

教育部
国家外国专家局

长安大学“111”学科创新引智基地国际论坛

干旱半干旱地区 水文生态与水资源研究文集（二）

主编 李佩成 李启垒
译者 (英译中) 王 智 李 霞
王金凤 付恒阳
(俄译中) 李军媛 刘 箐

陕西出版传媒集团
陕西科学技术出版社

教育部 长安大学“111”学科创新引智基地国际论坛
国家外国专家局

干旱半干旱地区 水文生态与水资源研究文集(二)

主编 李佩成 李启垒

译者 (英译中) 王 智 李 霞

王金凤 付恒阳

(俄译中) 李军媛 刘 箫

陕西出版传媒集团
陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

干旱半干旱地区水文生态与水安全研究文集. 2 / 李佩成主编. -- 西安: 陕西科学技术出版社, 2013.5
ISBN 978-7-5369-5736-7

I. ①干… II. ①李… III. ①干旱区-水文-生态系统-文集②干旱区-水资源管理-安全管理-文集 IV. ①TV213.4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 072405 号

干旱半干旱地区水文生态与水安全研究文集(二)

出版者 陕西出版传媒集团 陕西科学技术出版社
西安北大街 131 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发行者 陕西出版传媒集团 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001

印刷 陕西天地印刷有限公司

规格 787mm×1092mm 开本 16 插页 5

印张 27.75

字数 634 千字

版次 2013 年 5 月第 1 版
2013 年 5 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-5369-5736-7

定价 元

版权所有 翻印必究

目 录

上 篇 国外专家学者讲座论文

(包括与我国内地专家合写的论文)

哈萨克斯坦水资源变化	P. И · 加尔别林(3)
哈萨克斯坦某些水体的生态环境变化	P. И · 加尔别林(15)
哈萨克斯坦水体中危险的水文现象	P. И · 加尔别林(42)
利用信息量分析法寻找地下矿化水源	A. Б · 里森科夫(50)
人类活动对水文生态系统的影响	A. Б · 里森科夫(63)
旱区河床水文沉积特征在地下水——河流一体化管理建模中的应用	陈洵洪,高敏(69)
干旱地区地下水管理所面临的机遇和挑战	K · 霍华德(78)
干旱一半干旱地区水资源及其管理	K. D · 巴克(91)
在地理信息科学中地图为何至关重要	M. J · 克拉克(104)
美国加利福尼亚州的北水南调工程及其水文生态的影响	王 智 编译(117)
采用热动力的方法解决水文地球化学问题	O. A · 里蒙采娃(152)
不同国家地区利用地理信息系统(GIS)对小型河流集水区进行管理可行性的研究	M. B · 罗蒙诺夫(170)
哈萨克斯坦洪水的威胁	A · 艾玛(177)

下 篇 国内专家学者讲座论文

论水文生态学的建立及其历史使命	李佩成(191)
西北旱区流域尺度水资源转化规律及其节水调控模式研究	康绍忠,杜太生, 栗晓玲,冯绍元,佟玲,沈清林,石培泽,霍再林,彭治云,刘树波,杨秀英(197)
陕西渭河沿岸地下水开发问题的研究	寇宗武(212)
旱区少量补灌水调用土壤水的压砂全覆盖非充分水肥耦合局部补灌技术和模式研究	田军仓(219)
潜水安全评价指标体系的研建	李云峰,于向前,周亚楠,李波(228)

银川平原水资源合理开发利用研究	钱 会(258)
再生水灌溉对作物生长及品质影响试验研究	齐学斌,杜臻杰,胡超,樊向阳(279)
济南市不同下垫面产汇流特性试验研究	张克峰,陈淑芬,李振(301)
再生水资源合理配置与可持续发展	李梅,王洪波,张克峰(308)
陕西省泾惠渠灌区土壤重金属污染潜在生态风险评价	易秀(315)
基于 GLP 模型的流域水土资源综合配置研究——以陕北延河流域为例	王丽霞,任志远,任朝霞,马超群(325)
考虑滞流效应的承压含水层水压力传递模型研究	卢玉东(335)
近 60 年来中国大陆降水、气温动态及其相互关系的初步研究	李佩成,郭曼,王丽霞,李启垒,徐斌,李军缓,郑飞敏(341)
论跨国水体及其和谐开发	李佩成,郝少英(350)
基于小波消噪的无定河径流趋势变化分析——以赵石窑站为例	王化齐,张茂省,党学亚(357)
塔里木河水文生态特征及其对水资源的影响	胡安焱,张焕楚,黄景锐(365)
贺兰山西麓典型干旱区绿洲地下水水化学特征与演变规律	姜 凌(371)
基于广义多级模糊综合评判模型的新疆石河子垦区地下水文生态安全评价研究	张 艳,徐 斌(382)
渭河关中段水文干旱特征分析	刘 招,郭 曼(390)
泾惠渠灌区地下水动态变化特征及人工调蓄研究	刘 燕(401)
增强雨水调蓄利用,抑制城市内涝	陈淑芬,王鹤立,邵明辉,杨文哲(409)
基于 MODIS 数据的榆林市植被演化规律研究	卢 娜(416)
论生态生产力	廖 巍(423)

