

航空雲圖

AVIATION CLOUD ATLAS

中國民用航空局

科學出版社

航空云图

中国民用航空局

主 编 郭 恩 铭

科 学 出 版 社

1 9 8 9

内 容 简 介

《航空云图》是根据我国天气、气候、地形等特点以及飞机飞行实际需要摄制的云图。它比较系统地论述了云的生成、形态、结构及其特征,并探索了云与飞行的关系。

本云图共分三部分:第一部分是云、雾和降水的物理基础,重点介绍了一些与飞行有关的基本特征;第二部分是各种典型云状的云图,并对各种云状的典型形象作了描述;第三部分是国内若干航线上各天气系统下云的分布实例,并附有文字说明和云系云图。

本云图为飞行人员提供了一本很有价值的非常实用的工具书,同时也可供航空、航天、气象观测、人工影响天气以及有关专业的科研和教学部门的工作人员参考。

航 空 云 图

中国民用航空局

责任编辑 许贻刚

科 学 出 版 社 出 版

北京市东黄城根北街16号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1989年3月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1989年3月第一次印刷 印张: 15 插页: 2

印数: 0001—1,150

ISBN 7-03-001012-4/P·183

定 价: 121.00 元

前 言

云是大气中的水滴、冰晶或由它们混合集聚而成的可见悬浮体。

在不同的天气系统或不同的天气条件下,会产生不同的云。云的生成、发展、演变、消散和云的空间分布及其宏、微观物理特征,不仅反映着当时大气运动的状态、大气层结稳定程度和水汽状况,同时也是未来天气变化的重要征兆。因此,正确认识云天状况,是认识和掌握天气变化的重要环节。

现代航空飞行与天气关系十分密切。天气条件是安全飞行的重要条件之一。云是安全飞行的重大障碍,如:穿云飞行会使飞机驾驶人员进入盲区;对行云中的强烈气流扰动会使飞机发生颠簸;飞机穿越过冷云区会使机身积冰,增加飞机荷载,改变飞机空气动力学特性,甚至造成事故;积雨云中的雷电和下击暴流会给飞机带来极大危险。当前我国虽有航线天气实况报告和航线天气预报以及其它手段,为飞机安全提供了有效的飞行气象保障,然而,飞行人员根据实地观测判断云天状况,临机处置,仍然是安全飞行的关键保证。因此,飞机驾驶人员、航行管制人员和从事航空气象保障的气象工作人员,正确识别云并了解云的物理特征对飞机的影响,对于做好飞行安全保障工作是非常必要的。本云图是应用了国内外科研成果和云与飞行方面的大量资料编写成的,供飞行人员和从事航空气象保障工作的人员参考与应用。

本书共分三大部分,第一部分是云、雾和降水的物理基础,重点介绍了一些与飞行有关的基本特征;第二部分是各种典型云状的云图,并对各种云状的典型形象作了描述;第三部分是国内若干航线上云的分布实例,这些云与飞行密切结合的一些实例可供读者参照使用,以触类旁通。

本书在定稿和审校过程中,中国民用航空局孔繁贞、周国栋、李惠彬、石彬、王树堂,国家气象局气象科学研究所许梓秀、鄧大雄、胡志晋、张纪淮、马培民、游来光、陈万奎、李玉海、王守荣和《气象知识》编辑部童乐天等同志提出了很多宝贵建议和修改意见,高名忍、苏振生、陈越华、李竹林、赵京华、张登凯等同志协助做了许多工作,在此一并致谢。

国家气象局气象科学研究所

郭 恩 铭

1987年12月

目 录

第一部分 云雾和降水的物理基础

一、云的分类	3
二、积状云和层状云的形成	4
三、云的宏观特征	7
四、积状云的微物理特征	18
五、层状云的微物理特征	20
六、高云的宏观和微观特征	21
七、降水物的微物理特征	23
八、雾	27
九、闪电	29
十、飞机积冰	30
十一、雷达探测云和降水	34
十二、气象卫星云图	34

第二部分 各种典型云图

图 1—5 淡积云	39
图 6—9 浓积云	44
图 10—25 积雨云	48
图 26—27 闪 电	64
图 28—30 雨层云	66
图 31—32 层 云	69
图 33—46 层积云	71
图 47—58 高积云	85
图 59—61 高层云	97
图 62—65 毛卷云	100
图 66—69 密卷云	104
图 70—73 卷积云	108
图 74—76 钩卷云	112
图 77—81 匀卷层云	115

