



商用驾驶员执照理论考 试知识点（试行）

（飞机）

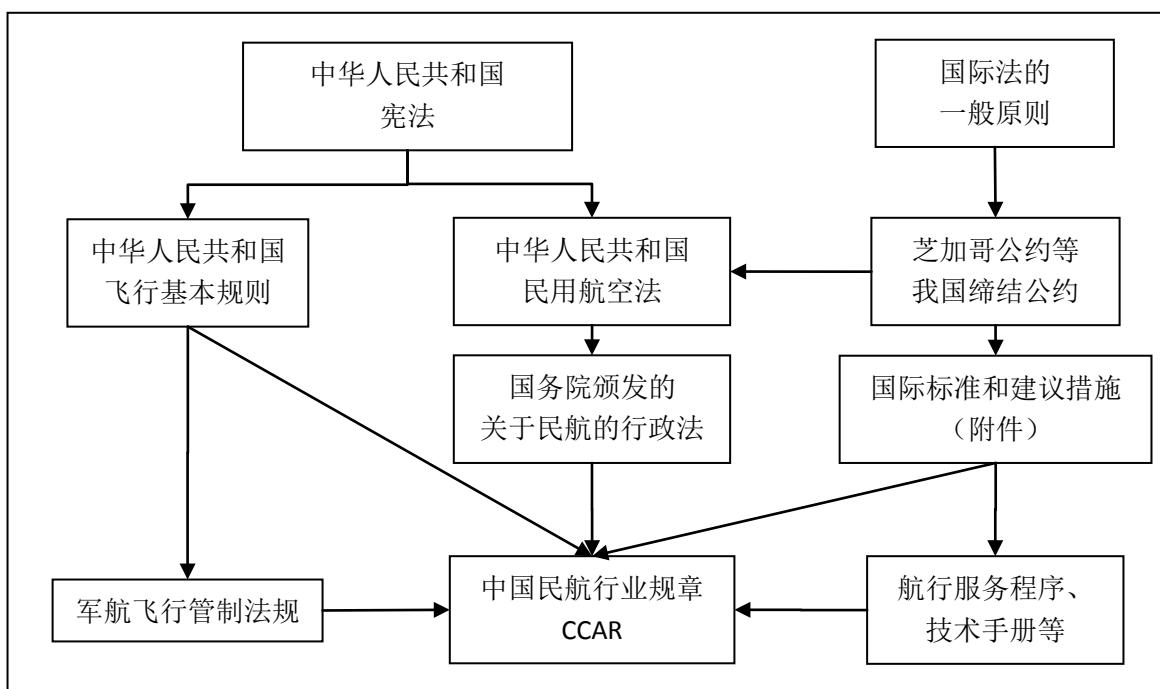
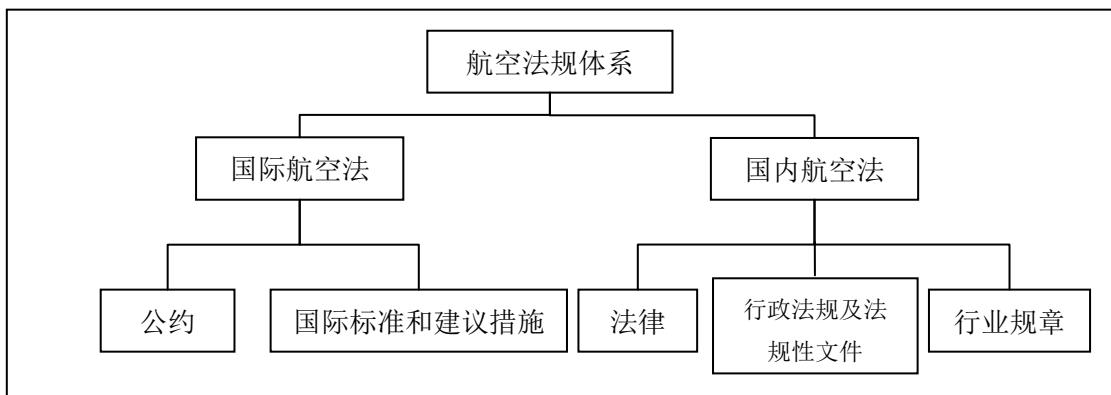
中国民用航空局飞行标准司
2016年6月

1.1.1 航空法规体系、框架

知识掌握程度：

了解航空法规体系、各个法规之间的相互关系。

知识要点：



思考题：

在我国订立一部新的 CCAR，需要参考哪些其他的法律规章？

1. 1. 2相关法规颁布的目的、生效时间和颁布部门	备注：民航法第一章； 飞行基本规则第一章； 通用航空飞行管制条例第一章； CCAR61. 1/3/5/7； CCAR91 A 章； CCAR97 第一章； CCAR67 A 章； CCAR25 A 章； CCAR395 第一章
-----------------------------------	--

知识掌握程度：

了解相关法规颁布的目的、生效时间和颁布部门。

知识要点：

规章名称	层级	颁布目的	颁布部门
中华人民共和国民用航空法	法律	维护国家的领空主权和民用航空权利 保障民用航空活动安全和有秩序地进行 保护民用航空活动当事人各方的合法权益 促进民用航空事业的发展	全国人大（人大常委会）通过
中华人民共和国飞行基本规则	行政法规及法规性文件	维护国家领空主权，规范中华人民共和国境内的飞行活动，保障飞行活动安全有秩序地进行	国务院、中央军委
通用航空飞行管制条例	行政法规及法规性文件	为了促进通用航空事业的发展，规范通用航空飞行活动，保证飞行安全	国务院、中央军委
民用航空器驾驶员和地面教员合格审定规则 (CCAR61)	行业规章	规范民用航空器驾驶员和地面教员的合格审定工作	中国民用航空局
一般运行和飞行规则 (CCAR91)	行业规章	规范民用航空器的运行，保证飞行的正常与安全	中国民用航空局
航空器机场运行最低标准的制定与实施规定 (CCAR97)	行业规章	提高民用飞机全天候运行的安全水平和航行的标准化程度，规范机场运行标准和实施程序	中国民用航空局
民用航空人员体检合格证管理规则 (CCAR67)	行业规章	保证从事民用航空活动的空勤人员和空中交通管制员身体状况符合履行职责和飞行安全的要求	中国民用航空局
运输类飞机适航标准 (CCAR25)	行业规章	用于颁发和更改运输类飞机型号合格证的适航标准	中国民用航空局
民用航空器事故和飞行事故征候调查规定 (CCAR395)	行业规章	规范民用航空器事故和事故征候调查	中国民用航空局

思考题：

中华人民共和国民用航空法属于法律体系的哪个层次？颁布的目的是什么？

1. 2. 1 相关定义 1. 2. 1. 1与航空人员有关的各种定义	备注：民航空法第五章第二节 机组； CCAR61.7；CCAR91.8
--	--

知识掌握程度：

掌握机组、授权教员、考试员、机长、副驾驶的定义及含义。

知识要点：

一、机组

飞行机组成员，是指在飞行值勤期内对航空器运行负有必不可少的职责并持有执照的机组成员。

民用航空器机组由机长和其他空勤人员组成。机长应当由具有独立驾驶该型号民用航空器的技术和经验的驾驶员担任。

机组的组成和人员数额，应当符合国务院民用航空主管部门的规定（适航证、飞行手册、有关文件规定）。随机工作人员和实习人员，应在飞行任务书中注明。

二、授权教员，是指下列人员：

持有按CCAR-61部颁发的具有教员等级的驾驶员执照，并依据其教员等级上规定的权利和限制执行地面教学或者飞行教学的人员。

三、考试员，是指由局方授权实施CCAR-61部要求的航空人员执照或者等级的定期检查、熟练检查、教员更新检查、实践考试或者理论考试的人员。考试员应当是局方的监察员或者是按照中国民用航空规章《民用航空飞行标准委任代表和委任单位代表规定》(CCAR-183FS)委任的驾驶考试员或者经局方批准的检查人员。

四、机长，是指在飞行时间内负责航空器的运行和安全的驾驶员。

五、副驾驶，是指在飞行时间内除机长以外的、在驾驶岗位执勤的持有执照的驾驶员，但不包括在航空器上仅接受飞行训练的驾驶员。

其他航空人员还包括领航员、飞行机械人员、飞行通信员、乘务员等空勤人员以及民用航空器维修人员、空中交通管制员、飞行签派员、航空电台通信员等地面人员。

思考题：

是否所有的飞行机组成员都必须持有执照？

1.2.1 相关定义

1.2.1.2 与飞行人员有关的各种时间的定义

备注：民航法第七十七条
CCAR61.7

知识掌握程度：

掌握飞行时间、训练时间、转场时间以及经历时间的定义及其含义。

知识要点：

民用航空器机组人员的飞行时间、执勤时间不得超过国务院民用航空主管部门规定的时限。

一、训练时间，是指受训人在飞行中、地面上、飞行模拟机或飞行训练器上从授权教员处接受训练的时间。

二、飞行时间，是指航空器为准备起飞而借助自身动力开始移动时起，到飞行结束停止移动时止的总时间。对于直升机是指，从直升机的旋翼开始转动时起到直升机飞行结束停止移动及旋翼停止转动为止的总时间。对于滑翔机是指，不论拖曳与否，从滑翔机为了起飞而开始移动时起到飞行结束停止移动时为止占用的飞行总时间。

三、仪表飞行时间，是指驾驶员仅参照仪表而不借助外部参照点驾驶航空器的时间。

四、飞行经历时间，是指为符合航空人员执照、等级、定期检查或近期飞行经历要求中的训练和飞行时间要求，在航空器、飞行模拟机或飞行训练器上所获得的在座飞行时间，这些时间应当是作为飞行机组必需成员的时间，或在航空器、飞行模拟机或飞行训练器上从授权教员处接受训练或作为授权教员在驾驶员座位上提供教学的时间。

五、单飞时间，是指学生驾驶员作为航空器唯一乘员的飞行时间。

六、转场时间，是指在满足下列条件的飞行中所取得的飞行时间：

1. 在航空器中实施；
2. 含有一个非出发地点的着陆点；
3. 使用了地标领航、推测领航、电子导航设备、无线电设备或其他导航系统航行至着陆地点。

思考题：

飞行时间与飞行经历时间有什么区别？

1.2.1 相关定义

1.2.1.3 机长的权利和义务

备注：民航法第二节 机组；飞行基本规则第五条、第九条、第五十五条、第七十七条、第七十九条、第八十八条、第一百条；CCAR61.7；CCAR91.5

知识掌握程度：

掌握机长的权利与义务

知识要点：

一、飞行前，机长应当对民用航空器实施必要的检查，未经检查，不得起飞；确认保障飞行安全的各项条件低于最低标准，或者缺乏信心，拒绝飞行。

二、遇复杂气象或发生特情时，为保证航空器和旅客安全，对航空器处置作出最后决定。

三、发现机组成员不适宜继续飞行，有碍飞行安全时，提出将其更换。

四、空中治安权。

五、民用航空器遇险时，指挥机组和旅客采取一切必要的抢救措施。

六、在必须撤离遇险民用航空器的紧急情况下，首先组织旅客安全离开民用航空器；未经机长允许，机组人员不得擅自离开民用航空器；机长应当最后离开民用航空器。

七、民用航空器发生事故，机长应当直接或者通过空中交通管制单位，如实将事故情况及时报告民航局。

八、机长收到船舶或者其他航空器的遇险信号，或者发现遇险的船舶、航空器及其人员，应当将遇险情况及时报告就近的空中交通管制单位并给予可能的合理的援助。

思考题：

机长是否有权拒绝飞行？

1.2.2 执照、合格证和等级

1.2.2.1 执照、合格证和等级的基本要求

备注: 民航法第四十条、第四十一条;
CCAR61.9

知识掌握程度:

了解驾驶员执照和合格证的基本要求;
了解飞行教员等级和仪表等级的要求。

知识要点:

一、驾驶员执照的基本要求

1. 在中国进行国籍登记的航空器上担任飞行机组必需成员的驾驶员，必须持有按 CCAR—61 部颁发或认可的有效驾驶员执照，并且在行使相应权利时随身携带该执照。当中国登记的航空器在外国境内运行时，可以使用该航空器运行所在国颁发或认可的有效驾驶员执照。
2. 在中国境内运行的外国登记的航空器上担任飞行机组必需成员的驾驶员，必须持有按 CCAR—61 部颁发或认可的有效驾驶员执照，或持有由航空器登记国颁发或认可的有效驾驶员执照，并且在行使相应权利时随身携带该执照。

二、体检合格证要求

1. 持有按 CCAR—61 部颁发或认可的执照担任航空器飞行机组必需成员的驾驶员，必须持有按中国民用航空规章《民用航空人员体检合格证管理规则》(CCAR—67FS) 颁发或认可的有效体检合格证，并且在行使驾驶员执照上的权利时随身携带该合格证。
2. 在外国境内使用该国颁发的驾驶员执照运行中国登记的航空器时，可以持有颁发该执照要求的现行有效的体格检查证明。

三、仪表等级

在仪表飞行规则 (IFR) 条件下或在低于目视飞行规则 (VFR) 规定的最低标准的气象条件下担任航空器的机长，应当符合下列要求之一：

1. 持有私用或商用驾驶员执照，并具有适合于所飞航空器的类别、级别、型别（如适用）和仪表等级；
2. 持有多人制机组驾驶员执照或航线运输驾驶员执照，并具有适合于所飞航空器的类别、级别和型别等级（如适用）；
3. 对于滑翔机机长，持有附带滑翔机类别等级和飞机仪表等级的驾驶员执照。

思考题:

在中国境内运行的外国登记的航空器上担任飞行机组必需成员的驾驶员，应该持有什么执照？

1.2.2 执照、合格证和等级

1.2.2.2 执照的年龄限制、证件的检查要求

备注: 民航法第四十条、第四十一条;
CCAR61.9

知识掌握程度:

了解飞行证件检查的要求;
了解对特定运行的年龄限制。

知识要点:

一、运行的年龄限制

驾驶员应当遵守相应运行规章对驾驶员年龄的限制,如下图:

类别	年龄限制
学生驾驶员执照	年满 16 周岁
运动驾驶员执照	年满 17 周岁
商用驾驶员执照	年满 18 周岁
多人制机组驾驶员执照	年满 18 周岁
航线运输驾驶员执照	年满 21 周岁
飞行教员等级	年满 18 周岁

二、证件检查

持有 CCAR—61 部所要求的航空人员执照、体检合格证、许可或者其他有关证件的人员,在局方检查时,应当出示相关证件。

思考题:

各类执照的年龄限制分别是多少?

1. 2. 2执照、合格证和等级

1. 2. 2. 3 临时执照

备注: CCAR61. 19

知识掌握程度:

了解临时执照的有效期和作用;

了解临时执照的失效。

知识要点:

一、局方可以为下列申请人颁发有效期不超过120 天的驾驶员临时执照，临时执照在有效期内具有和正式执照同等的权利和责任：

1. 已经审定合格的执照申请人，在等待颁发执照期间；
2. 在执照上更改姓名的申请人，在等待更改执照期间；
3. 因执照遗失或损坏而申请补发执照的申请人，在等待补发执照期间。

二、在出现下列情况之一时，颁发的临时执照失效：

1. 临时执照上签注的日期期满；
2. 收到所申请的执照；
3. 收到撤销临时执照的通知。

思考题:

临时执照和正式执照上在行使权利时有何区别？

1. 2. 2执照、合格证和等级

1. 2. 2. 4执照的有效期

备注: CCAR61. 21

知识掌握程度:

掌握关于执照有效期的规定。

知识要点:

一、执照持有人在执照有效期满后不得继续行使该执照所赋予的权利。

二、学生驾驶员执照在颁发月份之后第24个日历月结束时有效期满。

三、除学生驾驶员执照外，按CCAR61部颁发的其他驾驶员执照有效期限为六年，且仅当执照持有人满足CCAR-61部和有关中国民用航空运行规章的相应训练与检查要求、并符合飞行安全记录要求时，方可行使其执照所赋予的相应权利。依据外国驾驶员执照颁发的认可证书的持有人，仅当该认可证书所依据的外国驾驶员执照和体检合格证有效时，方可行使该认可证书所赋予的权利。

思考题:

学生驾驶员执照的有效期为多少年？

1. 2. 2执照、合格证和等级

1. 2. 2. 5 航空器的等级限制

备注: CCAR61. 27

知识掌握程度:

- 了解对飞行员型别等级的要求；
- 了解类别、级别等级的要求。

知识要点:

一、担任下列航空器的机长应当持有适合该航空器的型别等级:

1. 审定为最大起飞全重在5, 700千克以上的飞机；
2. 审定为最大起飞全重在3, 180千克以上的直升机和倾转旋翼机；
3. 涡轮喷气动力的飞机；
4. 局方通过型号合格审定程序确定需要型别等级的其他航空器。

二、类别、级别和型别等级的要求:

1. 在载运人员或实施取酬运行的航空器上担任机长或为取酬而担任航空器机长的驾驶员，应当持有适合该航空器的类别、级别和型别等级（如果该航空器要求级别或者型别等级）。
2. 在CCAR-61. 27条(c)(1)规定运行范围以外担任航空器机长的，应当符合下列条件之一：
 - (1) 持有适合该航空器的类别、级别和型别等级（如果该航空器要求级别或者型别等级）；
 - (2) 在授权教员的监视下，接受适用于该航空器的以取得驾驶员执照或者等级为目的的训练；
 - (3) 已经接受了CCAR-61部要求的适用于该航空器的类别、级别和型别等级（如果该航空器要求级别或型别等级）的训练，并且授权教员已在该驾驶员飞行经历记录本上签字，批准其单飞。
3. 持有飞机类别单发陆地或多发陆地级别等级的驾驶员可以行使附带陆地等级的初级飞机执照所赋予的权利；持有飞机类别单发水上或多发水上级别等级的驾驶员可以行使附带水上等级的初级飞机执照所赋予的权利；持有飞艇类别等级的驾驶员可以行使附带小型飞艇等级的运动驾驶员执照所赋予的权利。

三、CCAR-61. 27条的等级限制不适用于下列人员:

1. 学生驾驶员执照的持有人；
2. 在航空器取得型号合格证之前，按试验或特许飞行证实施飞行期间，操作该航空器的驾驶员执照持有人；
3. 正在接受局方实践考试的申请人；

思考题:

担任哪些航空器的机长应当持有适合该航空器的型别等级？

1.2.2 执照、合格证和等级

1.2.2.6 航空器的附加训练要求

备注: CCAR61.27

知识掌握程度:

- 了解高空增压飞机的附加训练要求;
- 了解后三点式飞机、复杂飞机的附加训练要求。

知识要点:

一、驾驶高空运行的增压飞机所要求的附加训练:

1. 在实用升限或最大使用高度(以低者为准)高于平均海平面(MSL)7,600米(25,000英尺)的增压飞机上担任机组成员的驾驶员,应当完成本款规定的地面和飞行训练,并且由授权教员在其飞行经历记录本或训练记录上签字,证明其已经完成了附加训练。

2. 驾驶员提供文件证明,其在增压飞机或者在能代表增压飞机的经批准的飞行模拟机或飞行训练器上,完成了下列检查之一,则不必进行CCAR-61.27条(d)(1)要求的训练:

- (1) 完成了由军方执行的机长检查;
- (2) 按CCAR-121完成了机长或副驾驶熟练检查。

二、驾驶后三点飞机所要求的附加训练:

在后三点飞机上担任机长的驾驶员,应当已经接受了后三点飞机的飞行训练。

三、驾驶复杂飞机所要求的附加训练:

在复杂飞机上担任机长的驾驶员,应当在复杂飞机上或者在代表复杂飞机的飞行模拟机或飞行训练器上,得到授权教员提供的地面和飞行训练,该教员认为其已经熟悉该飞机的系统和操作,并在飞行经历记录本上作出训练记录和证明其合格于驾驶复杂飞机的签字。

四、对于操纵有特殊要求的航空器应遵守局方的附加要求。

思考题:

驾驶高空运行的增压飞机需要进行哪些附加训练?