上篇

国外专家学者 讲座论文●

(包括与我国内地专家合写的论文)

哈萨克斯坦水资源变化

P. И · 加尔别林^①

(哈萨克斯坦国立大学干旱地质系)

【摘要】本文论述了三个问题:其一,根据近 140 年气候变化的特点及哈萨克斯坦、俄罗斯气候变化的实际情况,肯定了全球气候变暖的趋势;其二,介绍了哈萨克斯坦不同地域河流径流量变化的特点以及计算研究成果;最后探讨了根据不同类型大气循环模式预测大气中温室气体浓度的增加情况,预测河流径流量变化的方法及存在问题。

【关键词】全球气候变暖,水资源,径流量,大气循环模式

Variations of Water Resources of Kazakhstan

R. E. Gal Perin(Гальперин Р. И.)

(The Drought and Geological Department of Kazakhstan National University)

【Abstract】 Three questions were discussed in this study: First, according to the characteristics of the climate change and the actual situation of Kazakhstan and Russia in the last 140 years, the trend of global warming is believable. Second, the characteristics of the changes in river runoff in different regions in Kazakhstan, as well as the achievement of computing research were introduced; Finally, this paper discussed the increase in the concentration of greenhouse gases in atmosphere predicted according to the different types of atmospheric circulation patterns, forecasted the ways of the changes in river runoff and probed the existing problems.

【Key words】Global warming, water resources, runoff, atmospheric circulation patterns

1. 关于气候变化

众所周知,河流、水资源都是气候的产物。现在,气候具有变暖的趋势,那是毋庸置疑的。

从 1861 ~ 2000 年,140 年内全球气温的变化总体是上升的,但并不平衡(图 1)。有两个显著的升温时期:①1910 年到 20 世纪 40 年代初;②从 20 世纪 70 年代中期到现在。

① 作者简介:P. И · 加尔别林,国际环境科学院院士、水文水资源专家、哈萨克斯坦国立大学干旱地质系教授。

图 1 中没有显示近些年的情况,但大家都知道气温是持续升高的。据俄罗斯的研究,自 1995 ~ 2006 年 12 年中,有 11 年是 150 年里最热的时期。

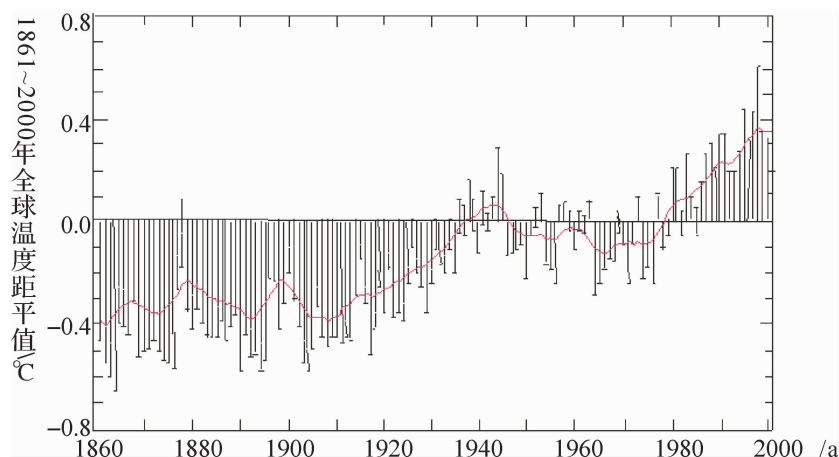


图 1 干旱地区和海面近地大气层全球气温的 140 年距平值变化图

Fig. 1 Variations of average value in global temperature in the atmosphere near surface in arid areas and on the sea surface in the last 140 years

对大气局部温度和全球温度变化的评价:

- (1) 气候变暖的特点:全球温度:近 100 年升高 $(0.7 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ 。
- (2) 俄罗斯:近 100 年年均气温值升高 1.5°C , 冬季升高 2.5°C , 1972 ~ 2006 年升高 $(1.35 \pm 0.4)^\circ\text{C}$ 。
- (3) 哈萨克斯坦:在 1954 ~ 2003 年年均气温升高 1.5°C , 某些站点(巴甫洛达尔, 谢米巴拉基斯克)升高 2.5°C ^[3]。在准格尔阿拉套山脉, 气温升高率为 $0.2^\circ\text{C}/10$ 年。

全球气候变暖是现存的一种自然现象,但在俄罗斯更为明显。在干旱地区包括哈萨克斯坦尤为明显,最终,这些区域将荒漠化。在两个变暖的时期内,变暖的特征不一样:第一个变暖时期,主要是在极地(称之为阿尔克基克变暖),变暖是在夏秋季;第二个时期是全球性的,变暖是在冬春季。

