

5.气象

5.1.云和降水

5.1.1.云的分类和特征

5.1.1.1.云的分类

【知识掌握程度】

了解云的分类依据；
掌握云的种类和简写符号。

【知识点】

云的分类

族(云底高度)	种(外貌特征)	简写符号
高云 (云底高度在 6000m 以上)	卷云	Ci
	卷层云	Cs
	卷积云	Cc
中云 (云底高度在 2000-6000m)	高积云	Ac
	高层云	As
	淡积云	Cu
低云 (云底高度低于 2000m)	浓积云	TCu
	积雨云	Cb
	积层云	Sc
	层云	St
	雨层云	Ns
	碎层云	Fs
	碎积云	Fc
	碎雨云	Fn

【思考题】

按云底高分类，云分为哪三类？

.....

5.1.1.2. 浓积云和积雨云的特征

【知识掌握程度】

掌握浓积云和积雨云的特征。

【知识点】

一、浓积云 (TCu)

云块底部平坦而灰暗，顶部凸起而明亮，云体高大，像大山或高塔。厚度常在1000~2000m之间，厚的可达6000m。

二、积雨云 (Cb)

云体十分高达，像大山或高峰，云顶有白色纤维结构，有时拓展成马鬃状或铁砧状；云底阴暗混乱，有时呈悬球状、滚轴状或弧状。

【思考题】

分别描述积雨云、浓积云的外貌特征。

5.1.2. 云的形成与天气

5.1.2.1. 云的形成

【知识掌握程度】

理解不同类型云的形成原因。

【知识点】

一、积状云的形成

积状云常形成在对流运动中。包括淡积云、浓积云和积雨云。

二、层状云的形成

在水汽充沛的条件下，系统性垂直运动中能形成范围广阔的层状云。包括雨层云、高层云、卷层云和卷云。

三、波状云的形成

波状云常形成于大气波动或乱流中。包括层积云、高积云和卷积云等。

【思考题】

积状云包括哪些种类的云？

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4000 or email at mhwang@uiowa.edu.

5.1.2.2. 不同类型云的相关天气

【知识掌握程度】

理解不同类型云的天气特征。

【知识点】

一、与积状云有关的天气

大气不稳定时，容易出现淡积云和浓积云，并可能发展成积雨云。如果大气稳定，对流不易发展。

二、与层状云有关的天气

层状云由高向低转变，未来可能转变成雨层云而产生降水。反之，则天气将会转好。

三、与波状云有关的天气

大多数波状云出现时，大气比较稳定，天气少变。但有时波状云也出现在系统性上升运动中，是系统性层状云系的先导，如果波状云不断加厚，高度降低，向蔽光层积云演变，天气将转坏。

【思考题】

- 1、积状云容易产生什么天气？
 - 2、是形成积状云，还是层状云的关键因素是什么？

5.1.3.降水

5.1.3.1.降水的形成

【知识掌握程度】

了解降水的概念；

理解不同降水的形成。

【知识点】

降水的形成

水汽凝结物从云中降落到地面的现象称为降水。

降水是在云中形成的，当云滴增长到足够大时，才能从云中降落至地面而形成降水，不同类型的云产生不同的降水。

水汽凝结物从云中降落但在空中蒸发掉没降落到地面的现象称为雨幡。

【思考题】

什么是雨幡？

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4000 or email at mhwang@uiowa.edu.

5.1.3.2. 降水的分类

【知识掌握程度】

了解降水的分类。

【知识点】

- 一、从形态上分为：固态降水和液态降水。
 - 二、按性质分类为：连续性降水、间歇性降水和阵性降水。
连续性降水一般是层状云产生，间歇性降水一般是波状云产生，阵性降水一般是积状云产生。
 - 三、按强度划分为：小（轻）、中常、大（浓、强）。

【思考题】

阵性降水平产生在哪种型的云中？

5.1.3.3.降水对飞行的影响

【知识掌握程度】

掌握降水对飞行的影响。

【知识点】

- 一、降水时使能见度减小；
 - 二、含过冷水滴的降水会造成飞机积冰；
 - 三、在积雨云区及其附近飞行的飞机可能遭雹击；
 - 四、大雨和暴雨能使发动机熄火；
 - 五、大雨恶化飞机气动性能：主要表现为空气动力损失和飞机动量损耗；
 - 六、降水影响跑道的使用。

