

西藏高原的雲

CLOUDS OVER THE XIZANG PLATEAU

西藏自治区科学技术委员会

青海出版社

西藏高原的云

CLOUDS OVER THE XIZANG PLATEAU

西藏自治区科学技术委员会

郭恩铭 编著

(国家气象局气象科学研究所)

气象出版社

CLOUDS OVER THE XIZANG PLATEAU is a book written by the author after a tour of investigation of clouds over the Plateau, by using of photography, lightning recorder and radar information. Colour photos of clouds and meteors were taken from the ground and aircrafts. Ground and satellite observational data as well as radiosonde records were collected for primary analyses and studies of clouds in the area of Lasa, Rikaze, Dingri, Pali, Linzhi, Milin, Naqu and other places.

This book contains the main descriptions on the natural conditions of cloud formation, clouds over the Xizang Plateau which include Cumulus, Cumulonimbus (particularly hail-bearing clouds and their macro/micro-physical structures), Stratocumulus, Stratus, Nimbostratus, Altostratus, Altocumulus and Cirrus. Specific cloud forms over the Xizang Plateau, the transition of different clouds, clouds over the Hengduan Mountain Range and over Moun. Zhumulangma, and various meteors are also carried in this work.

There are a total of 157 colour pictures in this book, each with a brief caption describing the evolution of the clouds or meteors. The book provides a reference for persons engaged in meteorological observation: weather forecasting, aeronautical meteorology and meteorological education.

