

文章编号: 1001-8166(2008)07-0675-07

## 内陆河流域山区水文与生态研究\*

康尔泗<sup>1</sup>, 陈仁升<sup>1</sup>, 张智慧<sup>1,2</sup>, 吉喜斌<sup>1,2</sup>, 金博文<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所黑河生态水文与流域集成管理研究实验室, 甘肃 兰州 730000;  
2. 中国科学院临泽内陆河流域研究站, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**以河西走廊黑河干流山区流域为例,从山区水文循环、水文与生态系统以及径流形成和预测等方面讨论山区流域水文和生态相互作用研究的有关问题。山区降水的空间和时间分布规律和固态、液态降水组成变化主要受制于海拔和地形的影响,而不同海拔和地形条件下的下垫面不同土地覆被和复杂的空间异质性则主要影响蒸散发量。对内陆河山区流域的水文小循环的研究,有助于进一步研究和认识内陆河流域上、中、下游水文和生态系统的相互联系问题。至今,对山区水文过程与生态系统的相互作用问题的研究还非常薄弱,需要研究山区森林草地生态系统在山区水文循环中的作用以及在维持和保护山区生态和环境中的作用和意义。内陆河流域山区水文过程复杂而综合性强,须加强对山区径流形成机理的多学科交叉研究,不断改善出山径流对气候变化和人类活动响应过程的模拟和预测水平。

**关键词:**内陆河流域;山区;水文循环;水文过程;生态系统;响应和预测

**中图分类号:**P33      **文献标志码:**A

### 1 前言

干旱区内陆河流域上游山区形成的径流是供给中游和下游地区的水资源,维持着流域经济系统和生态系统的协调和发展,因此对山区水文过程的观测试验和研究一直是资源环境领域的研究重点。数十年来,我们在山区水文过程的观测和研究中,在认识径流形成和变化特征以及模拟研究方面已取得了长足的进展<sup>[1]</sup>,其中包括冰川径流形成的物理过程、积雪和冻土水文以及山区径流概念性水文模型等方面<sup>[2]</sup>。近年来,基于在高山草甸和山区森林草地的微气象和水文过程的观测,对SVAT系统能水通量进行了模拟研究<sup>[3]</sup>,建立了山区流域概念性分布式水文模型<sup>[4]</sup>,进而将SVAT模型与分布式水文模型相结合,建立了可与区域大气模型嵌套的

DWHC热水耦合分布式水文模型<sup>[5~7]</sup>,并且以大气模型和分布式水文模型相耦合的方式模拟了山区降水和产汇流过程<sup>[8]</sup>。然而,由于山区水热条件随海拔分布的差异受到复杂的地形条件和空间异质性极强的下垫面条件的影响和作用,产生了极其复杂的水文过程和与之相联系的生态过程,目前对这些过程的认识还十分有限<sup>[9]</sup>,而所建立的分布式水文模型及其和大气模型、SVAT模型的耦合仍处于研究和探索阶段。

内陆河流域山区水文过程是在多学科过程交叉和相互作用中实现的,包括冰川水文、冻土水文、积雪水文、土壤水文、森林水文、生态水文等边缘学科各种过程的综合作用而形成的山区流域的产流和汇流径流形成过程。因此,山区水文过程的研究能较好体现学科的综合和交叉。在国际上,Roger等<sup>[10]</sup>

\* 收稿日期:2008-05-05;修回日期:2008-06-10.

\* 基金项目:国家自然科学基金重点项目“黑河流域生态—水文过程研究集成”(编号:90702001);中国科学院知识创新工程重大项目“黑河流域水—生态—经济系统综合管理试验示范”(编号:KZCX1-09);中国科学院知识创新工程重要方向项目“黑河流域水循环与水资源管理研究”(编号:KZCX2-XB2-04)资助。

