

中国西北地区云时空分布特征的初步分析

宜树华 刘洪利 李维亮 刘 煜

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

利用国际卫星云气候计划(ISCCP)获取的1983年7月~1993年12月的月平均云资料,分析了西北地区云的分布特征和季节变化。发现西北地区的云量与地形有很好的一致性:塔里木盆地是云量最少的地区,而且以云层较薄的积云和高云为主;在天山、昆仑山、祁连山一带,存在着云量的极大值区,其中云层较厚、水汽含量较高的层云、雨层云、深对流云占了很大的比例。值得注意的一点是,云的这种时空分布特征具有明显的地域性和稳定性,有利于开展人工增雨工作。

关键词: 西北地区 云 ISCCP

引 言

由于地理因素的影响,深处内陆的西北地区是典型的干旱和半干旱地区,降水稀少,水资源十分短缺^[1,2],严重制约着该地区社会经济建设与生态建设。因而,充分开发水资源,可以缓解西北地区水资源紧张的现状,这对西部大开发是十分重要的。在这方面的一个重要途径就是开展人工增雨作业,增加该地区的降水量,使空中的水资源得到充分的利用,这就要求我们对西北地区的云状况有一个比较系统的了解。然而长期以来,由于地形的复杂和测站的稀疏,以及云量观测方法的局限,关于西北地区云的研究开展得还很不够。目前,虽然有了很多西北地区气温、降水等方面的研究工作^[3~5],也有一些关于青藏高原及附近地区的云量分析^[6](魏丽等,1995),但关于西北地区云的研究工作还很少。西北地区分布着一系列高大的山脉,如天山、昆仑山和祁连山等,在山脉的迎风坡,容易因气流的抬升而成云或使云量增加。国外有研究表明,对地形云进行人工降雨是可行的,也是有效的^[7,8](Bergeron 1959, Ludlan 1955)。因此,我们探索应用卫星云资料来研究该地区云的特征,尤其是云的地

域特点,以期取得一些有意义的成果。

1 资料简介

ISCCP D2 资料:该资料是1983年7月~1993年12月全球业务卫星系统的辐射率测量值,经过云识别,辐射分析和统计计算后生成的 2.5×2.5 分辨率的月平均云气候资料。产品包括云量、云顶气压、云顶温度、光学厚度、水汽含量等130个变量。D2资料中的云是按照云顶气压和光学厚度进行分类的^[9]:云顶气压在680hPa以下的定义为低云;680~440hPa的定义为中云;440hPa以上的定义为高云。这与台站地面观测中以云底高度将云分为高、中、低的方法有所不同。关于资料的准确性方面,Rossow、魏丽等用其它资料与ISCCP资料进行对比^[10,11],表明ISCCP资料的云量与其它云资料符合得很好,同时,这种卫星资料也提供了地面测站所得不到的光学厚度、水汽含量等云物理量,因而对研究云的其它特征有重要的参考价值。

这里我们重点使用了1984年1月~1993年12月,共120个月的资料,分析了我国西北地区云的分布特征和季节变化情况。本文中云量的单位是占天空的百分比。

2 结果分析

2.1 云量

图1是多年平均的总云量和高、中、低三层分布情况。从中可见,在西北地区,总云量的分布形势与地形符合得很好:沿着天山—昆仑山—祁连山一线是云量的高值区(可参照图中3000m地形等高线),云量大约都是在60%~70%之间;沿塔里木盆地—内蒙古西部戈壁沙漠—黄土高原西北部一带是云量的低值区,云量在50%~55%左右。总体看来,高值区比邻近地区的云量高10%左右。高云量的分布也与地形符合得很好,总体上是南高北低,两个高值中心在青藏高原和帕米尔高原上,塔里木盆地和北方地区高云量较小。低云的分布和高云的分布正好相反:北方塔里木盆地低云量较大,南方高原上云量较小。和总云量相比,高云和低云都不具