西藏高原的云

郭恩铭编著

责任编辑：苏振生

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

上海市印刷一厂印刷 上海装订厂装订

1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷

开本：787×1092 1/16 印张：30.5 印数：1—1,000

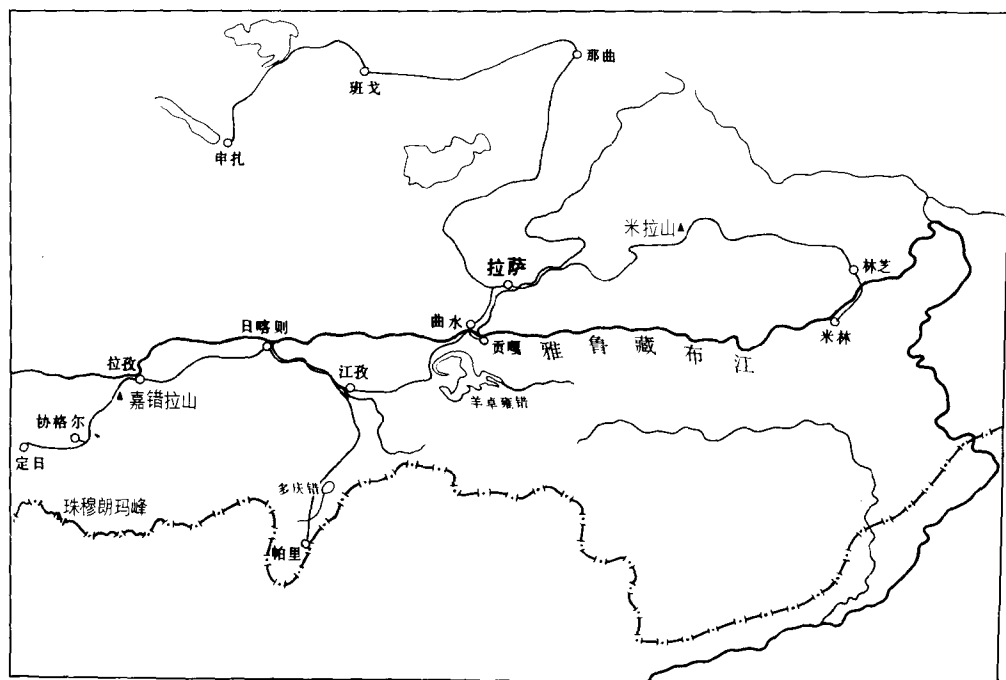
统一书号：13194·0242

定价：30.00 元

前言

被称为世界屋脊的西藏高原有其神奇的气象景观和特殊的声、光、电等天气现象，西藏的云更有其独特的地方。

1981年6—7月，我们对西藏高原地区的拉萨、日喀则、定日、帕里、林芝、米林和那曲等地，进行了云物理考察，见图(1)。应用摄影技术，闪电计数



图(1) 云物理考察路线

器和雷达等手段，在地面和飞机上拍摄了部分云和降水彩色照片，并收集了一些气象台站和卫星云图的观测资料，进行了初步的综合分析和研究。本书刊出西藏各地不同天气系统云的照片，并加以文字说明，将给气象观测人员和云物理研究者以直观的图象，有助于对高原云的形成、发展、消散等物理机制及其规律性的探讨和研究，其中云和降水等天气现象极为丰富，引起了云物理科学工作者的兴趣，并对天气预报、航空气象和人工影响天气等科学工作者也有一定的参考价值和实际意义。

本书出版后，请读者提出宝贵意见，以便使其日臻完善。

在考察过程中，曾得到西藏自治区气象局毛如柏局长、杜秉钧、薛智、罗布、胡纪复、赵同进、陈士华等同志大力支持。王鹏飞教授、张纪淮、朱福康、祖秉乾、高名忍、陈越华、江彦文、童乐天等同志也提出了宝贵意见。赵京华，高小燕同志参加了部分制图工作，在此向他们表示感谢。

本书出版得到西藏自治区科委的大力支持和资助，在此向自治区科委表示衷心的感谢。

*注：图片1—144，151—159均为郭恩铭摄影。

PREFACE

The Xizang Plateau (known as the roof of the world) is endowed with wonderful meteorological spectacles and unusual atmospheric phenomena relating to sound, light and electricity. In addition the clouds over the Plateau are characterized by many distinctive features.

From June to July in the year of 1981, the author visited a number of places on the Xizang Plateau, including Lasa, Rikaze, Dingri, Pali, Linzhi, Milin, Naqu, et cetera, to investigate the physical properties of clouds (Figure 1) in that area, by using photography, lightning recorder and radar information. Colour photographs were taken from the ground as well as from aircrafts. Ground and satellite observational data were collected for Comprehensive analyses and Studies.

This work contains a lot of cloud photographs (each with a brief caption) taken at different places on the Plateau in the situation of different weather systems, with a view to giving intuitive impressions to meteorological observers and cloud physicists so as to facilitate the study of the formation, development and dissipation of the clouds over the Plateau. Moreover, the various meteors carried in this book will attract the interest of researchers in cloud physics and may serve as a reference to specialists engaged in weather forecasting, aeronautical meteorology and weather modification.

During the tour of investigation on the Xizang Plateau, the author received generous assistance from a lot of people to whom he should like to express his sincere thanks. These include Mr. Mao Rubai, director of Xizang Meteorological Bureau, Mr. Du Bingjun, Mr. Xue Zhi, Mr. Luo Bu, Mr. Zhao Tongjin, Mr. Chen Shihua and many others. The author is very grateful to Professor Wang Pengfei, Mr. Zhang Jihuai, Mr. Zhu Fukang, Mr. Zu Bingqian, Mr. Gao Mingren, Mr. Chen Yuehua, Mr. Jiang Yanwen and Mr. Tong Letian for their advice and valuable suggestions. He also wishes to express his appreciation to Ms. Zhao Jinghua and Ms. Gao Xiaoyan for preparing part of the diagrams.

The publishing of this work is sponsored by the Scientific and Technological Commission of Xizang Autonomous Region, to which the author is particularly indebted.

