

张义海,杨晓玲,陈海贝,等. 河西走廊东部云量时空变化特征[J]. 干旱气象, 2015, 33(6): 979-986. [ZHANG Yihai, YANG Xiaoling, CHEN Haibei, et al. Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Cloud Amount in East of Hexi Corridor[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(6): 979-986], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-06-0979

## 河西走廊东部云量时空变化特征

张义海<sup>1</sup>, 杨晓玲<sup>1</sup>, 陈海贝<sup>2</sup>, 马中华<sup>1</sup>

(1. 甘肃省武威市气象局, 甘肃 武威 733000; 2. 甘肃省武威市乌鞘岭气象站, 甘肃 武威 733000)

**摘要:**利用河西走廊东部5个气象站1961~2013年总云量和低云量观测资料,运用线性趋势法、方差分析和累积距平等方法,系统分析了河西走廊东部云量的时空分布及变化特征。结果表明,受地理位置、海拔高度和天气系统的影响,河西走廊东部总云量和低云量均表现为自东北向西南递增的空间分布特征,其中低海拔平原区小于高海拔山区,南部山区天祝最多,沙漠戈壁干旱区民勤最少。近53 a来,河西走廊东部总云量和低云量的年、年代际变化均呈增多趋势,低云量的增多趋势尤为显著(民勤除外);总云量、低云量的时间序列分布存在5~7 a、5~6 a的准周期变化,且前者突变时间为1997年,后者突变时间1987年和1996年。总云量春季最多、冬季最少,低云量夏季最多、冬季最少。各地各季节总云量近53 a间总体上均呈增多趋势,气候倾向率冬季最大、秋季最小;除民勤外,各地各季节低云量也呈增多趋势,气候倾向率春季最大、冬季最小。总云量和低云量的月变化特征明显且变率较大,总云量的峰值出现在5~6月和9月,低谷出现在12月;低云量的峰值出现在7月(天祝峰值在8月),低谷出现在12月到次年1月。

**关键词:**云量;时空变化;河西走廊东部

**文章编号:**1006-7639(2015)-06-0979-08 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-06-0979

**中图分类号:**P468.0<sup>+</sup>27

**文献标识码:**A

### 引言

云是悬浮在大气中的小水滴、过冷水滴、冰晶或它们的混合物组成的可见聚集体,有时也包含一些较大的雨滴、冰粒和雪晶,其底部不接触地面。云是调节辐射平衡和水汽循环、影响气候变化的重要因子,其形成与特性是地表与大气各种动力、热力过程作用的结果<sup>[1-4]</sup>,因此云对地球气候系统和人类生存环境产生重要影响<sup>[5-7]</sup>。在全球气候变暖背景下,云作为辐射强迫和反馈因子是研究全球气候变化的重要参数,因此了解云量的分布和变化,认识云的辐射反馈机制,对气候变化研究和模拟具有重要意义。

云在一定的天气形势下形成,反映了某地当时的天气状况,且与海拔高度、地表特征和气候环境有一定的关系,故云量的分布与变化区域差异显著,如1936~1990年前苏联总云量增加,低云量减少<sup>[8]</sup>;

1906~2000年波兰南部克拉科地区总云量存在年代际波动<sup>[9]</sup>;1950年代以来,中国大部分地方的云量也发生了明显的变化,云量总体呈减少趋势,个别地区的低云量呈增加趋势;总云量、低云量南方多于北方,东部多于西部;云的稳定性夏季高于冬季,东部高于西部<sup>[10-14]</sup>。目前对河西走廊东部云量的研究仅限于时空分布特征及变化趋势的分析,而对云量与气候因子的相关性以及云量变化机制的探讨尚处于起步阶段,为此,本文利用河西走廊东部各地1961~2013年最新的云量观测资料,分析研究当地云量的时空分布及变化特征,试图更好地了解云量的变化规律,将会对研究云量在当地气候变化中的辐射反馈机制起到重要作用。

