

祁连山东北侧夏季零度气温层高度变化研究

李国昌¹, 刘世祥^{2,3}, 张存杰², 祖永安³, 蒲肃³, 王有生³

(1. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 3. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020)

摘要:分析了祁连山东北侧高空零度气温层高度的变化特征,探讨了零度层高度与地面气温、降水量、空中水汽含量、内陆河流流量的相关性特征。研究表明:(1)在20世纪50年代后期和60年代零度层高度明显偏高,80年代明显偏低,60年代后期到70年代零度层高度基本上呈下降趋势,80~90年代呈上升趋势,21世纪前4a又呈下降趋势。(2)5~9月历年零度层高度与地面气温、空中水汽含量的变化在同一时间段内基本一致,呈正相关性;而与降水量变化表现出明显的负相关性;与内陆河流流量变化相关性不明显。

关键词:祁连山;零度层高度;变化特征;相关性

中图分类号:P457.32

文献标识码:A

引言

零度层高度变化范围很大,特别是年际变化非常明显。盛夏季节零度层高度可以抬升到海拔5000m以上,冬季接近地面或在地面以下。零度层决定了空中水汽相变发生的高度,零度以上空中水汽凝结后基本上以固态冰晶的形式存在,零度以下是以液态水的形式存在。从天气学来讲,某一地区气温高,空中零度层高度高,否则相反。因此,零度层高度变化对高山冰雪的累积与融化、河流流量的变化、空中水汽、降水等各气象要素的变化有重要的影响。

有关零度层高度变化特征、以及零度层高度变化与气象要素变化的相关性研究非常少,而有关气温变化与降水、高山冰雪融化、河流流量变化,以及区域气候变化的研究比较多。在内陆河流量方面康尔泗^[1]、蓝永超^[2]等研究认为,内陆河流量主要来源于自然降水、祁连山冰雪消融、和地下水补给。胡天清^[3]、李栋梁^[4]等认为内陆河流量与气象要素关系密切,而且径流具有很好的持续性。丁永建等^[5-6]通过研究认为,河西地区内陆河汛期流量与祁连山山区降水关系非常密切;祁连山北坡的疏勒河、

黑河流域1987年至2000年径流总量明显增加。自20世纪80年代以来,祁连山区气候明显变暖,各季气温显著升高,尤以秋、冬两季升温最快,这可能是冬季黑河流量显著增加,祁连山雪线上升的主要原因。

在全球气候变暖的大背景下,能够较好地反映祁连山雪线上升、冰雪融化、河流流量显著增加的一个重要指标就是零度气温层高度变化。因此,本文利用实际探空资料,分析研究祁连山东北侧高空零度气温层高度的变化特征,探讨零度层高度与地面气温、降水量、空中水汽含量、内陆河流量等气象要素的相关性特征,为祁连山东北侧气候变化研究和空中水资源开发利用研究提供服务。

1 资料

由于冬半年气温处于0℃以下,祁连山冰川消融弱,大部分面积无径流,形不成产流区。冰川融水补给期主要是在夏季高温季节,因此选取与祁连山距离较近的敦煌、酒泉、张掖、民勤4个探空站1957~2004年夏半年高空零度气温层高度资料,同时选取相应时段地面气温、降水量、空中水汽含量,以及

收稿日期:2006-03-07;改回日期:2006-04-26

基金项目:科技部西部开发科技行动“祁连山空中云水资源开发利用研究”(2004BA901A16);甘肃省人工增雨防雹作业决策指挥系统(2002人影-3)共同资助

作者简介:李国昌(1965-),男,甘肃会宁人,工程师,在读硕士,现主要从事管理、科研工作。

昌马河、黑河等内陆河流量资料进行分析研究。

2 零度层高度变化分析

2.1 零度层高度变化特征

图1给出了敦煌、酒泉、张掖、民勤4站5~9月各月零度层平均高度、最大高度、最低高度分布。可以看出,5~9月多年零度层平均高度为4 428 m,基本上接近600 hPa高度,平均最大高度为4 638 m,平均最低高度为4 268 m,其中7月零度层高度最高,平均为4 867 m。平均最大高度达到5 275 m,出现在2000年。