2. 河流变化及其计算问题

气候变暖加剧了水循环,对流域径流量的影响很明显。

俄罗斯地区水文循环要素的变化遵循下式:

$$X = Z + Y,$$

式中, X 为降水, Z 为蒸发, Y 为径流。

增加量:降水量(X)增加 6%, 蒸发量(Z)增加 7%, 径流量(Y)增加 5%。

俄罗斯的观测资料表明,径流增加出现在冬季所有的月份,但在以仪表观测的整个时期,未出现大的月径流值;夏秋季径流有所增加,最小径流值也增加;相反,洪水期时径流减小(例如,在伏尔加流域、得涅波拉河、顿河径流减少 10% ~ 30%)。总体来看,年径流

量是增加的。然而,并非所有的情况都是这样,如在俄罗斯南部,径流量则是减少的。在一些小型供水区,随着地下水的补给减少,径流亦在减少。

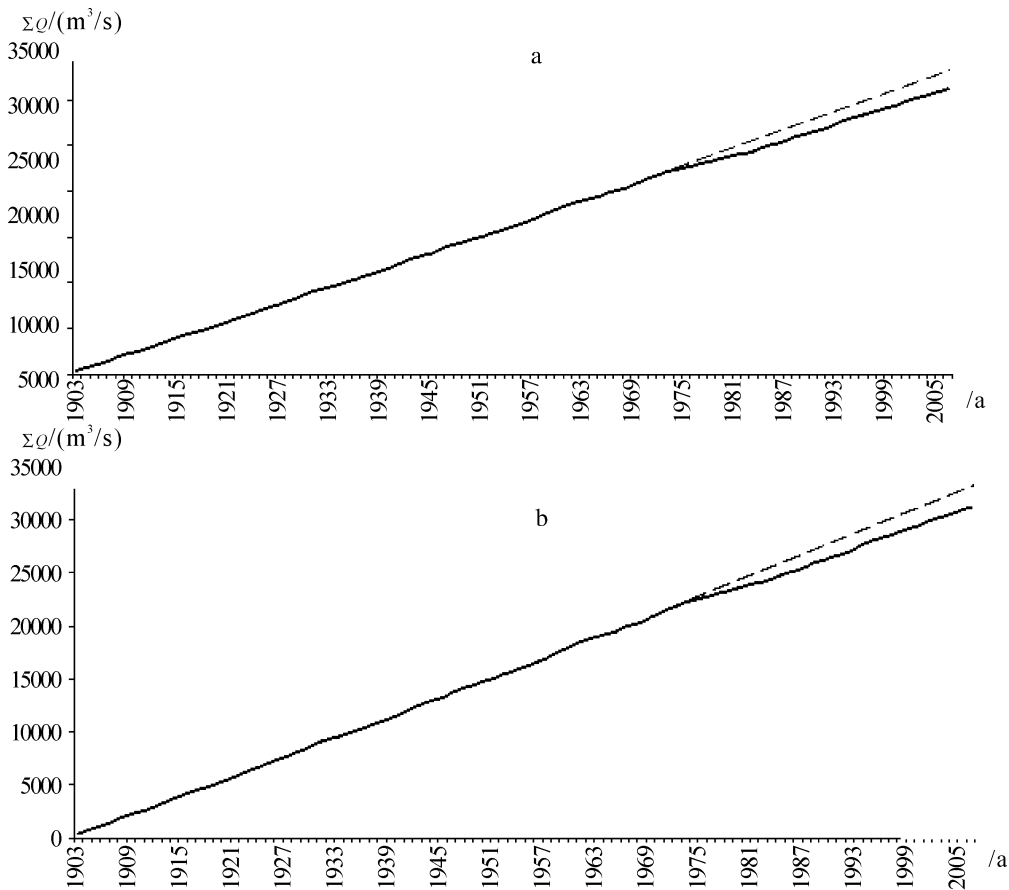


图2 河流年径流量累积曲线 Fig. 2 Cumulative curve of annual runoff

a. 额尔齐斯河 b. 布赫塔尔玛河 a. Ye Er Jisi River b. Buhe Ta Erma River

那么,在上述的情况下,是否意味着哈萨克斯坦境内多处地区气候变暖呢? 根据沃维奇的分类,仅靠融雪补给的河流称为冰雪补给型河流,河流年径流量取决于冰雪消融的水量,也就是春季的径流量。夏天时,地下水补给较低,小的河流通常会干涸。遗憾的是,计算哈萨克斯坦气候性径流变化是困难的,因为所有大型河流的径流都受水库的影响(例如,额尔齐斯河、锡尔河、伊犁河、乌拉尔河)。现在使用的径流资料都不是大型河流的资料。

