

文章编号: 1000-0240(2007)04-0559-11

塔里木河流域 2005 年四源流对干流供水 径流情势分析

谢富明¹, 毛炜峰², 张建岗³, 高前兆⁴,
沈永平⁴, 王 进⁵, 王顺德^{5*}

(1. 新疆水利厅 金沟河流域管理处, 新疆 沙湾 832100; 2. 新疆气候中心, 新疆 乌鲁木齐 830002;
3. 塔里木河流域管理局, 新疆 库尔勒 841000; 4. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所,
甘肃 兰州 730000; 5. 阿克苏水文水资源勘测局, 新疆 阿克苏 843000)

摘 要: 2004 年塔里木河流域四条源流出山口天然径流量 $272.1 \times 10^8 \text{ m}^3$, 属丰水年, 比多年平均值 $224.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $47.20 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加 21.0%; 比 20 世纪 90 年代平均 $241.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $30.20 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加 12.8%, 在 1957–2005 年 49 a 水文系列中排名第 5 位。其中, 阿克苏河、叶尔羌河、和田河 3 条源流与多年均值比较, 增幅达 22% ~ 25%, 开都孔雀河为平略偏丰。四条源流入塔里木河总水量为 $56.88 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占四条源流出山口天然径流总量的 20.9%。根据现今塔里木河综合治理, 仍需要制定长远的全面流域规划, 以生态系统建设为根本, 从工程上、宏观水量控制管理上、经济上和科技手段上, 保障实现塔里木河流域水资源的可持续开发利用。

关键词: 四源流径流量; 对干流供水; 径流情势; 塔里木河流域; 2005 年

中图分类号: P343 **文献标识码:** A

1 塔里木河流域概况

塔里木河是我国第一大内陆河, 流域位于新疆维吾尔自治区南部。塔里木河流域是环塔里木盆地的阿克苏河、喀什噶尔河、叶尔羌河、和田河、开都河-孔雀河、迪那河、渭干河与库车河、克里雅河和车尔臣河等九大水系 144 条河流的总称, 流域总面积 $102 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中山地占 47%, 平原区占 20%, 沙漠面积占 33% (图 1)^[1]。流域内有 5 个地(州)的 42 个县(市)和生产建设兵团 4 个师的 55 个团场。1998 年, 流域总人口 825.7×10^4 人, 其中少数民族占流域总人口的 85%, 是以维吾尔族为主体的少数民族聚居区。现有耕地 $136.27 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 国内生产总值 350×10^8 元。流域多年平均天然径流量 $398.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 不重复地下水资源量 $30.7 \times 10^8 \text{ m}^3$, 流域水资源总量为 $429 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

塔里木河干流全长 1 321 km, 自身不产流, 历史上塔里木河流域的九大水系均有水汇入塔里木河干流。由于人类活动与气候变化等影响, 20 世纪 40 年代以前, 车尔臣河、克里雅河、迪那河相继与干流失去地表水联系; 40 年代以后喀什噶尔河、开都河-孔雀河、渭干河也逐渐脱离干流^[2]。目前与塔里木河干流有地表水联系的只有和田河、叶尔羌河和阿克苏河 3 条源流, 孔雀河通过扬水站从博斯腾湖抽水经库塔干渠向塔里木河下游灌区输水, 形成“四源一干”的格局。由于“四源一干”流域面积占流域总面积的 25.4%, 多年平均年径流量占流域年径流总量的 64.4%, 对塔里木河的形成、发展与演变起着决定性的作用。

2 气象条件分析

本文所用气象资料为流域内 8 个气象站监测资

收稿日期: 2007-04-20; 修订日期: 2007-06-22

基金项目: 科技部社会公益研究专项“塔里木河流域气候暖湿化及人类活动对地表水资源的影响”; 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-127); 国家自然科学基金项目(40371022)资助

作者简介: 谢富明(1971—), 男, 新疆阿克苏人, 工程师, 2003 年毕业于新疆农业大学, 现从事水管理工作。E-mail: xsmh123@126.com

* 通讯作者: akswsd@126.com

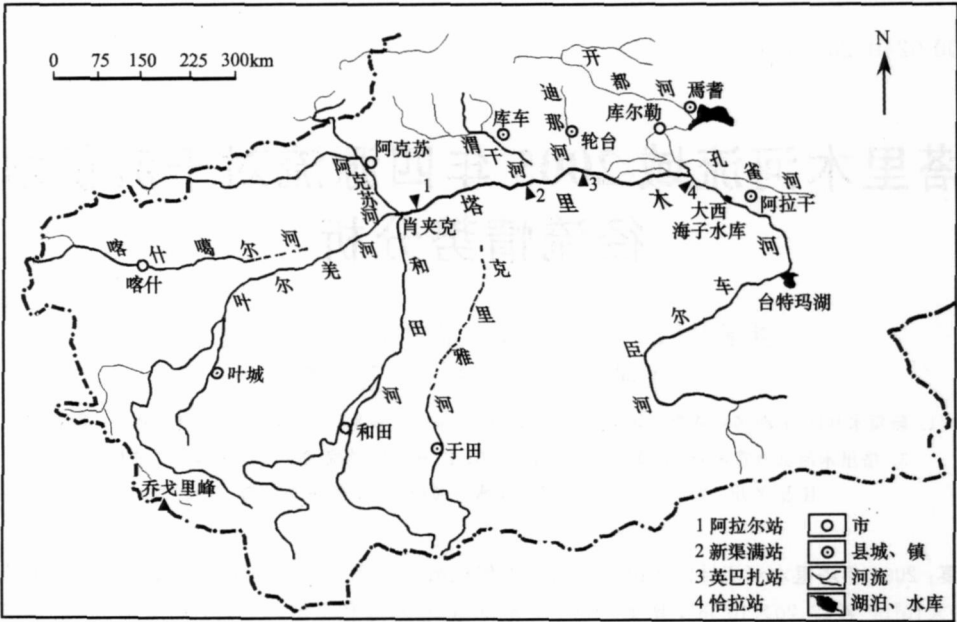


图 1 塔里木河流域水系示意图

Fig. 1 Map showing the Tarim River system

料, 经过新疆气象局相关部门的审核. 塔里木河四条源流出山口控制断面以及干流的各控制断面的水文资料经过自治区水文局相关部门检验, 塔里木河流域管理局审定. 各站的地理位置以及气温、降水、0℃度层高度的气候平均值的计算规则等内容同文献[3]. 塔什库尔干、吐尔苏特、阿合奇、巴音布鲁克 4 站的等权重平均值代表流域山区值, 和田、喀什、阿克苏、库尔勒 4 站的等权重平均值代表流域源流平原区值.