作者简介:康尔泗(1942-),男,四川会理人,研究员,博士,主要从事寒区和旱区水文和水资源研究. E-mail: eskang@lzb.ac.cn

给协同促进水文科学发展的大学联盟(CUAHSI)提出的关于开展山区水文研究的建议指出,山区水文过程及其与之有关的各种相互作用和反馈机制控制着内陆河流域可利用的水资源量、植被分布、生物地球化学通量,影响着区域气候的变化。对山区水文过程的研究,将增进我们对内陆河流域以及干旱区水量、能量和生物地球化学循环的理解,从而做出更好的出山径流变化的预测,减少对径流估算的不确定性,促进对水资源的有力管理。就现阶段的研究而言,应突出研究以下一些问题:控制山区能水通量的过程;在不同时空尺度的各种水文通量和生物地球化学过程和生态过程之间的相互作用和反馈机制;综合和集成的山区水文过程观测的整体布局以及与之相应的信息系统<sup>[9]</sup>。

当前,国外在山区水文研究方面的进展主要在山区气候和水文的相互作用方面<sup>[11]</sup>,在冰雪融化、土壤水和多年冻土、蒸散发和水量平衡、气象和水文耦合、气候变化的影响等研究成果较多,而对山区水文过程和生态系统的关系的研究还有待于进一步加强。在山区水文循环的背景下,水量平衡和植被生态系统均表现出随海拔而变化的垂直地带性。植被生态系统表现出植被和山区环境要素的关系,而水文过程则贯穿于这些相互作用关系之中。本文以河西走廊黑河干流山区流域为例,从山区水文循环、水文与生态系统以及径流形成和预测等方面讨论山区流域水文和生态相互作用研究的有关问题。

## 2 内陆河流域山区水文循环的一些问题

### 2.1 海拔和地形对降水的影响

随着海拔的升高和地形对气流和水汽的抬升,降水量增加、气温下降。黑河山区流域的研究表明<sup>[12,13]</sup>,月降水量和气温的海拔梯度随降水量的增加和气温的上升而增加,年内变化与降水量和气温的变化基本一致,反映了干旱的大陆性气候特征和受海拔抬升的影响。山区年平均降水梯度为12.4 mm/100m,但降水海拔梯度表现于3~10月,而在干旱和寒冷的大陆性气团控制的冬季就表现不出降水海拔梯度。7月的降水海拔梯度最大,月海拔梯度为3.6 mm/100m。年平均气温海拔梯度为-0.54℃/100m,5~8月气温梯度接近大气平均气温垂直递减率,其它月份则要小一些<sup>[13]</sup>。随着海拔升高,降水量和固态降水量均增加,在海拔4500 m以上,降水均为固态,年降水量可达600 mm,但这部分面积仅占流域面积的2.5%<sup>[13]</sup>。

上述这些认识,仅基于山区少数现有气象和水文台站的观测资料,而且是多年平均状况,在数据处理上也完全是线性的。其主要问题是对山区流域降水量的估算不能反映复杂地形条件的影响,也不能对降水海拔梯度的非线性变化进行描述。在降水量及其空间分布随时间的变化方面,更是缺乏认识。

因此,山区降水的空间和时间分布规律和固态、液态降水组成变化的观测和研究应是研究海拔和地形对山区水文循环影响研究的重要方面,包括对降水量观测方法的研究。

### 2.2 下垫面空间异质性对蒸散发的影响

黑河上游南部祁连山地海拔从2000 m到5500 m以上,下垫面复杂,水热条件差异大,形成了多种具有明显垂直地带性的地表覆盖、植被和土壤类型。不仅有高山冰川、多年冻土和季节积雪覆盖,而且有垂直地带性明显的植被和土壤分布。由山前到高山带,植被类型依次为山地荒漠植被、山地干草原植被、山地森林草原植被、亚高山灌丛草甸植被、高山冰雪植被;土壤类型依次为山地灰钙土、山地栗钙土、山地灰褐土、亚高山灌丛草甸土、高山寒漠土<sup>[16]</sup>。因此,黑河山区流域下垫面性质的空间异质性是很大的。