图2所示为哈萨克斯坦东部大型河流布赫塔尔玛河和额尔齐斯河的年径流量累积曲线,其中,额尔齐斯河源自中国,布赫塔尔玛河属于山间河流。拟合曲线是将年水量值按顺序叠加所得。如果径流不存在变化,它将接近于直线。从图2可见,20世纪70年代中期,线的中间部有折点,说明从这一时期起年径流量减少。

评价:额尔齐斯河上游年径流量从20世纪70年代减少了13%。在哈萨克斯坦中部和北部也观察到类似的情况(见图3和图4),图3和图4是萨雷苏河(位于哈

萨克斯坦中部)和托古萨克河(位于哈萨克斯坦北部)的年径流量曲线和差分累积曲线图,由图可见,萨雷苏河是从60年代起出现折点,而托古萨克河的年径流量曲线从70年代中期出现折点。以上曲线说明两种情况:丰水年(位于第Ⅰ部分)和枯水年(位于第Ⅱ部分)。

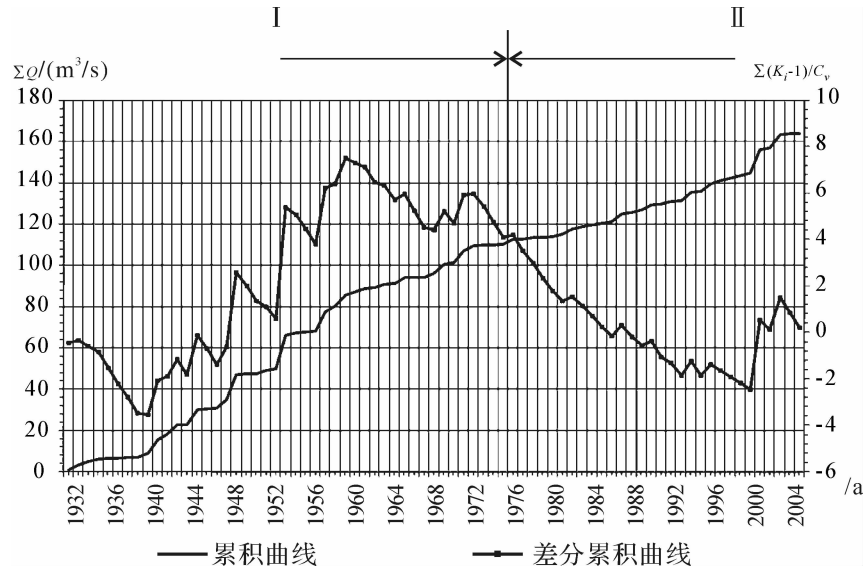


图3 萨雷苏河189号断面上累积曲线和差分累积曲线

Fig. 3 Cumulative curve and differential cumulative curve of No. 189 section on Salei Su River

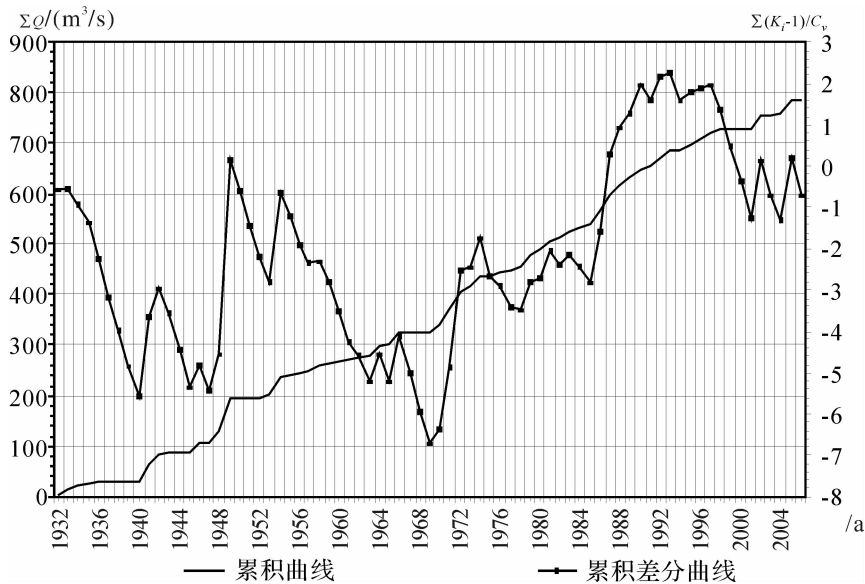


图4 托古萨克河年径流量的累积曲线和差分累积曲线

Fig. 4 Cumulative curve and differential cumulative curve of annual runoff of Tuogusake River

