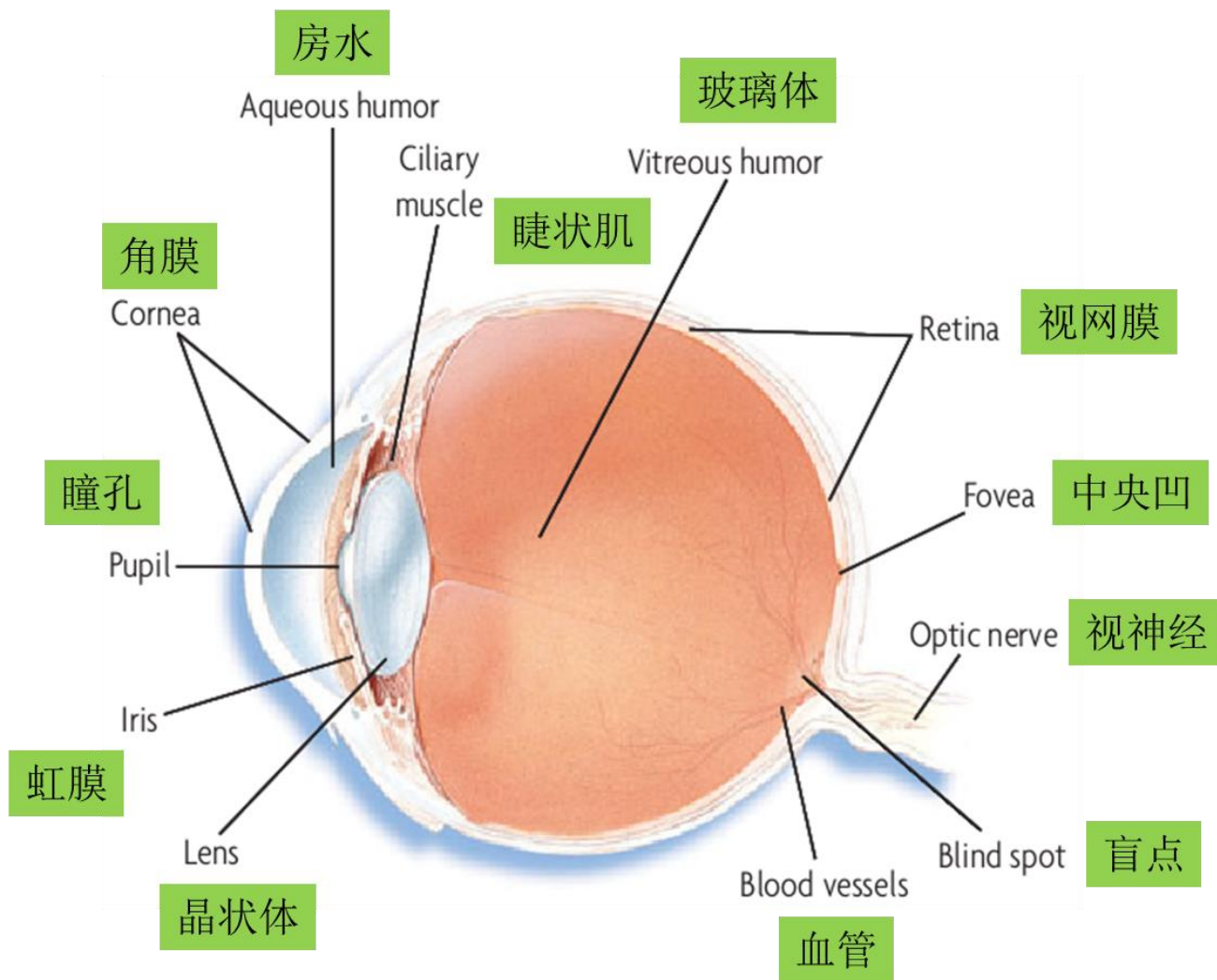




## 第八讲 飞行错觉



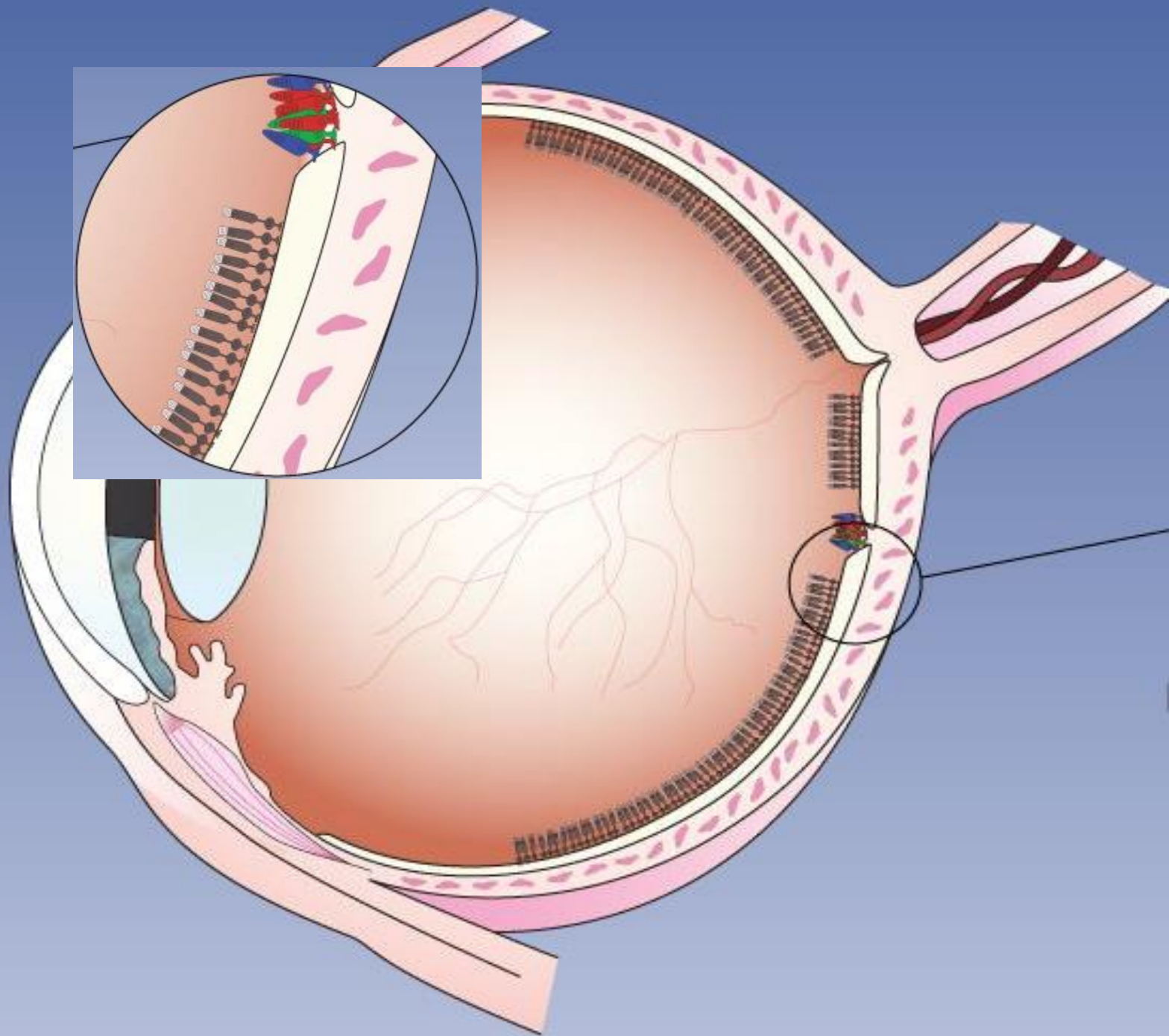
# 眼的结构

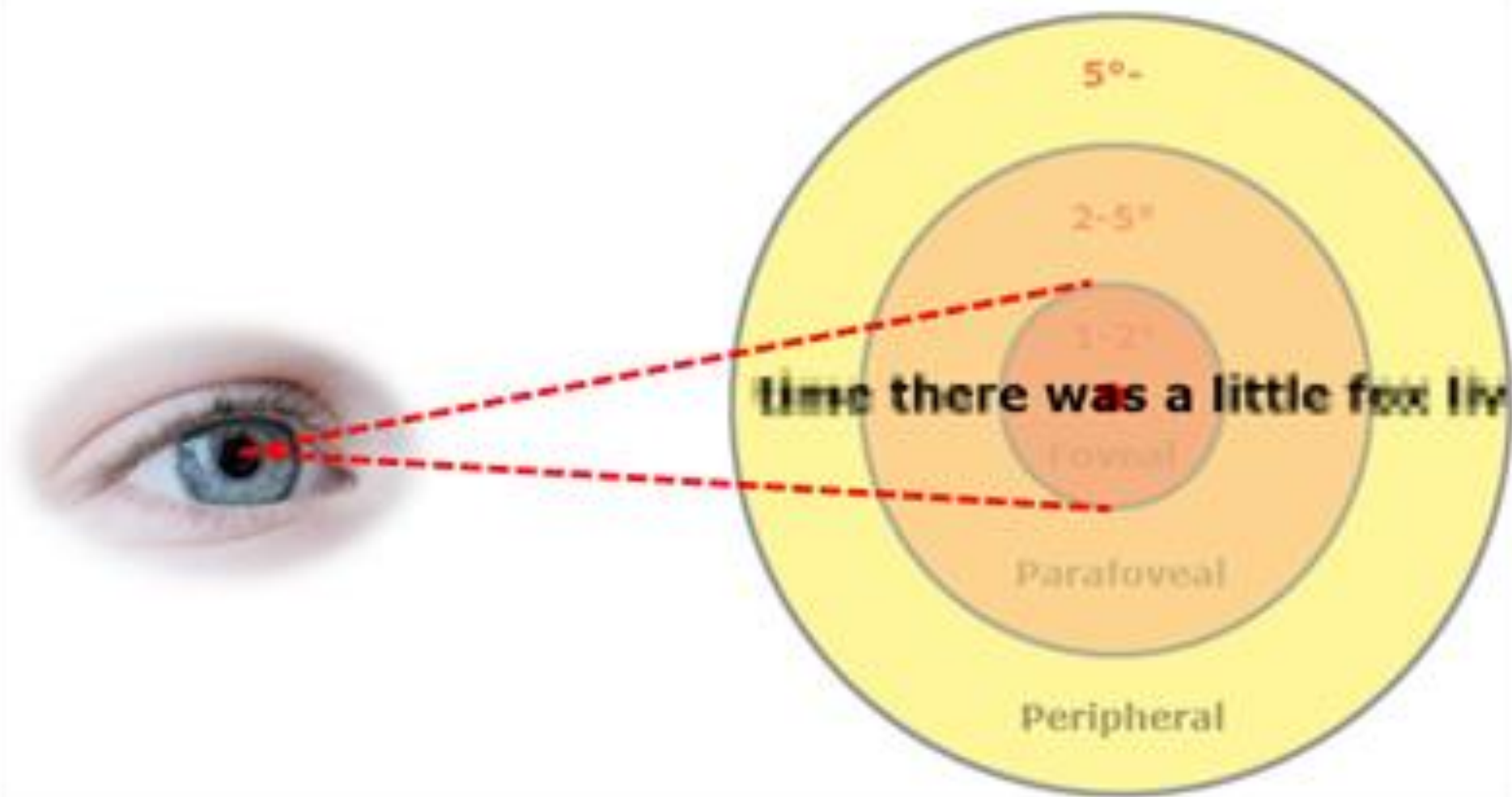




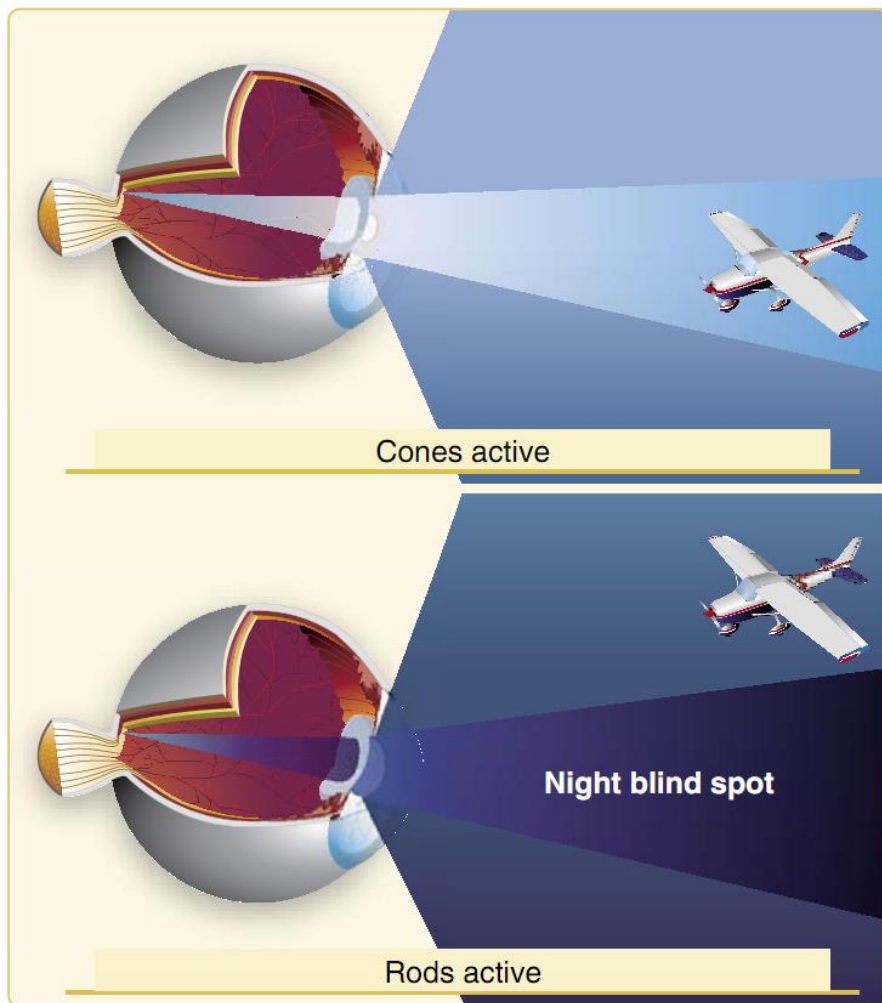
# 视锥细胞与视杆细胞

- 视网膜最外层为感光细胞层，感光细胞分为视杆细胞和视锥细胞两种。
- 视杆细胞(**Rods**)主要分布在视网膜的周围部分，它对弱光很敏感，但却不能感受颜色和物体的细节；
- 视锥细胞(**Cones**)主要分布在视网膜中央部分，专门感受强光和颜色刺激，能分辨物体颜色和细节，但在暗光时不起作用。





# 夜间盲点(Night blind spot)



夜间视物时，前方物体投射在中央凹处的视锥细胞上，由于视锥细胞对弱光不敏感，使人感到视觉模糊，称为夜间盲点，偏离中心注视法（off center vision）可缓解此现象。



# 夜间盲点(Night blind spot)

- 感光细胞可分为视杆细胞和视锥细胞两种。