### 1 研究区概况

河西走廊东部地处青藏高原北坡,南靠祁连山

收稿日期:2014-10-23; 改回日期:2015-01-30

基金项目:国家自然科学基金“气温升高和降水波动对半干旱区春小麦协同影响”(41305134)和甘肃省气象局第七批“十人计划”共同资助

作者简介:张义海(1965-),男,工程师,主要从事气象服务工作。

通讯作者:杨晓玲, E-mail: wwqxj6150343@163.com

脉,北邻腾格里和巴丹吉林两大沙漠,东接黄土高坡西缘,地理位置介于  $101^{\circ}06'E \sim 104^{\circ}14'E$ 、 $36^{\circ}30'N \sim 39^{\circ}24'N$ ,海拔高度在  $1\ 300 \sim 3\ 100\text{ m}$ ,地势南高北低,由西南向东北倾斜,地形地貌极为复杂。行政区上,从北向南依次为民勤、永昌、武威、古浪和天祝,其中北部民勤为沙漠戈壁干旱区,中部凉州为绿洲平原区,北部永昌和南部的古浪、天祝属于祁连山边坡山区。河西走廊东部由于深居大陆腹地、远离水汽源地,加上境内地形影响,近地层水汽通道受山系阻挡造成水汽较难到达,致使云量较少,特别是低云量更少,晴朗天气居多,长期高温干旱,空气干燥,降水稀少,降水量由北向南递增,气温南北差异较大,由北向南递减(图1),风大沙多,无霜期长,蒸发和辐射强烈,日照充足,昼夜温差大,是季风性气候与大陆性气候、高原气候与沙漠气候的交汇处,属于温带干旱、半干旱气候<sup>[15]</sup>。

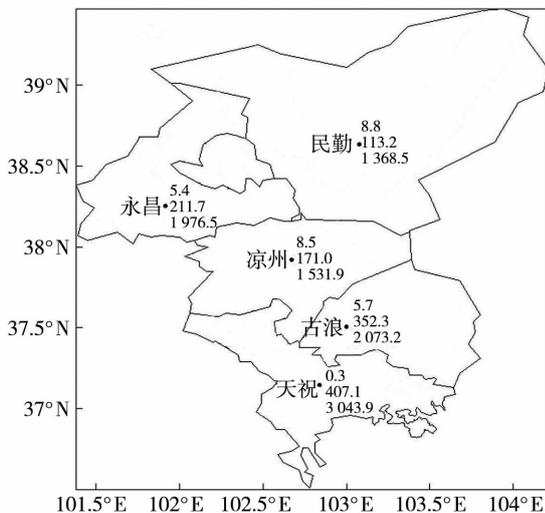


图1 河西走廊东部各地气温(上,单位:°C)、降水(中,单位:mm)和海拔高度(下,单位:m)

Fig. 1 Temperature (the top, Unit:°C), precipitation (the middle, Unit:mm) and altitudes (the bottom, Unit:m) in east of Hexi Corridor

## 2 资料和研究方法

### 2.1 资料来源

云量是指云遮蔽天空视野的成数,均记为整数,云量观测包括总云量、低云量。逐月总云量和低云量观测资料来源于河西走廊东部武威市民勤、凉州、古浪、永昌和天祝的乌鞘岭5个气象站,其中乌鞘岭资料长度为1971~2013年,共43 a,其余4站均为1961~2013年,共53 a。5个气象站在此期间均未迁移,观测数据完整性和连续性较好,且时间序列长,其中个别缺测资料由邻近站点资料通过线性插

值求得。1961~2013年大气环流特征量资料由国家气候中心气候诊断预测室提供。

### 2.2 研究方法

利用逐月平均总云量和低云量资料,求得年代、年、季和月平均总云量和低云量,全区域总云量和低云量为5个站点的平均。云量的年代际变化采用距平分析方法,而年变化趋势采用线性趋势计算方法<sup>[16]</sup>,其中变化趋势的显著性采用气候趋势系数进行检验<sup>[17]</sup>,信度 $\alpha = 0.1$ 、 $\alpha = 0.05$ 、 $\alpha = 0.01$ 显著性检验所对应的相关系数依次为0.3058、0.3653、0.4430;运用方差分析方法进行周期分析<sup>[18]</sup>;运用累积距平法进行突变分析,为检验转折是否达到气候突变的标准,计算转折年份的信噪比,信噪比 $\geq 1.0$ 时认为存在气候突变,即最大信噪比的年份定义为气候突变出现的年份<sup>[19]</sup>。

## 3 云量时空变化特征

### 3.1 云量空间分布

图2为河西走廊东部近53 a年平均云量的空间分布,可以看出总云量和低云量的空间分布特征相似,都表现为自东北向西南呈递增趋势,年平均总云量和低云量都是南部山区天祝最多,分别为5.8成、2.3成;其次为南部浅山区古浪,分别为5.5成、1.6成;北部浅山区永昌分别为5.0成、1.0成;中部绿洲平原区凉州分别为4.9成、0.6成;北部沙漠戈壁干旱区民勤最少,分别为4.7成、0.3成。这一分布规律与该地区海拔高度的空间分布(图1)相似,同时与其年降水量和降水日数的空间分布也相似<sup>[20]</sup>。

另外分析发现,河西走廊东部云量随海拔高度的增加而增多,总云量和低云量与海拔高度的相关系数分别为0.9094、0.9691,由于南部山区处于祁连山东北侧的迎风坡,受地形抬升影响,南部山区云量多于平原区,故形成山区高海拔中心天祝对应云量最大中心、低海拔平原区民勤对应云量最少的分布;其次云量的分布与影响天气系统密切相关,河西走廊东部除受大尺度西风气流影响外,还受青藏高原地形产生的中小尺度系统的影响,其平原区主要受西风带环流系统影响,大气携带的水汽相对较少,云量也较少;而位于祁连山东北侧的山区,受西南季风影响明显,加之高原本身的热力、动力抬升等作用,致使这一带低涡、切变以及西南暖湿气流活动频繁,大气携带的水汽相对较多,云量也较多。