从各月变化来看,6月较5月零度层平均增高513 m,7月较6月平均增高419 m,8月略低于7月,降低63 m,9月较8月降低699 m,可以看出9月零度层高度降低的幅度较6,7月平均增高幅度要快,这与前半年暖空气缓慢向北推进,后半年冷空气快速南撤有密切关系。

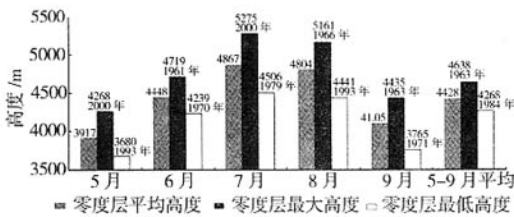


图1 5~9月零度气温层平均、最大、最低高度逐月变化
Fig.1 The monthly change of the average, maximum and minimum heights of 0 °C level from May to September

2.2 零度层高度年代变化以及各年代逐月变化特点

图2给出了5~9月各年代零度层高度距平百分率平均变化和各月变化情况。从平均变化情况可以看出,20世纪50年代后期、60年代、90年代零度层高度偏高,70年代、80年代、本世纪前几年偏低;50年代后期和60年代零度层高度明显偏高,80年代明显偏低。从各月变化中可以看出,在不同月份,各年代零度层高度变化趋势各不相同。与平均变化趋势较为接近的是9月,其次是6月,相差较大的是5月和8月。

在同一年代,个别月份零度层高度也存在不同的变化(图略)。20世纪50年代后期,除5月零度层高度偏低外,其余各月均偏高;60年代,各月零度层高度均偏高;70年代,除8月零度层高度偏高外,其余各月均偏低;80年代,各月零度层高度均偏低;

90年代,各月零度层高度均偏高;本世纪前4 a,5月和9月零度层高度偏低,6月、7月和8月偏高;其中60年代各月零度层高度变化均偏高,80年代均偏低,本世纪前4 a变化最不一致。

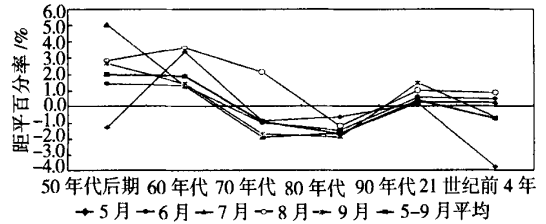


图2 夏半年各月零度层高度与其均值的年代际变化
Fig.2 The decadal change of monthly and mean height of 0 °C level in summer half year

2.3 零度层高度逐年变化特点

图3给出了敦煌、酒泉、张掖、民勤4站5~9月历年平均零度层高度距平百分率变化。可以看出,历史上零度层高度变化有2个相对偏高期,1个相对偏低期,1963年前后零度层高度变化达到历史最高时期,1999年前后达到历史次高时期,1984年前后达到历史最低时期。20世纪60年代中后期至70年代零度层高度基本上呈明显的下降趋势,80~90年代零度层高度基本上呈上升趋势,21世纪前4 a又呈下降趋势。其间1957~1967年,1994~2002年期间零度层高度连续偏高,1968~1993年期间大部分时间零度层高度偏低。

从5~9月零度层高度距平百分率逐月变化分析(图略)可以看出,各月变化趋势与平均变化趋势基本一致,表现最为一致的是1960~1966年期间各月平均零度层高度距平均偏高,其他时间里偏高偏低相间。

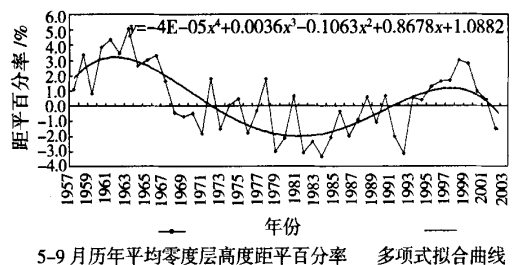


图3 5~9月零度层高度距平年际变化
Fig.3 The yearly change of height anomaly at 0 °C level from May to September

