

The Relationship between Near 50a Low Cloud Cover Variation and Meteorological Factors in Xinjiang Aletai Area

Lei Hu, Matai Ha, Jian Zhang

Aletai Meteorological Bureau, Aletai
Email: hulei2039@163.com

Received: Jan. 12th, 2015; accepted: Jan. 21st, 2015; published: Jan. 27th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The paper selected the average monthly amount of low clouds, temperature, sunshine hours, relative humidity, meteorological elements relevant vapor pressure, evaporation, the average wind speed, snow depth of Habaha, Jimunai, Burqin, Fuhai, Fuyun, Qinghe and Aletai seven national benchmarks from 1961 to 2010 in Aletai region. Using the linear trend method, Cubic function, the empirical orthogonal function (EOF), correlation analysis and other methods to analyze the Aletai near 50A low cloud cover the characteristics of climate change and the relationship with meteorological factors. The results show that: the seasonal distribution of low cloud amount is the largest in summer, followed by spring, autumn, and winter is the least. Mean Aletai station of low cloud amount is 10% - 17.4%, its distribution from West to East is low-high-low, namely a foothills to the valley plain with increasing trend. Most areas of Aletai station 60 - 70 in the low cloud cover were dominated by a negative anomaly, 80 - 21 century 00's low cloud amount increased, but by a positive anomaly. Most of the station of low cloud amount change trend was significantly increased, the tendency rate was 0.82% - 2.32%/10a, passed the significant test. Through the EOF analysis, despite the complex terrain and climate variations, the effect of low cloud cover and the spatial distribution of the large scale climate are consistent in Aletai area, and then are also affected by the geographical differences. Precipitation, temperature, evaporation, sunshine, wind are the main factors of long-term change of low cloud amount in Aletai region, while less effect on relative humidity, vapor pressure.

Keywords

Low Cloud Cover, Cubic Function, EOF Function, Correlation Analysis

新疆阿勒泰地区近50a低云量变化特征及与气象因子的关系

胡 磊, 哈马太, 张 建

阿勒泰地区气象局, 阿勒泰

Email: hulei2039@163.com

收稿日期: 2015年1月12日; 录用日期: 2015年1月21日; 发布日期: 2015年1月27日

摘 要

选取1961~2010年新疆阿勒泰地区阿勒泰市、哈巴河、吉木乃、布尔津、福海、富蕴和青河7个国家级基准、基本气象站月平均低云量、温度、日照时数、相对湿度、水汽压、蒸发、平均风速、积雪深度等相关气象要素。利用线性趋势法、Cubic函数、经验正交函数分解(EOF), 相关分析等方法对阿勒泰近50a低云量气候变化特征及与气象因子的关系进行了分析。结果表明: 低云量的季节分布最多的是夏季, 其次是春、秋季, 最少的是冬季。阿勒泰各站低云量的均值为10.0%~17.4%, 其分布自西向东呈低-高-低分布, 即低云量呈山麓丘陵向河谷平原增大的趋势。阿勒泰地区大部分站60~70年代低云量以负距平为主, 80~21世纪00年代低云量增多, 以正距平为主。大部分站低云量的变化趋势呈明显增多趋势, 倾向率为0.82%~2.32%/10a, 通过了显著水平检验。通过EOF分析可知, 阿勒泰地区尽管地形复杂, 气候差异大, 但低云量的空间分布受大尺度气候的影响是一致的, 其次还受明显的地理差异影响。降水、气温、蒸发、日照、平均风速是影响阿勒泰地区低云量长期变化的主要因素, 而相对湿度、水汽压的影响较小。

关键词

低云量, Cubic函数, EOF函数, 相关分析

1. 引言

云在地气交换过程中扮演重要角色, 一方面它通过影响大气和地面接收净辐射, 进而影响当地的温度、降水等气候因子; 另一方面它还对大气中水循环有重要影响[1] [2]。而低云在地气系统中主要表现为制冷小型, 又是降水的主要云系[1] [2]。很多学者对低云量做了一些研究, 徐兴奎等[3] [4]指出我国总云量总体处于下降趋势, 低云变化空间不均性差异较大, 新疆西部至青藏高原北部区域低云增加趋势; 刘引鸽等[5]指出中国低云量随纬度而减少, 低云量与降水量、相对湿度、最大积雪深度呈正相关, 与蒸发量、温度呈负相关; 王亚敏等[6]指出近 46a 来西北地区低云量呈显著上升趋势, 1997 年后上升显著, 低云量空间场东南向西北减弱趋势。新疆的学者也做了一些研究, 赵勇等[7]分析了天山区域云量的时空变化特征及其降水的关系, 牛晓瑞等[8]近 45a 新疆夏季低云量增加趋势显著, 并指出夏季低云量与副热带高压、极涡及青藏高原高度场指数关系密切。

