

本章部分内容来自www.wikipedia.org，特此感谢！

主讲：周任君 博士（zrj@ustc.edu.cn）

第三章 云和降水





A cumulus cloudscape over Swifts Creek, Victoria, Australia



大气科学的一个重要分支—云物理学

研究云和降水的形成和演变的物理过程和机理

内容：

- 云的分类，宏观特性及形成条件
- 云的微物理学
- 积云动力学
- 降水的形成机制
- 人工控制天气



研究云和降水的重要性：

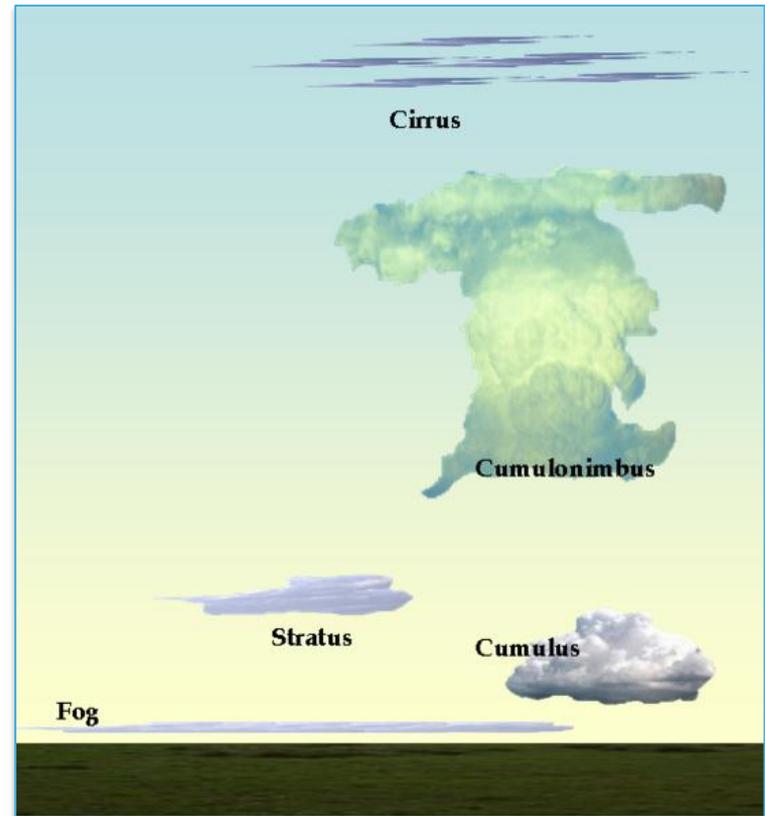
1. 主要的灾害性天气如暴雨、雷暴、冰雹、台风、龙卷风和雾障等都和云雨过程相联系。
2. 云常年覆盖了地球一半的面积，对地球—大气系统的辐射传输过程影响极大—是气候系统的一个重要成员。
3. 云和降水，为地面提供新鲜水源。
4. 云以释放潜热的形式向大气输送热量—是大气特别是低纬度大气运动的重要能量来源。
5. 云和降水影响光和电磁波在大气中的传播。



§ 1. 云的分类及其宏观特性

一. 云的分类

按照国际对云的分类方法，依据云出现的高度把云分为高云、中云、低云和直展云四族，在各族中又按其外形分成十属。



A chart showing some of the various cloud types at their approximate altitudes (stratus typically forms lower than cumulus), not to scale



■ 云的国际分类

云族	出现高度(km)			云属(英文缩写)
	极地	温带	热带	
高云	3~4	5~13	6~18	卷云 (Ci)，卷积云 (Cc)，卷层云 (Cs)
中云	2~4	2~7	2~8	高积云 (Ac)，高层云 (As)
低云		地面~2		层积云(Sc)，雨层云(Ns)，层云 (St)
直展云				积云 (Cu)，积雨云 (Cb)



二. 云的宏观特性

1. 高云

卷云，卷积云，卷层云

- 全部由细小的冰晶组成
 - 一般不产生降水
- 冬季北方的卷层云偶有降雪，
有时可以看到雪幡。





毛卷云



钩卷云



密卷云

卷云

毛卷云、钩卷云、密卷云

云体有纤维状结构，常成白色，无暗影，有毛丝般的光泽，多成丝条状、羽毛状、钩状、片状、团状等





卷层云:

云体均匀成层，透明或成乳白色，透过云层日月轮廓清楚，地物有影，常有晕的现象。





卷积云

云块很小，呈白色细磷片状，常成行、成群排列整齐，很象微风吹拂水面而成的小波纹。



高云在当时一般没有降水发生，但如果天空有钩卷云、卷层云或卷积云，且它们系统移入天空，并继续发展，则预示有天气系统影响测站。

故有“天上钩钩云，地上雨淋淋”，
“日晕三更雨，月晕午时风”，
“鱼鳞天，不雨也风颠”
等谚语。



2. 中云

高层云, 高积云

- 多由水滴、过冷水滴和冰晶混合组成。
- 高层云常产生降水。
- 薄的高积云一般无降水。



高层云：透光高层云和蔽光高层云

云体均匀成层，呈灰白色或灰色，云底常有条纹结构。常布满全天。



•透光高层云：云体较薄，呈灰白色，隔着云层日月轮廓模糊，好象隔了一层毛玻璃。



•蔽光高层云：云体较厚，呈灰色，隔着云层看不见日月轮廓。



高积云：透光高积云和蔽光高积云

云块较小，轮廓分明，在厚薄、形态上有很大差异。薄的云块呈白色，能见日月轮廓，厚的云块呈暗灰色，日月轮廓分辨不清。常呈扁圆形、瓦块状、鱼鳞片或水波状的密集云条。

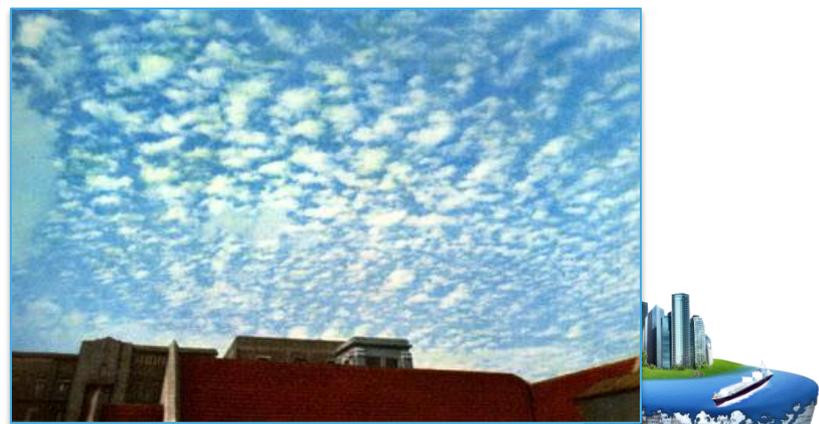
薄的高积云稳定少变，一般预示天晴。故有“瓦块云，晒死人”，“天上鲤鱼斑，晒谷不用翻”等说法。