2.1 2005 年塔里木河流域气象条件分析

2005 年塔里木河流域 8 站年平均气温 6.5℃, 偏高 0.4℃; 8 站平均年降水量 172.8 mm, 偏多 36%. 2005 年塔里木河流域 8 站主要来水季节(指 5~9 月, 下同)的平均气温 17.1℃, 偏高 0.4℃, 属正常范围, 8 站主要来水季节降水量 136.0 mm, 偏多 38.5%(表 1). 4 个探空站 3~10 月 0℃层高度略偏低.

表 1 2005 年主要来水季节(5~9 月)气象条件

Table 2 Meteorological condition of May to September in 2005

	气温距平/℃			降水距平百分率/%		
	全流域	山区	平原	全流域	山区	平原
5~9 月	0.4	0.1	0.7	38.5	33.9	55.7
年	0.40	0	0.8	36.0	31.2	52.1

2.2 山区气象条件

(1) 气温偏高. 2005 年塔里木河流域山区 4 站年平均气温 0.6℃, 与 30 a 平均值持平. 年内 4 个月为正距平, 其中 3 月、6 月和 9 月偏高 1℃以上, 5 个月为负距平, 其中 8 月和 12 月偏低 1℃以上(图 2a). 2005 年塔里木河流域山区主要来水季节气温偏高 0.1℃, 属正常范围(表 1), 西昆仑山北坡一带正常, 帕米尔高原略偏低, 天山南麓为正距平(图 2b).

(2) 降水偏多. 2005 年塔里木河流域山区 4 站年降水量 257.2 mm, 比 30 a 年平均值偏多 31.2%. 1~3 月和 7~12 月两段持续偏多, 其中 8 月和 11 月偏多 1 倍以上, 4 月、9 月和 12 月为负距平(图 2a). 2005 年塔里木河流域山区主要来水季节降水偏多 33.9%(表 1), 山区 4 站降水量均偏多, 其中昆仑山西段、帕米尔高原、西天山南麓一带偏多 32%~52.8%, 天山南麓中东部偏多 8.9%(图 2b).

2.3 平原气象条件

(1) 气温偏高. 2005 年塔里木河流域平原 4 站年平均气温 12.4℃, 较 30a 平均值偏高 0.8℃. 2 月、5 月、8 月、12 月气温偏低, 其余各月均偏高, 其中, 3 月、9 月偏高 2℃以上, 1 月、6 月、10 月偏高 1℃以上(图 3a). 2005 年塔里木河流域平原地区主要来水季节气温偏高 0.7℃(表 2). 叶尔羌

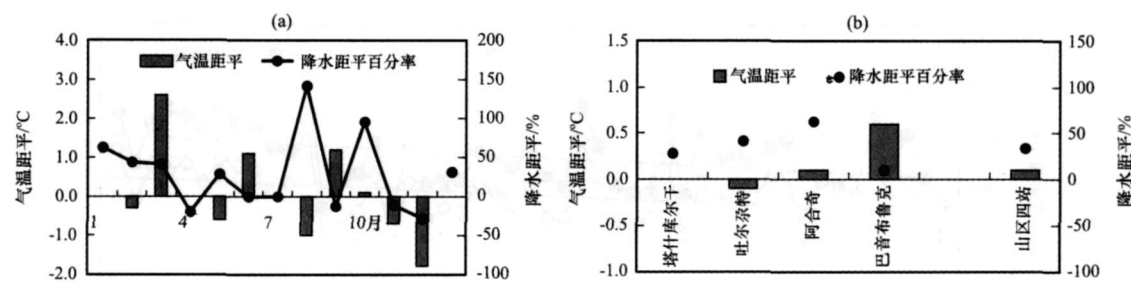


图 2 2005 年山区 4 站气温距平、降水距平百分率
Fig. 2 Anomalies of temperature and precipitation for 4 meteorological stations
in mountains region of Tarim River Basin, 2005

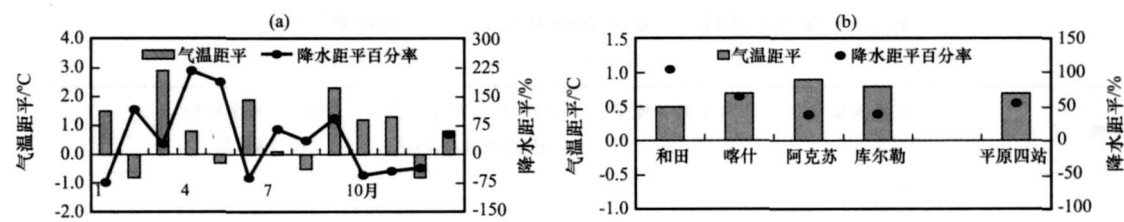


图 3 2005 年平原四站气温距平、降水距平百分率
Fig. 3 Anomalies of temperature and precipitation for 4 meteorological stations
in plain region of Tarim River Basin, 2005

河、喀什噶尔河、阿克苏河以及开都河流域平原气温均偏高(图 3b)。

(2) 降水偏多。2005 年塔里木河流域平原 4 站年降水量 88.5 mm, 较 30 a 平均值偏多 52.1%。1 月、6 月和 10~12 月偏少, 2~4 月、7~9 月两个时段偏多, 其中, 4 月偏多 2 倍以上, 2 月、5 月偏多 1 倍以上(图 3a)。2005 年塔里木河流域平原地区主要来水季节降水偏多 55.7%(表 1), 平原 4 站年降水量均偏多, 和田河流域平原地区偏多 1 倍以上(图 3b)。