哈萨克斯坦西部一些河流在丰水年的径流变化如图 5 和图 6 所示。

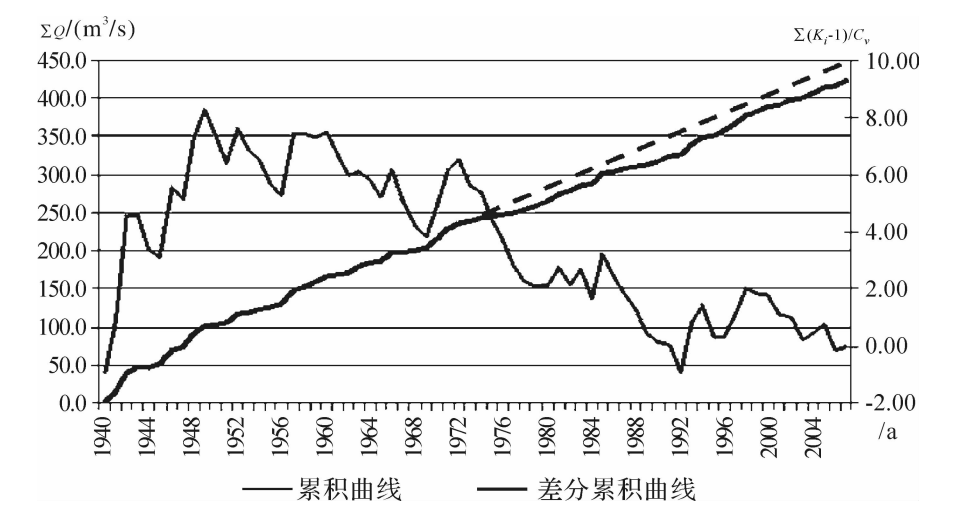


图 5 科普达河年径流量累积曲线和差分累积曲线

Fig. 5 Cumulative curve and differential cumulative curve of annual runoff of Kepu Da watershed

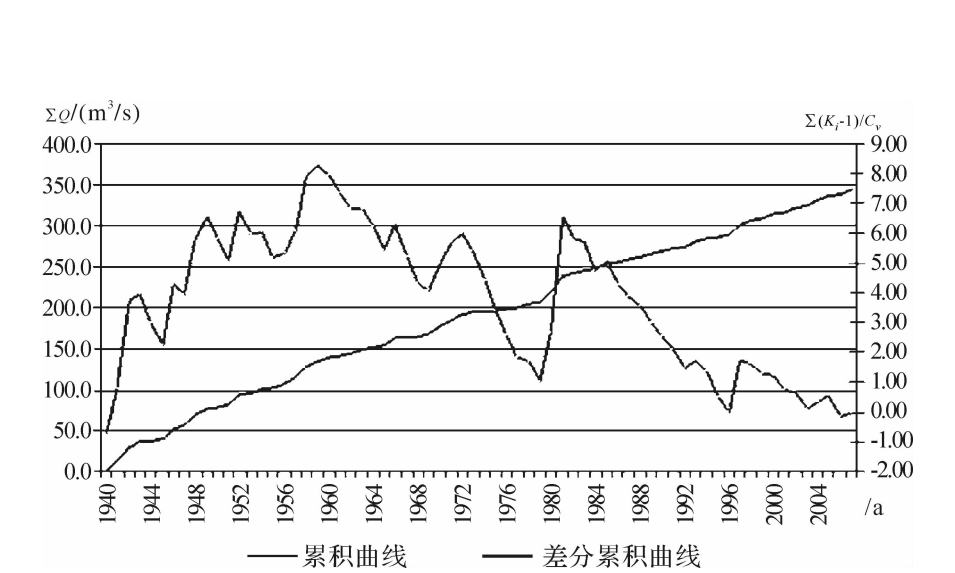


图 6 奥伊尔河年径流量累积曲线和差分累积曲线

Fig. 6 Cumulative curve and differential cumulative curve of annual runoff of Ao Yier River