图 82	伪卷云	120
图 83—87	雾	121
图 88—90	台 风	126
图 91—95	云、降水回波	129
图 96—97	华	134
图 98	虹彩	136
图 99	假日	137
图 100	宝光	138
图 101—102	虹	139
图 103	飞机翼迹	141
图 104	冻滴	142
图 105	霰	143
图 106—107	冰雹	144
图 108—110	雾凇	146
图 111	飞机积冰	149
图 112	霾	150
图 113	曙暮光楔	151

第三部分 国内若干航线上云的分布实例

1—2	冷锋天气系统	155
3—4	大气不稳定天气系统	168
5	冬季冷锋天气系统	183
6	横断山脉的云系	187
7	暴雨天气南缘云系	193
8	高空槽天气系统	198
9—10	低压槽天气系统	201
11—13	高空槽线天气系统	211
14	低压天气系统后部	229
	图片摄影者	234

第一部分 云雾和降水的物理基础

一、云 的 分 类

天空中的云彩千姿百态,为了对云天进行观测和比较,世界气象组织根据云底高度和外形特征,于1956年出版了《国际云图》,重新制定了云的国际分类。我国国家气象局于1979年编定的《地面气象观测规范》和1984年编制的新版《中国云图》上,依据云的国际分类把云分为3族10属29类(见表1)。

表1 云的分类

云 族	云 属		云 类		
	中文学名	简 写	中 文 学 名	简 写	拉 丁 文 学 名
低 云	积 云	Cu	淡 积 云 碎 积 云 浓 积 云	Cu hum Fc Cu cong	Cumulus humilis Fractocumulus Cumulus congestus
	积 雨 云	Cb	秃 积 雨 云 鬃 积 雨 云	Cb calv Cb cap	Cumulonimbus calvus Cumulonimbus capillatus
	层 积 云	Sc	透光层积云 蔽光层积云 积云性层积云 堡状层积云 荚状层积云	Sc tra Sc op Sc cug Sc cast Sc lent	Stratocumulus translucidus Stratocumulus opacus Stratocumulus cumulogenitus Stratocumulus castellanus Stratocumulus lenticularis
	层 云	St	层 云 碎 层 云	St Fs	Stratus Fractostratus
	雨 层 云	Ns	雨 层 云 碎 雨 云	Ns Fn	Nimbostratus Fractonimbus
中 云	高 层 云	As	透光高层云 蔽光高层云	As tra As op	Altostratus translucidus Altostratus opacus
	高 积 云	Ac	透光高积云 蔽光高积云 荚状高积云 积云性高积云 絮状高积云 堡状高积云	Ac tra Ac op Ac lent Ac cug Ac flo Ac cast	Altostratus translucidus Altostratus opacus Altostratus lenticularis Altostratus cumulogenitus Altostratus floccus Altostratus castellanus
高 云	卷 云	Ci	毛 卷 云 密 卷 云 伪 卷 云 钩 卷 云	Ci fil Ci dens Ci not Ci unc	Cirrus filus Cirrus densus Cirrus nothus Cirrus uncinus
	卷 层 云	Cs	毛 卷 层 云 匀 卷 层 云	Cs fil Cs nebu	Cirrostratus filus Cirrostratus nebulosus
	卷 积 云	Cc	卷 积 云	Cc	Cirrocumulus

中国民用航空局则根据飞行实际需要,有重点地将云分为 3 族 14 类,如表 2 所示。

表 2 航空观测云的分类

云 族	云 类	简 写
低 云	积 雨 云	Cb
	浓 积 云	TCu
	淡 积 云	Cu
	碎 积 云	Fc
	碎 层 云	Fs
	层 云	St
	层 积 云	Sc
	雨 层 云	Ns
	碎 雨 云	Fn
中 云	高 层 云	As
	高 积 云	Ac
高 云	卷 层 云	Cs
	卷 积 云	Cc
	卷 云	Ci

在云雾研究中,一般将云按形状和形成系统分为两大类:一是积状云,也叫对流云,简称积云,包括积云,积雨云,卷云和卷积云;二是层状云,包括层云,雨层云,高层云和卷层云,高积云和层积云也归入层状云这一类。

