

60年来黑河流域东部子水系中上游气温、降水、蒸发变化特征分析

牛最荣¹, 安冬²

(1.甘肃省水文水资源局, 甘肃兰州 730000; 2.河海大学水文水资源学院, 江苏南京 210098)

摘要:利用黑河流域东部子水系中上游10个水文站近60年气温、降水、蒸发观测资料,分析3个要素地域和年际变化特征。结果表明:(1)气温总体地域变化特征表现为从南向北随着海拔高程逐渐降低,多年平均气温呈现逐步升高的趋势。2000年以后气温平均升高0.9℃;(2)降水量总体地域变化特征表现为从南向北、从东向西随着海拔高程的逐渐降低,多年平均降水量呈现逐步减少的趋势。各站历年降水过程呈锯齿状高频振荡,深山区、走廊平原区(荒漠边缘区)降水量长期变化总体上是呈缓慢上升的趋势,浅山区降水量长期变化总体上是呈缓慢下降的趋势;(3)蒸发量地域分布规律跟降水量、气温地域分布规律密切相关,蒸发量总体地域变化特征表现为从南向北随着海拔高程逐渐降低,多年平均蒸发量呈现逐步增大的趋势。1980~2011年间深山区多年蒸发量变化趋势平稳,无明显增大或减小的变化趋势;浅山区和走廊平原区均呈现出蒸发量逐年减小的总体变化趋势。

关键词:气温;降水;蒸发;地域变化;年际变化;黑河

中图分类号:P332

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2013)06-0085-05

1 流域概况

黑河流域东部子水系中上游主要有黑河干流以及东起山丹县瓷窑口,西至高台县黑大板河的大小26条支流。主要支流有祁连八宝河、山丹马营河、民乐洪水河、大渚马河、梨园河,这些河流均有独立出山口,大都修建拦蓄工程,大部分径流被农业引灌,下游基本为季节性河流^[1-2]。流域内共建水库71座,总库容 $4.96 \times 10^8 \text{m}^3$;水电站72座,总装机容量 $114.29 \times 10^4 \text{kW}$;设立水文站10处,雨量站24处,洪水调查断面13处。河流水系分布见图1。

黑河,中国第二大内陆河,干流全长928km,南衔祁连山区的雪水,北润中蒙边境的额济纳大地,横亘我国西北内陆腹地。黑河干流莺落峡以上为上游,河道长313km,流域面积 $1.0 \times 10^4 \text{km}^2$ 。上游地势高峻,气候严寒湿润,是黑河水的主要来源区,莺落峡至正义峡之间为中游,河道长204km,流域面积 $2.56 \times 10^4 \text{km}^2$ 。中游地区绿洲、荒漠、戈壁、沙漠断续分布,地势平坦,是河西

走廊的重要组成部分,这里光热资源充足,昼夜温差大,是甘肃省重要的灌溉农业区。正义峡以下为下游,河道长411km,流域面积 $8.04 \times 10^4 \text{km}^2$,下游阿拉善高平原,属于马鬃山至阿拉善台块的戈壁沙漠地带,地势开阔平坦,气候非常干燥,植被稀疏,是戈壁沙漠围绕天然绿洲的边境地区^[3]。

2 主要气象要素

黑河流域东部子水系中上游水文站观测资料连续的气象要素主要包含气温、降水、蒸发3个要素^[4-7]。各水文站地理位置和气象要素多年均值统计见表1。

3 气温变化特征

3.1 气温地域变化特征

黑河流域东部子水系中上游区域从上游往下游依次有扎马什克、祁连、莺落峡、高崖、正义峡5个水文站观测气温资料,气温总体地域变化特征表现为从南向北随着海拔高程逐渐降低,多年平均气温呈现逐步升

收稿日期:2013-03-21

基金项目:国家自然科学基金重点项目(91125015)