另外一个趋势是年内径流量随时间的变化。这一趋势线是使用 20 年的数据计算均方差得出的。见图 7 和图 8。

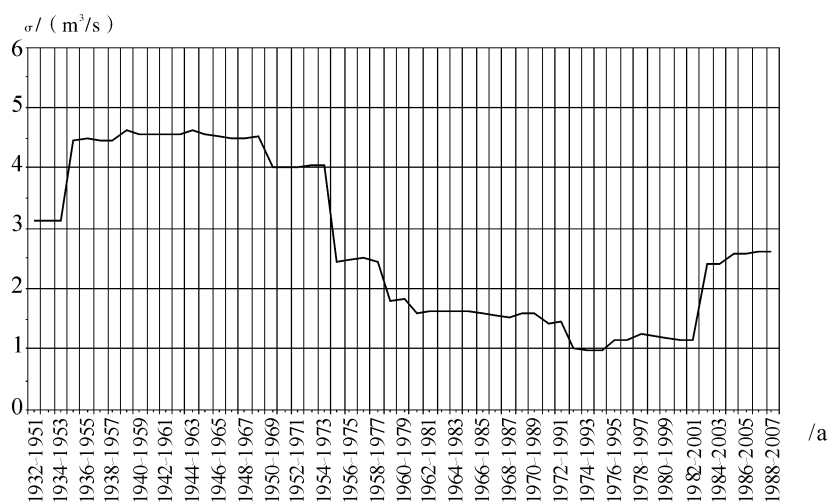


图 7 萨雷苏河 189 号断面均方差图

Fig. 7 Mean square error of No. 189 sections of Salei Su River

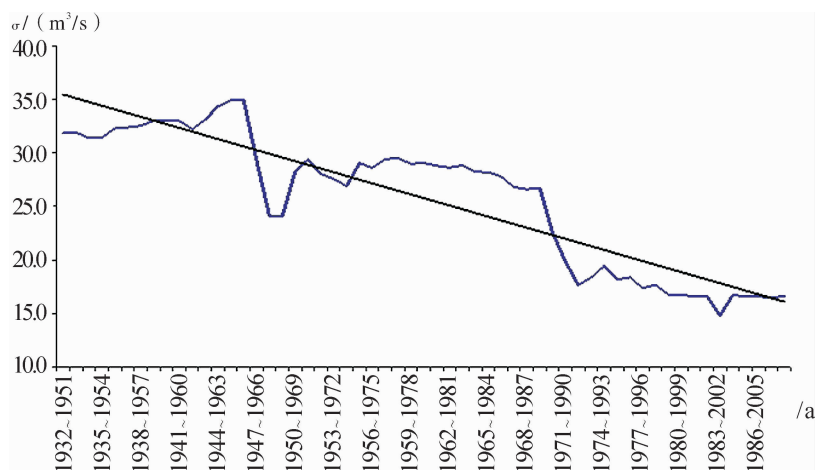


图 8 布克特尔玛河均方差图

Fig. 8 Mean square error of the Booker Thelma River

当然,并不是所有的河流都是这样的变化的,例如,图尔盖河的径流变化趋势(位于哈萨克斯坦中部的乌拉尔左岸)是逐渐增加(见图9)。

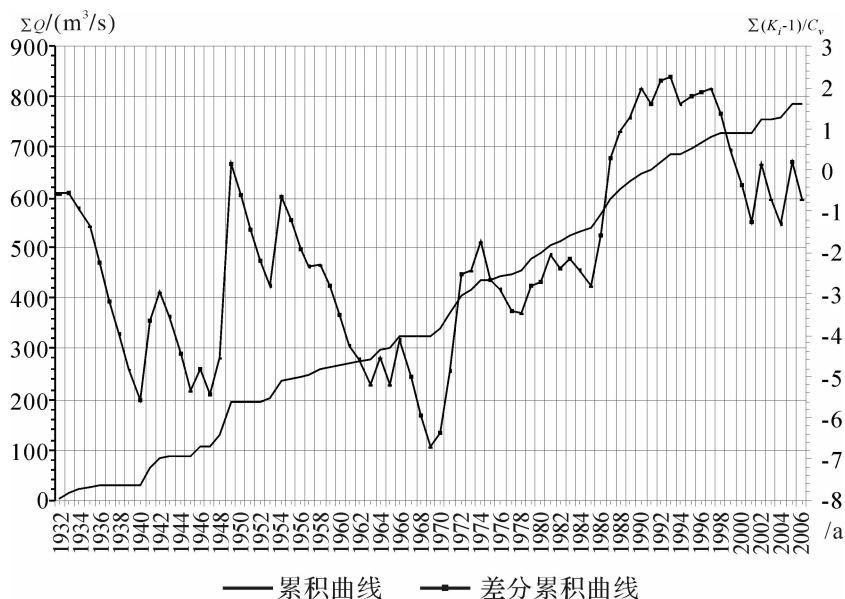


图9 图尔盖-托苏姆河年径流量累积曲线和差分累积曲线

Fig. 9 Cumulative curve and differential cumulative curve of annual runoff of Togay - Kisumum River

总体上看,从20世纪70年代中期开始,哈萨克斯坦北部径流量的减少是与气候变化有关,同时年径流量的变化率也在减少(均方差)。

小结:哈萨克斯坦从20世纪70年代中期开始对径流数据进行观测,以反映当地近代气候的变化特征。根据对观测结果的分析可得出以下基本结论:

哈萨克斯坦所有水事活动的决策,都是建立在水文计算系统的基础上;所有水利设施的设计,也都是建立在气候和水文特征稳定的基础上。只有长期观测才有可能获得稳定的径流参数估值。实际上,过去气候和径流的状况,都会以稳定的状态延续到将来。有关对气候和径流稳定的认识,实际上是统一的和公认的。

但是我们也应看到,气候及其产物——河流是随时间变化的。总之,气候和水文环境长期稳定的特征不仅只反映了现在,而且反映了将来的发展趋势。合理的研究方法取决于气候条件的稳定性。在分析讨论时,为了统一评价径流标准,对计算时间作了限定。俄罗斯的水文工作者在这方面已作了很多工作。在哈萨克斯坦,我们也开展了研究工作,其中包括确定计算时期。为了评价水资源现状及其特征,从1974年起,在确定计算时期时,评价径流量的标准采用两个方案:计算丰水年和当年的径流量。

