

## 新疆和田河地表径流模拟

TV121.2

黄领梅<sup>1</sup>, 沈冰<sup>1</sup>, 汪志荣<sup>1</sup>, 秦胜英<sup>2</sup>, 尹如洪<sup>2</sup>

TV121.4

(1 西安理工大学 水电学院, 陕西 西安 710048;

2 新疆和田地区世界银行项目执行办公室, 新疆 和田 842000)

**[摘要]** 介绍了径流模型(水量平衡模型)及其参数率定方法, 并根据和田河的基本特征, 模拟了其1971~1995年逐月径流过程。模拟结果与实测序列拟和良好, 精度较高。在模拟基础上提出了估算和田河沙漠河段水量损失的新方法, 经实测资料对比, 较以往采用的经验方法精度高, 且应用灵活。

**[关键词]** 水量平衡模型; 率定; 沙漠河段水量损失、和田河、水循环、系数率定

**[中图分类号]** TV121<sup>+</sup>.2; TV121<sup>+</sup>.4 **[文献标识码]** A

新疆和田河发源于喀喇昆仑山北麓, 灌溉和田绿洲后, 自南向北纵贯塔克拉玛干大沙漠汇入塔里木河, 成为塔里木河的三大源流之一。目前, 和田河平均每年向塔里木河输水10.4亿m<sup>3</sup>, 浇灌着塔克拉玛干沙漠中的绿色走廊, 对南疆开发具有重要的生态意义和交通意义。模拟和田河地表径流情势, 对于认识干旱区人类经济活动对水循环的影响有重要的理论意义; 对于分析区域水资源供需状况, 制定合理开发利用规划, 以确定工农业生产发展总体规模和保护生态环境, 也有重要的实际价值。

## 1 流域概况

和田河有东西2条支流, 东支玉龙喀什河, 长504 km, 离河源315 km的出山口设有同古孜洛克水文站(以下简称同站); 西支喀拉喀什河, 长808 km, 离河源600 km的出山口设有乌鲁瓦提水文站(以下简称乌站)。两支流于阔什拉什汇合后, 称和田河, 长319 km, 距汇入塔里木河16 km处设有肖塔水文站<sup>[2]</sup>。依据1971~1995年实测资料统计, 和田河及其支流的水文特征见表1。同站、乌站和肖塔站的年均径流量分别为21.5, 21.4, 10.4亿m<sup>3</sup>。玉龙喀什河和喀拉喀什河属融雪融冰补给型河流, 其补给量分别为总补给量的64.9%和54.1%。两支流的径流年际变化不大, 年内分配不均, 水量多集中在6~8月。和田河在山前冲积平原区以下, 降雨稀少, 年降雨量为5.4~89.6 mm。河道水面蒸发剧烈, 年蒸发量高达2 159~3 137 mm。河道渗漏损失严重, 尤其是和田河干流沙漠段。

表1 和田河及其支流的水文特征

m<sup>3</sup>/s

| 测站名称 | 月平均流量 |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |      | 年均流量 |
|------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|
|      | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7   | 8   | 9    | 10   | 11   | 12   |      |
| 乌站   | 9.54  | 10.8 | 13.2 | 21.2 | 48.9 | 124  | 241 | 225 | 69.7 | 23.8 | 16.3 | 11.6 | 67.9 |
| 同站   | 7.66  | 7.56 | 8.39 | 12.2 | 30.2 | 105  | 282 | 264 | 66.7 | 16.5 | 10.3 | 8.80 | 68.1 |
| 肖塔   | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 132 | 219 | 45.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 33.0 |

• [收稿日期] 1999-06-17

[基金项目] 塔里木盆地世界银行贷款项目(塔里木盆地水盐平衡研究)

[作者简介] 黄领梅(1972-), 女, 西安理工大学硕士。

## 2 水量平衡模型结构及参数率定

水量平衡模型<sup>[3]</sup>用来模拟探讨流域、水库、灌区引水及排水等的动态变化,了解其供需状况及变化趋势。该模型是根据塔里木盆地特有的水文循环特征建立的。

