

江河源区气候暖干化趋势研究

胡良温^{1,2}, 杨改河¹, 冯永忠¹, 任广鑫¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 山西省气象科学研究所, 山西 太原 030002)

[摘要] 温室效应引起的全球变暖是近几十年来气候变化的主要特征,但不同区域降水量变化差异较大,温湿变化的差异对生态环境产生了不同影响。探讨江河源区气候变化趋势,是研究该区域生态环境变化的重要内容。文章利用江河源区气象观测资料,分析了近 42 年来该区域不同站点和整个区域的平均气温、降水量、蒸发量等气象要素的变化情况。结果表明,1961 年以来,江河源区全区及各站点的年、季平均气温均呈明显上升趋势,升幅随站点位置、季节的不同而变化,气温最高年份大多出现在最近十多年间;1980 年以来,源区和大多数站点的平均年降水量呈减少趋势,暖季降水量普遍减少,冷季降水量则有不同程度增加;蒸发量年际间波动大,变化规律复杂,但 20 世纪 90 年代以来,源区大多数站点和整个源区的平均年蒸发量均表现为上升趋势。气温上升,降水量减少,蒸发量增大,使江河源区气候呈暖干化趋势。

[关键词] 江河源区;气温;降水量;气候暖干化

[中图分类号] P467

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)07-0141-06

Tendency research of climate warm-dry in source regions of the Yangtse River, the Yellow River and the Lantsang River

HU Liang-wen^{1,2}, YANG Gai-he¹, FENG Yong-zhong¹, REN Guang-xin¹

(1 College of Resources Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Shanxi Meteorological Institute, Taiyuan, Shanxi 030002, China)

Abstract : By using the data of meteorological stations in source regions of the Yangtse River, the Yellow River and the Lantsang River, the variation of air temperature, precipitation and evaporation of every seasons and annual in the regions are analyzed. The result indicates that the mean annual air temperature rises obviously all over the region at every station since 1961, and rising values vary with its location and season. The years with the highest air temperature are in the near decade. Annual precipitation has showed the tendency of reducing in the region and at most of stations since 1980. The precipitation decreases in warm seasons and increases in cool seasons. Evaporation rises in the region and most of stations after 1990s. The rising of air temperature, decreasing of precipitation and increasing of evaporation conduce to the climate warm-dry tendency in the source regions of the Yangtse River, the Yellow River and the Lantsang River.

Key words : the source regions of the Yangtse River, the Yellow River and the Lantsang River; air perature; precipitation; climate warm-dry tendency

在全球变暖的大背景下,全球平均温度自 1860 年以来升高了(0.6 ± 0.2)^[1]。近百年来,中国年平均地表气温明显增加,升温幅度约为 0.5 ~ 0.8,并导致了生态环境的一系列变化^[2]。江河源区

* [收稿日期] 2006-04-30

[基金项目] 青海省重大科技攻关项目(2002-N-106)

[作者简介] 胡良温(1965 -),男,山西河津人,高级工程师,博士,主要从事气候与生态研究。

[通讯作者] 杨改河(1957 -),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事资源与环境生态研究。

位于青海省南部,地理位置介于 $31^{\circ}39' \sim 36^{\circ}16' N$ 、 $89^{\circ}24' \sim 102^{\circ}23' E$,面积 31.8 万 km^2 ,是青藏高原的重要组成部分,同时也是长江、黄河、澜沧江的发源地。近几十年来,江河源区出现了草场退化、土壤沙化、盐渍化、水土流失加剧、湖泊萎缩、河流干涸、冰川退缩、冻土退化等一系列生态环境问题,不仅使当地生态环境更加恶化,而且对周边及下游地区的生态环境造成了严重影响^[3-5]。江河源区生态环境恶化固然有人类活动的影响,但气候变化,特别是温室效应引起的气候变暖是主要原因^[6-7]。因此,研究江河源区气候变化趋势具有十分重要的意义。

