

商用飞行员教程

张泽龙 主编



西南交通大学出版社

责任编辑
封面设计

任继英
朱开文

ISBN 7-81057-557-0



9 787810 575577 >

ISBN 7-81057-557-0/V • 005
定价：40.00元

商用飞行员教程

张泽龙 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·



内 容 简 介

本书是商用飞行员培训的主要教材。

全书包括十一章内容：分别介绍了仪表飞行原理，仪表飞行规则飞行环境，仪表飞行航图，仪表进近，仪表飞行程序，航空气象，IFR 飞行操作，飞机性能，商用飞机系统与动力装置，飞行中人的因素，机动飞行等。

本教程针对商用飞行员取得商用驾驶员执照而编写的，可与《私用飞行员教程》配套使用，可作为广大航空爱好者的自学用书和航空院校学生的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

商用飞行员教程/张泽龙主编. —成都：西南交通大学出版社，2001.7

ISBN 7-81057-557-0

I. 商... II. 张... III. 飞机—仪表飞行—教材
IV. V323.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 040708 号

商 用 飞 行 员 教 程

张泽龙 主编

*

出 版 人 宋绍南

责任编辑 任继英

封面设计 朱开文

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码：610031 发行科电话：7600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbs@center2.swjtu.edu.cn

成都飞机工业公司印刷厂印刷

*

开本：787mm × 1092mm 1/16 印张：24.25

字数：592 千字 印数：1—1500 册

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-557-0/V · 005

定价：40.00 元



前 言

《商用飞行员教程》是商用飞行员培训的主要教材。按照商用驾驶员培训的教学大纲要求进行编写,本教程力求使学生了解仪表飞行原理、仪表飞行规则飞行环境、仪表飞行航图、仪表进近、仪表飞行程序、航空气象、IFR 飞行操作、飞机性能、商用飞机系统与动力装置、飞行中人的因素和机动飞行以及飞行员必备的航空知识和基本技能、方法,从而为学生进行飞行训练并取得商用驾驶执照做好准备。

本教程依据中国民用航空规章第 61 部 (CCAR61)《民用航空器驾驶员和飞行教员合格审定规则》有关商用驾驶员要求进行编写,并与《私用飞行员教程》配套使用。

在本教程编写中,以飞行员应该掌握的航空知识为主线,贯穿必需的知识点,注重基本知识、基本技能和基本方法的训练。突出基本原理、基本程序以及飞机共性知识的学习。注重知识的系统性和适应性,力求做到繁而不杂、宽而不深,起到打基础的作用。内容安排及叙述有较强的逻辑性,知识结构合理,适于灵活多样的教学形式和方法。按培训内容及教学需要,引用了较多的插图并作出说明,力求通过它们来补充和扩展知识,示意图能说明的内容则不重叙。语言简练,文字通俗易懂,适于自学。每节后留有自测题,有利于教学效果检查。

本教程吸取国外同类教材的优点,内容全面、新颖,能满足民用航空器驾驶员取得商用驾驶员执照有关知识的要求。

参加本教程编写的人员有:第一章:何秋钊、何晓薇;第二章:陈亚青;第三章:朱代武;第四章:魏光兴;第五章:张焕;第六章:黄仪方;第七章:张焕;第八章:杨俊;第九章:赵廷渝;第十章:罗小利;第十一章:刘晓明。全书由张泽龙任主编,由张泽龙、何秋钊同志统稿。

本教程是适应当前民用航空和社会的需要而编写的新教程。但由于编写时间仓促,占有资料不全,深入考证不足,加之编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者指正。

本书在编写过程中,得到了中国民航总局有关司局及中国民航飞行学院教务处、飞行技术系、交通运输系的大力支持,并参考了许多作者的著作,在此深表谢意。

编 者
2001 年 2 月

主要英美制单位与国际标准单位的换算关系表

$$1 \text{ ft} = 0.305 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft}$$

$$1 \text{ n mile} = 1.852 \text{ km} = 1\,852 \text{ m}$$

$$1 \text{ kn} = 1.852 \text{ km/h}$$

$$1 \text{ km/h} = 0.539 \text{ kn}$$

$$1 \text{ lb} = 0.454 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} = 2.205 \text{ lb}$$

$$1 \text{ gal (美)} = 3.786 \text{ l} = 3.385 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 = 264.169 \text{ gal (美)}$$

$$1 \text{ inHg} = 33.86 \text{ hPa}$$

$$29.92 \text{ inHg} = 1013.2 \text{ hPa} = 1013.2 \text{ mb}$$

$$1 \text{ lb/in}^2 = 70.85 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ lb} \cdot \text{ft} = 1.356 \text{ N} \cdot \text{m}$$