2.4 0℃层高度

2005 年和田、喀什、阿克苏、库尔勒 4 站 3~10 月零度层高度平均值为 3 978 gpm, 较 12 a 平均值偏低 30 gpm。3 月、6 月和 9 月分别偏高 244

gpm、18 gpm 和 75 gpm, 4~5 月和 7~8 月偏低, 其中有 3 个月偏低 100 gpm 以上(图 4a)。2005 年 3~10 月和田河流域偏低 76 gpm, 叶尔羌河流域偏低 52 gpm, 阿克苏河流域低 1 gpm, 开孔河流域偏高 12 gpm(图 4b)。

3 2005 年 4 条源流出山口天然径流

3.1 4 条源流天然径流量偏多

2005 年 4 条源流出山口径流总量 $272.1 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比 1957—2005 年平均值 $224.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $47.20 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加 21.0%; 比 1990 年代平均值 $241.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $30.20 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加 12.8%。在 1957—2006 年 50 a 水文系列中排名第 5 位。2005 年属于上游三源流合计仅次于 1994 年最高和 1976

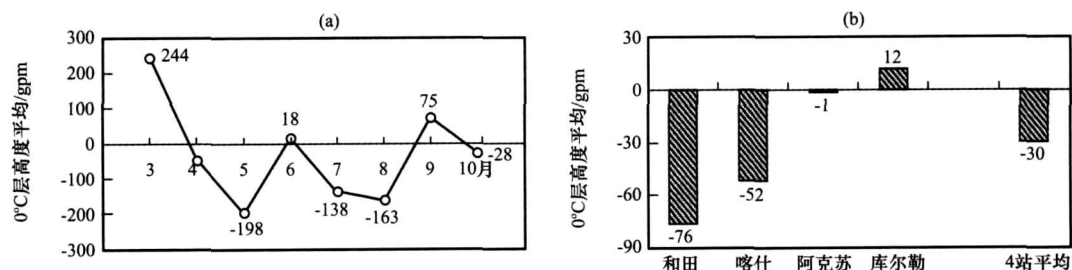


图 4 2005 年 3~10 月塔里木河流域 0℃层高度
Fig. 4 Change in 0℃ level height in Tarim River Basin during March to October, 2005

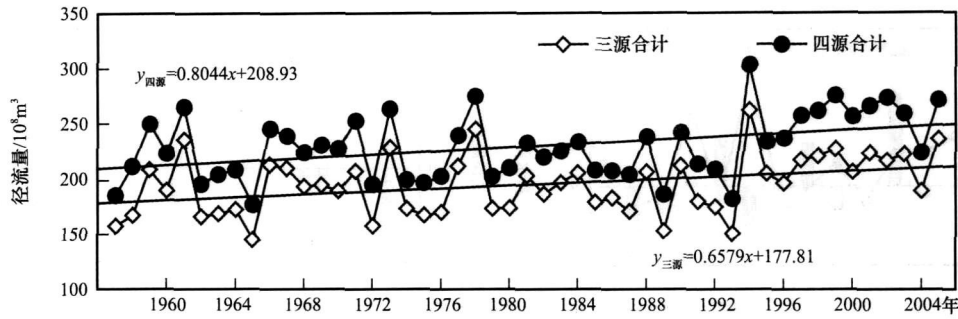


图 5 1957—2005 年塔里木河源流合计年径流量变化过程

Fig. 5 Sum annual runoffs in source streams of the Tarim River during 1957—2005

表 2 塔里木河流域四条源流 2005 年出山口天然径流量(10⁸ m³)

Table 2 Runoff of four source rivers, 2005(10⁸ m³)

源流	2005 年径流量 / 10 ⁸ m ³	多年平均径流量 / 10 ⁸ m ³	2005 年与多年均值 比较增多/ 10 ⁸ m ³	2005 年与多年均 值比较/ %	年景
阿克苏河	98.62	80.60	+ 18.02	+ 22.4	丰水年
叶尔羌河	82.28	65.79	+ 16.49	+ 25.1	丰水年
和田河	55.39	45.04	+ 10.35	+ 23.0	丰水年
阿拉尔站以上 3 条源流	236.3	191.4	+ 44.9	+ 23.5	丰水年
开都河-孔雀河	35.81	33.50	+ 2.310	+ 6.9	平略偏丰水年
4 条源流合计	272.1	224.9	+ 47.20	+ 21.0	丰水年

年次高的丰水年份,在四源合计中,属 1994 年以来的 4 个高水年份之一(图 5)。

2005 年四条源流出山口天然径流量比多年平均值比较都有增加,其中:阿拉尔站以上的阿克苏河、叶尔羌河、和田河 3 条源流合计为 $236.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,与多年平均值 $191.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $44.9 \times 10^8 \text{ m}^3$,增幅为 23.5%,为偏丰水年;开都-孔雀河水量增加较少仅为 6.9%,为平水略偏丰年份。各条源流河出山径流有差异(表 2),相对来说源于昆仑山河流水量偏丰程度要比源于天山河流大,而以冰川补给为主的阿克苏河又比开都河偏丰。

3.2 近 50 a 来塔里木河四条源流出山口天然径流量变化分析

(1) 四条源流合计。自 1957 年至 2005 年源流的径流变化过程,经历了 20 世纪 50—80 年代的平水年,平均径流量在 $216.0 \sim 225.0 \times 10^8 \text{ m}^3$;到 1994 年以来,受我国西北部增温增湿的影响^[2],径流量明显提升一个台阶的过程^[4],但到 2005 年径流略有减少。90 年代平均 $241.9 \times 10^8 \text{ m}^3$,比多年平均 $224.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $17.00 \times 10^8 \text{ m}^3$,增加 7.6%,为平略偏丰水年;2000—2005 年 6 a 平均 $258.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,与多年平均 $224.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 比较多 $33.7 \times$

10^8 m^3 ,增加 15%,为略偏丰水年^[5-9]。

(2) 阿克苏河。阿克苏河近 50 a 来出山口径流量总的呈快速增加趋势^[10],20 世纪 50 年代为偏枯水年,平均径流量为 $66.74 \times 10^8 \text{ m}^3$;60—80 年代径流量在 $77.50 \times 10^8 \sim 79.34 \times 10^8 \text{ m}^3$,接近多年平均值 $80.6 \times 10^8 \text{ m}^3$;90 年代平均 $92.36 \times 10^8 \text{ m}^3$,比多年均值多 $11.76 \times 10^8 \text{ m}^3$,增加 14.6%;最近 2000~2005 年 6a 平均 $99.40 \times 10^8 \text{ m}^3$,比多年均值 $80.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $18.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,增加 23.3%。