二、积状云和层状云的形成

(一) 积 状 云

地球表面接收太阳辐射后,使近地层空气逐渐增温。在热力作用下,气块向上作垂直运动,如大气层结呈现不稳定状态,则气块继续上升。近地层空气一般都含有大量水汽,气块上升中因绝热膨胀而降温,当上升到凝结高度时,水汽达到饱和或过饱和状态,开始凝结成大量云滴而形成云(积云)。随着空气垂直运动的不断增强,积云会不断得到水汽供给,云体继续向上伸展,同时在积云外围由于干冷空气的下沉气流和绝热增温作用,使云体有明显的边界,所以积云常常是单体分散在空中。

由于大气中对流发展强弱不同,依对流的不同发展阶段可分为三种云:淡积云、浓积云和积雨云。

1. 淡积云

淡积云是一种初生的对流云。云体较小,云顶温度常在 0℃ 以上,云底高度为 500—2000 米。云顶高度一般在 1000—4000 米之间。云厚为 300—1500 米。

2. 浓积云

当出现适合对流云发展的天气条件时,尤其中午前后,淡积云单体增长很快,有的相

互合并后又不断发展,当云体的垂直高度超过水平宽度时,淡积云就演变成浓积云。

浓积云外貌:个体高大,轮廓清晰,底部较平,顶部呈圆弧形重叠。云顶高度为 3000—8000 米,云顶温度为 -15°C — -20°C 。上部由过冷云滴和冰粒组成。云中上升气流速度可达到 10—20 米/秒。

3. 积雨云

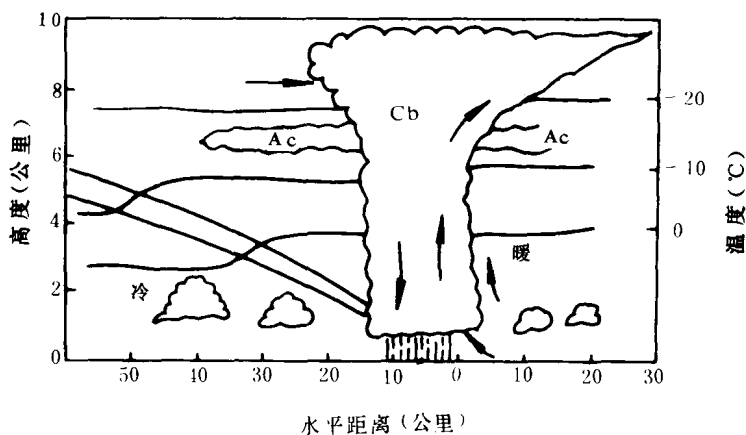
积雨云是对流云发展最盛的阶段。大气中不稳定层结越强,不稳定能量越多,水汽越充分,则对流运动就发展得越强烈。当浓积云云顶向上伸展到达低温区时(-20°C — -40°C),云顶已冰晶化,呈毛丝般的纤维结构,这时就叫做积雨云。

积雨云云体庞大,云顶高度可伸展到 7000—18 000 米。积雨中垂直气流速度很大,一般为 10—20 米/秒,有时可达 30—35 米/秒以上。云中气流比较复杂,云顶常受高空风的影响而形成鬃状或砧状。云底起伏不平,有时呈滚轴状或旋涡状。积雨云发展到成熟阶段时,将产生阵雨、雷电、冰雹,有时伴有大风、下击暴流和龙卷风等。