1.2.2 执照、合格证和等级

备注: CCAR61.7/43/57/59

1.2.2.7 检查与考试

知识掌握程度:

了解理论考试、熟练检查、实践考试、定期检查的基本概念

了解实践考试的一般要求;

了解熟练检查的一般要求。

知识要点:

一、理论考试

是指航空理论方面的考试，该考试是颁发航空人员执照或者等级所要求的，可以通过笔试或者计算机考试来实施。

二、实践考试

是指为取得航空人员执照或者等级进行的操作方面的考试，该考试通过申请人在飞行中、飞行模拟机中或者飞行训练器中回答问题并演示操作动作的方式进行。

实践考试的一般要求如下：

1. 判断执照或者等级申请人的操作能力应当依据下列标准：

(1) 按照经批准的实践考试标准，安全完成相应执照或者等级规定的所有动作和程序；

(2) 熟练准确地操纵航空器，具有控制航空器的能力；

(3) 具有良好的判断力；

(4) 能灵活应用航空知识；

(5) 如果航空器型号合格审定为单驾驶员操纵，则应当演示其具有单驾驶员的独立操作能力。

2. 如果申请人未能按照CCAR-61.57条(a)完成任一必需的驾驶员操作，则该申请人实践考试为不合格。在申请人合格完成任一驾驶员操作之前，该申请人不得取得所申请的执照或等级。

3. 由于恶劣的天气条件、航空器适航性或其他影响飞行安全的情况发生时，考试员或者申请人可以随时中断考试。如果实践考试中断，在符合下列规定时，局方可以承认申请人已经完成并合格的操作：

(1) 申请人在中断实践考试后60天内通过剩下的实践考试；

(2) 申请人在继续考试时应当出示中断考试证明。

4. 申请人在一个或者多个操作上不合格，则该实践考试应判定为不合格。

三、熟练检查

对于商业运行，担任机长或者在型号合格审定要求配备一名以上驾驶员的航空器上担任副驾驶的驾驶员，应当针对所飞航空器的类别、级别和型别等级（如适用），在前12个日历月内完成熟练检查。熟练检查由考试员在航空器或相应的飞行模拟机上实施。

1. 对于商业运行，担任机长或者在型号合格审定要求配备一名以上驾驶员的航空器上担任副驾驶的驾驶员，应当针对所飞航空器的类别、级别和型别等级（如适用），在前12个日历月内完成熟练检查。

2. 熟练检查由考试员在航空器或相应的飞行模拟机上实施。对于通过熟练检查的驾驶员，由考试员在其执照记录栏中签注。

3. 对于商业运行，在规定的期限内未进行熟练检查或检查不合格的驾驶员，只有重新通过相应航空器等级的实践考试，方可担任机长或在型号合格审定要求配备一名以上驾驶员的航空器上担任副驾驶。

4. 驾驶员执照持有人在规定到期的那个月之前或之后一个日历月内完成了熟练检查，都认为是在到期的那个月完成的。

思考题:

按照CCAR61部的规定，商业运行中驾驶员熟练检查的期限是什么？

1. 2. 2执照、合格证和等级

1. 2. 2. 8语言能力要求和无线电通信资格

备注: CCAR61. 29

知识掌握程度:

了解驾驶员的语言能力要求和无线电通信资格。

知识要点:

一、按照CCAR61部取得驾驶员执照的人员通过了局方组织或认可的汉语语言能力4级或4级以上测试的，在执照上签注相应的等级，方可使用汉语进行通信的飞行中进行无线电陆空通信。2014年12月31日之前已获得执照的中国籍驾驶员，等同于获得汉语语言能力6级。

二、按照CCAR61部取得驾驶员执照的人员通过了局方组织或认可的英语语言能力3级或3级以上测试的，在执照上签注相应的等级。

1. 在2008年3月4日以前颁发的执照上已取得英语无线电陆空通信签注的，等同于英语语言能力3级。

2. 除经局方批准外，按照CCAR-61部取得的飞机、直升机、飞艇和倾转旋翼机驾驶员执照持有人在使用英语通信前，其执照上应当具有英语语言能力4级或4级以上的等级签注。对于执照上签注的英语语言能力低于6级的，还应当定期通过英语语言能力等级测试。

三、执照上签注了语言能力4级以上人员，具有相应语言的无线电通信资格。

思考题:

持有英语3级签注的驾驶员能否飞国际航班？

1. 2. 2 执照、合格证和等级

1. 2. 2. 9 夜间飞行限制

备注: CCAR61. 171

知识掌握程度:

了解带有“禁止夜间飞行”限制的执照的要求。

知识要点:

一、对于不满足CCAR61部规定的夜间飞行训练要求的申请人可为其颁发带有“禁止夜间飞行”限制的驾驶员执照。

二、带有“禁止夜间飞行”限制的驾驶员执照持有人，不得在从事公共航空运输的航空器上担任驾驶员。

三、当上述执照持有人完成了CCAR-61部所要求的相应的夜间飞行训练，并向考试员出示授权教员签注的飞行经历记录或训练记录，证明其完成了要求的夜间飞行训练并经考试员考试合格时，局方可撤销签注在该执照上的“禁止夜间飞行”限制。

思考题:

带有“禁止夜间飞行”限制的驾驶员执照持有人，能否在从事公共航空运输的航空器上担任驾驶员？

1. 2. 3体检合格证

备注: CCAR61. 25

1. 2. 3. 1关于驾驶员持有体检合格证的要求

知识掌握程度:

- 掌握持有体检合格证的基本要求;
- 掌握可以不持有体检合格证的情形。

知识要点:

一、驾驶员应当满足下列关于持有体检合格证的要求:

1. 行使航线运输驾驶员执照和多人制机组驾驶员执照所赋予的权利时, 驾驶员应当持有局方颁发的 I 级体检合格证;
2. 行使飞机、直升机或倾转旋翼机商用驾驶员执照所赋予的权利时, 驾驶员应当持有局方颁发的 I 级体检合格证;
3. 行使下列权利时, 驾驶员应当持有局方颁发的 II 级或者 I 级体检合格证:
 - (1) 私用驾驶员执照所赋予的权利;
 - (2) 学生驾驶员执照所赋予的权利;
 - (3) 飞艇驾驶员执照所赋予的权利。
4. 行使运动驾驶员执照所赋予的权利时, 驾驶员应当持有局方颁发的体检合格证; 对于在境外行使自由气球或滑翔机类别等级的运动驾驶员执照所赋予的权利时, 驾驶员应当持有局方颁发的 II 级或者 I 级体检合格证。

二、下列情形下, 驾驶员可以不持有体检合格证:

1. 作为飞行教员、考试员或者检查员在飞行模拟机或者飞行训练器上进行的为取得执照或等级的训练、考试或者检查;
2. 在飞行模拟机或者飞行训练器上接受为取得执照或等级的训练、考试或检查。

思考题:

行使模拟机教员执照等级所赋予的权利时, 是否必须持有体检合格证?

1. 2. 3 体检合格证

1. 2. 3. 2 体检合格证的类别及有效期

备注: CCAR67. 19; CCAR67. 21;
CCAR67. 33; CCAR67. 35

知识掌握程度:

- 掌握体检合格证的类别及适用范围;
- 掌握I级和II级体检合格证的有效期;
- 了解体检合格证有效期的延长条件和批准。

知识要点:

一、体检合格证分下列类别:

1. I级体检合格证;
2. II级体检合格证;
3. III级体检合格证, 包括IIIa、IIIb级体检合格证;
4. IV级体检合格证, 包括IVa、IVb级体检合格证。

各类飞行人员应持有I级或II级体检合格证, 其他空勤人员和管制员应持有III或IV级体检合格证。I级和II级体检合格证的有效期及适用人员如下表所示:

体检合格证类别	适用人员	有效期
I级体检合格证	航线运输驾驶员执照、飞机和直升机商用驾驶员执照申请人或者持有人	有效期为12个月, 年龄满60周岁以上者为6个月。其中参加《大型飞机公共航空运输承运人运行合格审定规则》(CCAR-121)规定运行的驾驶员年龄满40周岁以上者为6个月
II级体检合格证	其他航空器驾驶员、领航员、飞行机械员、飞行通信员执照申请或者持有人	有效期为36个月。其中年龄满40周岁以上者为24个月, 年龄满50周岁以上为12个月

二、体检合格证自颁发之日起生效。年龄计算以申请人进行体检鉴定时的实际年龄为准。体检合格证持有人可以在体检合格证有效期届满30日前, 申请更新体检合格证。

三、体检合格证持有人由于特殊原因不能在体检合格证有效期届满前进行体检鉴定、更新体检合格证, 又必须履行职责时, 应当在体检合格证有效期届满前向原颁证机关申请延长体检合格证的有效期。

思考题:

I级和II级体检合格证的有效期及适用人员是如何规定的?

1. 2. 3体检合格证

1. 2. 3. 3体检合格证的注销

备注: CCAR67. 49; CCAR67. 51

知识掌握程度:

- 了解体检合格证被撤销的情形;
- 了解注销体检合格证的情形。

知识要点:

一、民航管理部门在检查中发现有下列情形之一的，颁证机关可以撤销已作出的颁发体检合格证或者认可证书的行政许可决定：

1. 工作人员滥用职权、玩忽职守颁发的体检合格证；
2. 超越法定职权颁发的体检合格证；
3. 违反法定程序颁发的体检合格证；
4. 为不具备申请资格或者不符合CCAR-67部相应医学标准的申请人颁发的体检合格证；
5. 体检合格证申请人以欺骗、贿赂等不正当手段取得的体检合格证或者认可证书；
6. 依法可以撤销的其他情形。

体检合格证申请人以欺骗、贿赂等不正当手段取得的体检合格证或者认可证书的，申请人在三年内不得再次提出申请。

二、有下列情形之一的，颁证机关应当收回体检合格证，办理注销手续，并以书面形式告知体检合格证持有人（已经死亡的除外）和所在单位注销理由及依据：

1. 体检合格证有效期届满为未延续的；
2. 体检合格证持有人死亡或者丧失行为能力的；
3. 体检合格证被依法撤销的；
4. 法律、法规规定的应当注销行政许可的其他情形。

思考题:

若体检合格证申请人以欺骗、贿赂等不正当手段取得的体检合格证或者认可证书的，对其的处罚是什么？

1.2.4 商照的获取、权利及限制

1.2.4.1 商用驾驶员执照申请人的资格要求

备注: CCAR61. 153

知识掌握程度:

掌握申请颁发商照的各项基本要求。

知识要点:

符合下列条件的申请人，局方可以为其颁发商用驾驶员执照：

1. 年满18 周岁；
2. 无犯罪记录；
3. 能正确读、听、说、写汉语，无影响双向无线电通话的口音和口吃。申请人因某种原因不能满足部分要求的，局方应当在其执照上签注必要的运行限制；
4. 具有高中或者高中以上文化程度；
5. 持有局方颁发的有效 I 级体检合格证；
6. 完成了相应航空器等级的航空知识训练，并由提供训练或评审其自学情况的授权教员在其飞行经历记录本上签字，证明该申请人可以参加规定的理论考试；
7. 通过了所要求航空知识的理论考试；
8. 完成了要求的相应航空器等级的飞行技能训练，并由提供训练的授权教员在其飞行经历记录本上签字，证明该申请人可以参加规定的实践考试；
9. 在申请实践考试之前，满足本章中适用于所申请航空器等级的飞行经历要求；
10. 通过了所要求飞行技能的实践考试；
11. 至少持有按CCAR-61部颁发的私用驾驶员执照
12. 符合CCAR-61部对所申请航空器类别和级别等级的相应条款要求。

思考题:

申请商用驾驶员执照的文化程度要求是什么？

1.2.4 商照的获取、权利及限制

1.2.4.2 商用驾驶员航空知识及理论考试要求

备注: CCAR61.155;AC-61-9

知识掌握程度:

- 了解商照驾驶员应掌握的航空知识内容;
- 了解理论考试的一般程序;
- 了解理论考试申请人应当符合的条件。

知识要点:

一、申请人应当接受并记录授权教员提供的地面训练，完成下列与所申请航空器等级相应的地面训练科目或自学课程：

1. 航空法；
2. 飞机、飞艇、直升机和倾转旋翼机类航空器的一般知识；
3. 飞行性能、计划和装载；
4. 人的行为能力；
5. 气象学；
6. 领航；
7. 操作程序；
8. 飞行原理；
9. 无线电通话。

二、理论考试的一般程序

1. 理论考试应当由局方指定的监考员主持，并在指定的时间和地点进行。
2. 理论考试必须在按照咨询通告《民用航空器驾驶员执照理论考试点要求》(AC-61-014) 相关规定建立的经授权的考试中心或考试点进行。

三、理论考试申请人应当符合的条件

1. 出示由培训机构出具的培训证明或具有相应等级的飞行教员签字证明，表明其已完成CCAR-61部对于所申请执照或者等级要求的地面训练或自学课程。
2. 下列申请人无需出示上述要求的证明：
 - (1) 航线运输驾驶员执照申请人首次参加理论考试；
 - (2) 具有国家航空器驾驶员经历的申请颁发私用或商用驾驶员执照的申请人首次参加相应理论考试；
 - (3) 持有外国驾驶员执照申请我国驾驶员执照的首次参加相应理论考试；
 - (4) 持有香港、澳门特别行政区驾驶员执照申请按照CCAR-61部颁发驾驶员执照的首次参加相应理论考试。
3. 出示本人的居民身份证件、护照或者其他局方认可的合法证件，以及本人已经获得的按CCAR-61部颁发的执照。对于尚未获得按CCAR-61部颁发的执照的人员，其参加理论考试时出示的身份证明必须与其日后申请执照时所持身份证明号码相符，否则其成绩不予承认。
4. 参加执照理论考试的申请人按照国家有关规定交纳理论考试费后，方可参加考试。参加补考，需重新交纳理论考试费。
5. 对于申请补考的申请人，要求申请人出示上一次考试成绩单，在该成绩单下方上有培训机构印章或具有相应等级飞行教员签注，证明该申请人针对上次理论考试未通过的航空知识内容接受了必要的补充训练，具备能力通过理论考试。补考日期与上一次同科目考试日期间隔最少为28个日历日。

思考题:

商照驾驶员应掌握的航空知识内容包括哪些内容？

1. 2. 4商照的获取、权利及限制

1. 2. 4. 3商用驾驶员飞行经历要求

备注: CCAR61. 159

知识掌握程度:

掌握申请颁发商照的具体飞行经历要求。

知识要点:

CPL		飞机单发	飞机多发
机长		100 小时	100 小时
	转场	20 小时	20 小时
技能训练		20 小时	20 小时
	仪表	10 小时 (5 小时 单发飞机)	10 小时 (5 小时 多发飞机)
		10 小时复杂飞 机	10 小时复杂飞 机
	转场	2 小时单反飞机 昼间, 180 千米	2 小时多发飞机 昼间, 180 千米
		2 小时单发飞机 夜间, 180 千米	2 小时多发飞机 夜间, 180 千米
	考试准备	3 小时	3 小时
	特技	5 小时	5 小时 (无单发 等级)
	模拟机	<5 小时	<5 小时
单飞		10 小时	10 小时 SOLO/PIC
合计		250 小时	250 小时
可折算经历		直升机/倾转旋 翼机 50	直升机/倾转旋 翼机 50

思考题:

飞机类别多发级别等级的商用驾驶员执照申请人应当在飞机上有至少多少个小时的驾驶员飞行经历时间?

1.2.4 商照的获取、权利及限制

1.2.4.4 商照的权利和限制

备注: CCAR61.173 ; CCAR91.731

知识掌握程度:

- 掌握商用驾驶员的资格要求和飞行时间限制；
- 掌握商照驾驶员的权利；
- 掌握商照驾驶员的限制。

知识要点:

一、商用驾驶员的资格要求

从事以取酬或出租为目的的商业飞行的驾驶员，以及为商业非运输运营人服务、至少持有按照CCAR-61部颁发的商用驾驶员执照；

二、从事以取酬或出租为目的的商业飞行的驾驶员，以及为商业非运输运营人服务、从运营人处获取报酬的驾驶员必须满足下列飞行时间限制要求：

1. 除经局方批准外，每日飞行时间不超过10小时；
2. 任何7个连续日历日内飞行时间不超过40小时；
3. 每个日历年内的飞行时间不超过120小时；
4. 每个日历年内的飞行时间不超过1400小时。

三、商用驾驶员执照持有人具有下列权利：

1. 行使相应的私用驾驶员执照持有人的所有权利；
2. 在以取酬为目的经营性运行的航空器上担任机长或副驾驶，但不得在相应运行规章要求机长应当具有航线运输驾驶员执照的运行中担任机长；
3. 为获取酬金而担任机长或副驾驶。

四、商用驾驶员执照持有人的限制：

带有飞机类别等级的商用驾驶员执照持有人如未持有同一类别和级别的仪表等级，局方将在其执照上签注“禁止在飞机转场飞行中为获取酬金而载运旅客”。当该执照持有人满足了CCAR 61.83条与其商用驾驶员执照为同一类别和级别的仪表等级要求时，局方可以撤销这一限制。

在下列情形下，执照持有人不再具有按照CCAR-61部颁发的商用驾驶员执照权利：

1. 执照持有人由于故意行为，致使公共财产、国家和人民利益遭受重大损失的：
 - (1) 造成死亡1人以上，或者重伤3人以上的；
 - (2) 造成公共财产直接经济损失30万元以上，或者直接经济损失不满30万元，但间接经济损失150万元以上的；
 - (3) 严重损害国家声誉，或者造成恶劣社会影响的；
 - (4) 其他致使公共财产、国家和人民利益遭受重大损失的情形。
2. 执照持有人在事故和事故征候调查期间，故意隐瞒事实、伪造证据或销毁证据的；
3. 被追究刑事责任的。

思考题:

商用驾驶员执照持有人具有哪些权利？

1. 3. 1 民用航空器的国籍

备注：民航法第二章

知识掌握程度：

了解民用航空器国籍的相关规定。

知识要点：

经中华人民共和国国务院民用航空主管部门依法进行国籍登记的民用航空器，具有中华人民共和国国籍，由国务院民用航空主管部门发给国籍登记证书。国籍登记证书用于表明航空器的地位和身份。

下列民用航空器应当进行中华人民共和国国籍登记：

1. 中华人民共和国国家机构的民用航空器；

2. 依照中华人民共和国法律设立的企业法人的民用航空器；企业法人的注册资本中有外商出资的，其机构设置、人员组成和中方投资人的出资比例，应当符合行政法规的规定；

3. 国务院民用航空主管部门准予登记的其他民用航空器。

自境外租赁的民用航空器，承租人符合前款规定，该民用航空器的机组人员由承租人配备的，可以申请登记中华人民共和国国籍，但是必须先予注销该民用航空器原国籍登记。

依法取得中华人民共和国国籍的民用航空器，应当标明规定的国籍标志和登记标志。

民用航空器不得具有双重国籍。未注销外国国籍的民用航空器不得在中华人民共和国申请国籍登记。

思考题：

民用航空器能否具有双重国籍？

1. 3. 2 民用航空器的权利

备注：民航法第三章

知识掌握程度：

理解民用航空器的权利的一般规定、所有权、抵押权、优先权。

知识要点：

一、民用航空器权利人应当就下列权利分别向国务院民用航空主管部门办理权利登记：

1. 民用航空器所有权；
2. 通过购买行为取得并占有民用航空器的权利；
3. 根据租赁期限为六个月以上的租赁合同占有民用航空器的权利；
4. 民用航空器抵押权。

二、民用航空器所有权和抵押权

民用航空器所有权的取得、转让和消灭，应当向国务院民用航空主管部门登记；未经登记的，不得对抗第三人。

民用航空器所有权的转让，应当签订书面合同。

国家所有的民用航空器，由国家授予法人经营管理或者使用的，有关民用航空器所有人的规定适用于该法人。

设定民用航空器抵押权，由抵押权人和抵押人共同向国务院民用航空主管部门办理抵押权登记；未经登记的，不得对抗第三人。

民用航空器抵押权设定后，未经抵押权人同意，抵押人不得将被抵押民用航空器转让他人。

三、民用航空器优先权，是指债权人向民用航空器所有人、承租人提出赔偿请求，对产生该赔偿请求的民用航空器具有优先受偿的权利。

下列各项债权具有民用航空器优先权：

1. 救援该民用航空器的报酬；
2. 保管维护该民用航空器的必需费用。

前款规定的各项债权，后发生的先受偿。

民用航空器优先权先于民用航空器抵押权受偿。

思考题：

什么叫民用航空器的优先权？

1. 3. 3 适航管理和分类

1. 3. 3. 1 适航管理的定义

备注：民航法第四章 民用航空器适航管理；CCAR25

知识掌握程度：

掌握航空器的适航性和适航标准；

掌握适航管理的分类；

掌握航空器的适航要求。

知识要点：

适航性：航空器适合空中航行并能保证飞行安全应具备的最低飞行品质特性。

适航标准：航空器应具备的最低飞行安全标准（最低飞行品质），由民航局颁布。适航标准是对适航性的技术描述

适航管理可分为前期的初始适航管理和后期的持续适航管理两个阶段，分为设计、制造、使用、维修四个环节。

初始适航管理是指在航空器交付使用之前，民航局根据各类适航标准和专用条件对民用航空器的设计、制造所进行的管理。

持续适航管理是指在民用航空器满足初始适航管理要求，取得适航证，并投入营运后，为保持它在设计制造时的基本安全水平或适航水平所进行的管理。

思考题：

为什么要对航空器进行适航管理？适航管理分为哪两个阶段和那四个环节？

1. 3. 3 适航管理和分类

1. 3. 3. 2 适航证件

备注：民航法第四章 民用航空器适航管理；CCAR25

知识掌握程度：

掌握适航证件包括的内容。

知识要点：

有关适航证件包括：

- 一、型号合格证，对应于设计环节，包括航空器、发动机、螺旋桨、机上设备等，从国外首次进口的航空器的型号认可证书也属于此类；
- 二、生产许可证，对应于制造环节，也包括航空器、发动机、螺旋桨、机上设备等；
- 三、适航证，对应于使用环节，指航空器整机，是民航应用的最关键的证书。比较特殊的是，也包括了对于租赁外国航空器的承认或另发适航证，以及出口到国外的出口适航证书；
- 四、维修许可证，对应于维修环节，包括航空器、发动机、螺旋桨、机上设备等。