海拔和复杂地形的变化影响大气要素在山区流域的空间和时间分布和变化,上面讨论了对水文循环要素降水量的影响问题。下垫面不同土地覆被和复杂的空间异质性对水文循环的影响首先是对蒸散发的影响问题。不同蒸发表面的蒸散发量取决于大气条件和下垫面的性质,而山区在这两方面的观测和研究至今仍是非常欠缺。蒸散发的估算在分布式水文模型的研制中是非常薄弱的环节。陈仁升<sup>[5]</sup>在开发黑河山区流域分布式热水耦合模型时,由于缺乏流域详细的植被和土壤参数资料,模型设计了一套蒸散发简化计算方法,即在一个计算单元内,首先计算土壤(裸地)和植被的分布面积,然后单独计算土壤蒸发和植被蒸腾。其中,土壤蒸发系水面蒸发量和土壤有效液态含水量(液态含水量与残余含水量之差)的函数;植被蒸腾是水面蒸发量、植被实际截留蒸发量、土壤液态含水量、枯萎含水量和叶面积指数的函数。显然,分布式水文模型在模拟山区流域水循环过程中,不同下垫面和复杂空间异质条件下蒸散发的处理仍然是以概念性的方式来进行简化。至今仍非常缺乏对山区不同土壤和植被水文过程的观测和研究。应用已有认识和算法进行参数化,是根据蒸散发的普遍规律,而这些规律在内陆河

山区是如何体现的,如何影响山区水循环过程的,还缺乏研究。因此,研究内陆河流域山区不同海拔和地形条件下的不同下垫面和土壤的蒸发以及植被蒸腾过程和计算方法,揭示其时空变化规律,也是山区流域水文循环研究的重要方面。

### 2.3 山区水文小循环

内陆河流域水文循环和水量平衡的基本特征是径流不外流,多年流域平均年降水量和蒸散发量相等。然而在内陆河流域的上游山区流域,由于海拔和地形的影响,降水量大于蒸散发量,从而产生径流量从出山口流出到中游和下游地区。黑河山区的水汽来源主要是西风气流的水汽输送和蒙古低压气流相辐合而向南部山区输送<sup>[8]</sup>。黑河干流上游的莺落峡水文站控制山区流域的多年平均降水量为459.7 mm,蒸散发量为294.1 mm,径流系数为0.36<sup>[12]</sup>。这样,就形成了山区流域的水文小循环系统:水汽输送→降水→蒸散发→径流→水汽输送。在这个水文小循环系统中,有两个问题需要研究:①输向山区的水汽有多少是来自于黑河中、下游地区的蒸散发水汽?②上游山区流域的蒸散发有多少加入水文小循环?这2个问题的研究,有助于进一步的研究和认识内陆河流域上、中、下游水文和生态系统的相互联系问题,即其联系的纽带是否是内陆河流域的水文循环?而这个流域尺度的水文小循环又是如何联系上游山区、中游人工绿洲和下游天然荒漠绿洲的水文和生态系统的?

## 3 内陆河流域山区水文过程与生态系统的相互作用问题

黑河上游的祁连山区发育着山地森林草原,生长着呈片状和斑块状分布的山区草地、灌丛和乔木林。海拔4 000~4 500 m为高山垫状植被带;3 800~4 000 m为高山草甸植被带;3 200~3 800 m为高

山灌丛草甸带;山地森林草原带一般分布在海拔2 500~3 200 m,但就分布部位而言,阴坡比阳坡要高出约200~300 m,阴坡主要树种为青海云杉(*Picea crassifolia*),阳坡有零星的祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)分布。海拔2 100~2 500 m为山地干草原带;1 700~2 100 m为草原化荒漠带<sup>[15]</sup>。

根据祁连山冰川研究<sup>[16]</sup>,以及黑河上游高山冻土和山区森林的研究<sup>[17]</sup>,可将黑河上游山区流域划分为高山冰雪冻土带和山区植被带,以海拔3 600 m为界<sup>[12,13]</sup>。在高山冰雪冻土带,主要发育有冰川、多年冻土、高山草甸、高山寒漠以及季节积雪;而山区植被带主要分布有山地森林、灌丛、草地、干草原、裸地等土地利用/覆被类型<sup>[15,17]</sup>。根据黑河干流上游山区流域水文过程的研究<sup>[13]</sup>,得出多年平均水量平衡组成特征如表1所示。

