

西北干旱区近 50 年气候变化特征与趋势

任朝霞¹, 杨达源²

(1. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 南京大学 城市与资源学系, 江苏 南京 210093)

摘要: 20 世纪后期全球增暖趋势越来越明显, 受全球增暖的影响, 西北地区的气候也将受到不同程度的影响。选取了西北干旱区 1951~2000 年的 21 个代表站点气温、降水量资料, 采用趋势系数法对西北干旱区近 50 年气温和降水变化进行分析, 找出各分区的变化趋势。结果表明: 近 50 年西北干旱区气温呈上升趋势 ($0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$), 1986 年后气温明显升高; 柴达木盆地和新疆北部升温较大; 各季都有增温趋势, 贡献最大的是秋冬两季。降水变化有增加的趋势 ($3.2\text{ mm}/10\text{ a}$), 年降水量贡献最大的是夏季; 各区降水都有增加, 其中新疆北部降水增加最多。西北干旱区近 50 年气温升高趋势是南北高, 中间低; 降水量增加趋势从东南向西北呈现递增的格局。

关键词: 西北干旱区; 气候变化; 气温; 降水量; 趋势

中图分类号: P461 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)01-0099-04

Trend and Characteristics of Climatic Change in Arid Region of Northwest China in Recent 50 Years

REN Zhao xia¹, YANG Da yuan²

(1. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China;

2. Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093 Jiangsu, China)

Abstract: The global warming becomes evident from the last years of the twentieth century, the climate of Northwest China is affected by it. Based on the month data of the temperature and precipitation from 1951 to 2000, this paper analyzes the climatic change in the arid region of Northwest China using trend coefficient method to find out the trends of change subareas. The results indicate that the temperature appears to be ascending ($0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$) in recent 50 years, especially in the Chaidam basin and north Xinjiang, the jump point happened in 1986. Seasonal temperatures tend to be increasing trend, mainly in autumn and winter. Precipitation appears to be ascending ($3.2\text{ mm}/10\text{ a}$), obviously increasing in summer precipitation. Precipitation shows increasing trend each subarea, especially in the north Xinjiang. Trend of climate change is that amplitude of temperature warming in southern and northern arid area of Northwest China is bigger than that in the middle parts, trend of precipitation increasing is from southeast to northwest.

Key words: arid region of Northwest China; climate change; air temperature; precipitation; trend

0 引言

中国西北干旱区包括新疆全境、甘肃河西走廊、青海柴达木盆地及内蒙古贺兰山以西地区, 地

理位置在东经 $73^{\circ} \sim 106^{\circ}$ 、北纬 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 总土地面积约占全国国土面积的 24.5% ^[1,2]。该区的内陆盆地主要包括准噶尔、塔里木、柴达木和河西走廊等, 盆地周边的高山主要是祁连山、天山、昆仑山等。

收稿日期: 2006 04 25

基金项目: 国土资源部科技专项计划项目(200010301)

作者简介: 任朝霞(1976), 女, 甘肃静宁人, 讲师, 博士, 从事干旱区域资源与环境研究。E-mail: zhaoxiaren@163.com

位于青藏高原的北侧和东北部,是全球同纬度最干旱的地区之一,也是中国干旱半干旱地区的重要组成部分。由于地处大陆腹地,地形较为复杂,高山与平原、盆地相间,沙漠与绿洲共存,气象要素的分布很不均匀,是生态环境严重脆弱地区^[3]。

自 20 世纪 50 年代以来,生态环境严重恶化,导致大片土地荒漠化^[4]。20 世纪后期受全球增暖的影响,西北地区的气候也受到不同程度的影响。施雅风^[5]等研究发现,自 1987 年以来西北地区的气候从暖干向暖湿转型,冰川消融量和径流量连续多年增加,导致湖泊水位显著上升,洪水灾害猛烈增加,出现气候转向暖湿的强劲信号。笔者对西北干旱区近 50 年不同地区年、季气温和降水变化分析,找出其变化趋势。