CLOUDS OVER THE XIZANG PLATEAU

By Guo Enming

(Academy of Meteorological Science)

Commission for Scientific and

Technological of Xizang Autonomous Region

China Meteorological Press

1985

12-17/05

目 录

前言

一、高原云形成的自然条件	1
1. 高原地形	
2. 高原水汽来源	
3. 高原云的空间分布	
二、高原积云	3
1. 淡积云	
2. 浓积云	
三、高原积雨云	15
1. 积雨云宏观特征	
2. 积雨云降水示例	
3. 雷雨云中的闪电	
四、高原冰雹云	30
1. 冰雹云的宏观特征	
2. 冰雹微结构特征	
五、高原层积云	36
六、高原雨层云	36
1. 一次雨层云降雨、雪过程	
2. 一次雨层云降雨过程	
七、高原层云	38
1. 层云	
2. 碎层云	
八、高原高层云	38
九、高原高积云	55
1. 高积云	
2. 絮状高积云	
3. 堡状高积云	
十、高原卷云	62
十一、高原卷层云	62
十二、高原几种特殊云形	77
1. 云幡	
2. 雪幡	
3. 悬球状云 (乳房状)	
十三、高原云的相互演变	78

1. 积雨云转换的云	
2. 层积云转换的云	
3. 雨层云转换的云	
十四、横断山脉的云	81
十五、珠穆朗玛峰的云	90
1. 旗云	
2. 荚状云	
3. 带状波云	
4. 积雨云	
5. 卷云	
十六、图片和文字说明	
1. 淡积云、碎积云	5
2. 浓积云	10
3. 积雨云	19
4. 积雨云砧下悬球状云	28
5. 雨幡	29
6. 冰雹云	33
7. 层积云	39
8. 雨层云	46
9. 层云、碎层云	52
10. 高层云	53
11. 高积云	56
12. 毛卷云	63
13. 密卷云	68
14. 密卷云降雪幡	71
15. 钩卷云	74
16. 卷积云	75
17. 横断山脉航线上的云	82
18. 珠穆朗玛峰地区的云	93
19. 天气现象	100

CONTENTS

Preface

I. Natural conditions of cloud formation over the Plateau

1. Topography of the Xizang Plateau
2. Water vapour source of the Plateau
3. Spatial distribution of clouds over the Plateau

II. Cumulus over the Plateau

1. Cumulus humilis
2. Cumulus congestus

III. Cumulonimbus over the Plateau

1. Macrophysical features
2. Precipitation from Cumulonimbus
3. Lightning within Cumulonimbus

IV. Hail-bearing clouds over the Plateau

1. Macrophysical features of the hail-bearing clouds
2. Microphysical features of the hail stone

V. Stratocumulus over the Plateau

VI. Nimbostratus over the Plateau

1. A case of rain and snow yielding process in Nimbostratus
2. A case of rain yielding process in Nimbostratus

VII. Stratus over the Plateau

1. Stratus
2. Fractostratus

VIII. Altostratus

IX. Altocumulus

1. Altocumulus
2. Altocumulus floccus
3. Altocumulus castellanus

X. Cirrus over the Plateau

XI. Cirrostratus over the Plateau

XII. Specific cloud forms over the Plateau

1. Pileus cloud
2. Cloud with snow virga
3. Cloud with mamma

XIII. Transition of clouds over the Plateau

1. Clouds transformed from Cumulonimbus
2. Clouds derived from Stratocumulus
3. Clouds derived from Nimbostratus

XIV. Clouds over the Hengduan Mountain Range

XV. Clouds over Mount Zhumulangma

1. Banner cloud
2. Lenticular cloud
3. Band-shape wave cloud
4. Cumulonimbus
5. Cirrus

XVI. Plates and legends

1. Cumulus humilis, fractocumulus
2. Cumulus congestus
3. Cumulonimbus
4. Mamma under the anvil of Cumulonimbus
5. Rain virga
6. Hail-bearing cloud
7. Stratocumulus
8. Nimbostratus
9. Stratus, Fractostratus
10. Altostratus
11. Altocumulus
12. Cirrus filiosus
13. Cirrus densus
14. Cirrus densus with snow virga
15. Cirrus uncinus
16. Cirrocumulus
17. Clouds over across the Hengduan Shan
18. Clouds in the area of Mount Zhumulangma
19. Meteors