阿勒泰地区位于新疆最北部, 地形复杂, 有高山丘陵、河流湖泊、沙漠戈壁, 是气候的敏感和脆弱地带。特殊的自然地理条件形成了该地区区域气候特征及对全球气候变暖区域响应的复杂性和特殊性[9]。庄晓翠等人[10]-[17]对阿勒泰地区降水、温度方面研究较多, 但对低云量研究较少。阿勒泰地区是以牧业

为主的地区，草场大部分是靠自然降水供牧草生长所需水分，夏季自然降水量的多少，直接影响到草场的长势和质量。2007~2008 年，阿勒泰地区遭遇了近 50a 一遇干旱，农牧业生产和人民生活遭受了巨大的损失[18]。近几年阿勒泰地区一直在大力开展人工增雨作业，因为人工增雨是有效开发利用空中水资源的有效途径，对于缓解区域干旱为题、缓解水资源的供需有重要意义。而低云量作为降水的主要云系，又是开展人工增雨的重要基础。故本文拟采用 1961~2010 年阿勒泰地区近 50a 的月平均低云量的气候气候变化特征进行分析，揭示低云量变化规律，以及与相关气象因子的关系，来提高对低云量的认识、预报和服务，从而提高人工增雨的效率。

2. 资料与方法

选取 1961~2010 年新疆阿勒泰地区阿勒泰市、哈巴河、吉木乃、布尔津、福海、富蕴和青河 7 个国家级基准、基本气象站月平均低云量、温度、日照时数、相对湿度、水汽压、蒸发、平均风速、积雪深度等相关气象要素。气候值取 1961~2010 年的平均。阿勒泰全地区的要素值取 7 个站累加后的平均。

利用线性趋势法、Cubic 函数[19] [20]、经验正交函数分解(EOF) [21] [22]，相关分析等方法。其中线性趋势法、Cubic 函数是定性分析气象要素的变化趋势、转型特征等；EOF 方法的收敛速度很快，研究中常提取前几个特征值较大的特征向量便可充分描述要素场的主要特征；用相关分析法分析多个气象要素场的相关性。

3. 阿勒泰地区低云量的基本统计特征

3.1. 低云量的月分布特征

为了清楚阿勒泰地区月平均低云量分布，本文统计出了全地区及各站低云量 1~12 月的 50a 平均值的分布。如图 1，给出了阿勒泰地区月平均低云量，可以看到该地区全年的月平均云量分布呈单峰型，5~8 月是一年中低云量较多的月份，在 17.7%~21.6%，且 7 月份最多达到波峰，而 1~2 月、12 月是一年中低云量较少的月份，为 1.1%~2.6%，在 1 月、12 月达到波谷，且 1 月是全年低云量最少的月份。从各测站低云量 1~12 月的 50a 平均值分布来看(图略)，各站低云量的月际分布与全地区的趋势是一致的，均呈单峰型，7 月低云量最多，在 17.1%(哈巴河站)~27.3%(吉木乃站)；1 月低云量最少，各站在 0.5(青河站)~1.6%(福海站)。

3.2. 低云量的季节分布特征

对阿勒泰地区的 7 个测站按春(3~5 月)、夏(6~8 月)、秋(9~11 月)、冬(12~2 月)的时段分别统计低云

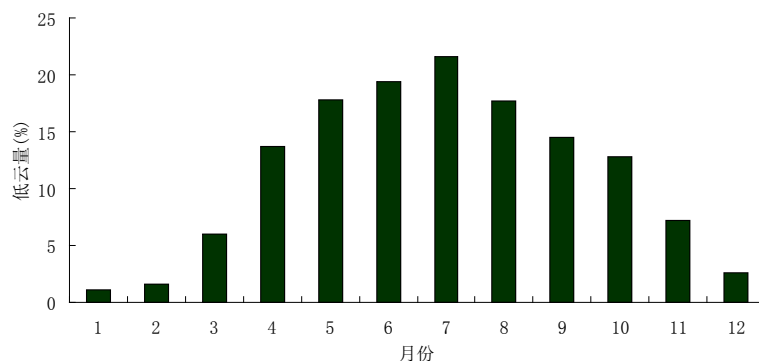


Figure 1. The monthly average low cloud cover in Aletai area

图 1. 阿勒泰地区月平均低云量

量的 50a 平均值, 分析低云量的季度分布状况(表略)。对全地区来说, 低云量最多的是夏季(20%), 其次是春、秋季(12%), 最少的是冬季(4%)。对于各测站而言, 也具有相同的季节分布特征, 各站夏季为 16%~25%, 春季为 10%~16%, 秋季为 8%~14%, 冬季为 1%~8%。