积雨云可以因热力作用而形成于气团内部,而更多的则形成于冷锋天气系统之中。在冷锋区形成的积雨云不象气团内部的积雨云那样多数为分散的单体,而是沿锋面排列成长条云带。

(1) 冷锋天气系统的积雨云

冷锋天气系统的云系是由于冷空气向暖空气方向移动,移速很快,暖湿空气被冷空气急骤抬升冷却而形成。



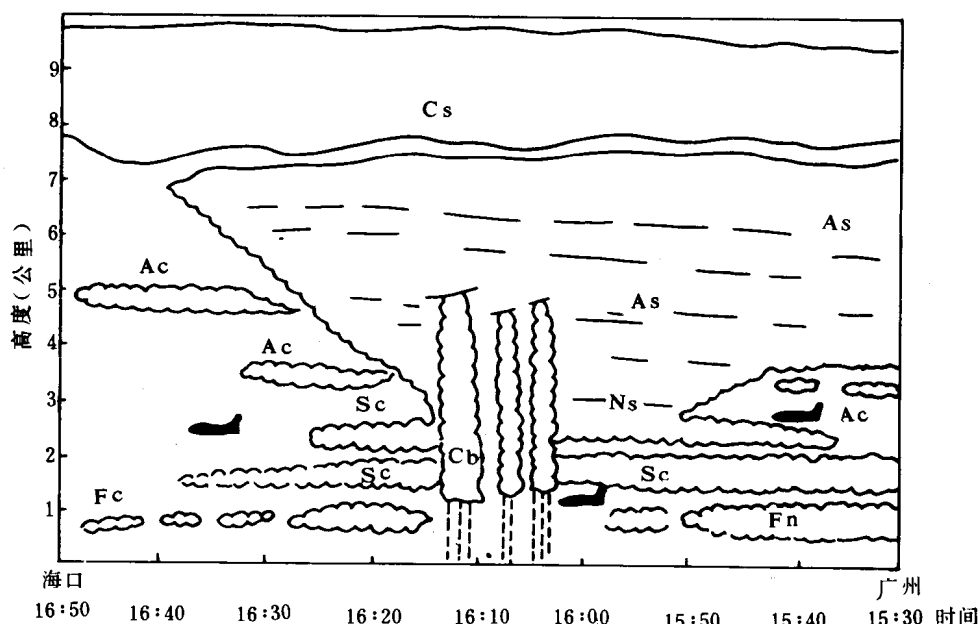
附图 1 冷锋面形成的积雨云

附图 1 为冷锋天气系统的云系,夏季大多以积雨云为主。积雨云云顶前沿分布着卷云,高积云出现在 7000—8000 米高的稳定层,低空有浓积云和淡积云。这种冷锋积雨云在我国西北、华北、东北等地区出现较多。

(2) 雨层云中的积雨云

在连续性降水的雨层云和江南静止锋云系中常夹有积雨云。在雨层云中,因局部对流不稳定而形成的积雨云,一般在地面上不易识别,只有在云中飞行时,方可观测到穿过云层向上伸展的积雨云(见附图 2)。

附图 2 是从广州—海口航线上观测到的云系分布情况。低空是一层碎雨云,碎雨云的上方是层积云,这些层积云具有双层结构的特征。层积云上方是雨层云、高层云和少量的高积云。当时雨层云降小雨,能见度很差。当飞机继续向前飞行时,观测到雨层云中有数个积雨云单体,云下有阵雨。



附图 2 航线云系分布剖面图

(二) 层 状 云

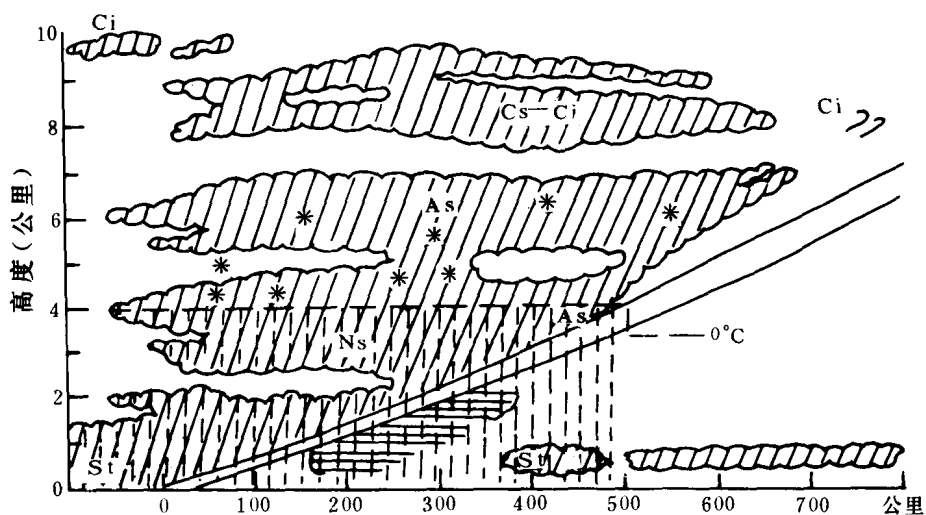
层状云是在空间分布范围较大、均匀成层的云层。卷层云、高层云和雨层云都属于层状云。层状云大多是由于锋面抬升或大范围辐合抬升而成的。这种上升运动虽然垂直速度较小,每厘米量级,但持续时间较长,暖湿空气可以被抬升到 5000—6000 米高度,从而形成大范围的降水云系。