(3) 叶尔羌河。叶尔羌河近 50 a 来出山口天然径流量总的是呈平稳增加趋势^[10],20 世纪 50—80 年代为平水年,径流量在 $64.07 \times 10^8 \sim 67.54 \times 10^8 \text{ m}^3$;90 年代增加,平均径流量为 $69.61 \times 10^8 \text{ m}^3$,与多年平均值比较多 $3.82 \times 10^8 \text{ m}^3$,增加 5.8%^[11];最近的 2000—2005 年平均为 $68.02 \times 10^8 \text{ m}^3$,比多年平均值多 $2.23 \times 10^8 \text{ m}^3$,增加 3.4%。

(4) 和田河。和田河近 50 a 来出山口天然径流量总的是呈减少趋势,从 20 世纪 50 年代平均 $47.14 \times 10^8 \text{ m}^3$,减少到 90 年代的 $42.77 \times 10^8 \text{ m}^3$,50 a 减少了 $5.00 \times 10^8 \text{ m}^3$,平均 10 a 减少 $1.00 \times 10^8 \text{ m}^3$;最近的 2000—2005 年 6 a 平均为 $47.92 \times 10^8 \text{ m}^3$,比多年平均值多 $2.88 \times 10^8 \text{ m}^3$,增加 6.4%。

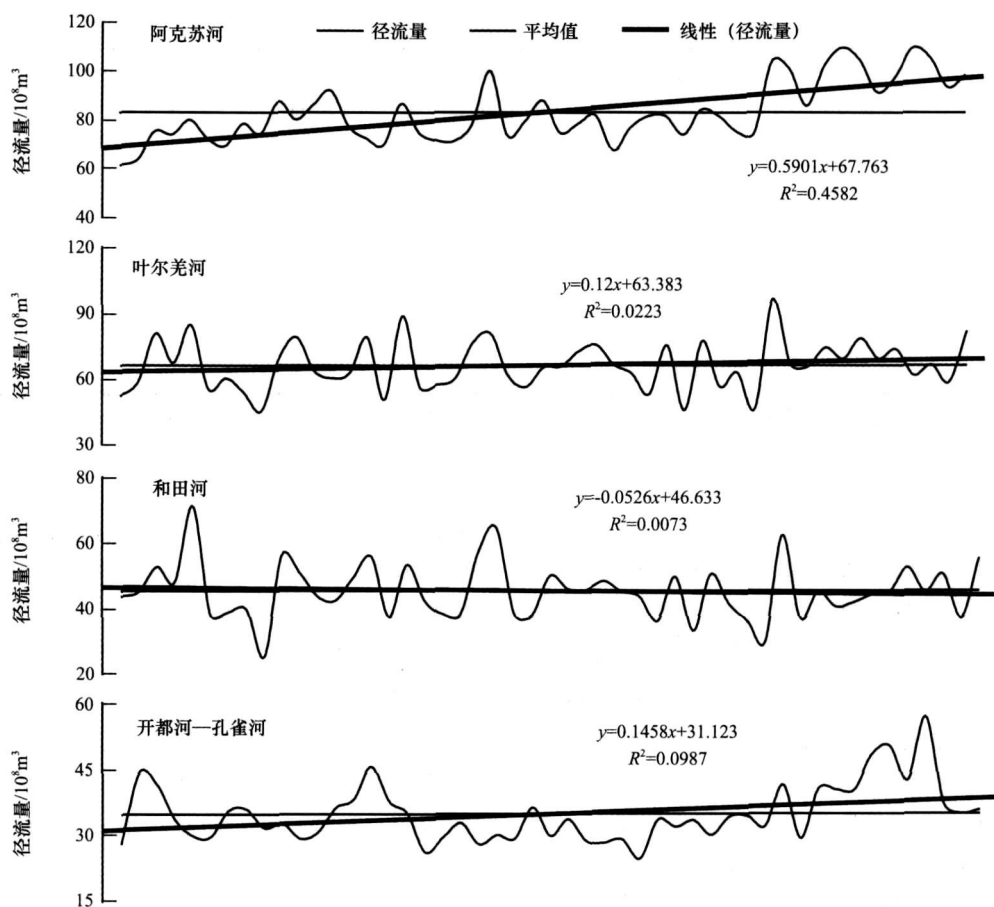


图 6 1957—2005 年塔里木河流域各源流出山口天然年径流量过程

Fig. 6 Annual virgin flows of four source rivers in Tarim River basin during 1957—2005

和田河是塔里木河流域四条源流中, 出山径流在 1957—1999 年连续减少的源流, 但在 2000—2006 年径流呈增加趋势。

(5) 开都河—孔雀河. 开都河近 50 a 来出山口天然径流量总的是呈增加趋势, 20 世纪 50 年代为丰水年, 平均径流量为 $38.04 \times 10^8 \text{ m}^3$; 60—80 年代为平水年和偏枯水年, 径流量在 $30.92 \times 10^8 \sim 32.59 \times 10^8 \text{ m}^3$; 90 年代以来由于受我国西北部增温增湿的影响^[2], 特别是 1996—2002 年的 7 a 中, 年径流量呈强劲增加趋势, 7 a 平均径流量达 $45.82 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比多年平均值多 $12.32 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加 36.8%; 2002 年径流量达 $57.10 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比多年平均值多 $23.60 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加 70.4%。2003—2005 年年径流量降至 $34.92 \times 10^8 \sim 37.02 \times 10^8 \text{ m}^3$, 为平水略偏丰年(图 6)。

