道径流的比例最大, 造成枯水期径流占年径流量的百分比下降, 洪水期百分比相对上升。如阿拉尔站 1957 年~1980 年 14 年中平均 7 月~9 月的径流量占全年径流量的 66.2%, 而 1981 年~1994 年 14 年平均 7 月~9 月的径流量占全年径流量的 70.86%, 两时段相比, 提高了 4.66%。中游洪水期径流比例也有提高, 而下游则完全不同。恰拉水文站 1954 年~1964 年平均洪水期径流占 47.5%, 而 1984 年~1994 年平均洪水期径流占全年的 40.08%, 两个时段相比下降 7.42%, 枯水期和洪水期径流比例则有所上升。其原因是干流区上、中游汛期引水灌溉草场, 及引水口无控制工程, 大量洪水漫溢到两岸低洼地带, 使径流不能到达下游。下游的径流年内变化相对平缓, 洪水期已较 50 年代推迟 36 天, 反映出河川径流的变化受到自然和人为双重因素的制约。

干旱区河水矿化度变化规律, 一般是随着河水流程的增加而增大, 但受到人类活动的干预之后, 河水矿化度随流程的变化开始紊乱。塔河的水质随三条支流下泄水的水质变化, 同时又受到干流区灌溉回归水的影响。50 年代至 60 年代前期各源流尚未建立灌溉排水系统, 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, 对河流水质影响不大, 河流水质较好。70 年代至 80 年代, 随着灌区排水工程的建设, 大量农田洗盐排水流入河道, 使河流水质变差, 河水矿化度急剧升高。如阿拉尔水文站 1976 年 10 月至 1977 年 9 月的 12 个月中, 有 6 个月矿化度超过 1 g/l , 最高 5.46 g/l 。1984 年 10 月至 1985 年 9 月期间, 有 8 个月河水矿化度超过 1 g/l , 最高 5.86 g/l ; 而到 1991 年, 全年各月的河水矿化度都超过 1 g/l ^[3], 1997 年最高已超过 6 g/l 。河水水质的变化, 是近期塔河上游耕地面积扩大, 洗盐排水增加的结果。而由于干流上游阿拉尔垦区农田排水进入河道较多, 河水向下游流动不畅, 上、中游河水矿化度升高很快, 全年有 10 个月矿化度都高于下游。

1.4 河道输水和自然环境变化

在上、中游河段人为开挖引水口和在河床筑坝以抬高水位, 使河流的输水能力降低, 间接地改变了河水向下游的流动过程。如 1993 年上游阿拉尔站的年径流量为 $25.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, 下游恰拉站的年径流量为 $2.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。而 1994 年阿拉尔站的年径流量为 $61.34 \times 10^8 \text{ m}^3$, 因水量在上、中游溢出河道和从无控制的引水口流向两岸洼地, 恰拉站的年径流量只有 $2.96 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[2], 上、下游的丰枯对应关系趋于复杂, 原本作为塔里木盆地东、西部之间水量调配的大通道——塔里木河正在逐渐丧失这一功能。河道行洪能力下降, 两岸蓄洪、滞洪能力提高。

下游自然生态系统遭破坏, 并有向上推进的趋势。60 年代以前, 塔河下游的自然植被耗水量在 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右, 恰拉以下 428 km 河道两旁的胡杨林生长良好。1972 年后大西海子水库成为塔河终点, 下游河道缩短为 162 km, 水量消耗不足 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$, 1980 年后更是减少到 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以下。1990 年~1994 年塔河平均每年到达卡拉的水量只有 $2.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 干旱更加严重, 植被退化, 大西海子水库以下尤为明显。阿拉干至台特马湖由于河道

多年断流, 地下水位降到 10 m ~ 12 m, 胡杨林严重衰败, 沙化强烈。

2 塔河水资源的持续利用

近几十年来, 塔河流域水资源利用的规模不断扩大, 使生产力得到极大提高。通过修渠引水、建库调蓄、开荒造田, 建立了人类生存的绿洲生态系统^[3]。但与此同时也改变了自然界水的分布与变化, 间接地造成了其它方面的环境变化。持续利用塔河水资源, 应综合考虑经济、生态等因素, 兼顾上下游协同发展, 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^[4]。具体措施是保证塔河径流量, 治理干流河道和改变用水模式。