1. 暖锋天气系统的层状云

暖锋是暖空气向冷空气移动,并在其上滑行所形成的界面。暖空气温度较高,湿度较大。大范围暖湿空气持续上升形成的暖锋云系如附图 3 所示。

从附图 3 中可看出暖锋云系主要有卷云、卷层云、高层云和雨层云。高层云和雨层云之间有空隙,只有出现降水时,才相互连接在一起。从图中还可以看出,高层云有冰、雪晶粒子下降到雨层云中,由于云层下部温度在 0°C 以上,冰雪晶在融化成水滴后降落到地面。

我国暖锋云系大多出现在气旋的新生阶段,并在移至东部海域后开始发展。暖锋云系夏半年大多出现在黄河流域、华北近海及华东地区。冬半年在内蒙古和东北境内较多,长江以南地区较少。



附图3 暖锋云系

2.冷锋天气系统的层状云

我国冷锋天气系统层状云在北方和南方经常出现,并随着天气形势和地理条件不同,层状云云场也有较大的差异。移速较慢的冷锋常形成范围较大的层状云,云场宽度可达几百公里或更宽。冷锋区明显与低压槽相配合时,由于槽内有着较强的辐合作用,有利于形成大面积层状云和降水。

准静止锋区形成的层状云,常在江淮一带和华南地区形成,维持时间较长,并有降水。

3.地形作用而形成的层状云

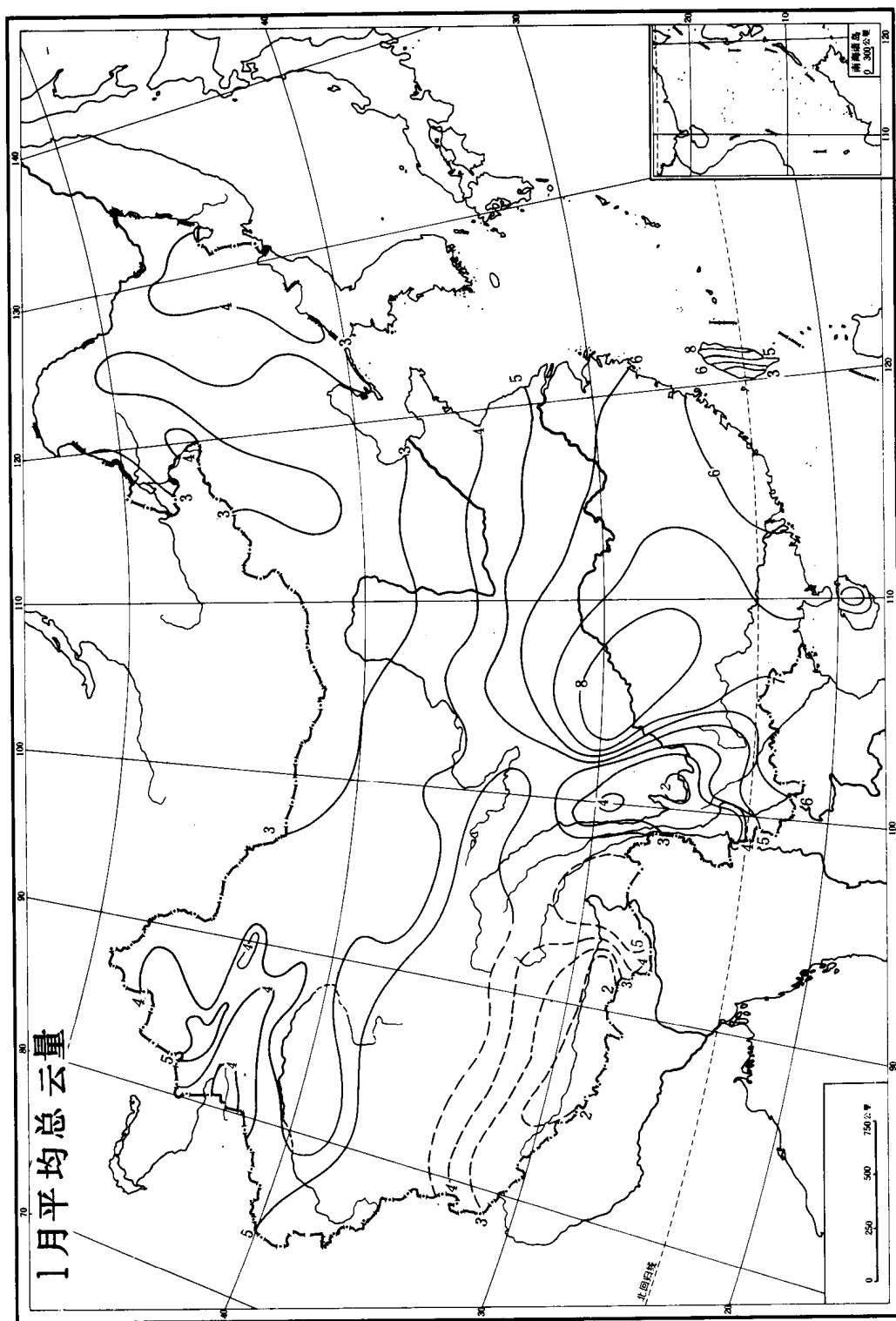
在秦岭以南地区,每当高空出现低压槽天气系统时,南来的暖湿气流受秦岭山区的阻碍,在山南形成大片的层状云,而山的北面则晴天无云,只是能见度较差。