多年来,人们在关注全球气候变暖的同时,对江河源区所在的青藏高原地区或中国西部地区气候变化进行了大量研究,对江河源区气候变化已有了初步认识^[8-11]。近年来,虽有一些江河源区气候变化的研究^[12-13],但多是针对整个源区的平均状况或单一要素的变化,有关源区内部气候变化的地域分布规律研究还较少,难以满足恢复和改善当地生态环境现状的需求。为此,本研究利用江河源区全部 18 个站点的气象观测资料,分析了该区域近 42 年来气温、降水量、蒸发量等气象要素的变化,探讨了源区气候变化的趋势,以期为进一步研究气候变化对生态环境的影响提供理论依据。

1 资料来源

江河源区近 42 年来的气温、降水量和蒸发量等

气象观测资料,来自源区的 18 个气象站点,其中,由于河南和同德站址迁移、甘德建站较晚,仅使用了 1980~2002 年的资料,其余 15 个气象站使用了 1961~2002 年的资料。本文中的气温距平是指逐年气温与 1961~1990 年气温平均值的差值,线性趋势率是指气候要素线性拟合的斜率。

2 江河源区气温的变化

2.1 江河源区整体平均气温的变化

由图 1 可以看出,江河源区年际间气温距平有一定的波动,但整体表现为上升趋势,年平均气温的线性趋势率为 $0.233 \text{ } ^{\circ}\text{C}/10 \text{ 年}$ 。与 1961~1990 年的气候平均状况相比,20 世纪 60 年代大多数年份的气温距平为负值,60 年代平均值为 $-0.20 \text{ } ^{\circ}\text{C}$;70 年代和 80 年代正、负气温距平年份基本相当,平均气温距平分别为 $0.03 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 和 $0.17 \text{ } ^{\circ}\text{C}$;90 年代以来,大多数年份的气温距平为正值,平均气温距平为 $0.45 \text{ } ^{\circ}\text{C}$,比 60 年代升高 $0.65 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 。其中,1987~2002 年的年平均气温距平均较高,除 1992 和 1997 年的年平均气温距平为负值外,其余年份的年平均气温虽有波动,但气温距平均为正值。年平均气温距平均较高的年份依次为 1999,1998 和 1988 年,年平均气温分别为 $0.19 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 、 $0.11 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 和 $-0.03 \text{ } ^{\circ}\text{C}$,分别比 1961~1990 年 30 年的平均气温升高 $1.23 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 、 $1.15 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 和 $1.01 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ 。

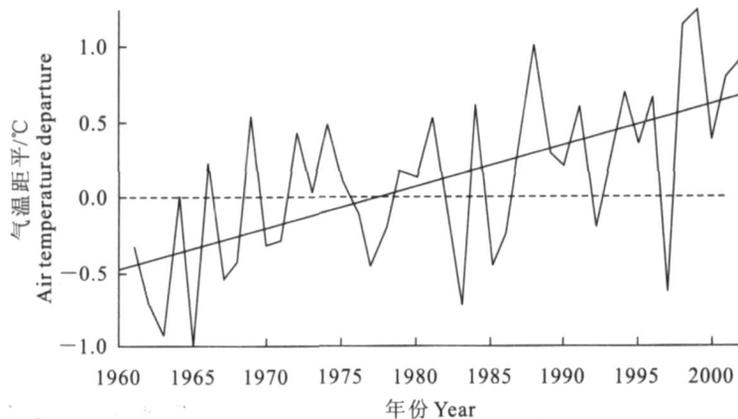


图 1 江河源区年平均气温距平的变化

Fig. 1 Variations of mean annual air temperature departure in source regions of the Yangtse River, the Yellow River and the Lantsang River

20 世纪 60 年代以来,江河源区各季平均气温均表现为整体上升趋势,但不同季节之间有一定差异。秋、冬季气温增幅明显,线性趋势率也较大,分别为 $0.282 \text{ } ^{\circ}\text{C}/10 \text{ 年}$ 和 $0.283 \text{ } ^{\circ}\text{C}/10 \text{ 年}$;夏季次之,线性趋势