【思考题】

~~~~~

## 5.2.大气运动

### 5.2.1.大气的水平运动

#### 5.2.1.1.风的表示和测量

##### 【知识掌握程度】

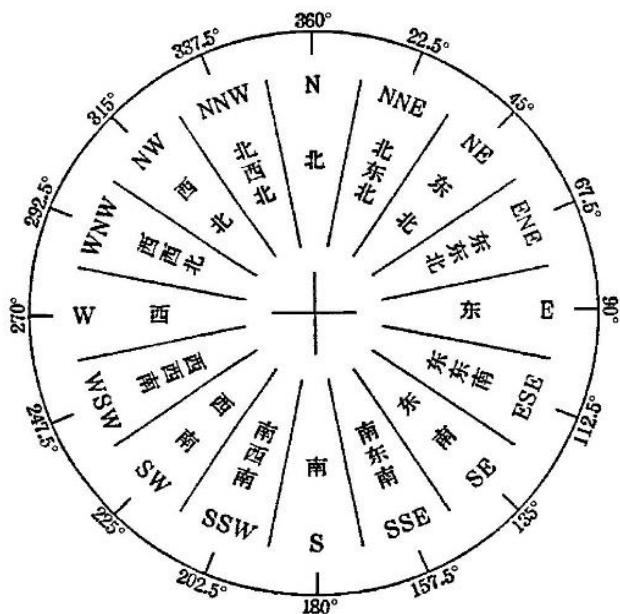
理解风的表示；

了解风的测量。

##### 【知识点】

###### 一、风的表示

风是矢量，气象上的风向是指风的来向，常用360度或16个方位来表示如下图所示。



###### 二、风的测量

风的测量方法主要有仪器测量和目视估计两大类。

常用仪器有风向风速仪、测风气球、风袋、多普勒测风雷达等。

风的目视估计主要是按风力等级表进行的。

##### 【思考题】

什么叫风，气象风的风向、风速是如何表示的？

.....

#### 5.2.1.2.风的形成

##### 【知识掌握程度】

理解形成风的力和风压定律；

掌握风压定律的应用。

## 【知识点】

### 一、形成风的力

实际大气中作用于空气上的水平力有以下几种：

#### 1、水平气压梯度力

使空气产生水平运动的直接动力是气压在水平方向上分布不均匀而形成的水平气压梯度力。

#### 2、地转偏向力

由于地球自转引起的使相对地球运动的物体偏离原来运动方向的力。

#### 3、摩擦力

当空气在近地面运动时，地表对空气运动要产生阻碍作用的力。

#### 4、惯性离心力

空气在水平方向上相对于地球表面做圆周运动时，还要受到惯性离心力的作用。

### 二、风的形成及风压原理

自由大气中的风压定理：风沿着等压线吹，在北半球背风而立，高压在右，低压在左，等压线越密，风速越大。南半球风的运动方向与北半球相反。

摩擦层中的风压定理：风斜穿等压线吹，在北半球背风而立，高压在右后方，低压在左前方，等压线越密，风速越大。

## 【思考题】

形成风的力有哪些，北半球地转偏向力的方向如何？

.....

### 5.2.1.3.风的变化

## 【知识掌握程度】

掌握摩擦层中风的变化；

理解自由大气的变化。

## 【知识点】

### 一、摩擦层中风的变化

摩擦层：1500m

#### 1、摩擦层中风随高度的变化

在摩擦层中，由于摩擦力随高度减小，在气压场随高度变化不大的情况下，随高度增加，风速会逐渐增大，而风向将逐渐趋于与等压线平行。

#### 2、摩擦层中风的日变化

由于摩擦层中上、下层风向风速不一致，白天当上、下层空气混合强烈时，其相互影响就大，上、下层风有趋于一致的趋势，即近地面白天风速增大，风向向右偏转，上层风的变化则相反。

夜晚当空气混合作用减弱时，上、下层风就显示出较大差异，下层风速减小，风向左转，上层风速增大，风向右偏。

### 3、摩擦层中风的阵性

乱流涡旋随大范围基本气流一起运动，引起局地风向不断改变，风速时大时小，形成风的阵性。

## 二、自由大气中风的变化

### 1、自由大气中风随高度变化的原因

自由大气中风随高度有明显的变化，而这种变化主要是由气温水平差异引起的，当水平方向温度分布不均，在自由大气中的不同高度上风就发生了变化。

## 2、热成风

由气温的水平差异而形成的风称为热成风。

由热成风的形成过程可以得出热成风与温度场之间的关系：即风沿着等温线吹，在北半球背热成风而立，高温在右手，低温在左手，等温线越密，风速越大。

### 【思考题】

自由大气中风的变化原因是什么？什么是热成风？

For more information about the study, please contact Dr. John Smith at (555) 123-4567 or via email at [john.smith@researchinstitute.org](mailto:john.smith@researchinstitute.org).

#### 5.2.1.4. 风对飞行的影响

### 【知识掌握程度】

掌握风对飞机起降及航行的影响。

## 【知识点】

### 一、风对飞机起飞着陆的影响

飞机起降时所能承受的最大风速，取决于机型和风与跑道的夹角。

逆风起降时所能承受的风速最大，正侧风起降时所能承受的风速最小。

近地面风由于受地表的影响，变化复杂，具有明显的阵性，风速越大，阵性越强，使飞机受到无规律的影响，难以操纵。

## 二、风对飞机航行的影响

飞机在航线飞行时，顺风飞行会增大地速、缩短飞行时间、减少燃油消耗、增加航程；逆风飞行会减小地速、增加飞行时间、缩短航程；侧风会产生偏流，需进行适当修正以保持正确航向。

### 【思考题】

风对飞机航行有什么影响?

## 5.2.2.大气的垂直运动

### 5.2.2.1.对流

#### 【知识掌握程度】

理解对流运动的概念特征和产生的原因；

理解对流冲击力；

掌握大气稳定度概念及大气稳定度的判据。

#### 【知识点】

##### 一、对流的概念和特征

对流是指大气中一团空气在热力或动力作用下的强烈而比较有规则的升降运动。对流是所有垂直运动中速度最大的，具有水平范围小和持续时间短的特点。

##### 二、对流产生的原因

对流是空气块在热力或动力作用下产生的垂直运动。**热力作用下的对流主要是指在层结不稳定的大气中。****动力作用下的大气对流是指在气流水平辐合或在地形强迫抬升下形成的上升运动。**

##### 三、对流冲击力

使原来静止的空气产生垂直运动的作用力，称为对流冲击力。**对流冲击力分为热力对流和动力对流。**

##### 四、大气稳定度

大气稳定度是指大气对垂直运动的阻碍程度。可将大气稳定度分成三种情形：

1、 $\gamma < \gamma_m (< \gamma_d)$  绝对稳定；

2、 $\gamma > \gamma_d (> \gamma_m)$  绝对不稳定；

3、 $\gamma_m < \gamma < \gamma_d$  条件性不稳定。

#### 【思考题】

什么是大气稳定度，如何判断大气稳定度？

.....

## 5.2.2.2.系统性垂直运动

#### 【知识掌握程度】

理解系统性垂直运动的特征和产生条件。

#### 【知识点】

##### 一、系统性垂直运动及特征

**大范围空气有规则的升降运动称为系统性垂直运动。**

系统性垂直运动具有范围广、升降速度小和持续时间长的特征。

## 二、系统性垂直运动产生的条件

系统性垂直运动一般产生于大范围空气的水平气流辐合、辐散区，以及冷、暖空气交锋区，暖空气被抬升也可产生系统性上升运动。

### 【思考题】

什么是系统性垂直运动？

.....

### 5.2.2.3. 大气波动

#### 【知识掌握程度】

理解大气波动产生的原因和对飞行的影响。

#### 【知识点】

大气在重力作用下产生的波动，叫重力波。

重力波的形成有两种原因：一是两层密度不同的空气发生相对运动时，在其界面上会出现波动。另一种情况是在有较强的风吹过山脉时，由于山脉对气流的扰动作用，在一定条件下，可在山的背风面形成重力波，即山地背风波。

### 【思考题】

大气波动产生的原因？

.....

### 5.2.2.4. 大气乱流

#### 【知识掌握程度】

理解大气中热力乱流和动力乱流。

#### 【知识点】

乱流是空气不规则的涡旋运动，又称湍流或扰动气流。

乱流涡旋是由大气中气流切变引起的。

造成气流切变的原因主要有热力和动力两种，分别形成热力乱流和动力乱流。

### 一、热力乱流

当气温水平分布不均匀时，就会产生大大小小的升降气流，由于它们之间有速度和方向的差异，就会形成乱流涡旋。各乱流涡旋间相互碰撞、影响，使其变形，就形成一定范围内的乱流，即热力乱流。

### 二、动力乱流

当气流流过粗糙地表、丘陵和山区时，由于地表摩擦和地形扰动，会引起气流切变而形成乱流涡旋。当高空风向、风速的空间分布有明显差异时，也会形成乱流，这一类乱流统称为动

力乱流。

### 【思考题】

- 1、大气中乱流有哪几种？
  - 2、什么是热力乱流？

### 5.2.3. 低空风切变

#### 5.2.3.1. 低空风切变分类及影响

### 【知识掌握程度】

理解低空风切变种类；

掌握低空风切变对飞行的影响。

## 【知识点】

把在高度 500m 以下，风向风速在空间一定距离上的变化称为低空风切变。根据飞机的运动相对于风矢量之间的各种不同情况，把风切变分为四种。

## 一、顺风切变

水平风的变量对飞机来说是顺风。顺风切变使飞机空速减小，升力下降，飞机下沉，危害较大。

## 二、逆风切变

水平风的变量对飞机来说是逆风。逆风切变使飞机空速增大，升力增大，飞机抬升。

### 三、侧风切变

飞机从一种侧风或无侧风状态进入另一种明显不同的侧风状态。使飞机发生侧滑、滚转或偏转。

#### 四、垂直切变

飞机从无明显的升降气流区进入强烈的升降气流区域的情形。特别是强烈的下降气流，往往有很强的猝发性，强度很大，使飞机突然下沉，危害很大。

### 【思考题】

什么是低空风切变？风切变可以分为几类？

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4000 or email at [mhwang@uiowa.edu](mailto:mhwang@uiowa.edu).

### 5.2.3.2.容易产生低空风切变的天气

#### 【知识掌握程度】

理解低空风切变产生的天气条件；

掌握低空风切变对飞行危害。

#### 【知识点】

一般容易产生较强的低空风切变的天气和环境条件有以下几种：

##### 一、雷暴

雷暴是产生风切变的重要天气条件。雷暴会产生两种不同的风切变。一种是发生在雷暴单体下面，由下击暴流造成的风切变，其特点是范围小、寿命短、强度大。另一种是雷雨中的下降气流形成强烈的冷性气流，可传到离雷暴云外 20km，有时不伴随其他可见的天气现象，不易发现，对飞行威胁较大。

##### 二、锋面

锋面是产生风切变最多的气象条件。锋两侧气象要素有很大的差异，穿过锋面时，将碰到突然的风速和风向变化。一般来说，在锋两侧温差大和移动快的锋面附近，都会产生较强的风切变。

冷锋的风切变持续时间短，强冷锋及强冷锋后大风区往往存在严重的低空风切变。暖锋的风切变持续时间长，也可出现在距地面锋线前较远的地方。

##### 三、辐射逆温型的低空急流

当晴夜产生强辐射逆温时，在逆温层顶附近常有低空急流，高度一般为几百米。它的形成是因为逆温层阻挡了在其上的大尺度气流运动与地面附近气层之间的混合作用和动量传递，因而在逆温层以上形成了最大风速区即低空急流。

##### 四、地形和地物

当机场周围山脉较多或地形地物复杂时，常有由于环境条件产生的低空风切变。

#### 【思考题】

低空辐射逆温是怎样形成风切变的？

.....

### 5.2.3.3.低空风切变的判断

#### 【知识掌握程度】

掌握低空风切变的判断方法。

#### 【知识点】

及时、有效地判断低空风切变的存在、类型和强度是飞行员必须了解和掌握的技能。目前判断方法有以下三种：

## 一、目视判别法

根据容易产生风切变天气的目视征兆判断，主要有以下几种：

- 1、邻近的云向不同方向大范围移动；
  - 2、烟柱的切变并向不同方向飘散；
  - 3、在飑线前的滚轴云；
  - 4、受强烈的地面阵风影响的树、旗帜等；
  - 5、机场周围的风袋指示不同的风向风速；
  - 6、对流云下部被下冲气流吹起的扬尘；
  - 7、飑线前被阵风吹起的扬尘；
  - 8、雨幡，特别是与对流云同时出现；
  - 9、伴随着持续的波型荚状云；
  - 10、漏斗云；
  - 11、龙卷风。

### 二、座舱仪表判别法

根据飞机遭遇风切变容易受影响的仪表的变化判断，主要有以下几种仪表：

- 1、空速表；
  - 2、高度表和升降速度表；
  - 3、俯仰姿态指示器。

### 三、机载专用设备探测

机载风切变告警系统，主要有反应式风切变探测系统（RWS）和预测式风切变探测系统（PWS）。

### 【思考题】

低空风切变的目视征兆有哪些？

~~~~~

5.3. 飞机积冰

5.3.1. 飞机积冰的类型

【知识掌握程度】

理解飞机结构性积冰不同类型形成；

掌握不同类型积冰对飞行的危害及影响程度。

【知识点】

飞机积冰是指飞机机身表面某些部位聚集冰层的现象。根据它们的结构、形状以及对飞行影响程度不同，可以分为明冰、雾凇、毛冰和霜四种。

一、明冰：光滑透明、结构坚实。在 $0\sim-10^{\circ}\text{C}$ 的过冷雨中或大水滴组成的云中形成。

二、雾凇：不透明，表面粗糙。云中过冷水滴通常很小，相应的，过冷水滴的数量也较少，多形成在温度为-20℃左右的云中。

三、毛冰：表面粗糙不平，冻结得比较坚固，像白瓷，云中往往是大小过冷水滴同时并存，形成在温度为-5~-15℃的云中。

四、霜：飞机由低于 0°C 的区域进入较暖的区域，由水汽凝华而成的。

【思考题】

飞机积冰有哪几种？它们是怎样形成的？

~~~~~

### 5.3.2. 飞机积冰的大气环境

### 【知识掌握程度】

掌握飞机积冰和云中温度、湿度的关系。

掌握飞机积冰和云状关系。

## 【知识点】

### 一、飞机积冰与云中温度、湿度的关系

通常飞机积冰形成于温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 的云中。但云中温度越低，过冷水滴越少，故在温度低于 $-20^{\circ}\text{C}$ 的云中飞机的次数很少。

云中温度露点差值越少，相对湿度就越大，越有利于积冰的形成。

## 二、飞机积冰与云状的关系

## 1、积云和积雨云

积云、积雨云中上升气流强，云中含水量和水滴都很大，因而云中积冰强度比较大。

## 2、层云和层积云中的积冰

这两种云多出现在逆温层下，云中含水量中等，含水量分布由云底向上增大。因此，

云中积冰强度比积状云小，通常为弱积冰或中积冰。

### 3、雨层云和高层云中的积冰

这两种云的水滴含量也比积状云少，积冰强度一般较弱。但在锋线附近的雨层云中飞行，由于范围大，也能产生强积冰。

### 【思考题】

产生飞机积冰的气象条件如何？

