

第一章:

1. 对流层和平流层有哪些基本特征? 对飞行的影响?

对流层特征: (1) 气温随高度升高而降低,
(2) 气温、湿度的水平分布很不均匀,
(3) 空气具有强烈的垂直混合。

平流层特征: (1) 气温随高度增高而增高
(2) 整层空气几乎没有垂直运动, 气流平稳。 $\Rightarrow$ 飞行条件良好

2. 什么是本站气压, 场面气压, 标准海平面气压和修正海平面气压? 用处?

本站气压: 指气象台气压表直接测得气压

修正海平面气压: 是本站气压推算到同一地点海平面高度上的正值

场面气压: 指着陆区最高点气压

标准海平面气压: 大气处于标准状态下的海平面气压, 其值 1013.25 hPa

3. 空气垂直运动的形式: 对流, 系统性垂直运动, 大气动力大气乱流

4. 什么是对流? 对流发展需要的条件?

对流: 是指大气中的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。

条件: { 受热 $\rightarrow$ 密度减小
 { 地气抬升

5. 什么是对流冲击力? 分类?

对流冲击力: 使原来静止的空气产生垂直运动的作用力, 即内对流冲击力。

分类: { 热力对流冲击力: 由地面热力性质差异引起的。

 { 动力对流冲击力: 由于空气运动时受到障碍物抬升作用引起的。

第二章:

1. 浓积云的外貌特征? 对飞行的影响如何?

- ① 云体底部平坦而灰暗, 顶部凸起明亮
- ② 云体高大, 像大山或塔
- ③ 厚度通常在 $1000\text{m} \sim 2000\text{m}$ 之间, 厚的可达 6000m
- ④ 云体轮廓一个互相重叠, 像花菜或鸡冠花顶
- ⑤ 在云下, 云中及云体附近飞行常有中度到强湍流颠簸
- ⑥ 云中飞行有积冰
- ⑦ 由于云内水滴浓密, 能见度十分恶劣, 一般不超过 20m

2. 积雨云特征:

- ① 云体十分高大, 像大山或高峰
- ② 云顶有白色的纤维结构, 有时扩展成马尾状或铁砧状
- ③ 云底阴暗混乱, 有时呈球状, 滚轴状或孤状
- ④ 常伴有雷电、狂风、暴雨等恶劣天气
- ⑤ 对能见度恶劣
- ⑥ 飞机积冰强烈
- ⑦ 在云中或云外都会遇到强烈的颠簸
- ⑧ 在云中或云外会有雷电袭击和干扰
- ⑨ 暴雨、冰雹、大风和强烈的下击气流都可能危及飞行安全

3. 降水对飞行的影响

- ① 降水使能见度减小
- ② 降水会造成飞机积冰
- ③ 在积雨云及附近飞行可能遭雷击
- ④ 大雨和暴雨使发动机熄火
- ⑤ 大雨恶化飞机气动性能
- ⑥ 降水影响跑道的使用

第三章:

1. 影响能见度的因子有哪些?

① ~~天气能见度~~
① 目标物与其背景间原有的亮度对比 ② 大气透明度 ③ 亮度对比视觉阈

2. 什么是辐射雾? 它的形成条件如何? 特点?

辐射雾: 由地表辐射冷却而形成的雾

形成条件: ① 晴朗的夜晚 (无或少云) ② 微风 ③ 近地面空气湿度大

特点: ① 季节性和日变化明显 ② 地域性特点显著 ③ 范围小, 厚度小, 分布不均

3. 平流雾是什么? 形成条件? 特点:

平流雾: 暖湿空气移动到冷的下地面冷却后形成的雾

形成条件: ① 适宜的风向风速 ② 暖湿空气与冷下地面温差显著 ③ 暖湿空气相对湿度大

特点: ① 季节变化与辐射雾相反, 呈现出春夏多, 秋冬少的特点。

4. 天气现象 雾 轻雾 烟幕 霾 扬尘 沙尘暴 霾 低吹雪 高吹雪
表符号 $\equiv$ $\equiv$ $\sim$ ∞ $\$$ $\rightarrow$ S $\downarrow$ $\uparrow$

5. 气旋: 气旋是占有三度空间的, 在同一高度上中心气压低于四周的大范围空气的水平涡旋。

影响我国的气旋
锋面气旋
热带气旋
温带气旋
热带低气压
温带低气压
热带风暴
温带风暴
热带气旋
温带气旋
热带低气压
温带低气压
热带风暴
温带风暴

6. 高压: 高压是占有三度空间的, 在同一高度上中心气压高于四周的大范围空气的水平涡旋。

影响我国的高压
蒙古冷高压
太平洋副热带高压

第四章:

1. 气团?