作者简介:牛最荣(1964-),男,甘肃通渭人,教授级高工,主要从事水文水资源及水环境监测、评价和研究工作。E-mail:zrn12@sina.com

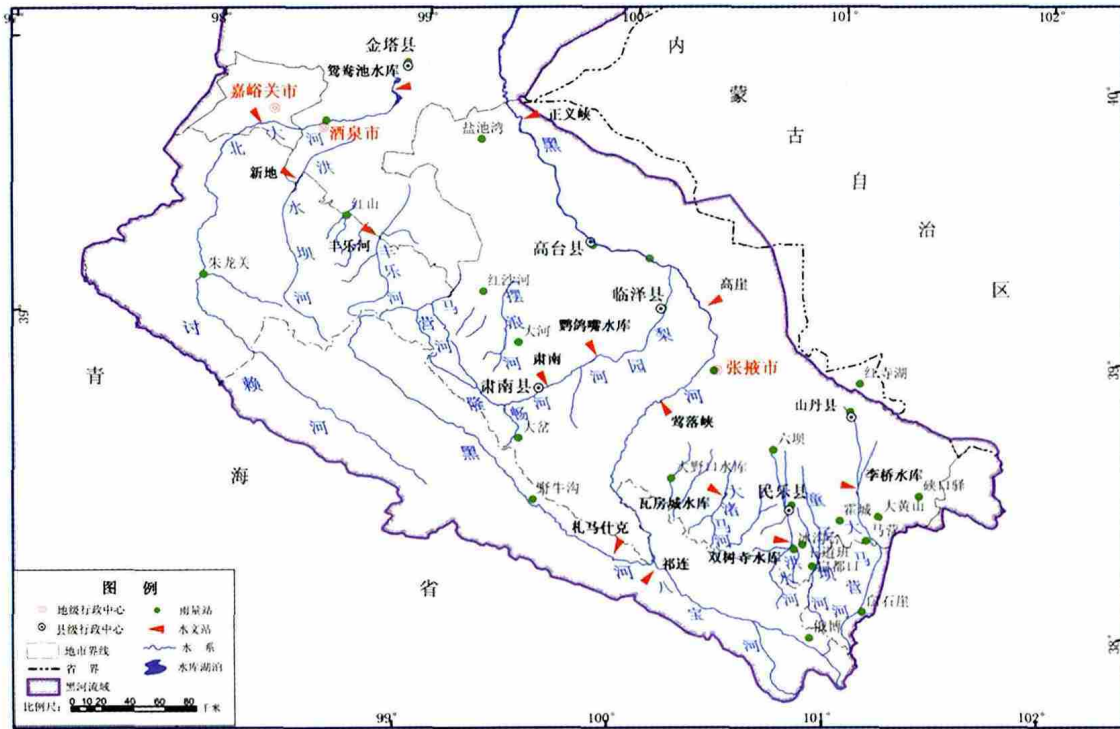


图1 黑河流域上中游河流水系分布图

Fig.1 The distribution of the upper and middle reaches in the Heihe River basin

表1 各水文站地理位置和气象要素多年均值统计表

Table 1 The statistics of the mean annual meteorological elements and location of the hydrometry stations

站名	高程 / m	经度 / ° E	纬度 / ° N	多年平均气温/°C	多年平均降水量/mm	多年平均蒸发量/mm
瓦房城	2300	100°31'	38°29'		464.5	848.8
双树寺	2400	100°49'	38°21'		392.8	1003.4
李桥	2150	101°08'	38°31'		288.9	862.8
扎马什克	2600	100°07'	38°13'	2.1	453	748.8
祁连	2590	100°14'	38°12'	2.4	396.8	777.9
莺落峡	1674	100°11'	38°49'	9.2	183.6	1415.6
高崖	1420	100°24'	39°08'	9.7	125	1562.5
正义峡	1000	99°28'	39°49'	10.8	70.9	1624.8
鸚鵡咀	1900	99°51'	38°57'		163.8	1238.5
肃南	2300	99°38'	38°51'		270.4	889.7
资料统计年限				1985~2011年	1977~2011年	1980~2011年

高的趋势,如图2所示。气温随海拔高程变化规律呈对数曲线变化。

3.2 气温年际变化特征

点绘扎马什克水文站 1977~2011年、祁连水文站 1985~2011年、莺落峡水文站 1974~2011年、高崖水文站 1977~2011年、正义峡水文站 1970~2011年逐年平均气温变化过程线,如图3所示。从图中明显看出,深山区扎马什克、祁连水文站和走廊区莺落峡、高崖、正义峡水文站多年平均气温分属明显的2个带状,多年平均气温相差近5°C。扎马什克、祁连水文站气温从