透光高积云



荚状高积云

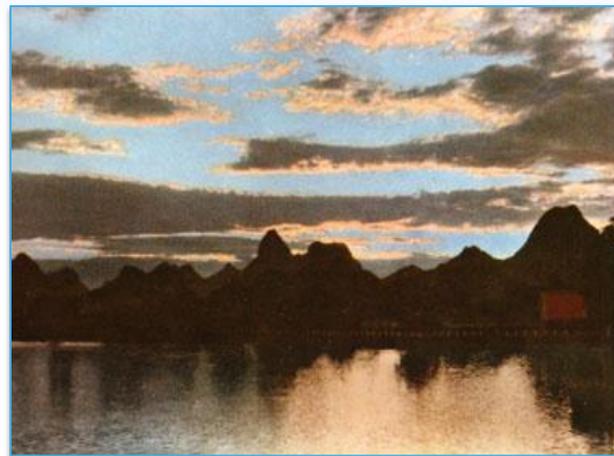


絮状高积云

与中云有关的光象



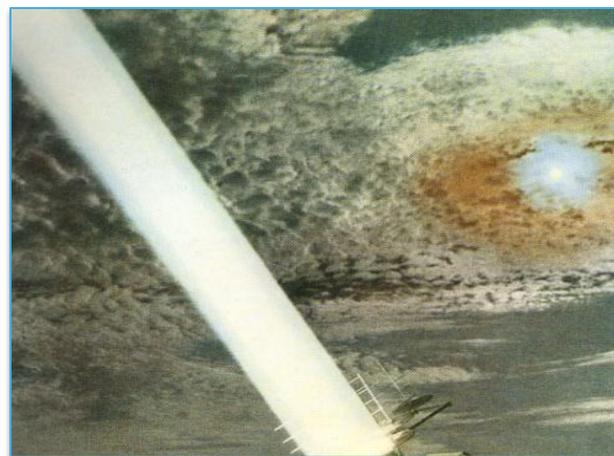
霞和透光层积云



霞和透光高积云



华（在透光高层云中）



华（在透光高积云中）



3. 低云

层积云, 层云和雨层云

低云多由水滴组成, 大部分低云都可能产生降水。





层积云是块状很大的低云，有的成条，有的成片，有的成团，常呈灰白色或灰色，结构比较松散。



层云的云体均匀成层，灰色，很象雾，云底很低但不接触地面。



雨层云低而漫无定形，云体均匀成层，能完全遮蔽日月。雨层云常有连续性的降水。



4. 直展云

积云和积雨云。

直展云是一种垂直发展旺盛的云系，在垂直方向上它可以从近地面一直伸展到对流层顶附近。



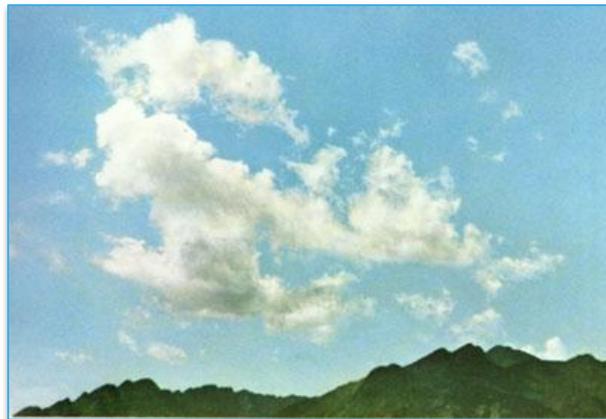
(1) 积云:

淡积云、碎积云和浓积云

积云个体明显，底部较平，顶部凸起，云块之间多不相连。



淡积云



碎积云



浓积云

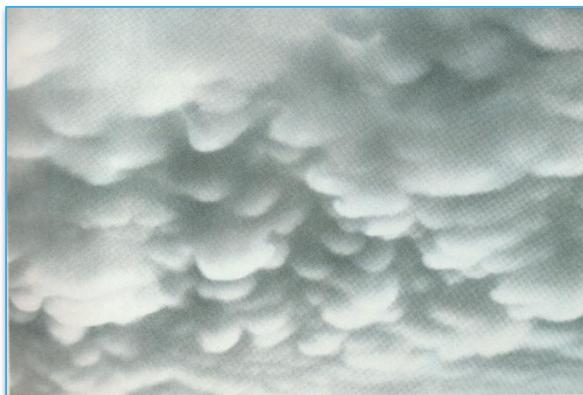


浓积云



(2) 积雨云:

积雨云浓而厚，云体庞大，很象耸立的高山，顶部冻结，呈白色，轮廓模糊，有的有毛丝般的纤维结构。底部起伏不平，十分阴暗，常有雨幡下垂或伴有碎雨云。积雨云多由水滴、过冷水滴、冰晶、雪花组成，有时还包含有霰粒和雹子。积雨云是对流云发展的极盛阶段。发展成熟的积雨云常产生较强的阵性降水，可伴有大风、雷电等现象，有时还会降冰雹，偶尔有龙卷风产生。



练习四

观察本节课后一周内的云。记录你观测的时间，当时云的宏观特征，指出它的名称和类别。若当时有几种不同的云，也请分别写明。



§ 2. 云生成的原因及条件

云滴是大气中的水汽含量达到并超过饱和时生成的。空气从不饱和到饱和有三个途径：一是**降温**，二是**增湿**，三是**既降温又增湿**，其中以降温最为重要。当温度下降而水汽含量又不变化的情况下，由于饱和水汽压值随温度下降，空气就可以从不饱和达到饱和。一般说，**云主要是靠潮湿空气在上升过程中，气块绝热膨胀降温，达到饱和而生成的。**



