

利用卫星云图对1979年夏季 青藏高原降水的研究

叶芳德 周允华
周树秀 单福芝

(中国科学院地理研究所)

提 要

利用TIROS-N气象卫星白天可见光云图,统计了1979年5—8月青藏高原上空逐月高亮度云的云量分布。发现 95°E 以西高原地区的降水量 R 和高亮度云出现的频率 P 之间存在着良好的关系,即 $R = AP^{\alpha}$ 。线性化相关系数5月份为0.82,6、7和8月份均在0.98以上。利用气象站和水文站的实测降水资料,再配合 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 网格上由卫星高亮度云推算出来的降水量,得到了高原地区夏季的和逐月的降水量分布图。发现初夏在 $34^{\circ} - 35^{\circ}\text{N}$ 有一条高降水轴线,其南北两侧则是少雨区。

前 言

地表降水是气象和水文的重要要素之一。气象卫星云图为研究地广人稀地区的降水分布提供了一种手段,使我们有可能依据卫星云图上大范围云团的分布来间接推算降水的区域分布。国外不少学者^[1-7]在这一方面作过研究,并取得了一定的结果。

本文利用卫星云图对1979年夏季青藏高原降水问题作了一些初步研究。

一、青藏高原上大面积云团与降水的关系

1. 台站实测云与降水的关系

降水与云的性质密切相关。一般说来,高云降水的概率最小,降水强度也最低;而低云降水的概率则要大得多,降水强度也高的多。就云团的大小而言,云团越大,降水的可能性也越大。我们选用了高原 95°E 以西,喜马拉雅山脊以北,昆仑山脊以南的全部测站,统计了它们每月的日平均低云量 ≥ 5 成的日数,求出它与该月总日数的比例,即频率 P 。结果发现:频率 P 与降水量 R 之间有一定的关系,满足经验关系式 $R = AP^{\alpha}$,式中 A 和 α 为两个经验系数,随月份而变。应该指出我们之所以把地区限于 95°E 以西,这是因为青藏高原东部地区的台站比较密集,利用这些台站实测降水资料已足可获得该片地区降水的时空分布

图, 无需借助于间接推算的方法。而在 95°E 以西的地区, 台站稀疏, 尤其是羌塘高原地区, 几乎无气象和水文测站的资料可供使用。但这里的有利条件是地形不如东部复杂, 所以降水和云团之间也可能存在统一的关系。至于把地点选择在昆仑山脊以南和喜马拉雅山脊以北, 则是为了避免迎风坡复杂地形影响的缘故。

高原西部测站上空日平均低云量 ≥ 5 成的频率 P 和降水量 R 之间的上述关系给我们一个启示: 地面测站所能观测到的云团范围毕竟是比较小的, 若是采用卫星云图照片, 统计大面积云团出现的频率, 可以预期它与降水量的关系可能会更好一些。

2. 台站实测云与卫星云的关系

在卫星云图中, 可见光云图实质上反映的是云的反射率, 云层越厚, 云内含水量越大, 则云团的亮度也越大, 这些云的降水概率和降水强度相应地也大些, 因此我们在可见光云图上只判读了这部分比较明亮的云团, 即高亮度云的云量, 以期能较好的推算出降水量。

可见光云图是在中午前后接收的, 而且每天只有一次, 显然中午一次的可见光云量并不能代表实测的日平均云量, 但两者之间是否有较好的关系呢? 为此, 我们点绘了5—8月逐月的和四个月平均的 ≥ 5 成的卫星高亮度云的频率与地面台站实测日平均 ≥ 5 成的低云量频率相关图, 发现两者之间确实存在着较好的线性关系。由此可见, 利用白天一次的卫星云图资料, 是可以获得降水信息的。

3. 卫星云图上大面积高亮度云团出现的频率与降水的关系

首先, 我们利用了1979年5—8月TIROS-N卫星一日一次的可见光云图照片, 在我们选择的范围内按 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 的经纬网格统计了每个网格内高亮度云的云量 ≥ 5 成的出现频率,

表1 经验系数 A 、 α 和线性化的相关系数 γ

月 份	A	α	γ
5	3.8	3.7	0.82
6	8.2	2.4	0.98
7	15.2	2.2	0.99
8	8.7	3.1	0.99
5—8	11.3	2.7	0.99