3 零度层高度与地面气温变化

图4给出了敦煌、酒泉、张掖、民勤4站5~9月历年平均地面气温距平百分率变化。可以看出,20世纪60~70年代气温基本上呈降低趋势,80~90年代气温基本上呈明显上升趋势,2000年前后达到历史最高水平,近几年又呈下降趋势,这一变化与零度层高度距平逐年变化趋势基本一致。通过历年零度层高度与气温变化的相关分析,得到相关系数为0.55,由此可以看出,零度层高度变化与气温变化之间的相关程度较好。我们知道,如果地面气温上升,平衡大气层结的稳定性逐渐被破坏,有利于气流的抬升运动,将底层热能向高层输送,使得高层气温上升,零度气温层高度也抬升。相反,如果地面气温下降,使得高层气温下降,零度气温层高度也降低,这完全符合天气学规律。

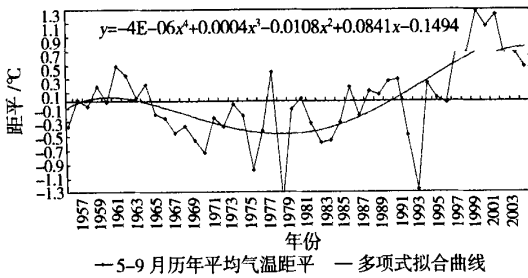


图4 5~9月地面气温距平的年际变化

Fig. 4 The yearly trend of surface temperature anomaly from May to September

4 零度层高度与空中水汽含量变化

图5给出了敦煌、酒泉、张掖、民勤4站5~9月

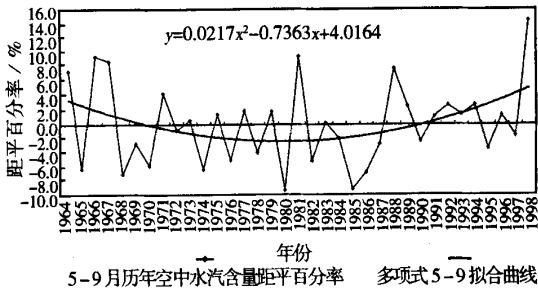


图5 5~9月空中水汽含量距平年际变化

Fig. 5 The yearly trend of water vapor content anomaly in atmosphere from May to September

历年空中水汽含量距平百分率变化。可以看出,20世纪60~70年代空中水汽含量基本上呈降低趋势,80~90年代空中水汽含量基本上呈明显上升趋势。这一变化与零度层高度、地面气温历年变化趋势基本一致。通过零度层高度与空中水汽含量的相关分析,得到相关系数为0.35。由此可以看出,零度层高度与空中水汽含量变化之间也存在明显的相关关系。经过分析认为,这种相关性主要是通过气温的变化而起作用,在气温偏高的年代,大气热容量增大,水汽含量相应增大^[6,8]。相反,在气温偏低的年代,大气热容量减小,水汽含量相应减少。

5 零度层高度与降水量变化

图6给出了敦煌、酒泉、张掖、民勤4站5~9月历年平均降水量距平百分率变化。可以看出,20世纪50年代中后期降水量基本上呈下降趋势,60~70年代降水量基本上呈增长趋势,80~90年代以后降水量基本上呈下降趋势,近几年降水量似乎是略有增加,但不能肯定。这一变化与图3零度层高度基本呈相反的变化趋势。通过零度层高度与降水量的相关分析,得到相关系数为-0.36,由此可以看出,零度层高度变化与降水量变化之间的负相关程度较好。分析认为,在零度层高度偏高的年代,气温相对偏高,冷空气活动相对偏弱,降水量相对偏少,相反,在零度层高度偏低的年代,气温相对偏低,冷空气活动相对偏强,降水量相对偏多。