- 昼间扫视的速度和范围相对较大、较快；而夜间扫视时则应较慢、且范围较小，同时因眼睛有夜间盲点，所以要**偏离**物体中心  $5-10^{\circ}$  作**缓慢**扫视。



# 空中相撞与视觉扫视



同一高度上相向而撞



同一高度呈会聚角相



爬升和下降过程中相撞





# 三种似动错觉

- **$\beta$ 运动**，也称为**PHI运动**：在不同位置有两条直线**A**和**B**，如果以适当的时间间隔（**0.06秒**），依次呈现，便会看到**A**向**B**移动并倒下。
- 诱导运动：在没有更多参考标志的条件下，人可能把它们中的任何一个看成是运动的。
- 自主运动**Auto-kinesis**：如果在暗室中注视一个静止的光点，过一段时间便会感觉它在不停的动来动去，这种现象称为自主运动，又称沙蓬特错觉或游动错觉。



# 在飞行中预防相撞的方法 ，主要学会扫视的技巧

## 预防方法

### 横侧扫视

从横侧扫视是指从左至右的扫视方式。在正常情况下，机外扫视的次数是机内的3-4倍。具体的扫视次数比例取决于飞行工作量和空域内的飞机数量。

### 扫视



### 上下扫视

由上而下、再由下而上的扫视，幅度为10度

### 昼夜扫视

昼间主要利用中央凹视锥细胞的视物功能  
夜间主要利用中央凹周围视杆细胞的夜视功能；观察航行灯进行规避。