思考题：

适航证件包括哪几类？

1. 3. 3 适航管理和分类

备注: CCAR91. 11

1. 3. 3. 3 民用航空器飞行手册、标记和标牌

知识掌握程度:

掌握航空器飞行手册、标记和标牌的相关要求。

知识要点:

民用航空器飞行手册、标记和标牌要求

一、除CCAR91. 11规定的情况外，运行民用航空器的人员不得违反经批准的飞机或旋翼机飞行手册、标记和标牌中规定的使用限制，或登记国审定当局规定的使用限制。

二、在中华人民共和国国籍登记的飞机或旋翼机应当具有经局方批准的现行有效的飞机或旋翼机飞行手册，或CCAR-121部121. 137(b)款中规定的手册。这些手册应当使用机组能够正确理解的语言文字。

三、在中华人民共和国国籍登记的民用航空器应当满足CCAR-45部规定的国籍标志、登记标志和标识要求方可运行。

四、按照CCAR-29部审定为运输类旋翼机的旋翼机，在建造于水面的旋翼机机场起降时，可以在短时间内超出飞行手册中为该旋翼机确定的高度-速度包线进行起降所必需的飞行，但是，该飞行应当在能够安全完成水上迫降的水面上空进行，并且该旋翼机满足下列要求之一：

1. 为水陆两栖型；
2. 装有浮筒；
3. 装有其他可以保证旋翼机在开阔水面上安全完成迫降的应急漂浮装置

思考题:

对于航空器飞行手册、标记和标牌有哪些规定和要求？

1. 3. 3 适航管理和分类

备注: CCAR91. 21

1. 3. 3. 4 麻醉药品、大麻、抑制或兴奋药剂或物质的载运

知识掌握程度:

了解禁运物品的种类;

了解麻醉药品、大麻、抑制或兴奋药剂或物质的载运的禁运要求。

知识要点:

任何人不得在已知航空器上载有有关法规中规定的麻醉药品、大麻、抑制或兴奋药剂或物质的情况下，在中华人民共和国境内运行该民用航空器。此规定不适用于法律许可或经政府机构批准而载运麻醉药品、大麻、抑制或兴奋药剂或物质的情况。

思考题:

麻醉药品、大麻、抑制或兴奋药剂或物质的载运是如何规定的？

1. 3. 3 适航管理和分类

1. 3. 3. 5 便携式电子设备

备注: CCAR91. 23

知识掌握程度:

理解不得开启便携式电子设备的时间要求;
了解可以使用的便携式电子设备的种类: 便携式录音机、助听器、心脏起搏器、电动剃须刀。

知识要点:

一、在民用航空器上可以使用下列便携式电子设备:

- 1.便携式录音机;
- 2.助听器;
- 3.心脏起搏器;
- 4.电动剃须刀;
- 5.由该航空器的运营人确定, 认为不会干扰航空器的航行或通信系统的其他便携式电子设备。

二、在中华人民共和国国籍登记的下列民用航空器上, 所有乘员不得开启和使用, 该航空器的运营人或机长也不得允许其开启和使用除了上述规定以外的便携式电子设备:

1. 正在实施公共航空运输运行的航空器;
2. 正在按照仪表飞行规则运行的航空器。

思考题:

乘客在民用航空器运行期间是否可以使用助听器?

1. 3. 3 适航管理和分类

备注: CCAR91. 107

1. 3. 3. 6 安全带、肩带和儿童限制装置的使用

知识掌握程度:

- 了解一般人员安全带、肩带的使用要求；
- 了解儿童、跳伞运动员安全带、肩带的使用要求。

知识要点:

一、在机长确认航空器上的每位乘员得到如何系紧、松开其安全带和肩带(如安装)的简介之前，任何在中华人民共和国国籍登记的民用航空器(带吊篮或吊舱的自由气球除外)不得起飞。

二、在机长确认航空器上的每位乘员已经得到系紧其安全带和肩带（如安装）的通知之前，任何在中华人民共和国国籍登记的民用航空器(带吊篮或吊舱的自由气球除外)不得在地面或水面移动、起飞或着陆。

三、在中华人民共和国国籍登记的民用航空器（带吊篮或吊舱的的自由气球除外）在滑行、起飞和着陆期间，航空器上的每位乘员必须占有一个经批准的带有安全带和肩带(如安装)的座位或铺位。水上飞机和有漂浮装置的旋翼机在水面移动期间，推动其离开或驶入停泊处系留的人可以不受以上的座位和安全带要求的限制。但是，下列人员不受本条要求的限制：

1. 由占有座位或铺位的成年人怀抱的不满二周岁的儿童；
2. 将航空器的地板作为座位的参加跳伞运动的人员；
3. 使用经批准的儿童限制装置的儿童，该儿童由父母、监护人或被指定的乘务员在整个飞行过程中照顾其安全。经批准的儿童限制装置应当带有适当的标志，表明可以在航空器上使用。儿童限制装置应当可靠地固定在面朝前的座位或铺位上，使用该装置的儿童应当安全地束缚在该装置中，其重量不得超过该装置的限制。

思考题:

在航空器起飞和着陆期间，安全带的使用要求是什么？

1. 3. 3 适航管理和分类

1. 3. 3. 7 乘客座椅

备注: CCAR91. 415

知识掌握程度:

了解乘客座椅的一般要求。

知识要点:

所有航空器应当按照下述要求配备座椅和安全带:

1. 每一个2周岁以上乘员, 必须有一个座椅或者卧铺;
2. 每个座椅或卧铺配有一条安全带;
3. 每个前排的座位(飞行机组或与其平行的座位)有一副肩带(该肩带应当设计成能够在急剧减速时自动勒住座上人员身体, 并在经受规定的固定载荷要求的极限惯性力时, 能保护乘员免受严重的头部伤害);
4. 装于飞行机组位置处的每副肩带应当使机组成员就座并束紧时能完成飞行操作所要求的全部职能;
5. 配备客舱乘务组的载客运行航空器, 应当为每一个客舱乘务组成员配备带有安全带的座椅。客舱乘务组座椅应当按局方对紧急撤离的要求位于靠近地板高度的出口和其他应急出口处。

思考题:

航空器上乘客座椅的一般要求是什么?

1. 4. 1 航空器维修的基本准则

备注: CCAR91. 303

知识掌握程度:

理解航空器维修单位的基本要求;
理解航空器适航性的主体责任人。

知识要点:

一、航空器维修单位的基本要求

任何人（包括商业非运输运营人和航空器代管人）使用的大型航空器及其航空器部件的维修工作都应当由按照CCAR-145部获得相应批准的维修单位实施或者按照CCAR-43部第43.11条(e)由航空器或者航空器部件制造厂家实施。

除上述情况外，其他航空器的维修可以按照下述规则进行：

1. 航空器机体和部件的翻修应当由按照CCAR-145部获得相应批准的维修单位实施或者按照CCAR-43部第43.11条(e)由航空器或者航空器部件制造厂家实施；
2. 其他任何维修应当按照CCAR-43部实施。

航空器的所有权人或者运营人使用的航空器、航空器部件以及对其实施维修的任何机构和人员应当接受局方为保证其对本章规定的符合性而进行的监督和检查。

二、适航性责任

航空器的所有权人或运营人对保持航空器的适航性状态负责，包括机体、发动机、螺旋桨及其安装设备的适航性。可以通过签订协议的方式进行委托，但航空器所有权人或运营人负有同样的适航性责任。

思考题:

航空器适航性的保持由什么机构负责？

1. 4. 2要求的维修

备注: CCAR91. 307

知识掌握程度:

掌握航空器定期检查的要求与含义。

知识要点:

航空器的所有权人或运营人应当按照以下规定完成对航空器的检查:

- 一、按照航空器的设计规范、型号合格证数据单或局方批准的其它文件中的规定，对有时间限制部件的更换时间进行检查，以保证在到达时间限制前及时更换；
- 二、对于大型飞机、涡轮喷气多发飞机、涡桨多发飞机或者涡轮动力旋翼机，按照第91. 309条要求的检查大纲的规定进行检查；

三、对于CCAR-91. 307条(a) (2)之外的的航空器，在每100小时的飞行时间内按照CCAR-43部的规定完成100小时检查，但如果在连续的12个日历月内没有达到100小时的飞行时间，则应当在上次完成100小时检查之日起12个月之内完成CCAR-43部规定的年度检查。如果需要为检查而进行调机时，可以超过100小时的限制，但超出时间不得多于10小时。并且在计算下一个100小时使用时间时要包括这次超过100小时的时间。

四、如果航空器或者航空器部件制造厂家颁发的航空器维修手册或其他持续适航文件中规定的检查超过CCAR-43部规定的100小时检查或者年度检查，则应当按照其规定执行检查，并且不必重复执行100小时检查或者年度检查。

思考题:

航空器定期检查的规定是什么？

1. 4. 3 航空器修理与改装

1. 4. 3. 1修理与改装

备注: CCAR91. 313

知识掌握程度:

掌握航空器修理与改装的一般要求。

知识要点:

一、当航空器所有权人或者运营人对其航空器及其部件实施设计更改时，如果对飞机的重量、平衡、结构强度、性能、动力装置工作、飞行特性有显著影响或者影响适航性的其他特性，应当按照CCAR-21部的规定申请批准。

二、除CCAR-91. 313条(a)的情况外，当航空器所有权人或者运营人对其航空器及其部件实施重要修理和改装时，如果超出了航空器或者航空器部件制造厂家持续适航文件的规定，应当就修理和改装方案的内容向局方申请批准后才能实施。

三、当航空器所有权人或者运营人对其航空器及其部件实施CCAR-91. 313条(b)之外的修理和改装时，如果超出了航空器或者航空器部件制造厂家持续适航文件的规定，应当获得航空器或者航空器部件制造厂家就修理和改装方案内容的书面批准或者认可后才能实施。如果不能得到航空器或者航空器部件制造厂家的书面批准或者认可，则应当就修理和改装方案的内容向局方申请批准后才能实施。

四、CCAR-91. 313条涉及的修理和改装工作的实施按照第91. 303条的维修实施规则划分。

思考题:

航空器所有权人或者运营人对其航空器及其部件实施设计更改的一般要求是什么？

1. 4. 3航空器修理与改装

1. 4. 3. 2批准恢复使用

备注: CCAR91. 315

知识掌握程度:

了解航空器批准恢复使用的一般程序

知识要点:

一、航空器所有权人或者运营人在每次对航空器完成任何维修和改装工作后，都应当由具有相应资格的维修人员在其航空器技术记录本上签署批准恢复使用。

二、除按照CCAR-145部的维修放行以外，商业非运输运营人、私用大型航空器运营人、航空器代管人使用航空器的批准恢复使用人员，还应当经其维修责任人授权后才能实施。

三、仅有在实施的任何维修和改装工作符合CCAR-43部的规定时，才能批准航空器恢复使用。

四、当航空器经过可能明显改变其飞行特性或对其飞行操作有重大影响的维修或者改装后，在载运人员（机组人员除外）前应当进行试飞检查，但如果可以通过地面试验和检查表明维修没有明显改变航空器的飞行性能或对其飞行操作产生重大影响时可以不进行试飞。

五、在规定的使用限制和条件下，可以按照第91. 443条的规定批准带有某些不工作的仪表或设备的航空器恢复使用，但应当按照CCAR-43部的要求挂上标牌。

思考题:

航空器修理或改装后的批准恢复手续的一般要求是什么？

1. 4. 4航空器技术记录和保存

备注: CCAR91.317;CCAR91.319

知识掌握程度:

了解航空器技术记录的内容和格式;
了解航空器技术记录保存的一般要求。

知识要点:

一、航空器技术记录保存的内容和格式

航空器所有权人或者运营人应当按照要求为其使用的每一架航空器建立航空器技术记录，以连续记录航空器有关的技术信息。航空器技术记录应当至少包括以下内容和格式要求：

1. 航空器的型号和国籍登记号；
2. 以当地时间或者国际标准时间记录的航空器每次飞行时间和发动机运转时间；
3. 机组发现的缺陷和工作不正常情况及所采取的修复措施；
4. 油料添加记录；
5. 航空器使用超限记录和采取的特殊检查措施；
6. 每次完成维修和改装的日期、项目、实施人员或者单位、批准恢复使用人员（包括姓名、签名和执照编号）；
7. 适航指令执行记录。

二、航空器记录的保存要求

1.不论维修工作由谁实施，航空器所有权人或者运营人都应当获得并按照本条(b)规定的期限保存航空器及其部件的维修和改装记录。

2.航空器所有权人或运营人必须按下述时限妥善保存维修记录：

- (1) 除航空器或者航空器部件的翻修以外，其他任何维修的记录应当至少保存2年；
- (2) 航空器或者航空器部件的翻修记录应当保存至该工作被等同范围和深度的工作所取代；
- 3.航空器技术记录应当保存至航空器出售或者永久性退役后一年，航空器出售时航空器技术记录和维修记录应随同航空器转移。

4.航空器所有权人或者运营人应当保证所有的维修记录可以提供给局方或者国家授权的安全调查机构的检查。

思考题:

航空器技术记录应当至少包括哪些内容？

1. 4. 5航空器的适航性检查

备注: CCAR91. 321

知识掌握程度:

了解航空器适航性检查的内容与要求。

知识要点:

一、航空器所有权人或者运营人的每架航空器在首次投入使用前应当通过局方的检查，确认其符合CCAR-91部的要求并获得适航证签署或者其他方式的签署后才能投入使用。

二、在航空器首次获得适航证签署或者其他方式的签署后，每连续12个日历月之内，应当接受局方进行的年度适航性检查，符合CCAR-91部的要求并获得适航证签署或者其他方式的签署后才能继续投入使用。如果航空器长期处于停用的存储状态，可以在将其适航证件交回局方后不进行年度适航性检查，但应当在再次投入使用前完成一次适航性检查。

三、航空器所有权人或者运营人应当接受局方在任何时间对其正在使用的航空器进行的适航性检查，对检查中发现的存在任何影响安全运行的缺陷，应当在其改正措施满足局方的要求后方可再投入使用。

四、对于航空器首次投入使用的检查和年度适航性检查，航空器所有权人或者运营人应当按照规定支付检查费用。

思考题:

航空器适航性检查的要求是什么？

1.5.1 民用航空器事故和事故征候调查

1.5.1.1 相关定义

备注: CCAR395.3;MH/T 2001-2015

知识掌握程度:

掌握民用航空器事故、民用航空器飞行事故、民用航空地面事故、民用航空器事故征候的定义。

知识要点:

- 一、民用航空器事故，是指民用航空器飞行事故和民用航空地面事故（以下统称事故）。
- 二、民用航空器飞行事故，是指民用航空器在运行过程中发生的人员伤亡、航空器损坏的事件。
- 三、民用航空地面事故，是指在机场活动区内发生航空器、车辆、设备、设施损坏，造成直接经济损失人民币30万元以上或导致人员重伤、死亡的事件。
- 四、民用航空器事故征候，在航空器运行阶段或在机场活动区内发生的与航空器有关的，不构成事故但影响或可能影响安全的事件，分为运输航空严重事故征候、运输航空一般事故征候、通用航空事故征候和航空器地面事故征候。

思考题:

什么叫民用航空器事故征候？

1.5.1 民用航空器事故和事故征候调查

1.5.1.2 调查通知

备注：民航法第十一章 搜寻救援和
事故调查；CCAR395 第二章

知识掌握程度：

了解事故报告与调查的程序与方法。

知识要点：

发现事故的单位或者个人，应当立即将事故信息报告当地民航管理机构或者当地人民政府。

当地民航管理机构收到事故信息后，应当立即报告民航局空中交通管理局运行管理中心和民航局事故调查职能部门，并保持与民航局联络畅通，同时通报当地人民政府。

民航局空中交通管理局运行管理中心收到事故信息后，应当立即报告民航局领导和通知民航局其他有关部门。

事故发生单位应当在事发后12小时内以书面形式向事发所在地的地区管理局报告，事发所在地的地区管理局应当在事发后24小时内以书面形式向民航局事故调查职能部门报告。

思考题：

发生事故后，机长应当立即向谁报告？

1.5.1 民用航空器事故和事故征候调查

1.5.1.3 现场保护

备注: CCAR395. 29

知识掌握程度:

理解现场保护的注意事项。

知识要点:

民用机场及其邻近区域内发生的事故，其应急救援和现场保护工作按照《民用机场应急救援规则》执行；发生在上述区域以外的事故按照《中华人民共和国搜寻援救民用航空器规定》执行。幸存的机组人员应当保持驾驶舱操纵手柄、电门、仪表等设备处于事故后原始状态，并在救援人员到达之前尽其可能保护事故现场。

救援人员到达后，由现场的组织单位负责保护现场和驾驶舱的原始状态。除因抢救工作需要，任何人不得进入驾驶舱，严禁扳动操纵手柄、电门，改变仪表读数和无线电频率等破坏驾驶舱原始状态的行为。

思考题:

幸存的机组人员应当在救援人员到达之前如何保护事故现场？

1.5.2 向局方举报与航空安全有关的事件的处理

备注: CAR396.20

知识掌握程度:

了解向局方举报与安全有关事件的方法与程序。

知识要点:

向局方举报与航空安全有关的事件按照以下规定进行处理:

1. 举报事件由被举报单位或者个人所在地的民航地区管理局或监管局负责调查;
2. 如果举报事件经调查构成事故、事故征候或其他不安全事件的, 负责调查的单位应当在调查结束后3日内, 向民航局安全信息主管部门填报“民用航空安全信息最终报告表”;
3. 举报人的合法权益受法律保护。严禁将举报情况透露给有可能对举报人产生不利后果的其他人员和单位。

思考题:

举报人的合法权益将受到怎样的保护?

1. 5. 3 对地面第三人损害的赔偿责任

备注：民航法第一百五十一条；飞行基本规则第一百零一条

知识掌握程度：

了解飞行中对地面第三人损害的赔偿责任。

知识要点：

因飞行中的民用航空器或者从飞行中的民用航空器上落下的人或者物，造成地面(包括水面，下同)上的人身伤亡或者财产损害的，受害人有权获得赔偿；但是，所受损害并非造成损害的事故的直接后果，或者所受损害仅是民用航空器依照国家有关的空中交通规则在空中通过造成的，受害人无权要求赔偿。

民用航空器的经营人应当投保地面第三人责任险或者取得相应的责任担保。

地面第三人损害赔偿的诉讼时效期间为二年，自损害发生之日起计算；但是，在任何情况下，时效期间不得超过自损害发生之日起三年。

思考题：

地面第三人损害赔偿的诉讼时效是多长时间？

1. 6. 1 滑行的一般规定

备注：飞行基本规则第四十九条；
CCAR91. 104

知识掌握程度：

掌握滑行的一般规定。

知识要点：

飞行员开车滑行，必须经空中交通管制员或者飞行指挥员许可。滑行或者牵引时，应当遵守下列规定：

- 一. 按照规定的或者空中交通管制员、飞行指挥员指定的路线滑行或者牵引。
- 二. 滑行速度应当按照相应航空器的飞行手册或者飞行员驾驶守则执行；在障碍物附近滑行，速度不得超过每小时15公里。
- 三. 航空器对头相遇，应当各自靠右侧滑行，并且保持必要的安全间隔；航空器交叉相遇，飞行员从座舱左侧看到另一架航空器时应当停止滑行，主动避让。
- 四. 两架以上航空器跟进滑行，后航空器不得超越前航空器，后航空器与前航空器的距离，不得小于50米。
- 五. 夜间滑行或者牵引，应当打开航空器上的航行灯。
- 六. 直升机可以用1米至10米高度的飞行代替滑行。
- 七. 水上航空器在滑行或者牵引中，与船只对头或者交叉相遇，应当按照航空器滑行或者牵引时相遇的避让方法避让。

思考题：

航空器滑行时若对头相遇，避让规则是怎么规定的？

1. 6. 2 在值勤岗位上的飞行机组成员

备注: CCAR91. 105

知识掌握程度:

- 掌握坚守岗位的要求;
- 掌握安全带的要求。

知识要点:

一、坚守岗位的要求

在值勤岗位上的飞行机组成员，从起飞至着陆的整个飞行过程中，每个飞行机组成员应当遵守下列要求：

1. 坚守各自飞行岗位，除非为了履行与该航空器运行有关的职责或出于生理需要必须离开岗位；
2. 在岗位上时应当系紧安全带。

二、安全带的要求

在值勤岗位上的飞行机组成员，从起飞至着陆的整个飞行过程中，在岗位上时应当系紧安全带。对于在中华人民共和国国籍登记的民用航空器，在起飞着陆期间，每个飞行机组成员在其岗位上必须系紧肩带。不适用于下列情况：

1. 机组成员座椅没有安装肩带；
2. 该机组成员在系紧肩带时无法完成其职责。

思考题:

在值勤岗位上的飞行机组成员在什么情况下可以离开岗位？

1. 6. 3 在其他航空器附近的运行

备注: CCAR91. 111

知识掌握程度:

掌握在其他航空器附近运行的要求

知识要点:

在其他航空器附近的运行:

- 一. 任何人不得驾驶航空器靠近另一架航空器达到产生碰撞危险的程度;
- 二. 未经批准, 任何人不得驾驶航空器进行编队飞行;
- 三. 任何人不得驾驶载客的航空器进行编队飞行。

思考题:

在其他航空器附近的运行应注意什么?