4 2005 年四条源流入塔里木河水量

阿克苏河 2005 年入塔里木河水量 32.06×10^8

m^3 , 其中, 从新大河依玛帕夏站下泄 $29.08 \times 10^8 \text{ m}^3$; 从老大河巴吾吐拉克站排冰渠排放 $2.977 \times 10^8 \text{ m}^3$. 比规定的年输水量 $34.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 少 $2.14 \times 10^8 \text{ m}^3$, 减少 6.3%。黑尼牙孜站是叶尔羌河入塔里木河径流控制站, 2005 年入塔里木河水量为 $2.538 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比规定的年输水量 $3.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ 少 $0.762 \times 10^8 \text{ m}^3$, 减少 23.1%。肖塔站是和田河入塔里木河径流控制站, 2005 年入塔里木河水量为 $19.37 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比规定的年输水量 $9.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $10.37 \times 10^8 \text{ m}^3$, 增加 115%。阿恰站是四条源流之一的开都—孔雀河入塔里木河下游灌区的径流节点控制站, 2005 年径流量为 $2.910 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比规定的年输水量 $4.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 少 $1.59 \times 10^8 \text{ m}^3$, 减少 35.3%。

阿拉尔站以上的阿克苏河、叶尔羌河、和田河 3 条源流出山口天然径流量为 $236.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 区间总耗水量 $182.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 入塔里木河水量为 $53.97 \times 10^8 \text{ m}^3$, 为规定年度输水量 $46.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的

表 3 塔里木河流域 2005 年四条源流入塔里木河水量

Table 3 Streamflow from four source streams to mainstream in Tarim River basin, 2005

源 流	出山口天然 径流量/ 10^8m^3	区间耗水量 / 10^8m^3	入塔里木河 水量/ 10^8m^3	规定年输水量 / 10^8m^3	完成规定 输水量/%	多输水量(+) 少输水量(-)
阿克苏河	98.62	66.56	32.06	34.2	93.7	- 2.14
叶尔羌河	82.28	79.74	2.538	3.3	76.9	- 0.762
和田河	55.39	36.02	19.37	9.0	215	+ 10.37
3 条源流小计	236.3	182.3	53.97	46.5	116	+ 7.47
开都-孔雀河	35.81	34.31	2.910	4.5	64.7	- 1.59
4 条源流合计	272.1	216.6	56.88	51.0	111	+ 5.88

注：四条源流入塔里木河水量控制节点：1、阿克苏河：新大河依玛帕夏站大河断面，老大河巴吾吐拉克站排冰渠；2、叶尔羌河：黑尼牙孜站；3、和田河：肖塔站；4、开都-孔雀河：阿恰站。

116%，多输水 $7.47 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。
2005 年四条源流入塔里木河干流总水量为 $56.88 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占四条源流出山口天然径流总量的 25.3%，按近期综合治理目标的要求，比年输水量 $51.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 多 $5.88 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，完成输水量的 111%。从四条源流总体讲超额完成了向塔里木河干流的输水任务(表 3)。

从 8 月 30 日至 11 月 2 日历时 65d 的第七次第二阶段向塔里木河下游生态应急输水，开始从大西海子水库向台特玛湖输水，改变了以往从博斯腾湖调水的历史。这次输水是经过工程调剂和全流域水资源统一调度后，从塔里木河自身向下游输水，是由博斯腾湖输水到塔里木河自身向下游输水转变的一个新起点。这次输水本身就是近年来塔里木河流域治理取得阶段性成果。

5 四条源流净入塔里木河干流水量的年代际变化

5.1 治理前各源流对干流水量贡献

4 源流对干流水量贡献在减少，而阿克苏河对干流贡献的水量在增加(表 4)，特别在 1990 年代天

山河流水量偏丰的情况下，4 源流对干流的供水量减少到 20% 以下，阿拉尔站的年径流量减少了仅 $3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，也是造成塔里木河下游缺水 and 生态退化的主要原因^[10]。

四源流净入塔里木河水量 40 a 来呈减少趋势^[4]，由 20 世纪 50 年代的 $60.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少到 90 年代的 $43.54 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，减少 $16.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，平均每年减少 $3840 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；减少率大于增加率，这是生态环境恶化的具体反映(表 5)。

5.2 四条源流平原区丰、平、枯水年区间耗水量分析

(1) 治理前，4 源流在平原都发展有灌溉绿洲，消耗水量直接影响着流入干流的水量。现从 1956—1998 年 43 a 实测水文系列分析得出如下结论(表 6)。其中，丰水年四条源流区间耗水量大于多年平均值 $177.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，在 $225.4 \times 10^8 \sim 241.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之间，比多年平均多 $47.5 \times 10^8 \sim 63.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，约占高出多年平均值的 26.7%~35.5%。平水年四条源流区间耗水量接近多年平均值 $177.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，在 $174.0 \times 10^8 \sim 176.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之间，略比多年平均值少 $1.8 \times 10^8 \sim 3.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占多年平

表 4 四源流各年代对塔里木河干流供水量

Table 4 Decade mean annual streamflow from four source streams to mainstream in Tarim River basin

各年代	出山口径流量 / 10^8m^3	对干流的供水量 / 10^8m^3	占源流径流量 /%	占干流多年平均 /%	阿克苏河对干流供水 /%
1950	216.0	59.30	27.5	126	58.8
1960	221.6	62.03	28.0	132	68.5
1970	225.8	51.91	23.0	110	67.1
1980	216.8	47.70	22.0	101	73.7
1990	241.9	43.54	18.0	92.6	71.7