率为 $0.231 \text{ } ^{\circ}\text{C}/10 \text{ 年}$;春季气温增幅最小,线性趋势率仅 $0.141 \text{ } ^{\circ}\text{C}/10 \text{ 年}$,约为秋、冬季的 50%。各季平均气温的变化动态也有一定差异。夏、秋季气温自 20 世纪 60 年代以来持续上升,60 年代和 70 年代气

温距平均为负值,80 年代气温距平开始转为正值,90 年代气温距平进一步增大;冬、春季气温表现为波动上升,其中冬季气温以 60 年代最低,60~80 年代持续上升,90 年代出现了降温趋势,春季气温在 60~70 年代呈上升趋势,70~80 年代为下降趋势,90 年代又开始上升。与 1961~1990 年相比,20 世纪 90 年代春、夏、秋季气温上升幅度基本相当,分别为 0.59,0.51 和 0.58,冬季气温增幅较小,仅 0.13。逐年的各季节平均气温距平超过 1.0 的年份也大多数出现在 1987~2002 年。

2.2 江河源区不同站点气温的变化

2.2.1 年平均气温的变化 与整个源区的年平均气温变化情况相似,20 世纪 60 年代以来,大多数站点的年际间年平均气温呈直线上升趋势,线性趋势率均为正值,但不同站点之间有一定差异。从江河源区各站点全年及四季气温线性趋势率(表 1)可以

看出,东部的黄河源区各站点年平均气温线性趋势率较大,且相互之间的差异也较大,其中位于源区东北部的泽库、兴海和东南部的久治 3 站点是全区年平均气温线性趋势率较大的站,分别达到 0.388,0.356 和 0.319 /10 年;而玛沁站和东南部的班玛站只有 0.183 和 0.172 /10 年,是整个源区年平均气温线性趋势率较低的站。在中部的长江源区和澜沧江源区,除称多站的年平均气温线性趋势率较小(0.151 /10 年),是整个源区的次低站外,其余站的年平均气温线性趋势率相差不大,为 0.230~0.281 /10 年。西部的五道梁和沱沱河站虽然整体趋势也是变暖,但气温变化并不是持续上升,而是经历了上升-下降-上升的过程,20 世纪 90 年代气温达最高,且年平均气温线性趋势率均较小,其中沱沱河站为 0.125 /10 年,是全区年平均气温线性趋势率最低的站。

表 1 江河源区各站点全年及四季气温的线性趋势率

Table 1 Annual and seasons ratios of linearity tendency of air temperature in source regions of the Yangtse River, the Yellow River and the Lantsang River /10 年

位置 Region	站名 Meteorological station	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	全年 Year
东部 East region	兴海 Xinghai	0.197	0.238	0.396	0.593	0.356
	泽库 Zeku	0.200	0.287	0.423	0.641	0.388
	玛多 Maduo	0.100	0.161	0.311	0.533	0.286
	玛沁 Maqin	0.103	0.203	0.165	0.261	0.183
	达日 Dari	0.111	0.221	0.264	0.292	0.222
	久治 Jiuzhi	0.115	0.311	0.342	0.489	0.319
	班玛 Banma	0.029	0.240	0.254	0.166	0.172
中部 Center region	曲麻莱 Qumalai	0.174	0.362	0.267	0.141	0.236
	治多 Zhiduo	0.233	0.368	0.394	0.127	0.281
	称多 Chengduo	0.131	0.163	0.187	0.122	0.151
	玉树 Yushu	0.186	0.285	0.333	0.269	0.268
	杂多 Zaduo	0.207	0.203	0.348	0.163	0.230
西部 West region	囊谦 Nengqian	0.188	0.191	0.262	0.333	0.243
	沱沱河 Tuotuohe	0.120	0.209	0.199	-0.027	0.125
	五道梁 Wudaoliang	0.087	0.237	0.306	0.267	0.224
	平均 Mean	0.141	0.231	0.282	0.283	0.233