### 3.2 云量时间分布

#### 3.2.1 年代际变化

表1为河西走廊东部云量的逐年代距平。可知,

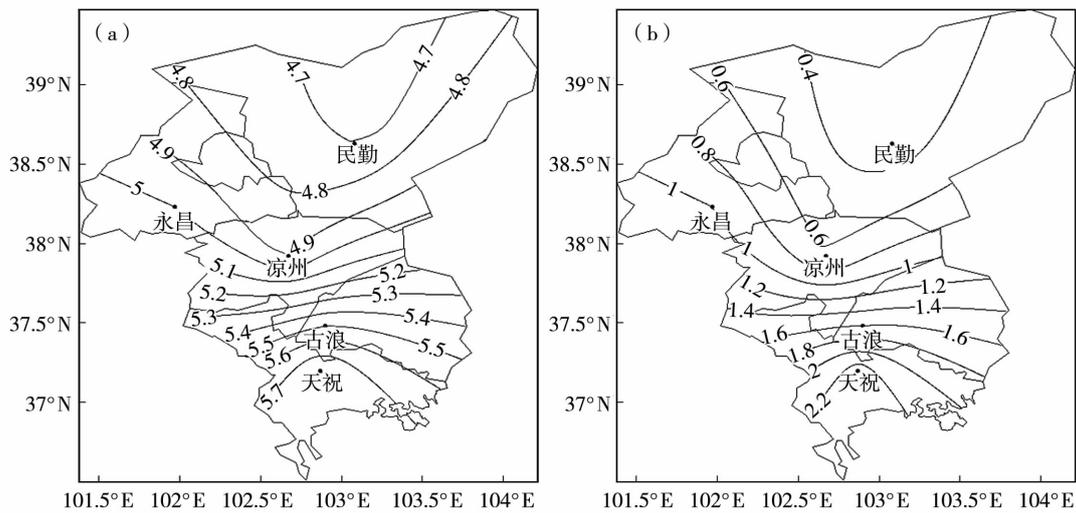


图2 河西走廊东部总云量(a)和低云量(b)的空间分布(单位:成)

Fig.2 Spatial distribution of total (a) and low (b) cloud amount in east of Hexi Corridor

河西走廊东部云量的年代际变化不太一致,除民勤低云量外,其它各地总体呈逐年代增多趋势。总云量,永昌1960年代和1980年代略偏少,1970年代略偏多,1990年代偏少,2000~2013年偏多;凉州1960年代略偏多,1970~1990年代偏少,2000~2013年偏多;民勤1960~1970年代偏少,2000~2013年偏多;古浪1960~1970年代偏少,1980年代、2000~2013年偏多;天祝1970~1990年代略偏少,2000~2013年偏多。低云量,永昌和古浪1960~1980年代及乌鞘岭1970~1980年代偏少,1990年代至2013年偏多;凉州1960年代略偏多,1970~1990年代略偏少,2000年代偏多;民勤1960年代略偏多,2000~2013年略偏少。河西走廊东部地域范围小,通常受同一天气系统的影响,各地总云量变化相对一致,说明总云量变化主要受大气运动的影响,受地形和地理位置的影响较小。低云量的年代际变化祁连山边坡的永昌、古浪、天祝及绿洲平原区凉州

呈增多趋势,沙漠戈壁干旱区民勤呈减少趋势。这可能是由于低云的云底高度最低,最易受地形抬升和大气热力的影响,山区易发展生成对流性低云,使低云量呈增多趋势,而平原区和荒漠区的变化正相反。数值模拟和观测研究也表明,地形对云有着重要影响<sup>[21-22]</sup>。

### 3.2.2 年变化

图3是河西走廊东部各地年平均云量的变化。就总云量而言,古浪和民勤的年变化特征较相似,总云量在波动中呈持续增加趋势;凉州,2000年以前总云量呈下降趋势,而后持续上升;永昌和天祝变化特征不明显,有略微增加的趋势。而低云量,天祝、古浪、永昌均呈现持续增加趋势,民勤呈现持续减少趋势,凉州低云量的变化趋势与总云量相似,1970~1990年代云量相对较少。可见,除民勤低云量外,近53a间河西走廊东部各地年平均云量整体上均呈波动增加趋势,特别是低云量的增加幅度更明显。

表1 河西走廊东部各地逐年代云量距平(单位:成)