### 2.1 模型结构

水量平衡模型由河流、水库、灌区和地下水模块组成,各模块相互联系以模拟复杂的灌溉引水、退水河段的径流过程。这是一个分布性参数模型,模拟单元划分如图 1 所示。

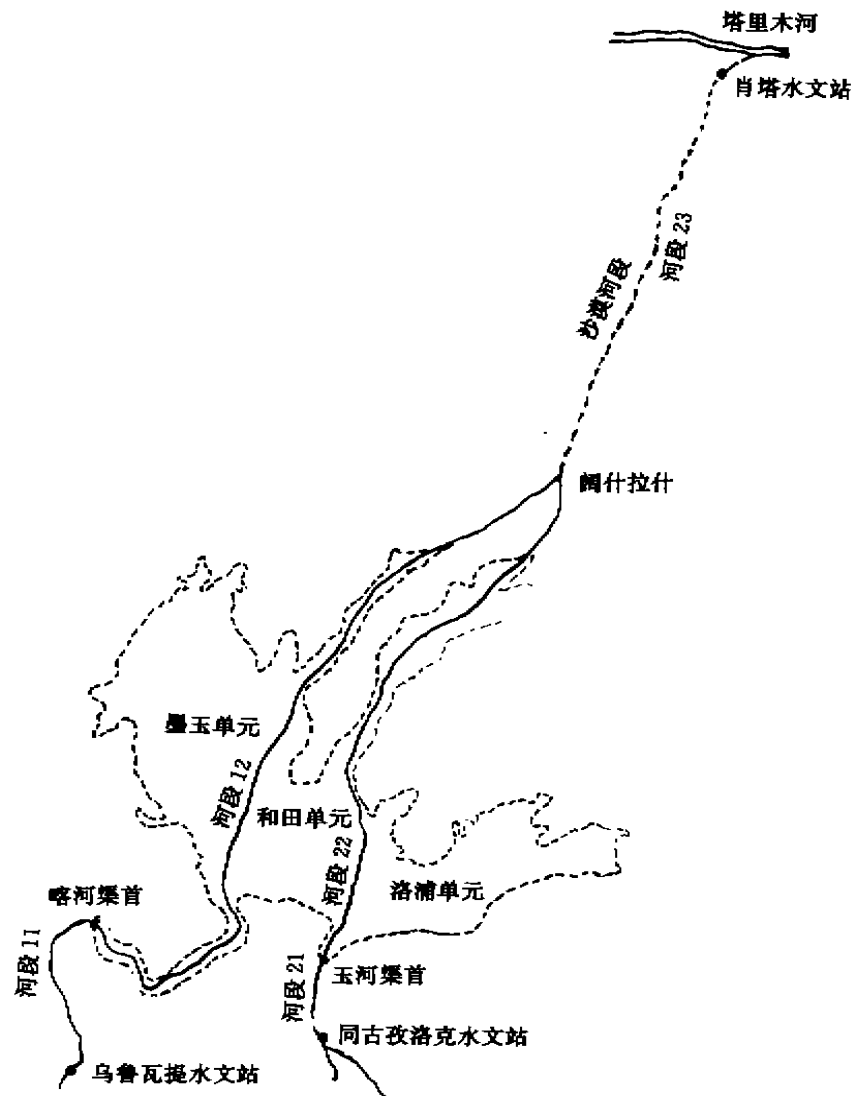


图 1 水量平衡模拟单元与河段划分示意图

本文重点介绍河流模块,其余模块以及他们与河流模块的联系将另文阐述。河流模块基本原理是河段水量平衡,如图 2 所示。

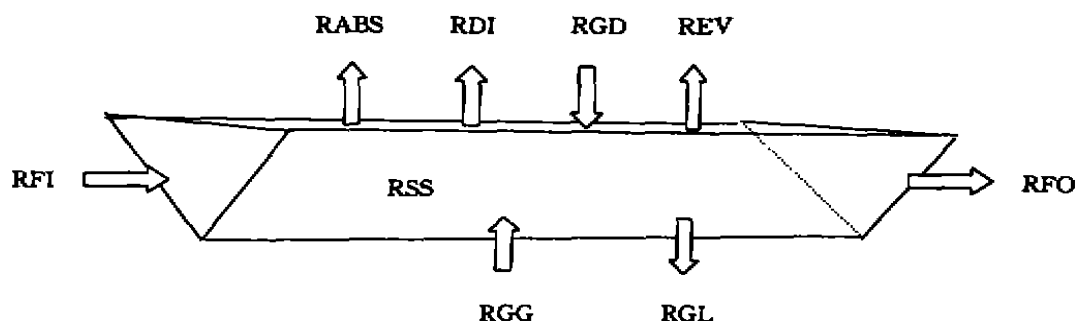


图2 河段水量平衡示意图

图2中,RFI和RFO分别为河段的人流量与出流量,RDI为灌溉引水量,RABS为向外区域输送水量,REV为河段水面蒸发量,RGG为地下水补给河段水量,RGL为河段渗漏补给地下水水量,RGD为回归河段水量,RSS为河段蓄水变化量。因此,水量平衡方程为:

$$RFO = RFI + RGG + RGD - REV - RGL - RABS - RDI + RSS \quad (1)$$

和田河灌溉径流模拟涉及和田、洛浦、墨玉3个灌区,利用3个水文站、2个引水渠首和阔什拉什(两支流汇合处)作为节点,将河道划分成5个子河段。和田河的河系概况及子河段划分情况见图1。模型以月为计算时段,年为计算周期,分别模拟计算各个子河段的径流过程。

## 2.2 模型率定

各河段相互联系,因而可以连续模拟和田河从同站、乌站到肖塔站之间的河道月径流量变化过程,进而估计和田河干流沙漠段的水量损失。

借鉴塔里木河干流的经验<sup>[4]</sup>,经分析,河段宽度与河段入流量之间成乘幂关系,相关性较好。河段11与河段21的关系如式(2)、(3)。

$$B = 0.000\ 6\ Q^{0.809\ 4} \quad R^2 = 0.904\ 0 \quad (2)$$

$$B = 0.001\ 0\ Q^{0.780\ 8} \quad R^2 = 0.905\ 1 \quad (3)$$

其中, $B$ 表示河段宽度, $Q$ 表示河段入流量, $R$ 表示相关系数。