2.1 确保塔河的径流量

目前塔河水资源的利用率较低。以消耗于农业灌溉、潜水蒸发(维护地表生态及土壤不被沙化)和植被蒸腾的水量作为有效利用水量, 除以总水量得出水资源有效利用率, 则塔河目前的水资源有效利用率为 63.6%, 根据推算, 在塔河水资源高效利用阶段, 利用率可达到 78.6%。

塔河三条源流流域, 目前水资源利用率不高, 而地下水资源较丰富, 节约用水的潜力大, 可保证现有地表水的引用量不再扩大, 通过调节径流、开发利用地下水、建立完整的农田水利配套设施, 改进灌溉制度和灌水技术, 扩大农业生产规模^[5]。通过分析计算, 三条源流可向塔河供水量平水年为 $43.57 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其中阿克苏河 $37.16 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 85.3%, 和田河 $6.41 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占 14.7%, 叶尔羌河无水下泄, 所以塔河需水量是可以保证的。

2.2 治理干流河道

塔河全长 1 321 km, 大西海子水库以上现状有水河道全长 1 055 km, 沿河有各类引水口 137 个, 叉流河 18 条。干流上游河长 465.26 km, 河床较稳定, 河槽宽近 2 km, 深 2 m ~ 4 m。但上游上段冲刷严重, 上游下段(沙雅至库车)淤积严重, 过洪能力由 $800 \text{ m}^3/\text{s}$ 减至 $700 \text{ m}^3/\text{s}$ 。中游段长 428.17 km, 河床浅宽, 深 1 m ~ 3 m, 洪水使河流改道频繁, 流量 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上出水口 74 个, 其中叉流河口 5 个。霍尔加以下行洪能力仅 $45 \text{ m}^3/\text{s}$ (由于乌斯满河口引去 60% 的水量)。下游段 161.63 km, 河床狭窄、淤塞, 水量已很少, 英苏以下河道已完全干涸^①。塔河干流河道整治应统筹兼顾, 合理安排, 增加河道行洪能力和输水效率, 有利于干流区域的生态平衡和保护下游环境, 便于生产引水和控制河道出水, 通过河道疏峻工程和防洪工程措施, 使河道各段具备应有的输水能力。为了保持绿色走廊及公路的通畅, 应修建人工渠道输水, 以保证在绿色走廊建立人工林带, 远期结合公路与铁路建设, 还可铺设输水管道, 以保持良好水质。

远期目标应将塔河干流渠道化, 仅保留必要的引水口, 并设立闸门, 可有效控制无节制引水造成的水量浪费和引水口出水造成的洪灾。

2.3 改变用水模式

2.3.1 加强塔河流域的规划实施及流域管理 针对塔河下游水量减少、自然环境退化及上、中游耗水量过大、利用率低等问题, 应加强流域规划的实施, 实行全流域水资源利用的统一调配、制定统一的总体引水方案。在源流流域以利用地表水和地下水相结合, 通过

① 新疆水利厅塔里木河流域管理局、流域规划办公室. 新疆塔里木河流域水资源利用及管理研究. 1995

改造和修建蓄水引水工程, 提高水资源的有效利用率和重复利用率, 控制从河道的引水量, 保证源流向塔河供水不少于 $43 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。制定用水规划中, 兼顾生产和维护生态环境的需求, 在塔河干流上、中游, 堵截部分引水口, 在必需的引水口修建控制工程, 减少河川径流向两岸的自由出流, 输往下游大西海子水库以下河段的径流量限制在 $2.67 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上, 确保维护和改善下游河段的自然环境。

2.3.2 合理分配干流水资源 目前塔河干流的水资源消耗比例为上游占 43%, 中游占 49%, 下游仅占 8%。上、中游水量浪费严重, 下游水量短缺造成环境劣变。塔河下游大西海子水库至台特马湖段, 历史上因水量充足, 沿岸胡杨、芦苇、甘草和红柳等植被生长茂密, 形成一条宽约 1 km ~ 5 km 的纵贯塔里木盆地东部的天然“绿色走廊”。但是, 长期以来, “绿色走廊”因水源断绝, 日趋衰败, 存在着被流沙掩埋的极大可能。根据计算, 维护“绿色走廊”需水 $2.67 \times 10^8 \text{ m}^3$, 加上下游农业生产需水, 下游水量应占到塔河水资源的 20%, 塔河干流上、中、下游水量分配的合理比例是 3.5 4.5 2。