1.6.4 除水面运行外的航行优先权规则

备注：飞行基本规则第七十一条
CCAR91.113

知识掌握程度：

- 掌握同一高度对头相遇的优先权规则；
- 掌握同一高度交叉相遇的优先权规则；
- 掌握超越航空器的优先权规则；
- 掌握两架或以上航空器为着陆向同一机场进近的避让规则。

知识要点：

非水面运行的航行优先权：

除水面运行外的航行优先权规则，当气象条件许可时，无论是按仪表飞行规则还是按目视飞行规则飞行，航空器驾驶员必须注意观察，以便发现并避开其他航空器。在CCAR-91.113条的规则赋予另一架航空器航行优先权时，驾驶员必须为该航空器让出航路，并不得以危及安全的间隔在其上方、下方或前方通过。

遇险的航空器享有优先于所有其他航空器的航行优先权。

一、在同一高度上对头相遇，应当各自向右避让，并保持500米以上的间隔。

二、在同一高度上交叉相遇，驾驶员从座舱左侧看到另一架航空器时，应当下降高度；从座舱右侧看到另一架航空器时，应当上升高度；但下列情况除外：

1. 有动力装置重于空气的航空器必须给飞艇、滑翔机和气球让出航路；
2. 飞艇应当给滑翔机及气球让出航路；
3. 滑翔机应当给气球让出航路；
4. 有动力装置的航空器应当给拖曳其他航空器或物件的航空器让出航路。

三、从一架航空器的后方，在与该航空器对称面小于70度夹角的航线上向其接近或超越该航空器时，被超越的航空器具有航行优先权。而超越航空器不论是在上升、下降或平飞均应当向右改变航向给对方让出航路。此后二者相对位置的改变并不解除超越航空器的责任，直至完全飞越对方并有足够间隔时为止。

四、当两架或两架以上航空器为着陆向同一机场进近，高度较高的航空器应当给高度较低的航空器让路，但后者不能利用CCAR-91部切入另一正在进入着陆最后阶段的航空器的前方或超越该航空器。已经进入最后进近或正在着陆的航空器优先于飞行中或在地面运行的其他航空器，但是，不得利用本规定强制另一架已经着陆并将脱离跑道的航空器为其让路。

思考题：

两架或以上航空器为着陆向同一机场进近的避让规则是什么？

1.6.5 水面航行优先权规则

备注: CCAR91.115

知识掌握程度:

- 掌握水面在交叉航道上相遇的优先权规则;
- 掌握水面相对接近时的优先权规则;
- 掌握超越前方航空器或船舶的优先权规则。

知识要点:

- 一、驾驶水上航空器的驾驶员在水面上运行过程中，必须与水面上的所有航空器或船舶保持一个安全距离，并为具有航行优先权的任何船舶或其他航空器让出航路。
- 二、当航空器与航空器或船舶在交叉的航道上运行时，在对方右侧的航空器或船舶具有航行优先权。
- 三、当航空器与航空器或船舶相对接近或接近于相对运行时，必须各自向右改变其航道以便保持足够的距离。
- 四、当超越前方航空器或船舶时，被超越的航空器或船舶具有航行优先权，正在超越的一方在超越过程中必须保持足够的安全距离。
- 五、在特殊情况下，当航空器与航空器或船舶接近将产生碰撞危险时，双方必须仔细观察各自的位置，根据实际情况（包括航空器或船舶自身的操纵限制）进行避让。

思考题:

当航空器与航空器或船舶在交叉的航道上运行时，优先权的规则是怎么规定的？

1.6.6 航空器速度

备注: CCAR91. 117

知识掌握程度:

掌握航空器速度要求。

知识要点:

一、除经局方批准并得到空中交通管制的同意外，航空器驾驶员不得在修正海平面气压高度3千米（10000英尺）以下以大于460千米/小时（250海里/小时）的指示空速运行航空器。

二、除经空中交通管制批准外，在距机场中心7.5千米（4海里）范围内，离地高度750米（2500英尺）以下不得以大于370千米/小时（200海里/小时）的指示空速运行航空器。

三、如果航空器的最小安全空速大于CCAR-91. 117条规定的最大速度，该航空器可以按最小安全空速运行。

思考题:

在修正海平面气压高度3千米（10000英尺）以下的速度规定是什么？

1.6.7 最低安全高度

备注: CCAR91. 119

知识掌握程度:

掌握人口稠密区的最低安全高度要求;
掌握人口稠密区以外区域的最低安全高度要求。

知识要点:

除航空器起飞或着陆需要外，任何人不得在低于以下高度上运行航空器：

一、在任何地方应当保持一个合适的高度，在这个高度上，当航空器动力装置失效应急着陆时，不会对地面人员或财产造成危害。

二、在人口稠密区、集镇或居住区的上空或者任何露天公众集会上空，航空器的高度不得低于在其600米（2000英尺）水平半径范围内的最高障碍物以上300米（1000英尺）。

三、在人口稠密区以外地区的上空，航空器不得低于离地高度150米(500英尺)。但是，在开阔水面或人口稀少区的上空不受上述限制，在这些情况下，航空器不得接近任何人员、船舶、车辆或建筑物至150米(500英尺)以内。

思考题:

人口稠密区的最低安全高度要求是什么？

1.6.8 高度表拨正程序

1.6.8.1 规定过渡高度和过渡高度层的机场

备注：飞行基本规则第八十六条、第八十七条；CCAR91.121

知识掌握程度：

掌握在规定过渡高度和过渡高度层的机场的高度表的拨正程序。

知识要点：

规定过渡高度和过渡高度层的机场的高度表拨正程序：

- 一、航空器起飞前，应当将机场修正海平面气压（QNH）的数值对正航空器上气压高度表的固定指标；
- 二、航空器起飞后，上升到过渡高度时，应当将航空器上气压高度表的气压刻度1013.2百帕对正固定指标；
- 三、航空器着陆前，下降到过渡高度层时，应当将机场修正海平面气压（QNH）的数值对正航空器上气压高度表的固定指标。

思考题：

在规定过渡高度和过渡高度层的机场，高度表的拨正程序什么？

1.6.8 高度表拨正程序

1.6.8.2 规定过渡高和过渡高度层的机场

备注：飞行基本规则第八十六条、第八十七条；CCAR91.121

知识掌握程度：

掌握在规定过渡高和过渡高度层的机场的高度表的拨正程序。

知识要点：

规定过渡高和过渡高度层的机场的高度表拨正程序：

- 一、航空器起飞前，应当将机场场面气压的数值对正航空器上气压高度表的固定指标；
- 二、航空器起飞后，上升到过渡高时，应当将航空器上气压高度表的气压刻度1013.2百帕对正固定指标；
- 三、航空器降落前，下降到过渡高度层时，应当将机场场面气压的数值对正航空器上气压高度表的固定指标。

思考题：

在规定过渡高和过渡高度层的机场，高度表的拨正程序什么？

1.6.8 高度表拨正程序

1.6.8.3 没有规定过渡高或过渡高度和过渡高度层的机场

备注：飞行基本规则第八十六条、第八十七条；CCAR91.121

知识掌握程度：

掌握在没有规定过渡高或过渡高度和过渡高度层的机场的高度表的拨正程序。

知识要点：

在没有规定过渡高度或过渡高和过渡高度层的机场的高度表拨正程序：

- 一、航空器起飞前，应当将机场场面气压的数值对正航空器上气压高度表的固定指标；
- 二、航空器起飞后，上升到600米高时，应当将航空器上气压高度表的气压刻度1013.2百帕对正固定指标；
- 三、航空器降落前，进入机场区域边界或者根据机场空中交通管制员的指示，将机场场面气压的数值对正航空器上气压高度表的固定指标。

思考题：

在没有规定过渡高或过渡高度和过渡高度层的机场，高度表的拨正程序什么？

1.6.8 高度表拨正程序

1.6.8.4 高原机场

备注：飞行基本规则第八十六条、第八十七条；CCAR91.121

知识掌握程度：

掌握高原机场的高度表的拨正程序；
掌握假定零点高度的概念。

知识要点：

在高原机场，以标准大气压拨正的航空器高度表，在机场道面上的指针读数相当于场压高的“0”，此读数被称为“假定零点高度”，简称“零点高度”

高原机场的高度表拨正程序：

- 一、航空器起飞前，当航空器上气压高度表的气压刻度不能调整到机场场面气压的数值时，应当将气压高度表的气压刻度1013.2百帕对正固定指标（此时高度表所指的高度为假定零点高度）；
- 二、航空器降落前，如果航空器上气压高度表的气压刻度不能调整到机场场面气压的数值时，应当按照着陆机场空中交通管制通知的假定零点高度（航空器接地时高度表所指示的高度）进行着陆。

思考题：

高原机场的高度表拨正程序是什么？

1.6.9 空中交通管制许可和指令的遵守

备注：飞行基本规则附件一；
CCAR91.123

知识掌握程度：

掌握应遵守空中交通管制的许可和指令。

知识要点：

空中交通管制许可和指令的遵守

- 一. 当航空器驾驶员已得到空中交通管制许可时，除在紧急情况下或为了对机载防撞系统的警告做出反应外，不得偏离该许可。如果驾驶员没有听清空中交通管制许可，应当立即要求空中交通管制员予以澄清；
- 二. 除紧急情况外，任何人不得在实施空中交通管制的区域内违反空中交通管制的指令驾驶航空器；
- 三. 每个机长在紧急情况下或为了对机载防撞系统的警告做出反应而偏离空中管制许可或指令时，必须尽快将偏离情况和采取的行动通知空中交通管制部门；
- 四. 被空中交通管制部门给予紧急情况优先权的机长，在局方要求时，必须在48小时内提交一份该次紧急情况运行的详细报告；
- 五. 除空中交通管制另有许可外，航空器驾驶员不得按照管制员向另一架航空器驾驶员发出的许可和指令驾驶航空器。

思考题：

已得到空中交通管制许可时，驾驶员在什么情况下可偏离许可？

1.6.10空中交通管制信号 (1/2)

备注：飞行基本规则附件一；
CCAR91.125

知识掌握程度：

掌握各种辅助指挥、联络的符号和信号的含义；
掌握各种交通管制灯光或信号弹的含义。

知识要点：

一、空中交通管制辅助指挥、联络的符号和信号

顺序	含义	昼间	夜间
1	请求起飞	飞行员向上举手	闪烁航行灯
2	允许起飞	用白色信号旗向上指，然后指向起飞方向	打开绿色信号灯
3	禁止起飞（或者滑行）	用红色信号旗向上指或者向航空器前方发射红色信号弹	打开红色信号灯或者向航空器前方发射红色信号弹
4	请求着陆	航空器通过跑道上空并且摇摆航空器	航空器通过跑道上空并且闪烁航行灯或者打开着陆灯
5	允许着陆	着陆地带铺设“T”字形或者发射绿色信号弹	打开“T”字灯或者发射绿色信号弹
6	禁止着陆	将“T”字灯改成“十”字形或者发射红色信号弹	将“T”字灯改成“十”字形或者发射红色信号弹
7	命令全部飞机立即降落	在“T”字布前五米处与横布平行放一横布	连续发射绿色信号弹
8	请求立即强迫着陆	航空器通过跑道上空并且发射一颗或者数颗信号弹	航空器通过跑道上空并且发射一颗或者数颗信号弹
9	命令在备降机场降落	在“T”字布位置摆一箭头式布，箭头指向备降机场	在“T”字灯位置摆一箭头式灯光，箭头指向备降机场
10	命令在迫降地带着陆	将“T”字布摆在迫降地带	关闭“T”字灯，用探照灯照射迫降地带
11	在机场上空做右起落航线飞行	在“T”字布前五米处用布摆一个三角形	在“T”字灯前五米处用灯光摆一个三角形
12	起落架未放下	将“T”字/布分开五米或者发射红色信号弹	将“T”字灯分开五米或者发射红色信号弹
13	右起落架故障	将“T”字布横布右端折起	
14	左起落架故障	将“T”字布横布左端折起	
15	前起落架故障	在“T”字布前，纵布延长线上十米处，平行跑道铺设一纵布	
备注	“T”字布的尺寸：纵布的长度为十/二米，宽布为二米；横布及辅助布的长度为九米，宽为二米； “T”字布的颜色：地面有雪用红色或者黑色，没有雪用白色		

(转下一页)

1. 6. 10空中交通管制信号 (2/2)

备注：飞行基本规则附件一；
CCAR91. 125

(接上一页)

二、机场管制塔台发给航空器的灯光或信号弹信号在如下表中所示：

指向航空器的灯光信号的颜色和型式	对于地面上航空器的含义	对于飞行中航空器的含义
绿色定光	可以起飞	允许着陆
一连串绿色闪光	可以滑行	返航着陆(注)
红色定光	停止	给其他航空器让出航路并继续盘旋飞行
一连串红色闪光	滑离所用着陆区	机场不安全，不要着陆
一连串白色闪光	滑回机场的起始点	在此机场着陆并滑到停机坪(注)
红色信号弹	不管以前有无指示暂时不要着陆	
注：着陆和滑行许可信号，在适当时发给		

思考题：

机场管制塔台发给航空器的红色信号弹代表什么含义？

1. 6. 11 在通用航空机场空域内的运行

备注：飞行基本规则第四章；
CCAR91. 127

知识掌握程度：

掌握在通航机场空域运行的要求。

知识要点：

航空器在通用航空机场空域内运行：

一、除非机场另有规定或指令，航空器驾驶员应当采取左转弯加入机场起落航线，并避开前方航空器的尾流。

二、除经空中交通管制同意外，航空器在设有管制塔台的机场起飞、着陆或飞越时，应当与机场管制塔台建立双向无线电通信联系。在通信失效的情况下，只要气象条件符合基本目视飞行规则的最低天气标准，机长应当驾驶航空器尽快着陆。在仪表飞行规则条件下运行时，航空器必须遵守第91. 185条的规定。

思考题：

在通航机场空域运行的要求是什么？

1. 6. 12在一般国内运输机场空域内的运行

备注：飞行基本规则第四章 机场区域内飞行
CCAR91. 129

知识掌握程度：

掌握在一般国内运输机场空域运行的规定

知识要点：

一、除经空中交通管制同意外，在一般国内运输机场空域内运行的航空器驾驶员必须遵守CCAR-91. 129条及第91. 127条的规定。

二、运营人可以根据空中交通管制批准，在一次或一组飞行中偏离CCAR-91. 129条规定。

三、航空器必须满足下列双向无线电通信的要求：

1. 航空器在进入该机场空域前，必须与提供空中交通服务的空中交通管制建立双向无线电通信，并在该机场空域飞行过程中一直保持通信联系；

2. 航空器离场过程中，必须与管制塔台建立并保持双向无线电通信联系，并按照空中交通管制的指令在该机场空域内运行。

四、在该空域内飞行，驾驶员必须与空中交通管制保持不间断的双向无线电通信联系。

1. 在仪表飞行规则下，航空器的无线电失效，驾驶员必须遵守第91. 185条的规定；

2. 在目视飞行规则下，航空器的无线电失效，如符合下列条件，驾驶员可操纵航空器着陆：

(1) 天气条件符合或高于目视飞行规则的最低天气标准；

(2) 能够保持目视塔台的标志指示；

(3) 得到塔台的着陆许可。

五、在一般国内运输机场空域内时：

1. 除离云距离限制并经塔台同意外，大型或涡轮发动机的飞机在进入机场起落航线时，不得低于机场标高以上450米（1500英尺），直至为安全着陆需要下降到更低高度；

2. 使用仪表着陆系统进近着陆的大型或涡轮发动机飞机在外指点标（或飞行程序中规定的下滑道截获点）和中指点标之间，不得低于下滑道飞行；

3. 使用目视进近坡度指示仪进近着陆的飞机，应当保持在下滑道或以上的高度，直至为安全着陆需要下降到更低高度。

CCAR-91. 129条(2)和(3)款不禁止为保持在下滑道上而进行的瞬时低于或高于下滑道的正常修正飞行。

六、离场航空器应当遵守局方批准的离场程序飞行。大型或涡轮发动机飞机起飞后应当尽快爬升到离地450米（1500英尺）高度以上。

七、在一般国内运输机场空域中运行的航空器必须按第91. 427条规定，安装并正确使用空中交通管制应答机和高度报告设备，且工作正常。

八、大型或涡轮发动机飞机驾驶员必须遵守局方批准的机场跑道噪音限制程序，使用空中交通管制指定噪音限制跑道。但是，根据第91. 5(a)款中机长在安全运行上具有最终决定权的规定，为保证飞机安全运行，空中交通管制可以根据机长的申请同意其使用其他跑道。

九、航空器驾驶员在开始滑行、进入滑行道和跑道、穿越滑行道和跑道以及起飞和着陆都必须得到空中交通管制相应的许可。

思考题：

未装备无线电通信设备的飞机，能否在国内运输机场运行？

1. 6. 13 在特别繁忙运输机场空域的运行

备注：飞行基本规则第四章 机场区域内飞行；CCAR91. 133

知识掌握程度：

掌握在特别繁忙运输机场空域运行的规定。

知识要点：

一、除经空中交通管制同意外，在特别繁忙运输机场空域内运行的航空器，应当遵守第91. 129条和以下规定。

二、在特别繁忙运输机场空域进行训练飞行的航空器，必须遵守空中交通管制规定的方法和程序。

三、在特别繁忙运输机场起飞、着陆和飞越的航空器机长必须至少持有私用驾驶员执照。

四、在特别繁忙运输机场空域运行的航空器必须满足下列通信和导航要求：

1. 航空器在空域内飞行时，任何时候都必须与空中交通管制保持双向通信；
2. 航空器按仪表飞行规则运行时，必须具有正常工作的VOR（甚高频全向信标）接收机；
3. 应当安装符合第91. 427(a)款规定的应答机和自动高度报告设备。

思考题：

未装备 DME 设备的飞机能否在繁忙运输机场运行？

1. 6. 14在高空空域内运行

备注：飞行基本规则第四章 机场区域内飞行；CCAR91. 137

知识掌握程度：

掌握在高空空域内的运行要求。

知识要点：

高空空域是指标准海平面气压6000米（不含）以上的空域。应当遵守下列规定：

一、只有预先得到空中交通管制的许可，方可进入该空域。

二、除经空中交通管制同意外，进入高空空域内运行的航空器必须安装必要的通信设备，该设备能在空中交通管制指定的频率上与空中交通管制建立双向无线电通信联系。航空器驾驶员在该空域中必须与空中交通管制保持双向无线电通信联系。

三、除经空中交通管制同意外，进入高空空域运行航空器必须按照第91. 427条的规定安装应答机。

四、经空中交通管制批准，运营人可以在一次或一组飞行中偏离CCAR-91. 137条。航空器在飞行中如果应答机不工作，经空中交通管制同意，可以在高空空域内继续飞行至目的地的机场或可以进行维修的机场。

思考题：

如果应答机不工作，飞机能否在高空空域内运行？

1.6.15 临时的飞行限制

备注：飞行基本规则第四章 机场区域内飞行；CCAR91.139

知识掌握程度：

掌握临时的飞行限制要求。

知识要点：

一、根据安全需要，局方将发布航行通告（NOTAM）对一个特定区域实施临时的飞行限制，并说明该区域的危险和限制的条件。实施临时飞行限制通常出于下列原因：

1. 为保护地面或空中人员和财产不受与地面事故相关的危害；
2. 为抢险救灾的航空器提供安全的运行环境；

3. 在发生可能造成公众关注的事故或事件的地点上空，防止前来观看的或出于其他目的的航空器飞入。

二、凡进入该临时限制区域的航空器必须经空中交通管制特殊批准，并按空中交通管制的指令飞行。

思考题：

实施临时飞行限制的原因通常有哪些？

1.6.16 航空器燃油加注的规定和要求

备注: CCAR91.195

知识掌握程度:

掌握燃油加注的规定;
掌握目视飞行的燃油要求。

知识要点:

一、航空器燃油加注的一般规定:

1. 飞机不应在乘客登机、离机或在机上时加油，除非机长或其他有资格的人员在场并随时能以可行的最实用和快捷的方法引导乘客撤离飞机；
2. 不得在乘客登机、离机和在机上时或旋翼正在旋转时为直升机加油，除非机长或有资格的人员在场，随时可以启动和组织人员以最实用和快捷的方法撤离直升机；
3. 如果在乘客登机、离机或在机上时加油，则应使用飞机(直升机)的内话系统或其他适当的方法，保持监督加油的地面机组人员与机长或CCAR-91.195条(a)款所要求的其他合格人员之间的双向通信。