Tab.1 Decadal anomalies of mean cloud amount in east of Hexi Corridor

	总云量					低云量				
	永昌	凉州	民勤	古浪	天祝	永昌	凉州	民勤	古浪	天祝
1960年代	-0.1	0.1	-0.3	-0.4	/	-0.4	0.1	0.1	-0.6	/
1970年代	0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1	-0.5	-0.1	0.0	-0.4	-0.4
1980年代	-0.1	-0.2	0.0	0.2	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	-0.3	-0.4
1990年代	-0.3	-0.4	0.0	0.0	-0.1	0.2	-0.1	0.0	0.2	0.3
2000年代	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.7	0.3	-0.1	0.8	0.4
2011~2013年	0.2	0.7	0.4	0.4	0.4	1.0	0.0	-0.1	1.0	0.5

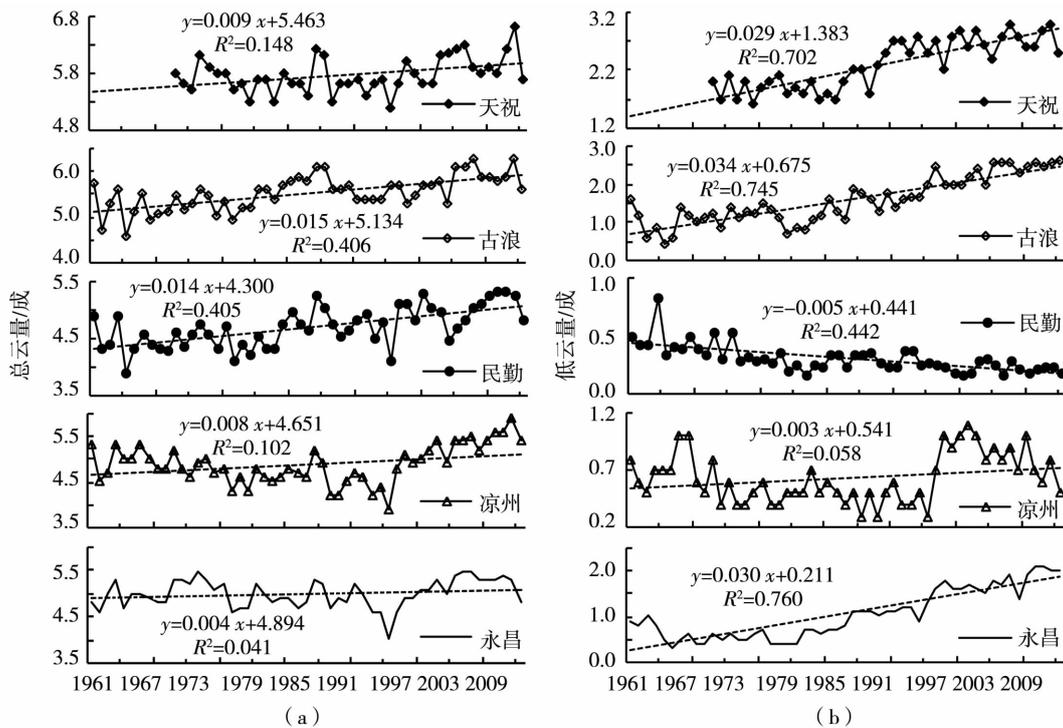


图3 河西走廊东部各地年平均总云量(a)和低云量(b)变化

Fig. 3 Change of annual average total (a) and low (b) cloud amount in east of Hexi Corridor

各地总云量的气候倾向率为古浪 > 民勤 > 天祝 > 凉州 > 永昌, 低云量的气候倾向率绝对值为古浪 > 永昌 > 天祝 > 民勤 > 凉州。其中民勤、古浪、天祝总云量的气候趋势系数通过了  $\alpha = 0.05$  及以上显著性水平检验, 递增趋势显著; 永昌、古浪、天祝、民勤低云量通过了  $\alpha = 0.01$  的显著性水平检验, 变化趋势显著。这与全国多地云量呈减少趋势<sup>[10-14]</sup>的步调很不一致。据杨晓玲等<sup>[23]</sup>研究结果, 河西走廊东部降水呈增多趋势, 气温呈明显上升趋势。可见, 河西走廊东部降水与云量有着很好的对应关系, 这与张琪等<sup>[24]</sup>指出云量与降水的关系有着较好的一致性相吻合, 同时也印证了施雅风等<sup>[25]</sup>“西北气候由暖干向暖湿转型的信号”的研究结果。

由图3可知, 河西走廊东部各地年平均云量的变化步调较一致, 对其进行周期分析发现, 各地总云量、低云量的时间序列分布分别存在显著的5~7 a、5~6 a的准周期变化(图略)。

另外, 分析了各地春、夏、秋、冬季平均总云量和低云量及其气候倾向率和趋势系数(表2)。可以看到, 河西走廊东部各地总云量和低云量季节变化明显, 总云量均为春季最多, 在5.9~6.9成; 夏季次之, 在5.5~6.9成; 冬季最少, 在3.5~4.1成。除永昌秋季外, 各地各季节总云量均为增多趋势, 总体上气候倾向率自冬季、夏季、春季、秋季依次减小。