在水平方向上物理性质(主要指温度和湿度)相对均一的大范围空气称为气团。

2. 气团形成条件?

①大范围性质比较均一的地理区域。②空气能够在气团源地长期停留或缓慢移动。

3. 移经暖地表的冷气团的天气候特征

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,具有不稳定的天气特征。

4. 移经冷地表的暖气团的天气候特征

暖气团移经较冷地面后,使所经地区变暖,而本身则下部开始逐渐冷却,由于冷从低层开始,气温直减率变小,气层趋于稳定,有时形成逆温层或等温层,可引起长时间的低云雾而低能见度现象,具有稳定性天气特征。→易形成平流雾

5. 影响我国的气团: 西伯利亚气团, 热带太平洋气团

6. 冷暖气团之间十分狭窄的过渡区域, 称为锋。

冷、暖气团相遇后, 之间的过渡区叫锋区。

锋的水平范围比它的厚度要大得多, 可以将锋看做一个面, 即为锋面。

锋面与地面的交线称为锋线

7. 锋面与气团要素分析

温度场特征: 锋区内温度水平梯度远比其两侧气团内部大, 锋区内温度垂直梯度特别小。

气压场特征: 锋处于低压槽中, 等压线最大曲率在锋线处。

风的特征: 在水平方向上从锋后到锋前, 风呈气旋式转变(逆时针旋转)

8. 锋的分类

冷锋: 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, 锋面过后温度降低, 这种锋面称为冷锋。

暖锋: 锋面在移动过程中, 若暖气团起主导作用, 推动锋面向冷气团一侧移动, 这种锋面称为暖锋。

准静止锋: 当冷暖气团势力相当, 锋面移动很少时, 称为准静止锋。

锢囚锋: 锢囚锋由冷锋追上暖锋或由两条冷锋迎面相遇而构成的复合锋。

9. 暖锋天气对飞行的影响

①暖气团潮湿时, 云中气流比较平稳, 锋面不会影响飞行。

②暖锋锋线附近和降水区内能见度很差, 碎云高度很低, 具有复杂气象条件。

③暖锋中易产生积雨云, 锋两侧积冰区高度不同。

10. 冷锋对天气对飞行的影响

①在具有稳定性天气的冷锋区域飞行, 在靠近锋面附近可能有轻到中度的颠簸, 对飞行可能有利。

②在具有不稳定性天气的冷锋区域, 更有强烈颠簸和严重积冰、雷暴甚至冰雹等现象, 不宜飞行。

11. 准静止锋天气

在准静止锋区域以有暖锋区域飞行相近的特点, 不宜做复杂气象条件飞行。在稳定天气期间可进行复杂气象条件的训练飞行。

12. 锢囚锋天气

锢囚锋形成初期在锢囚点上, 会遇到较宽广的云层和降水, 还可能有雷暴、积冰和颠簸。

锢囚点以下在低压中心附近广大范围内存在相当低层的能见度很低的云雾。锢囚锋后期,

气象条件好转。

第五章

1. 雷暴形成条件

- ① 深厚而明显的不稳定气层 ② 充沛的水汽 ③ 足够的抬升力

2. 一般雷暴单体的生命史

积云阶段：从形成淡积云到发展成浓积云的阶段

- 特征：① 内部有上升气流，并随着高度增加而增强，最大上升气流在云的中上部。
② 因的大量水汽在云中凝结并释放潜热，所以云中温度高于同高度上周围空气的温度。

积雨云阶段：雷暴的成熟阶段，雷暴进入成熟阶段是以强烈的阵雨以及随后紧跟着的降水为特征的。

- 特征：云中除上升气流外，局部出现有系统的下降气流，上升气流区温度比周围高，下降气流区温度比周围低，降水产生并发展。强烈的湍流、积冰、闪电、阵雨和大风等危险天气主要出现在这一阶段。