黑河干流上游山区流域的高山冰雪冻土带和山区植被带相比,降水量较多,陆面蒸发量较小,这符合降水量随海拔而增加,气温随海拔而降低的规律。整个山区流域的径流系数(流域平均径流量和降水量的比值)为0.36,说明内陆河流域陆面蒸发量占了降水量的大部分。高山冰雪冻土带的径流系数为0.46,而山区植被带为0.18,说明前者是山区流域的主要径流产流区,贡献了出山径流量的83%,而山区植被带的降水量中的82%消耗于该带的陆面蒸散发(表1)。

在山区植被带,植被的分布和坡向有密切的关系,而各种植被对水量的消耗是不一样的(表2)。阳坡草地大部分降水消耗于蒸发,而草地蒸腾量仅占蒸散发量的16%,土壤水储存量也很少;阴坡森林和草地的蒸散发量较少,其中47%消耗于植被的蒸腾,土壤水储存量较大(表2)。这说明,虽然山区植被带的产流量对出山径流的贡献较小,但降水量维持了山区的植被生态系统。

表1 黑河上游莺落峡水文站控制山区流域水量平衡组成<sup>[12]</sup>(流域面积10 009 km<sup>2</sup>,流域平均海拔3 737.7 m,1959—1993年平均)

Table 1 The composition of water balance in the mountain watershed controlled by Yingluoxia Hydrometric Station at the upper stream of the Heihe River<sup>[12]</sup>(drainage area 10 009 km<sup>2</sup>, mean elevation of the drainage basin 3 737.7 m, averaged from 1959 to 1993)

分带	分带海拔 (m)	占流域面积 的比例(%)	平均海拔 (m)	降水量		陆面蒸散发量		径流系数		对出山径流 的贡献率 (%)
				分带 (mm)	流域平均 (mm)	分带 (mm)	流域平均 (mm)	分带	流域平均	
高山冰雪冻土带	3 600	58.9	3993.1	513.2	459.7	279.3	294.1	0.46	0.36	83
山区植被带		41.1	3142.3	383.1		315.4		0.18		17

表2 黑河山区植被 SVAT 系统水量平衡对比(1999年5~9月)<sup>[3]</sup>Table 2 Comparison of water balance in mountain SVAT systems at the upper stream of the Heihe River (averaged from May to September, 1999)<sup>[3]</sup>

	降水		蒸散发		蒸腾		土壤水量储存增加量		闭合差	
	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	占蒸散发的%	(mm)	(%)	(mm)	(%)
阳坡草地 (海拔 2600 m)	323.3	100.0	313.4	96.9	50.3	16.0	14.7	4.5	-4.8	1.4
阴坡林旁草地 (海拔 2700 m)	360.2	100.0	242.6	67.4	113.8	46.9	131.2	36.4	-13.6	3.8
阴坡云杉林 (海拔 2730 m)	360.2	100.0	206.6	57.3	96.0	46.5	167.7	46.6	-14.1	3.9

至今,我们对山区水文过程与生态系统的相互作用的研究还非常薄弱。在高山冰雪冻土带,需要研究维持高山草甸生态系统的水文条件以及高山草甸的水文作用问题。在山区植被带,则需要研究山区森林草地生态系统在山区水文循环中的作用以及在维持和保护山区生态和环境中的作用和意义。这样才能从整体上来认识和了解山区水文过程与生态系统的相互作用和意义。