一、高原云形成的自然条件

1. 高原地形

青藏高原平均海拔在 4000 米以上,为喜马拉雅山、昆仑山和唐古拉山脉环抱。念青唐古拉山、冈底斯山等蜿蜒其中,横断山脉崎岖于东。珠穆朗玛峰位于喜马拉雅山脉的中部,海拔高度 8848.13 米,为世界最高山峰。其它山峰高度均在 4500 米以上,许多山峰常年积雪不化。西藏的主要河流有雅鲁藏布江、怒江、澜沧江和金沙江等。山涧谷地湖泊甚多,有纳木湖、奇林湖和羊卓雍湖等。〔1〕

2. 高原水汽来源

西藏高原的冬季干燥,多大风,降雪集中在 11—2 月,有些地方终年积雪不化。夏季多雨常有冰雹,高山也会出现降雪。因此,自然降水为云的形成和发展提供了有利的条件。

大尺度天气系统移入有时给西藏高原带来大量水汽。这也是西藏高原最主要的水汽来源。

在卫星云图上可以看到,不同天气系统的云系在各地区的演变情况。伴随这些天气系统出现的有急流云系、南支槽云系、印度低压云系、南部云团、热带辐合带云系、西南季风云系、台风云系等。这些云系在不同季节移入的路径主要有三条:

(1)云系沿横断山脉移入高原后,向西部和东北部伸展。

(2)云系翻越喜马拉雅山脉移入高原腹地。

(3)云系由高原西侧或南侧移入高原或北达南疆一带。其水汽供应的主要源地是孟加拉湾之海域和阿拉伯海,还有低纬度热带辐合带。〔2〕

西藏高原太阳辐射强烈,日照充足,是我国太阳辐射能最多的地区。辐射能从东部向西部逐渐增多。例如:昌都日照时数为 2247.2 小时/年,总辐射能 147.93 千卡/厘米²·年。因此,夏季高原大气层经常呈现不稳定状态,特别是气流沿山坡抬升和越过山峰所形成的波动,促使各类云的发展和演变极为迅速,云的形态及其生成的物理机制也比较复杂。每年夏季(6—8 月)是各种云状出现最频繁的季节,也是研究云物理最佳的时期。