表 5 塔里木河流域四条源流年代际净入塔里木河干流水量					
Table 5 Decade mean annual streamflow from four source streams to mainstream of the Tarim River					
年代	水系	出山口天然径流量 / 10 ⁸ m ³	净入塔里木河水量 / 10 ⁸ m ³	净入水量占该河 百分比/ %	占多年平均入塔 河水量/ %
50	阿克苏河	(66. 74)	34. 84	52. 2	126
	叶尔羌河	(64. 10)	6. 00	9. 4	
	和田河	(47. 17)	13. 13	27. 8	
	开都河 孔雀河	(38. 04)	0. 00	0. 00	
	合计	(216. 0)	59. 30	27. 5	
60	阿克苏河	79. 34	42. 48	53. 5	132
	叶尔羌河	64. 16	2. 41	3. 8	
	和田河	45. 43	11. 19	24. 6	
	开都河 孔雀河	32. 59	0. 00	0. 00	
	合计	221. 6	62. 03	27. 99	
70	阿克苏河	77. 50	34. 84	45. 0	110
	叶尔羌河	67. 54	2. 23	3. 3	
	和田河	47. 44	11. 82	24. 9	
	开都河 孔雀河	32. 25	0. 00	0. 00	
	合计	225. 8	51. 91	22. 99	
80	阿克苏河	78. 35	35. 16	44. 9	101
	叶尔羌河	64. 07	0. 31	0. 5	
	和田河	43. 48	10. 75	24. 7	
	开都河 孔雀河	30. 92	1. 48	4. 8	
	合计	216. 8	47. 70	22. 0	
90	阿克苏河	92. 36	34. 03	36. 8	92. 6
	叶尔羌河	69. 16	0. 37	0. 5	
	和田河	42. 77	8. 65	20. 2	
	开都河 孔雀河	37. 19	0. 488	1. 30	
	合计	241. 9	43. 54	18. 0	
多年平均	阿克苏河	80. 6	33. 71	41. 8	
	叶尔羌河	65. 79	1. 631	2. 5	
	和田河	45. 04	10. 67	23. 7	
	开都河 孔雀河	33. 50	1. 021	3. 0	
	合计	224. 9	47. 03	20. 9	

均值的 1.0% ~ 2.2%。枯水年四条源流区间耗水量比多年平均值 $177.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 要小, 在 $142.1 \times 10^8 \sim 154.1 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比多年平均少 $23.8 \times 10^8 \sim 35.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占多年平均值的 13.4% ~ 20.1%。

(2) 在 2001—2005 年实施“塔里木河流域近期综合治理”项目期间, 除 2004 年四源流出山口径流量为平水年外, 其余 4 a 为丰水年和偏丰水年。其

中, 丰水年区间耗水量均大于多年平均值 $177.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, 在 $215.2 \times 10^8 \sim 217.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之间, 比多年平均多 $37.3 \times 10^8 \sim 39.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占多年平均值的 21.0% ~ 22.4%。偏丰水年区间耗水量大于多年平均值 $177.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, 在 $211.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, 多 $33.7 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占多年平均值的 18.9%。

(3) 丰水期四条源流区间耗水量增加的成因主

表 6 塔里木河流域四条源流丰、平、枯水年区间耗水量

Table 6 Interzone consume water for different hydrological year in four source rivers of the Tarim River

序号	年份	四条源流出山		四条源流 区间耗水量	四条源流入 塔里木河水量	水资源 利用率/ %	2005 年与多年平均耗水量比较	
		口径流量 /10 ⁸ m ³	年景				多(+) 少(-)	百分率/ %
1	1994	304. 1	丰水年	241. 0	63. 12	79. 3	+ 63. 1	+ 35. 5
2	1999	276. 1	丰水年	225. 4	50. 69	81. 6	+ 47. 5	+ 26. 7
3	1960	223. 7	平水年	174. 0	49. 70	77. 8	- 3. 9	- 2. 2
4	1968	224. 2	平水年	176. 1	48. 07	78. 5	- 1. 8	- 1. 0
5	1965	176. 8	枯水年	142. 1	34. 75	80. 4	- 35. 8	- 20. 1
6	1993	182. 3	枯水年	154. 1	28. 24	84. 5	- 23. 8	- 13. 4
7	2001	266. 5	丰水年	217. 7	48. 79	81. 7	+ 39. 8	+ 22. 4
8	2002	273. 9	丰水年	217. 4	56. 48	79. 4	+ 39. 5	+ 22. 2
9	2003	259. 7	偏丰年	211. 6	48. 08	81. 5	+ 33. 7	+ 18. 9
10	2004	224. 0	平水年	196. 3	27. 72	87. 6	+ 18. 4	+ 10. 3
11	2005	272. 1	丰水年	215. 2	56. 88	79. 1	+ 37. 3	+ 21. 0
1956—1998 年 43 a 平均值		224. 9	平均年	177. 9	47. 03	79. 1		

注: 1. 序号 1~ 6 在 1956—1998 年 43 a 水文系列中丰、平、枯水年各选 2 个典型年; 2. 序号 7~ 11 为 2001—2005 年实施“塔里木河流域近期综合治理”项目的年份.

要是由于源流下游河道未进行系统疏浚工程, 水道断面小过水能力差, 丰水年洪水漫溢严重, 造成区间耗水量增加, 即将开工建设的和田河与叶尔羌河下游河道疏浚工程, 会解决这一问题. 除了灌区用水定额高达 12 000~ 15 000 m³ · hm⁻² 外, 一定程度上也增加了工业供水、农林灌溉和生态林草的耗水.

6 实施近期治理四源流对干流供水情势

6.1 近期综合治理规划源流泄放水量的要求

根据国务院 2001 年 6 月 27 日批复的《塔里木河流域近期综合治理规划报告》^[1], 从 2001 年起开始实施综合治理, 规划塔里木河干流和与干流有地表水联系阿克苏河、叶尔羌河、和田河、开都河-孔雀河, 通过源流灌区工程改造, 节约用水, 干流河道治理、退耕封育保护、流域水资源统一管理和调度等措措施, 增加各源流汇入塔里木河的水量, 保证大西海子生态水量指标. 即在多年平均来水条件下, 到 2005 年塔里木河干流阿拉尔来水量达到 46. 5 × 10⁸ m³ (其中阿克苏河、叶尔羌河、和田河进入干流水量分别为 34. 2 × 10⁸ m³、3. 3 × 10⁸ m³、9 × 10⁸ m³), 开都河-孔雀河向干流输水 4. 5 × 10⁸ m³,

大西海子断面下泄水量 3. 5 × 10⁸ m³, 水流到达台特玛湖, 使塔里木河干流上中游林草植被得到有效保护和恢复, 下游生态环境得到初步改善.