#### 4 内陆河流域山区径流形成和预测问题

山区水文循环以及水文过程和生态系统的相互作用关系研究中所面临的问题,反映了出山径流的形成过程受到海拔、地形和复杂下垫面时空变化异质性的影响,是一个多学科交叉的综合作用过程。大气和海拔、地形的相互作用形成了山区流域的物质、能量和水量的输入;输入的水量和能量与山区地形、下垫面和植被的相互作用产生径流;径流和地形、下垫面、植被和土壤的相互作用产生汇流过程从而形成出山径流。因此,山区径流是冰冻圈、水圈、岩石圈、生物圈和大气圈相互作用的产物。出山径流的形成与冰川、积雪、冻土、山区植被、生态、土壤和地貌的水文过程紧密联系。由于在内陆河山区流域对冰川水文、冻土水文、积雪水文、土壤水文、森林水文、生态水文和地下水文等边缘学科研究进展的不一致,并且均在发展中,加之它们之间的集成和协同研究也才处于起步阶段,因此需要在学科综合和集成层面上来加强上述各种山区水文过程的观测和研究。

作为内陆河流域水资源形成区的山区,其出山径流对全球变化和山区人类活动的响应和预测是流域水资源合理分配和管理的重要科学依据。首先,区域大气模型对向山区流域输入的能量和水量的预

测需要改进。另一方面,山区径流形成的物理过程需要用分布式水文模型来正确予以描述和模拟,才能对出山径流进行合理的预测。

随着我国西部大开发战略的实施,山区经济活动和人类活动将加强。如山区电站和调节水库的建设,山区生物、土地和矿产资源的开发,将影响山区径流的形成过程和水文情势的变化。因此,对山区径流的预测,需要加强对山区人类活动对水文过程的影响问题研究。

内陆河流域山区水文过程复杂而综合性强,为研究山区径流形成机理需要加强山区不同水文过程及水量转化规律的观测和研究。在这方面,地面观测和遥感监测将起到互补的作用。为充分发挥观测资料在模型模拟中的作用,需要发展山区水文过程的数据同化系统,将台站和野外观测试验与模型模拟用数据同化系统联系起来而形成水文模型模拟系统。同时还要研究和发展山区流域尺度水文模型和区域大气模式的耦合问题。这样才能不断改善出山径流对气候变化和人类活动的响应过程的模拟和预测水平。

#### 5 结 论

由于海拔、地形和下垫面极其复杂的空间和时间上的异质性的影响,山区水文过程是一个多学科的综合作用过程。在山区水文循环中,海拔和地形影响着降水的分布,而下垫面的复杂性质和异质性影响着蒸散发的分布,研究影响山区降水和蒸散发的因素和作用规律是认识山区水文循环和水量平衡的基础。

内陆河流域水文循环和水量平衡的基本特征是径流不外流,多年流域平均年降水量和蒸散发量相等,形成了山区流域的水文小循环系统:水汽输送→

降水→蒸散发→径流→水汽输送,对这个小循环的研究,有助于进一步的研究和认识内陆河流域上、中、下游水文和生态系统的相互联系问题。

根据水量平衡要素和景观带的海拔分布,以河西走廊黑河上游山区流域为例,将其分为高山冰雪冻土带和山区植被带。通过分析得出高山冰雪冻土带是出山径流的主要形成区,而山区植被带的陆面蒸发虽然消耗了该带降水量的大部分,但其中的蒸腾量维持了山区森林、草地等植被生态系统。因此,需要研究山区水文过程和植被生态系统的相互作用关系,从而揭示植被生态系统在维持和稳定山区生态和环境中的作用,以及在山区水文循环和水文过程中的作用。

增进对山区水文过程对气候变化和山区人类活动响应的理解和做出山径流量的合理预测,对内陆河流域的水资源合理分配和科学管理具有重要的意义。

加强山区复杂水文过程的观测试验并和遥感监测相结合,发展山区水文数据同化系统,发展能更加合理反映山区不同下垫面条件下径流形成物理过程的分布式水文模型,和区域大气模型、生态模型的研究相结合,建立出山径流的观测和模拟系统。

## 参考文献 (References):

[1] Kang Ersi. Review and prospect of studies on hydrology of cold and dry regions in China[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1998, 20(3): 238-244. [康尔泗. 寒区和旱区水文研究的回顾和展望[J]. 冰川冻土, 1998, 20(3): 238-244.]