3. 高原云的空间分布

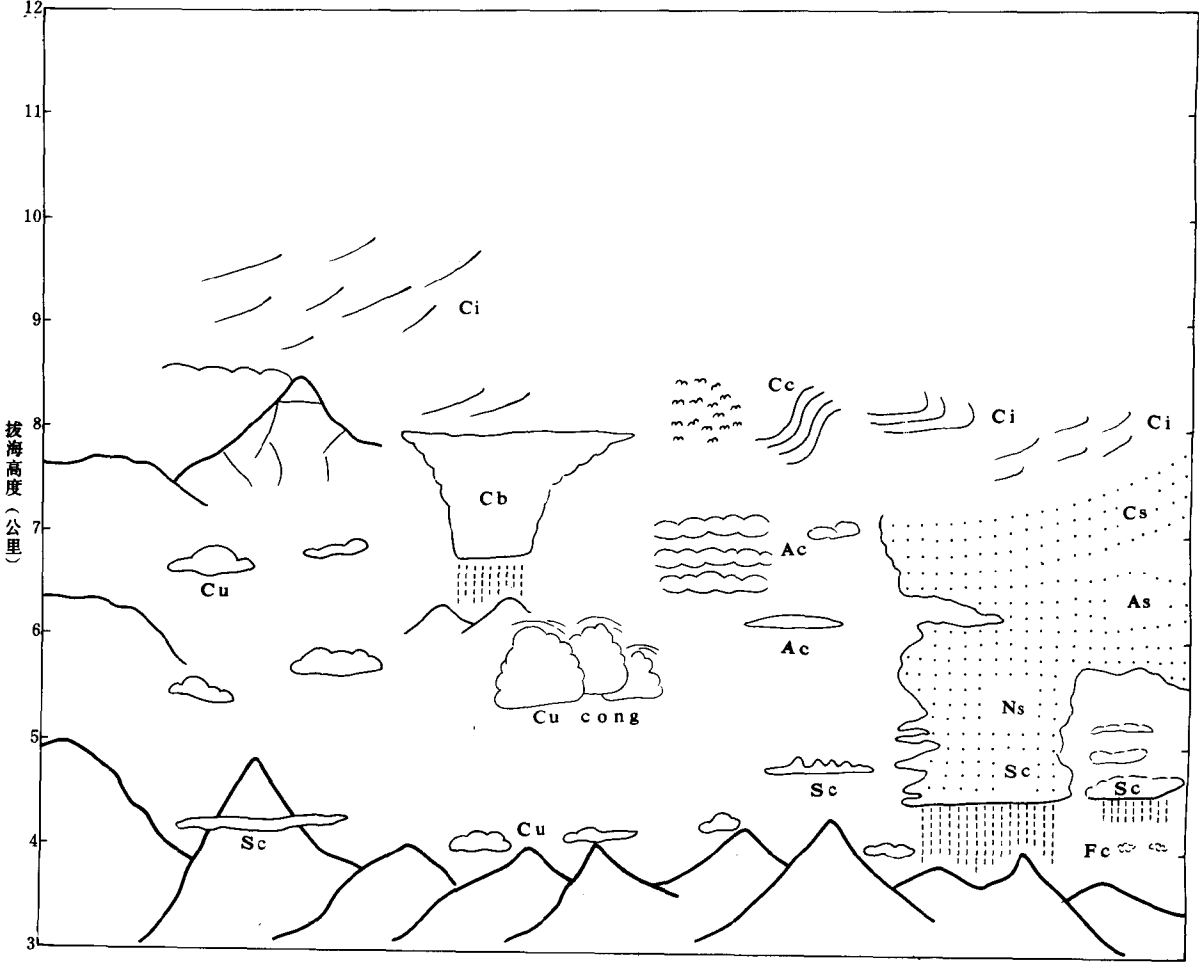
西藏高原的云状非常丰富,在“国际云图”和“中国云图”中〔3, 4〕所刊出的各种云状均能出现而且经常形成特殊的云形,极大地丰富了云物理研究的内容。

西藏高原云的形成、发展、消失和云系的移动及其演变,多在海拔 3000—10000 米这个空间里(有时强对流天气系统积雨云云顶可达到 15000 米左右),其间所出现的云物理过程与其它地区比较有自身的特点。从对各种云的宏观和微观物理过程的观测可知,在低空和中空(3000—8000 米)范围内,是云形成及演变频繁的空间。低云云底受高原地形影响变化较大,一般因高原上水汽少,凝结高度较高,低云云底相对比平原高,又因高原上空气温低,水汽容易在较低的高度上直接凝华,一般高云出现高度相对比平原低。高原云常常处在低温环境里,所以有些云系是水滴和冰晶混合结构,甚至低云也是由冰晶结构组成,而且常常出现雪幡现象。