其中, 民勤冬季、春季、夏季和古浪冬季、夏季总云量的气候趋势系数通过了  $\alpha = 0.05$  及以上显著性检验, 增多趋势显著; 凉州冬季和古浪的春季、秋季总云量的气候趋势系数通过了  $\alpha = 0.1$  显著性检验, 增多趋势较显著。低云量均为夏季最多, 在0.7~3.8成; 春季次之, 在0.2~2.3成; 冬季最少, 在0.0~0.7成。除民勤各季外, 其余各地各季节低云量均为增多趋势, 总体上看, 气候倾向率为春季最大, 夏季次之, 冬季最小。其中, 永昌、古浪和天祝各季节、凉州春季以及民勤春、夏、秋季低云量的气候趋势系数通过了  $\alpha = 0.05$  及以上显著性检验, 变化趋势显著。

### 3.2.3 月变化

分析河西走廊东部各地及全区逐月平均总云量发现(图4a), 总云量的月变化特征明显且变率较大, 月变率在2.8~7.2成, 各地及全区均表现出2峰1谷的形式, 3~9月总云量相对较多。其中1~5月总云量持续增多, 至6月达最大峰值, 尔后略有减少, 9月再次出现峰值, 9月后持续迅速减少, 11~12月为明显的低谷。由图4b可知, 低云量的月变率在0.0~4.0成, 其月变化特征与总云量略有不同, 各地及全区均表现为明显的1峰1谷形式, 其中6~9月云量相对较多, 除天祝外(峰值为8月), 其它各地峰值均出现7月, 12月到次年1月为明显的低谷。

表2 河西走廊东部各季节云量(单位:成)及其气候倾向率(单位:成/10 a)和趋势系数

Tab.2 Average cloud amount in four seasons and its climatic tendency rates and trend coefficients in east of Hexi Corridor

		永昌	凉州	民勤	古浪	天祝	
总云量	冬季	均值	3.7	3.6	3.5	4.0	4.1
		倾向率	0.089	0.162	0.199	0.271	0.132
		趋势系数	0.228	0.352***	0.512*	0.603*	0.287
	春季	均值	6.1	5.9	5.9	6.7	6.9
		倾向率	0.013	0.065	0.174	0.100	0.017
		趋势系数	0.047	0.207	0.465*	0.310***	0.055
	夏季	均值	6.0	5.7	5.5	6.5	6.9
		倾向率	0.045	0.093	0.136	0.121	0.110
		趋势系数	0.163	0.279	0.459*	0.389**	0.285
	秋季	均值	4.2	4.3	3.9	4.9	5.2
		倾向率	-0.003	0.031	0.068	0.098	0.117
		趋势系数	-0.009	0.077	0.205	0.320***	0.250
低云量	冬季	均值	0.3	0.1	0.0	0.4	0.7
		倾向率	0.170	0.013	-0.008	0.203	0.309
		趋势系数	0.785*	0.272	-0.282	0.820*	0.836*
	春季	均值	1.0	0.6	0.2	1.6	2.3
		倾向率	0.346	0.067	-0.040	0.402	0.338
		趋势系数	0.825*	0.373**	-0.418**	0.827*	0.691*
	夏季	均值	2.0	1.3	0.7	2.9	3.8
		倾向率	0.426	0.038	-0.091	0.440	0.235
		趋势系数	0.854*	0.139	-0.560*	0.801*	0.614*
	秋季	均值	0.9	0.6	0.2	1.5	2.4
		倾向率	0.278	0.018	-0.069	0.320	0.296
		趋势系数	0.736*	0.085	0.581*	0.692*	0.634*

注: \*、\*\*、\*\*\*表示分别通过了 $\alpha=0.01$ 、 $\alpha=0.05$ 、 $\alpha=0.1$ 的显著性水平检验

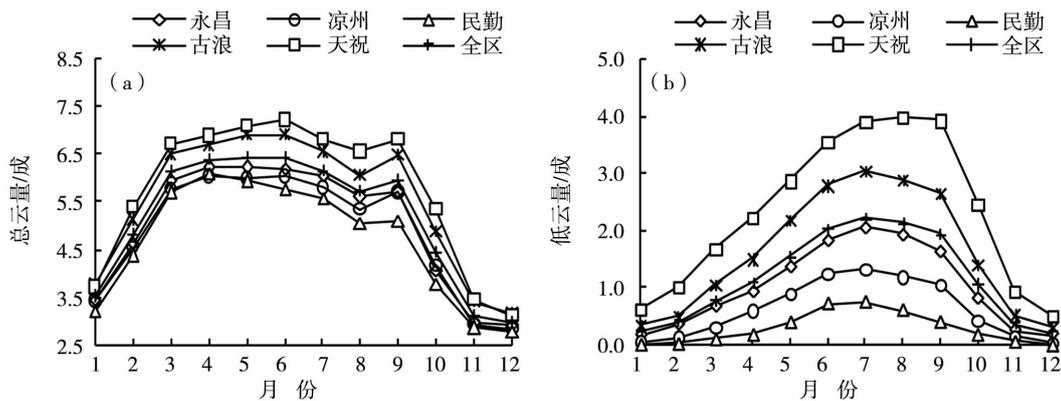


图4 河西走廊东部月平均总云量(a)和低云量(b)变化

Fig.4 Change of monthly average total (a) and low (b) cloud amount in east of Hexi Corridor

