

那棱格勒河流域及尾闾盐湖水文循环 动力学模型的选择

王 涛,高东林,马海州,张明刚
(中国科学院青海盐湖研究所 青海 西宁 810008)

摘 要:流域水文模型的研制是水文科学中最重要的分支之一。其中包括集总式和分布式流域水文模型,分布式流域水文模型的种类很多,在我国的研究和应用比较普遍。那棱格勒河是柴达木盆地最大的一条河流,正确评价该河流的水文情况,对开发柴达木盆地盐湖资源具有十分重要的意义。应用分布式流域水文模型理论,对适用于那棱格勒河流域的水文循环动力学模型的类型进行选择,通过分析对比,选择出最适合本地区特殊条件的 TOPKAPI 模型,以便于探讨该地区水文循环的特点与规律,从而阐明盐湖区各类水体间的相互补给关系。

关键词: 那棱格勒河; 分布式流域水文模型; TOPKAPI

中图分类号: P641.464

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2006)04-0018-04

位于青藏高原北部的柴达木盆地,矿产资源十分丰富,尤其是盐湖资源遍布盆地各处,被誉为中国的“聚宝盆”。那棱格勒河流域为盆地内的最大流域,流域内的水文形态较为复杂,尤其是其尾闾东台吉乃尔、西台古乃尔和涩聂湖等盐湖受到各种水体及其循环规律的严格控制,要合理开发利用这些盐湖,就必须对该流域特别是那棱格勒河进行深入的研究了解。

1 流域水文数学模型的研究现状及进展

流域水文模型是水文科学研究中最重要的分支之一,是以水文系统为研究对象,根据降雨和径流在自然界的运动规律建立数学模型;利用电子计算机进行快速分析、数值模拟、图象显示和实时淤塞,阐明各种水体的存在、分布和循环及其物理和化学特性。就反映水流运动空间变化的能力而言,水文模型可分为集总式模型

和分布式模型两类。集总式模型的缺点是认为流域上的降水下渗、渗漏等都是相同和分布均匀的,这与实际情况不相符;因此目前多采用分布式模型进行模拟,成为研究流域水文状况和形态的主要手段之一。为了正确评价那棱格勒河流域各种水体水文形态及其循环规律,有必要先对分布式流域水文模型进行详细的研究和了解。近些年来,随着计算机的高速发展以及人们对水文系统物理过程的深入研究,加之遥感技术和地理信息系统的广泛应用,促使分布式水文模型的诞生和发展。尤其是人们对具有物理概念,并能结合水量、水质和与气候模式相耦合的应用模型的要求与日俱增;以及网格尺度上的数字高程、土壤和植被类型等资料的精度在不断提高,极大地推动了分布式流域水文模型的研制与应用。分布式水文模型是在系统水文模型和概念性水文模型的成功经验上发展而来的,代表着新一代流域水文模型的研究和发展方向。

收稿日期: 2006-04-07

基金项目: 中国科学院知识创新重要方向性项目(KZCX3-SW-346)