~~~~~

5.3.3. 影响飞机积冰的因素

【知识掌握程度】

理解影响积冰强度的因素。

【知识点】

一、云中过冷水含量和水滴的大小

云中过冷水滴含量越大，积冰强度也越大。

二、飞行速度

低速飞行，速度越大，单位时间内碰到机体上的过冷水滴越多，积冰强度就越大。高速飞行，飞机动力增温，往往不发生积冰。

三、机体积冰部位的曲率半径

机体曲率半径小的地方，与过冷水滴相碰的机会多，故积冰也强。

【思考题】

影响飞机积冰强度的因素有哪些？

5.3.4. 飞机积冰的影响

【知识掌握程度】

掌握积冰对飞行的影响。

【知识点】

一、破坏飞机的空气动力性能

增加飞机的重量，改变了重心和气动外形，破坏了原有的气动性能。机翼和尾翼积冰，使升力系数下降，阻力系数增加。

二、降低动力装置效率，甚至产生故障

螺旋桨飞机的桨叶积冰使飞机推力减小，脱落的冰块还可打坏发动机和机身，甚至造成发动机熄火。

三、影响仪表和通信，甚至使之失灵

积冰会造成堵塞空速管和静压孔，可影响全静压系统的正常工作。

天线积冰，影响无线电的接收与发射，甚至中断通信。

迎角传感器积冰会导致错误的迎角数据。

四、其他影响

风挡玻璃积冰，影响飞行员视线。

【思考题】

积冰对飞行有什么影响？

~~~~~

## 5.4.对流性天气

### 5.4.1.雷暴的结构和天气

#### 5.4.1.1.雷暴的形成

##### 【知识掌握程度】

理解雷暴形成的条件。

##### 【知识点】

雷暴是由强烈发展的积雨云产生的，形成强烈的积雨云需要有如下三个条件：

- 一、**深厚而明显的不稳定气层**；
- 二、充沛的**水汽**；
- 三、足够的**冲击力**。

##### 【思考题】

雷暴的形成的基本条件是什么？

.....

#### 5.4.1.2.一般雷暴单体的生命史

##### 【知识掌握程度】

理解一般性雷暴的结构和各个不同发展阶段特征。

##### 【知识点】

###### 一、一般雷暴的结构

构成雷暴云的每一个积雨云称为雷暴单体。由一个或数个雷暴单体构成的雷暴云，其强度仅达一般程度，即为**一般雷暴**。

###### 二、一般雷暴单体的生命史

###### 1、形成阶段

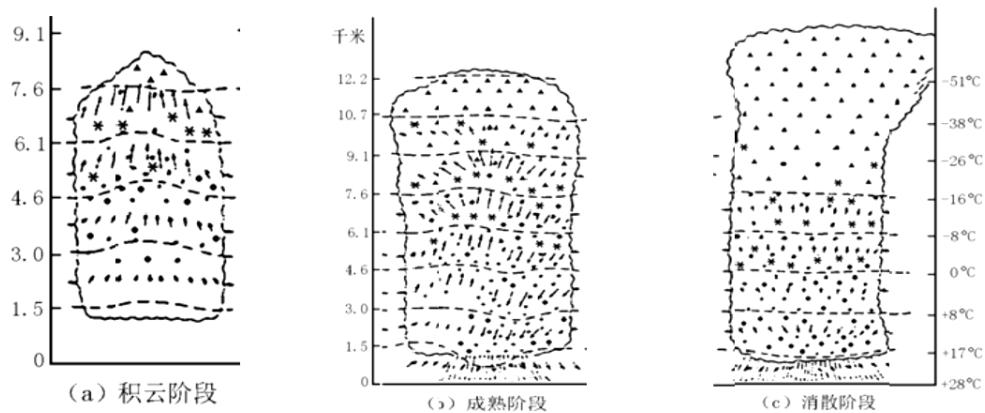
云内都是上升气流，等温线向上凸；云滴大多由水滴构成，一般没有降水和闪电（如图（a）所示）。

###### 2、成熟阶段

云中除上升气流外，局部出现系统的下降气流，上升气流区温度高，下降气流区温度低，降水产生并发展；有强烈的湍流、积冰、闪电、阵雨和大风等危险天气；云顶成砧状（如图（b）所示）。

###### 3、消散阶段

下降气流遍布云中，等温线向下凹，云体向水平方向扩，云体趋于瓦解和消散，残留的**云砧或转变为伪卷云、积云性高积云、积云性层积云**（如图（c）所示）。



### 【思考题】

雷暴单体发展有几个阶段？各阶段主要特征是什么？

.....

### 5.4.1.3. 强雷暴

#### 【知识掌握程度】

了解强雷暴的结构；

掌握强雷暴过境地面天气；

了解强雷暴的种类。

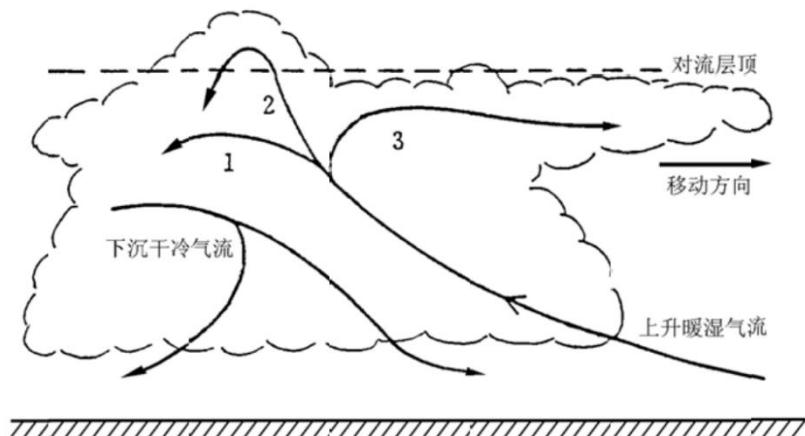
#### 【知识点】

强雷暴云的结构和天气

如果大气中存在更强烈的对流性不稳定和强的垂直风切变就会形成比普通雷暴更强、持续时间更长、水平尺度更大的强雷暴。

##### 1、强雷暴云的结构

强雷暴云的结构表现为云体内有稳定、强大的升降气流；强雷暴云的气流结构，使上升气流和下降气流能同时并存且维持相当长时间（如图所示）。



强烈雷暴的气流结构

## 2、强雷暴过境时的地面天气

- (1) 飚：大气中风突然急剧变化的现象称为飚，在飚出现时，风向急转，风速剧增。
  - (2) 冰雹：大的或中等的冰雹降落在飑锋后的大风区，小冰雹则会随斜升扭转气流沿  
云顶抛出，落在距离云体几千米以外的地方。
  - (3) 龙卷：从积雨云中伸展出来的漏斗状的猛烈旋转的云柱。
  - (4) 暴雨：强雷暴云一般有强度极大的阵性降水，持续时间长往往形成暴雨。

### 3、强雷暴的种类

强雷暴可分为多单体风暴、超级单体风暴和飑线风暴三种。

### 【思考题】

强雷暴过境时的地面有哪些天气特征？

~~~~~

5.4.2.雷暴的种类及活动特征

5.4.2.1.热雷暴

【知识掌握程度】

理解热雷暴的形成；

掌握热雷暴的活动特点。

【知识点】

由热力对流产生的雷暴称热雷暴。

由于热力对流往往不够强盛，因而热雷暴表现出范围小、孤立分散、各个雷暴云间通常有明显间隙的特点。

由于热雷暴的产生与近地层气温升高密切相关，所以随着气温的日变化，热雷暴也表现出明显
的日变化特点。

【思考题】

什么是热雷暴，它有什么特点？

For more information about the study, please contact Dr. John Smith at (555) 123-4567 or via email at john.smith@researchinstitute.org.

5.4.2.2. 地形雷暴

【知识掌握程度】

理解地形雷暴形成的原理。

【知识点】

地形雷暴是暖湿不稳定空气在山脉迎风坡被强迫抬升而形成的雷暴。

典型的地形雷暴常很快形成，雷暴云沿山脉走向成行出现而不大移动，且面积较大，云中气流剧烈，降水强度大，有时还会降冰雹；云底高度较低，常能遮住整个山头，悬崖和峭壁可能被遮盖起来。

【思考题】

什么是地形雷暴？它有什么特点？

.....

5.4.2.3.天气系统雷暴

【知识掌握程度】

理解各种天气系统雷暴的形成和活动特点。

【知识点】

一、**锋面雷暴**

1、冷锋雷暴

冷锋雷暴是**冷空气强烈冲击暖湿不稳定**空气而形成的。

冷锋强、锋面坡度大、移动快、暖空气不稳定、暖湿程度大时，有利于冷锋雷暴的形成。

2、静止锋雷暴

静止锋雷暴是由**暖湿不稳定**空气沿锋面上升，或是由低层气流辐合上升而形成的。

静止锋雷暴**范围较广、持续时间长**。

3、暖锋雷暴

暖锋雷暴是在**暖锋向前移动**时，由**暖湿不稳定**空气沿暖锋上升而形成。在 850hPa 或 700hPa 上有切变线配合时，较容易产生雷暴。

二、**冷涡雷暴**

冷涡雷暴可分为**北方冷涡雷暴**和**南方冷涡雷暴**两种。

三、空中**槽和切变线**雷暴

强烈的**辐合**气流，能产生较大范围的强烈的上升运动，有利于雷暴的形成。

四、副热带高压西部雷暴

在副热带高压西部外围，空气比较**暖湿**，常有**不稳定**气层出现，只要有足够的热力或动力冲击力，雷暴就可以形成。

【思考题】

冷锋雷暴是怎么形成的，它有什么特点？

.....

5.4.2.4.雷暴的活动特征

【知识掌握程度】

理解雷暴的活动。

【知识点】

一、雷暴的移动与传播

雷暴从产生到消失的整个过程中，都是不断移动着的，它的移动，主要受两个因素的作用：一是随风飘移；二是传播，传播是指原来雷暴的周围产生出新雷暴的现象，新雷暴发展，老雷暴消亡。