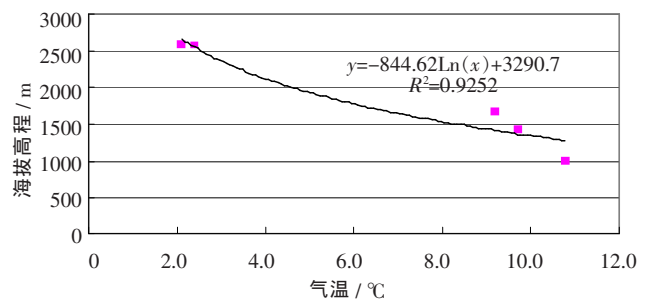


图2 多年平均气温和海拔高程关系图

Fig.2 The relation between the mean annual temperature and altitude

1997年开始呈现逐年上升的趋势,莺落峡、高崖、正义峡水文站气温也从1997年逐步升高后趋于稳定。扎马什克水文站1974~1996年多年平均气温1.3℃,1997~2011年多年平均气温2.7℃;祁连水文站1985~1996年多年平均气温2.0℃,1997~2011年多年平均气温2.7℃;莺落峡水文站1974~1996年多年平均气温8.8℃,1997~2011年多年平均气温9.4℃;高崖水文站1977~1996年多年平均气温9.1℃,1997~2011年多年平均气温10.0℃;正义峡水文站1977~1996年多年平均气温10.1℃,1997~2011年多年平均气温11.0℃。扎马什克、祁连、莺落峡、高崖、正义峡水文站1997~2011年的多年平均气温比1996年以前的多年平均气温分别升高幅度为1.4、0.7、0.8、0.9、0.9℃,气温平均升高0.9℃^[4-7]。

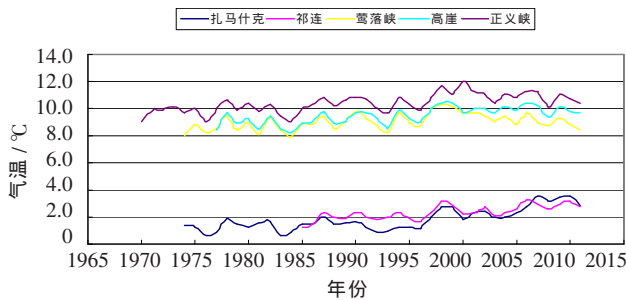


图3 逐年平均气温变化过程线图
Fig. 3 The change of the mean annual temperatures

4 降水量变化特征

4.1 降水量地域变化特征

选取黑河流域东部子水系扎马什克、祁连、瓦房城、双树寺、李桥、莺落峡、高崖、正义峡、肃南、鹦鹑咀10个水文站观测降水量资料分析降水量的地域分布规律,降水量总体地域变化特征表现为从南部祁连山区向北部走廊平原、从东部山丹向西部高台下游随着海拔高程逐渐降低,多年平均降水量呈现逐步减少的趋势,降水量随海拔高程变化规律呈对数曲线变化^[8-9](见图4)。

4.2 降水量年际变化特征

选取深山区、浅山区、走廊平原区代表站扎马什克、肃南、莺落峡、正义峡水文站降水量观测系列资料,点绘扎马什克水文站1958~2011年、莺落峡水文站1948~2011年、肃南水文站1963~2011年、正义峡水文站1956~2011年逐年降水量变化过程线(见图5)。从图中明显看出各站历年降水过程呈锯齿状高频振荡,

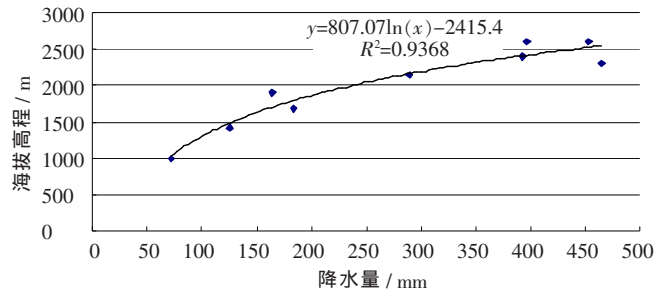


图4 多年平均降水量和海拔高程关系图
Fig. 4 The relation between the mean annual precipitation and altitude