3.3. 低云量的基本空间分布

本文统计出了近 50a 阿勒泰地区低云量的均值为 12.1%, 整个研究时段最大值为 16.1%, 出现于 2009 年; 最小值为 6.3%, 出现于 1974 年。其它各站低云量的均值为 10.0%~17.4%, 其分布见图 2(a), 在福海站有一个舌状大值区, 其分布自西向东呈低-高-低分布, 即低云量呈山麓丘陵向河谷平原增大的趋势, 即哈巴河、阿勒泰市至福海站呈增大趋势, 福海站至富蕴、青河站呈减小的趋势。标准差是衡量气象要素围绕平均值的平均变化幅度, 通过计算, 全区低云量的标准差为 2.5, 即全区低云量的年均变化幅度较小。各站低云量的标准差为 2.3~5.8, 其分布见图 2(b), 可知标准差与平均值的分布有相似之处, 即标准差自西向东亦呈低-高-低分布, 且也有山麓丘陵向河谷平原增大的趋势, 福海站为全区标准差最大区, 富蕴为全区标准差最小区。通过对比分析, 可知福海站同时为平均值、标准差的大值中心, 说明福海站低云量多, 但年变化不稳定; 而东部青河平均值最小, 且低云量标准差最小, 说明青河低云量少, 而且年变化稳定。

4. 低云量的时间变化特征

4.1. 低云量的年际变化

为了研究阿勒泰地区低云量的长期变化, 本文给出了全地区及各站低云量的年际变化图, 可知各站年际变化差别大。由图 3 可知, 全地区 60~70 年代低云量以负距平为主, 仅在 1961、1963、1964 年出现了正距平值, 1974 出现研究时段内的极小值, 80~21 世纪 00 年代低云量增多, 以正距平为主, 仅在 1982、1985、1991、1996、1997 年出现了负距平, 并在 1987、1994 年出现研究时段内的极大值。80 年代中期到 90 年代中期是低云量显著增多的 10a, 此后至 21 世纪 00 年代低云量有些回落, 呈平稳的波动变化。通过对比可知, 阿勒泰市、吉木乃、哈巴河、布尔津、富蕴、青河站的低云量变化趋势基本与全区一致,

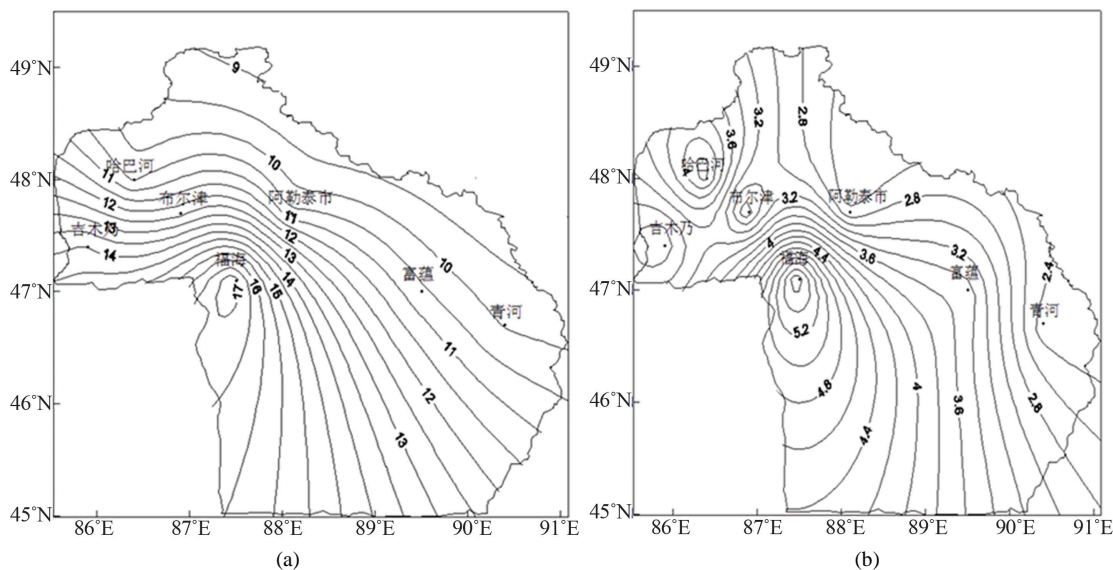


Figure 2. The low cloud amount means (a) and standard deviation (b) in Aletai area

图 2. 阿勒泰地区低云量均值(a)及标准差(b)

