

# 塔里木河中游径流量损耗特征及原因分析<sup>\*</sup>

奚秀梅<sup>1</sup>, 段树国<sup>2</sup>

(1. 石河子大学 师范学院地理系, 新疆 石河子 832003; 2. 伊犁师范学院 奎屯校区, 新疆 奎屯 833200)

**摘 要:**借助塔里木河近 45 a 来径流量水文资料和其它相关统计资料,运用定量计算与定性分析的方法,对塔里木河中游段径流量特征和径流损耗特征进行了分析,并对径流损耗与径流量进行了相关分析,得出结论:45 a 来,径流量明显减少,径流损耗量较为稳定,但数值比较大,是塔里木河干流各段中耗水最多的河段,损耗量与径流量之间呈明显的正相关。

**关键词:**径流; 损耗; 塔里木河

**中图分类号:** P331

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2009)03-0034-04

## Runoff Consumption Characteristics and Causes Analysis of the Middle Reaches in Tarim River

XI Xiu-mei<sup>1</sup>, DUAN Shu-guo<sup>2</sup>

(1. Department of Geography, Normal College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 830046, China;

2. Yili Normal College, Kuitun, Xinjiang 833200, China)

**Abstract:** Based on hydrological runoff data and other related statistic references in the last 45 years, the methods of rational calculation and qualitative analysis are applied to analyze the feature of runoff and its wastage of the middle part in Tarim river. And also a mutuality analysis between runoff quantity wastage and runoff quantity is done. Analysis shows: in the last 45 years, the runoff quantity is visible reduced and its wastage is high but keeps stabilization. The middle part's runoff quantity wastage is so huge that it is the most in all parts of Tarim river; and the runoff quantity wastage and the runoff quantity keeps visible positive mutuality in 45 years.

**Key words:** runoff; consumption; Tarim River

塔里木河是我国最长的内陆河,其干流流域位于塔里木盆地的北缘。塔里木河干流分为上、中、下三段,中游段横贯在天山南麓缓冲积、洪积平原和塔克拉玛干沙漠之间,水道网极为复杂,是河道最弯曲和泛滥最严重的地区<sup>[1]</sup>。由于区域内极端干旱,降水稀少而蒸发量大,河道径流成为区域的主要水源,中游段的径流不但对该区域的生态环境与经济发展起着关键作用,特别是对下游生态环境乃至整个流域的生态环境都有重要的影响。

## 1 研究区概况

塔里木河是环塔里木盆地 9 大水系 144 条河的

总称,流域总面积  $1.02 \times 10^6 \text{ km}^2$ <sup>[2]</sup>。塔里木河干流本身不产生径流,20 世 50 年代以来,只有阿克苏河、叶尔羌河、和田河、开都河-孔雀河四条源流与塔里木河干流有地表联系,统称为“四源一干”(其中开都河-孔雀河自 2000 年通过人工方法引水致塔里木河的下游段,所以一般称和田河、叶尔羌河和阿克苏河为塔里木河的“三源流”)。从叶尔羌河源到台特玛湖塔里河全长 2 437 km,其中干流长 1 321 km<sup>[3]</sup>。塔里木河干流按地貌、水文等特点又分为上、中和下游 3 个区段,其中自其三源流(和田河、叶尔羌河和阿克苏河)汇合口肖夹克附近的阿拉尔水文站到轮台县的英巴扎水文站称上游段,长 495

<sup>\*</sup> 收稿日期:2008-07-04

基金项目:石河子大学高层次人才启动基金项目(RCZX 200697)

作者简介:奚秀梅(1972-),女,黑龙江省泰来县人,讲师,主要从事水资源与环境以及全球环境变化的教学与研究工作。E-mail: xxm199963@126.com

通信作者:段树国(1973-),男,黑龙江阿城人,讲师,研究方向 3S 技术应用。E-mail: shuguo\_duan@163.com

km;英巴扎至尉犁县的恰拉水文站为中游段,长398 km;恰拉以下到尾间湖-台特玛湖为下游段,河长428 km<sup>[3-4]</sup>。

塔河中游横贯在天山南麓缓冲积、洪积平原和塔克拉玛干沙漠之间,其河道时常迁徙,成为干流水系中变化最复杂,河道最弯曲和泛滥最严重的地区,并形成长达100 km的淤积平原<sup>[4-5]</sup>。自20世纪50年代后期以来,由于源流区及上游区大规模的农业开发过度引水,造成进入塔河中游的水量减少<sup>[6]</sup>。