从而绘制了这片地区整个夏季的和逐月的频率分布图(见图1—5)。然后, 在这片地区取用了我们所可能收集到的35个站点(包括25个地面气象站和10个水文站), 分析了这些站点的降水量与频率的关系。结果表明: 5—8月逐月的和四个月平均的日降水量 R (单位: 毫米/日)与频率 P 之间具有良好的关系, 也满足经验方程: $R = AP^{\alpha}$ 。式

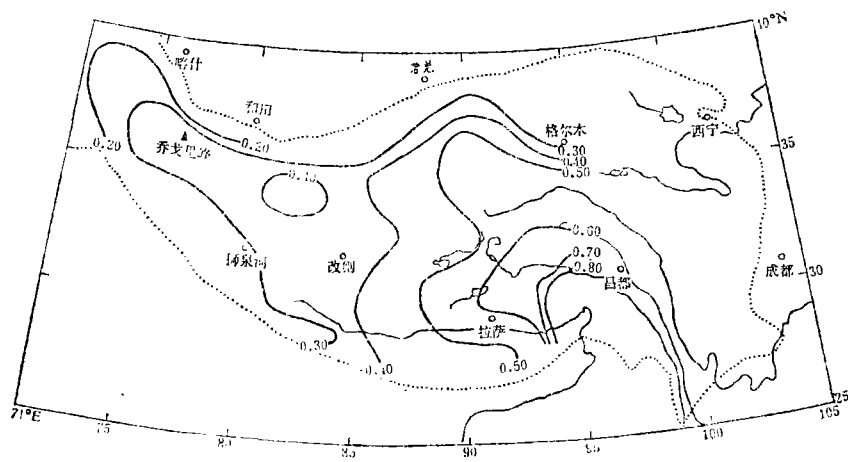


图1 1979年夏季(5—8月)青藏高原中、西部 ≥ 5 成的卫星高亮度云频率分布

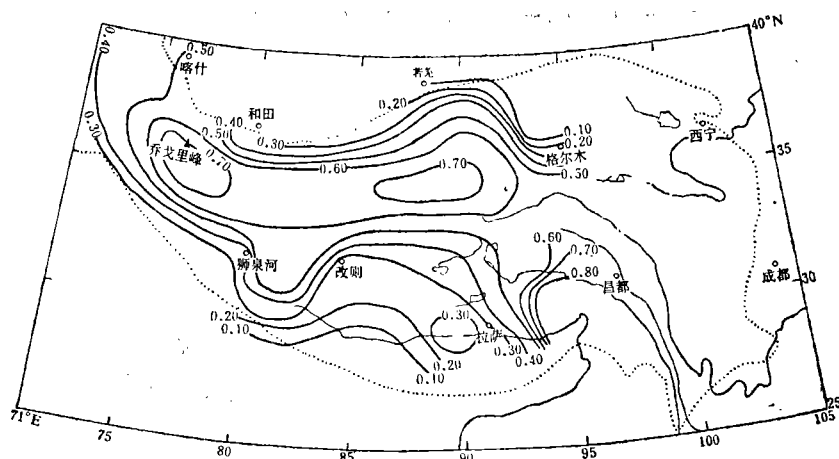


图2 1979年5月青藏高原中、西部 ≥ 5 成的卫星高亮度云频率分布

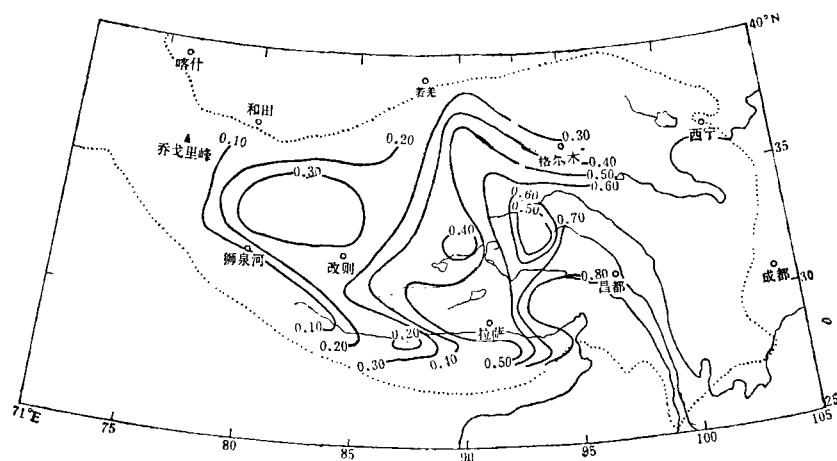


图3 1979年6月青藏高原中、西部 ≥ 5 成的卫星高亮度云频率分布