在西藏高原地区,夏季夜间常出现由层状云降下的夜雨,在高山地区,由于夏季气温度低,

常有降雪现象出现。但对流云降雨、雹和霰的机率较多。冰雹的尺度较小，多为阵性。

根据青藏高原云的宏观特征及其在各高度出现的云状绘制成图（见图2）。从图中可看出青藏高原云的基本情况，但其中不包括各种特殊的云形。



图(2) 青藏高原云在各高度分布示意图

二、高原积云

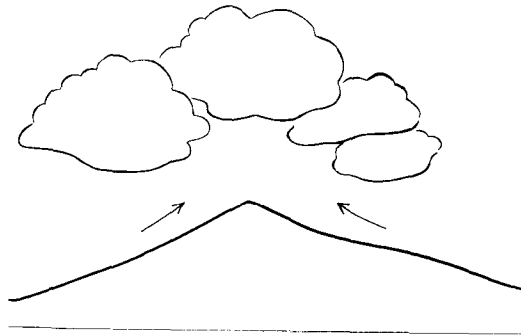
1. 淡积云

西藏高原的淡积云，晴好天气一年四季均常见，出现频次较多，约占出现总云状的15%，仅次于层积云。

淡积云是地、水、冰和雪的表面受太阳辐射增温后，由于水分蒸发，空气中水汽增多，大气层结变得不稳定，产生低空对流运动，上升的气块挟带着水汽边上升边冷却，上升到凝结高度以上而形成的。在西藏由于山地形成的上升运动，更有利于积云的发展。

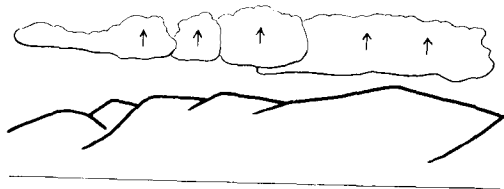
(1) 淡积云的宏观特征：个体不大，轮廓清晰，顶部呈圆弧形凸起，薄的云块呈白色，厚的云块中部常有阴影，可沿山坡抬升或分散在宽阔的山谷和山峰的上空。这些特征与内地的淡积云基本相似。但西藏高原具有特殊的地形，因此由局地的温、湿等条件所生成的淡积云尚有其本身的特点，可概括为三种。

① 淡积云个体明显，云块较小，云中上升运动较强，云顶向上拱起，依着高山有利地形继续抬升发展，但个体分散见图(3)。



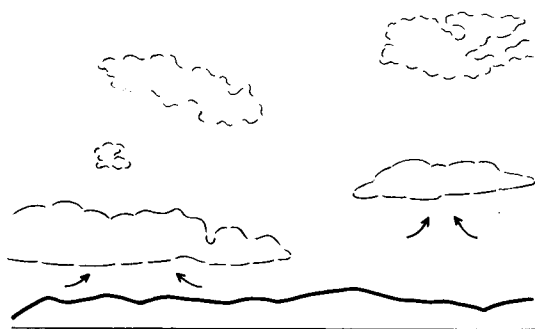
图(3) 淡积云

② 个体不大，云中上升气流较弱，云底较平整，多个单体底部均在同一高度上见图(4)。



图(4) 淡积云

③个体明显，空中温度较低，水平风速较大，扁平形状特别明显，有时边缘破碎，变化较快见图（5）。



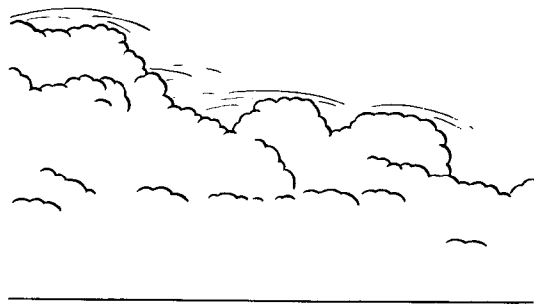
图（5） 淡积云

夏季淡积云多数是由水滴组成，但在气温较低的高山地带，阳光透过云块。能出现光环(华)的现象，据以辨别出是由过冷水滴和冰晶组成的见图片(10)。冬季的淡积云多数是由冰晶和过冷云滴组成，常常可见淡积云带雪幡。

2. 浓积云

发展中的淡积云不断释放出凝结潜热，云中温度高于周围大气温度时，云体继续增长变大，而发展成庞大的云体，当垂直高度大于水平宽度时，就形成浓积云。它也可以是由发展旺盛的淡积云和多个淡积云相互合并后，又继续发展而成的。