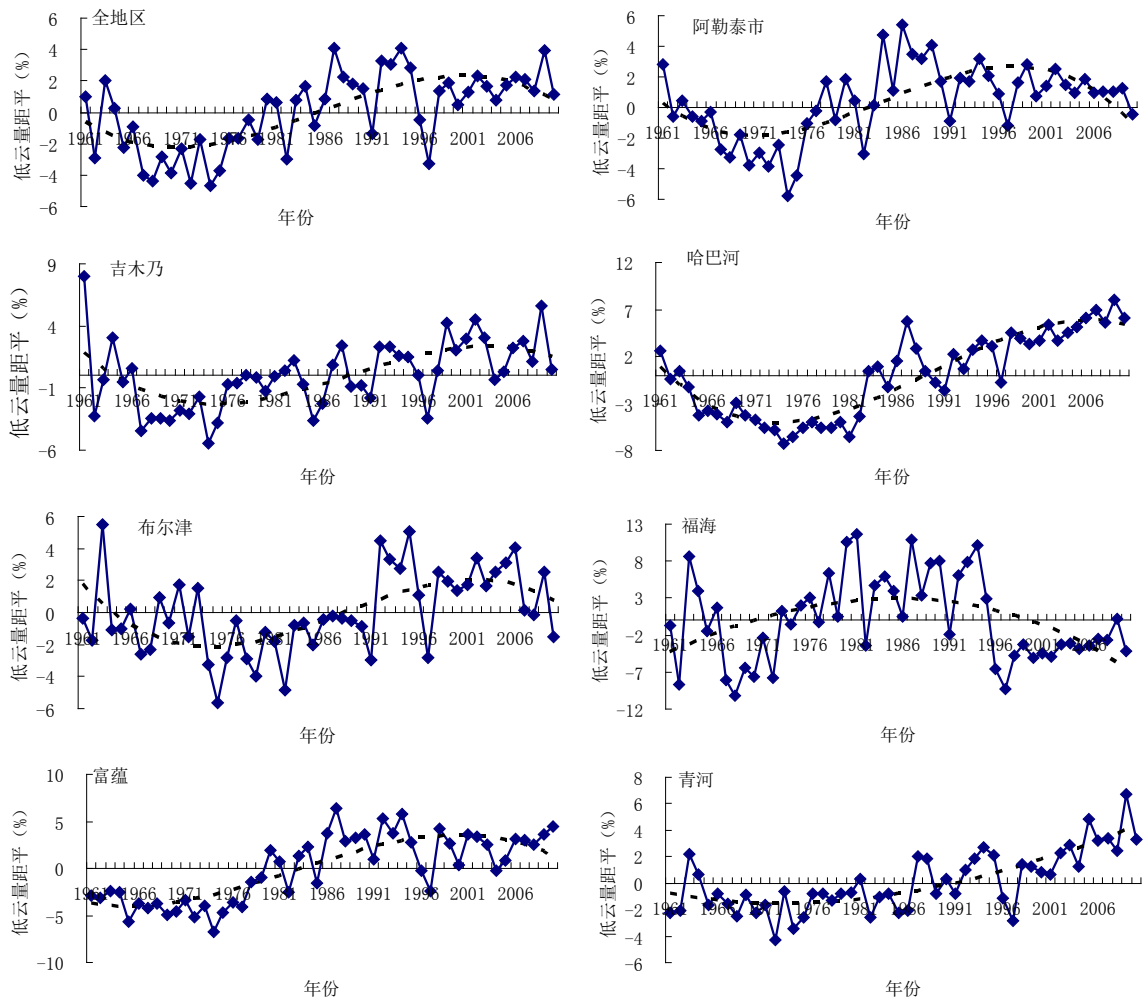


Figure 3. The low cloud amoun annual change of all stations in Aletai area
图 3. 阿勒泰地区各站低云量年变化

这些站历史极大值分布不集中，分别出现于 1986、1961、2009、1963、1987 年，但这些站的历史极小值均出现在 1974 年。福海站的年际变化趋势与全区不一致，60 年代以负距平为主；70 年代初至 90 年代中期以正距平为主；此后至 21 世纪 00 年代呈一致负距平。青河站的年际变化趋势与全区亦不一致，60 年代~80 年代中期以负距平为主；80 年代后期~21 世纪 00 年代以正距平为主。

通过由 Cubic 函数拟合曲线可知，全地区 1961 年为 -0.7%，之后开始减少，到 1971 年达到谷值(-2.3%)，1972~2002 年低云量开始显著增多，并在 1999~2002 年达到峰值(2.3%)，此后呈减少趋势。虽然在 2002 年出现波峰，但此后其变化幅度不是很大。故全地区低云量在 70 年代初出现由少到多的转型。通过对比分析可知，吉木乃、哈巴河、布尔津站与全地区趋势一致，均在 70 年代初发生低云量由少到多的转型。阿勒泰市不但存在 70 年代初发生低云量由少到多的转型，还存在 90 年代后期存在低云量由多到少的转型。福海站 80 年代后期存在低云量由多到少的转型期；富蕴站 60 年代中期存在低云量由少到多的转型期；青河站 80 年代中期存在低云量由少到多的转型期。造成阿勒泰地区转型期的不一致的原因主要有阿勒泰地区地域辽阔，南北和东西跨度大，由于其处于特定的地理位置和特殊的地形下，不同区域的特殊气候差异所造成的。