塔河干流地区属典型的暖温带大陆性干旱气候,降雨稀少,蒸发强烈,气候干燥且多风,多年平均气温10.7,极端最高气温达43.6,极端最低气温-30.9。多年平均降水量17.4~42.8 mm,蒸发能力为1 125~1 600 mm,地貌类型组成为冲积、洪积平原和沙漠,这一地区总的自然特征是极端干旱,盐碱化,风沙大,土壤质地轻且贫瘠,植被稀疏,沙漠化威胁严重<sup>[7]</sup>。

## 2 资料来源和研究方法

本文所使用的资料-塔里木河阿拉尔、英巴扎、恰拉水文站1961-2005年径流量数据来自塔里木河流域管理处,其它资料来自公开发表的相关论文中的数据资料等。研究方法是定量计算与定性分析,对径流量变化做了变差分析、多年趋势分析,多年径流损耗计算,并对径流损耗变化做了趋势分析,同时结合其它自然和社会统计资料探讨了多年来塔里木河中游径流量变化及损耗变化的原因。

## 3 塔里木河中游径流量及损耗特征分析

### 3.1 塔里木河上游三源流补给塔里木河干流的水量分析

通过对塔里木河上游三源流(和田河、叶尔羌河和阿克苏河)汇合口处肖夹克的阿拉尔水文站的水文资料,分析1961-2005年这45 a来三源流补给塔里木河干流的水量(图1),表明:自20世纪60年代以来,源流总来水量没有大幅度地减少,线性趋势线的斜率为-0.1806,各年代径流量的平均值变化不大,20世纪90年代以来径流量呈增加趋势,特别是21世纪以来,源流来水量较前三个年代还有明显的增加,21世纪前5年平均径流量比20世纪后四个年代平均径流量增加0.42%。根据杨青<sup>[8]</sup>、蒋燕<sup>[9]</sup>等人的研究认为90年代以来,在全球变暖的背景下,塔里木河源流区的气候变暖、变湿,这是塔里木河源流径流保持稳定,并在近几年有所增加的一个非常重要的因素。

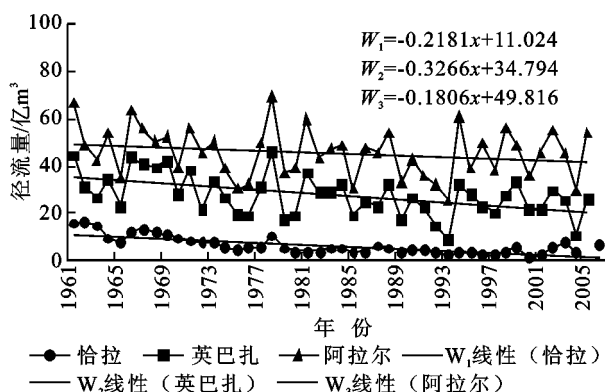


图1 塔里木河干流年径流量过程线

在数理统计中用均方差与均值之比作为衡量一组数相对离散程度的参数,这就是离差系数 $C_v$ ,表示为

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (1)$$

在水文学中,用年径流量的 $C_v$ 值反映各年中具体水量的相对变动程度,称之为年径流量的变差系数<sup>[10-11]</sup>。

塔里木河干流径流量主要受源流水量的控制,同时受到气候、降水量等因素的影响。自20世纪60年代以来由于源流区无序引水和源流区下泄量的不均衡性以及气候、降水量等各种因素波动影响,1961-2005年的45 a间,年径流量的最大与最小值比为2.76,其变差系数为0.23(表1)。这说明塔里木河干流径流量不稳定,变化幅度较大,这给水资源的科学利用和管理带来了一定困难。