作者简介: 王 涛(1979-),男,陕西泾阳人,硕士研究生,主要从事水文地球化学方面的研究。

表 1 水文模型的方法对比

Table 1 Comparison of the hydrological modeling methods

| 模型分类 | SWAT 模型 | TOPMODEL 模型 | DTVGM 模型 | 新安江模型 | TOPKAPI 模型 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 简述 | 该模型具有很强的物理机制的长时段的流域分布式水文模型。可长期预测土壤管理措施对具有多种土壤、土地利用和管理条件的大面积复杂流域的水文、泥沙和农业化学物质产量的影响。 | TOPMODEL 模型是一个以地形为基础的半分布式流域水文模型, 在集总式和分布式流域水文模型之间起到了承上启下的作用。 | 该模型以 GIS/DEM 为基础, 提取陆地表面单元坡度、流向、水流路径和土地覆被等信息, 在 TVGM 的基础上加入了 DEM 划分的流域单元网格, 进行非线性产流计算。从而得到流域水文循环要素的时空分布特征以及流域出口端面的流量过程。 | 新安江模型是一个降雨径流流域模型, 可用于中国湿润地区与半湿润地区的水文预报工作, 也可用于无资料地区的时段径流量的连续模拟。 | TOPKAPI 模型是一个以物理概念为基础的分布式流域水文模型, 该模型通过几个非线性水库方程来描述流域—降雨径流过程中的水文、水力学过程, 其参数通过地形、土壤、植被或土地利用等资料来获取。 |
| 应用实例 | 对河南境内的洛河进行了模拟。 | 全球范围内选择了 6 个不同地域、不同气候条件的流域进行模拟。 | 对北京地区的潮河进行模拟研究。 | 对汉江襄河流域上游江口的日流量和次洪流量进行了模拟。 | 对淮河流域洪水模拟。 |
| 实例结果 | 月基流 B_2 为 0.76, E_{ns} 为 0.75, 模拟结果中月基流精度比较高。 | 除了一条流域外, 其他流域的模型效率系数 R_2 在率定和校核阶段都在 80% 以上, 模拟精度较高。 | 模型效率系数为 0.85, 水量完全平衡, 峰值误差在允许的误差范围内, 并且过程线也吻合的很好。 | 模拟结果日流量的效率系数绝大部分在 0.83 以上, 次洪流量模拟的效率系数都在 0.88 以上。 | 模型率定确定性系数为 0.894, 验证确定性系数为 0.844, 最大洪峰流量的计算误差分别为 10% 和 5%。 |
| 优缺点 | 在模拟高水流的月份时模拟结果往往偏大, 低水流时结果往往偏小。在实际校准时只对总径流校准, 基流因无实测资料而无法校准。 | 该模型的优点是结构简单, 优选参数少, 物理概念明确; 缺点是模型中假设径流过程为稳态的这个问题与实际不相符合。 | 模型简单而实用, 空间分布式信息与系统理论方法相结合 | 该模型的参数率定方法有两种: 人工试错法, 缺点为主观性太强; 传统的数学优化方法, 缺点是局部的优化方法。 | 可利用数字高程图、土地利用图、土壤分布图等信息识别模型结构和参数; 可用于较大空间尺度的流域。 |

我国的分布式水文模型研究的比较晚, 从 20 世纪 90 年代以来逐步重视起来, 并取得了重大的进展。1997 年, 黄平等提出了流域三维动态水文数值模型^[6]; 2000 年, 李兰等提出和建立了一种由各小流域产流模型、汇流模型、流域单宽入流和上游入流反演模型、河道洪水演进四大部分组成的分布式水文物理模型^[7]; 同年, 郭升练、熊立华等提出了一个基于 DEM 的

分布式流域水文物理模型^[8]; 2002 年夏军等将时变增益非线性水文系统 (TVGM) 与 DEM 结合, 建立了分布式时变增益水文模型 (DTVGM)^[9]; 2005 年, 张珂、李致家等借鉴其部分产流概念, 构建了一种基于 DEM 栅格和地形的分布式水文模型——GTOPMODEL (Grid-and-TOPgraphy-Based Hydrological MODEL)^[10]。现在就部分水文模型在我国的应用进行简单的总

结,结果如表 1,分布式流域水文模型的一般结构如图 1^[8~13]。

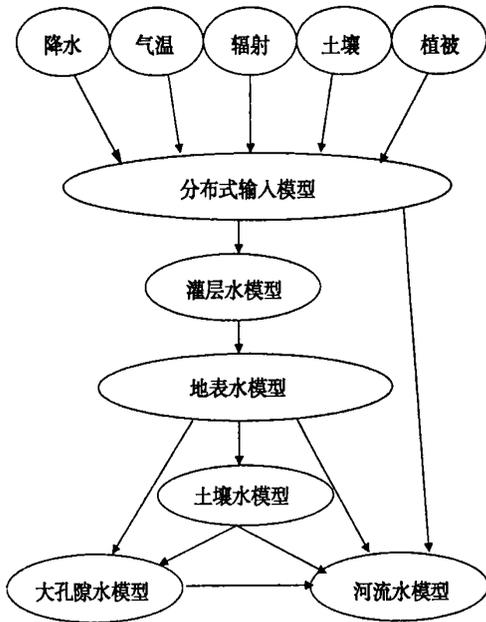


图 1 分布式流域水文模型的一般结构

Fig 1 Structure of the distributed hydrological model

2 柴达木盆地那棱格勒河流域概况

2.1 柴达木盆地概况

柴达木盆地地处青藏高原北部边缘,界于北纬 $35^{\circ}00' \sim 39^{\circ}20'$,东经 $90^{\circ}16' \sim 99^{\circ}16'$ 之间,沿着北西西—南东东方向延伸。东西约 800 km,南北约 300 km,总面积约 $257\,768\text{ km}^2$ 。^[3]盆地内的气候干旱寒冷,年平均降水量为 107.6 mm,且降水集中在 6、7、8 月份,而年平均蒸发量为 2 570.40 mm,是世界上蒸发量最大的地区之一。盆地内的河流均发源于周围高山,呈同心圆流向盆地中心的湖泊。由于四周的水文特征和地质条件不同,盆地内的河流的主要补给形式也不相同,主要有冰雪消融水、大气降水、基岩裂隙水等,南部山区的基岩裂隙水比较发育,河川径流主要以地下水补给为主,而西北部山区河流补给以冰雪消融水为主^[1~5]