四川盆地由于低压槽的辐合作用,常在盆地形成大面积的层状云,有时出现降水。

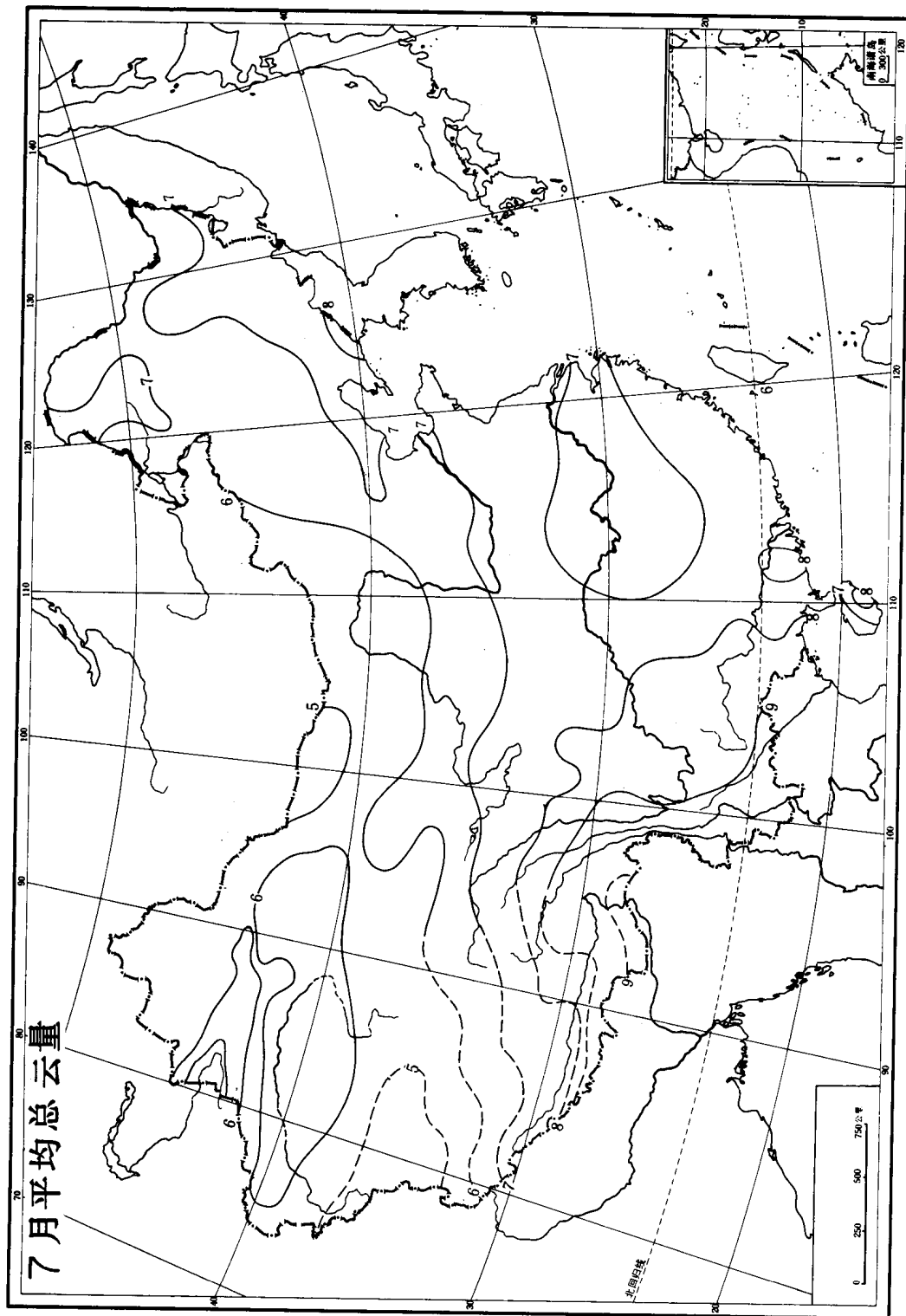
三、云的宏观特征

(一) 云 量

云量是指云遮蔽天空视野的成数。地面常规观测分为10成。航空气象地面观测分为8份。即将天空分为8等份,观测天空被不同云所遮蔽的份数。高空飞行观测云量是相对地面所占成数。如何估计云量,决定于飞机的飞行高度,飞行高度越高,估计云量越准确。云量的多寡,对于飞机安全飞行有一定的影响。这里介绍一些云量的气候分布情况。



附图 4(a) 1 月平均总云量



附图 4(b) 7月平均总云量

1.我国总云量的分布

根据地面观测云量统计结果绘制成图[见附图 4(a, b)]。从我国 1 月总云量分布附图 4(a)可以看出 1 月份东北、华北和西北云量较少,长江以南及台湾省云量较多,而以川贵一带云量最多。