3. 径流的预测问题

毋庸置疑,预测某区径流量,评价水资源问题是人类关切的主要问题之一。近100年来地球上的居民已经增加了4倍,而需水量也增加了2倍多。由于水资源紧缺所引发的争端,令世界各国担忧。在世界气象组织的文件中,我们经常可以看到这样的内容和标题:“全世界的水足够吗?”“水是人类存亡的关键问题”;“水资源处于紧张状态中”;“水

枯竭的世界”等等;足见人类对水问题的关注。

众所周知,必须精确计算某区域的许多学者认为水资源量,预测将来的水量。尽管当今准确预测气候尚有一定困难,但在将来预测水资源还是可能的。全球气候的变化量是可以预测的。目前在气候研究方面,存在一些大气和海洋的总循环模型,以此为基础,可模拟大气中温室气体浓度增加的情况。在研究全球温度变化和大气降水方面,由于一些模型的预测范围很大,在挑选模型进行预测的过程中,当然难免会存在一定的主观性。

对区域的预测,一般与实际也很少相符,因为所选模型未考虑区域的地形(要知道这是最重要的因素),也没有考虑气候因素的周期变化,对气候变化预测的研究仍处于探索中。

至于径流的预测,研究人员一般很少提供,因为受条件限制,对径流的预测一般只限于面积小于 100 万 km² 的流域。

预测蒸发量是不能实现的,根据我们的经验,以水平衡方程预测实际的径流也是不可能的。在哈萨克斯坦北部,我们预测近 10 年的径流,是根据大气循环模式,采用瓦戈盖姆的大气过程——地表高纬区的典型大气过程。该过程主要发生于近地面,气压的变化会形成气旋和反气旋。典型的高纬度区大气循环类型如图 10。

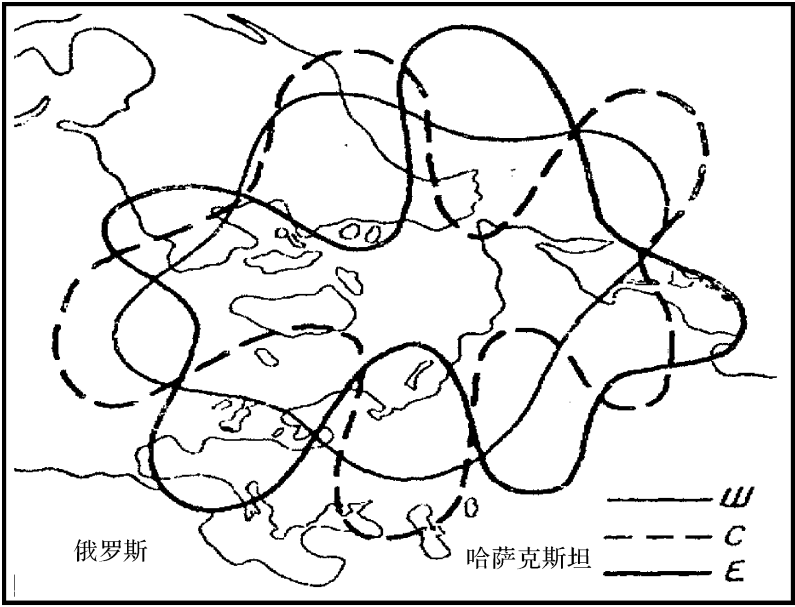


图 10 地球高纬度地区的三种循环模式(III,C,E)

Fig. 10 Three cycle modes at high latitudes on the Earth (III ,C, E)

图 10 中主要包括三种地表高纬区大气循环类型:

类型 III:大气在地表高纬区沿纬向运动,与经向无关,由于各纬度之间大气环流交换弱,导致赤道到极地大气的热力梯度变化增强。此类大气循环类型,导致高纬区不同纬度间的大气状况不同^[6]。

类型 E:在中纬区局部大气环流交换较强。冷空气从哈萨克斯坦北部侵入,导致冬季极为寒冷。

类型 C:与类型 E 相反,气压变化是由于大气从哈萨克斯坦南部侵入,各纬度间大气环流交换强。

这三种类型在哈萨克斯坦都有各自不同的特点和气象条件。

通过观察可以发现一些大气循环过程对哈萨克斯坦北部主要河流的径流量所产生的影响,同时研究了一些评价方法。其中一个方法是:当某种典型的大气循环过程占主导时,计算各主要河流的多年平均径流模数(见表 1。年径流模数是指某年单位集水截面产生的径流量;表中的市、村等地,为各主要河流计算多年平均径流模数的地点—译者)。

表 1 不同大气微循环模式对应的多年平均径流模数

Table 1 Average runoff modulus of different atmospheric microcirculation models corresponding to many years