目 录

第一章 仪表飞行原理	1
第一节 仪表飞行系统	1
第二节 姿态仪表飞行	13
第三节 仪表领航	24
第二章 仪表飞行规则飞行环境	42
第一节 空中交通管制系统	42
第二节 空中交通管制许可	47
第三节 机场、空域和飞行情报	51
第三章 仪表飞行航图	62
第一节 仪表进近图和机场图	62
第二节 航路图和区域图	82
第三节 离场图和进场图	97
第四章 仪表进近	108
第一节 ILS 进近	108
第二节 VOR 进近	123
第三节 NDB 进近	130
第五章 仪表飞行程序	138
第一节 离场	138
第二节 航路飞行	143
第三节 进场和进近	151
第六章 航空气象	167
第一节 天气因子	167
第二节 影响飞行的重要天气	181
第三节 高空飞行气象特征	194
第四节 常规天气分析	201
第五节 航空天气预报	214
第六节 航空气象电报	219
第七章 IFR 飞行操作	242
第一节 IFR 飞行计划	242
第二节 IFR 应急程序	251
第三节 IFR 飞行决断与飞行要素	255
第八章 飞机性能	268
第一节 空气动力学	268

第二节	飞机性能计算.....	291
第三节	重量与平衡的控制.....	306
第九章	商用飞机系统与动力装置.....	316
第一节	燃油喷射系统.....	316
第二节	高性能动力装置.....	322
第三节	环境系统和结冰控制系统.....	327
第四节	收放式起落架.....	337
第十章	飞行中人的因素	341
第一节	飞行中人的错误.....	341
第二节	驾驶舱工作负荷、状态.....	346
第三节	飞行人员的应激及其管理.....	350
第十一章	机动飞行	359
第一节	大坡度转弯和急跃升转弯.....	359
第二节	大坡度盘旋下降.....	364
第三节	最大性能起飞和着陆.....	368
第四节	懒“8”字飞行和标点“8”字飞行.....	374
参考文献		381



第一章 仪表飞行原理

要进行仪表飞行，必须理解仪表的工作原理、指示情况以及如何利用所给信息对飞机进行控制。本章介绍有关仪表飞行的基础知识。

第一节 仪表飞行系统

按仪表飞行规则（IFR）飞行时，正确地认读仪表，是平稳、准确控制飞机的基础。要做到这一点，必须清楚仪表及系统的工作原理。本节将阐述有关的仪表和系统，着重介绍其工作原理、指示、认读和检查方法。

要进行 IFR 飞行，飞机上除了要装备目视飞行规则（VFR）飞行所必需的基本飞行仪表外，还必须装备能正常工作的转弯侧滑仪、地平仪、陀螺半罗盘（方位陀螺）和计时时钟。

另外，在进行 IFR 飞行前，还必须对仪表和系统进行检查。飞行员必须按照有关规定对每一系统实施检查。

一、陀螺飞行仪表

飞机上有三种陀螺仪表：地平仪、陀螺半罗盘和转弯侧滑仪。它们靠气源或电驱动。大多数轻型飞机上，地平仪和陀螺半罗盘的气源由真空系统提供，转弯仪由电气系统供电。这样配置保证了某一系统失效时有备份系统。

地平仪和陀螺半罗盘使用的是两自由度陀螺，该陀螺具有两大特性：稳定性和进动性。稳定性是指陀螺一旦高速旋转起来，就会表现出抵抗干扰力矩，力图保持其自转轴相对惯性空间方向不变的特性；进动性是指陀螺在外力矩作用下，其转动方向与外力矩作用方向相互垂直的特性。

转弯仪中使用的是单自由度陀螺，它少了一个框架，只具有进动性，即基座绕缺少自由度的方向转动时，陀螺绕内框轴转动的特性。

1. 地平仪

地平仪用来测量和指示飞机的俯仰角和倾斜角。飞机的俯仰角和倾斜角表示飞机的飞行姿态，精确地测量飞机的俯仰角和倾斜角，对驾驶飞机极为重要。

· 基本原理

图 1-1 为地平仪的结构图。陀螺自转轴垂直于地平面，外框轴与飞机纵轴平行，内框轴与飞机横轴平行。由于陀螺的稳定性，自转轴在空间的位置将保持不变。飞机俯仰时，内框绕内框轴保持稳定，表壳和外框随机体一起转动，固定在内框上的销子拨动人工地平线摇臂，

使人工地平线相对小飞机移动一俯仰角，从而指示俯仰。飞机倾斜时，自转轴、内框、外框保持稳定，表壳绕外框轴转动，带动表面上的小飞机相对人工地平线转动，倾斜刻度盘相对倾斜指标转动，从而指示倾斜。