从附图 4(b)7 月平均总云量图上可以看出,云量成数江淮以南普遍多,而以藏南和滇西最多,最少是西北和华北地区。

2.全球总云量的分布

全球陆地和海洋月平均云量分布见表 3

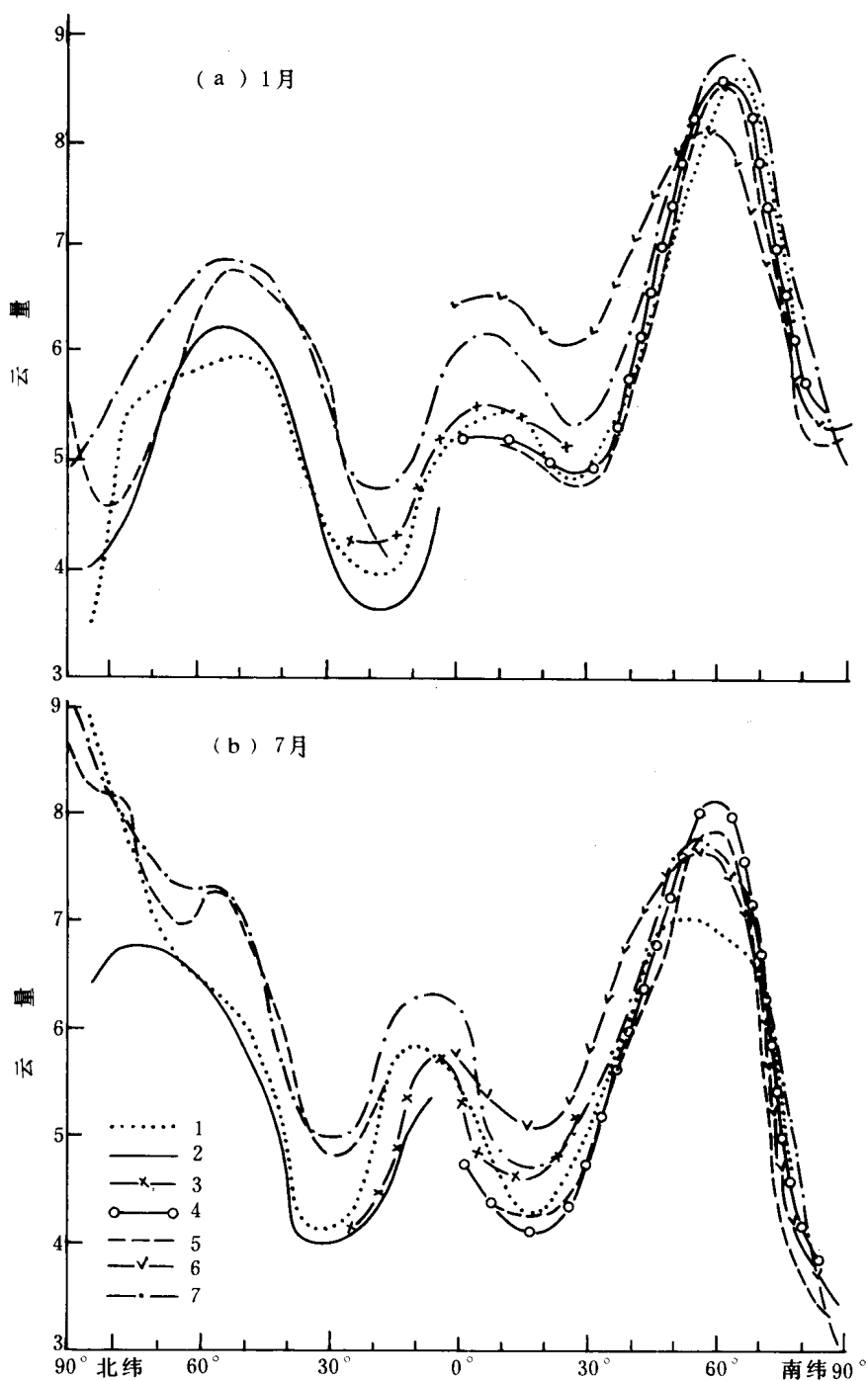
表 3 月平均全球云量

云 量 月 份 区 域		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
大 陆														
	非 洲	4.4	4.4	4.4	4.1	4.1	3.9	4.2	4.5	4.6	4.5	4.5	4.2	4.3
	亚 洲	4.9	5.0	5.2	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.4	4.9	4.9	5.0	5.3
	南 美	6.4	6.4	6.5	6.2	6.0	6.4	5.0	5.2	5.5	5.9	6.2	5.9	5.9
	北 美	5.8	5.7	5.5	5.5	6.1	6.1	6.0	6.0	6.1	6.1	6.2	6.0	5.9
	澳大利亚	4.7	5.0	4.7	4.3	4.3	4.3	3.9	3.5	3.5	4.1	4.3	4.8	4.3
	欧 洲	7.2	7.0	6.7	6.4	6.3	5.9	5.5	5.6	6.0	6.9	7.7	7.6	6.6
	极 地	6.1	6.2	6.3	5.5	4.9	4.8	4.7	5.5	5.8	5.8	5.7	6.0	5.6
海 洋														