一般雷暴的移动主要受随风漂移；强雷暴的移动主要受随风漂移和传播的共同影响。

二、雷暴的季节变化

一年中雷暴出现最多的季节是夏季，春秋次之，冬季除华南少数地区外，全国极少有雷暴出现。

【思考题】

什么是雷暴的传播以及雷暴的季节变化?

~~~~~

5.4.3.雷暴对飞行的影响

5.4.3.1.下击暴流

【知识掌握程度】

掌握下击暴流（DBST）和微下击暴流（MBST）。

【知识点】

能引起地面或近地面出现大于 18m/s 雷暴大风的那股突发性的强烈下降气流，称为下击暴流。

下击暴流是雷暴强烈发展的产物，在雷暴云中伴随着倾盆大雨存在着强烈的下降气流，当它冲泻到低空时，在近地面会形成强劲的外流—雷暴大风。

在下击暴流的整个直线气流中，还嵌有一些小尺度外流系统，称为微下击暴流。

下击暴流的地面外流的水平尺度是 4~40KM，生命周期很短，一般只有 10~15min；微下击暴流的地面外流的水平尺度 400~4000M，生命周期很短，有的只有几分钟。

【思考题】

什么是下击暴流？

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4330 or via email at mhwang@uiowa.edu.

5.4.3.2.雷击

【知识掌握程度】

理解雷击的形成；

掌握雷击对飞行的危害。

【知识点】

一、雷击现象

雷暴云与地面之间的放电或雷暴云与航空器之间的放电称为雷击。

二、雷击的危害

造成电子设备受到干扰，数据丢失，产生误动作或暂时瘫痪；严重时可引起元器件击穿及电路板烧毁，使整个系统陷于瘫痪。

【思考题】

雷击对飞行的危害有哪些？

.....

5.4.3.3.飞行中对雷暴的判断

【知识掌握程度】

掌握飞行中对雷暴的判断方法。

【知识点】

一、根据云的外貌判断

1、较强雷暴云的特征

云体高大耸立，有砧状云顶和最高云塔；

云底呈弧状、滚轴状；

云体下半部较暗，并有中心黑暗区；

周围有旺盛的浓积云伴随；

有垂直闪电。

2、较弱雷暴云的特征

云体结构松散，砧状云顶有与下部云体脱离的趋势；

有水平闪电。

二、云中飞行时对雷暴的判断

1、根据无线电罗盘指针判断

接近雷暴时，无线电罗盘指针会左右摇摆或缓慢旋转。

2、根据通信受的干扰来判断

一般离雷暴越近，受的干扰越大，有时通信完全中断。

3、根据天气现象来判断

颠簸逐渐增强，大量降水和积冰的出现，是飞进雷暴云的标志。

三、使用气象测雨雷达和机载气象雷达探测雷暴

在雷达荧光屏上，雷暴云回波的强度大，内部结构密实，边缘轮廓分明，显得特别明亮，在彩色荧光屏上为黄色和红色。

【思考题】

在云中飞行时怎样判断是雷暴云?

5.4.4. 特殊地形下的对流性天气

5.4.4.1.山地背风波

【知识掌握程度】

理解山地背风波的形成条件和对飞行的影响。

【知识点】

气流越山时，在一定条件下，会在山脊背风面上空形成波动气流，称为山地背风波或地形波或驻波。

一、背风波形成的条件

- 1、气流越过长山脊或山岳地带；
 - 2、风向与山脊垂线的交角小于30度；风速在山脊高度上一般不能小于10m/s，且从山脊对流层顶，风速随高度的增加或减小保持不变；
 - 3、在山的迎风面低层气层显著稳定，上层气流稳定性减小。

二、背风波对飞行的影响

- 1、山地波中有明显的升降气流和乱流，可给飞行造成很大的影响；
 - 2、背风波中的下降气流不仅使飞机高度下降，也使气压式高度表读数偏高；
 - 3、山地波波区风速很大，还有很强乱流，有时还有滚转气流，会使飞机严重颠簸；乱流最强的区域处在背风波区比山顶稍低的地方。

【思考题】

背风波形成的基本条件?

5.4.4.2.地方性的风

【知识掌握程度】

理解地方性风。

【知识点】

一、下坡风

下坡风在某些情况下，空气越山后，在山的背风面一侧会出现局地强风，这种自山上吹下来的局地强风，称下坡风。

二、海陆风

白天，由于陆地增热比水面快，陆地气温高于海面，陆地上空气产生上升运动，海面上空气产生下沉运动。由于空气运动的连续性，低层空气将从海上吹向陆地，形成海风，而上层空气将从陆地流向海洋，形成一个完整的热力环流。晚上的情形与此相反，形成陆风。

三、山谷风

白天，山坡气温高于山谷上同高度气温，形成低层风从谷地吹向山坡，形成谷风。晚上则形成山风。

四、峡谷风

由于空气的连续性，当其进入狭窄的地方时，流速要加大。在山区和丘陵地区常出现这种风，使风速变化增大，对山地飞行带来影响。

【思考题】

什么是下坡风，它是怎样形成的？

5.4.5.热带气旋

5.4.5.1.热带气旋分类及形成

【知识掌握程度】

理解热带气旋的分类；

了解热带气旋的形成。

【知识点】

一、热带气旋分类

- 1、热带低压。中心最大风速 $10.8\sim17.1$ 米每秒（6~7 级）；
 - 2、热带风暴。中心最大风速 $17.2\sim24.4$ 米每秒（8~9 级）；
 - 3、强热带风暴。中心最大风速 $24.5\sim32.6$ 米每秒（10~11 级）；
 - 4、台风。中心最大风速 $32.7\sim41.4$ 米每秒（12~13 级）；
 - 5、强台风。中心最大风速 $41.5\sim50.9$ 米每秒（14~15 级）；

6、超强台风。中心最大风速 ≥ 51 米每秒（大于16级）。

二、热带气旋的形成

形成热带风暴的两个必要条件是温度和湿度，形成热带风暴的最佳条件是水面温度高于 27°C 和纬度大于10°。

全球热带气旋主要产生在8个海区，其中以北太平洋西部最多，北太平洋西部的台风主要集中在三个海区：**菲律宾以东洋面、关岛附近洋面和南海中部**。

【思考题】

热带气旋是如何分类？

.....

5.4.5.2.热带气旋移动及天气

【知识掌握程度】

掌握影响我国热带气旋的移动路径；

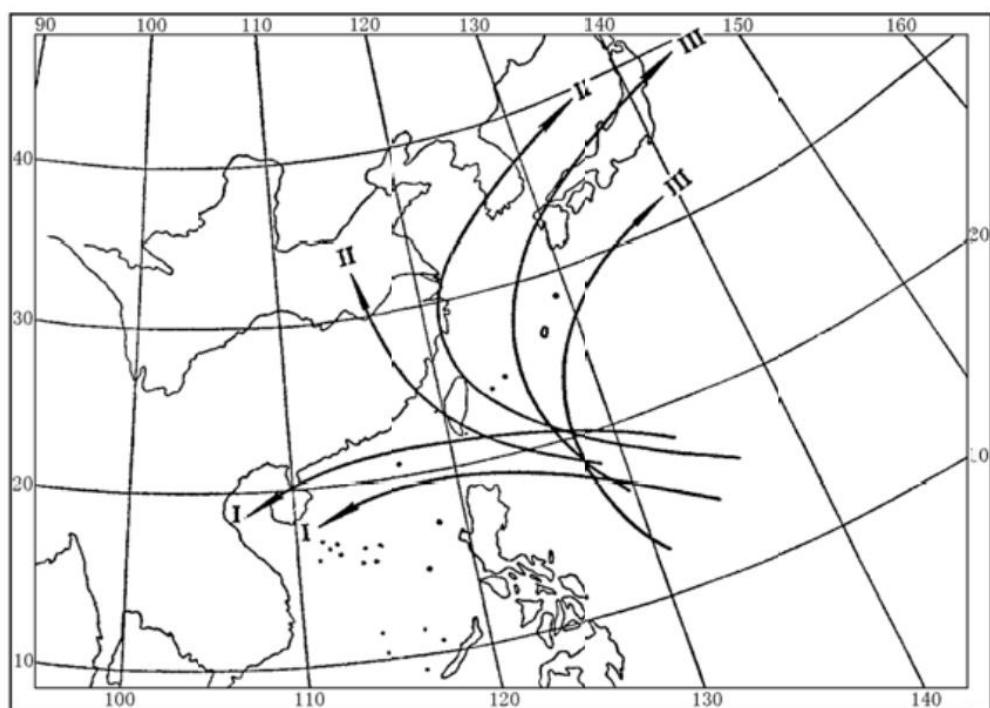
掌握热带气旋天气。

【知识点】

一、热带气旋移动

北太平洋西部台风在源地生成后，其移动路径大致分为三条：

- 1、西移路径：台风从菲律宾以东一直向偏西方向移动。
- 2、西北路径：台风以菲律宾移动西北偏西方向移动。
- 3、转向路径：台风从菲律宾以东向西北方向移动。



二、热带气旋天气

主要是台风天气。台风区内水汽充沛，上升气流强，当它登陆时，常常给沿海地区带来特大暴雨，**最大降水**集中在台风眼**周围的云墙**、螺旋状云带附近，另外，台风中心附近风力极强，所经之处，常常造成风灾。

【思考题】

影响我国的热带气旋移动路径有哪些？



5.5.气团和锋面

5.5.1.气团

5.5.1.1.气团的形成及分类

【知识掌握程度】

了解气团的定义；
理解气团的形成；
掌握气团的热力分类。

【知识点】

气团是指气象要素（主要指温度和湿度）水平分布比较均匀的大范围的空气团。

一、气团的形成

气团形成需要具备两个条件：一是要有大范围性质比较均匀的下垫面。二是还必须有使大范围空气能较长时间停留在均匀的下垫面上的环流条件，以使空气能有充分时间和下垫面交换热量和水汽，取得和下垫面相近的物理特性。

二、气团的分类

1、地理分类法（地理位置和下垫面性质）

按气团源地分成四个基本类型：冰洋气团、极地气团、热带气团、赤道气团；

按源地的湿度性质：将气团分为海洋性气团和大陆性气团两种。

2、热力分类法

(1) 凡是气团温度高于流经下垫面温度的，称为暖气团；

(2) 气团温度低于流经下垫面温度的，称为冷气团。

【思考题】

什么是气团，请问气团形成的条件是什么？

.....

5.5.1.2.气团的变性及天气

【知识掌握程度】

理解气团变性的基本天气特征。

【知识点】

一、气团的变性

大气总是处在不断的运动中，当气团在源地形成后，气团中的部分空气就会离开源地移到与源地性质不同的地面，气团中的空气与新地表产生了热量与水分的交换，气团的物理性质就会逐渐变化，这种变化称为气团的变性。

二、气团天气

1、冷气团的天气特征

当冷气团移到较暖的地表后，使所经地区变冷，而本身则下部被加热，由于低层增温，气温直减率增大，气层趋于不稳定，有利于对流的发展。

2、暖气团的天气特征

暖气团移经较冷的地表后，使所经地区变暖，而本身则从下部开始逐渐冷却。由于冷却从低层开始，气温直减率变小，气层趋于稳定，有时会形成逆温或等温层，可引起长时间的低云幕和低能见度现象。

【思考题】

什么是气团的变性?

5.5.1.3. 影响我国的气团

【知识掌握程度】

掌握影响我国的气团。

【知识点】

影响我国气候的主要气团是西伯利亚冷高压（中纬度大陆气团）和西太平洋副热带高压（热带海洋气团）。

春季(3~5月)冷、暖两个高压之间常呈拉锯战,冷高占上风时,多伴有风沙、雷雨、冷空气、寒潮天气;均势力敌时多形成江南、华南连阴雨。

夏季（6~8月）往往西太平洋副热带高压（暖气团）多占主导位置，处其边缘时，午后多有雷阵雨；受其控制时会出现高温伏旱。

秋季（9~11月）西太平洋副热带高压逐渐东南退到海上，大陆冷气团南压，多形成伏秋连旱、秋老虎天气；若遇西太平洋副热带高压位置偏东在东海沿海，与 冷高 之间易产生切变线，形成华西秋雨。

冬季（12月～次年2月）多以冷高控制，冷空气、寒潮、大风天气多见。

【思考题】

影响我国的气团有哪些？

5.5.2.锋面

5.5.2.1.锋面定义

【知识掌握程度】

理解锋面的定义；

理解锋面气象要素分布特征。

【知识点】

一、锋面定义、特征

锋是冷暖气团之间的狭窄、倾斜过渡地带。当性质不同的两个气团，在移动过程中相遇时，它们之间就会出现一个交界面，叫做锋面。

由于锋两侧的气团性质上有很大差异，所以锋附近空气运动活跃，在锋中有强烈的升降运动，气流极不稳定，常造成剧烈的天气变化。因此，锋是重要的天气系统之一。

二、锋面的气象要素

1、温度场：锋附近区域内，在水平方向上的温度差异非常明显，锋面往往是逆温层。

2、气压场：锋附近区域气压的分布不均匀，锋处于气压槽中。

3、锋附近风场：风在锋面两侧有明显的逆向转变，即由锋后到锋前，风向呈逆时针方向变化。

锋后：冷空气一侧
锋前：暖空气一侧
冷侧->暖侧 backing/逆时针

【思考题】

锋面两侧的温度和风的分布有何特征？

.....

5.5.2.2.冷锋

【知识掌握程度】

理解冷锋的定义；

掌握冷锋的天气特点。

【知识点】

一、冷锋的定义

锋面在移动过程中，冷气团起主导作用，推动锋面向暖气团一侧移动。

二、冷锋的特点

大多数冷锋天气具有一些共同特征：常生成积状云，有阵性降水和较强的乱流；伴有强烈阵风；锋面过境后天气晴朗，能见度好。

【思考题】

什么是冷锋，冷锋过境所带来的天气？

.....

5.5.2.3.暖锋

【知识掌握程度】

理解暖锋的定义；

理解暖锋天气特点。

【知识点】

一、暖锋的定义

锋面在移动过程中，若暖空气起主导作用，推动锋面向冷气团一侧移动，这种锋称为暖锋。

暖锋多在中国东北地区和长江中下游活动，大多与冷锋联结在一起。

二、暖锋的特点

1、天气特征

暖锋过境时，温暖湿润，气温上升，气压下降，天气多转云雨天气。与冷锋相对。暖锋比冷锋移动速度慢，可能会连续性降水或出现雾。

2、降水特点

强度小、范围广、时间长，降水在锋前。

【思考题】

什么是暖锋，暖锋过境的天气特征有哪些？

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4550 or via email at mhwang@uiowa.edu.

5.5.2.4.准静止锋

【知识掌握程度】

理解准静止基本特点。

【知识点】

当冷暖气团势力相当，锋面移动很少时，称为准静止锋，简称为准静止锋。

影响我国的准静止锋主要有：华南准静止锋，江淮准静止锋，昆明准静止锋，天山准静止锋。

江淮地区由于冷暖气团势均力敌形成准静止锋，在每年6月形成梅雨。云贵高原由于昆明海拔较高，在贵阳一带形成准静止锋，冬季多雨。

【思考题】

准静止锋的天气特点是什么？