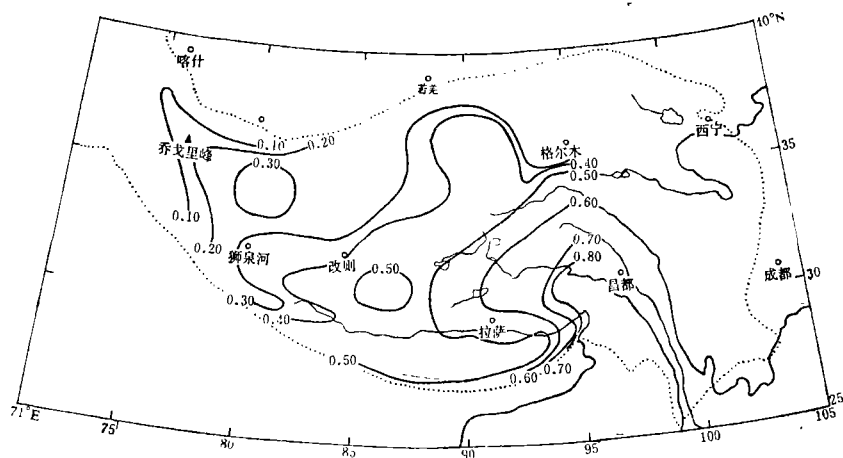


图4 1979年7月青藏高原中、西部 ≥ 5 成的卫星高亮度云频率分布

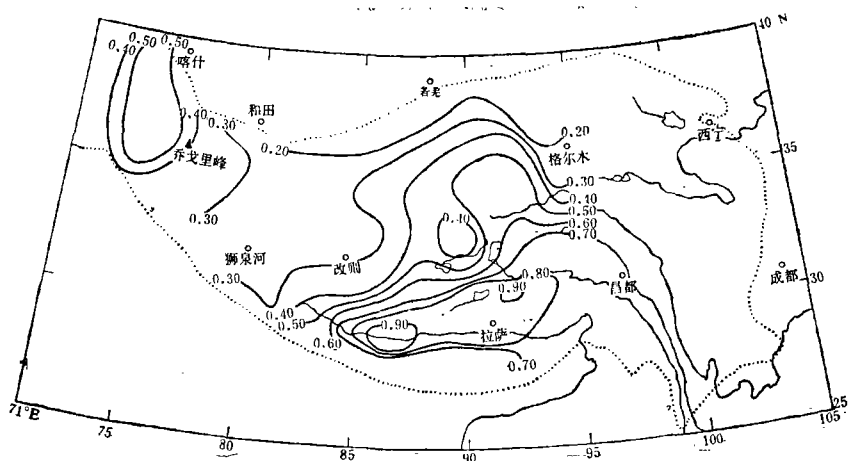


图5 1979年8月青藏高原中、西部 ≥ 5 成的卫星高亮度云频率分布

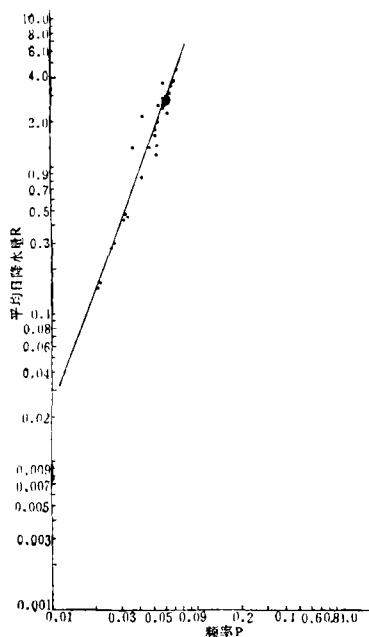


图6 1979年夏季(5—8月)青藏高原中、西部地区平均日降水量R和 ≥ 5 成的高亮度云出现频率P的相关

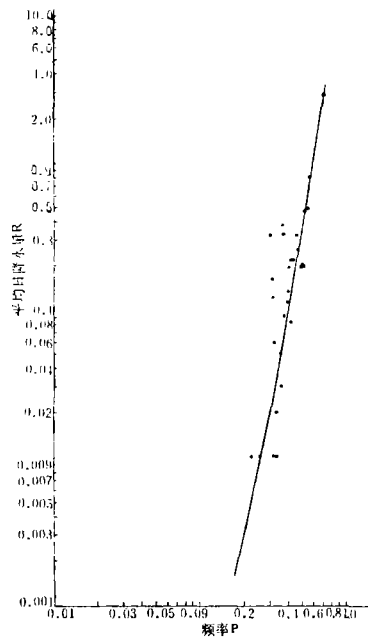


图7 1979年5月青藏高原中、西部地区平均日降水量R和 ≥ 5 成的高亮度云出现频率P的相关

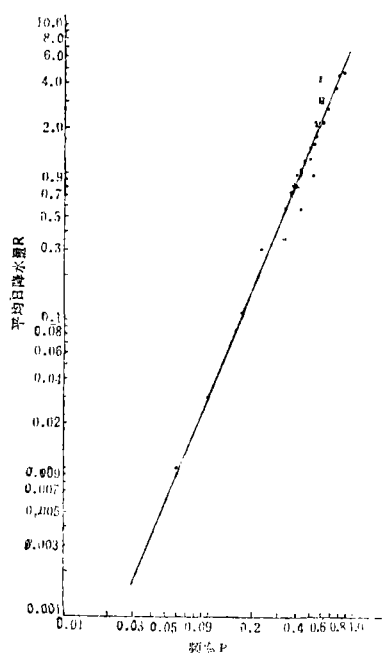


图8 1979年6月青藏高原中、西部地区平均日降水量 R 和 ≥ 5 成的高亮度云出现频率 P 的相关