# 1 飞行错觉定义

涵义：

也称空间失定向。飞行中，飞行员对所处位置、姿态、或运动状态的不正确心理表象，是对飞机真实状态的歪曲。



## 2 按飞行员主观体验到的错觉表现形式分类

- 倾斜错觉
- 俯仰错觉
- 倒飞错觉
- 反旋转错觉
- 速度错觉(海上进入陆地, 快; 陆地进入海上, 慢)
- 距离/高度错觉



- 1、**倾斜错觉**：一是实际平飞，错误认为在带着坡度飞行；一是实际带着坡度飞行，错误认为在平飞，最常见。
- 2、**俯仰错觉**：实际飞机在平飞，错误认为在上升或下滑，又叫上升错觉或下滑错觉，统称为俯仰错觉。
- 3、**方向错觉**：主观认为飞行方向与实际航向不符。
- 4、**倒飞错觉**：平飞，感觉飞机在倒飞，多见军航中。
- 5、**反旋转错觉**：飞机实际已经停止转动（水平转弯改出），但飞行员却感觉进入了向相反方向的旋转运动。
- 6、**速度错觉**：对于速度估计发生显著错误的知觉。如从海上进入陆地，感觉速度加快；陆上进入海上，速度减慢。
- 7、**距离/高度错觉**：飞行中，飞行员对高度、距离的判断错误，误远为近，误高为低；误近为远，误低为高。
- 8、**时间错觉**：在高空单调飞行环境中，或在跨洋飞行中以及在焦虑情绪下，感觉飞行时间较实际时间长的错觉。