[2] Kang Ersi, Yang Zhenniang, Lai Zuming, et al. Glacier runoff and its modeling[C]//Shi Yafeng, et al., eds. *Glaciers and Related Environments in China*. Beijing: Science Press, 2008: 261-316.

[3] Kang Ersi, Cheng Guodong, Song Kechao, et al. Simulation of energy and water balance in Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer system in the mountain area of Heihe River Basin at Hexi Corridor of northwest China[J]. *Science in China (Series D)*, 2005, 48(4): 538-548. [康尔泗, 程国栋, 宋克超, 等. 河西走廊黑河山区土壤-植被-大气系统能水平衡模拟研究[J]. 中国科学: D 辑, 2005, 34(6): 544-551.]

[4] Chen Rensheng, Kang Ersi, Yang Jianping, et al. A distributed runoff model for inland river mountainous basin of northwest China [J]. *Journal of Desert Research*, 2004, 24(4): 416-424. [陈仁升, 康尔泗, 杨建平, 等. 内陆河流域分布式水文模型——以黑河干流山区建模为例[J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 416-424.]

[5] Chen Rensheng, Lü Shihua, Kang Ersi et al. A distributed water-heat coupled (DWHC) model for mountainous watershed of an inland river basin (I): Model structure and equations[J]. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(8): 806-818. [陈仁升, 吕世华, 康尔

泗. 内陆河高寒山区流域分布式水热耦合模型 I: 模型原理[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(8): 806-818.]

[6] Chen Rensheng, Kang Ersi, Lü Shihua, et al. A distributed water-heat coupled (DWHC) model for mountainous watershed of an inland river basin (II): Model results using the measured data at the meteorological & hydrological stations[J]. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(8): 819-829. [陈仁升, 康尔泗, 吕世华, 等. 内陆河高寒山区流域分布式水热耦合模型: 地面资料驱动结果[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(8): 819-829.]

[7] Chen Rensheng, Gao Yanhong, Kang Ersi, et al. A distributed water-heat coupled (DWHC) model for mountainous watershed of an inland river basin (III): Model results using the results from MM5 model[J]. *Advances in Earth Science*, 2006, 21(8): 830-837. [陈仁升, 高艳红, 康尔泗, 等. 内陆河高寒山区流域分布式水热耦合模型: MM5 嵌套结果[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(8): 830-837.]

[8] Gao Yanhong, Lü Shihua, Cheng Guodong. Simulation of rainfall-runoff and watershed convergence process in the upper reaches of Heihe river basin, July 2002[J]. *Science in China (Series D)*, 2004, 47(suppl. I): 1-8. [高艳红, 吕世华. 2002 年 7 月黑河流域上游降水以及产、汇流过程的模拟[J]. *中国科学: D 辑*, 2003, 33(增刊): 1-8.]

[9] Kang Ersi, Chen Rensheng, Zhang Zhihui, et al. Some scientific problems facing researches on hydrological processes in an inland river basin[J]. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(9): 940-953. [康尔泗, 陈仁升, 张智慧, 等. 内陆河流域水文过程研究的一些科学问题[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(9): 940-953.]

[10] Roger C B, Jeff D, Noah P M, et al. Mountain Hydrology of the Semi-Arid Western US[R]. Vision Papers, Papers, News and Technical Reports, <http://www.cuahsi.org>, 2004.

[11] Jong C, Collins D, Ranzi R, eds. *Climate and hydrology in Mountain Areas*[M]. Chichester, England: John Wiley & Sons, Ltd, 2005: 1-306.

[12] Kang Ersi, Cheng Guodong, Lan Yongchao, et al. A model for simulating the response of runoff from the mountainous watersheds of inland river basins in the arid area of northwest China to climatic changes[J]. *Science in China (Series D)*, 1999, 42(suppl. I): 52-63. [康尔泗, 程国栋, 蓝永超, 等. 西北干旱区内陆河流域出山径流变化趋势对气候变化响应模型[J]. *中国科学: D 辑*, 1999, 29(增刊 1): 47-54.]