1 资料与方法

利用 1951~2000 年逐月平均气温、降水资料,选取了 21 处具代表性和资料系列较长的气象站点,包括阿勒泰、敦煌、哈密、酒泉、喀什、库车、且末、若羌、塔城、吐鲁番、乌鲁木齐、民勤、乌苏、武威、伊宁、张掖、和田,1956~2000 年的站点有冷湖、大柴旦、格尔木、都兰。内蒙古西部由于站点少,数据年代较短,不做分析和研究,所有数据由国家气象局提供。西北干旱区年平均气温、各月平均气温均由 21 站点的相应值平均算出。选取的站点海拔高度既有盆地和平原,也有山地,站点分布比较均匀,时间序列较长,具有很好的代表性。

笔者采用线性趋势拟合和 5 年滑动平均拟合法对西北干旱区近 50 年气候变化特征进行分析。应用 21 站点的近 50 年逐月气温、降水资料,初步计算其间的相关系数,采用趋势系数法对西北干旱区年及各季气温、降水进行分区。

2 西北干旱区近 50 年的气候变化

2.1 气温变化特征

西北干旱区平均气温呈增加趋势(图 1),气温明显上升。近 50 年西北干旱区年平均气温为 8.0℃,平均上升 0.22℃/10 a。20 世纪 50 年代后期气温波动下降,到 1961 年气温逐渐升高,1967 年气温降低到最低点,比平均气温低 1.1℃。其后的几年气温在平均值上下波动变化中升高。1985 年起,气温突然急剧升高,1999 年达到近 50 年最高值,比平均气温高 1.2℃。

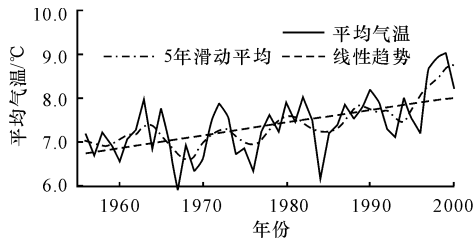


图 1 西北干旱区 1956~2000 年平均气温变化及趋势拟合
Fig.1 Evolution Trend and Fitting of Annual Mean Temperature in the Arid Region of Northwest China from 1956 to 2000

从表 1 西北干旱区 21 个代表站点的各季气温与气温距平可以看出:20 世纪 90 年代春季平均气温较 50 年代上升了 0.9℃。夏季平均气温在四季中升幅速度最小,近 50 年变化不大,在 90 年代平均气温略有升高。秋季平均气温有明显升高趋势,90 年代平均气温比 60 年代高出 0.6℃。冬季气温在 80 年代升高,到 90 年代升温最明显,比 60 年代上升了 1.7℃。

表 1 西北干旱区气温与气温距平

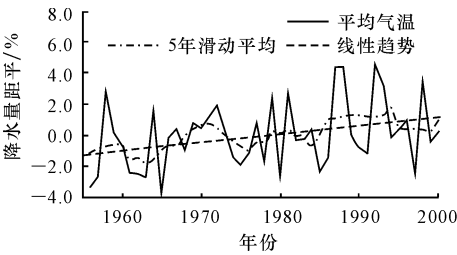
Tab.1 Mean Temperature and Temperature Anomaly in the Arid Region of Northwest China t/℃

时期	年平均		春季		夏季		秋季		冬季	
	气温	距平	气温	距平	气温	距平	气温	距平	气温	距平
1956~1960	7.7	-0.3	9.6	-0.4	22.0	0.0	7.5	-0.2	-8.3	-0.4
1961~1970	7.7	-0.3	10.2	0.2	22.0	0.0	7.4	-0.3	-8.7	-0.8
1971~1980	8.0	0.0	9.9	-0.1	22.2	0.2	7.9	0.2	-8.2	-0.3
1981~1990	8.1	0.1	10.0	0.0	21.8	-0.2	7.8	0.1	-7.2	0.7
1991~2000	8.5	0.4	10.5	0.5	22.1	0.1	8.0	0.3	-6.7	0.9
平均值	8.0		10.0		22.0		7.7		-7.9	

2.2 降水量变化特征

根据西北干旱区 21 站 1956~2000 年全年降水量距平年际变化(图 2),可以看出,西北干旱区近 50 年来降水量呈波动变化。20 世纪 50 年代后期降水减少,到 1962 年降到最低,随后降水量逐渐增加,到 1987 年达到最高。降水量的线性拟合结果显示,近 50 年西北干旱区降水有增加趋势,其增加速率为 3.2 mm/10 a。从 10 年平均降水距平百分率分析,50 年代降水量减少,到 60 年代降水明显减少,70 年代比 60 年代略多,到 80 年代降水增加,比 60 年代增加近 16%,90 年代降水最多,比 60 年代增加了近 18%。