	北 冰 洋	5.9	5.7	5.7	6.2	7.6	7.9	8.0	8.4	8.4	8.0	6.7	6.0	7.0
	大 西 洋	6.2	6.0	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	5.9	6.0	6.3	6.4	6.2	6.1
	太 平 洋	6.5	6.4	6.4	6.5	6.4	6.6	6.6	6.5	6.5	6.5	6.4	6.5	6.5
	印 度 洋	6.3	6.2	6.2	6.0	6.1	6.1	6.2	6.2	6.0	6.2	6.3	6.3	6.2
	北 半 球	5.7	5.6	5.6	5.8	6.0	6.2	6.2	6.1	6.0	5.9	5.8	5.8	—
	南 半 球	6.5	6.4	6.3	6.2	6.0	5.8	5.9	5.9	6.1	6.3	6.4	6.4	—
	全 球	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1	

从表 3 中可看到全球月平均云量年变化不太明显。欧洲大陆地区云量较多,非洲和澳大利亚相对较少。海洋云量分布以北冰洋略多于其它大洋。

3.云量随纬度的变化

很多气象学家对云量随纬度变化做了研究和计算,其结果见附图 5(a, b)。由图可见,1 月和 7 月云量分布最少地区在南北纬 20—30 度范围。多的地区是南北纬 60 度左右,7 月云量分布随纬度差异更大,且在北极地区最多,南极最少。



附图5 云量随纬度分布

(a)1月; (b)7月。

1.布鲁克斯; 2.伦敦; 3.刊德列勒; 4.王伦; 5.素特茨; 6.马荷维勒; 7.别兰特