[13] Kang Ersi, Cheng Guodong, Lan Yongchao. A model for the projection of mountain runoff change[C]//Kang Ersi, et al. eds. *Glacier-Snow Water Resources and Mountain Runoff in the Arid Area of Northwest China*. Beijing: Science Press, 2002: 270-294. [康尔泗, 程国栋, 蓝永超. 出山径流变化趋势预测模型[C]//康尔泗等主编. 中国西北干旱区冰雪水资源与出山径流. 北京: 科学出版社, 2002: 270-294.]

[14] Wang Keli, Cheng Guodong, Xiao Honglang, et al. The westerly fluctuation and water vapor transport over the Qilain-Heihe valley [J]. *Science in China (Series D)*, 2004, 47(suppl.): 32-38. [王可丽, 程国栋, 肖洪浪, 等. 西风波动与祁连山-黑河流域的水汽输送[J]. *中国科学: D 辑*, 2003, 33(增刊): 31-36.]

- [15] Jin Bowen. A study of climatic and hydrological effect and ecological function of forests in the Qilian mountains [D]. Beijing: Post Graduate School, Chinese Academy of Sciences, 2007:14-20. [金博文. 祁连山水源涵养林气候、水文和生态功能试验研究[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2007:14-20.]
- [16] Liu Chaohai, Wang Zongtai, Pu Jianchen *et al.* Glaciers and their distribution in China [C] // Shi Yafeng, *et al.* eds. *Glaciers and Their Environments in China*. Beijing: Science Press, 2000: 44. [刘潮海, 王宗太, 蒲键辰, 等. 中国冰川及其分布特征 [C] // 施雅风等主编. 中国冰川与环境. 北京: 科学出版社, 2000:44.]
- [17] Jin Huijun, Wang Jinye. Role of permafrost and water retaining forests in the mountain runoff formation [C] // Kang Ersi, *et al.* eds. *Glacier-Snow Water Resources and Mountain Runoff in the Arid Area of Northwest China*. Beijing: Science Press, 2002: 125-155. [金会军, 王金叶. 冻土和水源涵养林在径流形成中的作用 [C] // 康尔泗等主编. 中国西北干旱区冰雪水资源与出山径流. 北京: 科学出版社, 2002:125-155.]

## Some Problems Facing Hydrological and Ecological Researches in the Mountain Watershed at the Upper Stream of An Inland River Basin

KANG Ersi<sup>1</sup>, CHEN Rensheng<sup>1</sup>, ZHANG Zhihui<sup>1,2</sup>, JI Xibin<sup>1,2</sup>, JIN Bowen<sup>1,2</sup>

(1. *Heihe Laboratory of Ecohydrology and Integrated Basin Management, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, China;*  
2. *Linze Inland River Basin Research Station, CAS, Lanzhou 730000, China*)

**Abstract:** Taking the mountain watershed at the upper stream of the Heihe River in the Hexi Corridor area in northwest China as an example, some problems with relation to hydrological and ecological researches are discussed from the aspects of mountain hydrological cycle, hydrology and ecosystems, runoff generation and prediction. The spatial and temporal distribution of precipitation and its composition of solid and liquid form are mainly influenced by elevation and topography in the mountains, while evapotranspiration is mainly influenced by various land cover and heterogeneity of underlying surfaces under different elevation and topographic conditions.

The basic characteristics of hydrological cycle and water balance of an inland river basin rest with the fact that the runoff does not run out off from the basin, and the normal annual precipitation and evapotranspiration are equal, forming the local hydrological cycle system: water vapor transportation→precipitation→runoff→evapotranspiration→water vapor transportation. The investigation of this local hydrological cycle redounds to the understanding of the interrelationship of hydrological and ecological processes between the areas at the upper, middle and lower streams of an inland river.

As yet the researches are very inadequate on mountain hydrological and ecological processes and their interactions. In the mountain glaciers, snow and permafrost zone, the researches should be put on the hydrological conditions to maintain the alpine meadow growing. In the mountain vegetation zone, the ecosystems of mountain forest and grass land should be studied on for their functions in the mountain hydrological cycle and for their role in maintaining and protecting the mountain ecosystems and environment. In this way, we can understand as a whole the interactions between hydrological processes and ecosystems and their environmental significance.