### 3.2 塔里木河中游径流量特征分析

把英巴扎站的来水量作为进入中游段的水量,那么由英巴扎水文站1961-2005年径流量统计数据(图1)分析可知,近45 a年来塔里木河上游下泄至其中游的径流量明显减少,中游径流量线性趋势斜率为-0.3266,平均值为27.2824亿 $m^3$ ,径流量从20世纪60年代的35.14亿 $m^3$ ,下降到90年代的22.778亿 $m^3$ ,减少35.18%,2001-2005年平均径流量降至22.5825亿 $m^3$ ,与60年代相比减少了35.74%,但与90年代相比并无明显减少。分析中游径流量变化的情况,径流减少的主要原因是自20世纪60年代以来源流区及上游区灌溉面积大量增加,从河道引水数量增加所致。据相关资料统计,三源流区灌溉面积由1949年的35.12万 $hm^2$ 增加到1993年的77.66万 $hm^2$ 。与此相应,20世纪60年代三源流区平均耗水量为137.4亿 $m^3$ ,90年代平均耗水量增至162.3亿 $m^3$ <sup>[12]</sup>,增加了18.12%。上游区耗水量也由60年代平均15.554亿 $m^3$ 增加到

90 年代的 19.244 亿 m<sup>3</sup>。与此同时上游缺乏堤防和引水控制工程,河道上私自扒口引水现象较多,使水量无效损耗严重。但 20 世纪 90 年代后期以来,特别是 2001 年 6 月 27 日,国务院正式批准了《塔里木河流域近期综合治理规划报告》,提出加大塔里木

河流域治理的力度,使塔里木河流域的管理和河道的治理更加科学合理,并初见成效,中游来水量减少的趋势有所缓解,2001 - 2005 年中游平均径流量为 22.58 亿 m<sup>3</sup>,与 90 年代平均值(22.78 亿 m<sup>3</sup>)相比只减少了 0.88 %。

表 1 塔里木河干流径流量多年变化特征(1961 - 2005)

项目	多年平均/ 亿 m <sup>3</sup>	变差系数 C <sub>v</sub>	最大年径流			最小年径流			最大与最小 年径流量比
			年份	年径流量/ 亿 m <sup>3</sup>	与多年 平均比	年份	年径流量/ 亿 m <sup>3</sup>	与多年 平均比	
特征量	45.66	0.23	1978	69.59	1.52	1993	25.22	0.55	2.76

3.3 中游径流损耗特征及原因分析

通过对英巴扎站和恰拉站 1961 - 2005 年水文资料分析得出:45 a 间,中游段耗水量没有明显的减少趋势,平均为 21.32 亿 m<sup>3</sup>,其线性趋势线斜率仅为 - 0.108 7 (图 2)。虽然中游耗水量较为稳定,但数值一直比较大,中游段多年平均耗水量(21.32 亿 m<sup>3</sup>)占干流多年平均径流量(45.66 亿 m<sup>3</sup>)的 46.7 %,占中游多年平均来水量的 78.15 %,是塔里木河干流各段中耗水最多的河段。

虽然多年来中游段耗水量较为稳定,但耗水量波动较大,45 a 来耗水量变差系数为 0.33,最大年径流量与最小年径流量之间相差近 6 倍,其比值为 5.92 (表 2),径流损耗最大的年份是 1978 年,而 1978 年是个丰水年,干流径流量是多年来的最大值 69.59 亿 m<sup>3</sup>,这一年中游来水量也是多年来的最大

值,1978 年中游耗水量占中游径流量的 78.23 %,比多年平均值多 0.08 %。1993 年是多年来中游段径流损耗最小的年份,径流损耗 6.12 亿 m<sup>3</sup>,而这一年是个枯水年,中游来水量仅为 8.28 亿 m<sup>3</sup>,1993 年中游耗水量占中游径流量的 73.39 %,比多年平均值少 4.76 %,显然中游耗水量与中游来水量有一定的相关关系。