由图 4 可知,河西走廊东部夏半年(5~9 月)云量多,冬半年(10 月至次年 4 月)云量少,云量的月变化受大气环流的影响很大,首先反映了季风的影响,每年春夏季季风逐渐北移,河西走廊东部的云量逐渐增多,总云量 5~6 月达到峰值,7~8 月是夏季风到达我国最北端的时期,河西走廊东部低云量的峰值出现在 7~8 月,同时受高原季风的影响,总云量在 9 月又出现一小高峰;其次是西太平洋副热带高压(以下简称副高)逐渐北移或东退,其北侧对应的西南气流随之北移或东退,7~8 月副高脊线北跃到 30°N 附近,河西走廊东部低云量达到全年峰值,9 月副高开始东南退,冬半年河西走廊东部主要受西北气流控制,云量迅速减少,12 月云量达到最低值。

为了更好地说明高原季风和西太平洋副高对河西走廊东部云量月变化的影响,选取表征西太平洋

副高北移或东退的 3 个特征量(西太平洋副高北界(110°E~150°E)、西伸脊点、脊线(110°E~150°E))和高原季风的 2 个特征量(青藏高原指数 A(25°N~35°N,80°E~100°E)、青藏高原指数 B(30°N~40°N,75°E~105°E)),采用相关系数法分析其月平均云量与上述指数的相关性(表 3)。结果显示,河西走廊东部云量与西太平洋副高和青藏高原指数的特征量均表现为正相关,其中,与总云量相关程度最高的是 2 个青藏高原指数,均通过了  $\alpha = 0.01$  的显著性水平检验,其次是副高北界、副高脊线,而与副高西伸脊点的相关性相对较弱;低云量与 5 个特征量的相关性均很高,均通过了  $\alpha = 0.01$  的显著性水平检验。说明河西走廊东部云量的月变化受西太平洋副高和高原季风月摆动的影响较大。这与陈少勇等<sup>[26]</sup>研究指出的“高原夏季风和副热带高压对祁连山区云量的影响”结论相一致。

表 3 河西走廊东部月平均云量与西太平洋副热带高压、高原季风特征量的相关系数

Tab.3 Correlation coefficients between monthly mean cloud amount in east of Hexi Corridor and monthly feature variables of the western Pacific subtropical high and Plateau monsoon

	西太平洋 副高北界	西太平洋 副高西伸脊点	西太平洋 副高脊线	青藏高原 指数 A	青藏高原 指数 B
总云量	0.305 **	0.013	0.264 ***	0.530 *	0.576 *
低云量	0.819 *	0.624 *	0.792 *	0.896 *	0.929 *

注: \*、\*\*、\*\*\* 表示分别通过了  $\alpha = 0.01$ 、 $\alpha = 0.05$ 、 $\alpha = 0.1$  的显著性水平检验

### 3.2.4 突变分析

图 5 是河西走廊东部近 53 a 总云量和低云量的累积距平变化。从图 5a 可看出,总云量永昌 1960~1970 年代后期呈波动增多趋势,1977 年开始呈波动减少趋势,至 2000 年再次转为增多趋势,其中 1977 年和 2000 年信噪比分别为 0.2、0.7,均没有通过信噪比检验;凉州和全区 1960~1990 年代后期均呈波动减少趋势,1997 年开始均呈显著增多趋势,1997 年信噪比均为 1.0,通过了信噪比检验;民勤、古浪 1960~1980 年代前期均呈显著减少趋势,1983 年开始均呈波动增多趋势,1983 年信噪比分别为 0.9、0.8,均未通过信噪比检验;天祝 1970~2000 年代前期呈波动减少趋势,2002 年开始呈显著增多趋势,2002 年信噪比为 0.8,没有通过信噪比检验。由此可知,全区、凉州的总云量突变时间为 1997 年,而永昌、民勤、古浪和天祝总云量未发生突变。