### 3 按产生错觉的感觉分析器分类

- 视性错觉
- 前庭本体错觉





## 3.1 视性错觉

在飞行中，飞行员利用视觉感受器的信息进行空间定向，所产生的错误知觉，称为视性错觉。

- 1、虚假天地线错觉
- 2、光线引起的错觉
- 3、视性距离/高度错觉







### 3.1.1 虚假天地线错觉

指自然天地线模糊不清或不明显时，飞行员将虚假的天地线当成自然天地线，并按此虚假天地线进行定向和操纵飞机的现象。

## 虚假天地线错觉发生的情景

- ☎ 将云层线或云堤当成自然天地线，有可能使飞机进入不正常的俯仰或倾斜状态。

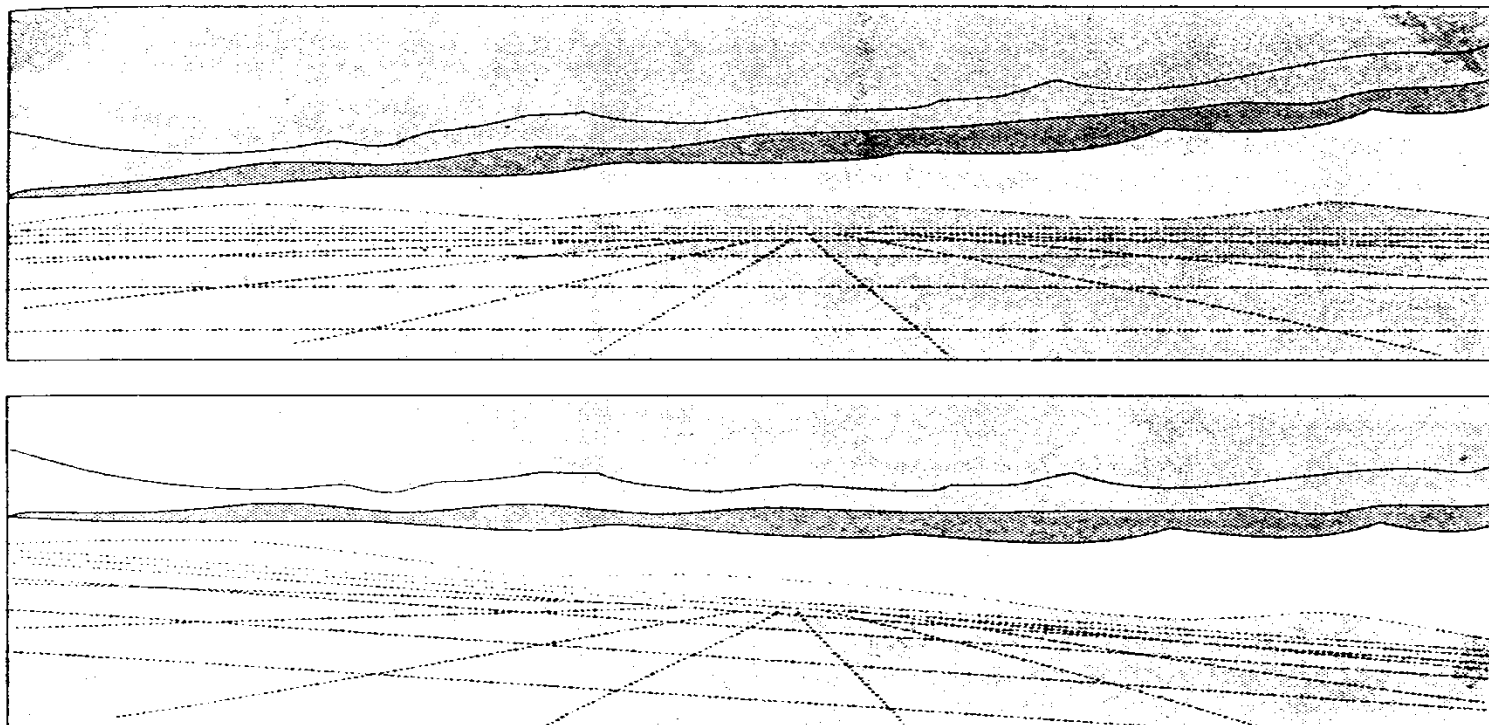


图6-4 比自然天地线更突出的斜坡云层可引起强烈的虚假天地线错觉



## 3.1.2 光线引起的错觉

由上明下暗的定向习惯引起的飞行错觉。

### 发生情境：

1. 夜间复杂气象条件下作直线平飞时，“上明下暗”的定向习惯，易产生倾斜错觉
2. 云中飞行时，光线从机头方向透射来，可产生上仰错觉；若从机尾方向透射来，可产生下滑错觉
3. 云层之间穿行时，上部云层较厚且黑，下部云层较薄且明时，易产生倒飞错觉
4. 在斜坡状的大面积云上下平飞时，易产生俯仰错觉
5. 复杂气象条件下，地面/水面亮度比天空亮时易产生倒飞错觉