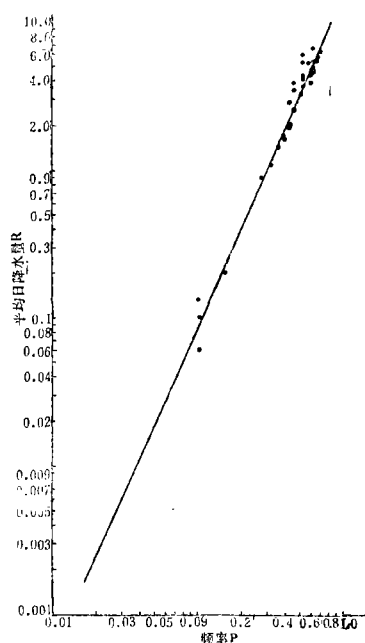


图9 1979年7月青藏高原中、西部地区平均日降水量 R 和 ≥ 5 成的高亮度云出现频率 P 的相关

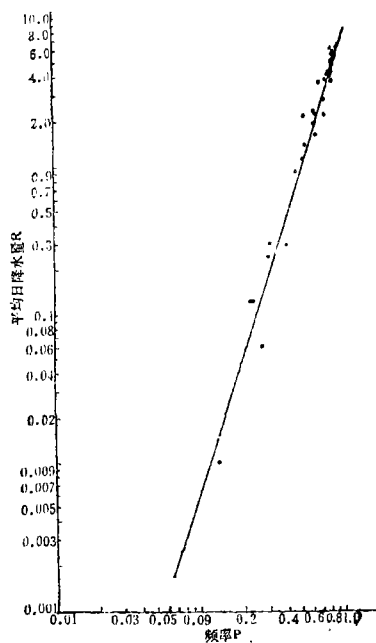


图10 1979年8月青藏高原中、西部地区平均日降水量 R 和 ≥ 5 成的高亮度云出现频率 P 的相关

中 A 和 α 为经验系数,其取值和线性化后的相关系数 γ 列于表1。相关图示于图6—10。

这里为简单起见,对同时期内各地区的经验系数 A 及 α 都取为相同的值。与实测站的降

水量比较,除在高原西北部地区根据经验方程拟合的5月及5—8月总降水量偏高较大外,其余地区的拟合值还是令人满意的。

二、夏季青藏高原地区的降水分布

为了得到整个青藏高原及其邻近地区的完整的降水分布图,在 71° — 105° E, 24° — 40° N区域范围内取用了129个气象站和36个水文站实测的降水量作为绘制降水分布图的基础资料,

