文章编号:1006 - 7639(2010) - 01 - 0030 - 05

甘肃省近 46 a 年降水结构空间变化分析

韩　晖[1],孟丽霞[2]

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,甘肃　兰州　730020;2. 兰州中心气象台,甘肃　兰州　730020)

摘　要:通过对甘肃省 1960 ~ 2005 年 62 个气象站逐日降水量的分析,得出反映年内降水结构的 2 类指标:不同强度降水日数构成和降水相关极值的空间变化特征。结果表明,全省范围内降水各指标均没有同质的变化,说明降水变化的空间差别很大,从区域平均值角度难以得到有用信息;而降水结构分析从微观解构宏观状况,可以更好地说明降水的变化特征。对降水结构的空间变化进一步分析说明,一个区域的降水是否有显著的变化趋势,是各降水相关指标变化的综合作用结果,这种组合非常复杂,通常不具备广泛的代表性,各个指标非显著性变化的组合结果可以是降水量要素的显著变化。

关键词:甘肃省;年降水结构;空间变化

中图分类号:P468.0^{+}24　　**文献标识码**:A

引　言

甘肃省深处大陆腹地,境内地形复杂多变,包含了干旱、半干旱、半湿润和高原等多种气候类型,使其成为一处观察和研究气候变化及其影响的天然样板。大量研究表明,近几十年来,气候变暖在整个甘肃有一致的表现;而对于降水的认识尚存在颇多争议。目前的研究[1-5]多以区域平均值为研究对象,消弭了降水在时空分布方面的差别和变化特征,难以说明降水的结构性变化,而在甘肃这样的全球变化敏感地区,即使是相同的降水量,降水在时间、空间上的分配不同,其环境影响和意义都有很大的不同。针对这种状况,本文通过对近几十年甘肃省逐日降水特征的详细分析,揭示降水结构的空间变化信息,希望能增进对全球变化之区域表现的理解,从而为生态保护、农业生产以及防灾减灾提供参考和依据。

1　资料和研究区气候变化背景

研究所采用的甘肃省地面逐日降水数据集来源于甘肃省气象局,资料时间跨度为 1951 ~ 2005 年,已由甘肃省气象信息与技术装备保障中心进行了数据质量控制与检验。为了兼顾统计意义和站点代表性,最终选择了在 1960 ~ 2005 年 46 a 间记录完整的 62 个地面气象站。气候平均值计算时段为 1971 ~ 2000 年。

图 1 展现了甘肃省的地形概况和各站点在 1960 ~ 2005 年期间年降水量的线性变化趋势,大体反映了甘肃省降水及其变化的空间差异性。文献[2]提出,甘肃省近 45 a (1960 ~ 2004 年) 区域平均年降水量呈 - 6.3 mm/10 a 的线性减少趋势,其

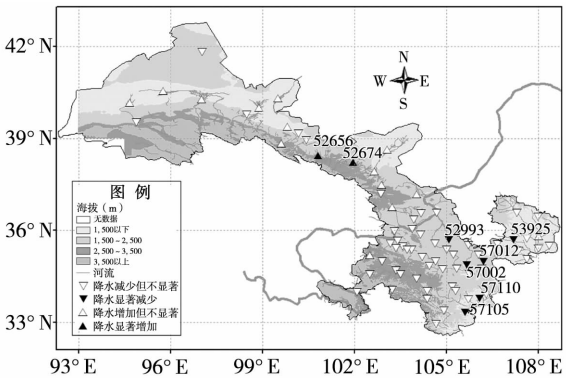

图 1　甘肃省地形及各站点年降水量的线性趋势分布

Fig. 1　The topography of Gansu Province and linear trend of annual precipitation for each station

收稿日期:2009 - 10 - 13;**改回日期**:2009 - 11 - 18

基金项目:兰州干旱气象研究所启动课题资助

作者简介:韩晖(1975 -),男,湖北武汉人,硕士,助研,主要从事气象灾害研究. E - mail:hhsd@ sina. com

中河西呈 2.9 mm/10 a 的增加趋势,河东呈 -11.8 mm/10 a 的减少趋势。而从图 1 我们可以看到,虽然河东地区站点的年降水量绝大多数呈现出下降态势,但达到 95% 显著性水平的只是很小一部分;河西地区站点的年降水量更是有降有升,达到 95% 显著性水平的更少——这说明降水的空间代表性弱,用大区域平均值来衡量其变化存在固有缺陷。那么,如何反映甘肃省降水变化的特征呢? 对降水的结构性变化进行分析,为解决这个问题提供了一个视角。