2.2.2 各季节气温的变化 虽然从整体趋势而言,20 世纪 60 年代以来江河源区所有站点各季节气温均表现为上升趋势,但不同区域、不同季节气温上升的过程有一定差异。所有站点春季气温均表现为升-降-升的波动变化过程,20 世纪 60 年代的春季平均气温较低,70 年代有所上升,80 年代又出现下降趋势,部分站的年平均气温降至近几十年来的最低值,90 年代又开始上升。夏、秋季大多数站气温持续上升。冬季气温变化较为复杂,大多数站 20 世纪 60~80 年代的冬季平均气温呈持续上升趋势,90 年代呈下降趋势。

与 1961~1990 年的平均状况相比,20 世纪 90 年代大多数站点不同季节的年代际平均气温升幅为 0.4~0.6。纬度较高的地区气温升幅也大,气温升幅最大值可达 0.80 左右;纬度较低地区气温升幅小,气温升幅最小值在 0.30 左右。气温较高的夏、秋季不同站点之间气温增幅差异小,而气温较低的冬、春季不同站点之间气温增幅差异大。如玛多站 20 世纪 90 年代冬季的平均气温距平高达 0.92,是所有站点、所有季节的最大值;源区中部的称多和杂多站 90 年代的冬季平均气温距平则分别为 -0.40 和 -0.30。

由表 1 可见,东部的黄河源区大多数站点冬季气温线性趋势率较大,除班玛站外,其余站点均在 0.250 /10 年以上,其中泽库、兴海站冬季气温线性趋势率分别达 0.641 和 0.593 /10 年;秋季和夏季气温线性趋势率次之,除夏季玛多站和秋季玛沁站的气温线性趋势率较小外,其余站夏、秋季的气温线性趋势率均在 0.200 /10 年以上,气温线性趋势率最大的站分别是久治(夏季,0.311 /10 年)和泽库(秋季,0.423 /10 年);春季气温线性趋势率最小,介于 0.029~0.200 /10 年。中部的长江和澜沧江源区大部分站气温线性趋势率最大的季节是秋季,为 0.187~0.394 /10 年;线性趋势率最小的季节一般在冬季或春季。西部站点各季节的线性趋势率均较小,其中五道梁气温线性趋势率最大为秋季的 0.306 /10 年,最小为春季的 0.087 /10 年;沱沱河气温线性趋势率最大为夏季的 0.209 /10 年,最小为冬季的 -0.027 /10 年,是全区唯一出现线性趋势率为负值的站点。

3 江河源区降水量的变化

3.1 江河源区平均降水量的变化

从 1980~2002 年江河源区 18 个气象站的平均降水量变化情况可以看出,江河源区不同季节降水量变化趋势不同。与 20 世纪 80 年代相比,90 年代春季降水量没有明显变化,线性趋势率仅为 0.23 mm/年,降水量距平多保持在 ± 10.00 mm 左右,且

由于 1989 年春季降水量明显偏大,而使 90 年代平均降水量较 80 年代减少 3.70 mm。夏季是源区降水量最为集中的季节,也是降水量下降趋势最为明显的季节,降水量的线性趋势率达 -2.55 mm/年,20 世纪 90 年代平均降水量较 80 年代减少 15.40 mm,降幅为 5.35%。秋季降水量也呈减少趋势,线性趋势率为 -0.96 mm/年,20 世纪 90 年代平均降水量较 80 年代减少 15.68 mm,降幅为 13.55%,是全年四季中降幅最大的季节。冬季是惟一出现降水量增加的季节,其线性趋势率为 0.20 mm/年,20 世纪 90 年代平均降水量较 80 年代增加了 3.57 mm,增幅高达 35.07%,但 1996 年以来源区冬季降水量呈明显下降趋势。

由于夏、秋两季降水量占全年总降水量的 80% 以上,因此年平均降水量的变化趋势与这两个季节的变化趋势基本相同,在波动变化中呈逐年持续减少趋势(图 2),年降水量的线性趋势率达 -3.11 mm/年。20 世纪 90 年代源区平均年降水量较 80 年代减少 31.11 mm,降幅为 6.32%。其中 1980~1985 年是年降水量较大的时段,1990~1997 年大多数年份的年降水量均低于多年平均值,是年降水量偏少持续时间最长的时段。进入 21 世纪后,源区年降水量仍在持续减少,如 2002 年平均降水量是近 20 余年来最少的年份,比 1980 年以来的平均值减少 68.99 mm,降幅达 14.63%,仅为最大降水量年份(1989 年)的 2/3。

