



吴鹤轩

青藏高原的低云

气象出版社

青藏高原的低云

吴鹤轩 著

气象出版社

内 容 简 介

本书根据多年来青藏高原上气象站的测云资料以及所拍摄的典型云态照片，结合实地考察所见，对青藏高原的低云的形成、分布、年日变化特点等作了分析。本书通俗易懂、资料丰富，可供高原地区广大气象台站的工作人员、气象科研工作者以及教学、航空等有关人员参考。

青 藏 高 原 的 低 云

吴鹤轩 著

责任编辑 杨长新 霍总会

* * *

气 象 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北京印刷一厂印刷 新华书店北京发行所发行

* * *

开本：787×1092 1/32 印张：3 字数：64 千字

1985年5月第一版 1985年5月第一次印刷

印数：1100 统一书号：13194·0235

定价：0.72 元

前 言

挺立在西风带里的青藏高原是举世无双的。海拔平均四千米以上，面积二百多万平方公里的高大实体，它如同低空西风激流里的一个“中流砥柱”，承受着激流的冲击，并迫使它分支绕流。青藏高原本身的动力、热力作用及其产生的“青藏天气系统”，使大气环流中的各种天气系统变得更加复杂。

特殊庞大的高原，对应大气运动的相互作用，必然形成特殊的青藏高原地区的天气气候特点。

1960年出版的《西藏高原气象学》一书，首次对西藏高原的气候进行了比较全面的论述，揭示和推论了部份事实与规律，但当时能用的资料少，时间长度过短，难以作深入的研究。

近二十年来，随着高原的开发和建设，站点资料增多，气象科研工作加强，又有不少专题研究成果和难得的现场考察报告。其中有的著作对揭露和证实青藏高原天气气候事实作出了贡献。但有关青藏高原云与天气气候的研究，至今仍然很少。

本书依据1961—1970年93个测站云的资料和218个测站的云量资料，以及1975—1976年拍摄的高原部分地区比较典型的云态照片，并结合考察所见，对青藏高原的低云（尤其是积雨云）作了初步的分析。可供高原天气分析、云的观测、理论研究、教学、航空等有关同志参考，希望能对某些科研或有关工作有所补益。

写作过程中，曾与戴加洗同志进行了讨论，么枕生教授、

郭恩铭同志对初稿提出了修改意见，宛正颐、王文玉、单静武，薛仁德等同志帮助统计部分有关资料，钟大庆同志惠借珍贵云图照片，金林森同志提供了雷达测云资料，在此一并表示衷心的感谢。

作 者

一九八〇年十二月

目 录

前言

| | |
|----------------------|-------|
| 第一章 云量分布的季节差异 | (1) |
| 一、500 毫巴等压面湿度的季节分布 | (1) |
| 二、云量的地理分布 | (3) |
| 三、云量的时间变化 | (9) |
| 第二章 云态所显示的高原天气气候特色 | (13) |
| 一、积雨云的特色 | (13) |
| 二、浓积云的特色 | (20) |
| 三、层积云的特色 | (24) |
| 四、其它云的特色 | (28) |
| 第三章 各类低云出现频率的分布与大气环流 | (32) |
| 一、层状云的分布与大气环流 | (32) |
| 二、各类低云的频率分布型式 | (34) |
| 第四章 青藏积雨云 | (38) |
| 一、“青藏Cb”的地理分布与大气环流 | (38) |
| 二、“青藏Cb”的年、日变化特点 | (42) |
| 三、西宁地区Cb的雷达观测分析 | (48) |
| 四、“青藏Cb”云底高度分析 | (53) |
| 五、“青藏Cb”与阵性降水和雷暴的关系 | (54) |
| 第五章 淡积云 | (59) |
| 一、淡积云的地理分布和年变化 | (59) |
| 二、淡积云的日变化 | (60) |
| 三、淡积云的云高 | (62) |
| 第六章 碎雨云 | (63) |

| | |
|---------------------------------|-------------|
| 一、碎雨云的地理分布 | (63) |
| 二、碎雨云的年变化 | (64) |
| 三、碎雨云的云高 | (66) |
| 第七章 层积云 | (68) |
| 一、层积云的地理分布 | (68) |
| 二、层积云的年、日变化 | (69) |
| 三、层积云的云高 | (72) |
| 第八章 层云 | (74) |
| 一、层云的地理分布 | (75) |
| 二、层云的年、日变化 | (76) |
| 三、层云的云高 | (79) |
| 附录一 青藏高原及对比地区各类云高综合比较 | (81) |
| 附录二 青藏高原及对比地区高云实测云高 | (82) |
| 附录三 青藏高原及对比地区中云突测云高及平均云高 | (84) |
| 参考文献 | (87) |