二、VFR飞行的燃油要求

目视飞行规则	
飞机	旋翼机
飞到第一个预定着陆点着陆	飞到第一个预定着陆点着陆
按正常的巡航速度还能至少飞行30分钟(昼间)或45分钟(夜间)	正常的巡航速度还能至少飞行20分钟

思考题:

航空器燃油加注的一般规定是什么？

1.6.17 目视飞行的最低天气标准

备注：CCAR91.155；AC-97-01 民用航空机场运行最低标准制定与实施准则；《民用航空空中交通管理规则》附件八

知识掌握程度：

- 理解基本目视飞行规则的最低天气标准；
- 理解特殊目视飞行规则的最低天气标准；
- 理解目视起飞和进近着陆的最低天气标准。

知识要点：

一、基本目视飞行规则的最低天气标准

1. 除经空中交通管制批准的特殊目视飞行规则的最低标准外，基本目视飞行规则的最低天气标准只允许在中低空空域内实施。

2. 除经空中交通管制批准的特殊目视飞行规则的最低标准外，只有气象条件不低于下列标准时，航空器驾驶员方可按目视飞行规则飞行：

(1) 除如下第(2)、(3)项以外，在修正海平面气压高度3千米（含）以上，能见度不小于8千米；修正海平面气压高度3千米以下，能见度不小于5千米；距云的水平距离不小于1500米，垂直距离不小于300米。

(2) 除运输机场空域外，在修正海平面气压高度900米（含）以下或离地高度300米（含）以下（以高者为准），如果在云体之外，能目视地面，允许航空器驾驶员在飞行能见度不小于1600米的条件下按目视飞行规则飞行。但必须符合下列条件之一：

(i) 航空器速度较小，在该能见度条件下，有足够的时间观察和避开其他航空器和障碍物，以避免相撞；

(ii) 在空中活动稀少，发生相撞可能性很小的区域；

(3) 在符合上述第(2)项的条件下，允许旋翼机在飞行能见度小于1600米的条件下按目视飞行规则飞行。

二、特殊目视飞行规则的最低天气标准

1. 在运输机场空域修正海平面气压高度3千米以下，允许按下述天气最低标准和条件实施特殊目视飞行规则飞行，无须满足基本目视飞行规则的规定：

(1) 得到空中交通管制的许可；

(2) 云下能见；

(3) 能见度至少1600米（旋翼机可用更低标准）；

(4) 除旋翼机外，驾驶员满足CCAR-61部仪表飞行资格要求，航空器安装了第91.407条要求的设备，否则只能昼间飞行。

2. 除旋翼机外，只有地面能见度（如无地面能见度报告，可使用飞行能见度）至少为1600米，航空器方可按特殊目视飞行规则起飞或着陆。

三、当天气情况不低于机长飞行的最低气象条件时，机长方可在300米以下进行目视飞行，飞行时航空器距离云层底部不得小于50米。

思考题：

基本目视飞行规则的最低天气标准是如何规定的？

1.7.1 通用航空的范畴

备注：民航法第三十九条；通用航空飞行管制条例第三条

知识掌握程度：

理解通用航空所包含的范畴。

知识要点：

通用航空，是指除军事、警务、海关缉私飞行和公共航空运输飞行以外的航空活动，包括从事工业、农业、林业、渔业、矿业、建筑业的作业飞行和医疗卫生、抢险救灾、气象探测、海洋监测、科学实验、遥感测绘、教育训练、文化体育、旅游观光等方面的飞行活动。

思考题：

通用航空包括哪些类型的航空活动？

1.7.2 通航飞行活动的管理

1.7.2.1 飞行计划的内容

备注：民航法第三十九条；通用航空飞行管制条例十三条

知识掌握程度：

掌握通用航空飞行计划的内容。

知识要点：

从事通用航空飞行活动的单位、个人实施飞行前，应当向当地飞行管制部门提出飞行计划申请，按照批准权限，经批准后方可实施。

飞行计划申请应当包括下列内容：

- 一. 飞行单位；
- 二. 飞行任务性质；
- 三. 机长（飞行员）姓名、代号（呼号）和空勤组人数；
- 四. 航空器型别和架数；
- 五. 通信联络方法和二次雷达应答机代码；
- 六. 起飞、降落机场和备降场；
- 七. 预计飞行开始、结束时间；
- 八. 飞行气象条件；
- 九. 航线、飞行高度和飞行范围；
- 十. 其他特殊保障需求。

思考题：

通用航空的飞行计划包括哪些内容？

1.7.2 通航飞行活动的管理

1.7.2.2 需要提交有效的任务批准文件的飞行情形

备注：民航法第三十九条；通用航空飞行管制条例十四条

知识掌握程度：

掌握通用航空需要提交有效的任务批准文件的飞行情形。

知识要点：

从事通用航空飞行活动的单位、个人有下列情形之一的，必须在提出飞行计划申请时，提交有效的任务批准文件：

- 一. 飞出或者飞入我国领空的（公务飞行除外）；
- 二. 进入空中禁区或者国（边）界线至我方一侧10公里之间地带上空飞行的；
- 三. 在我国境内进行航空物探或者航空摄影活动的；
- 四. 超出领海（海岸）线飞行的；
- 五. 外国航空器或者外国人使用我国航空器在我国境内进行通用航空飞行活动的。

思考题：

哪些通用航空飞行活动必须在提出飞行计划申请时，提交有效的任务批准文件？

1.7.2 通航飞行活动的管理

1.7.2.3 飞行计划申请的批准权限

备注：民航法第三十九条；通用航空飞行管制条例十五条

知识掌握程度：

掌握通用航空飞行计划申请的批准权限。

知识要点：

使用机场飞行空域、航路、航线进行通用航空飞行活动，其飞行计划申请由当地飞行管制部门批准或者由当地飞行管制部门报经上级飞行管制部门批准。

使用临时飞行空域、临时航线进行通用航空飞行活动，其飞行计划申请按照下列规定的权限批准：

- 一. 在机场区域内的，由负责该机场飞行管制的部门批准；
- 二. 超出机场区域在飞行管制分区内的，由负责该分区飞行管制的部门批准；
- 三. 超出飞行管制分区在飞行管制区内的，由负责该区域飞行管制的部门批准；
- 四. 超出飞行管制区的，由中国人民解放军空军批准。

思考题：

使用临时飞行空域、临时航线进行通用航空飞行活动，超出飞行管制区的情况，应该由哪个机构进行批准？

1.7.2 通航飞行活动的管理

1.7.2.4 飞行计划的申请时限

备注：民航法第三十九条；通用航空飞行管制条例十六-十八条

知识掌握程度：

掌握通用航空飞行计划的申请时限。

知识要点：

飞行计划申请应当在拟飞行前1天15时前提出；飞行管制部门应当在拟飞行前1天21时前作出批准或者不予批准的决定，并通知申请人。

执行紧急救护、抢险救灾、人工影响天气或者其他紧急任务的，可以提出临时飞行计划申请。临时飞行计划申请最迟应当在拟飞行1小时前提出；飞行管制部门应当在拟起飞时刻15分钟前作出批准或者不予批准的决定，并通知申请人。

在划设的临时飞行空域内实施通用航空飞行活动的，可以在申请划设临时飞行空域时一并提出15天以内的短期飞行计划申请，不再逐日申请；但是每日飞行开始前和结束后，应当及时报告飞行管制部门。

使用临时航线转场飞行的，其飞行计划申请应当在拟飞行2天前向当地飞行管制部门提出；飞行管制部门应当在拟飞行前1天18时前作出批准或者不予批准的决定，并通知申请人，同时按照规定通报有关单位。

思考题：

通用航空飞行计划的申请时限由什么规定？

1.8.1 涉及酒精或药物的违禁行为和处罚

备注：CCAR61.15/17/241/243；
CCAR91.19；CCAR91.1607

知识掌握程度：

- 了解对酒精和药物的禁止要求；
了解对酒精和药物违禁行为的处罚。

知识要点：

一、涉及酒精或者药物的违禁行为

1. 驾驶员执照持有人在饮用任何含酒精饮料之后的8小时之内或处在酒精作用之下，血液中酒精含量等于或者大于0.04%，或受到任何药物影响损及工作能力时，不得担任机组成员。(CCAR61.15)
2. 驾驶员执照持有人应当按照局方的要求接受酒精或者药物检验或提供检验结果。(CCAR61.17)

二、涉及酒精或药物的违禁行为的处罚

1. 对于违反CCAR61.15条规定的执照持有人，应当责令当事人立即停止担任飞行机组成员，并给予警告，或暂扣执照一至六个月的处罚；情节严重的，应当给予吊销执照的处罚；构成犯罪的，依法追究刑事责任。
2. 对于违反CCAR61.17条规定拒绝、阻碍接受酒精、药物检验或提供检验结果的本规则执照持有人，责令该员立体停止当日飞行运行活动，并移送公安机关进行处理。

思考题：

拒绝接受酒精测试或拒绝将测试结果提供给局方的行为将收到怎样的处罚？

1. 8. 2理论考试违规行为的处罚

备注: CCAR61. 37/245

知识掌握程度:

了解理论考试中禁止的行为;
了解对理论考试违规行为的处罚。

知识要点:

一、理论考试和语言能力考试中禁止的行为(CCAR61. 37)

在理论考试和语言能力考试过程中，申请人不得有下列行为：

1. 以任何形式复制或保存考试试题；
2. 交给其他申请人或从其他申请人那里得到考试试题的任一部分或其复印件或扫描件；
3. 帮助他人或者接受他人的帮助；
4. 代替他人或由他人代替参加部分或者全部考试；
5. 使用未经局方批准的材料或者其他辅助物品；
6. 破坏考场设施；
7. 故意引起、助长或者参与本条禁止的行为。

二、理论考试中的作弊或其他禁止的行为的处罚

1. 对于违反上述CCAR61. 37条规定的执照或等级申请人局方对申请人予以警告，申请人自该行为被发现之日起一年内不得申请按照CCAR-61部颁发的执照或等级以及考试。
2. 对于违反上述CCAR61. 37条规定的执照或等级持有人，局方对当事人予以警告，同时撤销相应的执照等级，责令当事人立即停止飞行运行并交回其已取得的相应执照。驾驶员执照等级被撤销之日起三年内，当事人不得申请按照CCAR-61部颁发的执照或等级以及考试。

思考题:

根据 CCAR61 部，在理论考试中作弊将会受到怎样的处罚？

1. 8. 3提供虚假材料的处罚

备注: CCAR61. 63/247

知识掌握程度:

了解禁止提供虚假材料的要求;
了解对提供虚假材料的处罚。

知识要点:

一、禁止提供虚假材料 (CCAR61. 63)

禁止任何人实施下列行为:

1. 在申请按本规则颁发或补发执照、等级或者此类其他证件的申请书上作出任何欺骗性或虚假的陈述;
2. 在要求保存、填写或使用的任何飞行经历记录本、记录或成绩单中填入任何欺骗性的或者虚假的内容;
3. 以任何形式伪造按本规则颁发的执照或者等级证件;
4. 以任何形式篡改按本规则颁发的执照或者等级证件。

二、提供虚假材料的处罚

1. 对于违反CCAR61. 63条(1) 或 (2) 款的执照或等级申请人, 由民航地区管理局给予警告的处罚, 申请人一年内不得再次申请该执照或等级; 对于执照或等级持有人, 由民航地区管理局给予警告的处罚, 撤销其相应执照或等级, 当事人三年内不得再次申请执照或等级。

2. 对于违反CCAR61部第61. 63条(3) 或 (4) 款的执照持有人, 由民航地区管理局处以警告或者500元以上1000元以下罚款。

思考题:

根据 CCAR61 部, 在执照申请过程中提供虚假材料将受到怎样的处罚?

1.8.4 航空器运行期间禁止的行为

备注：民航法第二百零八条
CCAR91.13; CCAR91.15

知识掌握程度：

了解航空器运行期间禁止的行为；
了解对航空器运行期间禁止行为的处罚。

知识要点：

一、民用航空器的机长或者机组其他人员有下列行为之一的，由国务院民用航空主管部门给予警告或者吊扣执照一个月至六个月的处罚；有第(二)项或者第(三)项所列行为的，可以给予吊销执照的处罚：

1. 在执行飞行任务时，不按照《中华人民共和国民用航空法》第四十一条的规定携带执照和体检合格证书的；
2. 民用航空器遇险时，违反《中华人民共和国民用航空法》第四十八条的规定离开民用航空器的；
3. 违反《中华人民共和国民用航空法》第七十七条第二款的规定执行飞行任务的。

二、禁止妨碍和干扰机组成员

在航空器运行期间，任何人不得殴打、威胁、恐吓或妨碍在航空器上执行任务的机组成员。

三、禁止粗心或鲁莽的操作

任何人员在操作航空器时不得粗心大意和盲目蛮干，以免危及他人的生命或财产安全。

注：《中华人民共和国民用航空法》第四十一条空勤人员在执行飞行任务时，应当随身携带执照和体检合格证书，并接受国务院民用航空主管部门的查验。

《中华人民共和国民用航空法》第四十八条民用航空器遇险时，机长有权采取一切必要措施，并指挥机组人员和航空器上其他人员采取抢救措施。在必须撤离遇险民用航空器的紧急情况下，机长必须采取措施，首先组织旅客安全离开民用航空器；未经机长允许，机组人员不得擅自离开民用航空器；机长应当最后离开民用航空器。

《中华人民共和国民用航空法》第七十七条民用航空器机组人员的飞行时间、执勤时间不得超过国务院民用航空主管部门规定的时限。

民用航空器机组人员受到酒类饮料、麻醉剂或者其他药物的影响，损及工作能力的，不得执行飞行任务。

思考题：

驾驶员在执行飞行任务时，未按规定携带执照和体检合格证书，将受到怎样的处罚？

1.8.5 其他违反CCAR-61部违章行为的处罚

备注：CCAR61 L 章

知识掌握程度：

了解对违反执照等级及权利限制的处罚规定；
了解对其他违反61部规章违章操作的处罚规定。

知识要点：

一、CCAR-61部执照持有人违反CCAR-61部第61.9的规定在行使相应权利时未随身携带执照的，根据《中华人民共和国民用航空法》第二百零八条的规定，局方给予警告。

二、CCAR-61部执照申请人或持有人违反CCAR-61部第61.9、61.27、61.53、61.59条的规定，无必需的执照或等级进行飞行，或从事所持执照或等级权限以外的飞行，或在身体缺陷不符合体检要求而进行飞行，或所需的定期、熟练检查超过有效期进行飞行，根据《中华人民共和国民用航空法》第四十二条和第二百零五条的规定，局方责令其立即停止民用航空活动，处以500元以下罚款，对其单位处以十万元以下罚款，情节严重的，处以1000元以下罚款，对其单位处以二十万元以下罚款；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

三、CCAR-61部执照申请人或持有人违反CCAR-61部第61.9、61.213、61.215或者61.235条的规定，教员执照或等级持有人进行所持执照或等级权限以外教学的，根据《中华人民共和国民用航空法》第四十二条和第二百零五条的规定，局方责令其立即停止教学活动，处以500元以下罚款，对其单位处以十万元以下罚款，情节严重的，处以1000元以下罚款，对其单位处以二十万元以下罚款。教员执照或等级持有人弄虚作假为不合格的人员出具CCAR-61部要求的签字证明的，局方责令其立即停止教学活动，处1000元以下罚款。

四、CCAR-61部执照持有人违反CCAR-61部第61.107条、61.120条、61.137条、61.171条、61.173条、61.179条或61.197条的规定，违规从事私用飞行活动的，局方责令其立即停止民用航空活动，处以警告或1000元以下罚款，对其单位处以十万元以下罚款；违规从事私用载人飞行的，局方责令其立即停止民用航空活动，处以1000元以下罚款，对其单位处以十万元以下罚款；违规从事商业飞行活动的，局方责令其立即停止民用航空活动，处以1000元以下罚款，对其单位处以十万元以下罚款；违规从事商业载客飞行活动的，局方责令其立即停止民用航空活动，处以1000元罚款，对其单位处以十万元以下罚款。CCAR-61部执照持有人违反上述规则情节严重的，根据《中华人民共和国民用航空法》第四十二条和第二百零五条的规定，对其单位处以二十万元以下罚款。

五、受到刑事处罚后执照的处理

CCAR-61部执照持有人受到刑事处罚期间，不得行使所持执照赋予的权利。

思考题：

根据 CCAR61 部，对于行使相应权利时未随身携带执照的行为，将受到怎样的处罚？

1.8.6 其他违反CCAR-91部违章行为的处罚

备注：CCAR91 R 章

知识掌握程度：

了解涉及违反91部B章、C章、D章和E章相关规定的处罚；
了解涉及无有效适航证实施飞行的处罚。

知识要点：

一、涉及妨碍和干扰机组成员的处罚

对于违反91.13条的任何人员，局方可对其处以一千元以下的罚款，并根据《中华人民共和国民用航空法》第一百九十二条和第二百条的规定进行处罚。

二、涉及空投物体的处罚

对于违反91.17条规定，民用航空器在飞行中投掷物品的，局方根据《中华人民共和国民用航空法》第二百零九条的规定对直接责任人进行处罚。

三、涉及违反相关规定的处罚

对于违反CCAR-91部B章（飞行规则）、C章（特殊飞行规则）、D章（维修要求）、E章（设备、仪表和合格证要求）、F章（大型和运输类航空器的设备和运行的附加要求）、L章（大型和涡轮动力多发飞机）、M章（农林喷洒作业）、N章（旋翼机机外载荷作业运行）中有关规定的，局方应责令立即停止违规活动，并可给予下列处罚：

1. 如果直接责任人是航空人员执照持有人，局方可给予其警告或一千元以下的罚款；情节严重的，可给予其暂扣执照一至六个月或吊销执照的处罚。

2. 如果直接责任人是航空器所有权人或运营人，局方可给予其警告或罚款的处罚，有违法所得的，给予违法所得的三倍但最高不超过三万元的罚款，没有违法所得的，给予一万元以下的罚款。

四、涉及无有效适航证实施飞行的处罚

如果航空器在运行期间机上未携带现行有效的适航证，局方可根据《中华人民共和国民用航空法》第二百零一条对运营人进行处罚。

注：《中华人民共和国民用航空法》第二百零一条 违反《中华人民共和国民用航空法》第三十七条的规定，民用航空器无适航证书而飞行，或者租用的外国民用航空器未经国务院民用航空主管部门对其原国籍登记国发给的适航证书审查认可或者另发适航证书而飞行的，由国务院民用航空主管部门责令停止飞行，没收违法所得，可以并处违法所得1倍以上5倍以下的罚款；没有违法所得的，处以10万元以上100万元以下的罚款。

适航证书失效或者超过适航证书规定范围飞行的，依照前款规定处罚。

思考题：

对于妨碍和干扰机组成员的行为，将会受到怎样的处罚？

1.8.7 违反CCAR-67部规章的罚则

备注：CCAR67 E 章

知识掌握程度：

了解对违反CCAR-67部规章各种要求的处罚规定。

知识要点：

一、体检合格证申请人违反CCAR-67部规定有下列行为之一的，民航局或地区管理局依据情节，对当事人处以警告、或者500元以上1000元以下罚款。涉嫌构成犯罪的，依法移送司法机关处理：

1. 隐瞒或者伪造病史、病情，或者冒名顶替，或者提供虚假申请材料的；
2. 涂改或者伪造、变造、倒卖、出售体检文书及医学资料的。

二、体检合格证持有人违反CCAR-67部规定有下列行为之一的，民航局或地区管理局应当责令当事人停止履行职责，并对其处以警告或者500元以上1000元以下罚款：

1. 从事相应民用航空活动时未携带体检合格证、或者使用的体检合格证等级与所履行职责不相符的；
2. 发现身体状况发生变化，可能不符合所持体检合格证的相应医学标准时，不按照程序报告的；
3. 履行职责时未遵守体检合格证上载明的限制条件的。

三、其他违反CCAR-67部规定的行为

1. 任何机构使用未取得或者未持有有效体检合格证人员从事相应民用航空活动的，民航局或地区管理局应当责令其立即停止活动，并对其处以20万元以下的罚款；对直接责任人处以500元以上1000元以下的罚款；涉嫌构成犯罪的，依法移送司法机关处理。

2. 任何人员违反CCAR-67部规定有下列行为之一的，民航局或地区管理局可以对其处以警告或者500元以上1000元以下罚款；涉嫌构成犯罪的，依法移送司法机关处理：

协助申请人隐瞒或者伪造病史、病情，或者提供虚假申请材料，或者提供非申请人本人生物标本，或者在体检鉴定时冒名顶替的；

涂改、伪造、变造或者倒卖、出售涂改、伪造、变造的体检合格证的；

未取得体检合格证从事民用航空活动的。

思考题：

发现身体状况发生变化，可能不符合所持体检合格证的相应医学标准时，不按照程序报告的行为，将会受到怎样的处罚？

1.8.8 违反通用航空飞行管制条例的罚则

备注：飞行基本规则 第十一章

知识掌握程度：

了解违反通用航空飞行管制条例的处罚规定。

知识要点：

一、违反《通用航空飞行管制条例》规定，《中华人民共和国民用航空法》、《中华人民共和国飞行基本规则》及有关行政法规对其处罚有规定的，从其规定；没有规定的，适用本章规定。