2　结果分析

年降水结构,可以理解为组成每年降水总量之中不同强度的降水事件的比例以及反映极端状况即降水潜力的有关极值特征。一个区域的降水结构,可以用这 2 类组分的时、空分配来衡量。为了得出降水结构空间变化的信息,对每年各个站点的不同强度降水日数、最大日降水量、最大连续降水量以及最长连续无降水日数等进行统计,计算它们在 1960 ~2005 年期间的线性变化趋势。另外,降水距平百分率是年降水量波动情况的衡量指标,进行了同样的处理。

2.1　不同强度降水日数的变化

以中央气象台对降雨等级的划分标准(雪、霰等其它降水形式均按降雨处理),分别统计各站点降水日数($P \geqslant 0.1$ mm/d)、小雨日数(0.1 mm/d $\leqslant P < 10$ mm/d)、中雨日数(10 mm/d $\leqslant P < 25$ mm/d)和大雨以上日数($P \geqslant 25$ mm/d),然后对它们 46 a 来的线性趋势进行拟合,检验趋势信度,并依其绝对值大小按比例作图,见图 2。

从图 2 中可以看出,总降水日数在全省范围内普遍呈减少趋势,河东地区的站点相当一部分是显著减少趋势,只有河西少数站点呈微弱的非显著上升趋势。小雨日数的变化态势与总降水日数变化相当一致,而中雨日数和大雨以上日数的变化微弱且杂乱无章。可以说小雨日数的变化决定了总降水日数的变化,但一小部分站点的显著变化并不能代表全省范围内的变化状况。

2.2　降水相关极值的变化

降水相关极值的变化反映了本地区降水潜力的变化,因而对降水结构的分析也非常重要。

图 3 中呈现了各站点在 46 a 间最大日降水量的线性变化趋势,可以看到,该指标的变化没有降水日数那样显著和统一:河东地区大部分站点呈较大

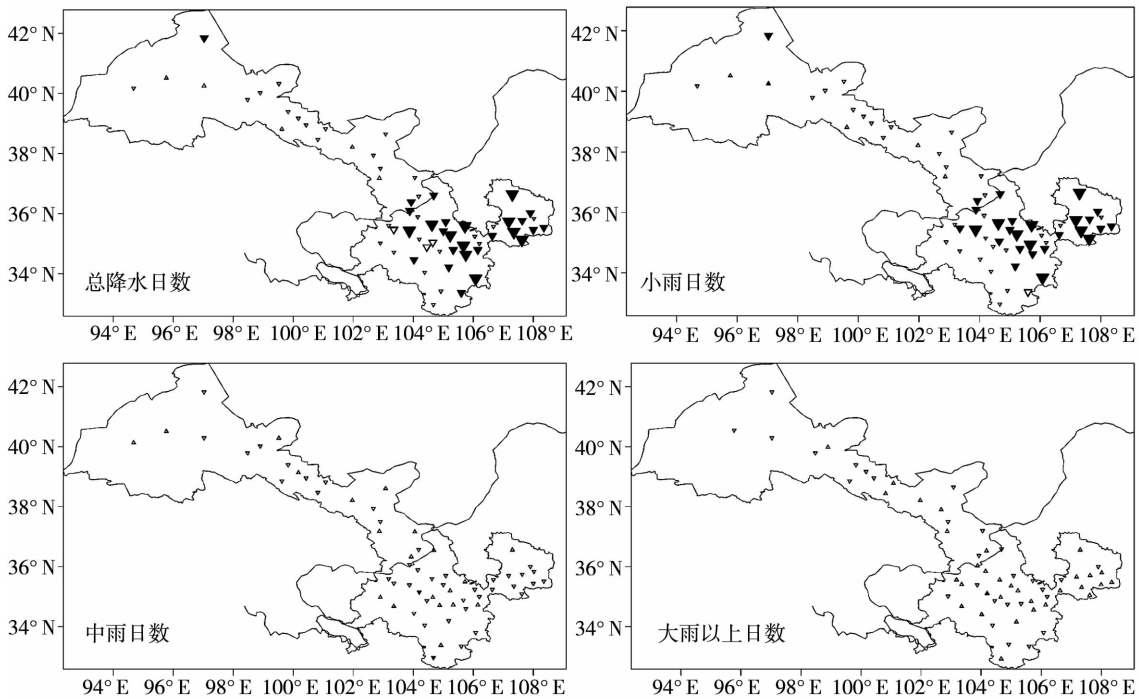

图 2　不同强度降水日数的线性趋势空间分布(符号意义同图 1,大小与绝对值成比例)