深山区代表站扎马什克、出山口代表站莺落峡、走廊平原区(荒漠边缘区)代表站正义峡降水量长期变化总体上是呈缓慢上升的趋势,浅山区代表站肃南降水量长期变化总体上是呈缓慢下降的趋势^[10-11]。具体变化趋势统计见表2。

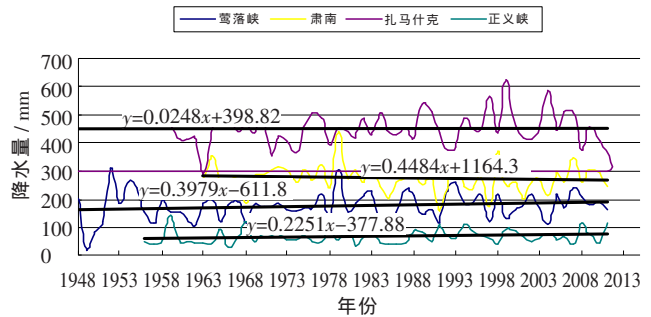


图5 历年降水量变化过程及趋势图
Fig. 5 The precipitation change and trend in the past years

表2 代表站逐年降水量变化趋势统计表

Table 2 The statistics of the annual precipitation change trend of the representative stations

站名	资料系列年限	趋势方程式	变化趋势	说明
扎马什克	1958~2011年	$p=0.0248t+398.82$	上升	1958年 $t=0$
莺落峡	1948~2011年	$p=0.3979t-611.8$	上升	1948年 $t=0$
正义峡	1956~2011年	$p=0.2251t-377.88$	上升	1956年 $t=0$
肃南	1963~2011年	$p=-0.4484t+1164.3$	下降	1963年 $t=0$

注: p 为第 t 年降水量; t 为时间(a)。

5 蒸发量变化特征

5.1 蒸发量地域变化特征

选取流域内瓦房城、双树寺、李桥、扎马什克、祁连、莺落峡、高崖、正义峡8个水文站观测蒸发量资料分析蒸发量地域分布规律,蒸发量地域分布规律与降水量、气温地域分布规律密切相关,蒸发量总体地域变

化特征表现为从南向北随着海拔高程逐渐降低,多年平均蒸发量呈现逐步增大的趋势,如图6所示。蒸发量随海拔高程变化规律呈指数曲线变化。蒸发量另一个地域分布特点表现为走廊平原区代表站莺落峡、高崖、正义峡水文站蒸发量在1000~1900mm之间,浅山区代表站双树寺、肃南水文站蒸发量在750~1250mm之间,深山区代表站扎马什克、祁连水文站蒸发量在650~720mm之间,如图7所示。

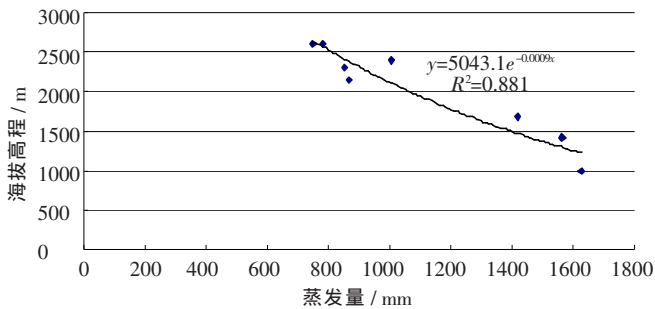


图6 蒸发量和海拔高程关系图

Fig. 6 The relation between the evaporation and altitude

5.2 蒸发量年际变化特征

点绘双树寺、扎马什克、祁连、莺落峡、高崖、正义峡、肃南7个水文站1980~2011年历年同步观测年蒸发量过程线图,如图7所示。深山区扎马什克、祁连水文站多年蒸发量变化趋势平稳,无明显增大或减小的变化趋势;浅山区代表站双树寺、肃南和走廊平原区代表站莺落峡、高崖、正义峡均呈现出蒸发量逐年减小的总体变化趋势,其中莺落峡、高崖从2000年起蒸发量逐年减小趋势明显。