6.2 2001—2005 年四条源流输入干流水量

四条源流出山口天然来水量 5 a 平均为仍属偏丰水年情景, 大于多年平均值. 根据治理规划多年平均要求, 只有和田河超额 2. 35 × 10⁸ m³ 完成输水任务, 其余 3 条源流未达到要求, 其中: 阿克苏河少输水 2. 70 × 10⁸ m³, 偏少 7. 9%; 叶尔羌河少输水 2. 69 × 10⁸ m³, 偏少 81. 5%, 在 5 a 中只有 2001 年和 2005 年有水输入干流, 而 2002—2004 年断流无水输入; 在阿拉尔站以上 3 条源流少输水 3. 04 × 10⁸ m³, 偏少 6. 5%. 开都河-孔雀河少输水 1. 52 × 10⁸ m³, 偏少 33. 8%. 四条源流合计少输水 4. 56 × 10⁸ m³, 偏少 8. 9%; 大西海子水库少下泄 0. 43 × 10⁸ m³, 偏少 12. 3% (表 7).

7 塔里木河流域生态环境建设

7.1 保障生态用水比例

国际公认的从河道引水水资源开发比例为 40%, 超过 40% 就会给江河带来严重的生态灾难. 塔里木河流域地处内陆干旱区, 全长 1 321 km 的

表 7 塔里木河流域四条源流 2001—2005 年入塔里木河干流输水

Table 7 Streamflow from four source rivers to mainstream of the Tarim River during 2001—2005

序号	水系	近期综合治理年度向干流输水量/ 10 ⁸ m ³						年度应输水量	
		2001	2002	2003	2004	2005	合计	平均	
1	阿克苏河	26. 42	43. 90	31. 28	23. 83	32. 06	157. 5	31. 5	34. 2
2	叶尔羌河	0. 5334	0	0	0	2. 538	3. 071	0. 614	3. 3
3	和田河	13. 71	8. 580	12. 80	2. 30	19. 37	56. 76	11. 35	9. 0
	3条源流合计	40. 66	52. 48	44. 08	26. 13	53. 97	217. 3	43. 46	46. 5
4	开都河-孔雀河	5. 18	2. 339	3. 58	0. 890	2. 910	14. 90	2. 98	4. 5
	4条源流合计	45. 84	54. 82	47. 66	27. 02	56. 88	132. 2	46. 44	51. 0
	年景	丰水	丰水	偏丰	平水	丰水		偏丰	
	大西海子水库下泄	4. 733	3. 313	3. 455	1. 020	2. 820	15. 34	3. 07	3. 5

塔里木河干流自身不产水，且又是一条耗散型河流，林草面积达 142. 1 × 10⁴ hm²，占塔里木河流域“四源一干”(平原区)林草面积的 35%，全靠四条源流的补给维系其生态环境。目前，四条源流的水资源开发利用比例已接近 80%，致使输入塔里木河干流的水量仅占四条源流出山口天然径流量的 22. 3%。有关专家建议，需要留够 50% 的水保生态，维系沙漠地区的河流生态系统和生物多样性保护。

7.2 强化政策措施，改善流域生态环境

(1) 塔里木河流域应制定全面的流域治理规划，综合治理本着“控制源流，治理上游，改造中游，维护下游”的原则，以生态系统建设为根本，农业开发、经济开发必须服从生态安全。以水资源的合理配置为核心，加强流域水资源统一管理和调度，实行严格的用水监督管理；压缩平原水库减少蒸发；兴建山区控制性水库，提高流域水资源合理配置的调控能力；在源流区以农业节水为重点，新增各级防渗渠道，完成田间配套工程面积；在干流区以河道疏浚整治为重点，修筑干流两岸输水堤防，疏浚干流河道，兴建护岸和控导工程，积极稳妥地进行流域经济结构调整，实施退耕还林还草，完成荒漠林封育，草地改良，治理塔里木河一系列措施生效后，流域天然植被改善面积可达 130 × 10⁴ hm²，下游生态系统将得到初步恢复。每年有 3. 5 × 10⁸ m³ 水输向台特玛湖。

(2) 在工程措施上，以源流建设山区控制性大型水库，解决整个流域水资源调配能力和防洪能力，逐步替代平原水库，对现有平原水库，除保留少数库容大水深深的作为反调节水库外，其余逐步废弃；加强源流对干流输水骨干工程建设和管理，

逐步完善干流上、中段河道疏导、两岸堤防、护岸工程建设，对灌区排水干渠引流改造，减少对干流的水体污染；下游治理的关键是把大西海子水库退出农业灌溉系统、恢复下游河道本来面貌，进行河道恢复和整治。

(3) 在宏观水量控制管理上，明确塔里木河干流是一条生态河流理念，采用行政手段坚决执行塔里木河流域水利委员会关于 4 条源流在多年平均来水条件下，每年保持 51. 0 × 10⁸ m³ 水量补给塔里木河，其中：阿克苏河 34. 2 × 10⁸ m³，叶尔羌河 3. 3 × 10⁸ m³，和田河 9. 0 × 10⁸ m³，开都河-孔雀河 4. 5 × 10⁸ m³；建议并制定不同保证率水平(丰水年 P = 10%、偏丰水年 P = 20%、偏枯水年 P = 75% 和枯水年 P = 90%) 来水年各源流对干流的输水量方案，并尽可能增加丰水年对干流输水贡献量；对各源流区输水量贡献按年度累计给予奖罚或补偿，实行目标责任制。

(4) 从经济上根据社会稳定的基础，对水价逐步进行调整，逐步实施水资源分质论价、鼓励节水和实用劣质水，同时总量控制排污，并加收排污费。

(5) 加强科技手段，实施生态环境监测，增加投入和经费支持，建立长效机制，掌握生态环境演变规律，定期实行全流域治理的环境效应评估，消除负效应，为综合治理提供科学依据。同时，加快塔里木河信息化建设，以信息化带动水利现代化，在水利现代化建设增加科学含量。加强水文监测系统和信息化网络系统建设，形成包括地表水、地下水、水量、水质、生态的监测。建立 3S 系统〔地理信息系统(GIS)、遥感监测系统(RS)、决策支持系统(DSS)〕，为流域水资源统一管理和调度，水资源

优化配置和综合治理服务.