在 95° E以西的高原上再补上以 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 网格点根据卫星云图资料推算出来的降水量作为参考值,从而得到了青藏高原地区5—8月总的和逐月的降水量分布图。

表2 1979年夏季青藏高原降水情况

站名	年降水量 (毫米)	5—8月 总降水量 (毫米)	5—8月 占全年降 水的百分 数(%)	年降水 百分距 平(%)	5—8 月降水 百分距 平(%)
察隅	801.4	364.6	45.5	-0.9	-5.8
林芝	747.9	438.5	58.6	17.9	-0.7
昌都	463.0	292.6	63.2	-2.2	-15.5
拉萨	461.9	348.4	75.4	4.1	-6.4
帕里	356.7	244.0	68.4	-13.5	-11.3
日喀则	377.4	319.5	84.7	-13.0	-12.1
那曲	363.7	273.3	75.1	-9.1	-21.1
聂拉木	509.6	218.7	42.9	-19.9	-20.5
格尔木	44.7	34.6	77.4	16.7	29.1
班戈	250.2	214.3	85.7	-16.9	-7.9
五道梁	209.0	165.6	79.2	-22.6	-21.1
狮泉河	53.2	36.5	68.6	-12.1	-21.2
塔什库尔干	75.7	52.4	69.2	5.2	7.4

1. 夏季总降水量的分布特征

青藏高原的降水受西南季风的强烈影响,旱季和雨季区分明显,在旱、雨季的交替季节降水量有突升猛降的特点。表2给出了1979年高原气象科学试验期间(5—8月)高原部分台站的降水量。从表2可以看到:5—8月四个月大部分台站的降水占全年降水的60—80%(见表2第4纵行),1979年夏季是西南季风活动较弱的一年,这一年高原大部分地区年降水百分距平为负值(见表2第5纵行),其中5—8月四个月的

降水量和同期的多年平均降水量相比,要少5—20%(见表2最后一纵行)。

从5—8月总降水量的分布图(图11)可以看出:夏季高原降水的中心在雅鲁藏布江大拐弯的北侧(以嘉黎为中心);四个月的总降水量在500毫米以上。这片地区地处东西走向的喜马拉雅山脉和东南-西北走向的横断山脉的交界处,夏季西南季风从孟加拉湾经印度平

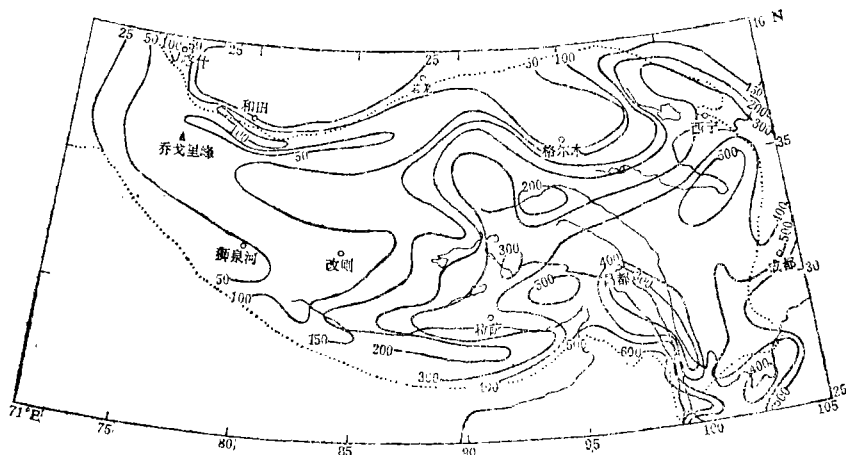


图11 1979年夏季(5—8月)青藏高原地区总降水量分布(单位:毫米)