2.2 那棱格勒河流域概况

那棱格勒河是柴达木盆地最大的一条河流。发源于昆仑山的布咯达坂山北坡的雪莲山,河源海拔为 5 598 m,位于盆地西南,由西南流向东北,最后进入台吉乃尔湖区。河流上游分布有冰川,面积约 774.63 km^2 ,年平均冰川融水量为 $3.072 \times 10^8\text{ m}^3$,占年径流的 29.7%。那棱格勒河流域的面积为 $20\,790\text{ km}^2$,河流长为 396 km,河道平均比降为 5.67%,多年平均净流深为 49.5 mm。虽然那棱格勒河山区河水量供给大,但是出山口后,有 60%~80% 的水量渗漏补给于山前平原地下水,只有少量河水流到下游,与台吉乃尔河汇流,进入东、西台吉乃尔湖中。在那棱格勒河冲洪积扇溢出带上,位于戈壁和细土带的交接处,由于地形坡度变缓,岩性颗粒变细,使得地下水位壅高,那棱格勒河的水流又从地下转入地上,形成了七八条集泉河,其中较大的就是台吉乃尔河和乌图美仁河。台吉乃尔河流入东、西台吉乃尔湖,乌图美仁河则流入察尔汗干盐湖的涩聂湖。

3 适合那棱格勒河流域水文模型的选择

由于那棱格勒河流域地处柴达木盆地之中,下游又为盐湖区,水文、气象情况比较复杂和特殊,前人对与此地自然气候条件相象的地区从未进行过水文模型的研究;因此,在建立模型之前很有必要对模型的选取进行讨论。

那棱格勒河流域周围人烟稀少,几乎为无人区。近年来由于对盐湖资源的开发,其下游修建了几座工厂,人们才开始把目光转向了那棱格勒河流域。因此,关于那棱格勒河流域的一切资料几乎为零。那棱格勒河流域尾间的水文模型研究的目的,是获取那棱格勒河尾间水文动力情况、各水体间的相互转化和流动过程,进行各条河流水量分配和洪水预报。因而在众多的分布式流域水文模型中,有必要选择一个既要适合本地区自然气候条件,又要满足我们研究目的要求的水文模型。经过分析、对比、研究,认为可以选用 TOPKAPI 模型对该地区进

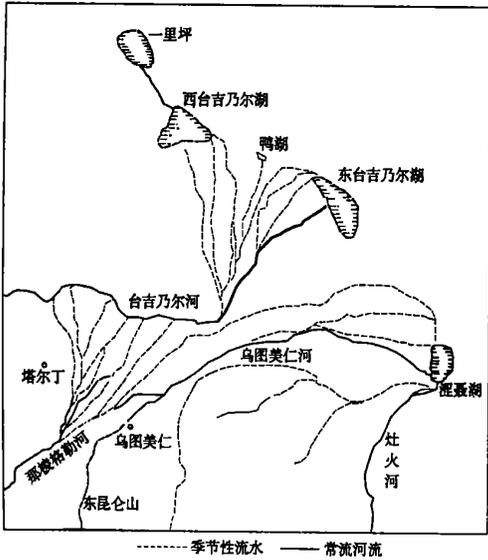


图2 那棱格勒河流域水系图示

Fig 2 Nalinggele river basin

行模拟。TOPKAPI 模型^[1]是以物理概念为基础的分布式流域水文模型,它通过几个非线性水库方程来对流域降雨—径流过程中的不同水文、水力学过程进行描述,所需要的参数可以在地形、土壤、植被或者土地利用等资料的基础上获得;更重要的是 TOPKAPI 模型可以应用到洪水预报、洪水极值分析、无资料地区洪水计算等方面;TOPKAPI 模型可以研究的流域可以是几十平方公里,也可以是几千平方公里。那棱格勒河流域包括冰川积雪的融化过程,因为地处干旱区,蒸散发强烈,并且有很长的一段距离为地下径流。TOPKAPI 模型可以模拟诸如融积雪、蒸散发、植物截流、上层非饱和区、下层非饱和区、地下径流、地面径流和河道径流等水文循环状况,表明 TOPKAPI 模型比较适合本地区的特殊条件。

4 结论

那棱格勒河及尾间盐湖区地处柴达木盆地内,属于干旱地区,流域内人烟稀少,有关该流域的气象、水文资料几乎为零;该流域的水文情况复杂,地下水与河水、盐湖卤水交错,各水体