## 光线引起的错觉发生情景 I

夜间复杂气象条件下作直线平飞时，上方与左侧无云，可见月亮星星，右侧有斜坡状乌云遮住天空，易产生飞机有右坡度的错觉。

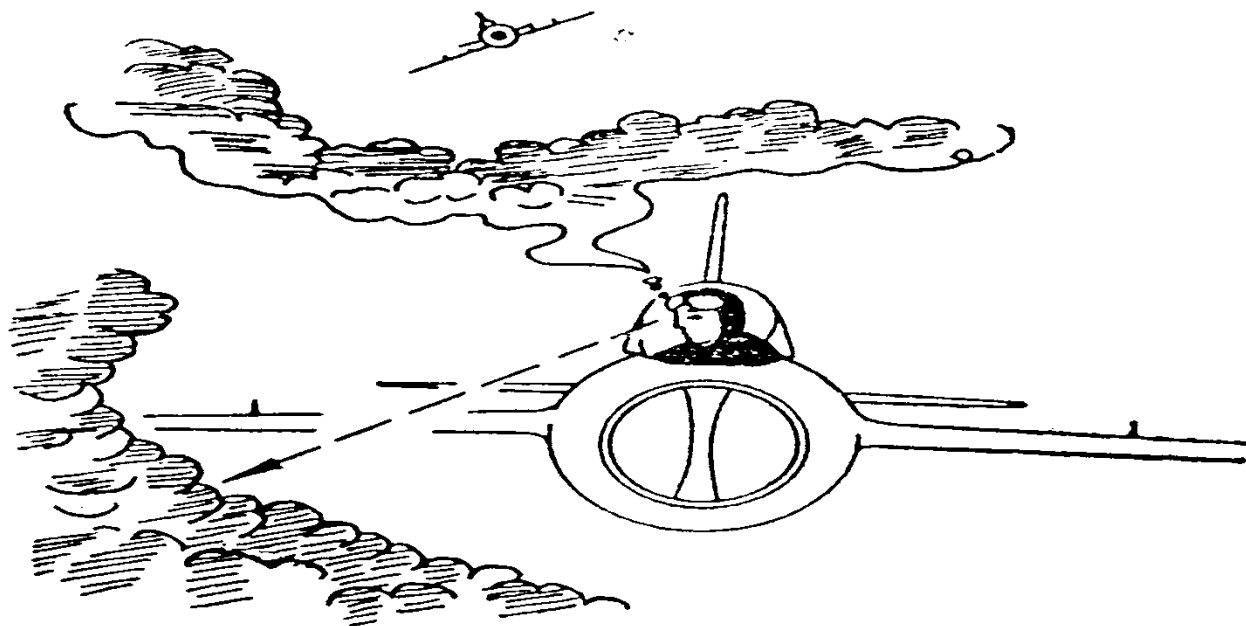


图 6—5 观看斜坡状云产生的视性倾斜错觉

## 光线引起的错觉发生情景 II

如大面积云呈一斜坡状，飞机向云顶方向平飞时，飞行员会感到飞机带俯/仰错觉。

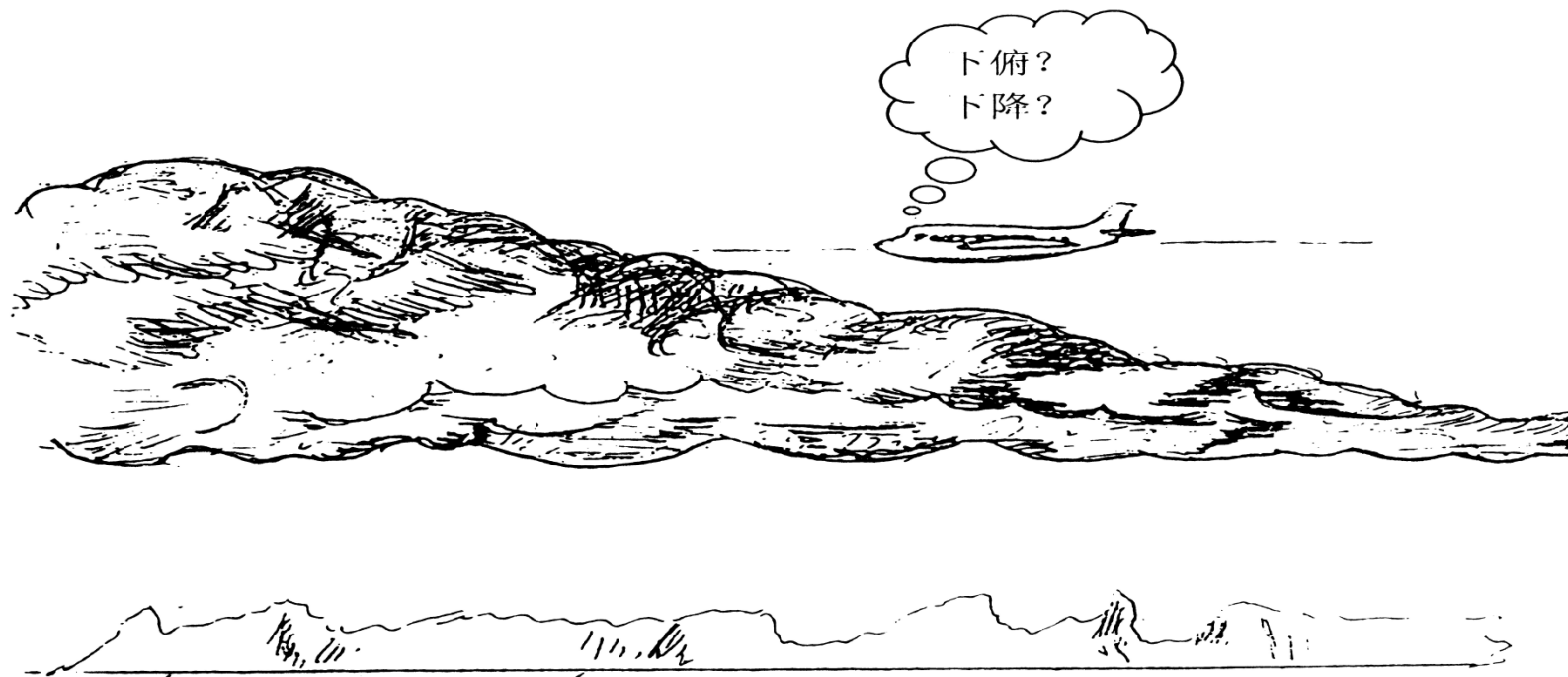


图 6—6 飞机向云顶方向平飞



### 3.1.3 视性距离/高度错觉

因不适宜的视觉信息和大脑对视觉信息的错误解释，所引起的对距离或高度的误判。

#### 发生情境：

1. 斜坡云堤诱发出两架不同高度的飞机将在同一高度上相遇的错觉
2. 跑道坡度和地形坡度引起的高度错觉
3. 跑道宽度引起的高度错觉
4. “黑洞”效应与“白洞”效应