二、从事通用航空飞行活动的单位、个人违反本条例规定，有下列情形之一的，由有关部门按照职责分工责令改正，给予警告；情节严重的，处2万元以上10万元以下罚款，并可给予责令停飞1个月至3个月、暂扣直至吊销经营许可证、飞行执照的处罚；造成重大事故或者严重后果的，依照刑法关于重大飞行事故罪或者其他罪的规定，依法追究刑事责任：

1. 未经批准擅自飞行的；
2. 未按批准的飞行计划飞行的；
3. 不及时报告或者漏报飞行动态的；
4. 未经批准飞入空中限制区、空中危险区的。

三、违反《通用航空飞行管制条例》规定，未经批准飞入空中禁区的，由有关部门按照国家有关规定处置。

四、违反《通用航空飞行管制条例》规定，升放无人驾驶自由气球或者系留气球，有下列情形之一的，由气象主管机构或者有关部门按照职责分工责令改正，给予警告；情节严重的，处1万元以上5万元以下罚款；造成重大事故或者严重后果的，依照刑法关于重大责任事故罪或者其他罪的规定，依法追究刑事责任：

1. 未经批准擅自升放的；
2. 未按照批准的申请升放的；
3. 未按照规定设置识别标志的；
4. 未及时报告升放动态或者系留气球意外脱离时未按照规定及时报告的；
5. 在规定的禁止区域内升放的。

五、按照《通用航空飞行管制条例》实施的罚款，应当全额上缴财政。

思考题：

根据《通用航空飞行管制条例》未按批准的飞行计划飞行，将会受到怎样的处罚？

1.8.9 其他涉及民用航空法的罚则

备注：民航法第十五章

知识掌握程度：

了解违反民用航空法的处罚规定。

知识要点：

一、以暴力、胁迫或者其他方法劫持航空器的，依照关于惩治劫持航空器犯罪分子的决定追究刑事责任。

二、对飞行中的民用航空器上的人员使用暴力，危及飞行安全，尚未造成严重后果的，依照刑法第一百零五条的规定追究刑事责任；造成严重后果的，依照刑法第一百零六条的规定追究刑事责任。

三、违反《中华人民共和国民用航空法》规定，隐匿携带炸药、雷管或者其他危险品乘坐民用航空器，或者以非危险品品名托运危险品，尚未造成严重后果的，比照刑法第一百六十三条的规定追究刑事责任；造成严重后果的，依照刑法第一百一十条的规定追究刑事责任。

四、航空人员玩忽职守，或者违反规章制度，导致发生重大飞行事故，造成严重后果的，分别依照、比照刑法第一百八十七条或者第一百一十四条的规定追究刑事责任。

五、违反《中华人民共和国民用航空法》第四十条的规定，未取得航空人员执照、体检合格证书而从事相应的民用航空活动的，由国务院民用航空主管部门责令停止民用航空活动，在国务院民用航空主管部门规定的限期内不得申领有关执照和证书，对其所在单位处以二十万元以下的罚款。

六、有下列违法情形之一的，由国务院民用航空主管部门对民用航空器的机长给予警告或者吊扣执照一个月至六个月的处罚，情节较重的，可以给予吊销执照的处罚：

1. 机长违反《中华人民共和国民用航空法》第四十五条第一款的规定，未对民用航空器实施检查而起飞的；

2. 民用航空器违反《中华人民共和国民用航空法》第七十五条的规定，未按照空中交通管制单位指定的航路和飞行高度飞行，或者违反《中华人民共和国民用航空法》第七十九条的规定飞越城市上空的。

七、违反《中华人民共和国民用航空法》第八十条的规定，民用航空器在飞行中投掷物品的，由国务院民用航空主管部门给予警告，可以对直接责任人员处以 1000元以上2万元以下的罚款。

思考题：

依据《中华人民共和国民用航空法》，机长在起飞前未按规定对民用航空器实施检查而起飞，可能受到怎样的处罚？

1.8.10 其他涉及飞行基本规则的罚则

备注：飞行基本规则 第十一章

知识掌握程度：

了解违反飞行基本规则的处罚规定。

知识要点：

违反飞行基本规则规定，《中华人民共和国民用航空法》及有关法规对其处罚有明确规定的，从其规定；无明确规定的，适用《中华人民共和国飞行基本规则》的下列规定。

一、未按《中华人民共和国飞行基本规则》规定履行审批、备案或者其他手续的，由有关部门按照职责分工责令改正；情节严重的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予行政处分或者纪律处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

二、飞行人员未按《中华人民共和国飞行基本规则》规定履行职责的，由有关部门依法给予行政处分或者纪律处分；情节严重的，依法给予吊扣执照一个月至六个月的处罚，或者责令停飞一个月至三个月；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

思考题：

根据《中华人民共和国飞行基本规则》，飞行人员未按规定履行职责，将会受到怎样的处罚？

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

2.1.1.1 增压发动机

备注:

知识掌握程度:

掌握增压发动机的优缺点;

了解两种增压的类型:

- 机械增压（齿轮）

- 废气增压（涡轮）

掌握增压发动机爆震的预防。

知识要点:

1、增压发动机的优缺点

在额定高度以下，保持进气压力不变，从而改善发动机的高空飞行性能。但是系统复杂，容易故障。

2、两种增压的类型

按照增压装置是否消耗发动机功率，可以分为机械增压（齿轮）和废气增压（涡轮）。

废气增压装置，利用气缸排气行程排出尾气的余温余压，在废气涡轮内膨胀作功带动涡轮转动，废气增压涡轮拖动进气增压涡轮对进气进行增压，与齿轮增压装置相比不需要消耗发动机功率，但是需要发动机功率和转速较小时，废气涡轮增压效果较差，在关车前需要冷却。

3、增压发动机爆震的预防

增压发动机的气缸进气压力较大，当进气压力过大、发动机转速较小且汽缸头温度较高时相对容易发生爆震，因此在长时间持续下降时应注意监控进气压力的变化，避免进气压力过大导致爆震。

思考题:

增压发动机有什么优缺点？

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

备注:

2.1.1.2 燃油控制系统

知识掌握程度:

了解两种燃油控制类型:

- 汽化器式
- 直接喷射式

了解两种燃油控制类型的优缺点;

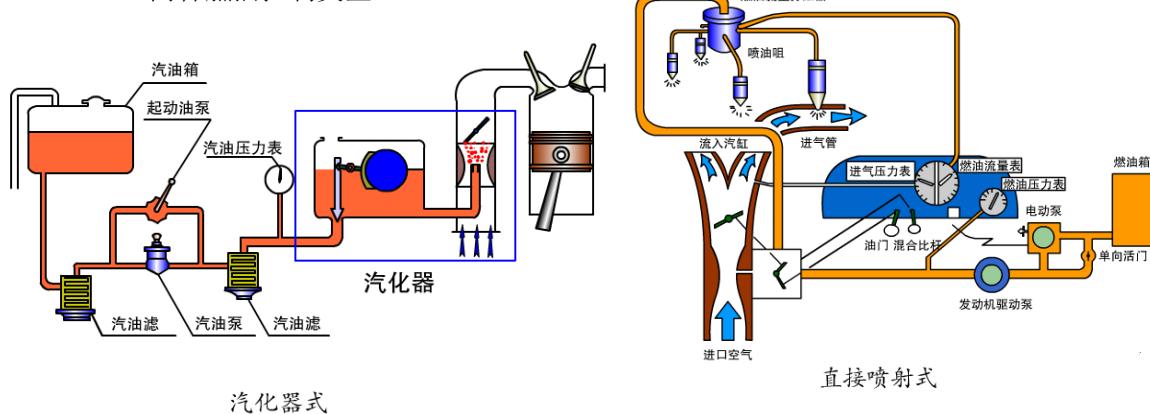
理解燃油的汽化和分配过程;

掌握油气计量控制过程;

掌握混合比控制的方法。

知识要点:

1、两种燃油控制类型



汽化器式发动机通过文氏管喉部较低的空气压力将燃油从发动机油箱中吸出，与进气混合汽化，形成油气混合气，再分配给各个气缸。直接喷射式发动机根据进气压力和流速，计算喷油压力，通过增压油泵对燃油增压后从喷油嘴将燃油喷到各气缸进气口处。

2、两种燃油控制类型的优缺点

汽化器式燃油系统结构简单，但是由于空气对外做功温度降低和燃油汽化吸热，容易出现汽化器积冰，且油气混合气在发动机各汽缸的分配不均匀，易造成发动机振动。冬季运行时由于燃油粘性较大，可能出现汽化器吸油困难的情况，导致冬季冷发动机启动困难。

直接喷射式燃油的优点主要有：进气系统中结冰的可能性较小；各汽缸的燃油分配比较均匀；有较精确的油气比控制，因而发动机的燃油经济性较好；便于寒冷天气的启动；油门响应快，特别是改善了加速性能。但缺点也较突出，结构复杂，热发动机启动比较困难；在炎热天气地面运转时容易形成气塞，因此，有的燃油系统中采用电动增压泵来解决这一问题。

3、油气计量控制过程

油气计量控制主要是控制计量燃油的流量和压力，发动机在不同转速下所需的混合比不同，通常在小转速时为了克服废气冲淡效应，需要适度富油，在大转速时需要保证较大输出功率和帮助汽缸头散热，也需要适度富油，只有在中等转速时所需油气富油程度较小，因此发动机燃油系统通常控制燃油流量或压力以保证不同情况下对混合比的要求。

4、混合比控制的方法

驾驶舱内有混合比杆，前推混合比杆增大燃油流量使混合比更加富油，后收混合比杆反之减小燃油流量使混合比贫油，将混合比杆收光将切断供油。发动机关车时必须将混合比杆收光，完全切断油路，而不能以关闭磁电机开关的方式关车。

思考题:

为了保证适度混合比，随着飞行高度变化，混合比杆应如何调整？

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

2.1.1.3 点火系统

备注:

知识掌握程度:

了解点火系统的组成;

理解各组成部件的功能:

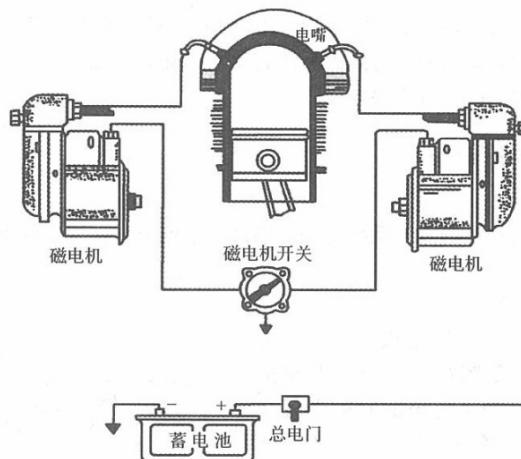
- 启动机及启动继电器
- 分电器
- 点火开关（磁电机）

掌握磁电机的作用及使用。

知识要点:

1、点火系统的组成

发动机点火系统的功用是照发动机各汽缸规定的点火次序，适时地产生高强度的电火花点燃汽缸中的油气混合气。现代大多数活塞发动机点火系统都由磁电机、磁电机开关、高压导线、电嘴等组成，以1个气缸为例，如图所示。



2、各组成部件的功能

(1) 启动机及启动继电器

目前广泛使用的是直接启动式电启动机，通过启动继电器接通机载蓄电池，提供电源来启动发动机，当数次未能成功启动发动机，或机载蓄电池电压偏低或飞机未装蓄电池的情况下，也可使用地面电源来启动发动机。根据飞机用电系统设计的不同，启动电源一般使用直流24V。

(2) 分电器

分电器将高压电按发动机的点火次序输送至各汽缸的电嘴，在压缩形成末期高压电通过电嘴击穿空气放电形成电弧点燃混合气，通常为了提升火焰在气缸中的传播速度并增加点火可靠性，每个气缸头布置两个点火电嘴。

(3) 点火开关（磁电机）

磁电机用于产生高压电，如果磁电机开关接地不良时，磁电机将持续产生高压电，可能会出现发动机无法关闭的情况。

思考题:

为什么航空活塞发动机不能通过关闭磁电机的方式关车？

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

备注:

2.1.1.4 滑油系统

知识掌握程度:

- 理解滑油系统的功用;
- 了解滑油系统的组成;
- 了解滑油系统的两种类型;
- 掌握滑油系统的监控。

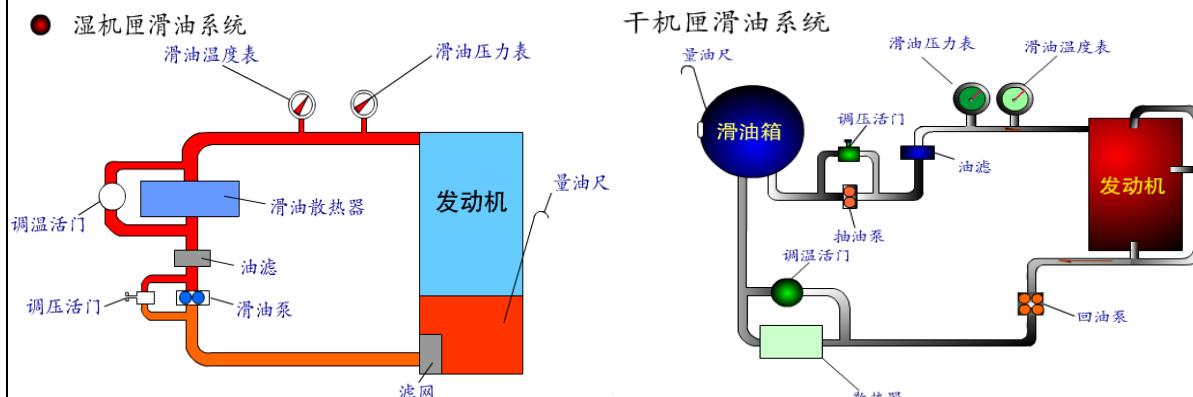
知识要点:

1、滑油系统的功用

- (1) 润滑: 相互运动部件的表面被油膜覆盖, 避免金属间直接接触, 减小摩擦力和摩擦损失;
- (2) 散热: 滑油吸收轴承或其他部件的热量, 在散热器处又将热量传递给燃油或空气, 达到冷却的目的;
- (3) 变距: 有些螺旋桨飞机还利用滑油压力实现螺旋桨变距;
- (4) 防腐: 金属部件的表面被油膜覆盖, 将金属与空气隔离开, 从而防止氧化和腐蚀;
- (5) 清洁: 滑油流过轴承或其他部件时将磨损留下的金属微粒带走, 在滑油滤中将这些金属微粒从滑油中分离出来, 达到清洁的目的。

2、滑油系统的两种类型

滑油系统通常分为湿机匣润滑和干机匣润滑系统两种, 主要区别在于滑油存放位置, 湿机匣润滑系统的滑油主要存于发动机下部的滑油油池中, 而干机匣润滑系统的滑油主要存放于发动机外部的滑油油箱中。湿机匣润滑系统的结构更加简单, 但是机动飞行时容易出现滑油池中的滑油溢出阻碍活塞运动的情况。



3、滑油系统的组成

航空活塞式发动机的润滑系统, 一般由滑油箱、滑油泵、油滤、收油池、泡沫消除器、滑油散热器和检查滑油系统工作情况的仪表等组成。

4、滑油系统的监控

滑油系统配备有滑油压力表、滑油温度表和滑油量表。

(1) 滑油温度表: 滑油需要保持适宜的工作温度, 滑油温度过低粘性增大可能造成发动机工作困难造成功率浪费, 滑油温度过高可能造成粘性过低不能有效附着在摩擦面上形成油膜达到润滑效果。

(2) 滑油压力表: 滑油压力过高或过低也会影响发动机工作, 滑油系统配有旁通活门用来调节滑油压力和温度, 滑油泵的旁通活门也称调压活门, 滑油散热器的旁通活门也称调温活门。

(3) 滑油量表: 每次飞行前应检查滑油量, 既保证正常飞行的需要又避免过多的滑油消耗。通常使用与加油盖连在一起的量油尺检查油箱中的滑油量。

思考题:

滑油系统的功用?

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

2.1.1.5 散热系统

备注:

知识掌握程度:

了解发动机各散热部件;

理解各部件的散热方式:

-气缸散热片

- 导流片

- 整流罩通风片

知识要点:

1、发动机各散热部件

散热系统(又称冷却系统)的作用，是使冷却介质流过汽缸外壁，吸收和带走汽缸外壁的一些热量，使汽缸温度保持在规定的范围内，保证发动机正常地进行工作。

气冷式冷却系统是利用迎面吹来的空气把汽缸外壁的热量带走，以降低汽缸温度。空气从整流罩前面进入后，流经汽缸壁和散热片，最后从整流罩后面流到机外。汽缸温度的高低由散热风门来调节。气冷式冷却系统由散热片、导风板、整流罩和散热风门等组成。

2、各部件的散热方式

(1) 气缸散热片

发动机工作时，为了保证机件温度正常，必须散走大量的热。由于汽缸外壁向外传热的传热系数较小，空气流过汽缸外壁面时，不足以带走全部应散去的热量。解决这一矛盾的办法，是在汽缸头和汽缸身的周围安装散热片，增大空气和汽缸外壁的接触面积，当空气流过汽缸周围时，热量即经散热片随气流散走。

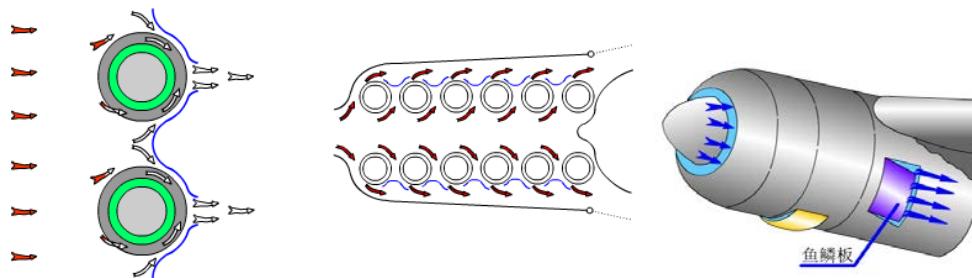
(2) 导流片

当空气流过发动机时，汽缸前部壁面直接与空气相接触，散热情况较好；而汽缸后部壁面背着气流，散热不良。为了保证汽缸前后壁面散热比较均匀，在汽缸周围，装有专门的铝合金薄板，称为导流片或导风板。

(3) 整流罩通风片

有些飞机在整流罩的出口处，装有控制空气流通的风门，这个风门叫做鱼鳞板(也叫侧风门)。有些飞机，在整流罩的进口处还装有控制空气流通的另一个风门，这个风门叫做百叶窗(又叫鱼鳞片)。鱼鳞板和百叶窗统称为整流罩通风片，都可在座舱内操纵，用来控制冷却发动机的空气流量，以调节汽缸的温度。

某些功率较大的气冷式发动机，当发动机的飞行速度较小时，迎面吹来的空气量较小，冷却比较困难。为了提供足够的冷空气，在发动机上装有一个专门的冷却风扇。风扇的位置紧靠螺旋桨的后面，当螺旋桨轴转动时，经过传动齿轮带动风扇高速旋转以增多冷空气流量。



思考题:

长时间小功率下降时，整流罩通风片开度应增大还是减小？

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

2.1.1.6 常见故障及处置

备注:

知识掌握程度:

- 掌握过热的指示及处置措施;
- 掌握过压的指示及处置措施;
- 了解气锁产生的原因及处理;
- 了解液锁产生的原因及处理。

知识要点:

1、过热的指示及处置措施

活塞发动机过热通常有汽缸头温度表CHT指示，气缸头温过高时可能导致早燃和爆震，还会导致活塞发动机汽缸散热片翘曲。由于滑油不能流入汽缸头对其降温，因此汽缸头温较高时需要前推混合比杆，混合比适度富油，使不能充分燃烧的油气给汽缸头降温。

另外还可以通过适当增加飞行速度、加强散热（例如增大鱼鳞板开度）等方法降温。

2、燃油压力过大的指示及处置措施:

燃油压力过大可能是由于燃油调压器故障或者燃油油路堵塞造成，此时应注意观察燃油流量表，如果发现燃油流量指示下降的话，有可能是燃油油路堵塞，应尽快降落。

3、气锁产生的原因及处理

对应多油箱供油的发动机，如果将一个油箱的燃油用光再切换到其他油箱，可能会将大量空气引入油路，燃油系统的油泵多为离心泵或齿轮泵，由于气体难以密封因此大量空气进入油泵中可能导致严重的内泄漏，即油泵转动但是无法吸油现象，这种现象称为气锁。