有沿山脉分布的特征,而中云量的分布和总云量就十分相似,也同样存在着塔里木盆地—内蒙古西部戈壁沙漠—黄土高原西北的低值区和沿着周围高山的高值区。在天山、祁连山,中云量的高值区比周围也大约高10%左右,在昆仑山一带稍小一些,但是差值也在5%以上。需要说明的一点是,由于ISCCP对云高分类的不同,云顶气压在680~440hPa范围内的云被定义为中云,因而在高山地区(一般海拔2000~3000m以上),在680hPa以下的大气层本身很薄,甚至不存在,所以ISCCP中定义的深对流云和中云,特别是中云当中云层比较厚的云,大多属于地面观测到的低层云。这个因素也是造成在高山和青藏高原上低云量很低的原因所在。

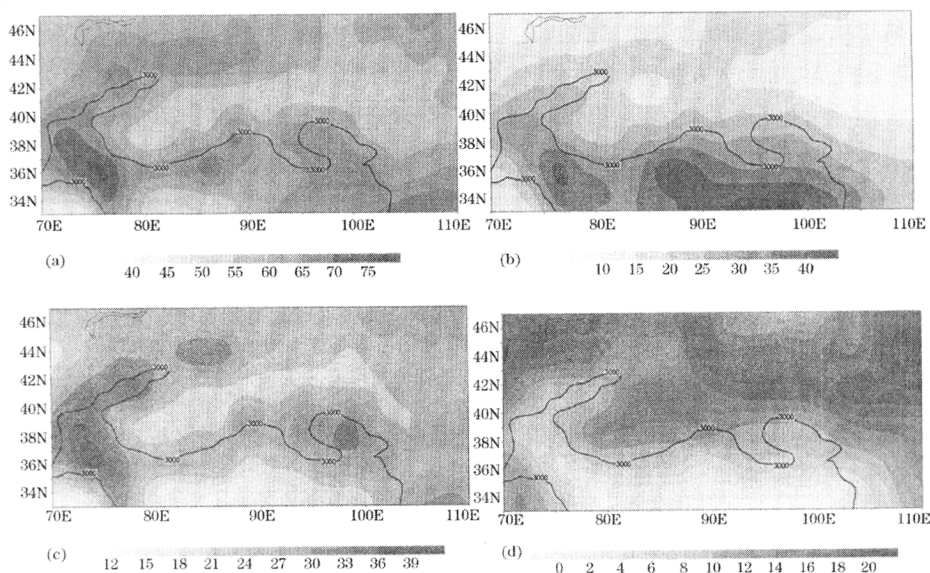


图1 多年平均总云量(a)和红外高(b)、中(c)、低(d)云量

单位: %天空,图中黑线是3000m地形等高线

2.2 云状和水汽含量

云状在一定程度上表现出了云垂直分布的特征,因此,我们结合云的水汽特征进一步分析西北地区云的特点。表1给出了分区的各主要类型云在不同的季节的云量(这里云的分类是ISCCP根据云顶气压和光学厚度

进行的分类,与通常意义的云分类有所不同)。因为高云(Ci和Cs)的云层特别薄,对降水没有什么贡献,我们这里先不讨论,而重点讨论一下西北地区 and 盆地的中、低云的差别。从表中可以看出,在塔里木盆地、内蒙古西部及黄土高原西北一带,云量比较大的是

光学厚度比较小、云层比较薄的积云、高积云,云量大约是 20%~30%,而光学厚度大,云层很厚的层云、雨层云、深对流云则所占比例较小,即使在夏季,也仅仅在 10%左右。相比而言,在天山、昆仑山、祁连山这些山区,云层深厚的三类云的云量比较大,三种云的

总量在春季大约是 15%,夏季大约是 20%。平均比西北地区海拔较低的高原、盆地地区高 10%左右。图 2 给出了多年的年平均和夏季云层深厚的三种云的水平分布,从中可以明显看到三类深厚云层沿高山分布的这种地域特性。

表 1 西北 5 个典型地区不同季节各类云的云量状况(单位:%天空)