消散阶段：下降气流在雷暴云下形成低空外流，从底部切断了上升空气和暖湿空气的来源，下降气流流进云中，雷暴单体就进入了消散阶段。

- 特征：云中暖湿线向下凹，云体向水平方向扩展，强降水和云向水平方向发展的综合作用，使云体趋于瓦解和消散，最后只剩下高空残留云云或转变其他云体。

3. 一般雷暴过境时的天气现象

气温：雷暴来临气温下降

气压：雷暴来临之前气压一直下降，雷暴临近时气压开始上升

风：雷暴来临之前风向向雷暴移动，雷暴来临时，风向雷暴前方吹去，冷暖气团相遇，风向向雷暴后方吹去，阵风后，一般是强度较大的降雨

雷电：雷暴中，云与地面、云与云间都会出现闪电。

4. 强雷暴云结构

强大的上升气流来自地近地面层的暖湿气流，通常从云体右前侧流入。

上升气流到达对流层顶附近减弱并分为三支：一支按惯性向云体后方运动，但因与高空风方向相反，很快减弱下降；第二支可伸展到平流层低层，造成云顶突出的云塔；第三支则随高空强风吹向云体前方远处，形成向前延伸的砧状云。

下降气流常由两部分组成：第一部分是降水拖拽作用带下的下沉气流；另一部分是由对流层中层云外流入的干冷空气。

5. 强雷暴过境时地面天气

风：气象上把大气中风向突然变化的现象称为飑，在强雷暴下，速度极大的下降气流到达地面后向四周猛烈扩散，与上升的暖湿空气形成一个陡峻分界面，称为飑锋。

水雹：在强雷暴中，有时会形成冰雹。

龙卷

暴雨

6. 强雷暴的类型:

多单体风暴
超级单体风暴
飮线风暴

飮线: 是由排列成带状的多雷暴或积雨云群组成的强对流天气带。

7. 雷暴的类型:

热雷暴: 由热力对流产生的雷暴和热雷暴。

地形雷暴: 由地形强迫抬升形成的雷暴。

天气系统雷暴

锋面雷暴
冷锋雷暴
静止锋雷暴
暖锋雷暴
冷涡雷暴
北方冷涡雷暴
南方冷涡雷暴

空中槽和切变线雷暴

副热带高压(脊)西部雷暴

产生原因: 在副热带高压(脊)西部, 暖气团比较暖湿, 常有不稳定气流出现, 只要具有足够的热力或动力抬升力, 雷暴就可以形成。

8. 热雷暴特征:

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, 各个雷暴之间通常有明显间隙的特点。

夏季晚上, 热雷暴可能在高空出现。特征: 有高大的圆形云顶, 在这种雷暴云之间飞行是可以的, 从下面飞过也很安全。

冬季, 热雷暴可能出现在沿海地区, 当冷的潮湿空气移动到暖海面上形成。

日变化: 大陆上午后至傍晚出现, 入夜后消散。

在海洋或湖泊上空, 热雷暴多出现在夜间或黎明, 白天减弱消散。

9. 地形雷暴特征:

雷暴云沿山脉走向成行出现, 且面积较大, 云体较陡峻, 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, 所以飞行一般不宜从云下通过雷暴区。

10. 冷锋雷暴特征:

①强度大, 许多雷暴云沿锋线排列成行, 组成很长的狭长雷暴带。
②在整条冷锋上不会处处出现雷暴, 一条冷锋在移动过程中也不一定始终都有雷暴。
③冷锋雷暴在夜间、夜间、陆地、海上都能出现, 日变化较小, 一般白天和前半夜较弱, 早晨最强。
④雷暴的移动速度较快, 每小时可达10~60 km。

11. 静止锋雷暴:

①范围较广, 持续时间较长, 但雷暴天气没有冷锋雷暴那样强烈, 雷暴云常隐藏在厚层低云云中, 云中飞行易进入其中。②在静止锋雷暴常有明显日变化, 多在白天, 白天强, 夜间弱或消散。

12. 暖锋雷暴:

①暖锋雷暴一般不如其他雷暴那样强烈, 不稳定程度小, 雨层云形成在较高的地方。
②暖锋雷暴可能隐藏在雨层云或高层云中, 飞行中不易发现。③在层状云上下, 从较远处能发现。

移动的主要因素：雷暴移动的因素

- ① 随风飘移 ----- 一般雷暴的移动
- ② 传播 ----- 传播强雷暴

14. 雷暴活动的特征

“东闪日头，西闪雨”，受东风带影响，雷暴由东向西移动
“雷暴不过山”：白天：减弱。夜晚：加强。
“东闪日头，西闪雨”：山一边阻挡，一边加强它，找到缺口就马出去。
“雷暴不过河”

15 雷暴对飞行的影响

(1) 颠簸 (2) 积冰 (3) 冰雹 (4) 雷电 (5) 下击暴流

▲ 下击暴流：2种强下冲气流，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

▲ 在下击暴流的全线气流中，还有一些小尺度辐射散性气流，这些小尺度外流系统称为微下击暴流。

└ 正效应先于负效应（飞机升力先增加再减小，先顺风再逆风）

16 穿过雷暴区的一般方法

(1) 绕过或从云隙穿过

对于孤立分散的热雷暴或地形雷暴，可以绕过，应选择上风一侧和较高的飞行高度。

且视程开云体不小于10km，若用机载雷达探测雷暴云，则应在回波边缘25km外通过。

(2) 从云上飞过

越过时，距云顶高度不应小于500m

(3) 从云下通过

尽量不在雷暴云下方飞行，因为云与地面之间雷击次数最为频繁，还有可能被强烈上升气流卷入云中并遭遇到下击暴流而失去控制

17 山地背风波：气流越山时，在一定条件下，会在山脊背风面上形成波动气流，称山地背风波或

地形波或驻波

18 背风波形成条件：①气流越过的山脊是长山脊或山岳地带 ②在山的迎风面一侧，低层大气显著稳定，而高

③风向在垂直山脊方向30°内，并且随高度基本无变化 ④风速在山脊高度上不小于10m/s 且从山脊到对流层顶，风速随高度的增加而增大或减小并保持不变

19 背风波与对流的关系

在对流不稳定的大气里，地形波中的上升气流，是渐发对流发展的一种机制。

20 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，可给飞行造成很大影响。

② 背风波中的下降气流不仅使飞行高度下降，也使气压式高度表读数偏高。

③ 山地波峰处的风速比波谷大，另外还有阵风，其强度比一般雷雨所出现的风还要大。

第6章 中低空飞行的大气环境

1. 低空风切变?

我们把高度500m以下, 风向风速在空间一定距离上变化剧烈为低空风切变。

2. 低空风切变种类及影响?

① 顺风切变

指的是飞机在起飞或着陆过程中, 水平风速对飞机来说是顺风。顺风切变使飞机空速减小, 升力下降, 飞机下沉, 危害较大。

② 逆风切变

指的是水平风速对飞机来说是逆风。由于飞机空速突然增大, 升力也增大, 飞机抬升, 危害相对较小, 但如果逆风切变的高度低, 强度大或飞行员未及时修正, 也会使飞机地距跑道过早接地。