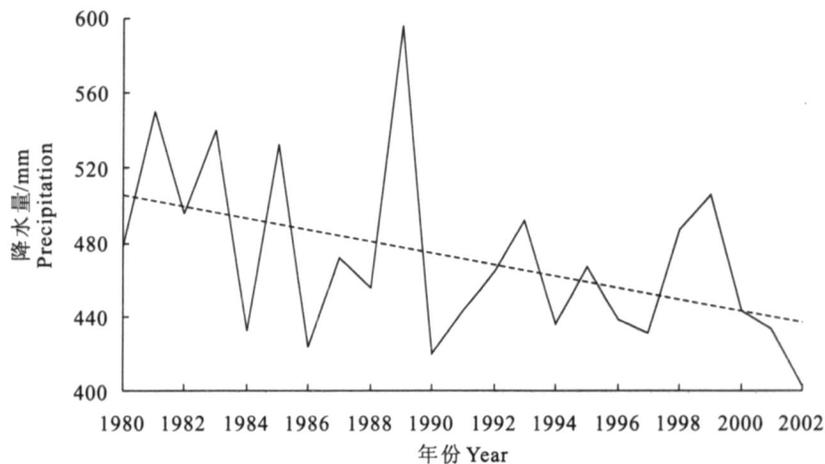


图 2 1980 年以来江河源区全年降水量的变化

Fig. 2 Variations of annual precipitation in source regions of the Yangtze River, the Yellow river and the Lantsang River

3.2 江河源区不同站点降水量的变化

3.2.1 年降水量的变化 自 1980 年以来,江河源区不同站点年降水量的线性趋势率可分为 3 种类型:(1)年降水量的线性趋势率为负值,即降水量呈

减少趋势,源区 3/4 的站属于这种类型。其中黄河源区年降水量的线性趋势率与降水量的分布趋势基本相似,自南向北年降水量逐渐减少,降水量减幅也逐渐减小。阿尼玛卿山以北区域年降水量的平均线

性趋势率均在 -3.70 mm/年以下,兴海站降幅最小,为 -1.49 mm/年;阿尼玛卿山以南区域降水量降幅较大,均在 -4.30 mm/年以上,久治站降水量降幅最大,为 -8.56 mm/年。在中部长江源区和澜沧江源区,称多站年降水量线性趋势率最大,为 -6.33 mm/年,其他站在 -4.00 mm/年左右。(2)年降水量没有明显的变化趋势,线性趋势率接近于0。囊谦站和玛多站属于这种类型,线性趋势率分别为 -0.68 和 -0.22 mm/年。(3)年降水量呈增加的趋势,其线性趋势率为正值。源区西部的五道梁站和沱沱河站属于这种类型,其线性趋势率分别为 3.61 和 1.40 mm/年。

从20世纪90年代与80年代的年降水量差异可以看出,东部黄河源区各站差异悬殊,久治站减少了 97.95 mm,是整个源区降水量减幅最大的站;泽库、兴海和甘德站减幅次之,为 50.0 mm左右;而玛多站基本没有变化。在中部的长江源区和澜沧江源区,不同站点之间20世纪90年代与80年代的年降水量相比差异较小,其中称多站减少 66.88 mm,囊谦站增加了 12.84 mm,其余各站均呈减少趋势,减幅为 $25.58 \sim 44.33$ mm。西部的沱沱河站20世纪90年代的年降水量较80年代微减,而五道梁站呈明显增加趋势,增幅达 21.60 mm。