类别	天山地区				昆仑山地区				祁连山地区				塔里木盆地				内蒙西部黄土高原 西北地区			
季节	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
卷云、卷层云	33	36	27	23	41	33	28	36	40	39	28	29	29	24	17	24	30	33	22	19
深对流云	4	6	2	1	4	4	2	2	4	7	2	1	2	3	1	1	1	4	1	0
高积云	12	8	12	17	19	16	19	19	18	10	17	20	14	7	10	13	14	9	10	15
高层云	9	10	7	7	9	15	6	5	8	11	7	4	4	7	2	2	3	5	3	2
雨层云	4	3	3	3	2	4	2	1	3	3	2	1	1	2	0	0	1	1	1	0
积云	10	11	9	6	10	12	11	7	8	5	8	7	19	21	18	11	19	13	15	12
层积云	5	3	3	4	4	4	2	2	3	2	2	2	6	7	2	3	2	3	2	2
层云	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中低层厚云	18	19	13	14	16	23	9	8	15	21	11	5	7	11	3	3	4	10	4	3
中低层薄云	27	23	23	23	33	31	32	27	29	17	27	28	38	35	30	26	35	25	26	28

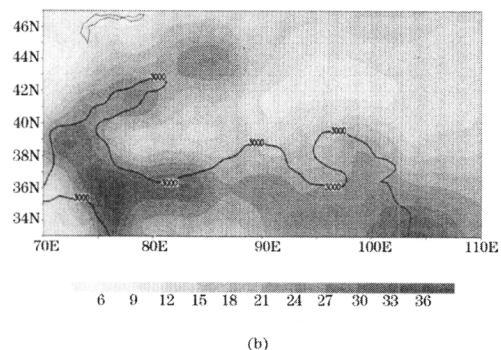
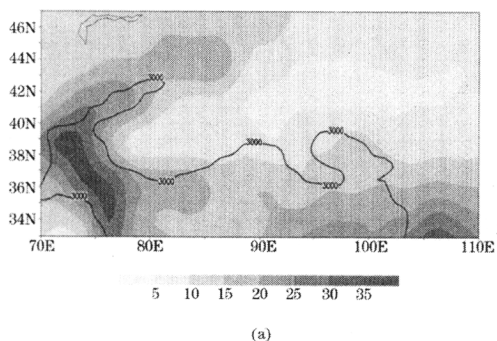


图 2 云层深厚的三类云总量

a 年平均, b 夏季(单位:%天空)

图中黑线为 3000m 地形等高线

水汽含量是反映云中含水量的一个指标,因此云的这个性质对人工增雨是很有意

义的。图 3 中给出了多年平均的水汽含量的分布(a)和云层深厚的三种云合成的水汽含

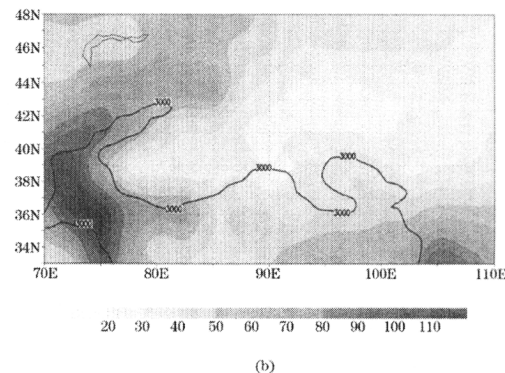
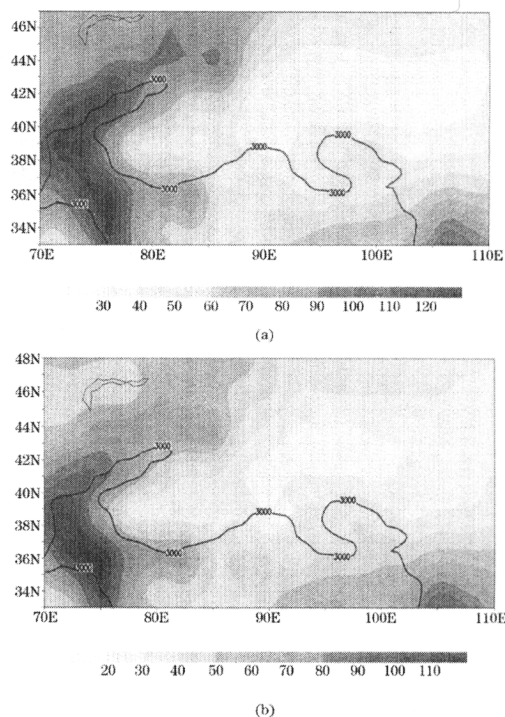