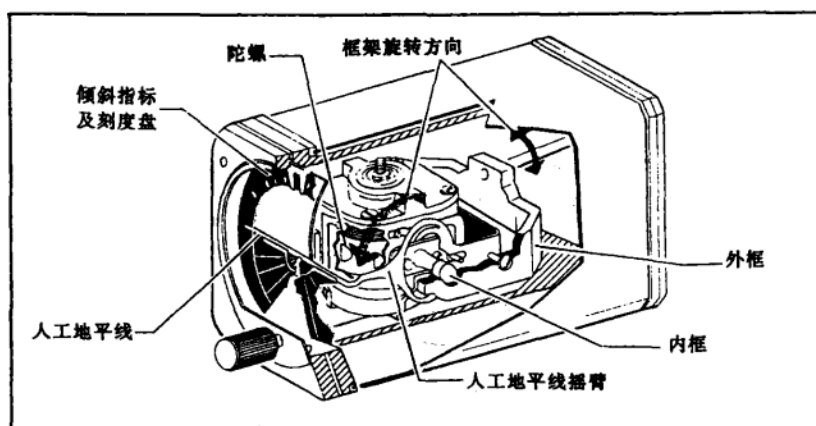


图 1-1 地平仪的结构图

· 误差

飞机转弯或盘旋时，惯性离心力使摆偏离地垂线，并对陀螺进行错误修正，造成自转轴偏离地垂线，使地平仪的俯仰和倾斜指示产生误差。因此，飞机改平后，应参照其他仪表检查地平仪的指示。

飞机加速或减速时，惯性力使摆偏离地垂线，并对陀螺进行错误修正，造成自转轴偏离地垂线，从而产生误差。飞机加速时，陀螺自转轴上端向前移动，地平仪指示飞机爬升；飞机减速时情况相反。因此，飞机加速飞行使用地平仪时，应参照其他仪表检查其指示。

只要真空系统压力正常，现代气动地平仪就是很可靠的仪表，即使进行 360° 滚转或 85° 俯仰时，仍能正常工作。老式地平仪中的陀螺，当飞机滚转超过 100° 或俯仰超过 60° 时将会出现“飞转”，所以，老式地平仪中常常使用上锁装置，以便在陀螺出现“飞转”之后使陀螺快速直立。

2. 陀螺半罗盘

陀螺半罗盘通常由真空系统提供气源进行驱动，用于测量飞机的转弯角，经人工校正后指示飞机航向。陀螺半罗盘没有自动寻北能力。

· 基本原理

图 1-2 为陀螺半罗盘的结构图。陀螺自转轴与地平面平行，外框轴与飞机立轴平行，刻度盘经传动齿轮与陀螺外框相连，飞机形指针固定在表面上。飞机转弯时，由于陀螺的稳定性，自转轴方位不变。刻度盘被陀螺稳定不动，指针随飞机转动，指示飞机的转弯角度。推入并转动调整旋钮可以转动刻度盘，用来校正航向。

· 误差

陀螺自转轴相对地球经线运动，使陀螺半罗盘指示的航向产生误差，因此飞行中每隔一段时间（依飞行手册而定）应参照磁罗盘对陀螺半罗盘进行校正，以消除这段时间积累起来

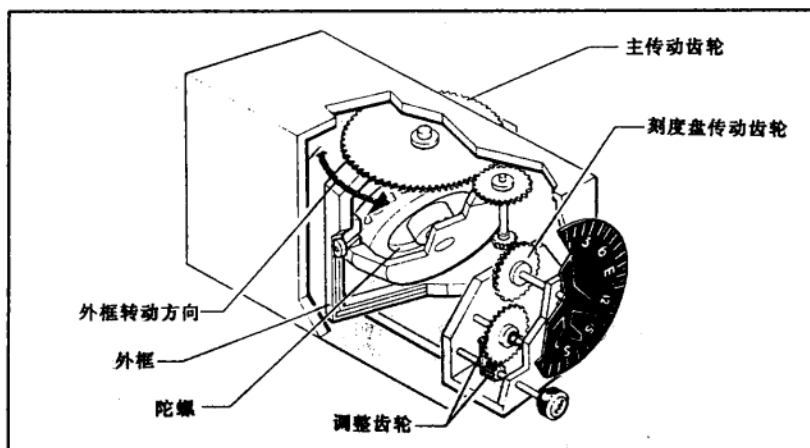


图 1-2 陀螺半罗盘结构图

的误差。飞行中校正时，飞机应处于平直匀速飞行状态，以保证磁罗盘的指示正确。

陀螺半罗盘的工作也受到俯仰和滚转限制。超出这些极限时，陀螺可能出现“飞转”。如果出现“飞转”，应利用已知航向或磁罗盘的指示对陀螺半罗盘重新进行调整。

3. 转弯侧滑仪

转弯仪用于指示飞机转弯或盘旋的方向，并粗略地反映转弯的快慢程度。

侧滑仪用于指示飞机有无侧滑和侧滑方向，与转弯仪配合，供驾驶员操纵飞机协调转弯。

· 基本原理

图 1-3 为两种转弯侧滑仪的结构图。陀螺自转轴与飞机横轴平行，飞机转弯时，内框进动，带动小飞机或指针指示。飞机左转弯时，小飞机左倾斜或指针偏左；飞机右转弯时，小飞机右倾斜或指针偏右。当小飞机翼尖对准“L”或“R”标线时，表示飞机以标准角速度($3^\circ/\text{s}$)转弯。此时飞机转 360° 需要 2 min 时间。对于仪表飞行，该参考速度非常有用。