4.2. 低云量的年代际变化

本文还统计了阿勒泰地区低云量的年代际变化, 见表 1, 阿勒泰全区的低云量 60~70 年代呈小幅下降, 并在 70 年代出现年代际极小值, 此后至 80 年代显著增多, 90 年代、21 世纪 00 年代低云量呈小幅度增多, 并在 00 年代出现年代际极大值。哈巴河、吉木乃、布尔津、富蕴、青河与全区的的变化趋势基本一致, 阿勒泰市、福海变化趋势与全区不一致, 这两站的低云量均在 80 年代达到年代际极大值, 阿勒泰市 60~70 年代低云量呈弱减少, 80 年代呈明显增多, 90 年代呈弱减少趋势, 00 年代无变化; 福海站 60~80 年代低云量显著增多, 90 年代至 21 世纪 00 年代呈显著减少趋势。总的来说, 大部分站均有先小幅度减少再有大幅度增多的趋势, 70 年代是低云量最少的时段, 21 世纪 00 年代是低云量最多的时段。

4.3. 低云量的趋势变化

为了研究阿勒泰地区低云量的长期变化趋势, 本文采用线性趋势法计算出各站的变化趋势, 见表 2, 全地区低云量呈明显的增多趋势, 增多率为 1.08%/10a, 并通过了通过 0.001 的显著水平检验。各站低云量的变化趋势呈不一致, 福海站低云量的变化趋势呈弱的减少趋势, 即减少率为 0.27%/10a, 但该站并没有通过显著性水平检验, 其它站低云量的变化趋势呈明显的增多趋势, 吉木乃、布尔津站增多率分别为 0.82、0.69%/10a, 通过 0.05 的显著水平检验, 哈巴河、富蕴、青河站增多率为 1.09%~2.32%/10a, 通过 0.001 的显著水平检验。

5. 低云量的异常空间分布特征

EOF 分析是气象科学领域常用的时空分析方法, 它既能保留原始数据提供的绝大部分信息, 又能起到降维的作用[22]。运用 EOF 分析方法对阿勒泰地区 1961~2010 年各站低云量的时间序列进行分解, 特征向量的方差贡献率及累积方差贡献率, 见表 3。由表 3 可知, 特征向量的空间分布存在显著的差异, 说明低云量存在显著的地理差异, EOF 分析所得到的特征向量收敛很快, 其中第 1、2 特征向量所占的方差贡献率分别为 59.86%、17.07%, 前两个特征向量占总方差的 76.93%。本文截取其前 2 个空间分量, 就能基本代表阿勒泰地区近 50a 来低云量的空间分布结构, 其余空间分量方差贡献较小, 就不再做

Table 1. The low cloud amount over decadal distribution (%) from 1961 to 2010 in Aletai area

表 1. 阿勒泰地区 1961~2010 年低云量年代际分布(%)

	阿勒泰市	哈巴河	吉木乃	布尔津	福海	富蕴	青河	全区
20 世纪 60 年代	9.0	13.2	7.9	11.9	14.5	6.8	8.9	10.3
20 世纪 70 年代	8.2	12.0	4.5	10.4	18.7	7.4	8.3	9.9
20 世纪 80 年代	12.2	13.6	10.1	11.0	22.7	12.6	9.5	13.1
20 世纪 90 年代	11.3	14.8	12.4	13.9	17.0	12.9	10.6	13.3
21 世纪 00 年代	11.3	16.2	15.7	14.0	14.2	13.3	13.1	14.0

Table 2. The trend change of low cloud amount from 1961 to 2010 in Aletai (%/10a)

表 2. 阿勒泰地区 1961~2010 年低云量趋势变化(%/10a)

	哈巴河	吉木乃	布尔津	福海	阿勒泰市	富蕴	青河	全地区
倾向率	2.32**	0.82*	0.69*	-0.27	0.77**	1.83**	1.09**	1.08**
趋势系数	0.766**	0.430*	0.395*	0.068	0.460**	0.751**	0.693**	0.617**

注: *表示通过 0.05 的显著水平检验, **表示通过 0.001 的显著水平检验。

分析。

某站的载荷值可反映该站的低云量与其对应的主成分序列的相关程度，若载荷值的绝对值愈大，则该站低云量受大尺度气候影响的变化愈敏感；反之亦然。阿勒泰地区低云量的第 1 特征向量场的方差占总体的 59.86%，远大于第 2 特征向量场，说明第 1 特征向量场可以反映该地区低云量的整体空间分布特征，见图 4(a)，全区低云量存在较好的一致性，自北向南递减，高值区位于北部的哈巴河、阿勒泰市、东部的富蕴、青河，这些站的载荷值均大于 0.8，说明这些地方受大尺度气候影响较大，为低云量异常敏感区，低值区位于南部的福海站，该站的载荷值为 0.3，说明该站受大尺度气候影响较小。总的来说，阿勒泰地区尽管地形复杂，气候差异大，但低云量的空间分布具有较好的一致性，即在出现同一天气系统的影响下，全区低云量变化的趋势是一致的。

阿勒泰地区低云量的第 2 载荷向量场，见图 4(b)，此特征向量场实线代表载荷值为正值，虚线代表负值，其自西向东呈负-正-负的反位相分布，即哈巴河、布尔津、青河为载荷负值区，其它站为载荷正值区。高值中心出现在福海站，此分布与阿勒泰地区低云量均值的分布(图 1(a))相似，即第 2 载荷向量场载荷值自山麓丘陵向河谷平原增大，即哈巴河、布尔津至福海站呈增大趋势，福海站至富蕴、青河站呈减小的趋势。