~~~~~

## 5.6.常规天气分析

### 5.6.1.天气图

#### 5.6.1.1.地面天气图

##### 【知识掌握程度】

了解地面天气图填图的格式及填图项目；

理解地面天气图分析的项目。

##### 【知识点】

地面天气图的可以了解地面天气系统和天气现象的分布状况，进而判断天气演变趋势。

地面天气图的分析项目，通常包括海平面气压场、等三小时变压场、天气现象和锋线等。

#### 一、海平面气压场的分析

海平面上的气压分布，称为海平面气压场。

海平面气压场分析，就是在地面图上绘制出等压线（即按规定把气压数值相同的各点连成线），从绘制出的等压线图上能清楚地表明气压系统在海平面的分布情况。

#### 二、云和天气现象的分析

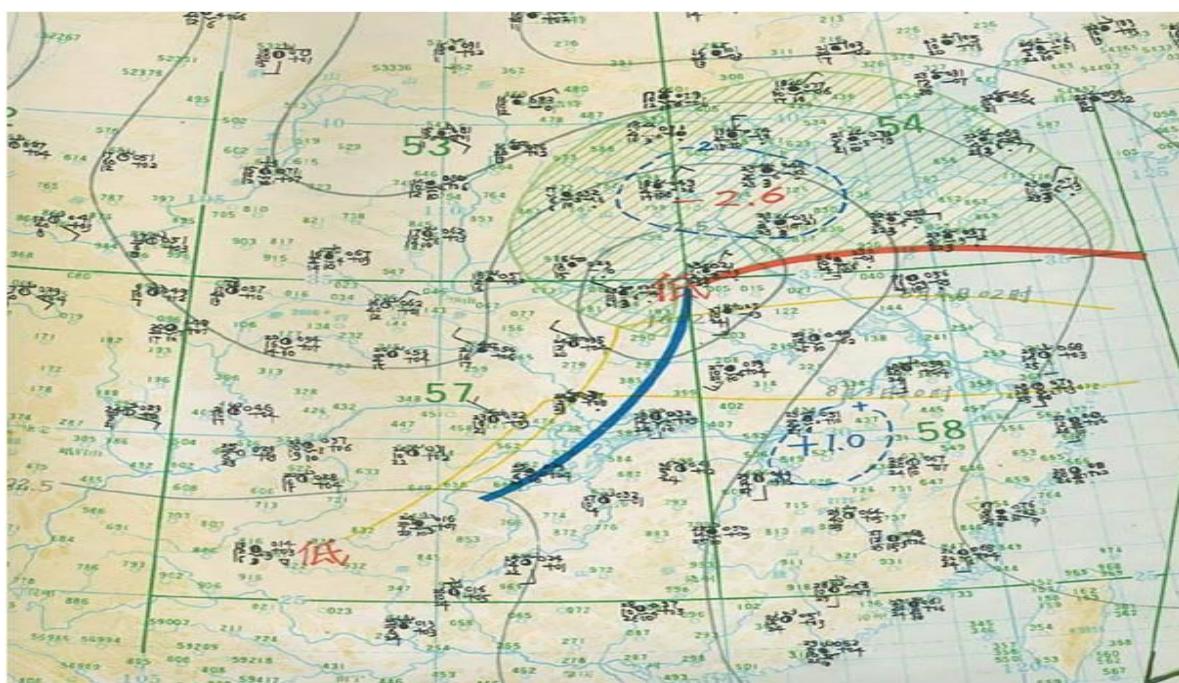
云和天气现象的分析，包括云和天气现象的性质、分布情况和演变过程。

为了一目了然地显示各种主要天气现象的分布，地面图上采用各种颜色铅笔勾画和标注主要天气区，还可以根据工作需要勾画和标注某种云状的区域。

#### 三、锋线分析

锋线分析就是确定锋线的位置、性质、强度及其变化情况等。

#### 四、地面天气图图例



**【思考题】**

地面天气图都分析哪些项目？

.....