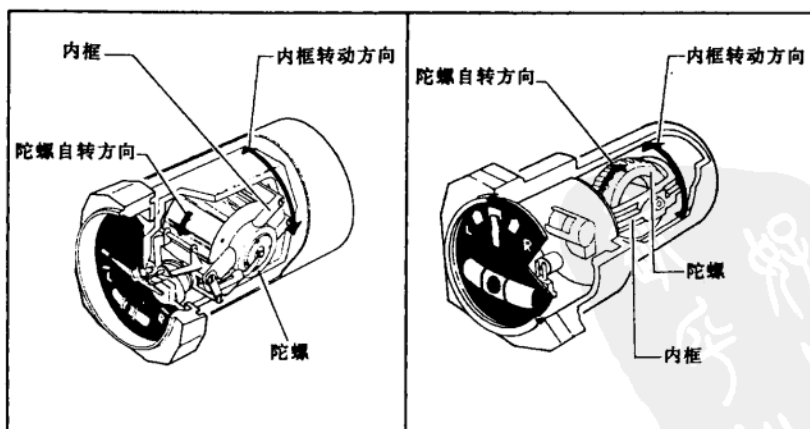


图 1-3 转弯侧滑仪结构图

侧滑仪中的小球通过模拟飞机在横轴方向的受力情况来指示飞机转弯是否协调。重力在

横轴方向的分力和惯性离心力在横轴方向的分力使飞机向相反方向运动。在协调转弯期间，两个分力大小相等，方向相反，侧滑仪中的小球处于玻璃管中央，如图 1-4 中 ① 所示；外侧滑时，离心力在横轴方向的分力大于重力在横轴方向的分力，小球向转弯外侧移动，这说明飞机转弯率太大而与其坡度不相对应，如图 1-4 中 ② 所示；内侧滑时，重力在横轴方向的分力大于离心力在横轴方向的分力，小球向转弯内侧移动，说明飞机压坡度太大又与其转弯率不相对应，如图 1-4 中 ③ 所示。

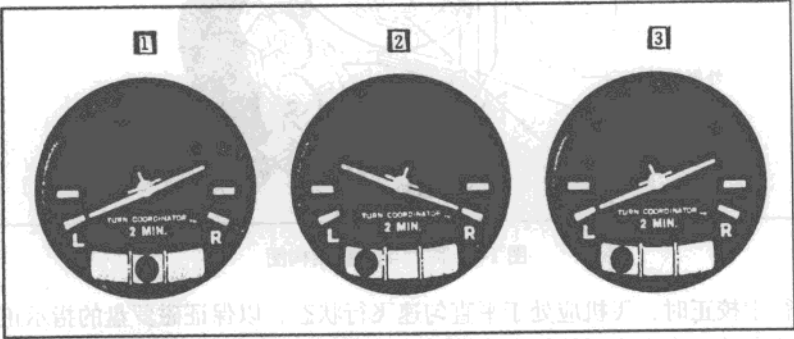


图 1-4 转弯侧滑仪的指示情况

4. 仪表检查

要进行仪表飞行，飞行前必须对陀螺仪表和动力源进行检查。接通总电门前或发动机启动前，电动陀螺仪表上应出现警告旗。侧滑仪内应充满液体，同时小球应处于正中。接通总电门时，电动陀螺不应出现异常声音，如摩擦声。发动机启动时，气动陀螺不应出现异常声音，5 min 左右陀螺应达到正常转速，这期间指示常常出现振动；当飞机停在停机坪或直线滑行时，若陀螺已达到稳定转速，转弯仪上应没有转弯指示，地平仪上人工地平线应水平。转弯期间，转弯仪和陀螺半罗盘应指示正确的转弯方向和转弯角度；侧滑仪中的小球移向转弯方向的外侧。正常转弯期间，地平仪的倾斜指示应不超过 5° 。飞行前，用磁罗盘对陀螺半罗盘进行校正。起飞前应再次检查，以保证陀螺没有进动。

起飞前还应对真空度计和电流表进行检查。如果真空系统压力在正常范围（4.4 ~ 5.2 inHg）以外，气动陀螺仪表（通常指的是气动地平仪和气动陀螺半罗盘）的指示不可靠。有些飞机上装有真空系统压力低警告灯，当真空系统压力低于 3 ~ 3.5 inHg 时，灯燃亮。有些飞机上还装有电源低压和高压警告灯，以监视电源系统的工作情况。