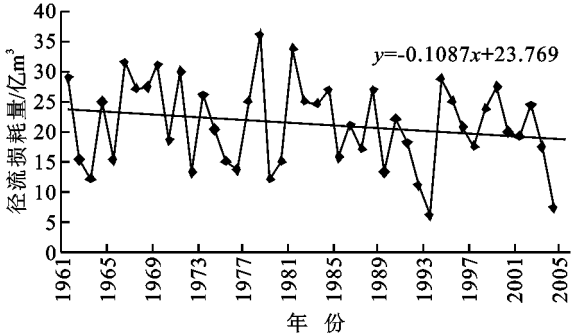


图 2 塔里木河中游径流损耗变化曲线

表 2 塔里木河中游径流损耗多年变化特征(1961 - 2005)

项目	多年平均/ 亿 m <sup>3</sup>	变差系数 C <sub>v</sub>	最大年耗水量			最小年耗水量			最大与最小 年耗水量比
			年份	年耗水量/ 亿 m <sup>3</sup>	与多年 平均比	年份	年耗水量/ 亿 m <sup>3</sup>	与多年 平均比	
特征量	21.32	0.33	1978	36.22	1.70	1993	6.12	0.29	5.92

为了进一步分析中游耗水量与中游径流量之间的关系,绘制了两者的散点图(图 3),可以看出中游耗水量与中游径流量之间呈明显的正相关,线性拟合方程为:  $y = 0.7208x + 1.6265$ , 相关系数  $r = 0.9107$ ,  $R^2 = 0.8294$ 。这说明中游段径流量无效损耗严重,分析其原因主要在于塔里木河两岸河道疏于管理,干流上、中游地区私扒乱引、擅自开荒用水现象十分严重,根据陈亚宁等人的调查干流上、中游河道上引水口多达 138 处<sup>[13]</sup>,而且其中 90 % 的引水口没有永久控制工程,造成水资源严重浪费。加之中游段水道网纵横交错,河道弯曲,泛滥的河水也导致干流输沙能力锐减,加速河床淤积,使区间耗水量增大,洪水期河水向两岸漫溢,形成面积较大的滞洪区。根据王顺德<sup>[12]</sup>等人的研究,滞洪区从上游中段的沙雅二牧场至中游的阿其克河口,全长约 550

km。这就造成越是径流量充沛的年份中游径流量损耗越多。

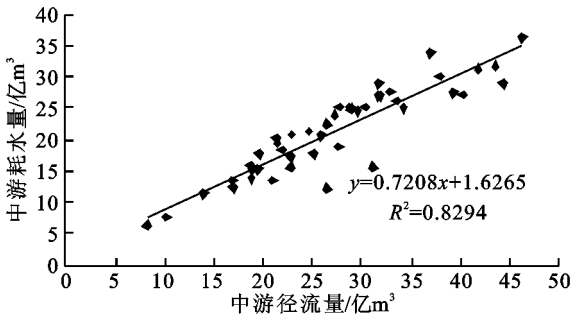


图 3 中游径流损耗与中游径流量关系

4 结论

(1) 45 a 来(1961 - 2005 年)三源流(和田河、叶尔羌河和阿克苏河)补给塔里木河干流的水量没有

大幅度地减少,各年代径流量的平均值变化不大,20 世纪 90 年代以来径流量有增加趋势,特别是 21 世纪以来,源流来水量较前三个年代还有明显的增加,原因是在全球变暖的背景下,塔里木河源流区的气候变暖、变湿,产流量有所增加。

(2) 1961 - 2005 年塔里木河中游的径流量明显减少,径流量从 20 世纪 60 年代的 35.14 亿  $\text{m}^3$ ,下降到 90 年代的 22.778 亿  $\text{m}^3$ ,减少 35.18%,2001 - 2005 年平均径流量降至 22.582 5 亿  $\text{m}^3$ ,与 60 年代相比减少了 35.74%,但与 90 年代相比并无明显减少。径流减少的主要原因是源流区及上游区灌溉面积大量增加,从河道引水数量增加所致;与此同时上游缺乏堤防和引水控制工程,河道上私自扒口引水现象较多,使水量无效损耗严重,致使上游下泄至中游段的水量减少。20 世纪 90 年代后期以来,塔里木河流域治理初见成效,中游来水量减少的趋势有所缓解。