原进入本区后气流爬坡抬升,并产生气旋性弯曲,形成季风辐合区。由这里开始,分成两支雨量的轴线,一支沿雅鲁藏布江以北向西一直延伸到上游的仲巴一带,另一支从三江流域的上游沿西北偏北的方向一直延伸到茫崖附近。在雅鲁藏布江以南与喜马拉雅山北侧之间以及横断山脉以东的狭长地带,则由于过山气流的下沉作用,大气层结比较稳定,云量偏少,形成相对干旱的“雨影区”;而在喜马拉雅山的南坡和昆仑山脉的北坡,则由于气流爬坡抬升形成了狭长的多降水带。此外在高原东部的班玛、阿坝地区有一个高降水中心,降水量在500毫米以上,由此往东北沿着祁连山脉形成一条多降水轴。高原北侧的塔里木和柴达木盆地是降水最少的干旱地区,四个月总降水量一般小于25毫米。

引人注目的是在高原 90°E 以西地区,在 $34^{\circ}\text{--}35^{\circ}\text{N}$ 附近有一条自东向西延伸的多降水轴线,四个月总降水量大于100毫米,下面将要指出这条多降水带主要出现在5、6月份。值得注意的是:这条多降水轴线与我们利用TIROS-N红外云图得到的夏季高原云量日变化高值轴的位置是完全一致的^[8]。N. 弗朗恩(1976年)^[9]在对高原夏季地面风对比研究后曾指出:“白天高原上在大规模南北气流辐合上升之处将有一条辐合线”。他所定出的这条辐合线(原文图5)位置和这条多降水轴线的位置基本一致。李玉兰^[10]曾根据1971—1976年的卫星云图指出:春季高原上多横向云带,云带横贯整个高原,云系东西边界有时与高原边界一致。产生这种横向云带的一种环流背景是:高原北侧为西北气流,南侧为西南气流,这两支气流在 35°N 汇合,从而产生了这里的横向云系。较强的云带常常伴有降水天气。

2. 夏季逐月降水量的变化

夏季逐月降水量的分布示于图12—15,这里只着重分析 95°E 以西高原地区各月的降水形势。

5月份,在青藏高原上还是旱季,藏东南雅鲁藏布江大拐弯的北侧,即在嘉黎、易贡和波密一带为降水中心,月降水量大于50毫米,藏南广大地区极为干旱,除帕里、江孜一带外,月降水量小于5毫米。本月降水的一大特点是: 95°E 以西,沿 35°N 特别明显地有一条多降水轴线,它沿西北方向一直延伸到高原的西北边缘,其最大月降水量超过25毫米。

6月份,高原东南部降水中心雨量增至100毫米以上,在雅鲁藏布江北面和由安多起向西北延伸的两支多降水轴线已经形成。 $34^{\circ}\text{--}35^{\circ}\text{N}$ 的多降水轴线仍然存在,但向东退缩,且

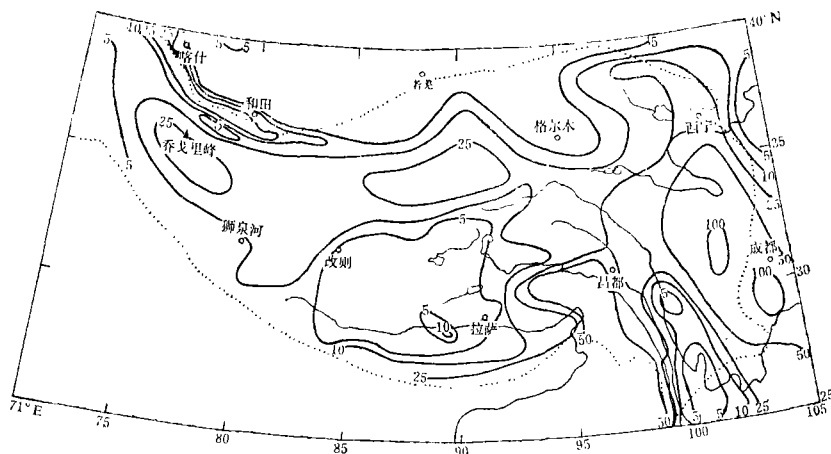


图12 1979年5月青藏高原地区降水量分布(单位:毫米)