二、磁罗盘

磁罗盘利用自由旋转的磁条自动跟踪地球磁场的特性来测量飞机的航向。

1. 误差

要想利用磁罗盘来准确地获取飞机航向，必须清楚磁罗盘存在的一些固有误差。

· 磁差

与 VFR 飞行一样，在 IFR 操作中，磁差对飞行的影响不大，因为所飞航线大多数是以磁北为基准确定的。但是，作为飞行员，应清楚真北与磁北之间的换算关系。磁差是磁北偏离真北的角度，各地磁差的大小和方向是不相同的。在航图上，把磁差相等的点连接起来的线，

称为等磁差线。将真航向减去（磁北偏东时）或加上（磁北偏西时）磁差即得磁航向；反过来，即可将磁航向换算成真航向。

· 罗差

飞机上的钢铁物质和工作中的用电设备会形成一个磁场。该磁场会对地球磁场的磁力线产生影响，从而使磁罗盘指示产生误差。制造厂家通常在磁罗盘内安装补偿磁条，用于减小发动机运行和所有电子设备工作时产生的影响。但是，罗差不能完全消除，因此，一般在磁罗盘附近装有罗差修正卡，用它来修正罗差。由于不同航向对应的磁力线不同，因此罗差随航向的改变而变化。

· 磁倾

地磁强度与水平面的夹角称为磁倾。在磁赤道上，由于磁力线与地球表面平行，因此磁倾为零。把罗盘朝两极移动，由于磁力线收敛于地球磁场南北极，因此磁倾逐渐增大。飞机加速、减速和转弯期间，磁倾使罗盘产生误差。

飞机速度改变时，磁倾使罗盘产生加速度误差。在北半球，飞机加速时，罗盘指示北转弯；减速时，罗盘指示南转弯；速度恒定时，罗盘恢复正确指示。飞机在东、西磁航向上该误差最大，越接近南北磁航向，该误差越小，在南、北磁航向上为零。以上情况可概括为“ANDS”（加速北、减速南）。南半球的情形与北半球的刚好相反（加速南、减速北）。

飞机转弯时，磁倾使罗盘产生转弯误差。飞机在 0° （或 180° ）磁航向上，若向东或西转弯时，该误差最明显，因此转弯误差也称为北转误差。离磁极越近，误差越大。在磁赤道上，转弯误差为零。

在北半球，从 0° 磁航向开始转弯，转弯瞬间，罗盘会给出向相反方向转弯的指示。转弯建立起来后，罗盘开始指示正确的转弯方向，但指示的转弯角度小于实际的转弯角度。随着转弯的继续，滞后量会逐渐减小。在飞机到达东西磁航向后，滞后量才彻底消失。飞机从 180° 磁航向转弯时，转弯瞬间罗盘指示正确转弯方向，但指示值大于实际值。当飞机到达东西磁航向上时，这种误差才会消失。

飞机从 90° 或 270° 磁航向向北转弯，转弯瞬间罗盘不会出现误差。但随着飞机逐渐接近 0° 磁航向，罗盘指示值会逐渐滞后于实际值。飞机从 90° 或 270° 磁航向向南转弯，若倾斜角较小，罗盘会给出正确的航向指示；若倾斜角等于或大于临界倾斜角（ 90° - 当地磁倾），罗盘指示会有误差。但随着飞机逐渐接近 180° 磁航向，罗盘指示值会逐渐大于飞机实际值。

飞行员根据磁罗盘操纵飞机转向预定航向时，必须考虑转弯误差，即根据磁罗盘的指示，提前或延迟改出转弯。在北半球飞行，如果不考虑飞机惯性，转弯后航向在 $90^\circ \sim 0^\circ \sim 180^\circ$ 范围内，应提前改出转弯；在 $90^\circ \sim 180^\circ \sim 270^\circ$ 范围内，应延迟改出转弯。提前或延迟量的大小等于飞机所处地区的纬度加上或减去飞机转弯的正常改出量（通常为坡度的一半）。例如，在北纬 35° 地区，飞机以 15° 坡度右转弯至 0° 航向，应提前 42° （ $35^\circ + 7^\circ$ ）改出，即在 318° （ $360^\circ - 42^\circ$ ）时改出；右转弯至 180° 航向时，应延迟 28° （ $35^\circ - 7^\circ$ ）改出，即在 208° （ $180^\circ + 28^\circ$ ）改出；仍在该纬度地区，左转弯至 0° 航向时，在 42° 时改出；左转弯至 180° 航向时，在 152° （ $180^\circ - 28^\circ$ ）时改出。南半球的转弯误差与北半球相反。