从表 2 可以看出:20 世纪 80 年代后降水量有



2 西北干旱区 1956~2000 年降水量距平变化及趋势拟合
Fig.2 Evolution Trend and Fitting of Precipitation Anomaly in the Arid Region of Northwest China from 1956 to 2000

增加的趋势,其中夏季降水量增加较快,90年代较60年代增加13.9%。近50年夏季降水略有增加,变化幅度为2.6 mm/10 a。春季降水在80年代增加较多,90年代略有增加。秋季降水在70年代有增加,80~90年代都有减少。冬季降水在90年代有增加。

表 2 西北干旱区(21 站)年、各季降水量距平
Tab.2 Annual and Seasonal Precipitation Anomaly(21 Stations) in the Arid Region of Northwest China from 1956 to 2000

年 代	降水量距平%				
	全年	春季	夏季	秋季	冬季
1956~1960	-7.8	2.1	-1.9	-5.5	3.7
1961~1970	-9.5	0.3	-6.9	-0.8	-3.2
1971~1980	-2.5	-4.2	-1.9	5.7	0.3
1981~1990	6.4	3.2	-1.5	-2.0	-1.1
1991~2000	8.4	1.1	7.0	-0.6	1.4

3 西北干旱区气候分区

趋势系数用来判断气候因子在长期变化过程中的上升或下降趋势。求气象要素 $\{x_i\}(i=1,2,\cdots,n)$ 的时间序列与自然数序列 $1,2,3,4,\cdots,n$ 之间的相关系数

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{t})^2}}$$

式中: \bar{x} 为要素序列 $\{x_i\}$ 的均值; \bar{t} 为自然数序列的均值; n 为时间序列 x_i 的长度。

若 $r_{xt} > 0$,表示序列 $\{x_i\}$ 呈现上升趋势,若 $r_{xt} < 0$,表示下降趋势。

气象要素变化可以用一元线性回归方程表示

$$x_i = \alpha_0 + \alpha_1 \times t$$

其中,趋势系数 R_{xt} 与回归系数关系为

$$\alpha_1 = R_{xt} \times \sigma_x / \sigma_t$$

式中: σ_x 、 σ_t 分别为要素 x 与自然数列的均方差; α_1 也称气候倾向率; R_{xt} 与 α_1 均可以用来表示要素的长期变化趋势。由于趋势系数是个无量纲的量^[9],计算也特别方便,它消去了气象要素的均方差对线性回归系数的影响。

应用21站点的近50年逐月气温、降水资料,计算它们之间的相关系数,采用趋势系数法对西北干旱区年及各季气温、降水进行分区。结合气温、降水量线性变化趋势,将西北干旱区分为北疆区(阿勒泰、伊宁、塔城、乌苏、乌鲁木齐)、南疆区(喀什、库车、吐鲁番、哈密、若羌、且末、和田)、河西走廊区(敦煌、张掖、酒泉、武威、民勤)、柴达木盆地(大柴旦、冷湖、都兰、格尔木)。依据气温、降水量变化率,给出西北干旱区年平均气温、年降水量变化(表3)。

由表3分析得出:西北干旱区气温具普遍升高趋势,只有库车站气温略有下降,其中冬季气温都有增暖趋势。降水量各站也有普遍增多趋势,只有塔城、冷湖降水量减少,各季降水量变化不同,有很大差异,各区气候变化情况也有差异。从空间分布看,西北干旱区近50年气候的变暖趋势属全区性的,但是变暖的幅度在空间分布上有差异。从各地降水变化趋势看,近50年中,塔城、冷湖降水有减少趋势,分别为-5.4 mm/10 a和-8.4 mm/10 a,其余地区降水均呈增加趋势,其中乌鲁木齐、伊宁增加较大,分别为12.7 mm/10 a、5.4 mm/10 a。西北干旱区近50年气温升高趋势是南北高,中间低,降水量增加趋势呈现从东南向西北递增的格局。

北疆区气温增幅较大,在0.2~0.5℃/10 a之间,春秋冬季增温。降水量趋势以增加为主,增幅3.1 mm/10 a,其中乌鲁木齐的增幅最大,而塔城的降水量有减少的趋势。80年代中后期各站降水都明显增加,其中秋季降水量增多。