图 3 水汽含量(单位:g·m⁻²)

a 总的多年平均水汽含量,

b 云层深厚的三种云合成的水汽含量

量分布(b)。从图中可以清晰地看到,在三大山区的水汽含量比周围地势较低的高原、盆地地区大得多,在(a)图上,尽管在昆仑山东段不是很大(约 $40 \sim 50 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$),但其它山区一般在 $50 \sim 70 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$,而塔里木盆地、内蒙古西部、黄土高原西北部一带的水汽含量都在 $40 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。对比(a)(b),可以看出,就水汽而言,三类深厚云层的含水量占了总含水量的绝大部分,尤其以山区最为明显:这三类云的多年平均值也在 $50 \sim 60 \text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右,大约占 90%。另外,山区的这个水汽含量在数值上与同纬度的其它地区相比(图略)也是相近的。

2.3 季节变化

我们从总云量的季节分布上看(图4),分布形式在各个季节与平均图都很相似:云量的低值区位于塔里木盆地和内蒙古西部、黄土高原西北一带,而沿着周围高大山脉是

云量的高值区。这说明云量的这种“高值带与高大山脉相对应”的分布形式具有相当好的稳定性,地域性特点十分鲜明。西北典型的5个地区三类云的云量变化(图略),如下:各个地区的季节变化趋势比较一致;云量在夏季6、7、8三个月达到最大,在11、12、1月云量最低。这里也显示出了与总云量相同的特征:三大山区比其它两个地区在云量上大的特点一年四季都存在,尤其是在夏、春两个季节特别明显。我们比较了较大范围的分布情况(图略),发现虽然总体上西北地区的云量比较小,但三大山区这种深厚云层的云量相比于同纬度的其它地区(如华北、东北等地区)而言并不小。这说明,在西北山区深厚云层的含水量也比较大,在这些地区开展人工增雨,缓解西北水资源短缺的状况,具有一定的可行性。