2. 仪表检查

飞行前，检查罗盘中充满罗盘油；滑行中，罗牌自由摆动并指示一个已知航向。飞行中

需要用磁罗盘作参考，因此磁罗盘出现故障时，不能飞行。

三、罗盘系统

由两种或两种以上工作原理不同的罗盘所组成的测量飞机航向的系统，称为罗盘系统或航向系统。

陀螺半罗盘没有自动寻北功能，但能够在一定时间内稳定基准线；磁罗盘能够较准确地测定基准线，但存在飞行误差。罗盘系统将两者结合起来，发挥每一种罗盘的长处从而指示航向。

1. 基本原理

图 1-5 为罗盘系统的组成图。当控制组件上的功能开关置于“SLAVE（伺服）”位时，方位陀螺接收磁传感器送来的校正信号。经校正后，使指示器指示飞机航向。置于“FREE（自由）”位时，断开了磁传感器的校正信号，指示器的航向指示仅受方位陀螺控制。在该位可利用控制组件上的人工航向同步（“CW—CCW”）开关人工校正航向。

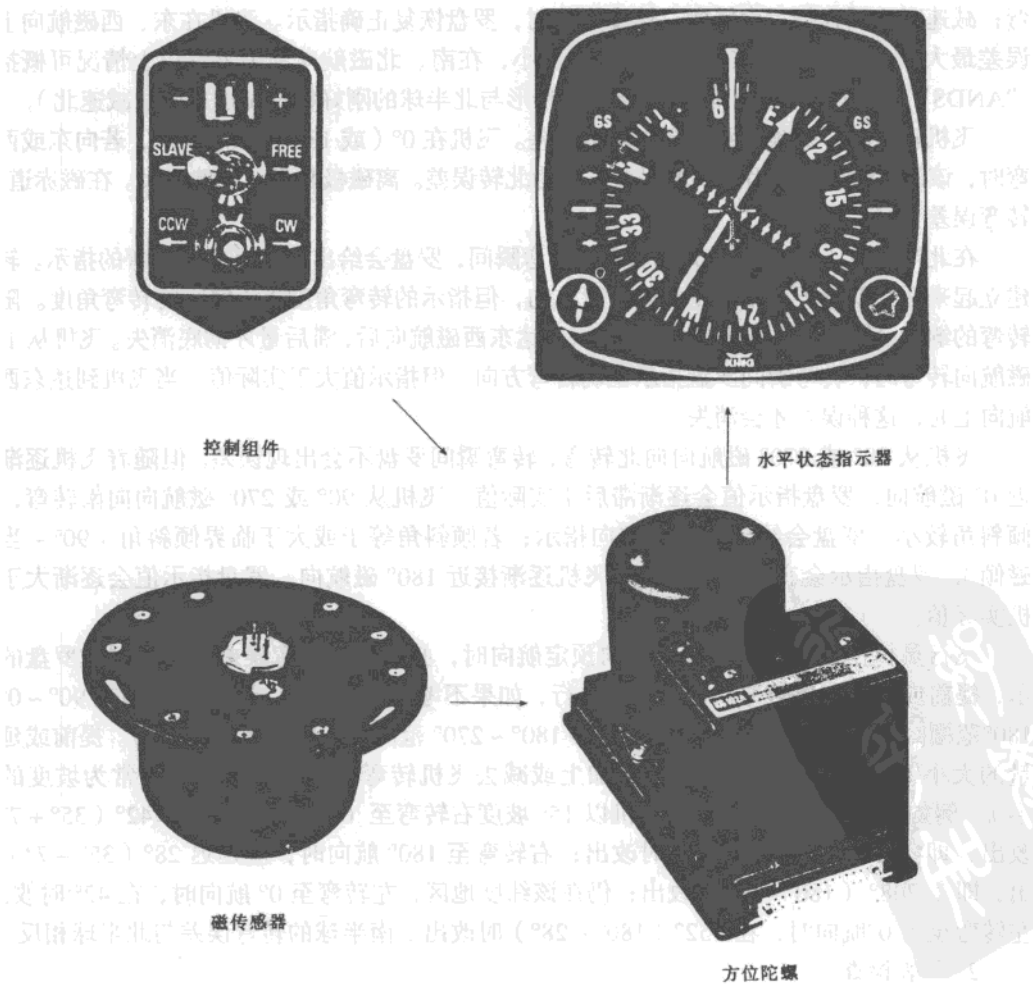


图 1-5 罗盘系统的组成图

2. 系统检查

通电前，指示器上的航向警告旗出现。通电后，方位陀螺达到正常转速时，指示器上的航向警告旗消失，系统协调好后，控制组件上伺服指示器指针指零，表明罗盘系统工作正常。飞行中若航向警告旗出现，表明航向指示不可靠。

飞机平飞时，伺服指示器指针左右摆动，属正常状态。若指针一直偏向某一边，表明罗盘系统指示有误差，可进行人工协调，将伺服指示器指针调至中间位置。飞机转弯时，指针完全偏向某一边，也属正常状态，待飞机平飞后，再判断罗盘系统指示是否有误差。