第一章 云量分布的季节差异

一、500毫巴等压面湿度的季节分布

云，主要是由水汽凝结或凝华而成的。所以，某个区域云量的多少，与湿度有密切的关系。

讨论青藏高原上云量的地理分布，首先要了解高原上的湿度情况。图 1 a, b^[1]是1961—1970年青藏高原上一月（冬季）与七月（夏季）500毫巴等压面平均温度露点差。500毫巴等压面在高原上距地面约1000米，这正是低空热对流或扰动比较活跃的高度层，也是积状云常见的凝结高度。

从图上可以清楚地看出，由于冬、夏大气环流的差异，青藏高原低空的湿度分布也截然不同。

一月，高原东北部是一个 10°C 的相对湿区，藏南是 16°C 的干区。整个低空呈北湿南干的分布，南北只差 6°C ，仍属干燥气候类型。

七月，干湿分布与冬季相反，为南湿北干。湿中心位于印度半岛和孟加拉湾上空， $T - T_d$ 小于 2°C 的强湿中心向青藏高原扩展，直至高原北界。盛夏期间，它比同纬度以东地区还相对湿一些，500毫巴等压面上， $T - T_d$ 约偏低 4°C 。

此外，夏季我国西南地区经常维持一个高湿区，受高湿区的影响，高原东南部也是个湿区。在850—500毫巴等压面的平均 $T - T_d$ 图上，这个湿区是稳定存在的，只是湿中心位置在850毫巴高度上偏南，在500毫巴高度上偏北，范围紧缩而已。湿区厚度相当可观，可达4公里。

总之，青藏高原夏季形成云的水汽，主要来自孟加拉湾

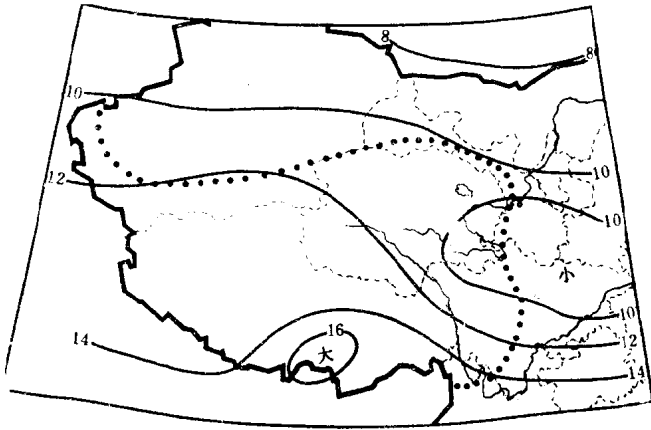


图 1a 一月500毫巴等压面平均温度露点差
(图中：点线为高原轮廓—下同)