## 视性距离/高度错觉发生的情景 I

斜坡云堤诱发出两架不同高度飞机将在同一高度上相遇的错觉。



图 6—7 由于斜坡云层诱发的两架飞机处于同一高度的错觉



## 视性距离/高度错觉发生的情景 II

跑道坡度和地形坡度引起的进场偏高或偏低错觉。

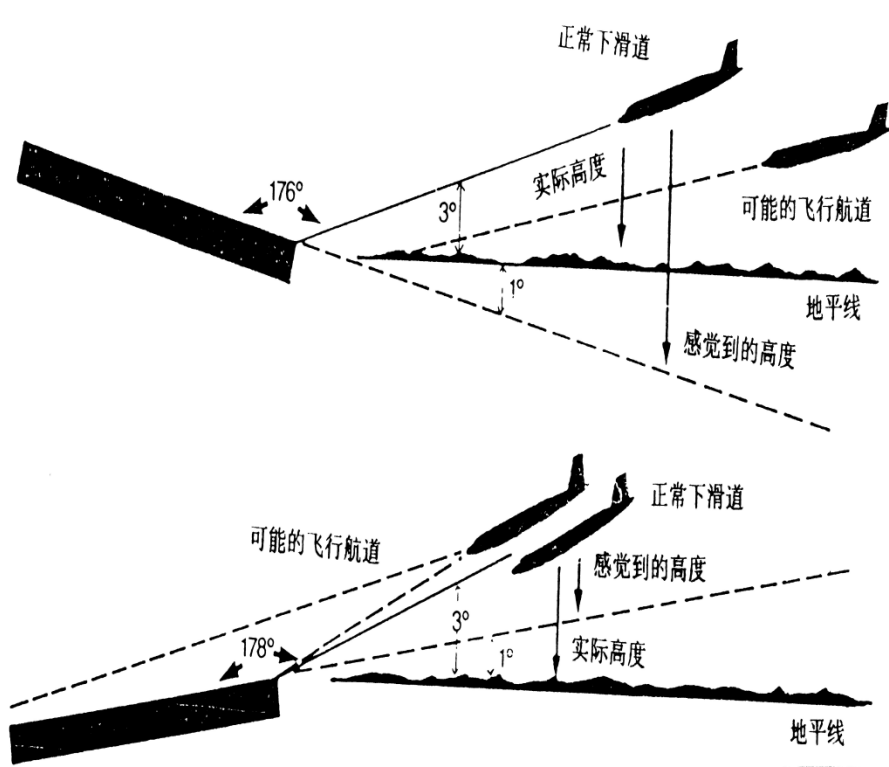
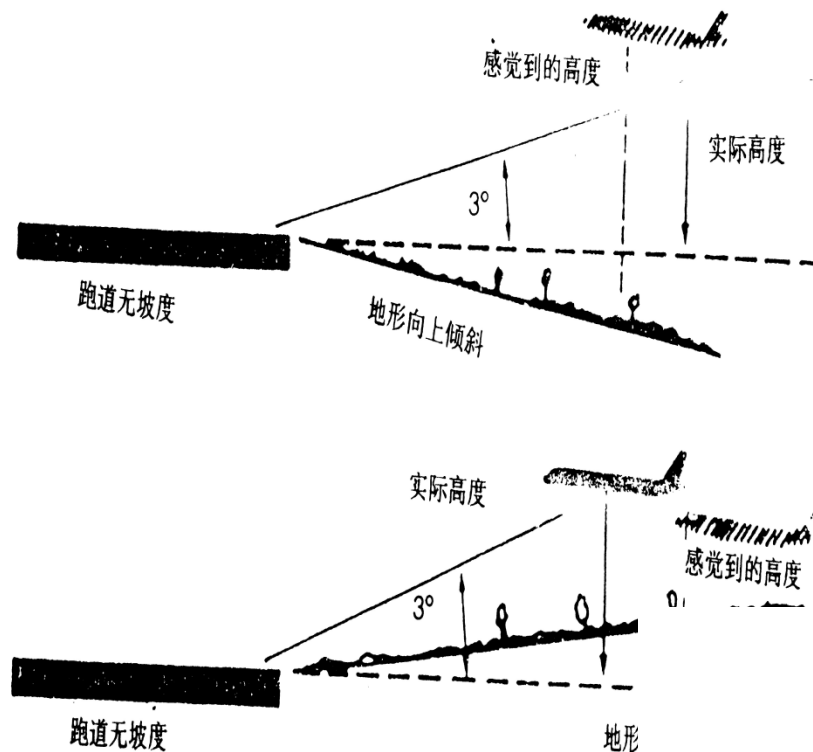


图 6—8 由斜坡跑道诱发的进近高度错觉 (Gabriel, 1977)