从图 5b 低云量的累积距平变化可以看出,永

昌、古浪及全区 1960~1980 年代后期均呈显著减少趋势,1987~1996 年间为相对稳定阶段,1996 年开始均呈显著增多趋势,1987 年信噪比分别为 1.7、1.4、1.7,均通过了信噪比检验,1996 年信噪比分别为 2.0、1.5、1.8,也均通过了信噪比检验;凉州 1960 年代中期以前呈波动增多趋势,1968 年开始呈减少趋势,至 1997 年开始再次呈增多趋势,1968 年和 1997 年信噪比分别为 0.4、0.9,均未通过信噪比检验;民勤 1960~1970 年代前期呈增多趋势,1973 年开始呈波动减少趋势,1973 年信噪比为 1.0,通过了信噪比检验;天祝 1970~1980 年代呈显著减少趋势,1990 年开始呈显著增多趋势,1990 年信噪比为 2.0,通过了信噪比检验。综上所述,低云量与总云量的情况正好相反,除凉州外,全区、永昌、古浪、民勤和天祝均发生了突变,前三者突变时间均为 1987 年和 1996 年,民勤突变时间为 1973 年,天祝突变时间为 1990 年。

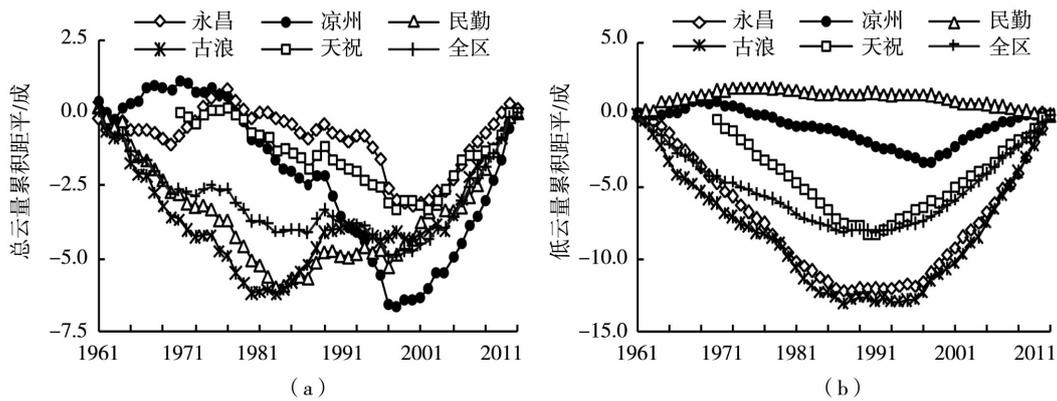


图5 河西走廊东部年平均总云量(a)和低云量(b)累积距平变化

Fig. 5 Change of accumulated anomaly of annual average total (a) and low (b) cloud amount in east of Hexi corridor

## 4 结 论

(1)河西走廊东部总云量和低云量均表现为自东北向西南递增趋势,低海拔平原区云量小于高海拔山区,南部祁连山区天祝最多,沙漠戈壁干旱区民勤最少。这与河西走廊降水量和降水日数的分布较一致。

(2)近53 a间,河西走廊东部年、年代际云量均呈增多趋势,除民勤外,低云量的增多趋势尤为显著,各地总云量、低云量分别存在着5~7 a、5~6 a的准周期变化,总云量突变时间为1997年,低云量突变时间为1987年和1996年,但不同区域突变时间略有不同。

(3)总云量均为春季最多,冬季最少;低云量均为夏季最多,冬季最少。近53 a间各地各季节总云量总体上呈增多趋势,气候倾向率冬季最大,秋季最小;除民勤外,其余各地各季节低云量也呈增多趋势,气候倾向率春季最大,冬季最小。

(4)总云量和低云量的月变化特征明显且变率较大,其中各地总云量的峰值均出现在5~6月和9月,低谷均出现在12月;低云量的峰值除天祝出现在8月外,其余各地均出现在7月,低谷出现在12月到次年1月。云量的月变化与高原季风和西太平洋副热带高压的月摆动相一致。

河西走廊东部云量总体呈增多趋势,但民勤的低云量却呈减少趋势,这可能与民勤的地理、气候状况,如植被大面积伤亡、地下水位下降、荒漠化加剧、大风沙尘天气频发等有一定的关系,这一点需要在以后的工作中进一步探讨和研究。