水面蒸发率依据和田地区气象站的多年实测记录。河段与地下水间的水量交换(RGG和RGL)依据地下水勘测<sup>[1]</sup>估计,并在模拟过程中适当调整。河段蓄水变化量(RSS)利用河长、河宽及相应的边坡系数确定。回归河段水量(RGD)利用实测资料或通过有经验的工程人员估计,在模型率定过程中适当调整。经多次率定参数和检验模型后,得到各河段的水量平衡模拟结果。

## 3 模拟结果与分析

在多次率定参数和检验模型后,得到各河段的水量平衡模拟结果。

### 3.1 水量平衡模拟

以和田河干流肖塔站的实测出流量为标准,模拟得到的和田河多年平均现状水量平衡如表2。

表 2 和田河多年平均现状水量平衡

| 河段  | 水量/亿 m <sup>3</sup> |       |      |      |      |      |      |      |       | 损失率/% |
|-----|---------------------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|     | RFI                 | RDI   | RABS | REV  | RGL  | RGG  | RGD  | RSS  | RFO   |       |
| 和田河 | 42.93               | 21.04 | 1.07 | 3.44 | 9.72 | 0.00 | 3.33 | 0.00 | 10.99 | 30.65 |
| 沙漠段 | 17.29               | 0.00  | 0.00 | 2.11 | 3.87 | 0.32 | 0.00 | 0.00 | 10.99 | 34.58 |

由表 2 可知,和田河平均每年有 13.16 亿 m<sup>3</sup> 水无效损失(蒸发与渗漏之和),占总入流量的 30.65%。其中沙漠河段的入流量是模拟计算得到的阔什拉什处的河段出流量,沙漠河段的出流量是肖塔站的计算流量。该河段水量损失为 5.98 亿 m<sup>3</sup>,占该河段总入流量的 34.58%,为和田河水量损失量的 45.44%。在非汛期期间,一般干流有入流,没有出流,所有的入流量通过蒸发和渗漏损失在干流河段。为减小损失,可以在阔什拉什附近采取一定的工程措施,将非汛期的下泄水量集中排放以确保下游河道水流延续,这将大为改观干流河段绿洲的生态环境。