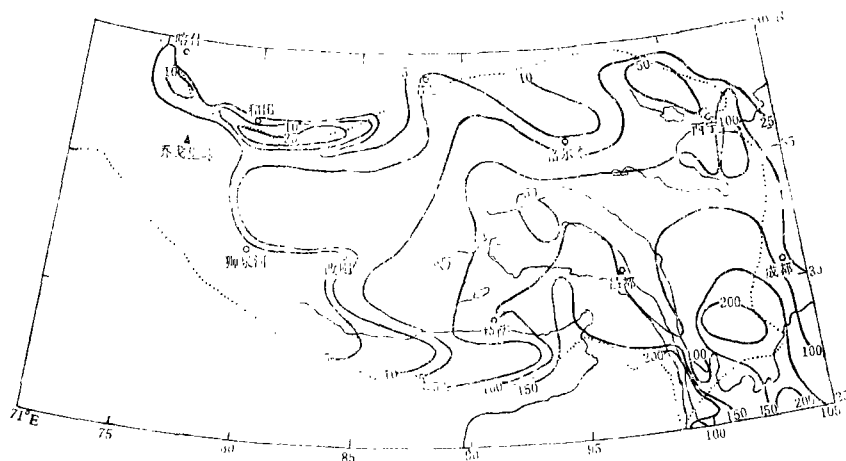


图13 1979年6月青藏高原地区降水量分布(单位:毫米)

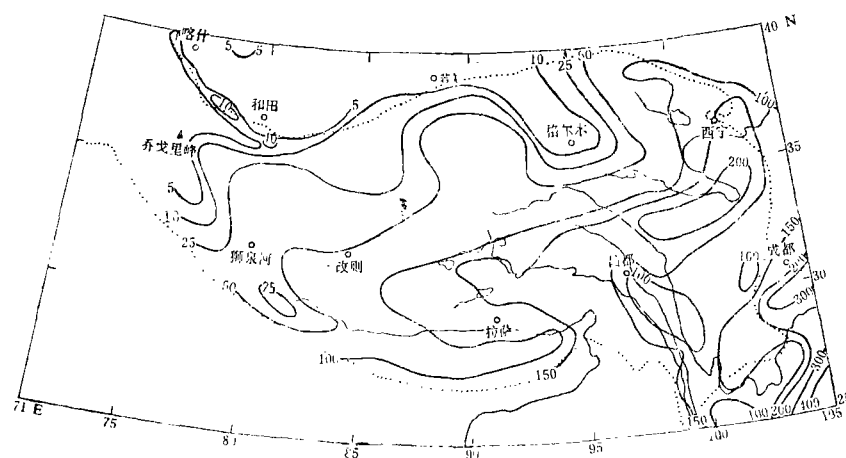


图14 1979年7月青藏高原地区降水量分布(单位:毫米)

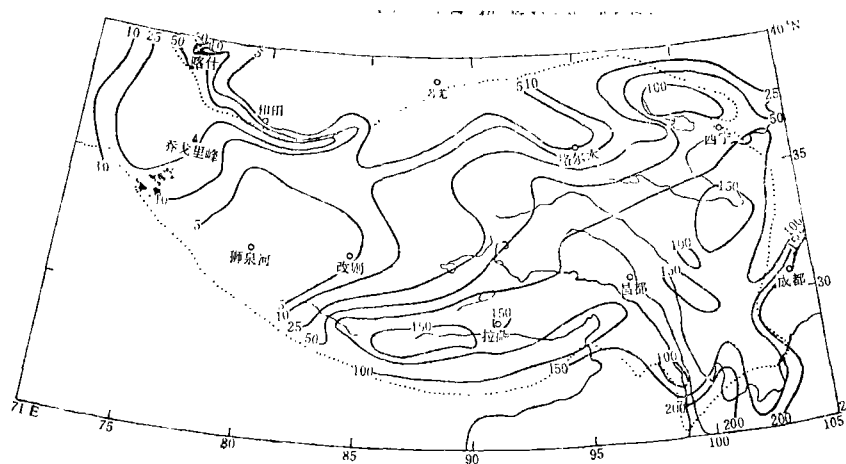


图15 1979年8月青藏高原地区降水量分布(单位:毫米)

月降水量也减到25毫米以下,这条多降水轴线的南、北两侧和西部降水极少(小于5毫米)。

7月份,西南季风活跃,藏东南降水增至150毫米以上,藏南地区降水也明显增加,一般达到50毫米以上。本月 34° — 35° N附近的多降水轴线完全消失,而在雅鲁藏布江北面的多降水轴线则显著加强,开始由东向西,接着向西北方向横贯整个高原,一直延伸到乔戈里峰附近。但高原西北部降水更少,在5毫米以下。