文献[22]-[24]对阿勒泰地区干旱、冬季低温进行 EOF 分析，可发现第一向量场均有较强的一致性，表明各站干旱、低温均受大气候的影响，本文也有一致的结论。第二向量场呈东西反位相性，零线在中部，但低云量的第二向量场空间分布较为复杂，呈负-正-负分布，这体现了云在气候方面的发展、变化是一个相对复杂的过程，受地形、下垫面、太阳活动、大气环流、气溶胶[5] [6] [8]、较多气候因子(气温、

Table 3. The low cloud amount EOF variance analysis of the feature vector and the cumulative variance contribution rate in Aletai area

表 3. 阿勒泰地区低云量 EOF 分析特征向量的方差及累积方差贡献率

序号	1	2	3	4	5	6	7
方差贡献率/%	59.86	17.07	8.11	6.78	5.22	1.75	1.22
累计方差贡献率/%	59.86	76.93	85.04	91.82	97.04	98.78	100.00

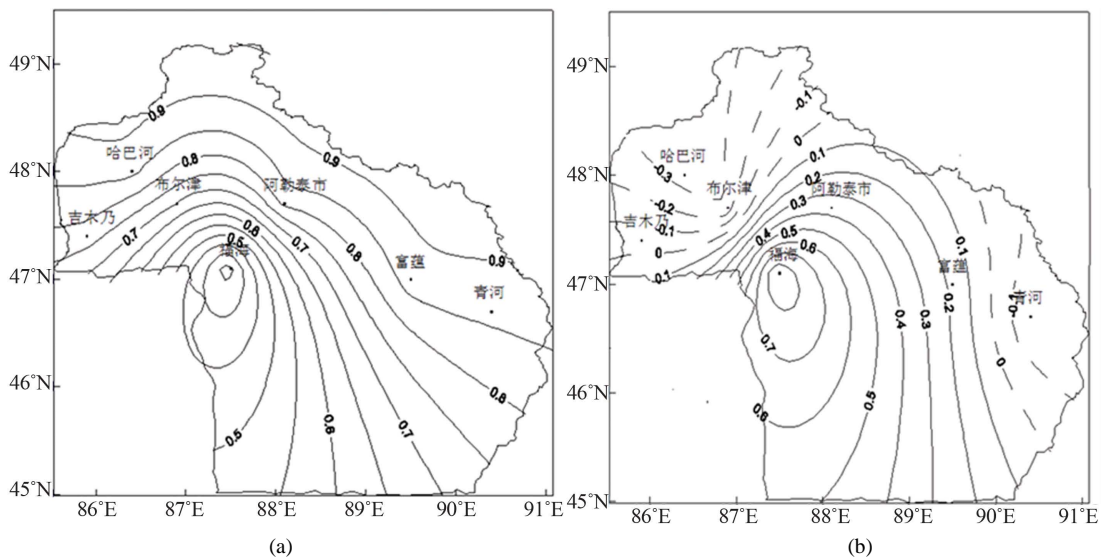


Figure 4. The low cloud amount first load vector field (a) and the 2 load vector field (b) in Aletai area

图 4. 阿勒泰地区低云量第 1 载荷向量场(a)及第 2 载荷向量场(b)

相对湿度、降水等)等较多因素的影响。

6. 低云量与其它气象因子的分析

低云的形成、发展及变化比较复杂,与许多的因子有关,本文为了分析影响阿勒泰地区各站低云量的气象因素,分别计算了降水量、相对湿度、水汽压、蒸发、平均温度、日照、最大风速与低云量的相关系数,见表 4。

6.1. 低云量与水汽因子的关系

云主要是由于水汽凝结或凝华而形成,也是形成降水的必要条件。故本文选取了降水量、相对湿度、水汽压、蒸发等气象因子作为影响低云量的水分因子,并对这些因子做了相关性检验,见表 4,结果表明对该地区低云量影响最大的是降水量,其次是蒸发,而相对湿度、水汽压影响相对较弱。

全区及各站的低云量与降水量存在显著的正相关,表明低云量与降水量存在密切的关系。而相对湿度及水汽压用于度量空气中水汽含量,通过计算该地区低云量与水汽压的相关性,见表 4,可发现两者对低云量的影响较弱,只有部分站通过显著性检验。该结论与文献[5]一致,即干旱区的湿度变化与低云量的相关性较差。