### 3.2 实测与模拟径流过程比较

肖塔站模拟与实测月径流量比较,见图 3。

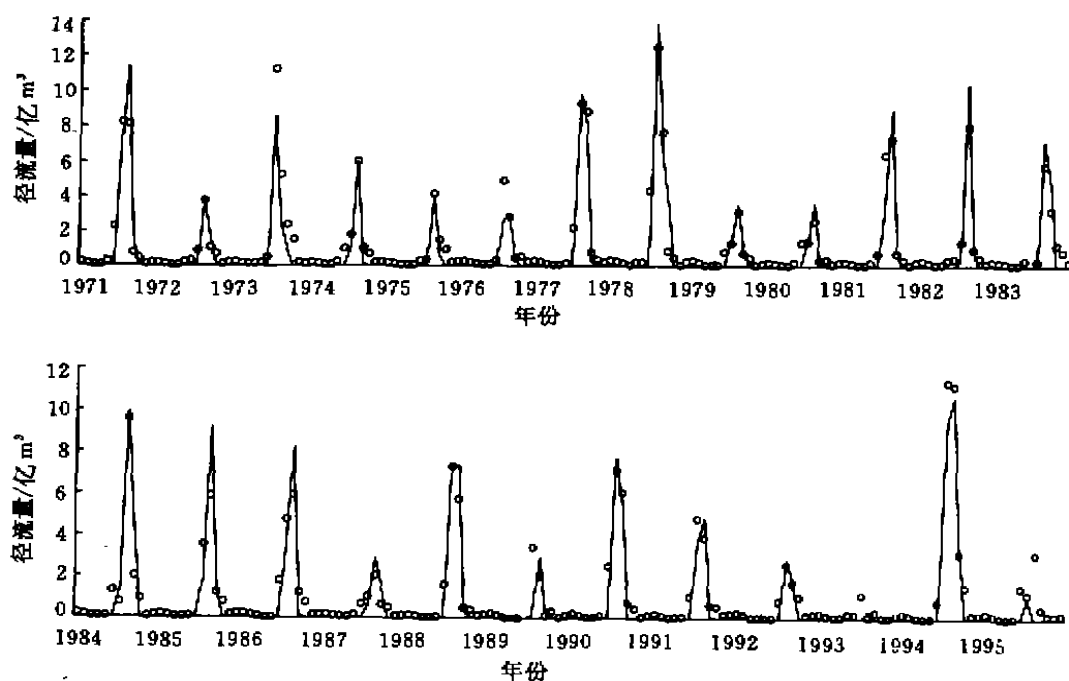


图 3 和田河肖塔站实测与模拟月径流量比较

○模拟;——实测

从图 3 可见,模拟结果满意。肖塔站 25 年的实测年平均径流量为 10.40 亿 m<sup>3</sup>,模拟值为 10.99 亿 m<sup>3</sup>,误差 5.67%。由模拟可知,新疆维吾尔自治区确定的和田河向塔里木河输水 10 亿 m<sup>3</sup> 的近期目标可以实现。

### 3.3 河段水量损失估计

利用该模型的模拟结果,还可以估计和田河干流段在不同下泄量时的河段损失量。由于阔什拉什附近没有水文站,难以建立沙漠段入流与损失的关系。以前的《和田河流域水资源规划报告》中,利用同时段的同站与乌站的水量之和再减去13亿 $\text{m}^3$ (同时段灌溉引水量)与肖塔站出流建立关系,制定出一个下泄水量与汇入塔里木河水量关系对照表。这种方法无形中加大了地表水的沿程损失量,同时忽略河段蓄水变化量,使得肖塔站的出流峰值偏小,与实测过程拟合不好。