3.2.2 各季节降水量的变化 与20世纪80年代相比,90年代不同季节降水量变化不同,且有一定的地域差异。春季降水量以减少为主,但有部分站点降水量增加。甘德-玉树-治多一线以北及西部地区,20世纪90年代春季降水量小于80年代,兴海站的减幅最大,为 26.89 mm,占该站近20余年来春季平均降水量的 41.09% ;泽库、曲麻莱、治多、称多等站春季降水量减幅也较大,为 $10.0 \sim 15.0$ mm,占相应站春季平均降水量的 $15.0\% \sim 26.8\%$ 。该线以南地区,20世纪90年代春季平均降水量高于80年代,囊谦站和班玛站增幅最大,均增加了 17.5 mm左右,分别占该站春季降水量的 24.98% 和 13.62% 。

夏季除玛多站和五道梁站降水量分别增加 25.26 和 16.94 mm外,其余所有站点20世纪90年代的降水量均较80年代少。其中久治站降水量减幅最大,为 66.43 mm;称多站次之,为 44.86 mm;泽库、甘德、班玛、杂多和玉树站降幅也较大,为 $20.84 \sim 24.70$ mm。由于夏季降水的总量较大,虽然各站20世纪90年代降水量较80年代有较大幅

度的减少,但占相应时段多年平均降水量的百分比比较小,最大的久治站为 17.53% ,称多站次之为 15.62% ,而其他各站均在 8.0% 以下。

秋季降水量变化与夏季基本相似,与20世纪80年代相比,除五道梁站90年代降水量增加 12.34 mm,增幅达 22.96% ,囊谦站90年代降水量微增外,大多数站90年代降水量均较80年代减少 10.00 mm以上,其中泽库、甘德、杂多为 $22.81 \sim 29.27$ mm,而久治站减少了 49.08 mm。由于秋季降水总量比夏季少,因此秋季降水量减幅明显大于夏季。大多数站降水量减幅均在 10.00% 以上,约有 50% 的站减幅超过 20.00% ,久治站和兴海站的减幅较大,分别达 27.54% 和 26.50% 。

冬季大多数站20世纪90年代的降水量较80年代增加,久治-玛沁-称多-杂多以南区域降水量增加 4.0 mm以上,其中杂多站降水量增加最多,为 10.05 mm;甘德站次之,增加了 8.75 mm。高纬度区域降水量变化较小,其中兴海、泽库、曲麻莱等站降水量变化均在 1.00 mm以下。虽然冬季降水量变化不大,但由于总量较小,相对变化则相当大,一般均在 20.00% 以上,如玛沁、甘德、杂多、玉树等站降水量的增幅为 $51.58\% \sim 57.62\%$,称多站也达到 41.05% 。

4 江河源区蒸发量的变化

整个源区平均年蒸发量呈波动变化,近年来有明显上升趋势(图3)。20世纪60年代的年蒸发量无明显变化规律,1961~1964年蒸发量基本稳定,超出多年平均值 50.0 mm左右,较多年平均蒸发量高约 4.00% ;1964~1969年蒸发量剧烈波动,年际间差异超过 150.0 mm,变幅超过1961~1990年平均蒸发量 10.00% 以上;1969年蒸发量达近40余年来的最大值,超出多年平均值 143.0 mm,与1961~1990年相比,距平百分率为 10.54% 。1969~1989年蒸发量表现为下降趋势,70年代以正距平为主,至80年代转变为大多数年份距平为负值,1983年和1989年蒸发量最小,距平百分率均约为 10.00% 。20世纪90年代以来蒸发量表现为上升趋势,特别是1994~2002年,除1997年因气温明显偏低导致蒸发量较小外,其余年份蒸发量均为正距平,2002年蒸发量达到一个新的极值,超出多年平均蒸发量 127.8 mm,较多年平均蒸发量偏高 9.42% 。

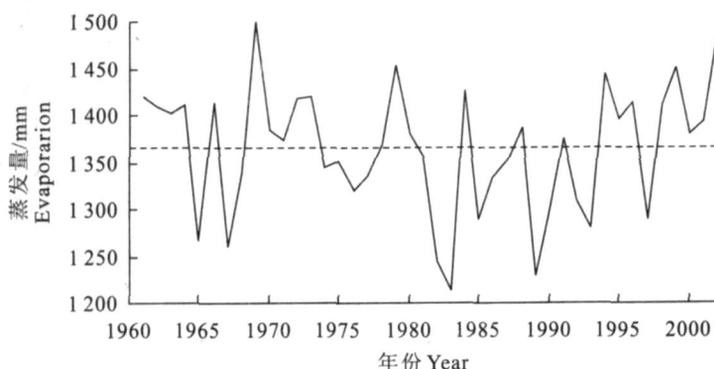


图 3 江河源区平均年蒸发量的变化趋势

Fig. 3 Variations of mean annual evaporation in source regions of the Yangtse River, the Yellow river and the Lantsang River