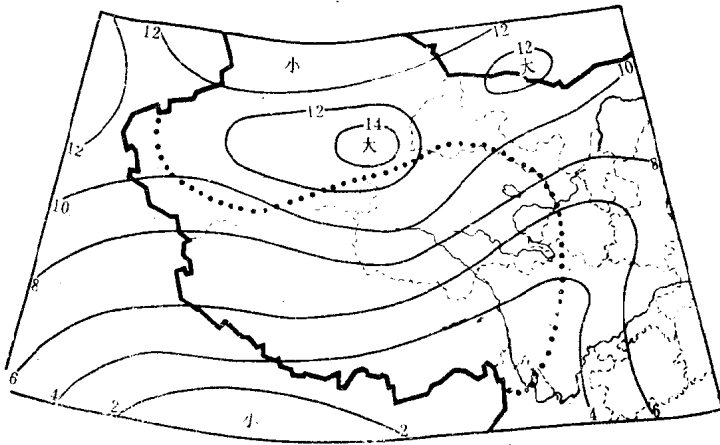


图 1b 七月500毫巴等压面平均温度露点差

和太平洋的上空。

二、云量的地理分布

青藏高原低空干湿分布一般反映了高原云量地理分布的主要特征，即干区为少云区，湿区为多云区。

1. 总云量的地理分布

一月，青藏高原有两个多云区（见图2 a）一个在中部，总云量大于5（即5成，下同），另一个在藏南的雅-布（雅鲁藏布江和布拉马普特拉河之间）河谷，局部总云量为5成，其它地区总云量均在3成左右。

冬季高原云量的地理分布与500毫巴 $T-T_d$ 分布在局部地区不太吻合。例如藏南地区500毫巴 $T-T_d$ 为干区，而总云量较多。分析其原因是由于该地区海拔较低的缘故，一般只有2000—3000米，故云量与湿区在500毫巴对应关系不好，但在700毫巴上却相当一致。

图中还可以看出，沿青藏高原西部北侧，塔里木盆地南缘是一条狭长的多云带。这条多云带可能是由爬越青藏高原的西风气流，将帕米尔湿区的水汽带到高原西端，在高原地形边界附近形成上升辐合而产生的高、中云系。这条云带的实际宽度，由于相邻地区缺乏资料，目前还难以确定。

七月，青藏高原上总云量分布为南多北少（见图2 b）。藏南地区总云量可达3，不但是青藏高原云量最多的地区，与全国比较也是云量最多地区之一。最少地区是柴达木盆地，总云量为6左右。

为什么藏南地区的总云量竟这样多呢？原来在念青唐古拉山脉以南及其相连的云贵高原一带，850—500毫巴上空存在一个稳定的高湿区（湿中心的 $T-T_d$ 为2—4℃；比湿 q

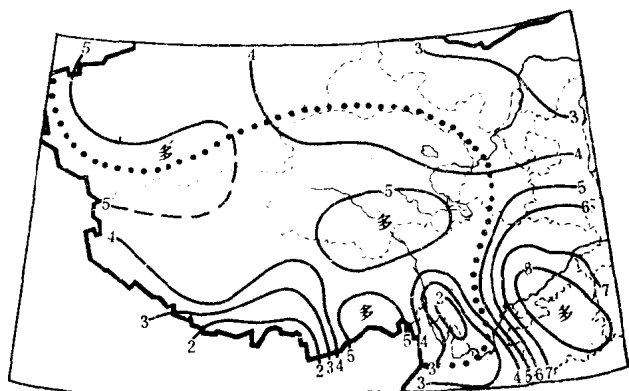


图 2a 一月平均总云量地理分布

(总云量图根据1961—1970年218个气象站资料绘制,低云量图类此)

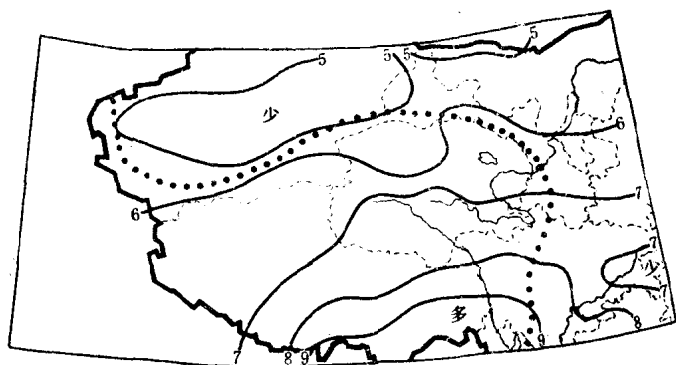


图 2b 七月平均总云量地理分布

(总云量图根据1961—1970年218个气象站资料绘制,低云量图类此)

为16—5克/千克),是北半球比湿最大的地区。5—9月期间,在季风影响下,这个高湿区不断向高原南部输送水汽,加上空气的爬坡降温,是很容易经常产生大量高原云的。这个事实在卫星云图资料中和本书关于各类低云的年、日变化规律