用本模型可以较为准确地估计沙漠河段的水量损失。沙漠河段有出流时,地表水的损失主要是水面蒸发和河道下渗。水面蒸发与入流大小直接相关,尤其影响河宽。而河道下渗量也同样与入流关系密切。沙漠河段,河床颗粒细小,由细沙和淤泥组成,底宽多在1 km以上,最宽达4 km。加之沙漠中蒸发强烈,地下水位极低,因而河道水量损失严重。由于和田河汛期在阔什拉什以上的引水没有一定的规律可循,根据模型的模拟结果,对和田河干流沙漠段的入流与出流建立关系比较合理。沙漠河段的损失量(LOSS)关系如式(4)(单位:亿 $\text{m}^3/\text{s}$ ):

$$\text{LOSS} = \text{RFO} - (0.749\text{RFI} + 3.6771) \quad R^2 = 0.9177 \quad (4)$$

用模型的中间过程,还可以建立沙漠河段的入流与水量损失关系,如下式(5)(单位:亿 $\text{m}^3/\text{s}$ )。由于无法考虑河段蓄水变化量,所以式(5)相关系数与式(4)不同。但可利用式(5)粗略估计沙漠河段的水量损失(LOSS'):

$$\text{LOSS}' = 0.3452 \ln \text{RFI} + 0.4606 \quad R^2 = 0.8424 \quad (5)$$

### 3.4 模型模拟结果与报告估计出流量的比较

比较时段为6月下旬到9月中旬,以肖塔站实测数据为准,比较了两种方法得到的月径流的误差(表3)。由表3可知,模拟结果比报告中估算的精度要高。

表3 模型与‘报告’的肖塔站模拟结果误差比较表

| 年份 | 1971  | 1972  | 1973  | 1974  | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  | 1982  | 1983  |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 报告 | -0.18 | 0.20  | -0.84 | -1.00 | 0.09  | -0.13 | 0.05  | -0.04 | -0.21 | -0.27 | -0.03 | -0.24 | -0.34 |
| 模型 | -0.03 | 0.02  | 0.58  | 0.26  | 0.21  | 0.41  | 0.05  | -0.13 | -0.09 | -0.12 | 0.09  | -0.11 | -0.13 |
| 年份 | 1984  | 1985  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 总和    |
| 报告 | -0.22 | -0.16 | -0.24 | -0.28 | -0.23 | -0.26 | -0.14 | -0.29 | -0.18 | 1.30  | 0.14  | 2.24  | 0.17  |
| 模型 | -0.20 | -0.14 | 0.00  | -0.22 | -0.10 | 0.64  | 0.06  | 0.09  | -0.05 | -0.74 | 0.11  | 0.22  | 0.02  |

## 4 结 论

从和田河的水资源现状来看,来水能够满足灌区农业生产需要,但由于和田河流量受季节影响较大,冬、春季缺水严重,需采取工程措施来节水、开源和蓄水。通过模拟结果得到的和田河干流的蒸发渗漏损失,比以前直接利用下泄量与汇入塔里木河水量建立的关系得到的结果更合理。同时,和田河在近期内能够保证年均向塔里木河供水10亿 $\text{m}^3$ 的目标,以维持并改善塔里木河流域的生态环境。

## [参考文献]

- [1] 和田河流域水资源利用规划报告[R]. 水利电力部、新疆维吾尔自治区水利水电勘测设计院, 1992.
- [2] 程其峰. 塔里木河研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 1993.
- [3] J J van Wonderen. Manual of Water and Salt Balance Model, 1997.
- [4] 塔里木河干流水盐平衡研究[R]. 清华大学水利水电工程系、新疆塔里木河流域管理局, 1997.

## Surface runoff simulation of Hetian river in Xinjiang

HUANG Ling-mei<sup>1</sup>, SHEN Bing<sup>1</sup>, WANG Zhi-rong<sup>1</sup>,

QIN Sheng-ying<sup>2</sup>, YIN Ru-hong<sup>2</sup>

(1 *Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China;*

2 *Hetian Office of World Bank Project, Hetian, Xinjiang 842000, China*)

**Abstract:** The water balance model and the method of optimal parameter calibration are expounded and the monthly runoff is simulated from 1971—1995 according to the basic characters of Hetian River. The simulation results is of high accuracy. At the same time, a new way is provided for estimating the water loss of the dessert section whose accuracy is higher than the former experienced method and which is convenient for use.

**Key words:** water balance model; calibration; water loss of the desert river section