全区及大部分站的蒸发量与低云量呈明显的负相关,见表 4,这是因为该地区低云量的多少会影响到达地面的太阳辐射,云量增加使到达地面太阳辐射总量减少,地面温度降低从而使蒸发量减少。但福海站最为特殊,其低云量与蒸发呈显著的正相关,究其原因,这可能与是由于该站的特殊地形所导致,福海站位于古尔班通古特沙漠的北缘,沙漠白天受热剧烈升温,且境内有“全国十大内陆淡水湖”之一的乌伦古湖,水域面积 1035 平方公里,该湖距离位于福海站西南部,距福海站 20 公里。由于太阳辐射,会加强乌伦古湖上空水汽的垂直交换,促进蒸发,从而产生及加强局地对流,导致该站低云量增多,这在夏季尤为明显。本结论与文献[25]提出的结论一致,即局地对流强弱会影响低云量。

6.2. 低云量与热力因子的关系

热力因子对低云量有两种作用,一种为正效应,即地表和低层大气温度受热力因子的影响升高,有利形成低层暖高层冷的不稳定层结,导致对流活动增多,可促进低云的形成与发展,导致低云量的增多;一种为负反馈,即低层大气温度受热力因子的升高,会加快低层的蒸发率,导致低云量减少。

Table 4. The correlation coefficients of each station of low cloud amount and meteorological factors in Aletai area
表 4. 阿勒泰地区各站低云量与气象因子的相关系数

站名	降水量/mm	相对湿度/%	水汽压/hpa	蒸发/mm	平均温度/℃	日照/h	最大风速/(m/s)
阿勒泰市	0.328*	0.387*	0.253	-0.314*	0.180	-0.440*	-0.291
吉木乃	0.262*	0.274	0.714**	-0.451*	0.295*	-0.553**	-0.521*
哈巴河	0.463**	0.131	0.222	-0.767**	0.354*	0.010	-0.639**
布尔津	0.469**	0.497**	0.608**	-0.171	0.309*	-0.387*	-0.481**
福海	0.282*	0.221	-0.107	0.295*	-0.042	-0.327	-0.534**
富蕴	0.494**	-0.249	0.603	0.072	0.616**	-0.665**	-0.110
青河	0.467**	-0.046	0.082	-0.582**	0.326*	-0.314	-0.221
全区	0.508**	0.330	0.460*	-0.369*	0.433*	-0.637**	-0.238

注: *表示通过 0.05 的显著水平检验, **表示通过 0.001 的显著水平检验。

本文选取了平均温度及日照等气象因子作为影响低云量的热力因子,通过计算可知这两个因子与低云量的相关性较好,见表 4,大部分站低云量与前者呈显著正相关,与后者呈显著负相关。这说明对阿勒泰地区而言,热力因子对低云量的正反馈作用占主导地位。

6.3. 低云量与动力因子的关系

选取平均风速作为影响低云量的动力因子,较强的风速会影响云量的稳定性。通过计算可知大部分站的平均风速与低云量呈显著的负相关,见表 4,表明平均风速对低云量的影响对南部的福海站、西部哈巴河、吉木乃、福海站影响较为显著。

7. 结论与讨论

1) 阿勒泰地区月平均低云量分布呈单峰型,5~8 月是一年中低云量较多的月份,且 7 月份最多达到波峰,而 1~2 月、12 月是一年中低云量较少的月份,1 月是全年低云量最少的月份。低云量的季节分布最多的是夏季,其次是春、秋季,最少的是冬季。

2) 阿勒泰地区近 50a 低云量的均值为 12.1%,整个研究时段最大值为 16.1%,最小值为 6.3%。其它各站低云量的均值为 10.0%~17.4%,其分布自西向东呈低-高-低分布,即低云量呈山麓丘陵向河谷平原增大的趋势。

3) 阿勒泰地区大部分站于 60~70 年代低云量以负距平为主,80~21 世纪 00 年代低云量增多,以正距平为主。80 年代中期到 90 年代中期是低云量显著增多的 10a,此后至 21 世纪 00 年代低云量有些回落,呈平稳的波动变化。

4) 阿勒泰地区大部分站低云量的变化趋势呈明显的增多趋势,倾向率为 0.82%~2.32%/10a,分别通过了 0.05 或 0.001 的显著水平检验。

5) 阿勒泰地区尽管地形复杂,气候差异大,但低云量的空间分布受大尺度气候异常的影响是一致的,第 1 载荷向量场载荷值呈正值分布;其次低云量的空间分布还受明显的地理差异影响,第 2 载荷向量场载荷值分布复杂,呈负-正-负分布,表明云在气候方面的发展、变化是一个相对复杂的过程。

6) 对水汽因子而言,大部分站低云量与降水量、蒸发呈显著正相关;对热力因子而言,大部分站低云量与平均温度呈显著正相关,与日照呈显著负相关;对动力因子而言,大部分站低云量与平均风速呈现显著负相关。即降水、气温、蒸发、日照、平均风速是影响阿勒泰地区低云量长期变化的主要因素,而相对湿度、水汽压的影响较小。