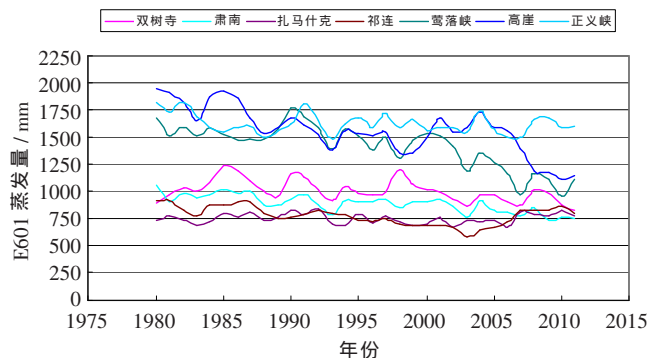


图7 逐年蒸发量过程线图

Fig. 7 The hydrograph of the annual evaporation

6 结论

(1) 气温总体地域变化特征表现为从南向北随着

海拔高程逐渐降低,多年平均气温呈现逐步升高的趋势,气温随海拔高程变化规律呈对数曲线变化。扎马什克、祁连、莺落峡、高崖、正义峡水文站1997~2011年比1996年以前多年平均气温分别升高幅度为1.4、0.7、0.8、0.9、0.9℃,气温平均升高0.9℃。

(2) 降水量总体地域变化特征表现为从南部祁连山区向北部走廊平原、从东部山丹向西部高台下流随着海拔高程逐渐降低,多年平均降水量呈现逐步减少的趋势,降水量随海拔高程变化规律呈对数曲线变化。各站历年降水过程呈锯齿状高频振荡,深山区代表站扎马什克、出山口代表站莺落峡、走廊平原区(荒漠边缘区)代表站正义峡降水量长期变化总体上是呈缓慢上升的趋势,浅山区代表站肃南降水量长期变化总体上是呈缓慢下降的趋势。

(3) 蒸发量地域分布规律跟降水量、气温地域分布规律密切相关,蒸发量总体地域变化特征表现为从南向北随着海拔高程逐渐降低,多年平均蒸发量呈现逐步增大的趋势,蒸发量随海拔高程变化规律呈指数曲线变化。1980~2011年间深山区扎马什克、祁连水文站多年蒸发量变化趋势平稳,无明显增大或减小的变化趋势;浅山区代表站双树寺、肃南和走廊平原区代表站莺落峡、高崖、正义峡均呈现出蒸发量逐年减小的总体变化趋势,其中莺落峡、高崖从2000年起蒸发量逐年减小趋势明显。

参考文献:

- [1] 牛最荣,刘进琪,赵文智,等. 河西内陆河流域土地利用对地表水资源影响研究[J]. 水文,2009,29(5). (NIU Zuirong,LIU Jinqi,ZHAO Wenzhi,et al. Study on influence of land use to surface water resources of inland river basin in Hexi[J]. Journal of China Hydrology,2009,29(5). (in Chinese))
- [2] 牛最荣,赵文智,黄维东,等. 黑河下游生态调水对水资源时空变化的影响分析[J]. 水文,2011,31(5). (NIU Zuirong,ZHAO Wenzhi, HUANG Weidong,et al. Analysis of influence of temporal and spatial change of ecological-water diversion to water resource in Heihe downstream [J]. Journal of China Hydrology, 2011,31(5). (in Chinese))
- [3] 刘进琪,牛最荣. 内陆干旱区土地利用及覆被变化对水资源影响研究[M]. 兰州:甘肃人民出版社,2009. (LIU Jinqi,NIU Zuirong. The Study on Influence of Land Use and Cover Change on Water Resources in Inland Arid Areas [M]. Lanzhou: Gansu People's Press, 2009. (in Chinese))
- [4] 牛最荣,赵志农,扈祥来,等. 甘肃省时段暴雨量随高程变化规律分析[J]. 水文,2005,25(3). (NIU Zuirong,ZHAO ZhiNong,HU Xianglai, et al. Analysis of periodical rainstorm amount changes for elevation in Gansu[J]. Journal of China Hydrology, 2005,25(3). (in Chinese))