由于斜坡地形诱发的进近错觉,本例中与水平线的夹角

## 视性距离/高度错觉发生的情景Ⅲ

跑道宽度引起的高度错觉。比常规跑道宽的跑道在五边上的同一点看起来比真实高度低一些，反之则高一些。

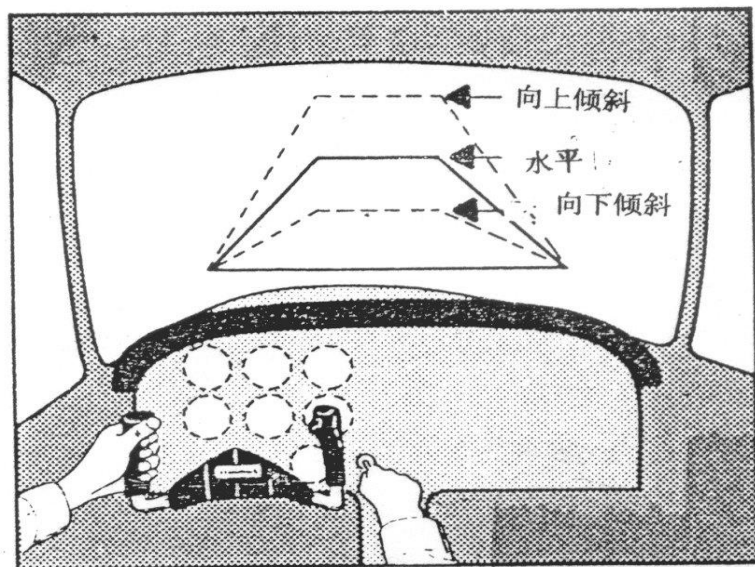


图 6—10 在五边进近中的同一点看向上和向下斜坡跑道的形状

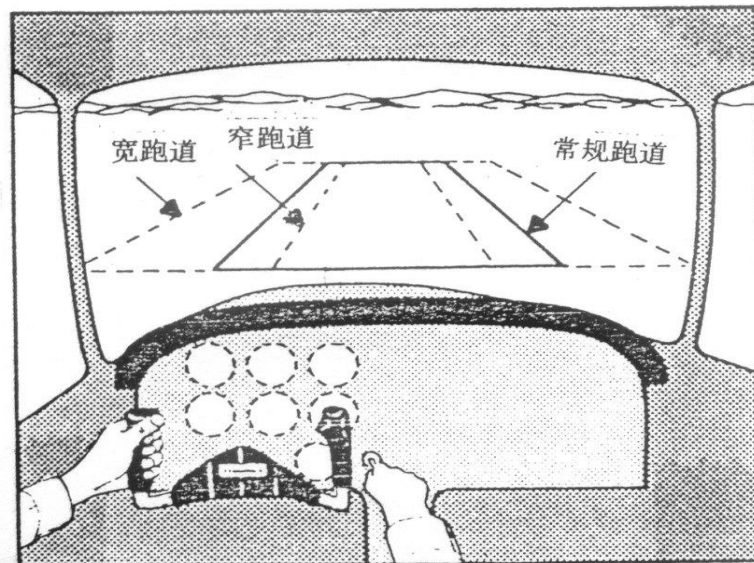


图 6—11 在五边上的同一点看不同宽度跑道的形状

## 视性距离/高度错觉发生的情景Ⅳ

“黑洞”效应（Black Hole Effect）：黑夜在仅有跑道边灯，无城镇灯光和街灯，也没有周围自然地形参照情况下，引起进场高度偏高的错觉现象。

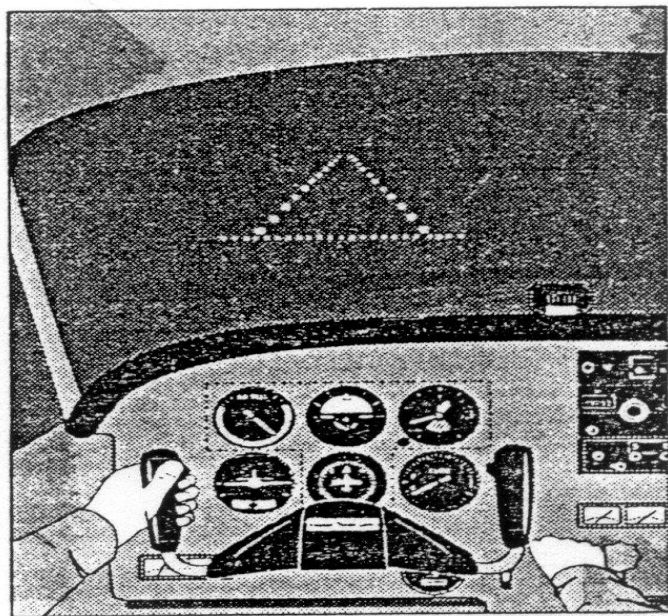


图 6—12 在黑洞情境中视觉信息非常少

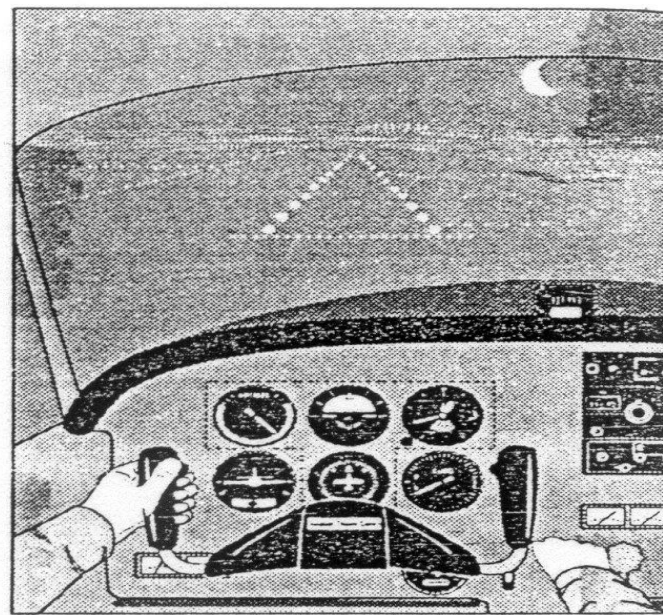


图 6—13 具有良好地面参照的进近





## 视性距离/高度错觉发生的情景Ⅳ

“白洞”效应（White Hole Effect）：跑道周围被白雪覆盖，在进近过程中无参照物可寻，导致难以发现跑道或主观感觉进场偏高的错觉现象。

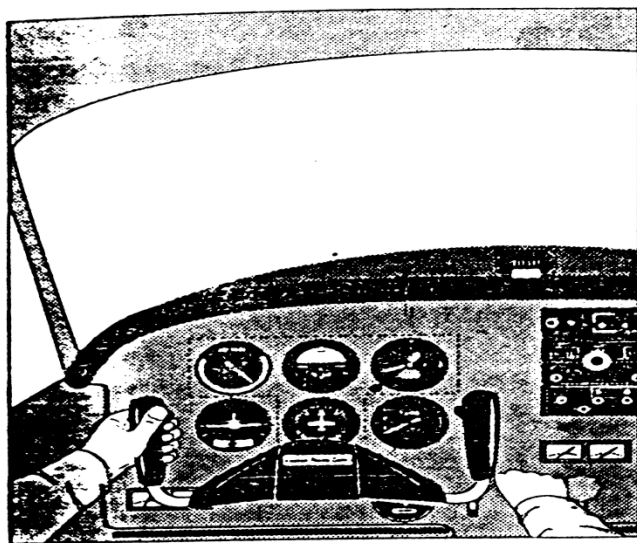


图 6—14 白洞进近中，白雪限制了视觉信息

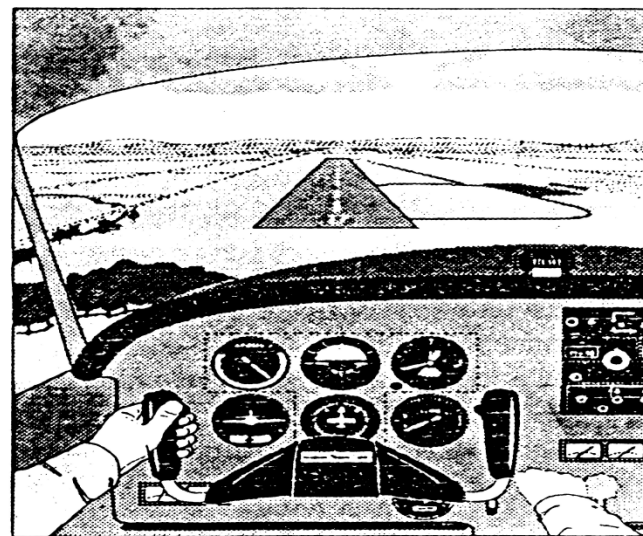


图 6—15 无白雪的正常视觉线索



进 近 错 觉		
情 境	错 觉	结 果
向上带坡度的地形或跑道	进场高度偏高	进场偏低
比常规偏窄的跑道	进场高度偏高	进场偏低
无特征的地形	进场高度偏高	进场偏低
风挡玻璃上的雨滴	进场高度偏高	进场偏低
霾	进场高度偏高	进场偏低
向下带坡度的跑道或地形	进场高度偏低	进场偏高
比常规偏宽的跑道	进场高度偏低	进场偏高
明亮的跑道和进近灯	离着陆点过近	进场高度偏高
穿雾	机头上仰	陡峭的进近



# 视性运动错觉

由不适宜的视觉线索引起的速度错觉和虚假运动错觉。

## 发生情景：

- **诱导运动错觉：**登机桥滑离飞机时感到飞机向前移动；飞机落地后滑向静止登机桥时，以为登机桥在向自己移动。
- **吹雪改变了飞行员的速度知觉：**吹雪席卷整个机场时，给飞行员相对运动假象，使飞行员采取不恰当操纵行为。
- **眼基准位置设计与速度错觉：**所飞机型由大转小或由小转大时，出现滑行速度相对较快或较慢的错觉。