The hydrological processes of an inland river basin are very complex, multidisciplinary and comprehensive. The measurements and researches should be strengthened on the various hydrological processes to understand the mechanism of the mountain runoff generation. In this aspect, ground measurements and remote sensing monitoring are mutual compensatory. Based on this, the physical distributed hydrological models should be developed to reflect the complex mountain hydrological processes. In order to bring the measured data into play fully in the simulation, the mountain hydrological data assimilation system should be developed to form the hydrological modeling system. Furthermore, the researches on and developing of the coupled regional atmospheric and hydrologic models should be

carried out in the mountain watershed scale. In this way, the incessant improvements of the response simulation and modeling prediction of mountain runoff change will be achieved under the climate change and human activities.

**Key words:** Inland river basin; Mountain area; Hydrological cycle; Hydrological processes; Ecosystems; Response and prediction.

## 《地球科学进展》“973 项目研究进展”专栏公告

1997年6月4日,国家科技领导小组第三次会议决定要制定和实施“国家重点基础研究发展规划”,随后由科技部组织实施了国家重点基础研究发展计划(亦称“973”)。其战略目标是加强原始性创新,在更深的层面和更广泛的领域解决国家经济与社会发展中的重大科学问题,以提高我国自主创新能力和解决重大问题的能力,为国家未来发展提供科学支撑。

自1998年起至2007年,围绕农业、能源、信息、资源环境、人口与健康、材料、综合交叉和重要科学前沿等8个领域,已先后批准了370个项目,其中资源环境领域有50项,此外,其他方面含有资源环境和全球变化范畴的项目约有35项,合计达85项,占总项目的23.0%。

2008年是“国家重点基础研究发展规划”实施十周年,国家科技部将组织一系列纪念活动,为了配合宣传国家重点基础研究发展规划对我国基础研究发展所取得的辉煌成就,进一步展示资源环境领域“973”项目的原创性研究成果,扩大交流,提升项目的科学价值。《地球科学进展》编辑部自2005年第11期开辟“973项目研究进展”专栏以来,得到了广大读者的好积极关注,增进了对资源环境领域“973”项目的了解,促进了项目之间的交流。截止2007年第12期已刊登了18项的20篇综述论文。为此,我们希望继续不断得到广大“973”项目首席科学家的大力支持和踊跃投稿,扩大刊登“973”项目中有关资源环境和全球变化方面的项目介绍、最新研究成果和进展。专栏文章撰写包括以下几方面内容:

(1)对已结题的项目,主要围绕该项目取得的研究成果及其应用价值、发展前景、与国际水平的差距等内容。

(2)对正在进行的项目,主要就项目研究的现状、进展、新成果及发展前景等内容。

(3)对刚申请批准的项目,围绕该项目研究的目的、意义、关键科学问题及其要达到的目标等内容。

凡是无项目首席科学家署名的来稿,最好经首席科学家的同意和认可,并签署意见。撰写的文章要求客观、公正、实事求是,内容完整,数据翔实,应有必要的文献、英文文摘等内容。具体格式要求参阅《地球科学进展》的投稿须知。

**专栏负责人:**林海 教授 **联系方式:**linhai@mail.nsf.gov.cn linh@igsrr.ac.cn

**编辑部地址:**兰州市天水中路8号 730000 **电话:**0931-4968256

**E-mail:** adearth@lzb.ac.cn **网址:** http://www.adearth.ac.cn

投稿时请注明“973项目研究进展”栏目,栏目稿件经审核达到发表要求的将尽快刊出,免收审稿费,酌收一定的版面费并致稿酬,同时免费赠送全年期刊一套(1~12期)。

欢迎从事“973”项目研究的科学家、学者赐稿。谢谢对我们工作的支持和帮助。

《地球科学进展》编辑部

2008年7月