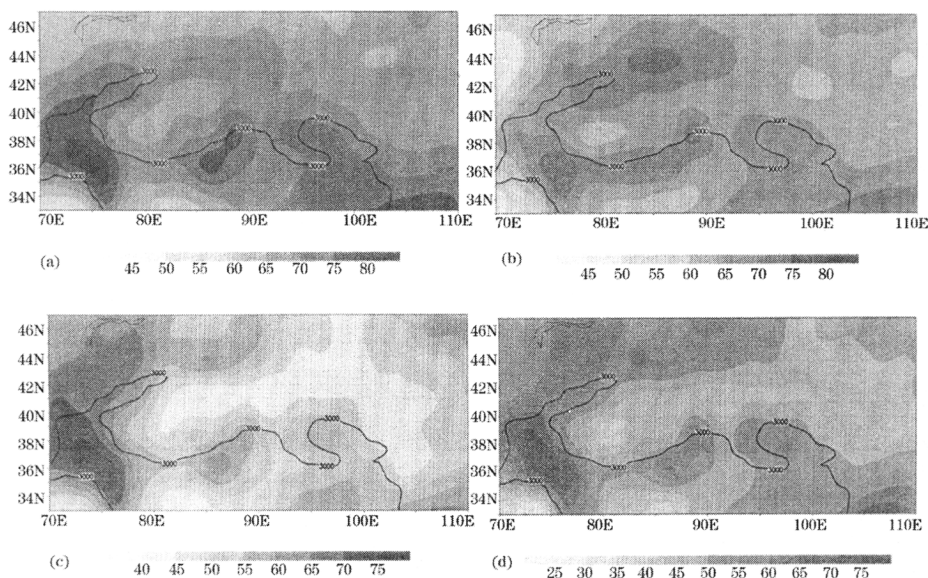


图4 总云量的季节分布

(a)春季 (b)夏季 (c)秋季 (d)冬季

3 结果和讨论

从上面的分析可以看到,在深处内陆的我国西北地区,塔里木盆地、内蒙古西部及黄土高原西北地区,总的云量比较稀少,云层也

很薄,含水量少;但是在天山、昆仑山、祁连山等高大山区,总云量要比周围地区大1成左右,其中主要的贡献又是云层深厚、含水量较高的层云、雨层云和深对流云。这类云的地

域性特别鲜明,与山脉具有很好的相关性,云的位置变动很小,并且这种分布特征在一年四季变化不大,这对人工增雨,增加西北地区的水资源,有重大的启示意义。

由于 ISCCP D2 资料的探测手段与常规观测有所不同,反演出的结果在时间和空间上的分辨率也不能令人十分满意,因此,目前我们还不能很好的研究西北地区云的更详细的特征。我们下一步希望能够结合地面测站云资料和其它气象资料,来综合分析西北地区云的特征及变化情况,以弥补单一资料造成的偏差。

参考文献

- 1 李江凤主编.新疆气候.北京:气象出版社,1991.
- 2 姚 辉.中国西北降水分区及其近代变化分析.干旱区地理,1992,15(4):27~32.
- 3 黄玉霞,李栋梁,黄安祥,罗哲贤.西北地区降水量年际变化的研究.中国西北干旱气候变化与预测研究(第一卷),北京:气象出版社,2000:22~24.
- 4 王宝灵等.中国西北地区月降水量的年际变化及分区研究.中国西北干旱气候研究,北京:气象出版社,1997.
- 5 李栋梁等.我国西北地区冬季平均气温的气候特征.大气科学,1995,19(2):192~199.
- 6 魏丽,钟强.青藏高原云的气候学特征.高原气象,1997,16(1):10~15.
- 7 Bergeron, T. The problem of an artificial control of rainfall on the globe: general effects of ice-nuclei in clouds. Tellus 1959 1:32~50.
- 8 Ludlan, F. H. Artificial snowfall from mountain clouds. Tellus 1955, 7:277~290.
- 9 Rossow, W. B., Robert A. Schiffer ISCCP Cloud Data Products. Bull. Amer. Meteor. Sci., 1991, 72(1):2~20.
- 10 Rossow, W. B., A. W. Walker, and L. C. Garder. Comparison of ISCCP and other cloud amounts. J. Climate, 1993, 6:2394~2418.
- 11 魏丽,钟强,侯萍.中国大陆卫星反演云参数的评估.高原气象,1996, 15(2):147~156.

Spatial and Temporal Distributions of Cloud over Northwest of China

Yi Shuhua Liu Hongli Li Weiliang Liu Yu

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The characteristics of geographical distribution and season change of clouds over Northwest of China are analyzed based on the International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) mean monthly data from July 1983 to December 1993. It is shown that the cloud amount distribution over Northwest of China is coherent with orographic distribution. There is the least cloud amount over the Tarim Basin, where the dominant clouds are relatively thinner in cloud layer, such as cumulus and high level clouds. There are the extremum regions of the cloud amount over the Tianshan Mountains, the Kunlun Mountains, and the Qilian Mountains, where the dominant clouds are relatively thicker in cloud layer, and relatively greater in vapor amount, such as stratus, nimbostratus, and deep convective cloud. What is worth noting is that the spatial and temporal distributions of cloud have distinguished stability and local features, which benefits to the artificial rain enhancement.

Key Words: cloud ISCCP Northwest of China