③ 侧风切变

指的是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。它会使飞机发生侧滑, 滚转或偏航。

④ 垂直风切变

指的是飞机从明显的升降气流区进入强烈的升降气流区域的情形。

3. 产生低空风切变的气象条件

① 雷暴

发生在雷暴单体下面, 由下沉气流造成的风切变。——范围小, 寿命短, 强度大

② 锋面

冷锋接近机场时, 低空风切变常伴随锋面一起或稍后出现。由于冷锋移动快, 故该风切变持续时间短, 但强冷锋及强冷锋后烟区内往往存在严重低空风切变。

暖锋移动较缓慢, 它在机场上空持续时间相对较长, 可出现在距锋较远的地方。

③ 辐射逆温中的低空急流

当晴朗产生强辐射逆温时, 在逆温层顶部附近常有低空急流。逆温层阻挡了风速向下的动量传递。

这种风切变强度比雷暴或锋面的风切变要小得多, 但比较有规律, 一般秋冬季节最多。日落后开始形成, 日出前达最强, 日出后随逆温层的解体而消失。

④ 地形和地物

4. 低空风切变对着陆影响

① 顺风切变对着陆的影响: 指示空速就会迅速降低, 升力明显减小, 从而使飞机可能保持高度而下降。

② 逆风切变对着陆的影响: 指示空速迅速增大, 飞机被抬升, 脱离正常下滑线。

③ 侧风切变对着陆的影响: 飞机会有侧滑和偏航接地, 影响着陆方向。

④ 垂直风切变对着陆的影响: 当飞机在飞行过程中遇到升降气流时, 飞机的升力会变化, 从而使飞行高度发生变化。

2.1 大气乱流的种类

①热力乱流 ②动力乱流 ③晴空乱流 ④尾流乱流

▲晴空乱流指出现在6000m以上的高空,与对流无关的乱流。

2.2 飞机颠簸的形成

乱流中垂直阵风的大小方向变化不定,所以飞机因升力不断急剧改变而呈现忽升忽降的颠簸状态。如果作用在左右机翼上的垂直阵风的方向和大小不一致,产生的力矩会使飞机左右摇晃;如果作用时间短促而强烈,则会使飞机抖动。

2.3 影响飞机颠簸强度的因子

①乱流强度 ②飞行速度 ③飞机的翼载荷

2.4 飞机颠簸层随纬度和高度分布

}	动力乱流	中高纬大陆	离地近
	热力乱流	低纬	对流层中层
	晴空乱流		对流层上部和平流层

2.5 产生颠簸的天气系统

①锋面: 当冷暖空气交汇,暖空气被抬升,以及锋面的移动,都会引起垂直气流和水平气流的差异而形成乱流。

②空中槽线和切变线: 在空中槽线和切变线附近,由于气流与流式变化,并常常有冷暖温度平流,使大气层结不稳定,再加上气流有辐合辐散,则乱流易于发展。

③高空低涡: 高空风很小,但风向突变,并且由于高空低涡大多呈冷性的,使气层变得不稳定,乱流发展。

④急流区: 急流区,一般存在比较大的风速切变。

▲颠簸频率最大区出现在急流轴的低压一侧。

⑤对流层顶附近: 在对流层顶附近,尤其在对流层顶有断裂现象和对流层顶坡度较陡时,容易产生较强的乱流出现。

2.6 产生颠簸的地区:

①地球各纬度不同的地区:

②山丘及地形粗糙区:

③积雨云区

④低层风切变区

27 飞机积冰基本条件: ①气温低于 0°C ②飞机表面的温度低于 0°C ③有温度低于 0°C 的水滴存在

28 飞机积冰的种类:

①明冰: 特点: 光滑透明, 结构坚实, 危害较大

产生: 明冰通常是在温度 $0^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ 的过冷雨或过冷水滴组成的云形成的。

②雾凇: 特点: 由许多粒状冰晶组成的, 不透明, 表面也比较粗糙, 危害较小

产生: 这种冰多形成在温度为 -20°C 左右云中。

③毛冰: 特点: 毛冰表面粗糙, 比较坚固, 对飞行危害较大

产生: 形成在温度为 $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 的云中。

④霜: 特点: 晴空冰中的一种积冰, 主要影响能见度

产生: ①飞机从寒冷高空迅速下降到温暖潮湿但无云的层时形成。

②从较冷机场起飞, 穿过明显的逆温层时形成。

29 影响飞机积冰强度的因子

①云中过冷水含量和水滴的大小

②飞行速度

③机体积冰部位的曲率半径

30 飞机积冰与云状的关系

①积云和积雨云 —— 明冰

②层云和层积云(雾和云) —— 雾凇冰或中冰

③雨层云和高层云中的积冰 —— 积冰强度一般较弱, 在锋线附近雨层云飞行, 也能引起积冰。积冰强度随高度增高减弱

31 积冰对飞行的影响

①破坏飞机的空气动力性能

②降低发动机效率, 甚至产生故障

③影响仪表和通讯, 甚至使迷失

第七章 高空飞行与高空环境

1. 对流层顶的一般概念

一般在500 hPa以上高空,出现了气温直减率等于或小于 $2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 的层,就可以看做对流层顶,其厚度约数百米至1~2 km