四、全静压仪表

全静压仪表包括：空速表、高度表和升降速度表，如图 1-6 所示。空速表靠全压和静压工作；高度表和升降速度表只靠静压工作。全压由全压管收集，全压管头部一般装有加温元件以防全压管内结冰，后部有一放水孔。静压由静压孔收集，大多数飞机上都装有备用静压源，在正常静压失效时，可用它选择备用静压。在非增压飞机上，备用静压源通常安装在驾驶舱中。

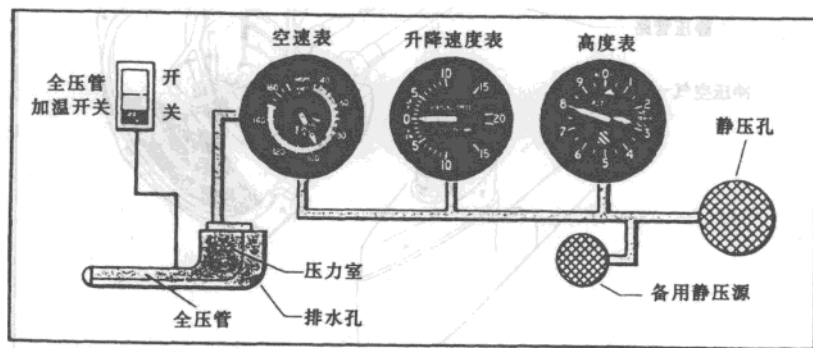


图 1-6 全静压系统组成图

1. 空速表

空速表用于测量飞机相对于空气的运动速度（空速）。

· 空速的种类

指示空速（IAS） 根据在海平面标准大气条件下，空速和动压的关系得到的空速。

校正空速（CAS） 对指示空速修正安装误差（气源误差）和仪表误差后得到的空速。

虽然制造厂家尽力消除该误差，但不可能对整个运行速度、重量和襟翼设定等状态下的误差完全消除。在《飞行员操纵手册》上列有校正空速的修正值。在海平面标准大气条件下，校正空速等于真空速。

当量空速（EAS） 对特定高度上的校正空速修正空气压缩性误差后得到的空速。高速飞行时，飞机快速通过大气运动，在飞机前方，空气被压缩，产生空气压缩性误差，从而使当量空速低于校正空速。许多电子式和机械式飞行计算器都安装有补偿这一误差的装置，但是，当飞机指示空速低于 200 kn 和高度低于 20 000 ft 时，该误差可忽略不计。

真空速（TAS） 飞机相对于空气运动的真实速度。对当量空速补偿压力和温度误差后得到的就是真空速。在海平面标准大气条件下，校正空速等于真空速。大气压力降低，空气密度减小，真空速将增大，飞机爬升时就会出现这种情况。在一定高度上，外界空气温度

升高，空气密度减小，也会引起真空速增大；相反，温度降低或压力增大时，真空速将减小。用高度每升高 1 000 ft，真空速增加指示空速的 2%，按此可估算真空速。如果需要精确的真空速，则应使用飞行计算器进行计算，即对修正空速（或当量空速）修正高度和温度误差，然后得到真空速。

高性能飞机上，一些极限速度是以音速为基准来定义的，这些飞机上通常装有马赫数指示器。马赫数（Mach）是真空速与飞机所在高度的音速之比。例如，马赫数 0.8 表示飞机的真空速为音速的 80%。

· 基本原理

图 1-7 为指示空速表结构图。指示空速表内有一个开口膜盒，来自全压管的全压，直接送到开口膜盒内，静压送往表壳内，开口膜盒外。空速改变时，膜盒膨胀或收缩，带动指示器表面上的指针指示，该指示即为指示空速（IAS）。