2.3.3 发展节水农业和牧业 塔河干流区除下游垦区外, 上、中游均以牧业为主, 有引洪漫灌的草场 $48 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 基本处于自然的无序发展阶段, 水资源经济效益很低 (表 4)。

表 4 塔河干流区水资源利用基本情况 (1992 年 ~ 1993 年)

Tab. 4 General condition of the utilization of water resources in Tarim River

河 段	人 口 (10^4 人)	耕地面积 (10^4 hm^2)	牲畜头数 (10^4 头)	洪灌草场 (10^4 hm^2)	人均耗水量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{人} \cdot \text{年}$)	万元产值耗水量 (10^4 m^3)
上 游	1.97	1.28	55.21	30.1	9.19	173.4
中 游	1.74	0.33	14.67	9.72	12.18	215.9
下 游	3.63	1.61	0.43	6.94	1.56	11.5
合 计	7.34	3.22	70.31	46.76	6.13	133.6

改变落后的用水方式, 改洪水漫灌草场为引水灌溉和农区种草, 发展节水型的农区畜牧业。林业逐步以人工林和人工灌溉自然林的方式取代自流漫灌, 推广节水灌溉技术, 加速节水工程建设, 建立新的节水模式, 方能充分利用塔河水资源, 使其既发挥良好的经济效益, 又利于保护流域的自然环境。

参 考 文 献

1 尤平达. 塔里木河流域地表水资源及其径流组成. 干旱区地理, 1995, 18(2) 29 ~ 35
2 成正才. 塔里木河 1994 年大洪水及其相关问题. 干旱区地理, 1995, 18(2) 8 ~ 16
3 樊自立. 新疆土地开发对生态与环境的影响及对策研究. 北京 气象出版社, 1996. 8 ~ 14, 86 ~ 92
4 唐数红, 张发旺. 从应急输水工程看塔里木河治理的基本思路. 新疆水利, 1996 (2) 8 ~ 10
5 《新疆水土资源开发研究》编写组. 新疆水土资源开发研究. 乌鲁木齐 新疆科技卫生出版社(K), 1991. 149 ~ 157
6 吴申燕主编. 塔里木盆地水热状况研究——蒸发及其相关问题. 北京 海洋出版社, 1992. 121 ~ 128
7 牛文元. 自然资源开发原理. 开封 河南大学出版社, 1989. 236 ~ 256

SUSTAINABLE UTILIZATION OF WATER RESOURCES OF TARIM RIVER UNDER THE INFLUENCE OF HUMAN ACTIVITIES

Li Xin Zhou Hongfei

(*Xinjiang Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011*)

Abstract

Natural conditions of hydrology in Tarim River have been changed under water utilization by human being. The main changes are: (1) yearly runoff of Tarim River decreased by about 20% by average in recent 40 years. (2) water consumption along the river has changed since 1956, its runoff increased from 26.4% to 43.5% in the upper reaches, from 45.9% to 48.7% in the middle reaches, and decreased from 27.7% to 7.8% in the lower reaches. (3) the percentage of yearly runoff in flood season has increased in the upper reaches, and decreased in the lower reaches. (4) water quality became inferior, mineralization of water is higher in the upper reaches than in the lower reaches.

The way to continually using water resources in Tarim River Basin after these changes should be: (1) the yearly runoff from the source rivers to Tarim River is above $43 \times 10^8 \text{ m}^3$, so that the basic water requirement of Tiram River can be satisfied. (2) reducing water consumption in the upper reaches and middle reaches through dredging the river to increase runoff in lower reaches. (3) changing traditional way of using water resources and developing the agriculture system and ecological system of saving water.

Key words human activities, water resources, continually utilization

作 者 简 介

李新, 男, 1955 年生, 研究员。中国科学院新疆地理研究所水资源研究室主任, 主要从事干旱区水资源研究。已发表论文有“吐鲁番盆地的干热环境特征”和“新疆水资源开发利用对局地环境的影响”等。