## 参考文献:

- [1] 汪宏七,赵高祥. 云和辐射(I)云气候学和云的辐射作用[J]. 大气科学,1994,18(增刊):910-932.
- [2] 丁守国,赵春生,石广玉,等. 近20年全球总云量变化趋势分析[J]. 应用气象学报,2005,16(5):670-677.
- [3] Karl T R, Jones P D, Knight R W, et al. A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature[J]. Bull Am Meteorol Soc, 1993,74(6):1007-1023.
- [4] Eerme K. Changes in spring - summer cirrus cloud amount over Estonia, 1958 - 2003[J]. International Journal of Climatology, 2004, 24(12):1543-1549.
- [5] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. Climate change 2001: The scientific basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 148-149.
- [6] 曾昭美,章名立. 本世纪海洋云量变化与全球增暖问题[J]. 大气科学,1996,20(2):149-158.
- [7] 丁守国,石广玉,赵春生. 利用 ISCCP D2 资料分析近20年全球不同云类云量的变化及其对气候可能的影响[J]. 科学通报, 2004,49(11):1105-1111.
- [8] Satheesh S K. Aerosol radiative forcing over land[J]. Annals Geophysical, 2002,20:2105-2109.
- [9] Matuszko D. Cloudiness changes in Cracow in the 20th century[J]. International Journal of Climatology, 2003,23(8):975-984.
- [10] 刘引鸽,望宁练. 我国总云量时空特征及其影响因素分析[J]. 宝鸡文理学院学报(自然科学版),2014,34(1):45-50.
- [11] 刘洪利,朱文琴,宜树华,等. 中国地区云的气候特征分析[J]. 气象学报,2003,61(4):466-475.
- [12] 李慧晶,刘建西,刘东升,等. 西南地区云量变化特征[J]. 干旱气象,2014,32(2):194-200.
- [13] 张雪芹,彭莉莉,郑度,等. 1971-2004年青藏高原总云量时空变化及其影响因子[J]. 地理学报,2007,62(9):959-969.
- [14] 陈少勇,董安祥. 青藏高原总云量的气候变化及其稳定性[J]. 干旱区研究,2006,23(2):327-333.
- [15] 白肇焯,许国昌,孙学筠,等. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1988. 230-240.

- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版)[M]. 北京: 气象出版社, 2007. 37-41.
- [17] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4): 431-439.
- [18] 周石清, 陈建江, 耿峻岭. 单因子方差分析法对三屯河年均流量序列的周期分析[J]. 新疆水利, 2001, 122(3): 25-29.
- [19] 杜军, 李春, 廖健, 等. 近 45 年拉萨浅层地温对气候变化的响应[J]. 气象, 2007, 33(10): 61-67.
- [20] 杨晓玲, 丁文魁, 郭利梅, 等. 河西走廊东部的降水特征[J]. 干旱区研究, 2010, 27(5): 663-668.
- [21] 邵元庭, 刘奇俊, 荆志娟, 等. 祁连山夏季地形云和降水宏观结果的数值模拟[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 18-23.
- [22] 孔凡铀, 黄美元, 徐华英. 山地对积云的影响数值模拟[J]. 南京气象学院学报, 1998, 21(2): 15-22.
- [23] 杨晓玲, 丁文魁, 杨金虎, 等. 河西走廊东部近 50 年气候变化特征及区内 5 站对比分析[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(5): 259-268.
- [24] 张琪, 李跃清, 杨云芸. 我国云量及其与降水关系的研究进展综述[J]. 高原山地气象研究, 2011, 31(1): 79-83.
- [25] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥, 等. 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(2): 219-226.
- [26] 陈少勇, 董安祥, 贺红梅. 祁连山地区云量的影响因子分析[J]. 气象科技, 2007, 35(1): 77-78.

### Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Cloud Amount in East of Hexi Corridor

ZHANG Yihai<sup>1</sup>, YANG Xiaoling<sup>1</sup>, CHEN Haibei<sup>2</sup>, MA Zhonghua<sup>1</sup>

(1. Wuwei Meteorological Bureau of Gansu Province, Wuwei 733000, China;  
2. Wushaoling Meteorological Station of Gansu Province, Wuwei 733000, China)

**Abstract:** Based on total cloud amount and low cloud amount observation data of 5 meteorological stations in eastern Hexi Corridor during 1961-2013, the temporal and spatial distribution characteristics and variation trends of cloud amount were systematically analyzed by using linear trend coefficient, variance analysis and accumulative anomaly methods. The results show that the spatial distribution of total cloud amount and low cloud amount increased from northeast to southwest because of altitude, geographical position and weather system, cloud amount in mountain area with high altitude was greater than that in plain area with low altitude, and that in Tianzhu of the southern mountain area was the most and in Minqin of the northern desert area was the least. The total cloud amount and low cloud amount in the past 53 years appeared an increasing tendency except for the low cloud amount in Minqin, especially the increase of low cloud amount was significant. The total cloud amount and low cloud amount had 5-7 a and 5-6 a quasi-periodic oscillation, respectively. The mutation of total cloud amount appeared in 1997, while that of low cloud amount happened in 1987 and 1996. Total cloud amount was most in spring and least in winter, while low cloud amount was most in summer and least in winter. The climatic trends of total cloud amount in four seasons increased, and climatic tendency rate was maximum in winter and minimum in autumn. And that of low cloud amount in each season also increased except for the decreasing in Minqin, the climatic tendency rate was largest in spring and least in winter. The monthly variations of total and low cloud amount were obvious and great variation in year, the peaks of total cloud amount were from May to June and in September and valley was in December. However, the peak of low cloud amount was in July (Tianzhu was in August) and the valley was from December to next January.

**Key words:** cloud amount; temporal and spatial distribution characteristics; eastern Hexi Corridor