2. 对流层顶附近的天气条件

在对流层顶以上,空气干燥,气流稳定,能见度高。

3. 穿过对流层顶时温度的变化

当飞机穿越对流层顶入平流层内去时气温会升高,而从平流层飞入对流层时温度要降低,这种温度的变化在两个气层的交界处最明显,等穿过对流层顶后温度的变化就缓慢下来。

4. 高空平流层内的分布

① 冬季北半球大部分地区以偏西风为主,少数低纬度地区出现偏东风,无论是对流层还是平流层

② 在夏季情况则不同,此时对流层中高纬地区仍然以偏西风为主,低纬地区以东风为主,而夏季平流层基本上都是偏东风

③ 通常风速随高度增高而加大,而且冬季比夏季增加地更厉害,对流层内,平流层内,整个一年之中风速随高度总是减小的,冬季比夏季风速略有减小。

5. 高空平流层影响飞行的因素

① 臭氧 ② 空气密度 ③ 目视条件的变化 ④ 火山灰云

6. 高空急流定义

① 急流是位于对流层上层或平流层中的一股强而窄的气流,其中心轴的方向是准水平的,它以很大的风速水平切变和垂直切变为特征

② 风的风速水平切变量级为每100千米 5m/s ,垂直切变量级为每千米 $5\sim 10\text{m/s}$

③ 急流区的风速下限为 30m/s

④ 以急流轴上有一个或多个风速大区。

7. 急流的特征

① 急流一般长几千千米,有的可达万余千米,宽度为几百至几千千米,厚度为几千米。

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,湍流也强。

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,大小风速交替出现。

8. 急流的种类

① 温带急流(北半球西风急流) ② 副热带急流(南半球西风急流)

③ 热带东风急流 ④ 极地平流层急流

9. 急流对飞行的影响

① 顺急流飞行时,可增大地速,节省燃料,缩短航行时间,逆急流飞行时则相反,同时要消耗额外油量

② 横穿急流飞行,会产生很大偏流,对领航计算和航向保持都有影响。在横穿时,风切变和温度切变巨大,易产生飞机颠簸。

10. 晴空乱流(CAT)概念

晴空乱流是指出现在6000m以上高空且与层云无关的乱流。

第九章 卫星云图及其应用

1. 极轨卫星 可使卫星能周期性观测地球上任意地点的气象资料, 实现卫星的全球观测。

2. 地球同步卫星 运行高度约36000 km, 静止卫星, 可连续不断地看到云系的演变和发展过程, 这对监测变化快、寿命短的中尺度天气系统特别有效。

静止卫星虽能对中低纬度广大地区进行连续观测, 但观测不到南北极地区, 而近极地太阳同步轨道卫星虽能观测到极区, 但对中低纬度地区不能连续观测。

▲为了能对全球范围内的天气变化进行连续监视, 可以将静止卫星和近极地太阳同步轨道卫星组合在一起, 形成一个全球气象卫星观测系统。

3.

卫星云图

1. 可见光云图 (VIS) → 反射越强越白

黑—海洋 灰—陆地 云—浓白

2. 红外云图 (IR) → 温度越低越白

3. 水汽图 (WV) → 水汽越多越白

第十章 气象雷达

1. 天气雷达常用显示方式:

(1) 平面位置显示 (PPI)

(2) 距离高度显示 (RHI)

2. 雷达图上雨强色调的划分

雨强/(mm/h)	0.3~1	1~4	4~8	8~16	16~32	>32
颜色	深蓝色	绿色	黄色	粉紫色	红色	浅蓝色