南疆区气温增幅不大,大多在0.2℃/10 a以下,春秋气温平稳,而夏季有降温趋势,冬季普遍增暖。降水量有增加趋势,增幅2.5 mm/10 a,主要集中在夏季。

河西走廊区气温略有增加,增幅较小,大多在0.1℃/10 a以下,春秋气温平稳,夏季降温为主,冬季普遍增暖。降水量变化不大,增幅1.8 mm/10 a,其中春夏季降水有增多趋势。

柴达木盆地的升温幅度较大,在0.1~0.5℃/10 a,四季都有升温。年降水量以增加为主,增

表 3 西北干旱区 21 站点年气温、降水量变化

Tab.3 Variety Ratios of Temperature and Precipitation in the Arid Region of Northwest China

分区	站点	年平均气温变化					年平均降水量变化					气温变化率 / 降水量变化率 /	
		年平均	春季	夏季	秋季	冬季	年平均	春季	夏季	秋季	冬季	[$^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$]	[$\text{mm}\cdot(10\text{a})^{-1}$]
北疆	阿勒泰	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	0.26	2.7
	伊宁	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	0.29	5.4
	塔城	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	0.51	-5.4
	乌苏	↑	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	0.35	-
	乌鲁木齐	↑	↑	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	0.35	12.7
南疆	喀什	↑	-	↓	-	↑	↑	↑	↑	-	-	0.10	2.0
	库车	↓	↓	↓	↓	↑	↑	-	↑	-	-	-0.06	3.1
	吐鲁番	↑	-	↓	-	↑	-	-	-	-	-	0.22	-
	哈密	↑	-	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	0.04	2.2
	若羌	↑	-	↓	-	↑	↑	-	↑	-	-	0.09	4.0
	且末	↑	-	↑	-	↑	↑	-	↑	-	-	0.20	5.1
	和田	↑	-	↑	-	↑	↑	-	↑	-	-	0.19	1.4
河西走廊	敦煌	↑	-	↓	-	↑	↑	↑	↑	-	↓	0.06	2.8
	张掖	↑	↑	-	-	↑	-	-	↑	↓	↓	0.13	-
	酒泉	↑	-	↓	-	↑	-	-	↑	-	↑	0.08	-
	武威	↑	-	↓	-	↑	↑	↑	↑	↓	-	0.04	6.3
	民勤	↑	↑	-	↑	↑	-	↑	-	-	-	0.29	-
柴达木盆地	大柴旦	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-	↑	↓	↑	0.41	1.3
	冷湖	↑	-	-	↑	↑	↓	-	↓	-	-	0.14	-8.4
	都兰	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	0.24	10.4
	格尔木	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-	↑	↓	↑	0.59	2.0

注：↑表示增加；↓表示减少；-表示平稳

幅为 1.3 mm/10 a，主要是夏季降水增加。

4 结语

(1)西北干旱区近 50 年气候变化是以 0.22 $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速率变暖。各季都有增温趋势,对于西北干旱区气温的持续上升,贡献最大的是秋冬两季。除库车外,其他各区气温有升高趋势,其中北疆和柴达木盆地气温升高趋势大。

(2)西北干旱区近 50 年降水变化趋势以增加为主,其增加速率为 3.2 mm/10 a。对于年降水量贡献最大的是夏季,其次是秋季和春季。除塔城和冷湖两站外,各区降水都有增加,其中北疆降水增加最多。

(3)西北干旱区近 50 年气温升高趋势是南北

高,中间低。降水量增加趋势呈现从东南向西北递增的格局。

参考文献:

[1] 施雅风. 气候变化对西北华北水资源的影响[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1995.

[2] 汤奇成. 中国干旱区水文及水资源利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.

[3] 陈梦熊. 西北干旱区水资源与第四纪盆地系统[J]. 第四纪研究, 1997(2): 97 104.

[4] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 21(3): 219 226.

[5] 陈梦熊. 西北干旱区水文系统的演变与荒漠化[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(1): 4 4.

[6] 施 能. 北半球冬季大气环流遥相关型的长期变化及其与我国气候变化的关系[J]. 气象学报, 1996, 54(6): 675 683.