虽然大多数站近年的年蒸发量均表现为明显的上升趋势,但在 20 世纪 60 年代和 70 年代,不同站年蒸发量的变化趋势及上升开始的时间有一定差异。这种差异可分为 3 种类型:(1)年蒸发量表现为下降 - 上升过程。如位于长江源区北部的曲麻莱站,1966~1983 年蒸发量表现为下降趋势,由 1966 年的 1 692.8 mm 下降到 1983 年的 1 132.4 mm;1984~1989 年蒸发量基本稳定,保持在约 1 300.0 mm;1990 年以来,年蒸发量持续上升,最高可达 1 500.0 mm 左右。(2)年蒸发量经历了升 - 降 - 升的变化过程。如位于黄河源区最南部的班玛站,1966~1975 年的年蒸发量上升,由 1 210.0 mm 左右增加到约 1 350.0 mm;1977~1989 年的年蒸发量下降,由 1977 年的 1 387.7 mm 下降到 1989 年的 1 096.2 mm;1990 年以来又表现为明显的上升趋势,年蒸发量回升到约 1 300.0 mm。(3)年蒸发量无明显的变化趋势,但其年间蒸发量的波动明显大于其他各站。如杂多站 1964~1967 年年间蒸发量差异均在 300.0 mm 以上,变幅超过该站 1961~1990 年平均蒸发量的 20.0%;1984 年蒸发量较 1983 年高 383.4 mm,增幅达 28.4%。

5 结论与讨论

1) 1961 年以来,江河源区全区和各站的全年与各季节平均气温均呈上升趋势,但不同季节、不同区域增温幅度有一定差异。与 1961~1990 年的平均值相比,20 世纪 90 年代源区年平均气温上升了 0.45℃,春、夏、秋 3 个季节的气温升幅均较大,冬季升温幅度较小,不同站点的年平均气温增幅自南向北逐渐增大,自东向西逐渐减小。20 世纪 60 年代以来,大多数站春季气温变化经历了升 - 降 - 升

的过程,夏、秋季节大多数站气温持续上升,冬季 90 年代气温有下降趋势。

2) 1980 年以来,源区年降水量呈减少趋势,其中夏、秋季降水量减少幅度较大,春季基本持平,冬季降水量则增加。大多数站的年降水量呈减少趋势。从季节分布看,暖季降水量普遍减少,冷季降水量则有不同程度的增加。

3) 蒸发量变化受多种因素影响,年间波动大,变化规律复杂,但 20 世纪 90 年代以来,源区的大多数站和整个源区的平均年蒸发量均表现为上升趋势。进一步分析还表明,近年来,反映降水量与蒸发量之间关系的蒸发 - 降水差持续上升,源区水分亏缺程度不断加剧。

4) 在全球气候变化的大背景下,江河源区气候一方面因气温明显上升而变暖;另一方面,气温上升使蒸发增加,加快了陆面水分散失,而作为主要水源的降水量减少,使水分收入减少,水分支出增加而收入减少导致气候变干旱。气候变暖有利于江河源区牧草的光合作用,但同时降水量减少、蒸发量增加引起气候暖干化,导致该区域河流流量减少,湖泊面积缩小,湿地退化,冻土消融,地下水位降低,进一步使牧草生长层土壤含水量减少,牧草生产力降低,草场退化,土地向荒漠化发展。总体而言,近几十年来气候暖干化趋势是江河源区生态环境恶化的一个主要原因。

[参考文献]

- [1] Houghton J T, Ding Y, Griggs DJ, et al. Climate change 2001: the scientific basis[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001: 1-94.