(3) 45 a 来(1961 - 2005 年),中游段径流损耗量没有明显的减少趋势,虽然中游径流损耗量较为稳定,但数值一直比较大,中游段多年平均耗水量(21.32 亿  $\text{m}^3$ ),占干流多年平均径流量(45.66 亿  $\text{m}^3$ )的 46.7%,占中游多年平均来水量的 78.15%,是塔里木河干流各段中耗水最多的河段。原因一是水利工程设施条件差,造成水资源严重浪费;二是中游段水道网纵横交错,河道弯曲,泛滥的河水也导致干流输沙能力锐减,加速河床淤积,使区间耗水量增大。

(4) 中游耗水量与中游径流量之间呈明显的正相关,线性拟合方程为:  $y = 0.7208x + 1.6265$ , 相关系数  $r = 0.9107$ ,  $R^2 = 0.8294$ 。这说明中游段径流量无效损耗严重,其原因主要在于塔里木河两岸河

道疏于管理,加上中游段自然条件原因,造成越是径流量充沛的年份中游径流量损耗越多。

参考文献:

[1] 梁匡一,刘培君.塔里木河两岸资源与环境遥感研究[M].北京:科学技术文献出版社,1990.

[2] 王顺德,张洪,魏琳,等.塔里木河流域 2003 年“四源一干”河川径流及输水运行分析[J].冰川冻土,2005,27(5):715-721.

[3] 阿迪力·艾则孜,王建文,张建岗,等.塔里木河流域 2004 年“四源一干”河川径流情势及输水运行分析[J].冰川冻土,2006,28(6):931-940.

[4] 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.

[5] 冯起,陈广庭.塔里木河中游的研究概况[J].干旱区地理,1994,17(4):67-72.

[6] 奚秀梅,段树国,海米提·依米提.塔里木河中游径流变化分析[J].水土保持研究,2006,13(2):115-117.

[7] 赵元杰,王让会.塔里木河中游土地沙漠化与环境因子关系研究[J].干旱区地理,1999,22(3):57-63.

[8] 杨青,何清.塔里木河流域的气候变化、径流量及人类活动间的相互影响[J].应用气象学报,2003,14(3):309-320.

[9] 蒋艳,夏军.塔里木河流域径流变化特征及其对气候变化的响应[J].资源科学,2007,29(3):45-52.

[10] 郭雪宝.水文学[M].武汉:同济大学出版社,1990.

[11] 张超,杨秉廉.计量地理学基础[M].北京:高等教育出版社,1985.

[12] 王顺德,李红德,许泽锐,等.塔里木河中游滞洪区的形成及其对生态环境的影响[J].冰川冻土,2003,25(6):712-718.

[13] 陈亚宁,崔旺诚,李卫红,等.塔里木河的水资源利用与生态保护[J].地理学报,2003,58(2):215-222.

(上接第 5 页)

[8] Fernandez C, Wu J Q, McCool D K, et al. Estimating water erosion and sediment yield with GIS, RUSLE, and SEDD[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 58(3):128-136.

[9] Moore I D, Wilson J P. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation[J]. Journal of Soil and water Conservation, 1992, 7(5):423-428.

[10] 潘竟虎,董晓峰.基于 GIS 与 QuickBird 影像的小流域土壤侵蚀定量评价[J].生态与农村环境学报, 2006, 22(2):1-5.

[11] 刘世梁,傅伯杰,马克明,等.岷江上游高原植被类型

与景观特征对土壤性质的影响[J].应用生态学报, 2004, 15(1):26-30.

[12] 张岩,刘宝元,史培军,等.黄土高原土壤侵蚀作物覆盖因子计算[J].生态学报,2001,21(7):1050-1055.

[13] 张岩,袁建平,刘宝元.土壤侵蚀预报模型中的植被覆盖与管理因子研究进展[J].应用生态学报,2002,13(8):1033-1036.

[14] 周斌,杨柏林,洪业汤,等.基于 GIS 的岩溶地区水土流失遥感定量监测研究[J].矿物学报,2000,20(1):13-21.

[15] 同新奇,胥彦玲,李怀恩,等.黄土高原向阳沟流域水土保持措施效益分析[J].水土保持通报,2006,26(5):86-93.