的分析中都有明显反映。

2. 低云量的地理分布

低云量的地理分布，受局地地形动力、热力的直接影响比较显著，因此，它比总云量更能清楚地反映出青藏高原的天气气候特点。

冬季（一月），青藏高原与全国其它地区一样，都是低云量偏少的季节，整个高原的低云量均在3左右，以晴天或少云天气为主（见图3a）。高原中部、藏南等地，午后多云天气较多，与我国长江下游地区相近。藏南地区一月平均低云量最多的地方可达5，低云量最少的柴达木盆地平均不足1。

夏季（七月）如图3b所示，高原平均低云量自东南向西北方向成带状逐渐减少；除阿里地区外，平均低云量均在4成以上，是全国低云量最多的地区。夏季低云量多是高原云的特点之一。象长江以南那些地区，夏半年虽然云、雨也很多，但主要表现在总云量上，其主要组成以系统性高云和中云的云量居多，低云量的比例较少。

为了进一步揭示高原低云量多的事实，我们统计了1961—1970年七月14时低云量占总云量的百分比（见图4），结果表明，青藏高原低云量占总云量的比例高达80%以上，其中那曲，林芝等地实际为96%，这就是说地面所观测到的几乎都是低云。

分析青藏高原上低云量多的事实，可以帮助我们加深对高原地形作用的认识。大面积抬高4千米（平均海拔高度）的青藏高原，接受太阳总辐射能量的绝对值为全国之冠，比同纬度高原以东地区相应偏多约30%。大量的辐射热就使高原近地层气温（600毫巴等压面）比同纬度以东的自由大气年平均气温约高4℃。表1统计了1950—1969年冬（一月）、春

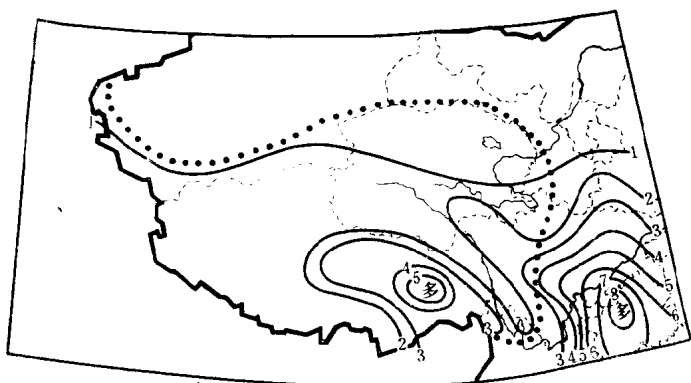


图 3a 一月平均低云量地理分布

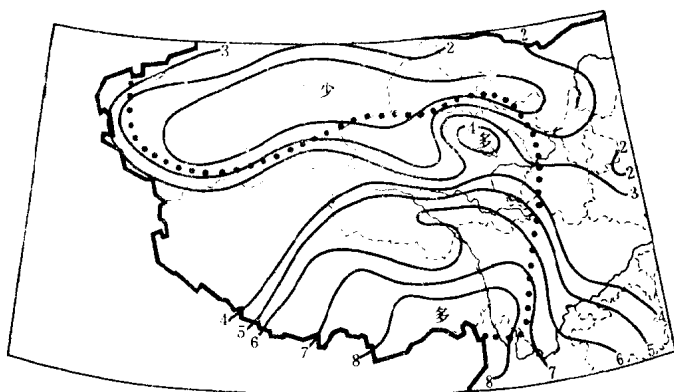


图 3b 七月平均低云量地理分布

(四月)、夏(七月)、秋(十月)600毫巴气温和温度露点差的对比情况。29°N偏高5℃以上, 33°N也偏高3℃左右。这仅是气温的平均状况, 实际上积热显著的午后, 和复杂的下