(1) 浓积云的宏观特征：浓积云个体高大，云塔轮廓清晰，云顶呈圆弧形重叠，但尚未出现冰晶化。浓积云常常有几个排列成行，云顶迅速向上伸展，其顶部有时出现云幞，见图（6）。



图（6） 浓积云和云幞

浓积云周围常有较多的淡积云，这为浓积云的发展，提供了水汽来源。

在高原地区，当大气层结出现不稳定状态时，非常利于浓积云的发展。因高原海拔高度平均在4000米以上，高空气温较低，发展中的浓积云，如顶部气温达到 -15°C 以下时，就出现冰晶，从而演变成秃积雨云。多次观测表明，浓积云发展阶段较短，常常在发展旺盛的时刻，顶部就已开始冰晶化，即演变成积雨云。

浓积云是由水滴、过冷水滴和少量冰粒子混合组成的。浓积云的云底常出现雨幡或雪幡，有时也观测到降水及地的现象。



图片 1 淡积云和碎积云 Cu hum, Fc 受地形影响和热力作用, 促使气泡抬升达到凝结高度而形成的淡积云。淡积云个体明显, 云顶呈圆弧状凸起, 云底略有阴影。云底高度随山峰起伏, 不在同一水平线上。远处飘着很多散乱的碎积云。地点: 拉萨 时间: 1981年6月11日16时35分 方向: S E

图片 2 淡积云、碎积云 Cu hum, Fc 下午, 拉萨东南方向的山区有淡积云和碎积云, 正处于发展阶段, 由东北向西南方向移动。图中有 4 块淡积云比较完整, 其它有些破碎。地点: 拉萨 时间: 1981年6月14日15时30分 方向: S E





图片 3 淡积云和碎积云 Cu hum, Fc 山前湖水不断蒸发为积云形成提供了水汽条件, 但测站海拔高、山区温度低, 热力作用较弱, 形成了淡积云和碎积云。淡积云云底较低, 在同一水平线上, 云顶不高, 云中上升气流较弱, 发展不强, 互相连接, 有平衍趋势。碎积云零散的分布在空中。地点: 定日 时间: 1981年6月25日10时30分 方向: N

图片 4 淡积云、碎积云 Cu hum, Fc 淡积云个体不太明显, 云顶略向上凸起, 云底较平, 呈扁平状, 独立分散在天空; 碎积云边缘松散。地点: 定日 时间: 1981年6月25日11时10分 方向: S E





图片 5 淡积云 Cu 此图摄于雅鲁藏布江河谷的北岸。当含有较多水汽的气泡，受山地气流抬升，距山顶十几米处，达到凝结高度而形成的淡积云。云底平整，云顶略向上凸起。四个单体底部相连。远处是发展旺盛的积雨云。地点：贡嘎 时间：1981年7月20日15时10分 方向：N

图片 6 淡积云 Cu 沿山坡抬升的淡积云是层积云演变而成的。云底与山坡相接，周围还有碎积云。图上方是高积云向密卷云过渡。地点：林芝西部 时间：1981年7月14日9时30分 方向：NW





图片7 淡积云 Cu 多庆错北岸雪山上空形成的淡积云随风向南飘移，有的云顶向上凸起，有的云块显得散乱，颜色洁白，云底略有暗灰色，距地面约50米。地点：多庆错 时间：1981年6月29日15时10分 方向：S E

图片8 淡积云 Cu 这是在海拔4500米多庆错北岸的淡积云。当阳光照射在山上冰雪面时，水分蒸发，空气中水汽不断增多，含有大量水汽的空气受热对流作用上升，达到凝结高度而形成的淡积云。由于水平风速较大，云体被风吹得向东南方向倾斜。地点：多庆错 时间：1981年6月29日15时40分 方向：N E