类 型	卡拉叶尔吉斯 - 巴兰村	努拉 - 舍什卡拉村	叶熙里 - 别特罗巴弗洛斯科市	托贝 - 柯斯达纳伊市	图尔盖 - 托苏姆	冉科 - 库庶姆
III	1.02	1.06	1	1.21	1.07	1.21
E	0.94	0.82	0.85	0.46	1.08	0.46
C	1.02	1.04	1.11	1.5	0.74	1.5
III + C	1.02	1.79	2.19	2.4	1.28	2.4
III + E	0.91	0.69	0.57	0.61	0.58	0.61
E + C	1.13	1.31	0.73	1.11	0.96	1.11

分析上述评价方法(表 1)可得出结论:

在哈萨克斯坦北部,最大的河流径流量与 III + C 循环模式对应:多数情况下伴随 III 循环模式的出现,径流量增加;部分径流量增加与 C 循环模式有关。

当出现 E 循环模式时,各主要河流径流量普遍降低,但沿图尔盖河(位哈萨克斯坦中部)情况相反。

图尔盖河的径流量只在 E 循环模式出现时增加,而在 C 循环模式出现时降低。应当指出,除图尔盖河和萨雷苏河(位哈萨克斯坦中部)外,80%的情况是:丰水年(挑选了五个丰水年)与 C 和 C + III 循环模式的出现对应。除图尔盖河,枯水年多对应 E 循环模式出现,这并不奇怪,因为在哈萨克斯坦冬天是反气旋天气。

因此研究大气循环的出现规律,可以预测主要河流的径流量。

研究表明,大气循环过程的多年变化是与太阳系的环境或者地球的物理过程有关。根据西多廉夫和奥尔洛夫的资料,大气循环的特征与地球自转有关。其中,C 循环模式与地球自转速度减小有直接关系,这些都与太阳黑子的活动有联系。德米特里耶夫和别良佐指出:太阳光斑也具有万有引力,该环境会引起各行星系统的引力发生变化。两位作者预测大气循环过程的类型是与乌拉诺斯(天王星)沿轨道方向运动的时间有关。在表 2 中,作者预测了不同类型大气循环过程出现的时期和过去出现的类似时期。

表 2 不同类型大气循环预测时期及过去出现的类似时期的循环特点^[8]

Table 2 Cycle characteristics of different types of atmospheric microcirculation arisen in forecast period and a similar period

类 型	类似的时期/a	预测的时期/a
<i>E</i>	1929 ~ 1938	2012 ~ 2021
<i>C</i>	1939 ~ 1948	2022 ~ 2031
<i>E + C</i>	1949 ~ 1959	2032 ~ 2042
<i>E + C</i>	1960 ~ 1968	2043 ~ 2051
<i>E + III</i>	1969 ~ 1978	2052 ~ 2060

在此基础上我们设计了三个方案,预测了哈萨克斯坦 5 个水域的情况(表 3)。

表 3 按照三个方案预测的水资源总量(km^3)

Table 3 Predictable amount of water in accordance with the three schemes

预测年份/a	叶尔吉斯	冉科 - 卡斯宾	叶熙里	托贝 - 托尔盖	努拉 - 萨雷苏	总 量
2020	34.5	13.21	2.3	1.72	1.12	52.85
2030	36.36	15.36	2.66	2.05	1.44	57.87
2050	32.98	11.36	1.8	1.45	1.18	48.67

预测自然资源,未考虑人为活动的影响,预计 2020 ~ 2030 年的水资源量将比丰水年的水资源量有所增加,尤其是在 2030 年。这个预测与 *C* 大气循环的出现有关,而这个循环对径流量的增加是有利的。但在 2012 ~ 2021 年的 10 年间,当 *E* 大气循环类型出现时,将不利于河流总径流量的增加,径流量预计为 $43.59\text{km}^3/\text{a}$,低于丰水年的 15.5%,也低于 1974 ~ 2007 年间总径流量的 12%。

上述哈萨克斯坦北部五个流域位于平原地区。哈萨克斯坦南部和哈萨克斯坦东南部分布着山脉,且靠近平原区。在这些地区径流反而是增加的,这是由于该区域径流的形成于一些有冰的山间河流,此外,也与全球气温上升、冰川退化有关。

河流径流变化与集水区冰冻的例子:

如图 11 所示,从 20 世纪 80 年代末期起,集水区的径流剧增,这很大程度上与冰雪消融有关,尽管从 50 年代起开始消融,10 年间消融的水积蓄在其下方的库容中,只是在晚些时候才汇入河流网。

然而由于没有考虑水事活动,所有的资料只反映了与天然径流或者河流有关。哈萨克斯坦的问题在于水资源匮乏,而且 44% 的径流量都是从邻国沿着过境水汇入到哈萨克斯坦的径流区,亦即我们不是这些水的主人。由于从这些河流中取水量增加,不可避免地增加了额外的用水量。水事活动专家对这部分额外的水资源进行了预测,结果是完全不如人意的。