**5.6.1.2. 高空等压面图****【知识掌握程度】**

理解等压面图种类及单站填图项目；

理解等压图分析的项目。

**【知识点】**

分析高空等压面图，可以了解大气压力场、风场、温度场和湿度场的空间分布及其相互联系，有助于认识天气系统的空间结构和发展演变的原因。

等压面图的分析项目，一般包括各等压面的位势高度场、风场、温度场及温度露点差、槽线、切变线等。

**一、等高线分析**

等高线用黑色铅笔以平滑实线绘制。

**二、槽线、切变线分析**

槽线、切变线的分析，一般是用棕色铅笔画出当时的槽线和切变线。

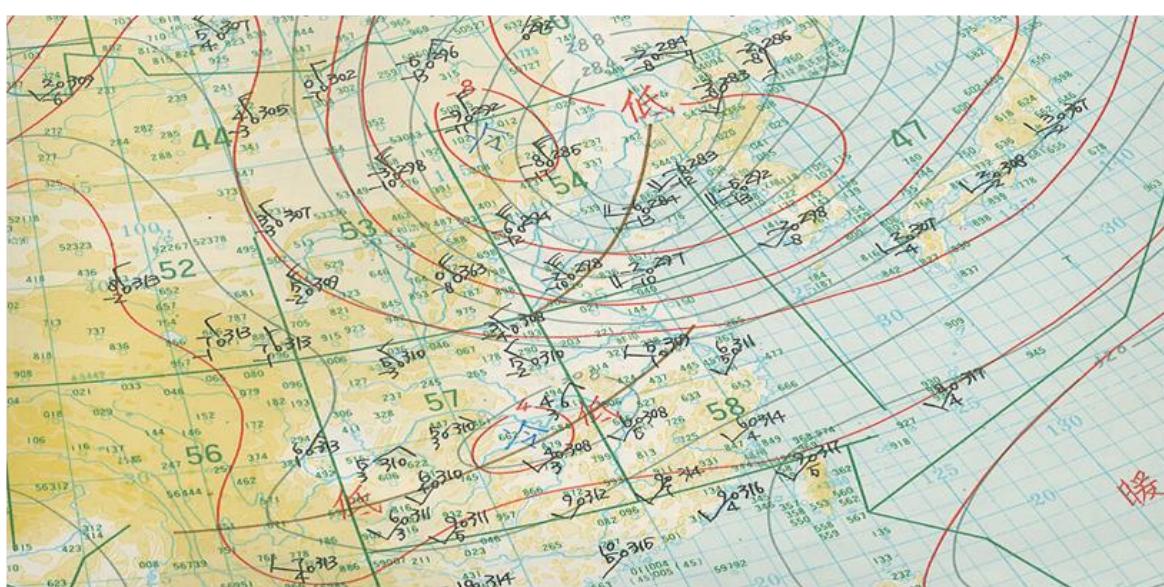
槽线是低压槽中等高线曲率最大点的连线，而切变线是风场的不连续线。

**三、等温线分析**

等温线用红色铅笔以平滑实线绘制。

**四、温度平流分析**

冷、暖空气水平运动所引起的某些地区气温变冷或增暖的现象称温度平流。

**五、等压面图图例（700mb 或 700hpa）**

### 【思考题】

300百帕平均海拔高度约为9000米；  
200百帕平均海拔高度约为12000米；

- 1、常用的等压面图有哪些？
  - 2、300mb 和 200mb 等压面平均海拔高度是多少？

~~~~~

5.6.2. 重要天气系统

5.6.2.1. 气旋

【知识掌握程度】

理解气旋的定义和分类。

【知识点】

一、气旋的定义

气旋（cyclone）是指北（南）半球，大气中水平气流呈逆（顺）时针旋转的大型涡旋。在同一高度上，气旋中心的气压比四周低，又称低压。

二、气旋的分类

根据气旋形成和活动的主要地理区域，可将其分为温带气旋和热带气旋两大类；按其形成原因及热力结构，则可分为冷性气旋和热低压两大类。

三、影响我国的气旋

1、锋面气旋

锋面气旋就是带有锋面的气旋，强度自地面向上逐渐减弱，一般到三四千米高度上，大多变成了低压槽。

2、冷涡

冷性低涡的简称。中心冷于四周的涡，其强度随高度的增加而增强。

东北冷涡: 活动于我国东北地区或其附近的高空大型冷涡。它是能够维持3~4天或更长时间的深厚系统。

西南低涡: 亦简称西南涡。在西藏高原及西南地区**特殊地形**和一定环流共同作用下，产生于我国西南地区。

3、热低压

热低压是出现在近地层的暖性气旋，它是浅薄的不大移动的气压系统，一般到三、四千米高度上就不明显了。

【思考题】

- 1、西南涡是如何形成的？
 - 2、西南涡天气特点是什么？

When the southwest vortex stays, it produces cloudy and rainy day, and sometimes even thunderstorm

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4000 or email at mhwang@uiowa.edu.

5.6.2.2.反气旋

【知识掌握程度】

了解反气旋的定义和分类；

理解蒙古冷高压和副热带高压的天气特征。

【知识点】

一、反气旋的定义

反气旋是指中心气压比四周气压高的水平空气涡旋，也是气压系统中的高压。

北半球反气旋中，低层的水平气流呈顺时针方向向外辐散。

二、反气旋的分类

反气旋按生成的地理位置分为温带反气旋、副热带反气旋和极地反气旋。

按反气旋的结构分为冷性反气旋（冷高压）和暖性反气旋（暖高压）。

三、影响我国的反气旋

1、蒙古冷高压

蒙古冷高压是由于海陆热力性质差异形成于蒙古西伯利亚一带的冷高压。1月份前后达到最强，势力强盛可影响整个欧亚大陆，春季东移，盛夏时消失。

蒙古高压控制下的气团属于中纬度大陆气团，冷而干燥，层结稳定，天气晴好为主。

2、太平洋副热带高压

西太平洋副热带高压对我国天气、气候有重要影响。在副高脊附近，下沉气流强，风力微弱，天气炎热；脊的西北侧与西风带相邻，常有气旋、锋面、低槽等天气系统活动，多阴雨天气。

【思考题】

1、什么是反气旋，反气旋的气流运动情况是什么样的？

2、影响我国的反气旋有哪些？

.....

5.6.2.3.槽线和切变线

【知识掌握程度】

了解槽线和切变线的定义；

理解槽线和切变线的天气特征。

【知识点】

一、槽线

槽线是自低压中心到低压槽内气压最低的点的连线。槽线的两侧风向有明显转折。

在水平方向，槽前盛行西南暖湿气流，槽后为干燥的西北气流；在垂直方向，槽前有上升运动，如水汽充沛，常产生降水，槽后为下沉气流，天气转晴。

横穿槽线飞行，会遇到槽线附近和槽线的阴雨天气和明显的风向风速变化，在北半球，先遇到左侧风，过槽线后转为右侧风，而且槽区由于气流切变常有乱流，使飞机发生颠簸。

二、切变线

在某一地区范围内，只有风的转变，没有明显的温度差异，这就叫切变线。

切变线两侧风向、风速的不一致，切变线区域内形成辐合带，使大量气流上升，常出现阴雨天气。

横穿切变线飞行遇到的天气与槽线相似，除阴雨天气外，也会遇到风向风速的变化和飞机颠簸。

【思考题】

- 1、请问什么是槽线和切变线？
 - 2、槽线和切变线有什么相同之处？

~~~~~

### 5.6.3. 天气预报的基本方法

#### 5.6.3.1.天气预报

### 【知识掌握程度】

了解天气形势预报内容和方法。

Weather prognostic  
extrapolation, physical analysis, statistic, modeling

## 【知识点】

天气形势是指天气系统的综合表现，天气形势预报就是对天气系统的生消、移动及强度变化的预报。

用天气图作短时和短期天气形势预报的方法，主要有外推法、物理分析法、统计资料法和模式法等。其中外推法是指：根据最近一段时间天气系统的移动和强度变化情况，顺时外延，预报其未来的位置和强度的方法。

### 【思考题】

### 什么是天气形势预报？

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4520 or via email at [mhwang@uiowa.edu](mailto:mhwang@uiowa.edu).

### 5.6.3.2. 气象要素预报

### 【知识掌握程度】

理解气象要素内容；  
了解气象要素预报本思路。

## 【知识点】

## 一、气象要素预报内容

气象要素预报的内容很多，主要包括风、气温、雾、云和降水等气象要素的预报。

航空上的预报即是短时气象要素预报，其特点是对风、云、能见度及某些对飞行影响的天气现象预报的精度要求很高，时间也要求很准。

## 二、气象要素预报的基本思路

- 1、做好天气形势预报，确定未来影响本地区的天气系统；
  - 2、总趋势确定后，再考虑本地的自然地理条件；
  - 3、参考近期内本站及其附近各地气象要素的演变；
  - 4、考虑各气象要素的日变化规律。

### 【思考题】

气象要素预报内容有哪些?

## 5.7.高空气象环境

### 5.7.1.高空的一般气象条件

#### 5.7.1.1.对流层顶

##### 【知识掌握程度】

理解对流层基本特点；

掌握对流层顶和飞行之间关系。

##### 【知识点】

对流层顶是指从对流层到平流层之间的一个过渡气层。

对流层顶的具体高度和温度，是随季节和纬度而变化的，一般而言，夏季或低纬地区，对流层顶较高，气温较低；冬季或高伟地区，对流层顶较低，气温较高。

##### 【思考题】

1、什么是对流层顶？

2、对流层顶的高度和气温如何变化？

.....

#### 5.7.1.2.高空影响飞行的因素

##### 【知识掌握程度】

掌握高空影响飞行气象要素。

##### 【知识点】

###### 一、臭氧

在高度约 10~50km 的大气中，臭氧含量较多，特别是在 20~25km 高度处，臭氧含量最大，可达空气体积比的百万分之几。

###### 二、空气密度

高空、平流层中空气密度小，在中纬度 12km 和 20km 高度上，空气密度仅及地面的 25% 和 7%。

###### 三、目视条件变化

在高空、平流层中，由于空气中水汽及尘埃极少，所以能见度一般较好。

###### 四、火山灰云

火山灰云是火山喷发时小的火山灰颗粒悬浮在空中形成的云。

在火山灰云中飞行可造成由静压系统工作和各种仪表失真，发动机受火山灰杂质腐蚀和堵塞而易受损伤，严重时可使发动机熄火，危及飞行安全。

###### 五、辐射

### 【思考题】

火山灰云对飞行有何影响，对付火山灰云应采取哪些措施？

### 5.7.2. 高空急流

#### 5.7.2.1.高空急流的形成及特征

### 【知识掌握程度】

掌握高空急流的特征；

理解高空急流形成的原因。

## 【知识点】

高空急流是位于对流层上层或平流层中的强而窄的气流。急流中心的长轴称为急流轴，它近于水平。

## 一、高空急流的形成

高空急流的形成和大气中水平气温梯度大相关。如果在大气中有一个水平气温梯度大的区域，在它的高空，必有一个强风带存在，当风速达到或超过  $30\text{m/s}$  时，即出现了急流。

## 二、高空急流的特征

1、急流一般长几千千米，有的可达万余千米，宽度为几百至千余千米，厚度为几千千米；

- 2、急流中心的长轴称为急流轴，它是准水平的，大致是纬向分布；
  - 3、在急流轴附近风切变很强，乱流也强；
  - 4、急流轴线上风速最低值为 **30m/s**；
  - 5、急流轴上风速分布不均匀，大小风速带交替出现。

### 【思考题】

什么是高空急流，高空急流有哪些特征？

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4520 or via email at [mhwang@uiowa.edu](mailto:mhwang@uiowa.edu).

#### 5.7.2.2. 高空急流的种类

## 【知识掌握程度】

理解急流种类；

掌握温带急流和副热带急流特点。

## 【知识点】

### 一、温带急流（北支西风急流）

位置：冬季靠南，在 $40\sim60^{\circ}\text{ N}$ ；夏季靠北，在 $70^{\circ}\text{ N}$ 附近。

高度：极地对流层顶附近或极地对流层顶以下1~2km处；夏季高度偏高。

风速：冬季强；夏季弱。

## 二、副热带急流（南支西风急流）

位置：副热带高压北部，冬季靠南，在 $25\sim32^{\circ}\text{N}$ 之间；夏季向北推移约 $10\sim15$ 个纬度。中国的急流以副热带急流为主。