- [5] 牛最荣, 赵文智, 陈学林, 等. 黑河流域中西部子水系水资源分布特征研究 [J]. 冰川冻土, 2010, 32 (6). (NIU Zuirong, ZHAO Wenzhi, CHEN Xuelin, et al. The study on features of water resource distribution of mid-west sub-water system in Heihe River basin [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2010, (6). (in Chinese))
- [6] 牛最荣, 赵文智, 刘进琪, 等. 甘肃渭河流域气温、降水和径流变化特征及趋势研究 [J]. 水文, 2012, (4). (NIU Zuirong, ZHAO Wenzhi, LIU Jinqi, et al. Study on change characteristics and trend of temperature, precipitation and runoff of Weihe River basin in Gansu [J]. Journal of China Hydrology, 2012, (4). (in Chinese))
- [7] 牛最荣, 赵文智, 刘进琪, 等. 甘肃渭河流域土地利用及覆被变化对径流的影响研究 [J]. 水利水电技术, 2012, (4). (NIU Zuirong, ZHAO Wenzhi, LIU Jinqi, et al. The study on influence of land utilization and coverage change on runoff in Weihe River basin in Gansu [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2012, (4). (in Chinese))
- [8] 牛最荣, 黄维东, 陈文, 等. 引大工程供水区水资源优化配置模型及方案研究 [J]. 水文, 2007, 27(1). (NIU Zuirong, HUANG Weidong, CHEN Wen, et al. Study on model and scheme of water resource optimize-allocation of water supply area of Yinda project [J]. Journal of China Hydrology, 2007, 27 (1). (in Chinese))
- [9] 牛最荣, 李德生, 黄维东, 等. 甘肃境内渭河流域水资源变化趋势预报模型研究 [J]. 水文, 2008, 28(1). (NIU Zuirong, LI Desheng, HUANG Weidong, et al. Study on forecast model of water resources change trend of Weihe River basin in Gansu [J]. Journal of China Hydrology, 2008, 28(1). (in Chinese))
- [10] 徐宗学. 水文模型 [M]. 北京: 科学出版社, 2009. (XU Zongxue. Hydrological Model [M]. Beijing: Science Press, 2009. (in Chinese))
- [11] 马正耀. 黑河径流年内分配格局变化趋势分析 [J]. 水文, 2011, 31 (4). (MA Zhengyao. Analysis of change trend of runoff annual distribution in Heihe River [J]. Journal of China Hydrology, 2011, 31 (4). (in Chinese))

Change Characteristics of Temperature, Precipitation and Evaporation in Upper and Middle Reaches of Eastern Heihe River Basin in Recent 60 Years

NIU Zuirong¹, AN Dong²

(1. Hydrology and Water Resources Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730000, China;

2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: The regional and interannual change characteristics of three elements were analyzed based on the observed data of temperature, precipitation and evaporation from the 10 hydrometry stations in the upper and middle reaches of the eastern sub-rivers in the Heihe River Basin in the recent 60 years. The results show: (1) The mean annual temperature gradually increased with the altitude from the south to north decreasing, and the temperature increased by 0.9 °C in average since 2000. (2) The mean annual precipitation gradually decreased gradually with the altitude from the south to north and from the east to west decreasing. The precipitation hydrographs of the stations are serrated in high-frequency oscillation over the years. The precipitation has a long trend of slow increase in the deep mountain area and plain of corridor (edges of desert), while the precipitation has a trend of slow decrease in the hilly area. (3) The geographical distribution of the evaporation is closely related with the precipitation and temperature distribution, and the mean annual evaporation gradually increased with the altitude from the south to north decreasing. There was no big change of the mean annual evaporation in the deep mountain area from 1980 to 2011, while there was a trend of evaporation decreasing in the hilly area and plain of corridor.

Key words: temperature; precipitation; evaporation; regional change; interannual change; Heihe River