4、星型发动机产生液锁的原因及处理

在星型发动机的下部汽缸内，如果流入滑油或汽油，当发动机启动时，活塞向上死点运动，由于这些液油占据了燃烧室的一部分容积，因液油不易压缩，所示汽缸内气体压力的升高大大超过了正常情况下的压力，阻止活塞继续向上死点运动，迫使曲轴停止转动，这种现象叫液锁。

发生液锁时，对发动机的损害很大，会使发动机的汽缸和连杆损坏，甚至造成整台发动机完全损坏而报废。

为了防止发生液锁，在使用维护中必须做到：每次启动发动机之前，必须按规定扳转螺旋桨，以排出汽缸内积存的汽、滑油；启动发动机前应确实判明增压机匣的漏油活门是否畅通；启动注油量要适当，用注油泵的次数不宜太多。在启封发动机时，必须按规定将汽缸或进气管内的油封油彻底排干净后，才能启动发动机。

思考题:

活塞式发动机过热的指示？

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

2.1.1.7 活塞式发动机的性能 (1/2)

备注:

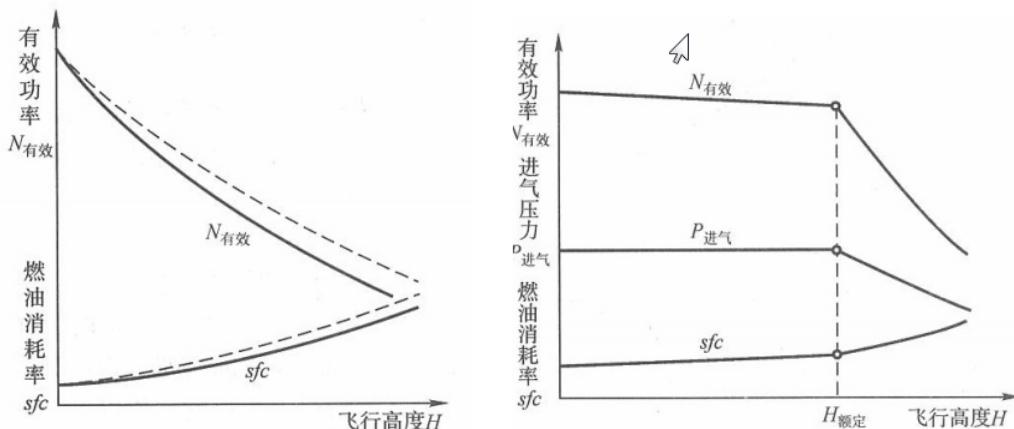
知识掌握程度:

- 了解自然吸气式和涡轮增压式发动机的性能;
- 了解气压高度对发动机性能的影响;
- 了解“全油门高度”的含义;
- 了解影响发动机性能的因素;
- 理解油气比和余气系数的含义;
- 掌握最佳功率余气系数和最经济余气系数的意义。

知识要点:

1、自然吸气式和涡轮增压式发动机的性能

发动机的有效功率和燃油消耗率是发动机的两个重要的性能指标。由于增压发动机在额定高度以下可以保持进气压力不变，因此自然吸气式发动机和增压式发动机的高度性能差别较大。自然吸气式发动机和废气涡轮增压发动机随高度变化的特性曲线如下图所示。



其中，左图为自然吸气式发动机有效功率随和燃油消耗量随高度变化的曲线，右图为废气增压涡轮发动机有效功率、进气压力和燃油消耗量随高度变化的曲线。

2、气压高度对发动机性能的影响

随着气压升高，自然吸气式发动机由于进气压力下降，有效功率迅速下降，燃油消耗量迅速上升，自然吸气式发动机进气活门开度最大即全油门，因此自然吸气式发动机的高度-性能曲线是全油门高度-性能曲线。

增压式发动机在额定高度以下进气压力不变，因此有效功率基本不变，在额定高度达到增压装置的最大效果，因此在额定高度以上，进气压力减小，有效功率迅速减小，燃油消耗率迅速上升。

3、全油门高度的含义

自然吸气式发动机在全油门状态下，有效功率随气压高度升高而降低；增压式发动机在全油门状态下，能保持在某一额定高度以下最大有效功率不变。

4、影响发动机性能的因素

影响发动机性能的因素包括混合比、转速、气压高度、温度和湿度，气压高度越高、温度越高、湿度越大，发动机性能越差。

5、油气比和余气系数的含义

(1) 油气比

在汽缸里混合气中燃料的质量与空气的质量的比值。油气比可以直接反应混合气中燃料与空气的质量比例，但不能直观反映混合气的贫、富油程度。因为汽油和煤油完全燃烧时所需的油气比不同，大致完全燃烧1kg燃油所需的空气约为15kg，因此燃油完全燃烧的油气比约为1:15。

(转下一页)

2.1.1 活塞式发动机及其工作系统

2.1.1.7 活塞式发动机的性能 (2/2)

备注:

(接上一页)

(2) 余气系数

1kg燃料完全燃烧所需要的最少空气量为理论空气量，余气系数 α 为实际空气量与理论空气量的比值：

$$\alpha = \frac{L_{\text{实}}}{L_{\text{理}}}$$

实际空气量<理论空气量，则余气系数 $\alpha < 1$ ，混合气燃烧氧气不足，燃料富裕，燃料不能完全燃烧。混合气为富油混合气。 $\alpha < 1$ 越多，表示混合气越富油。

实际空气量>理论空气量，则余气系数 $\alpha > 1$ ，混合气燃烧氧气有余，燃料能够完全燃烧。混合气为贫油混合气。 $\alpha > 1$ 越多，表示混合气越贫油。

实际空气量=理论空气量，则余气系数 $\alpha = 1$ ，混合气燃烧时，燃料能够完全燃烧，氧气无余。混合气既不贫油也不富油。混合气为理论混合气。

由此可见， α 的大小可以较为直观地反应混合气贫、富油程度，是影响发动机燃烧的重要物理参数。

6、最佳功率余气系数和最经济余气系数的意义

(1) 最佳功率余气系数

当 $\alpha = 0.8 \sim 0.9$ 时，火焰传播速度最大，活塞膨胀功最大，发动机可获得最佳功率。当 α 偏离该值时，火焰传播速度将减小，发动机功率也将减小。因此，这个 α 值叫做最佳功率余气系数，对应的发动机状态称为最佳功率状态。

(2) 最经济余气系数

根据燃油消耗率的定义，当 α 改变时，要使燃油消耗率最低，应在发动机较高功率输出的同时确保燃油消耗量较低。试验表明：当 $\alpha = 1.05 \sim 1.10$ 时，SFC 最低，发动机的经济性最好。这个 α 值称为发动机最经济余气系数，对应的发动机状态称为最经济状态。

混合气的余气系数对发动机的性能影响很大，因此，飞行中应根据需要适当调整混合气。但是汽缸内混合气的余气系数无法准确测量，在飞行实际中，通常参照转速和排气温度的变化来确定发动机的最经济状态和最佳功率状态。

思考题：

余气系数的定义和影响？

2.1.2螺旋桨

2.1.2.1 螺旋桨术语

备注:

知识掌握程度:

掌握推进功率和制动马力（BHP）的定义；

理解螺旋桨效率的意义。

知识要点:

1、推进功率和制动马力（BHP）的定义

螺旋桨旋转时，拉力产生的功率称为推进功率。发动机传递到螺旋桨桨轴上的功率称为制动马力。

发动机产生的功率需要克服摩擦阻力功率，并拖动发电机等附件工作，因此发动机传递到螺旋桨桨轴上的功率小于发动机产生的功率。螺旋桨旋转时既产生拉力又产生阻力，螺旋桨转速稳定时制动马力反映螺旋桨旋转的阻力功率，而推进功率反映螺旋桨的拉力功率。

2、螺旋桨效率的意义

所谓螺旋桨效率，即螺旋桨产生拉力的功率与发动机传递到螺旋桨桨轴上的功率的比值，螺旋桨效率越高，越能将更多的制动马力转化为推进功率。

思考题:

对于右转螺旋桨而言，大迎角飞行时飞机有哪个方向偏航的趋势？

2.1.2螺旋桨

2.1.2.2 螺旋桨拉力

备注:

知识掌握程度:

掌握螺旋桨拉力的影响因素。

知识要点:

螺旋桨拉力的影响因素:

1、空速的影响

如单位时间排气质量及滑流不变，随着飞行速度增加，则拉力减小。

2、滑流的影响

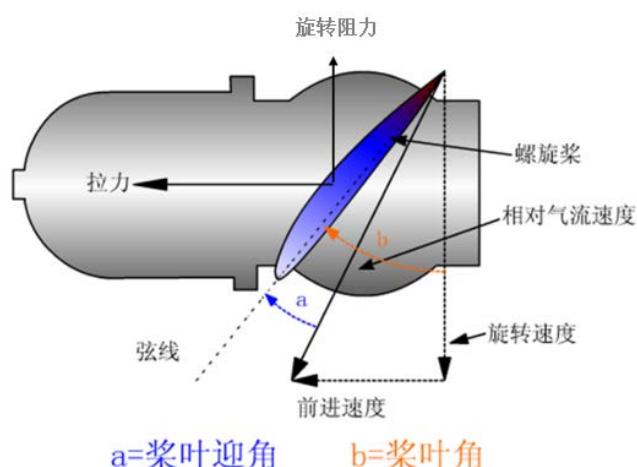
如单位时间排气质量及飞行速度不变，随着滑流增加，则螺旋桨拉力增大。

3、转速的影响

如滑流、飞行速度和桨叶角保持不变，随着螺旋桨转速上升，则单位时间排气质量增加，拉力增大。

4、桨距的影响

若滑流、飞行速度和螺旋桨转速保持不变，随着桨叶角增加，则单位时间排气质量增加，拉力增大。



思考题:

对于定距螺旋桨飞机，油门不变空速增大时，桨叶迎角和旋转阻力如何变化？螺旋桨转速如何变化？

2.1.2 螺旋桨

2.1.2.3 变距螺旋桨

备注:

知识掌握程度:

- 理解变距螺旋桨的优点；
- 理解恒速装置（CSU）的作用；
- 解释螺旋桨超速的原因及处置措施；
- 理解变距螺旋桨地面检查的必要性；
- 掌握恒速装置（CSU）失效的影响。

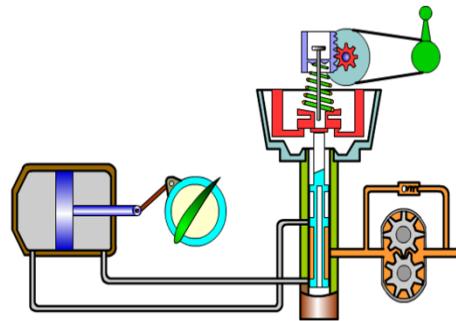
知识要点:

1、变距螺旋桨的优点

变距螺旋桨的优点是可以提高螺旋桨的效率和使发动机工作最经济。

2、螺旋桨的恒速装置（CSU）的作用

恒速传动装置的作用就是在变距杆位置保持不变的情况下，通过调速器控制滑油在螺旋桨变距油缸里的油量，自动调节桨叶角，使螺旋桨转速保持不变。恒速装置结构图如下所示：



3、变距螺旋桨地面检查的必要性

变距螺旋桨在地面检查时必须通过调整变距杆，检查转速能否随之改变。这是因为恒速装置使用滑油充当液压油的功能推动变距油缸活塞移动调整桨叶角，但是与液压油相比滑油粘性较大，特别是在气温较低时容易出现滑油凝固无法流动，使恒速装置失效，螺旋桨变为定距螺旋桨。

4、变距螺旋桨超速的原因及处置措施

变距螺旋桨超速旋转可能导致螺旋桨根部承受过大的离心力，桨尖可能达到音速产生极大的激波阻力导致螺旋桨效率迅速下降，同时螺旋桨转速过大可能导致发动机转速过大损坏活塞和曲轴连杆结构。

造成超速的原因主要是调速器设定的转速过大，可能是由于变距杆前推过量、调速器故障或者是冬季长时间下降滑油冻结导致。

发现螺旋桨超速，应立即收油门减小进气压力。如果是由于滑油冻结导致的超速，此时螺旋桨转速会随之减小，如果转速不变，说明滑油没有冻结应适度后收变距杆减小螺旋桨转速。

5、恒速装置（CSU）失效的影响：

恒速装置失效，滑油不能流入流出变距油缸，此时变距螺旋桨变为定距螺旋桨，前推油门杆转速增大，后收油门杆转速减小。

通常单发飞机上的恒速螺旋桨都设计为：没有顺桨机构，增大滑油压力用来增大桨叶角；调速器内的油压增大，将会使桨叶角增大，转速减小；滑油压力失效时，自动变小距。大多数多发飞机的恒速螺旋桨都设计为：可以顺桨，增大滑油压力用来减小桨叶角；滑油压力失效时，自动顺桨。

思考题:

滑油压力低时，对单发飞机和多发飞机变距的影响有何区别？

2. 1. 3 活塞式发动机系统操作和监控

备注:

知识掌握程度:

- 掌握发动机系统的操作；
- 掌握活塞发动机系统监控仪表的原理和限制；
- 掌握变距螺旋桨发动机的功率控制；
- 理解如何控制输出功率；
- 掌握利用发动机仪表监视功率；
- 掌握装有CSU发动机结冰及消除的仪表显示；
- 掌握装有CSU发动机使用汽化器加热的影响。

知识要点:

1、发动机系统的操作

发动机系统的主要操作部件为油门杆、混合比杆和变距杆，其中油门杆控制节气门开度，混合比杆控制余气系数，变距杆控制发动机转速。驾驶舱内发动机操纵杆布局如右图（上）所示。

对于定距螺旋桨发动机，没有变距杆，如右图（下）所示。

2、发动机功率控制

油门杆控制进入发动机的空气量。前推油门杆，节气门开度增大，进入发动机的空气量增大，发动机功率随之增大，后收油门杆，节气门开度减小，进入发动机的空气量减小，发动机功率随之减小。但是需要注意，收光油门时节气门无法完全关闭，仍然有少量空气进入发动机，发动机以慢车状态工作。

混合比杆的作用是控制油气比，实现对余气系数的调整。收光混合比杆将完全切断发动机的燃油供给，发动机供油管路中的燃油快速消耗后发动机将停车。

变距杆的作用是调整螺旋桨桨距，实现不同飞行速度情况下的最佳效率。

3、活塞发动机系统监控仪表

活塞发动机通常监控发动机的转速、进气压力以及汽缸头温度和排气温度，以及燃油系统的流量、压力和燃油量，滑油系统的滑油温度和压力。

有些监控仪表有标明发动机正常工作时的范围（如绿区）或警告值（如红线或红区），在使用过程中需要注意限制发动机参数在规定的范围内，否则可能导致发动机工作异常甚至损坏。

一旦出现超出正常范围的情况，应按照相应的程序处理。比如汽缸头温指示过高时，除了减小功率并适度增大混合比以降低汽缸头温度外，还需要注意监控滑油仪表。

4、装有恒速装置发动机结冰的仪表显示

对于安装恒速装置的汽化器式发动机，一旦发生汽化器积冰，进气压力减小，此时进气压力表会指示进气压力减小，恒速装置控制螺旋桨桨叶角减小以保持转速不变。此时拉力减小，空速表显示飞机减速。

5、装有恒速装置发动机使用汽化器加热的影响

如果发生汽化器积冰，应打开汽化器加热引入热空气融化积冰，由于热空气密度较小，因此仪表显示进气压力进一步减小，随着积冰融化进气量增大，进气压力会逐渐恢复。

思考题:

发动机的油门杆控制什么？



混合比杆 汽化器加热

2.1.4 涡轮式发动机

2.1.4.1 涡轮式发动机的原理及分类

备注:

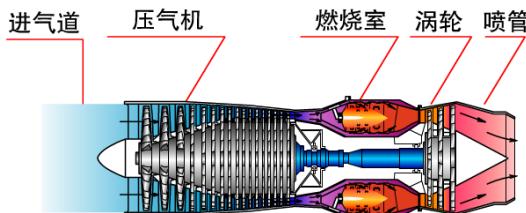
知识掌握程度:

- 理解涡轮式发动机的工作原理;
- 掌握涡轮式发动机的五大基本组成部件;
- 掌握涡轮式发动机的结构类型。

知识要点:

1、涡轮式发动机的工作原理

在涡轮式发动机中，利用压气机、燃烧室、涡轮和喷管，分别完成压缩、燃烧、膨胀做功和排气，涡轮高速旋转带动压气机和附件工作。



2、涡轮式发动机的五大基本组成部件

(1) 进气道：将足够的空气量，以最小的流动损失顺利地引入压气机；当飞行速度大于压气机进口处的气流速度时，可以通过冲压压缩空气，提高空气的压力。

(2) 压气机：通过高速旋转的叶片对空气作功，压缩空气，提高空气的压力。

(3) 燃烧室：高压空气和燃油混合，燃烧，将化学能转变为热能，形成高温高压的燃气。

(4) 涡轮：高温高压的燃气在涡轮内膨胀，向外输出功，去带动压气机和其它附件。

(5) 喷管：燃气继续膨胀，加速，提高燃气的速度，产生推力。

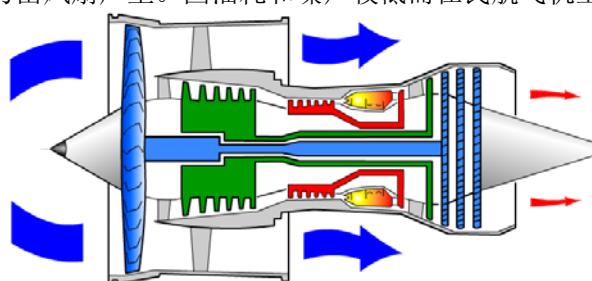
中间的三个部分：压气机、燃烧室和涡轮称为燃气发生器。燃气发生器是各种发动机的核心。

涡轮发动机工作时不仅产生推进功率，还带动附件齿轮箱工作，保证发动机各系统（燃油系统、滑油系统、点火系统等等）正常工作，并为飞机提供液压源和电源。

3、涡轮式发动机的结构类型：

涡轮式发动机分为涡轮喷气式发动机、涡轮风扇式发动机、涡轮螺旋桨式发动机和涡轮轴发动机。涡轮喷气式发动机由于不经济，民航已不采用。涡轴发动机一般用于直升机。

涡轮风扇发动机在燃气发生器基础上增加了低压涡轮和风扇，低压涡轮使燃气进一步膨胀做功，带动风扇产生推力。气流分成内外两部分，外涵道气流从核心发动机外流过，产生推力，类似螺旋桨，同时冷却核心机；内涵道气流通过核心发动机，推动涡轮，从尾喷管排出。尾喷管喷气产生的推力较小，大部分推力由风扇产生。因油耗和噪声较低而在民航飞机上应用广泛。



高涵道比涡扇发动机

涡轮螺旋桨发动机，低压涡轮输出功率带动螺旋桨，产生主要拉力，尾喷管喷气产生的推力很小。

思考题：

涡轮风扇发动机的推力主要由哪个部件产生？

2.1.4 涡轮式发动机

备注:

2.1.4.2 涡轮式发动机反推

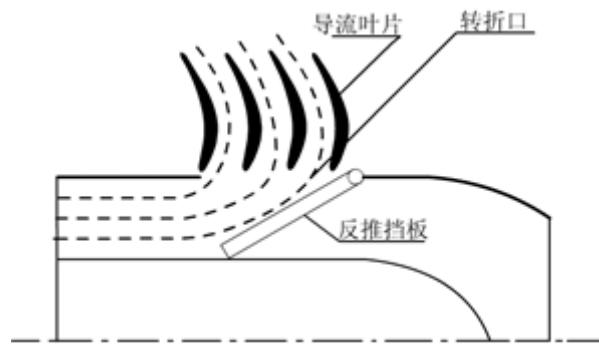
知识掌握程度:

了解反推的原理和使用。

知识要点:

1、反推的原理

反推装置的原理是改变喷气的方向，通过向斜前方喷射高速气流，产生反推力，达到使飞机减速的目的。



2、反推的使用

反推用于着陆或中断起飞减速，当滑跑速度降低到特定值时，应减小或停止使用反推，以免造成不良后果。空中严禁使用或尝试使用反推。

思考题:

为什么速度低于一定值时不能使用反推？

2.1.4 涡轮式发动机

2.1.4.3 涡轮式发动机操作和系统监控

备注:

知识掌握程度:

- 了解涡轮式发动机的工作系统;
- 掌握涡轮式发动机的操作和功率控制;
- 掌握涡轮式发动机系统的监控。

知识要点:

1、涡轮式发动机的工作系统

涡轮式发动机的工作系统主要包括排气系统、点火系统、燃油系统、滑油系统等。

2、涡轮式发动机的操作和功率控制

根据推力的大小，民用航空发动机常用的工作状态有下述四种：

(1) 起飞/复飞工作状态

这是发动机在起飞时操作的最大推力，发动机的转速和涡轮前燃气总温也接近可使用的最大值，即这时发动机在这一状态下连续工作的时间受到严格限制，一般在5或10分钟。而且仅限于起飞/复飞时使用。

(2) 最大连续工作状态

此工作状态是发动机连续工作时操作的最大推力，为了延长发动机的使用寿命，此工作状态仅在确保飞行安全时，由机长决定使用。例如单发或应急爬高时使用。

(3) 最大巡航工作状态

巡航时操作的最大推力。这时发动机的转速和涡轮前燃气总温离最大限制值较远，在此状态下发动机的工作时间不受限制，用于长时间和远距离飞行。

(4) 慢车工作状态

这是发动机能够保持稳定工作的最小转速的工作状态，由于在这一状态下涡轮前燃气总温较高，所以，在这一状态下发动机的工作时间也受限制。适用于在地面或飞行时需最小推力时使用，常用于着陆及滑行。

3、涡轮式发动机系统的监控

通常涡轮式发动机配备电子控制系统，可以有效实现发动机推力的管理和发动机的保护。驾驶员在驾驶舱内主要监视压气机转子转速或压力比(EPR)、涡轮排气温度(EGT)、燃油流量(FF)、涡轮级间温度(ITT)和发动机振动(VIB)，防止发动机超速或超温，造成发动机损伤或损坏。



思考题:

为什么要监视发动机的参数？

2.1.5 辅助动力装置(APU)

备注:

知识掌握程度:

- 了解APU的功能和类型;
- 了解APU的操作和监控。

知识要点:

1、APU的功能和类型

辅助动力装置(APU)是装在飞机上的一套小型动力装置。其功用是在地面或低空为飞机提供电源和气源;必要时,辅助动力装置可作为应急能源,为飞机提供电源和气源(超过一定高度后,仅能提供电源)。



2、APU的操作和监控

APU启动、停车和正常工作所必需的电门、警告灯和指示仪表在驾驶舱的控制面板上以及轮舱APU地面控制面板上。

APU工作监视有排气温度指示、燃油流量指示、发电机的电压、电流和频率指示,还有时间指示(小时表),记录已连续使用的小时数。

思考题:

为什么在一定高度以上,APU只能提供电源?