间相互补给和循环的动态过程多变。因此,建立那棱格勒河流域分布式流域水文循环动力学模型,模拟各水体间相互补给和循环的动态过程,定量评价各条河流水量和洪水预报,合理开发利用不可再生的盐湖资源,具有重要的科学价值和现实意义。TOPKAPI 模型适合较大空间尺度的流域,且不影响模型和参数的物理意义,更重要的是适合对资料匮乏的流域进行洪水预报。该模型的选择与建立,除了符合该地区的自然条件外,也能为“盐湖盐体系动态过程与资源持续利用研究”提供必要基础。

参考文献:

- [1] 杨贵林,张静娴. 柴达木盆地水文特征[J]. 干旱区研究, 1996, 13(1): 7-15.
- [2] 李明明,李本亮,魏过齐,李景明. 柴达木盆地东部第四纪水文地质条件与生物气成藏[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 341-345.
- [3] 薛建军. 浅谈21世纪柴达木盆地水资源可持续利用与生态环境保护策略[J]. 西北水资源与水工程, 2003, 14(4): 58-60.
- [4] 周长进,董锁成. 柴达木盆地主要河流的水质研究及水环境保护[J]. 资源科学, 2002, 24(2): 37-41.
- [5] 陈建耀,墨至阻,成立. 柴达木盆地水资源信息系统研究[J]. 水科学进展, 2000, 11(1): 54-58.
- [6] 黄平,赵吉国. 流域分布型水文数学模型的研究及应用前景展望[J]. 水文, 1997, 17(5): 5-10.
- [7] 李兰,等. 流域水文数学物理耦合模型[A]. 朱尔明. 中国水利学会优秀论文集[C]. 北京: 中国三峡出版社, 2000. 322-329.
- [8] 郭生练,熊立华,等. 分布式流域水文物理模型的应用和检验[J]. 武汉大学学报(工学版), 2001, 34(1): 1-5.
- [9] 夏军,王纲胜,吕爱锋,谈戈. 分布式时变增益流域水循环模拟[J]. 地理科学进展, 2002, 21(6): 573-582.
- [10] 张珂,李致家,等. GTOPTMODEL 模型与 TOPMODEL 模型比较[J]. 河海大学学报, 2005, 33(5): 509-512.
- [11] 刘志宇,谢正辉. TOPKAPI 模型的改进及其在淮河流域洪水模拟中的应用研究[J]. 水文, 2003, 23(6): 1-7.
- [12] 朱求安,张万昌. 新安江模型在汉江江口流域的应用及适应性分析[J]. 水资源与水工程学报, 2004, 15(3): 19-23.
- [13] 熊立华,郭生练,胡彩虹. TOPMODEL 在流域径流模拟中的应用研究[J]. 水文, 2002, 22(5): 5-8.

(下转25页)

- 08 青海省柴达木盆地西部油田水资源评价及综合利用研究报告[R]. 西宁: 青海省地质调查院, 2006.
- [2] 青海省地质调查院. 国家重大基础研究 2002CC02400 青海省柴达木盆地西部油田水大含水层研究[R]. 西宁: 青海省地质调查院, 2004.
- [3] 黄汉纯, 等. 柴达木盆地地质与油气预测[M]. 北京: 地质出版社, 1996.

Study on the Characteristics and Influencing Factor for the Enrichment of Potassium, Lithium, and Boron in the Oil Field Waters of Western Qaidam Basin

FU Jian-long¹, WU Chan², SHU Shu-lan¹, SHI Tian-cheng¹, ZHANG Zhi-an¹
 (1. *Qinghai Geological Survey Institute, Xining 810012, China,*
 2. *Qinghai Science and Technology Commission, Xining 810000, China*)

Abstract: Through analysis of the distribution characteristics of oilfield waters of major formations in western Qaidam Basin, the enrichment specifics of the major components potassium, lithium, and boron were discussed. It is further pointed out that climatic environment and formation evolution are major influencing factor for the enrichment processes.

Key words: Oilfield water; Potassium; Boron; Lithium

(上接 21 页)

Distributed Hydrological Model for Nalinggele River and Salt Lakes in Its Lower Reaches

WANG Tao, GAO Dong-lin, MA Hai-zhou, ZHANG Ming-gang
 (*Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China*)

Abstract: Hydrological modeling is one of the most important branches in the hydrology science. The methods generally can be classified as lumped modelling and distributed modelling. Distributed modelling are extensively studied and applied in China. Nalinggele River is the largest river in Qaidam Basin. The accurate estimation and evaluation of the hydrological situation of the river is of great significance for the exploitation of salt lake resources in the basin. Based on theoretical investigation and comparison of the distributed models, the TOPKAPI model is deemed as the most suitable model for simulating the hydrological cycling kinetics of the river basin.

Key words: Nalinggele river; Distributed hydrological river; TOPKAPI model