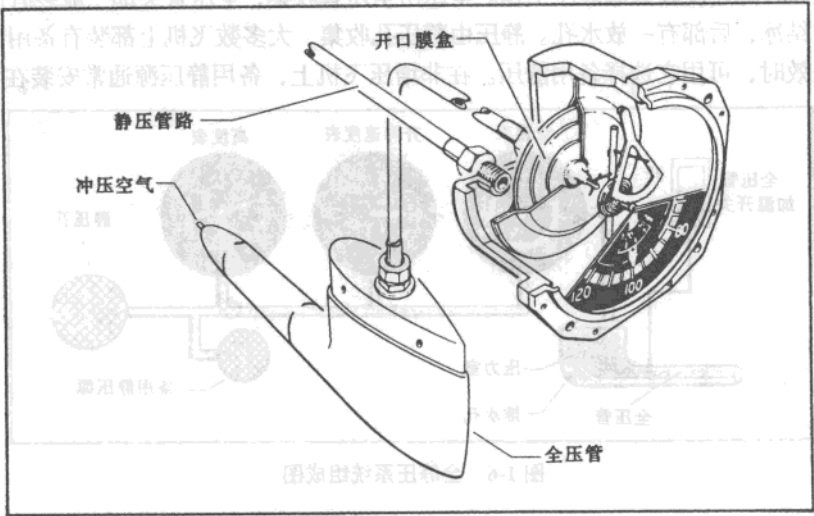


图 1-7 指示空速表结构图

· 表盘信息

空速表上标有各种极限速度和彩色弧形区，如图 1-8 所示，它们代表不同飞行阶段的速度限制范围。

v_{SO} 指着陆形态（起落架和襟翼放下）下的最小稳定飞行速度或失速速度。在小型飞机上，这个速度也称之为着陆形态下最大着陆重量时的无动力失速速度。

v_{S1} 指在规定形态下的最小稳定飞行速度或失速速度。在小型飞机上，这个速度也叫做光洁形态（襟翼和起落架收上）下最大起飞重量时的无动力失速速度。具体数据应查阅相应的《飞行员操作手册》。

v_{FE} 指襟翼完全放下后的最大速度。

v_{NO} 指最大结构强度巡航速度。

v_{NE} 指极限速度。

白色弧线区：下限为 v_{SO} ，上限为 v_{FE} 。该速度范围为襟翼操作速度范围。进近着陆期间，速度一般限制在此范围内。

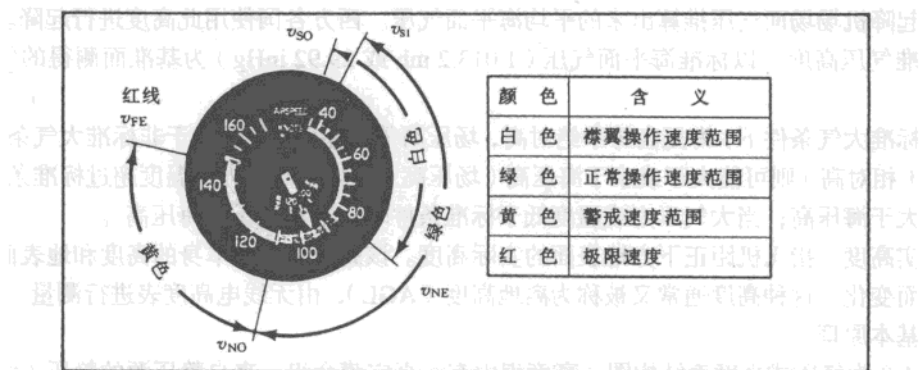


图 1-8 空速表表面

绿色弧线区：下限为 V_{SI} ，上限为 V_{NO} 。此范围为飞机正常操作速度范围。大部分飞行都应在此速度范围内进行。 V_{NO} 为最大结构强度巡航速度，除在平稳气流中飞行外，其他情况下均不应超过此速度。

黄色弧线区：上、下限分别为 V_{NE} 和 V_{NO} 。只有飞机处于平稳气流中，飞行员时刻处于戒备的情况下，才可在此速度范围内飞行。

红线：极限速度为 V_{NE} 。若飞机以大于此速度飞行，就可能对飞机造成损坏或结构破坏。

并不是所有速度都会在空速表上标出，下面这些速度在空速表上就没有标出：

V_A 指机动飞行速度，指飞行员突然使用最大操纵偏移量时不会对飞机结构造成损坏的最大速度。同时，它也表示飞机在紊流中飞行，飞行员能安全使用的最大速度。 V_A 在《飞行员操作手册》中可以查到，在驾驶舱中的标牌上通常也会标出。

V_{LO} 指收放起落架期间能安全使用的最大速度。

V_{LE} 指起落架全放下时能安全使用的最大速度。

· 仪表检查

飞机滑行前，空速表指示应为零。在开始起飞滑跑中加速时，空速表指示应按适当的速率增大。如果不是这样，应终止起飞。

2. 气压式高度表

气压式高度表是 IFR 飞行的一个主要仪表，用于测量飞机的飞行高度。飞行员依赖它控制飞机、保持地形许可和与其他飞机的垂直间隔。

· 高度类型

飞机的飞行高度是指飞机在空中至某一基准面的垂直距离。基准面不同，得出的飞行高度也不同。下面介绍几种航空上使用的高度：

相对高度 指飞机距起降机场场面的垂直距离。

绝对高度 指飞机距平均海平面的垂直距离。在航图上，固定物体的标高，如机场、高塔和电视天线等，都是用绝对高度来表示的。

场面气压高度（场压高） 以起飞或着陆机场的场面气压为基准面测得的气压高度。我国使用此高度进行起降。

修正海平面气压高度（海压高） 以修正海平面气压为基准面测得的气压高度。修正海