云的形成、发展和变化与诸多因素有关,是一个相对复杂的过程。除了水汽、热力、动力因子对云量有显著影响外,气溶胶都会导致云量的增加或减少。大气气溶胶是云滴的主要凝结核,其大小、数量等影响云的形成与寿命。文献[25]指出气溶胶增加可以导致地面冷却,减弱局地对流和垂直交换,导致高层湿度减少、低层湿度增加,局地对流减弱。但阿勒泰地区缺乏气溶胶资料的观测,此原因还有待进一步证实。此外,低云本身变化复杂,还受地形、下垫面的影响,而阿勒泰地区地形复杂,有高山丘陵、河流湖泊、沙漠戈壁,是气候的敏感和脆弱地带。因此在以后的工作中,还需要对还有太阳周期性活动、大气环流变化、地形及下垫面对低云的形成及研究做较深入的研究。

参考文献 (References)

- [1] IPCC Working Group I (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis.
- [2] 牛晓瑞,王淑瑜 (2012) 华北地区低云量的变化特征及其影响因子分析. *高原气象*, **31**, 1340-1347.
- [3] 徐兴奎 (2012) 中国区域总云量和低云量的分布变化. *气象*, **38**, 90-95.

- [4] 刘洪利, 朱文琴, 宜树华等 (2003) 中国地区云的气候特征分析. *气象学报*, **61**, 466-473.
- [5] 刘引鸽, 王宁练, 武小波等 (2013) 1951-2009 年中国低云量的时空特征及影响因素. *高原气象*, **32**, 1608-1616.
- [6] 王亚敏, 冯起, 李宗省 (2014) 1960-2005 年西北地区低云量的时空变化及成因分析. *地理科学*, **34**, 635-640.
- [7] 赵勇, 崔彩霞, 贾丽红等 (2013) 中国天山区域云量的变化及其与降水的关系. *沙漠与绿洲气象*, **7**, 1-7.
- [8] 牛晓瑞, 王淑瑜, 李杉 (2012) 1961-2005 年新疆夏季低云量长期变化特征及影响因素分析. *气候与环境研究*, **17**, 59-67.
- [9] 庄晓翠, 郭城, 张林梅 (2010) 西北干旱区阿勒泰地区气温日较差的变化特征及 R/S 分析. *干旱区资源与环境*, **24**, 85-92.
- [10] 古丽扎提·哈布肯, 赵景波 (2011) 近 50 年来新疆阿勒泰地区的气候变化. *干旱区研究*, **28**, 268-274.
- [11] 庄晓翠, 田忠锋, 李博渊 (2014) 新疆阿勒泰地区冬季日降雪特性指标变化分析. *干旱区研究*, **31**, 463-471.
- [12] 白松竹, 李焕, 张林梅 (2014) 阿勒泰地区冬季降水变化特征. *沙漠与绿洲气象*, **8**, 17-22.
- [13] 白松竹, 李春芳, 王磊 (2009) 近 45 年 5-9 月阿勒泰地区强降水气候变化趋势与突变特征. *暴雨灾害*, **28**, 84-87.
- [14] 张林梅, 庄晓翠 (2009) 新疆阿勒泰地区汛期降水集中度和集中期的时空变化特征. *中国农业气象*, **30**, 501-508.
- [15] 李春芳, 白松竹 (2008) 1961-2005 年阿勒泰地区 5-9 月分级降水的气候特征. *沙漠与绿洲气象*, **2**, 25.
- [16] 李焕, 白松竹, 王干成 (2014) 阿勒泰地区 1961-2007 年夏季平均最高气温及高温日数变化特征. *沙漠与绿洲气象*, **8**, 56-60.
- [17] 齐贵英, 潘雪梅 (2011) 福海、富蕴高温天气气候特环流对比分析. *沙漠与绿洲气象*, **5**, 51-54.
- [18] 齐贵英 (2013) 阿勒泰地区夏季高温天气概念模型及典型个例分析. *干旱气象*, **31**, 390-395.
- [19] 丁裕国, 江志红 (1998) 气象数据时间序列信号处理. 气象出版社, 北京, 194-201.
- [20] 庄晓翠, 李博渊, 张林梅等 (2013) 新疆阿勒泰地区冬季大到暴雪气候变化特征. *干旱区地理*, **36**, 1013-1022.
- [21] 魏凤英 (1999) 现代气候统计诊断预测技术. 气象出版社, 北京.
- [22] 李海花, 刘大锋 (2013) 新疆阿勒泰地区冬季低温日数气候特征. *干旱气象*, **31**, 505-510.
- [23] 张林梅, 胡磊, 罗斌全等 (2010) 阿勒泰地区 5-9 月极端干期的气候特征. *陕西气象*, **1**, 5.
- [24] 潘冬梅, 潘雪梅 (2012) 基于 K 指数的阿勒泰地区夏季干旱气象特征. *干旱区研究*, **30**, 336-340.
- [25] 杜川利, 余兴, 李星敏等 (2012) 过去 60 年秦岭地区云量变化及原因分析. *高原气象*, **31**, 446-455.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源（Open Access）电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