8月份,随着西南季风的减弱,整个高原降水减少。在大拐弯处的降水减少很多,但沿着雅鲁藏布江河谷两岸在定日、日喀则和奴各沙一带形成多降水中心,月降水量达150毫米以上,且这条轴线向东退缩到 84° E附近。而在 34° — 35° N,多降水轴线又开始形成,只是范围较小而已。在高原的西南部是一个小降水区(小于5毫米)。而在高原的西北部则是一个多降水中心。

结 语

本文利用气象卫星云图作了研究高原降水的初步尝试,结果表明这条途径是可行的。

卫星云图揭示了初夏在高原的横轴方向(34° — 35° N)有一条多降水轴线。高原夏季降水分布的这一特点以往没有被人注意过,我们通过卫星云图,第一次比较细致地了解到夏季青藏高原西部特别是羌塘高原地区的降水分布形势。

由于高原的年降水量大部分集中在夏季,因此本文给出的1979年夏季高原降水的分布图也应该能在一定程度上反映该年高原年降水量分布的大致轮廓。这为进一步研究这里的天气、气候以及对流活动、水汽输送、地表辐射平衡、热量平衡和大气潜热释放等一系列重要问题提供了重要依据。

参 考 文 献

- [1] Barrett, E.G., 1970, The estimation of monthly rainfall from Satellite data, Mon. Wea. Rev., V.98, 322—327.
- [2] Martin, D.W., et al, 1973, Review of Satellite rainfall estimation methods, Bull. Amer. Meteor. Soc., V.54, N.7, 661—674.
- [3] Fallansbee, W., 1973, Estimation of average daily rainfall from Satellite cloud Photographs. NOAA Tech. Atmo. Ness44, National Environmental Satellite Service NOAA, Washington, D.C., 39PP.
- [4] Davis, P.A., et al, 1973, Application of Satellite Imagery to estimates of Precipitation Over northwestern Montana, Technical and Semiannual Rept. No.1, 1 July 1972—31 January 1973, Stanford Research Institute, Meulo Park, Calif., 39PP.
- [5] Davis, P. A., et al, 1971, Estimation of Precipitation over Flathead drainagen basin using meteorological Satellite Photographs. Final Rept. Contract 14—06—D—7047, Stanford Research Institute, Meulo Park, Calif., 60PP.

- [6] Sadler, J.C., et al, 1976, Pacific ocean cloudiness from Satellite observation, Prepared for National Science Foundation as Part of the North Pacific Experiment under Grant, No. Gx42007.
- [7] B.J. Kilonsky, et al, 1976, A Technique for estimating tropical Open-Ocean rainfall from Satellite observations, J. Appl. Meteor., V.15, N. 9, 972—975.
- [8] 周允华、叶芳德、周树秀、单福芝, 利用 TIROS-N 卫星云图对1979年夏季青藏高原云量分布的研究, 高原气象, 第2卷, 第1期, 1983年。
- [9] H. 弗洛恩, 对西藏高原气象学的某些贡献, 高由禧译, 《国外气象参考资料》, 第一辑, 1976年。
- [10] 李玉兰, 从卫星云图上看到的春季高原上两类云系, 大气科学, 第1期, 1977年。

STUDIES OF THE QING ZANG PLATEAU SUMMER PRECIPITATION BY THE USE OF SATELLITE CLOUD PICTURE

Ye Fangde Zhou Yunhua

Zhou Shuxiu Shan Fuzhi

(*Institute of Geography, Academia Sinica*)

Abstract

By use of the daytime visible cloud picture from TIROS-N meteorological satellite, statistics on the cloudiness distribution of high light clouds over the Qing Zang plateau month by month from May to August of 1979 has been made. It is found that there exists a good relationship between precipitation R and appearing frequency of high light clouds P over the Qing Zang plateau region to the west of 95°E . This relation is expressed as $R = AP^{\alpha}$. The linear correlation coefficients are 0.82 for May and greater than 0.98 for June, July, and August. In addition, by making use of the measuring precipitation data from meteorological and hydrographical stations and also by coordinating with the calculated precipitation from the high light clouds observed from the satellite on $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ grid, the month by month summer precipitation distribution chart over the plateau is then obtained. From it we also find that in early summer, there is a high precipitation axial line and on its north and south sides there are less precipitation zones.