## 3.2 前庭本体错觉

1. 矫正性倾斜错觉
2. 躯体重力错觉
3. 躯体旋动错觉
4. 科里奥利错觉







## 3.2.1 “矫正”性倾斜错觉

指飞行员将直线平飞的飞机知觉为带着坡度在飞行，或将带着坡度飞的飞机知觉为直线平飞的现象。

### 发生情景：

1. 飞机滚转角加速度低于半规管的感觉阈限时。
2. 由阈上刺激使飞机进入滚转状态，而后再由阈下刺激恢复到平飞状态时。



## 3.2.2 躯体重力错觉

躯体重力错觉是飞机在做直线加减速或径向加速度运动时，产生的惯性力作用于耳石器和本体感受器所产生的错误知觉。

### 发生情境：

1. 曲线运动时
2. 直线加减速飞行时





# 躯体重力错觉发生情景 I

曲线运动时，在视觉受到限制或其作用减弱的条件下：

- 飞机以缓慢速度由平飞进入转弯时，飞行员感到飞机不是在转弯而是在上升；
- 当飞机由转弯改为平飞时，飞行员感到飞机在下滑。



## 躯体重力错觉发生情景 II

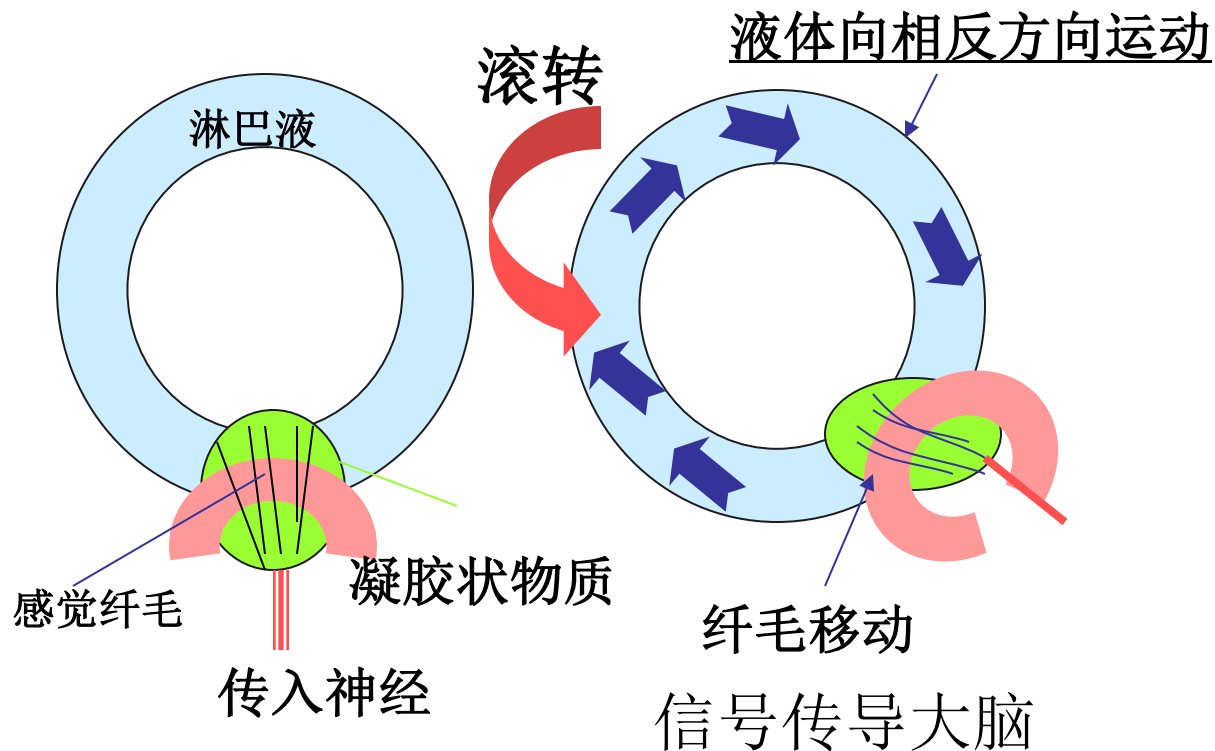
- 直线加速飞行时，飞行员产生机头上仰的错觉；
- 直线减速飞行时，飞行员产生机头下俯的错觉。



### 3.2.3 躯体旋动错觉

躯体旋动错觉又称反旋转错觉，是飞行员在受角加速度刺激后，由前庭本体感受器输入信息所产生的向相反方向旋转的错觉。

## 半规管感知角加速度的原理



三个相互垂直的管、中空的，充满淋巴液和毛细胞的结构。管壁和淋巴液的相对位移对毛细胞的刺激是产生速度感觉的原因。

## 躯体旋动错觉发生的情景



图 6—19 躯体旋动错觉发生的机理

躯体旋动错觉和眼旋动错觉都发生于飞机做旋转运动，如盘旋、转弯、横滚、螺旋等运动环境下。如能见度良好或飞行员按仪表飞行，一般可预防和克服这类错觉。



## 3.2.4 科里奥利错觉

- 1、**定义**：交叉力偶错觉，当人体绕垂直轴（Z）旋转的同时，头又绕纵轴（X）倾动所产生的绕第三轴（Y）旋转的滚转错觉。
- 2、**影响**：使人产生强烈的植物神经反应，眩晕感、旋转感、翻转感等，严重影响飞行安全。
- 3、**发生情景**：飞机在做角运动时，飞行员又做低头、仰头以及左右倾头动作时。

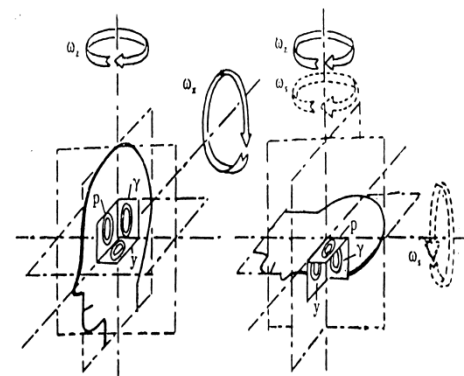


图 6-20 三对半规管的交叉力偶刺激与旋转感觉

——半规管平面的角速度；……半规管平面的旋转感觉；

Y—水平半规管；R—后垂直半规管；P—前垂直半规管。