(下转第 153 页)

- 因素分析与评价[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(3):5-8.
- [17] 刘伟,王启基,王溪,等.高寒草甸“黑土型”退化草地的成因及生态过程[J].草地学报,1999,7(4):300-307.
- [18] 三江源自然保护区生态环境编辑委员会.三江源自然保护区生态环境[M].西宁:青海人民出版社,2002:52-190.
- [19] 尚永成.浅谈青海省“黑土滩”综合治理措施[J].青海草业,2001,10(2):25-26.
- [20] 王薇娟.江源区草地鼠害现状及其防治[J].青海科技,2001(1):42-43.
- [21] 王宝元.黄河源头区沙化土地现状及恢复措施[J].青海草业,2004,13(3):44-46.
- [22] 沈永平,王根绪,吴青柏,等.长江黄河源区未来气候情景下的生态环境变化[J].冰川冻土,2002,24(3):308-314.
- [23] 徐影,丁一汇,李栋梁.青藏地区未来百年气候变化[J].高原气象,2003,22(5):451-457.
- [24] 徐世晓,赵新全,孙平,等.青海省“西繁东育”工程经济生态效益核算[J].草业科学,2004,21(11):60-64.
- [25] Hall D O, Ojima, Parton D S, et al. Response of temperate and tropical grasslands to CO₂ and climate change[J]. Journal Biogeography, 1995, 22:537-547.
- [26] 王文颖,王启基.高寒草甸退化生态系统植物群落结构特征及物种多样性分析[J].草业学报,2001,10(3):8-14.
- [27] 天下财经网.全球暗化、暖化与京都议定书(二)[EB/OL]. [2006-05-15]. <http://www.21our.com/print.asp?id=914673>.
- [28] 谢高地,鲁春霞,肖玉,等.青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估[J].山地学报,2003,121(11):50-55.
- [29] 中国CO₂商务网.国际交流盛会-中国CDM大会在京召开[EB/OL]. [2005-10-24]. <http://www.co2-china.com/club/show.asp?id=4633>.
- [30] 伊凡.《京都议定书》稍纵即逝的商机[EB/OL]. [2005-09-09]. <http://www.lifeweek.com.cn/temp/ok/third/200534q.htm>.

(上接第146页)

- [2] 丁一汇,任国玉,石广玉,等.气候变化国家评估报告():中国气候变化的历史和未来趋势[J].气候变化研究进展,2006,2(2):1-8.
- [3] 董锁成,周长进,王海英.“三江源”地区主要生态环境问题与对策[J].自然资源学报,2002,17(6):713-720.
- [4] 王录仓.江源区草场退化的生态环境后果及原因[J].草业科学,2004,21(1):17-19.
- [5] 沈渭寿,吴焕忠,蒋建国,等.黄河源区生态破坏现状及保护对策[J].农村生态环境,2000,16(1):1-4.
- [6] 严作良,周华坤,刘伟,等.江源区草地退化状况及原因[J].中国草地,2003,25(1):73-78.
- [7] 封建民,王涛,齐善忠,等.黄河源区土地沙漠化的动态变化及成因分析——以玛多县为例[J].水土保持学报,2004,18(3):141-145.
- [8] 林振耀,赵昕奕.青藏高原气温降水变化的空间特征[J].中国科学:D辑,1996,26(4):354-358.
- [9] 李林,朱西德,秦宁生,等.青藏高原气温变化及其异常类型的研究[J].高原气象,2003,22(5):524-530.
- [10] 李栋梁,钟海玲,吴青柏,等.青藏高原地表温度的变化分析[J].高原气象,2005,24(3):291-298.
- [11] 施雅风.中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估[M].北京:气象出版社,2003:1-124.
- [12] 王根绪,李琪,程国栋,等.近40a来江源区的气候变化特征及其生态环境效应[J].冰川冻土,2001,23(1):346-351.
- [13] 李凤霞.近43年来“三江源”地区气候变化趋势及其突变研究[J].自然资源学报,2006,21(1):77-85.