- 充足的水汽和上升气流是云生成的必要条件。
- 不同的上升运动形式，生成不同种类的云。

大气中的上升运动有：

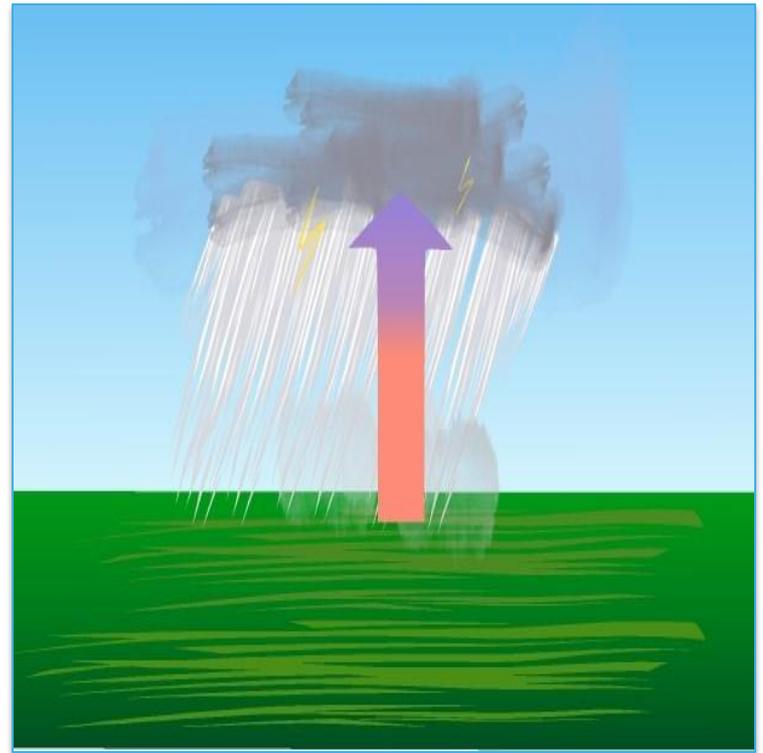
- ① 大范围辐合抬升。
- ② 对流运动。
- ③ 地形抬升。
- ④ 波动。
- ⑤ 湍流运动。



在某些天气系统（如气旋系统）内，低层有**大范围辐合抬升运动**，这种抬升运动的速度仅为每秒厘米的量级，但可以维持好几天。当低层大气有较充足的水汽供应时，就可以**生成大范围的层状云系**。如卷云、卷层云、高层云、雨层云等。云中可以有多个层次。可以形成大范围的持续性降水。一般雨强不大，但总雨量可以很大，特别是降水带中可以出现强降雨量中心。



当空气中有**强的对流运动**时，如果低层大气比较潮湿，这些潮湿空气上升到一定高度，达到饱和后，便可**生成积状云**。特别是当对流运动很强，下层水汽又很充沛，则可发展为积雨云。