高度：平均  $12\sim14\text{km}$ 。

风速：冬季强；夏季弱。

### 三、热带东风急流

位置：热带对流层顶附近或平流层，副热带高压南部。

高度：14~16km。

风速：夏季强；冬季弱。

#### 四、极地平流层急流

位置:  $50\sim70^\circ$ 。

风向风速：冬季西风，夏季东风。

### 【思考题】

高空急流的种类有哪些，影响我国的高空急流有哪些？

### 5.7.3. 晴空乱流

### 【知识掌握程度】

了解晴空乱流的定义；

理解晴空乱流的产生原因。

## 【知识点】

### 一、晴空乱流的定义

晴空乱流是指与对流无关的大气乱流，常发生于 6000 米以上的高度。晴空乱流难以通过目测判断，对高空飞行构成威胁。

### 二、晴空乱流与天气系统的关系

高空急流和高空锋区附近，以及对流层顶断裂或坡度较陡时，往往有较强的晴空乱流出现。

### 【思考题】

什么是晴空乱流，哪些天气系统易出现晴空乱流？

~~~~~

5.8. 大气环流

5.8.1. 大气环流的形成

【知识掌握程度】

理解大气环流产生原因。

【知识点】

一、大气环流

地球上大气层中大规模的气流运动称为大气环流。

二、大气环流形成原因

- 1、太阳辐射，这是地球上大气运动能量的来源，由于地球的自转和公转，地球表面接受太阳辐射能量是不均匀的。热带地区多，而极区少，从而形成大气的热力环流。
 - 2、地球自转，在地球表面运动的大气都会受地转偏向力作用而发生偏转。
 - 3、地球表面海陆分布不均匀。
 - 4、大气内部南北之间热量、动量的相互交换。以上种种因素构成了地球大气环流的平均状态和复杂多变的形态。

【思考题】

请问什么是大气环流？形成大气环流的主要原因是什么？



5.8.2. 三圈环流

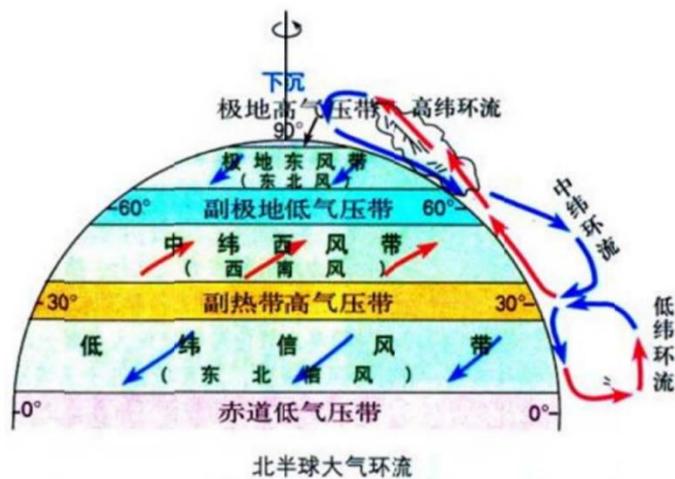
【知识掌握程度】

理解半球大气的三圈环流。

【知识点】

一、三圈环流的概念

三圈环流（如图所示）。



二、三圈环流的构成

1、低纬环流

由于赤道地区气温高，气流膨胀上升，高空气压较高，受水平气压梯度力的影响，气流向极地方向流动。又受地转偏向力的影响，气流运动至北纬30度时便堆积下沉，使该地区地表气压较高，又该地区位于副热带，故形成副热带高气压带。赤道地区地表气压较低，于是形成赤道低气压带。在地表，气流从高压流向低压，形成低纬环流。

2、中纬环流与高纬环流

在地表，副热带高压地区的气压较高，因此气流向极地方流动。在极地地区，由于气温低，气流收缩下沉，气压高，气流向赤道方向流动。来自极地的气流和来自副热带的气流在 60 度附近相遇，形成了锋面，称作极锋。此地区气流被迫抬升，因此形成副极地低气压带。气流抬升后，在高空分流，向副热带以及极地流动，形成中纬环流和高纬环流。

【思考题】

什么是三圈环流？

5.8.3.季风

【知识掌握程度】

理解季风产生的原因。

【知识点】

一、季风的定义

季风（monsoon），由于大陆及邻近海洋之间存在的温度差异而形成大范围盛行的，风向随季节有显著变化的风系，具有这种大气环流特征的风称为季风。

二、季风的形成原因

1、海陆热力差异形成的季风

由于海陆热力差异而形成的季风。夏季，大陆上气压比海洋上低，气压梯度由海洋指向大陆，由海洋流向大陆；冬季相反，大陆上气压比海洋上气压高，气压梯度从大陆指向海洋，由大陆流向海洋。

2、行星风带的移动形成的季风

行星风带的分布很有规律，其位置随季节有明显的移动，因此在两个行星风带相接的地区，便会发生显著的风的季节性改变现象。

【思考题】

什么是季风，季风是怎样形成的？

5.9.气象观测

5.9.1.基本的观测方法

5.9.1.1.航空气象地面观测

【知识掌握程度】

了解航空地面观测的类别和方式。

【知识点】

一、航空气象地面观测

航空气象地面观测是在观测平台、观测场或地面通过人工或者利用设备对本机场及其跑道、进近着陆及起飞爬升地带的气象要素及其变化过程所进行的系统、连续地观察和测定的活动。

二、民用航空气象地面观测方式

民用航空气象地面观测方式分为人工观测和自动观测两种。

人工观测是指以人工方式目测云、能见度、天气现象，使用常规观测仪器测量其他气象要素的观测方式。

自动观测是指云、能见度、天气现象以人工目测为主，其它要素全部采用自动观测设备测量的观测方式。

三、民用航空气象地面观测类别

民用航空气象地面观测分为例行观测、特殊观测和事故观测三种。

【思考题】

民用航空气象地面观测方式有哪些？

.....

5.9.1.2.降水、云和能见度的观测

【知识掌握程度】

理解降水、云和能见度的观测。

【知识点】

一、降水的观测

降水观测主要包括观测降水量和降水强度。

降水量是指某一段内的未经蒸发、渗透、流失的降水，在水平面上积聚的深度。单位是毫米（mm）。

降水强度分为三级，即小、中、大。

二、云的观测

云的观测主要包括：判定云状、估计云量、测定云高。

三、能见度的观测

能见度的观测方式分为目测和器测，能见度的目测应当在观测平台或观测场参照目标物或者目标灯进行，能见度的器测使用沿跑道安装的测量设备进行观测。

主导能见度应当在观测平台或观测场以能见度观测的方法确定。跑道视程是在跑道航空器接地地带用仪器测定的，其方向与跑道平行。

【思考题】

- 1、什么是降水强度？
 - 2、降水观测主要观测哪些项目？

~~~~~

### 5.9.2. 气象雷达

#### 5.9.2.1. 气象雷达的探测

### 【知识掌握程度】

了解雷达的定义和分类。

## 【知识点】

### 一、气象雷达的定义

气象雷达，或称气象监视雷达（WSR），是用来探测大气中的降水类型（雨、雪、冰雹等）、分布、移动和演变，并可对其未来分布和强度作出预测的一种雷达设备。

## 二、气象雷达的分类

### 1、测云雷达

是用来探测未形成降水的云层高度、厚度以及云内物理特性的雷达。

## 2、天气雷达

利用雨滴、云状滴、冰晶、雪花等对电磁波的散射作用来探测大气中的降水或云中大滴的浓度、分布、移动和演变，了解天气系统的结构和特征。探测台风、局部地区强风暴、冰雹、暴雨和强对流云体等，并能监视天气的变化。

### 3、气象多普勒雷达

利用多普勒效应来测量云和降水粒子相对于雷达的径向运动速度的雷达。

#### 4、机载气象雷达

机载气象雷达是供飞行人员在飞行中探测航线上积雨云、雷暴等危险天气的雷达。

### 【思考题】

机载雷达的主要功用是什么？

第 455 页

#### 5.9.2.2. 地基气象雷达回波

### 【知识掌握程度】

理解层状云降水和对流云降水在平显（PPI）及高显（RHI）基本特征。

## 【知识点】

### 一、层状云连续性降水——片状回波

在平显上（PPI），成片分布，面积较大，强度梯度较小，在大片弱回波中偶有个别强度较强的回波团（强度一般在20~30dBZ）。

在高显上（RHI），结构均匀，顶部虽有起伏，但相对起伏较小（相对于对流云降水），比较平整，垂直厚度不大（一般5~6km，因地区、季节而不同），水平尺度要比垂直尺度大得多。

## 二、对流云阵性降水——块状回波

在平显上（PPI），对流云阵性降水回波通常由许多的分散的回波单体组成，回波单体结构紧密、边界清晰、棱角分明，回波强度强，持续时间变化大，单体水平尺度在几到几十千米，回波单体中包含许多尺度更小的回波泡。