Fig. 2　Spatial distribution of linear trends of different intensity precipitation days for each station (the meaning of symbols are same as Fig. 1, and the size are proportional to their absolute value)

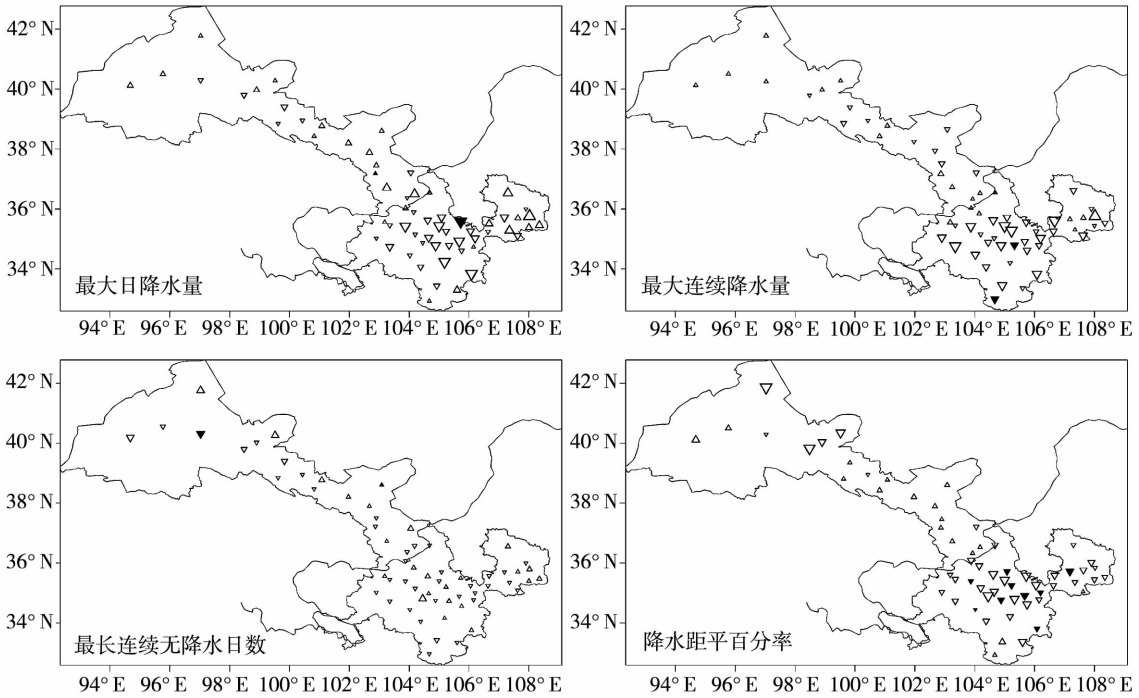

图 3 降水相关极值量的线性趋势空间分布(符号说明同图 2)

Fig. 3 Spatial distribution of linear trends of different precipitation relative extremes for each station(the meaning of symbols are exactly same as Fig. 2)

的下降趋势,但陇东似乎有些例外;河西地区多数呈上升趋势,但也有下降的情况。最大连续降水量的变化与最大日降水量类似,但河东呈现出更加一致的下降趋势。最长连续无降水日数没有大面积一致的变化,且幅度微弱,这可以减轻我们对干期(dry spell)增长的担忧。

降水距平百分率在河东地区出现了相当一致的下降趋势,还有一些台站达到了 95% 的显著性水平,说明这里降水量的年际变化减小了;河西地区大部分站点该指标呈微弱的上升趋势,但是北部出现了几个例外。

从图 2、图 3 还可以看出,全省范围内降水各指标均没有同质的变化,虽然河东地区的降水指标多数呈现出比河西更加一致而明显的变化,反映出降水结构变化在更小区域上的空间一致特征,但区域平均的做法对河西固然不合适,对整个河东同样也不适用,平均值会掩盖掉很多差别和信息,从而失去对降水变化的解释力。