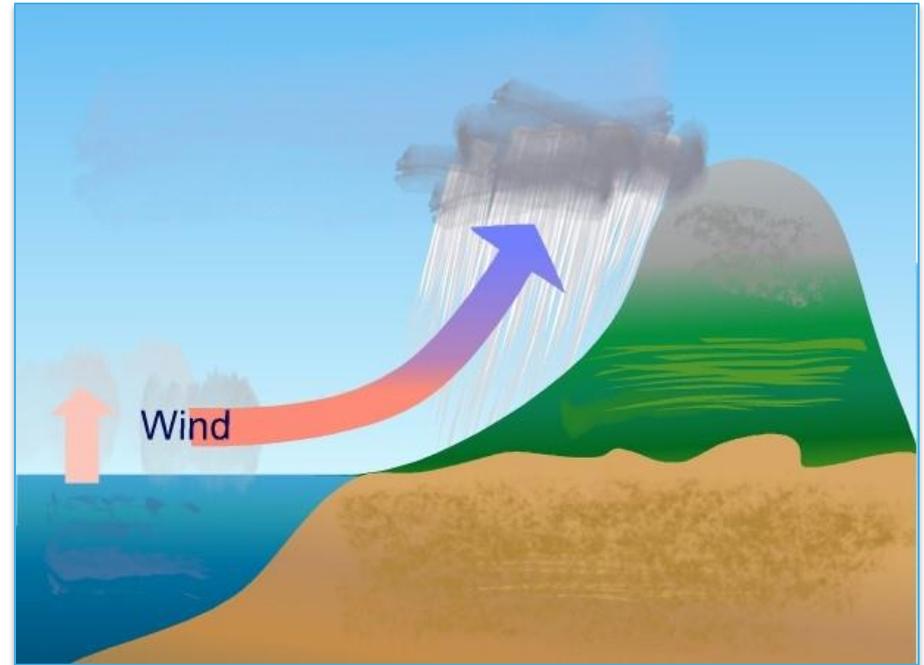
Convective precipitation



当暖湿空气水平移动到山地，被山地抬升，形成地形云。

地形云有时可触发对流云。荚状高积云就是地形抬升形成的。

如果大气比较稳定，则会形成层状云。

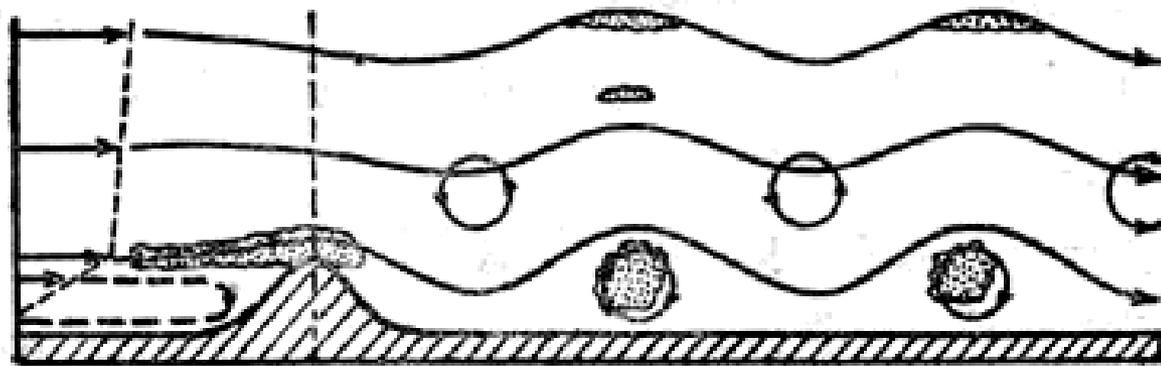


Orographic precipitation



气流过山后会发生波状运动。

这种波状运动可以影响到高空。如果有的层次有较多水汽，则在波峰处发生凝结，波谷处无凝结甚至有蒸发。于是在山的背风面上空会出现位置固定，平行于山的走向的几条云带。



山后气流的波动和生成云的示意图



三. 人工控制天气

- 人工增（降）水（雨、雪）
- 人工消雾和消云
- 人工消雹



1. 人工增雨（雪）原理和方法：

- 对于冷云：

人为地增加云内冰晶的浓度，如撒**干冰或碘化银**。

- 对于暖云：

撒播吸湿性物质（凝结核），如**食盐或氯化钙**



2. 人工消雾原理和方法:

- 对于水雾:

- ① 采用减湿法—撒播吸湿性物质，使雾中水汽凝结降落。

- ② 采用加热法，加热空气使其变得不饱和。

- 对于冰雾:

- 增加雾中的冰晶，使其凝结降落。如撒入干冰或碘化银。



3. 关于人工消雹:

又称**人工抑制冰雹**。

- ① 撒入大量冰核，使过冷水滴形成很多小冰雹，不能形成大冰雹。
- ② 在云底的上升气流中撒入大量吸湿性核，使云内过冷却水降落，弱化冰雹增长的条件。
- ③ 扰乱云中的上升气流，破坏冰雹增长的条件。



Thank You !