在高显上（RHI），单体呈柱状，一些强烈发展的单体，回波顶高呈现为砧状或花菜状，或纺锤状，回波一般发展得比较高，顶高多数在6~7km以上。

### 【思考题】

对流云阵性降水的回波特征?

~~~~~

5.9.3. 气象卫星

5.9.3.1. 气象卫星概述

【知识掌握程度】

了解卫星轨道种类；

理解可见光（VIS）云图和红外云图（IR）的原理。

【知识点】

一、气象卫星轨道

气象卫星按绕地球运行轨道可分：极轨气象卫星和同步气象卫星两大类。

1、极轨气象卫星

卫星的轨道平面和太阳始终保持相对固定的交角，卫星每天在固定时间内经过同一地区2次。

2、同步气象卫星

轨道平面与地球的赤道平面相重合。卫星静止在赤道某个经度的上空，能对一个区域进行连续观测。

二、卫星云图种类

1、可见光云图

气象卫星在可见光谱段感应地面和云面对太阳光的反射，并把所得的信号表示为一张平面图像，这就是可见光云图。可见光云图上的色调决定于目标反射太阳辐射的大小。反射太阳辐射大，色调就白，反之则暗。

2、红外云图

卫星将红外波段测得的辐射转换成图像就得到红外云图。辐射大的用黑色表示，辐射小用白色表示。色调越黑表示红外辐射越大，目标温度越高；反之，色调越浅，表示温度越低。

【思考题】

VIS 云图的色调和 IR 云图的色调分别取决于什么？

.....

5.9.3.2.卫星云图上云的识别

【知识掌握程度】

理解卫星云图上云的识别依据。

【知识点】

一、识别依据

1、结构型式

是指不同明暗程度物象点的分布式样，如高层高积云常表现为带状、涡旋状等，开口细胞状云系是由积云浓积云组成等。

2、范围大小

是指云系的分布尺度，由云系尺度可以推断形成云的物理过程。尺度小的云系常与中小尺度天气系统相关；尺度大的则与大尺度的天气系统联系。

3、边界形状

不同类型的云，边界不尽相同，如积云浓积云边界不整齐，层云（雾）边界较整齐。

4、色调

是指物象的亮度。不同的色调在不同云图上代表的意义不同。

可见光云图上云的色调与云厚和云的成分有关；云的厚度大，云水（冰）含量高；云滴平均尺度小，色调亮。红外云图上则与云顶温度相关，随物象温度降低而变白；水汽图上，与水汽含量相关，水汽含量多，则白。

5、暗影

是指在可见光图像上，在一定太阳高度角下，高的云在低的目标物上的投影。

6、纹理

用来表示云顶表面光滑程度，与云的种类，高度（表现为温度）有关。

二、云的识别

1、卷状云

卷状云在可见光云图上一般表现为浅灰色到白色不等，红外图上表现为白色，卷状云多带有纤维状纹理。

2、积雨云

在可见光云图及红外云图上都表现得很白亮，呈浓白色，云顶比较光滑，在积雨云的边界上常有纤维状的卷云砧；有时积雨云表现为一个个近乎圆形的明亮孤立的单体；有时候在热带地区可见到一团团的积雨云合并成大片白色的卷云区。

3、中云

中云在卫星云图上常表现为一大片，形式表现有涡旋状、带状、线状或逗点状。中云区内常多斑点，这是由于云区内厚度不一或有对流造成的。

4、积云、浓积云

积云和浓积云实际上是积云群，常表现为云线、云带或细胞状结构。

5、低云

(1) 层积云

可见光云图上表现为多起伏的球状云区，并常是一大片或成带状，在洋面上呈球状的闭合细胞状云系。

(2) 层云和雾。

在可见光云图上，层云和雾表现为一片光滑均匀的云区，其色调从白色到灰色，层云和雾区的边界很清楚，常和地形走向一致。在红外云图上，层云和雾表现为灰色，纹理均匀；在夜间，近地面若有逆温层存在，层云或雾区的温度反而比四周无云区地面温度要高，因而云（雾）区的色调反而比四周无云区地表面显得更黑。

【思考题】

积雨云在卫星云图主要特征是什么？

.....

5.9.3.3.卫星云图上天气系统

【知识掌握程度】

了解天气尺度云系；

掌握天气系统云系特征。

【知识点】

一、天气尺度云系

1、带状云系

带状云系是指一条大体上连续的云带。带状云系大多数为多层状云系。

2、涡旋云系

涡旋云系是指一条或数条云带或云线以螺旋形式旋向一个共同的中心。

3、逗点云系

逗点云系是涡旋云系的一种，云系形状像标点符号中的逗号，常出现在西风带高空槽前部，由中高云组成，色调很白。

4、细胞状云系

(1) 未闭合的细胞状云系，是指每个细胞中心部分是晴空少云区，而在边缘是云区，细胞形状表现为指环形或“U”字形。这类细胞状云系主要是由浓积云或积雨云组成。

(2) 闭合的细胞状云系，每个细胞中心是云区，而在细胞的边缘上却是无云或者少云区。这类细胞状云系主要是由层积云组成。

5、波状云系

山脉背风坡和高空急流区中的横向波动可造成波状云系。

二、天气系统云图特征

1、锋面云系

锋面往往表现为带状云系，称为锋面云带。常常是由多层云系组成，最上一层是卷状云，下面是中云或低云。

2、温带气旋云系

温带气旋云系具有明显的螺旋结构。

3、高空急流云系

急流卷云区位于急流轴南侧（北半球），其左界清楚且与急流轴平行；急流云系主要位于急流呈反气旋弯曲的地方；有时表现为一条条狭长的卷云线，或与急流轴相垂直的波状云线。

4、热带云团

热带云团由许多积雨云单体组成，其顶部的卷云连线成一片，在云图上表现为白而密实的云区。

5、热带辐合带云系

表现为一条由一系列活跃的对流云团组成的近于东西走向的连续云带。

6、台风云系

台风在卫星云图上表现为有组织的涡旋状云型，台风中心为一眼区，围绕眼区是连续密蔽云区，在密蔽云区的外面是台风螺旋云带。

【思考题】

闭合的细胞状云系和未闭合的细胞状云系各由什么样的云构成？

5.9.4. 飞行气象文件

5.9.4.1. 航站天气预报和例行天气报告（TAF 和 METAR）

【知识掌握程度】

掌握综合运用 TAF 及 METAR 电报。

【知识点】

一、航站天气预报

对某机场的地面天气预报就是航站天气预报，它是飞行员和航务人员用于了解某一特定机场未来天气情况的最好资料之一。

二、例行天气报告

机场气象台对地面天气定时观测资料的报告和发布就是例行天气报告，机场气象台每小时必须进行一次（有特殊要求时可以半小时一次）这种观测和报告，例行天气报告又称为天气实况报。

【思考题】

请翻译下列电报。

1、METAR ZPPP 200000Z 00000MPS 3000 BR FEW023 SCT04012/11 Q1024 NOSIG=
2、TAF ZBAA160000Z 160624 13018KMH 9000 BKN020 BECMG 0608 SCT015CB BKN020
TEMPO 0812 17025G40KMH 1000 TSRA SCT010CB BKN030 T16/20Z FM1215 015KMH 9999
BKN050 BKN120=

5.9.4.2.重要天气预告图

【知识掌握程度】

掌握不同高度重要天气预报内容。

【知识点】

重要天气预告图分为飞行高度小于等于 FL100 (10000 英尺) 的低层，飞行高度大于 FL100 (10000 英尺)，小于等于 FL250 (25000 英尺) 的中层和飞行高度大于 FL250 (25000 英尺)，小于 FL630 (63000 英尺) 的高层。

重要天气预告图上，风速的单位为海里/小时；锋面、高低压中心等的移速单位为公里/小时；能见度单位为米；气压单位为百帕；对流层顶、急流、颠簸、积冰、云顶、云底、零度等温层的高度，以飞行高度层（30米，100ft）为单位，均表示海拔高度。

一、低层重要天气预告图

1、热带气旋（热带风暴及以上级别）、强飑线、雹；

- 2、中度或严重颠簸（云中或晴空）；
- 3、中度或严重积冰；
- 4、积雨云；
- 5、积雨云外，云量在 BKN 或 OVC 量级的其它云；
- 6、零度等温层高度；
- 7、山地波、山地状况不明；
- 8、冻降水和雪；
- 9、大范围小于 5000 米的地面能见度和天气现象；
- 10、大范围风速大于 15 米/秒的地面风；
- 11、与重要天气现象结合的锋面；
- 12、辐合带（线）；
- 13、气压中心；
- 14、海面温度和海面状况；
- 15、爆发的火山。

二、高层、中层重要天气预告图

- 1、热带风暴及以上级别的热带气旋；
- 2、强飑线；
- 3、中度或严重颠簸（云中或晴空）；
- 4、中度或严重积冰；
- 5、大范围的沙暴、尘暴；
- 6、积雨云；
- 7、对流层顶；
- 8、急流；
- 9、爆发的火山；
- 10、对航空器运行产生重要影响的放射性物质。

【思考题】

低层重要天气预告图的主要内容有哪些？

::::::::::::::::::

5.9.4.3.高空风温预告图

【知识掌握程度】

掌握高空风和温度预告图。

【知识点】

一、高空风温预告图作用

高空风温预告图应当指明某一高度层上高空风、高空温度的分布状况。制作的内容包括指定高度层上的风向、风速和温度。

二、高空风温预告图预报内容

图上要注意的是风速的表示，一条短线为 10KT，一面三角旗是 50KT，而温度除前面标有“+”号外，均为负值。

【思考题】

解释高空风温预告图风速标识符号的含义？

.....

5.9.4.4.重要气象情报（SIGMET）

【知识掌握程度】

掌握重要气象情报内容及应用。

【知识点】

一、重要气象情报功能和作用

重要气象情报发布的是除对流之外能给飞行造成危害的天气，它适合于各个飞行高度层上的飞机，常用缩写明语作出其发生和（或）预期发生的简要说明。

二、SIGMET 电报预报的内容

重要气象情报报告内容

要素含义	简写明语
模糊的雷暴	OBSC TS
隐嵌的雷暴	EMBD TS
频繁的雷暴	FRQ TS
飑线	SQL TS
模糊并伴有冰雹的雷暴	OBSC TS GR
隐嵌并伴有冰雹的雷暴	EMBD TS GR
频繁并伴有冰雹的雷暴	FRQ TS GR
飑线伴有冰雹的雷暴	SQL TS GR
热带风暴及以上级别的热带气旋	TC 气旋名称
严重颠簸	SEV TURB
严重积冰	SEV ICE
由于冻雨引起的严重积冰	SEV ICE (FZRA)
严重的山地波	SEV MTW
强尘暴	HVY DS
强沙暴	HVY SS

要素含义	简写明语
火山灰	VA 火山名称
放射性云	RDOACT CLD

【思考题】

翻译下列 SIGMET 报:

ZBPE SIGMET 2 VALID 221230/221600 ZBAA-
 ZBPE BEIJING FIR OBSC TS OBS AT1210Z S OF N40 AND E OF E118 TOP FL250 MOV E
 40KMH WKN FCST1600Z S OF N40 AND E OF E120=

::

5.9.4.5.低空重要气象情报 (AIRMET)**【知识掌握程度】**

掌握低空重要气象情报内容及作用。

【知识点】**一、低空重要气象情报的功能和作用**

低空气象情报应当对未包括在已发布的低空飞行区域预报中有关航路上可能影响低空飞行安全的天气现象，以及这些现象在时间和空间上的发展作简要说明。在 FL100 以下（在山区可达 FL150，必要时可更高）的飞行情报区内，根据空中交通密度的需要，气象监视台发布低空气象情报。

二、低空重要气象电报预报的内容

要素含义	简写明语
大范围地面风速大于 17m/s	SFC WSPD (加风速和单位)
大范围的、下降小于 5000m 的地面能见度	SFC VIS (加能见度和单位)
孤立的不带冰雹的雷暴	ISOL TS
分离的不带冰雹的雷暴	OCNL TS
孤立的带冰雹的雷暴	ISOL TSGR
分离的带冰雹的雷暴	OCNL TSGR
山地状况不明	MT OBSC
距地面小于 300m (1000 英尺) 的多云	BKN CLD (加云底高度和单位)
距地面小于 300m (1000 英尺) 的阴天	OVC CLD (加云底高度和单位)
不带雷暴的孤立积雨云	ISOL CB
不带雷暴的分离的积雨云	OCNL CB
不带雷暴的频繁积云雨	FRQ CB
孤立的浓积云	ISOL TCU

要素含义	简写明语
分离的浓积云	OCNL TCU
频繁的浓积云	FRQ TCU
中度积冰（对流性云中的积冰除外）	MOD ICE
中度颠簸（对流性云中的颠簸除外）	MOD TURB
中度的山地波	MOD MTW

【思考题】

翻译下列 AIRMET 报:

ZBPE AIRMET4 VALID181015/181600 ZBAA-

ZBTJ FIR MOD MTW OBS AT1005 32 DEG N110 DEG E AT FL080 STNR NC =