2.3 年降水量显著变化站点的分析

通过以上分析,我们对单个的降水指标形成了初步认识,但是,这些指标作为整体是怎样起作用的呢? 为了解决这个问题,下面将图 1 中降水量变化显著的站点提取出来,对其各指标及整体进行详细分析。表 1 列出了年降水量显著变化站点的各项降水相关指标。

河西有 2 个降水量显著增加的站点:(1)民乐站,总降水日数、小雨日数和中雨日数减少,这与其降水总量增加是矛盾的,但大雨以上日数、最大日降水量和连续降水量增加更多,造成了最终总量增加。最长连续无降水日数减少,说明降水变得分散了;如果再考虑到小雨日数的减少,唯一合理的解释是连阴雨(就是实际上连续 2 d 以上有降水的情况,与人为定义的连阴雨有所不同)减少了,这与统计结果吻合。降水距平百分率增加,说明变化幅度加大;(2)永昌站,除了最大过程降水量外,各指标一致增加,特别是最长连续无降水日数增加,说明降水变得更加集中。2 个站点总降水量都增加,但具体表现不同,相同的是大雨以上日数和最大日降水量的增加说明降水的极端性加剧了。这与张小明等[6]提出的河西东部夏季极端降水量有上升趋势的结论是一致的。

6 个降水量显著减少的站点都在河东:(1)徽县

站,所有指标的变化趋势都顺应了降水总量减少的结果,其中小雨日数和连阴雨次数显著减少。降水距平百分率显著减小,说明变化趋于稳定;(2)会宁、镇原及秦安,同徽县一样,突出的表现是小雨日数和连阴雨次数显著减少,除了最长连续无降水日数减少(这与龚道溢等[7]对干期的研究结果相符。他们的研究还指出,虽然西北地区不同持续时间的干期普遍有所减少,但持续时间为 10 ~ 15 d 的干期显著增加了),其它指标都支持降水总量减少的结果。连阴雨和最长连续无降水日数共同减少的情形强烈说明降水分散化了。另外,对各等级降水日数占总降水日数的比例的统计表明,会宁的中雨日数减少但比例增加,镇原和秦安的大雨日数和比例均增加,它们的降水展现出一些极端性增加的趋势(文献[6, 8]中对此也有所反映);(3)张家川和康县,这 2 个站点各指标都没有显著的变化,各等级降水日数都在减少(小雨日数的比例反而有所上升),连阴雨次数甚至出现微弱的增加趋势,但综合的结果仍是降水量的显著减少。总之,虽然这 6 个站点最终同样表现出降水量显著减少的态势,但是究其原因,是不尽相同的。多数站点的情况表明,小雨日数和连阴雨的变化起到了主要的作用,小雨占据了雨日的多数是重要原因,但其比例的相对变化和在时间上的分散也是不容忽视的。

表 1　年降水量显著变化站点的各项降水相关指标

Tab. 1　The relative indices for stations with significant variation in annual precipitation

	民乐	永昌	会宁	镇原	秦安	张家川	康县	徽县
总降水日数	-	+	- -	- -	- -	-	- -	- -
小雨日数	-(89.3)	+(93.7)	- -(88.1)	- -(84.6)	- -(86.8)	-(85.8)	-(85.6)	- -(83.1)
中雨日数	-(9.4)	+(5.7)	-(10.2)	-(11.7)	-(10.8)	-(11.2)	-(10.7)	-(12.3)
大雨以上日数	+(1.3)	+(0.6)	-(1.7)	+(3.7)	+(2.4)	-(3.0)	-(3.7)	-(4.6)
连阴雨次数	-	-	- -	- -	- -	+	+	- -
最大日降水量	+	+	-	-	-	-	+	-
最大过程降水量	+	-	-	+	-	-	-	-
最长连续无降水日数	-	+	-	-	-	-	-	+
降水距平百分率	+	+	- -	- -	- -	- -	-	- -
年降水量	+ +	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	- -

注:+/-(++/--)代表(显著)增加/减少趋势;括号内是该类型降水日数占总降水日数的百分比。

Note: +/-(++/--)means (significant) trend of increase/decrease; They are percentages of ranked rainy days to total rainy days in the brackets.