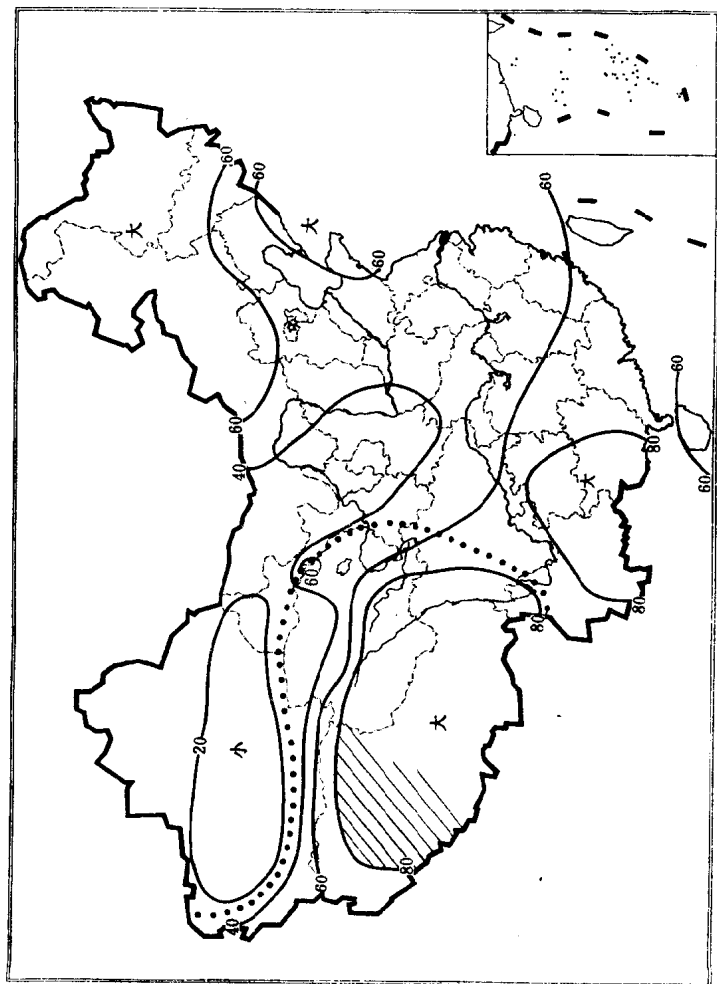


图 4 七月 14 时低云量占总云量的百分比
 (图中阿里地区阴影部分等值线, 系参考文献 [2] 有关部分确定的)

表 1 600 毫巴等压面气温与温度露点差

| 项目 | 测站 | 纬度 (N) | 一月 | 四月 | 七月 | 十月 |
|---------------|----|--------|-------|-------|------|-------|
| 气温 (°C) | 玉树 | 33°06' | - 9.5 | - 0.5 | 7.8 | - 0.6 |
| | 南京 | 32°00' | -12.8 | - 3.4 | 5.5 | - 2.7 |
| | 拉萨 | 29°42' | - 2.6 | 4.5 | 11.3 | 5.6 |
| | 南昌 | 28°40' | - 8.3 | - 1.2 | 5.7 | - 0.3 |
| 温度露点差 (°C) | 玉树 | 33°06' | 12.0 | 10.8 | 5.8 | 6.8 |
| | 南京 | 32°00' | 11.6 | 9.3 | 8.7 | 10.8 |
| | 拉萨 | 29°42' | 19.1 | 17.4 | 7.5 | 12.7 |
| | 南昌 | 28°40' | 10.0 | 7.4 | 8.2 | 8.9 |

垫面增温速率的差异所形成的热力作用，远比气温的平均状况强烈得多。特别是夏半年的热对流，高原比非高原地区旺盛得多。起伏的地形所引起的动力作用，对于大量产生积状云也是很重要的因素。