参考文献(References):

- [1] The Government of The Xinjiang Uygur Autonomous Region and the Minister of Water Resources of PR China. A Planning Report for Immediate Comprehensive Improvement to the Tarim River Basin [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2002. [新疆维吾尔自治区人民政府, 中华人民共和国水利部. 塔里木河流域近期综合治理规划报告[M]. 北京: 中国水利水电出版社. 2002.]
- [2] Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruji. Preliminary study on single, impact and foreground of climatic sgift from warm-dry to warm-humid in Northwest China[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, **24**(3): 219- 226. [施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, **24**(3): 219- 226.]
- [3] Wang Shunde, Li Hongde, Xu Zerui, *et al.* Flood detention region in the middle reaches of Tarim River mainstream and its impact on ecological environments[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, **25**(6): 712- 718. [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.]
- [4] Wang Shunde, Wang Yanguo, Wang Jing, *et al.* Change of climate and hydrology in the Tarim River Basin during past 40 years and their impact[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, **25**(3): 315- 320. [王顺德, 王彦国, 王进, 等. 塔里木河流域近 40a 来气候、水文变化及其影响[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(3): 315- 320.]
- [5] Wang Yanguo, Yan Yuhong, Adili Azizi, *et al.* Assessment on the water environment change of the Tarim River basin in recent 50 years[C]//Proceedings of 2nd International Symposium on the West Exploitation and Sustainable Development. Ürümqi: Xinjiang Peoples Publishing House, 2005: 178 - 184. [王彦国, 严宇洪, 阿迪力·艾则孜, 等. 50a 来塔里木河流域水环境变化评估[C]// 第二届西部开发与可持续发展国际学术研讨会论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2005: 178- 184.]
- [6] Mao Weiyi, Chen Chao, Duan Jianjun, *et al.* Streamflow regime of four source streams and mainstream of Tarim River, Xinjiang, in 2002[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, **26**(4): 488- 495. [毛伟峰, 陈潮, 段建军, 等. 2002 年塔里木河流域“四源一干”地表径流情势[J]. 冰川冻土, 2004, **26**(4): 488- 495.]
- [7] Wang Shunde, Zhang Hong, Wei Lin, *et al.* Streamflow Variations of Four Source Rivers and Mainstream of Tarim River, Xinjiang and Transfer Water Course in 2003[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, **27**(5): 715- 721. [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.]
- [8] Wang Shunde, Li Hongde, Hu Linjin, *et al.* Interzone water consumption from four source streams to mainstream of Tarim River, Xinjiang, in 2002[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, **26**(4): 496- 502. [王顺德, 李红德, 胡林金, 等. 2002 年塔里木河流域四条源流区间耗水分析[J]. 冰川冻土, 2004, **26**(4): 496- 502.]
- [9] Adili Azizi, Wang Jianwen, Zhang Jiangang, *et al.* Streamflow regime of four source rivers and mainstream of Tarim River, Xinjiang and transfer water course in 2004[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006, **28**(6): 931- 940. [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.]
- [10] Wu Sufen, Han Ping, Li Yan, *et al.* Predicted variation tendency of the water resources in the headwaters of the Tarim River [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, **25**(6): 708- 711. [吴素芬, 韩萍, 李燕, 等. 塔里木河源流水资源变化趋势预测[J]. 冰川冻土, 2003, **25**(6): 708- 711.]
- [11] Shen Yongping, Wang Shunde, Wang Guoya, *et al.* Response of glacier flash flood to global warming in Tarim River Basin [J]. Advances in Climate Change, 2006, **2**(1): 32- 35. [沈永平, 王顺德, 王国亚, 等. 塔里木河流域冰川洪水对全球变暖的响应[J]. 气候变化研究进展, 2006, **2**(1): 32- 35.]

Analysis of Streamflow from Four Source Rivers to Mainstream of the Tarim River, 2005

XIE Furming¹, MAO Weiyi², ZHANG Jianguang³, GAO Qianzhao⁴,
SHEN Yongping⁴, WANG Jin⁵, WANG Shunde⁵

(1. Administrative Bureau of Jingou River Basin, Shawan Xinjiang 832100, China; 2. Xinjiang Climate Center, Ürümqi Xinjiang 843000, China; 3. Administrative Bureau of Tarim River Basin, Kora Xinjiang 841000, China; 4. Cold and Arid Region Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China; 5. Aksu Hydrology and Water Resource Bureau, Aksu Xinjiang 843000, China)

Abstract: In 2005, annual virgin flow of $272.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ from four mountains basins of Aksu, Hotan, Yarkant and Kaidu-Konque Rivers drain into the Tarim Basin, more $47.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ than average annual streamflow of $224.9 \times 10^8 \text{ m}^3$, increasing by 21%, is an abundant hydrological year. The total annual runoff from the four source rivers in 2005 ranked by No. 5 in last 49 years series of 1957–2005. The runoffs in Aksu, Hotan, and Yarkant Rivers in 2005 are a wet year, increasing range of 22% ~ 25% by compared to the mean annual runoff, and the Kaidu-Konque River is a normal year in 2005. The annual total virgin flow of Aksu, Hotan and Yarkant Rivers above the Aler gauging station are $236.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ from the mountains basins, and of the Kaidu-Konque River from Tianshan Mountains $35.81 \times 10^8 \text{ m}^3$. The total discharge of the four source rivers into Tarim River is $56.88 \times 10^8 \text{ m}^3$ in 2005, which three tributary river systems (Aksu, Hotan and Yarkant) contributes $53.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ flows to the Tarim River. Most of this water is consumptively used before reaching the cor

fluence, total consumptive water of four source streams sum up $216.6 \times 10^8 \text{ m}^3$, occupy up 79.6% of annual virgin flow from mountains basin. The proportion of consumed water of upper, middle and downstream occupy the whole consumed water of Tarim River mainstream comparing with their own woodland proportion respectively, the proportion of consumed water was more in the upper stream course, was a little in the middle streams course, and was correspond in the lower course. Water quantity has been drastically reduced and water quality has deteriorated dramatically in the lower reaches of the Tarim River which have negatively impacted irrigated agriculture and pasture lands. Based on the comprehensive governance project of the Tarim River at present, we still need a long-term comprehensive plan for the Tarim river basin to the ecosystem building as a fundamental engineering, by the macro-regulation of water resources management, economic and technological means, and to ensure sustainable water resources development and utilization of the Tarim River

Key words: runoff from source rivers; streamflow to mainstream; hydrological regimes; Tarim River Basin; 2005