总体来看,一个特定区域的降水是否有显著的变化趋势,是各降水相关指标变化的综合结果,这种组合非常复杂,通常不具备广泛的代表性,而且各个指标的非显著性变化的组合甚至可以造成降水量这个要素最终的显著变化。因此,对一个较大区域的降水变化趋势进行预测,存在相当大的难度。

3　结论和讨论

(1)降水的空间差别很大,用甘肃省河东/河西地区这样的大区域降水量平均值来说明降水的变化趋势,损失了很多有用信息,而降水结构分析从微观解构宏观,可以更好地说明降水的变化特征,能够更好地反映和解释降水的变化,为进一步了解产生降水变化的机理打下良好基础。

(2)对研究区年降水结构的空间变化分析说明,一个区域的降水是否有显著的变化趋势,是各降水相关指标变化的综合结果,这种组合非常复杂,通常不具备广泛的代表性,各个指标非显著性变化的组合结果可以是降水量要素的显著变化。

(3)研究区域性降水特征,区域范围要根据降水要素的自然属性合理选择,而不能以行政界限等为依据武断分割。无论是从气候分区的角度[9],还是从环流特征的角度[10]来看,甘肃省的降水都不是属于单一的区域类型,不存在全省统一的变化。降水的空间代表性,要根据形成降水的天气系统和地形等环境条件来判断,苏布达等应用水文标度特征来衡量降水的空间一致性[11],在这方面做出了有益的尝试。

(4)与降水量的小幅变化相比较,降水结构变化对生态环境和社会经济发展可能具有更重要的影

响和意义,需要加强这方面的研究。本文只在降水结构的空间变化方面做出一点初步分析,还需要对其时间变化开展进一步研究。

参考文献:

[1] 宋连春,张存杰.20 世纪西北地区降水量变化特征[J].冰川冻土,2003,25(2):143-148.
[2] 刘德祥,白虎志,梁东升,等.甘肃不同强度降水日数变化对干旱灾害的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):212-217.
[3] 赵庆云,张武,王式功,等.西北地区东部干旱半干旱区极端降水事件的变化[J].中国沙漠,2005,25(6):904-909.
[4] 刘德祥,白虎志,宁惠芳,等.气候变暖对甘肃干旱气象灾害的影响[J].冰川冻土,2006,28(5):707-712.
[5] 宋连春,杨兴国,韩永翔,等.甘肃气象灾害与气候变化问题的初步研究[J].干旱气象,2006,24(2):63-69.
[6] 张小明,杨金虎,高伟东,等.甘肃省近 50 a 夏季极端强降水量的气候特征[J].干旱气象,2008,26(2):48-52.
[7] Gong DY,Wang JA,Han H. Trends of summer dry spells in China during the late twentieth century[J]. Meteorology and Atmospheric Physics, 2005(88):203-216.
[8] 刘卫民,王陇,贾海源.甘肃省陇东南地区大到暴雨时空分布特征[J].干旱气象,2006,24(1):44-47.
[9] 杨绚,李栋梁.中国干旱气候分区及其降水量变化特征[J].干旱气象,2008,26(2):17-24.
[10] 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.
[11] 苏布达,王国杰,姜彤.西北地区 45 a 来降水异常的时空变化及其标度特征[J].冰川冻土,2007,29(2):176-182.

Study on the Spatial Variation of Annual Precipitation Structure over Gansu Province During Recent 46 Years

HAN Hui[1], MENG Lixia[2]

(1. *Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province*, *Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA*, *Institute of Arid Meteorology*, *Chinese Meteorological Administration*, *Lanzhou* 730020, *China*; 2. *Lanzhou Central Meteorological Observatory*, *Lanzhou* 730020, *China*)

Abstract: Based on the analysis of daily precipitation of 62 weather stations in Gansu Province from 1960 to 2005, it educed the characteristics of spatial variation of different intensity precipitation days and precipitation relative extremes, and those can reflect the structure of precipitaiton. The results show that there isn't any homogeneous variation over the whole province for each indicator, and the spatial distinction of precipitation variation is great. Thus, the regional average of precipitation is meaningless and the structure is more powerful to explain the change of precipitation, for which decomposed the dim unitary situation into vivid particular phenomena. The farther research on spatial variation of precipitation structure indicates that a significant variation of precipitation in a specific region is a synthetical consequence of the interactions among all indicators. This synthesis procedure is very complicated, and usually has not broad representation. Even nonsignificant variation of each indicator can bring forth a significant variation of precipitation.

Key words: Gansu Province; annual precipitation structure; spatial variation