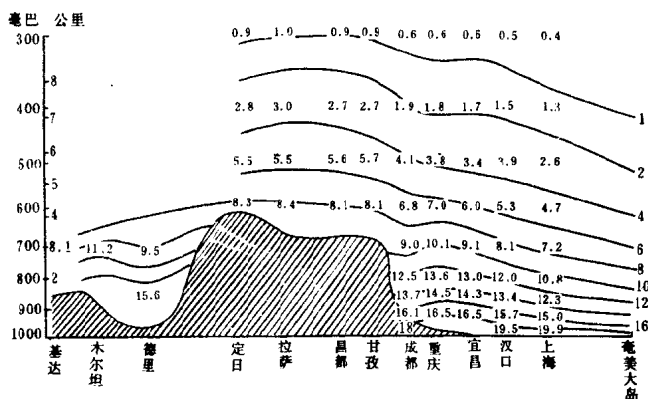


图 5 七月 30°N 纬向比湿剖面

以全年平均状况而论，青藏高原是干燥的。夏季（七、八月份）是高原上雨量的集中期，它比同高度自由大气要湿一些。例如：玉树七月平均气温露点温度差就比同纬度的南京上空低 2.9°C ；拉萨也比南昌低 0.7°C （表1）。文献[3]指出，600—300毫巴高原上空的比湿，比高原以东测站同高度要大（图5）。以拉萨为例，500毫巴以上的比湿，相当于上海同高度上比湿的两倍多。证明夏季季风盛行时，大量水汽随西南气流直达青藏高原，不但能够产生大量低云，而且是造成降水集中（夏季降水量占年雨量的80%）的主要因素之一。

三、云量的时间变化

1. 年变化

高原总云量中以低云量为主要成分，其年变化规律与低云量近似。现以08，14时的低云量来分析其年变化规律。

青藏高原低云量的年变化有三个主要特征：

① 大陆性气候特征显著，即干冷季节低云量少，暖湿季节低云量多（见图6a）。与我国北方地区低云量年变化属于同类（见图6b中哈尔滨、北京、呼和浩特、太原等地）。

② 14时低云量特多。整个青藏高原绝大部分地区14时低云量有8个月（3—10月）超过5。说明高原午后低空热力对流运动的强烈非同一般，即使在干冷的冬季各月，每日午后也能有3成左右的低云。

③ 08时低云量3，4月少，7—9月多。

在冬季大气环流影响下，高原3，4月份风大、干冷、地冻。日出后，增温缓慢，08时前后地形性积状云个体小而少，虽有发展，但云量不多；夜间辐射冷却形成的低云有时可延续至08时。

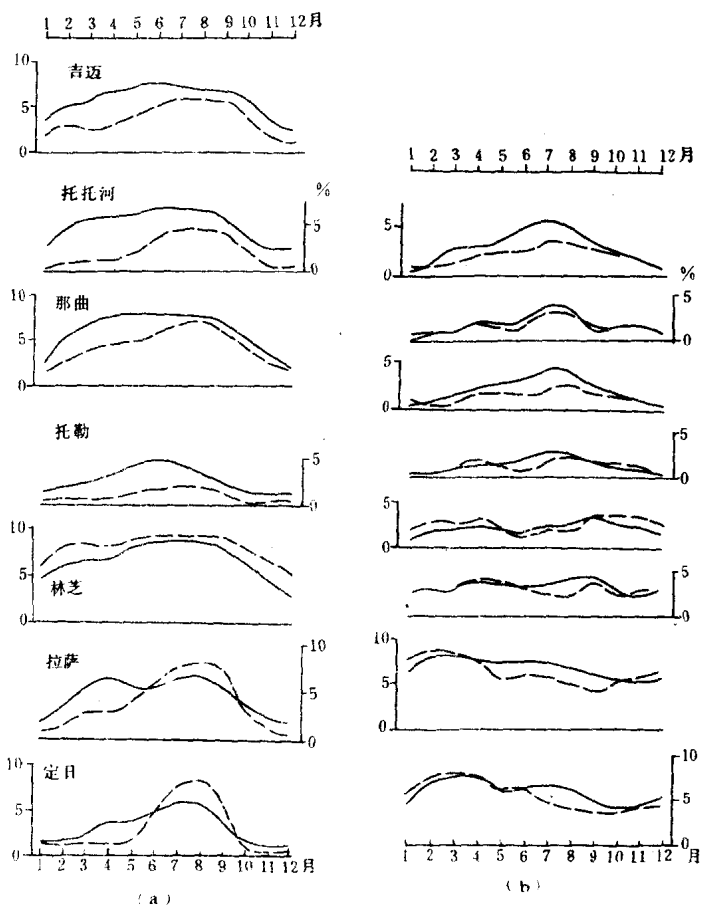


图 6 08、14时低云量年变化

[图中: ----为08时, ——为14时, (b)图中, 由上至下分别为哈尔滨、北京、呼和浩特、太原、西安、南京、南宁、广州]