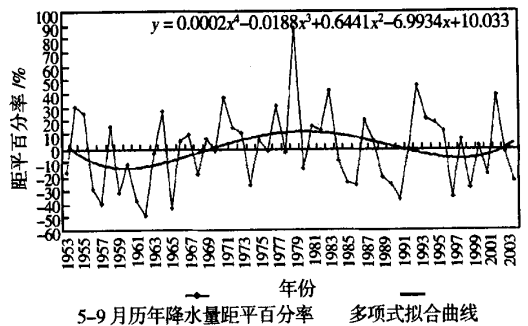


图6 5~9月逐年降水量距平年际变化

Fig. 6 The yearly trend of precipitation anomaly from May to September

6 零度层高度与内陆河流量变化

祁连山地区春季气温大部分时间处于0℃以下,冰川消融弱,融水形不成产流区。冰川融水补给

期主要在夏季高温季节。蓝永超等^[2]指出,祁连山冰雪融水对昌马河和黑河流量的贡献远大于对石羊河的贡献,因此,图7给出了昌马河和黑河流量5~9月历年变化距平百分率。可以看出,黑河流量在20世纪60~70年代相对偏少,80~90年代相对偏多,而昌马河流量距平百分率变化似乎无明显变化。通过零度层高度与河流流量的相关分析,得出它们与零度层高度的相关性比较低(黑河为0.02,昌马河为0.20)。分析认为,零度层高度与河流流量变化的相关性较低,可能是冰雪融化对河流径流的贡献较自然降水小得多的原因。

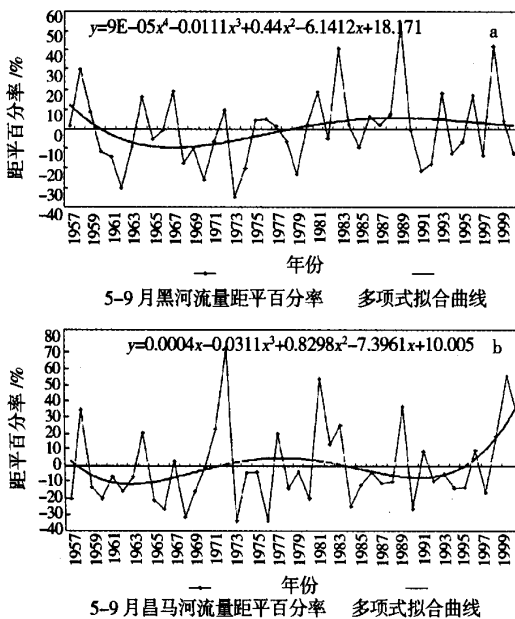


图7 5~9月黑河、昌马河逐年流量距平年际变化

Fig. 7 The yearly trend of the stream flow anomaly for

(a) the Heihe River, (b) the Changma River

7 总结和讨论

5~9月多年零度层平均高度为4428 m,基本上位于600 hPa左右高度,其中7月零度层高度最高,平均为4867 m,平均最大高度达到5275 m,接近500 hPa高度,出现在2000年。20世纪50年代后期,60年代90年代零度层高度偏高,70年代、80年代、本世纪前几年偏低。50年代后期和60年代零度层高度明显偏高,80年代明显偏低。60年代中后期至70年代零度层高度基本上呈明显下降趋势,1980年前后达到最低水平;80~90年代零度层高度

基本上呈上升趋势,2000年前后达到最高,21世纪前4 a又呈下降趋势。

5~9月历年零度层高度变化与空中水汽含量、地面气温变化基本一致,具有明显的正相关性;而与降水量变化表现出明显的负相关性;与内陆河流量变化相关性不明显。

施雅风^[7]等大批专家学者经过多年的研究,并通过大量的野外考察取证、自然周期分析、古气候相似对比等进行推测,认为我国西北地区气候正在由暖干向暖湿转型,其中一个重要理由是西北地区包括祁连山北坡的疏勒河、黑河流域1987年至2000年径流总量明显增加。从图5来看,20世纪80~90年代空中水汽含量变化是增加的趋势,但从图6中看出,80~90年代以后降水量基本上呈下降趋势,近几年降水量并无明显的增加。所以在降水量无明显增加的情况下,能够使祁连山河流径流量明显增加的原因,就是在全局气候变暖的大背景下,气温上升,冰雪融化导致的结果。如果是这样,若干年后甘肃河西地区是否会导致更严重的干旱,还有待更深入的研究。

参考文献:

- [1] 康尔泗. 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): 47-54.
- [2] 蓝永超,康尔泗. 河西内陆干旱区主要流流出山径流特征及变化趋势分析[J]. 冰川冻土,2000,22(2): 147-152.
- [3] 胡天清. 黑河春末初夏径流量与气象要素的关系[J]. 高原气象,1988,7(4): 374-376.
- [4] 李栋梁,刘洪兰. 黑河流量对祁连山气候年际变化的响应[J]. 中国沙漠,2004,24(4): 7-13.
- [5] 丁永建,叶佰生,周文娟. 祁连山中部地区40a来气候变化及其对径流的影响[J]. 冰川冻土,2000,22(3): 193-199.
- [6] 刘世祥,杨建才,陈学君,等. 甘肃省空中水汽含量、水汽输送的时空分布特征[J]. 气象,2005,31(1): 50-54.
- [7] 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,2002,24(3): 219-226.
- [8] 刘世祥,王遂莲,刘碧,等. 兰州市空中水汽含量和水汽能量的变化研究[J]. 干旱气象,2006,24(1): 18-22.
- [9] 何金海,刘芸芸,常越. 西北地区夏季降水异常及其水汽输送和环流特征分析[J]. 干旱气象,2005,23(1): 10-16.
- [10] 孙国武. 我国西北地区水的问题综述[J]. 干旱气象,2004,22(4): 76-81.

(下转第41页)

Climatic Characteristics of Annual Precipitation in Recent 45 Years in Qilian Mountain

ZHANG Xiao - ming^{1,2}, WEI Feng², LU Yan³

- (1. Institute of Arid Meteorology, CMA; Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China;
2. Dingxi Meteorological Bureau of Gansu Province, Dingxi 743000, China;
3. Pinglu Meteorological Bureau of Shanxi Province, Pinglu 044300, China)

Abstract: The yearly rainy days with different rainfall level and annual precipitation were obtained by using the daily precipitation data (1960 - 2004) of 17 stations in the Qilian Mountain. By means of EOF and REOF analysis on normalized annual precipitation, the abnormal spatial distribution and the time evolution of annual precipitation there were investigated. Results show that the climate average distributions of annual precipitation and different level rainy days were similarity in geographical distribution. Both the annual precipitation and the different level rainy days were evidently more in the west side than that in the east side of the same latitude area, and more in the east section than that in the west section of the Qilian Mountain, and the isoline presented the direction of northwest to southeast. The spatial anomaly of the annual precipitation characterized the coincident variability in the whole area at first, and then the adverse trends in the east and the west part. The rotated loading vectors reflected 4 anomaly modes of the north slope of the west section, the east section, the south slope of the west and middle section, and the north slope of the middle section of the Qilian Mountain. In recent 45 years, the decadal change in precipitation was obvious in the north slope of the west section and relatively small in the other three areas. Wavelet analysis shows that the precipitation period changes were different in four areas, and that means the complexity of the annual total precipitation over the Qilian Mountain.

Key words: the Qilian Mountain; annual precipitation; climatic characteristics; REOF

(上接第 34 页)

Analysis on 0 °C Level Height Change in Summer over Northeast Side of Qilian Mountain

LI Guo - chang¹, LIU Shi - xiang^{2,3}, ZHANG Cun - jie², ZU Yong - an³,
PU Su³, WANG You - sheng³

- (1. Weather Modification Office of Gansu Province, Lanzhou 730020, China;
2. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China;
3. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The change of the 0 °C level height in summer over the northeast side of the Qilian Mountain was analyzed, and the relationship between the 0 °C level height and surface temperature, precipitation, water vapor content in atmosphere and stream flow of inland rivers were discussed. Results show : (1) The 0 °C level height was obviously higher than normal in the late 1950s and the 1960s, and lower in the 1980s. It presented downward trend from the late 1960s to 1970s, and upward trend in the 1980s and 1990s, and it downward again in the first 4 years of the 21st century; (2) From May to September, the positive correlation was found between the 0 °C level height and surface temperature, water vapor content in atmosphere, and it was negatively correlated with precipitation, and there was low correlation between the 0 °C level height and the stream flow of inland rivers.

Key words: the Qilian Mountain; the 0 °C level height; trend; correlation