2.2.1 飞机燃油系统

备注:

2.2.1.1 飞机燃油系统的型式

知识掌握程度:

了解单发、双发和多发飞机燃油系统的型式。

知识要点:

飞机燃油系统根据安装发动机的数量采取不同的型式。

1、单发重力与动力供油

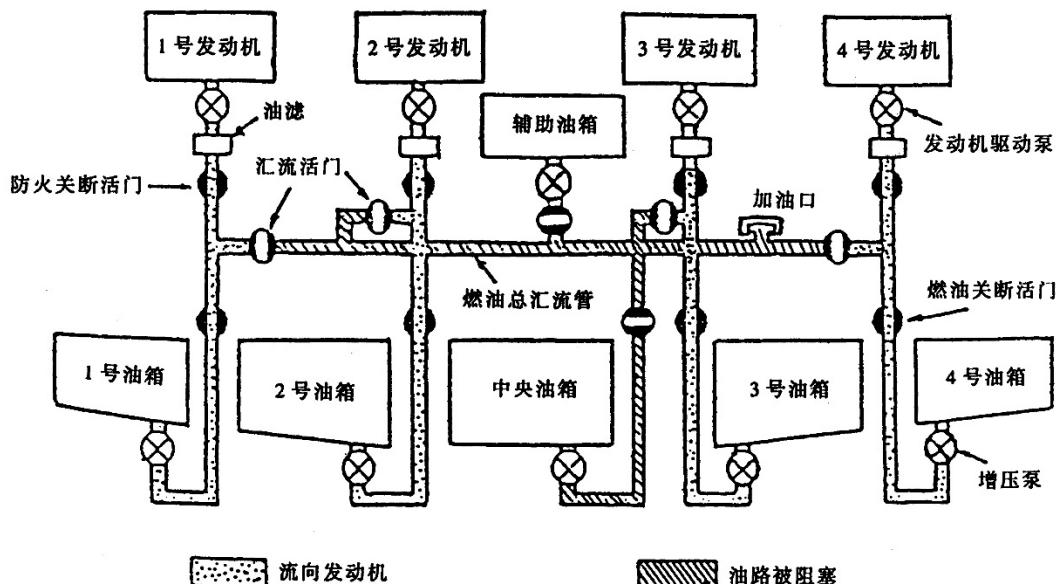
小型活塞式发动机飞机一般采用重力供油或动力供油。飞行员通过燃油选择器选择左/右油箱或左+右油箱供油。

2、双发独立与交输供油系统

双发飞机多采用独立与交输供油。正常情况下，左、右燃油系统各自独立向两发供油；当两边油量不平衡或单发时可交输供油。

3、多发总汇流管供油系统

三发以上的飞机一般采用总汇流管供油。各主油箱可独立向相应发动机供油；各油箱也可向汇流管供油再由汇流管向各发供油；某发失效时，对应主油箱燃油经汇流管向其余发动机供油。



思考题:

双发飞机燃油系统的形式?

2.2.1 飞机燃油系统

2.2.1.2 供油方式

备注:

知识掌握程度:

- 了解两种供油方式；
- 理解重力供油的特点；
- 理解动力供油的特点。

知识要点:

1、供油方式

飞机燃油系统有两种供油方式：重力供油和动力供油。

2、重力供油

重力供油适用于油箱比发动机高的飞机，燃油靠自身重力自动地向下流动，向发动机供油。这种供油方式的最大优点是构造简单，但其可靠性较低，尤其是飞机飞行速度变化和机动飞行时，供油不能满足发动机工作的需要。为提高供油的可靠性还安装电动增压泵，实现动力供油。

上单翼单发轻型飞机一般采用重力供油方式，油箱选择活门用于单发飞机选择左或右油箱供油，也起关断燃油的作用。在冷天飞行时应注意防止该活门冻结而阻碍正常的供油选择，方法是经常性地转换左或右油箱供油。

3、动力供油

当压力不够或者发动机的安装位置高于燃油箱时，则采用动力供油方式。动力供油系统采用电动离心泵作为供油动力源，将燃油增压后供向发动机。

动力供油系统具有两个主要优点：在各种规定的飞行状态和工作条件下保证安全可靠地将燃油供向发动机和APU；控制飞机重心，保证飞机平衡。

思考题:

某小型飞机的发动机采用重力供油系统，但还装有增压泵的原因是什么？

2.2.1 飞机燃油系统

2.2.1.3 燃油系统的组成部件及功能

备注:

知识掌握程度:

了解燃油系统的组成部件;

掌握燃油系统各组成部件的功能:

- 燃油箱
- 燃油滤
- 燃油泵/离心泵
- 放油口
- 燃油压力指示
- 燃油量表
- 燃油流量表
- 交输活门和燃油关断活门

知识要点:

1、燃油系统的组成

飞机燃油系统主要由燃油箱、燃油泵、燃油滤、控制活门和燃油测量装置等部分组成。

2、燃油系统各组成部件的功能

(1) 燃油箱

燃油油箱用于储存燃油。油箱中最低处有放油口，每次加油后和飞行前必须放油，以检查燃油的牌号（通过颜色识别）和油中是否含有水、沉淀等杂质。

燃油箱必须通气，以平衡油箱内外气体压差，确保加油、抽油和供油的正常进行。

(2) 燃油滤

燃油箱出油口或增压泵都必须装有燃油滤，主要滤除油中的机械杂质和污染物，保证油液高度清洁。

燃油滤堵塞会导致发动机供油量下降，严重时会导致发动机空中停车。为了提高供油可靠度，燃油滤设置了旁通活门，当油滤进口、出口压差达到旁通活门开启压力时，旁通活门便打开，油液绕过滤芯，直接供向发动机。同时，驾驶舱燃油控制面板上的油滤旁通指示灯会点亮。

(3) 燃油泵

也称为主燃油泵，通常采用电动离心泵，保证向发动机驱动泵提供具有一定压力的燃油；

(4) 放油口：燃油箱中最低处有放油口，每次加油后和飞行前必须放油，以检查燃油的牌号（通过颜色识别）和油中是否含有水、沉淀等杂质。

(5) 燃油压力指示：当燃油压力低于规定值，警告灯亮。

(6) 燃油量表：用于计算每个油箱中的可用燃油量。可用燃油是所装载的总燃油中可以在飞行中消耗的那部分燃油。不可用燃油是不能输送至发动机使用的燃油，是飞机空载重量的一部分。

(7) 燃油流量表：测量供向发动机的燃油流量，反映燃油消耗情况。

(8) 交输活门：交输活门打开可进行交输供油。当因某种原因，使左和右主油箱用油不一致时，打开交输活门，以克服飞机横侧不平衡的影响。

(9) 燃油关断活门：燃油关断活门又称为防火关断活门。燃油关断活门安装在通往发动机的油路上，控制供向发动机的燃油流动。当发动机发生火警时，提起灭火手柄，可将燃油关断活门关闭，切断供向发动机的燃油。

思考题:

如果飞机有燃油箱和燃油滤都有放油口，飞行前放油检查应检查哪个放油口？

2.2.1 飞机燃油系统

2.2.1.4 飞机燃油系统的使用及注意事项

备注:

知识掌握程度:

掌握飞机加油和放油时的注意事项;
掌握燃油系统飞行前检查和飞行后注意事项。

知识要点:

1、飞机加油的注意事项

在飞机加油的整个过程中都要防止火灾的发生。严禁烟火，车辆远离；三接地防静电；雷达关，高频通讯关，不能检查电器设备。

静电接地是指在飞机加油时，将加油车通过金属导线分别与飞机导静电接地桩和地面接地跨接起来，使加油车、飞机和大地形成等电位体，避免因静电电位差造成外部放电引起灾害。

在飞行前、飞机加油前与加油后，都要把飞机油箱中的水分和沉淀物放掉。

加油时还要确保燃油牌号、单位和油量正确。

2、放油时的注意事项

飞机在空中放油的目的是防止超重着陆，或降低带故障着陆起火的可能性。为了防止污染和着火，空中放油应在指定空域和规定的高度进行；注意留够余油，一般达到最大着陆重量为宜；飞机应处于净外形状状态。

3、燃油系统飞行前检查和飞行后注意事项

飞行前应进行放油检查、燃油量和燃油相关仪表检查。油箱内安装油尺的飞机，还应在飞行前人工确认飞机在地面时每一油箱中的燃油量。

当天飞行结束后，要将燃油箱加满，排出燃油箱中的空气，以防止空气中的水分污染燃油。

思考题:

飞机加油时的注意事项有哪些？

2.2.2 电气系统

2.2.2.1 供电系统

备注:

知识掌握程度:

- 了解直流电和交流电的主要参数;
- 了解供电系统的组成;
- 了解交流发电机和直流发电机的优缺点;
- 掌握二次电源的功用和种类;
- 掌握蓄电池的功用及飞行前检查方法;
- 掌握飞机外部电源接口的功用。

知识要点:

1、直流电和交流电的主要参数

飞机电气系统由供电系统和用电设备组成。用电设备所需电能的类型和容量不同，供电系统提供的电能类型也随之改变，用电设备所需电能形式最常见的类型为直流电和交流电。

通常衡量直流电的指标为电压值，衡量交流电的指标为电压的有效值和电压变化的频率。飞机上主要使用115V/400Hz三相和单相交流电及28V或14V直流电。

2、供电系统的组成

供电系统主要由电源系统和输配电系统组成，电源系统产生电能，输配电系统负责将电能输送并分配给用电设备。其中电源系统分为主电源、应急电源、二次电源、辅助电源和地面电源，主电源通常由发动机齿轮箱拖动直流发电机或交流发电机产生直流电或交流电。

3、直流发电机的优缺点

直流发电机的缺点是可能产生电弧，烧毁换向器。直流发电机的优点是并联比较容易，只要直流电压相等，正负极正确就可以通过电源并联的方式提高供电系统的稳定性，飞机上通常用直流发电机和蓄电池并联供电。直流发电机还可以作为起动发电机使用。

4、交流发电机的优缺点

优点：交流发电机没有换向器，不会产生火花，可靠性高，重量轻。

缺点：交流电并联比较困难，需要交流电的幅值、频率和相位完全一致，否则并联时可能会损坏发电机，因此交流电通常不进行并联供电。

5、二次电源的功用和种类

飞机上通常使用电能变换装置实现交流电和直流电之间的变换，将一种电能形式变为另一种电能形式的装置就是二次电源。

通常将交流电转换成直流电的二次电源称为整流器或变压整流器。将直流电转换成交流电的装置称为静止变流机或者逆变器。

6、蓄电池的功用

蓄电池通常作为飞机的应急电源使用，在飞机的主电源和辅助电源（APU发电机）均失效或不工作时，可以为飞机提供直流应急电源。蓄电池还可以用于发动机启动，或者辅助动力装置启动。

每次飞行前，应对飞机蓄电池进行电压检查，蓄电池的电压不应低于其额定值。

7、飞机外部电源接口的功用

飞机外部电源接口能提供较大功率，可以直接起动发动机或APU。

思考题:

直流电和交流电的优缺点？

2.2.2 电气系统

2.2.2.2 配电系统

备注:

知识掌握程度:

掌握三种配电系统的优缺点;
掌握汇流条的功能。

知识要点:

1、三种配电系统

飞机配电系统的配电方式可分为集中式、分散式和混合式。

(1) 集中式配电

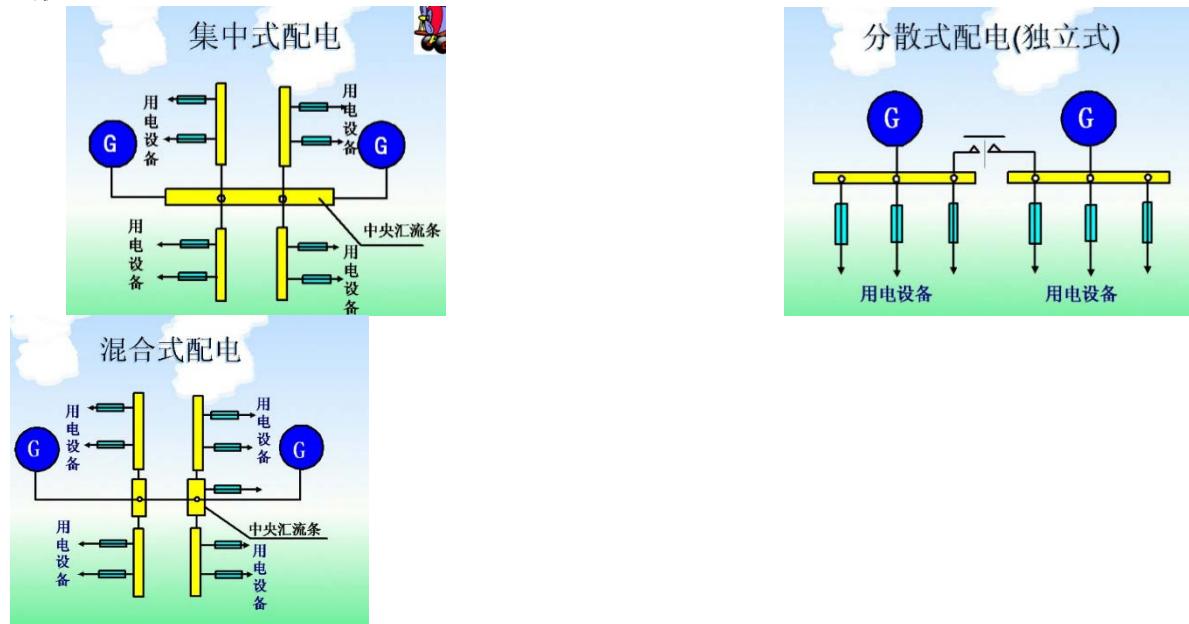
集中式配电如下图所示，其主要优点是当一台发电机损坏时，用电设备仍能由其他发电机继续供电，操作维护方便。因此这种配电方式在直流配电系统中仍有广泛应用。缺点是配电系统质量大，中心配电装置笨重，一旦受到损坏，所有用电设备均断电。

(2) 分散式配电

分散式配电方式如下图所示。系统中各发电机不并联运行，即每个电源各自的电源汇流条和用电设备汇流条互不并联，但能转换。当前两台发动机的民用飞机，几乎都采用这类配电方式。由于其电源不并联运行，控制保护简单，系统可靠性高。

(3) 混合式配电

混合式配电系统可大大减小导线用量，简化配电装置结构，减轻其质量。但只要中央汇流条遭到破坏，全部用电设备的供电立即中断，与集中式配电一样。这种配电方式目前广泛用于中型飞机。



2、汇流条的功能

无论哪种方式都需要使用汇流条，汇流条就是粗的金属条或棒，用于电源系统的输入和输出连接。

思考题:

三种配电系统的优缺点?

2.2.2 电气系统

2.2.2.3 控制和保护

备注:

知识掌握程度:

- 掌握发电机开关和蓄电池开关的作用;
- 掌握电流表和电压表的作用;
- 了解调压器和过压保护器的作用;
- 了解断路器和保险丝的作用。

知识要点:

1、发电机开关和蓄电池开关的作用

发电机开关通常用来控制电源和用电设备汇流条的通断，只有总电门开关接通，主电源和用电设备开关接通，电源的电能才有可能输送到用电设备上。当主电源没有工作（比如发电机没启动时）通常需要接通蓄电池开关和用电设备开关才能启动机载电子设备。

在飞机上，使用电源系统前需要先接通蓄电池开关（电门），停止供电后才能断开蓄电池开关（电门）。

2、电流表和电压表的作用

在用电设备接入供电系统之前，电流表指示为零，当用电设备开关接通后，电流表指示用电设备消耗的电流值。

电压表用于显示所选电源的电压值。需要注意的是，对于直流电源系统而言，直流发电机启动前，电池电压低于直流系统的额定值，通常14V的直流电源系统电池电压为12V，28V直流电源系统电池电压为24V。

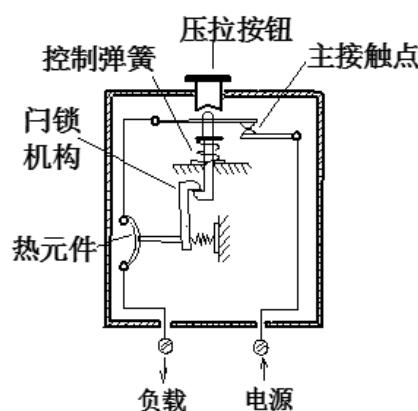
3、调压器和过压保护器的作用

调压器的作用是使得系统在额定范围内，输出电压保持稳定，如果输出电压过大，则过压保护器会将发电机从供电系统中断开。

4、断路器和保险丝的作用

断路器的结构如下图所示，功能是在电流过大的时候切断电路，将被保护设备断开，防止系统整体故障。跳开关是断路器的一种，既有手动开关作用，又能自动进行短路和过载保护。

保险丝与断路器的功能相同，当被保护的电路出现短路或过载时，熔丝熔断，切断电路，起到保护作用。与断路器的不同之处是保险丝一旦熔断需要重新更换，而断路器内部依靠热元件发热变形切断电路，可以通过按压复位按钮重新接通电路。



思考题:

断路器和熔断器有什么区别？

2.2.3 起落架系统

2.2.3.1 减震装置

备注:

知识掌握程度:

- 了解减震装置的组成;
- 了解减震装置的类型;
- 掌握油气减震支柱的工作原理及过程。

知识要点:

1、减震装置的组成

起落架减震装置包括轮胎和减震器。

轮胎在飞机起飞和着陆过程中可以形成一个气垫，以帮助吸收撞击能量或摩擦产生的热能；减震器吸收着陆撞击动能，减小着陆撞击力；并消耗着陆撞击动能，减弱飞机着陆后的颠簸振动。

2、减震装置的类型

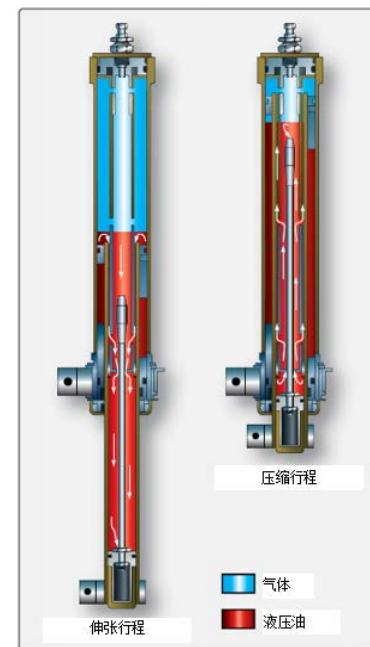
飞机起落架减震装置按其工作特点分为橡皮式、弹簧式、油液橡皮式、油液弹簧式、全油液与油气式，现代民用飞机多采用油气式减震器。

橡皮减震器和钢质减震器的构造简单、维护方便，在一些减震器性能要求不很高的飞机上被广泛采用。

随着飞机重量和飞行速度不断增大，飞机着陆时撞击动能也相应增大，要求减震器吸收的能量就越来越多。如果飞机上仍然安装上述各类减震器，它们的体积和重量都将很大。于是，现代飞机都采用油气式减震器。

3、油气减震支柱的工作原理及过程

减震与受力合为一体构成油气式减震支柱，它主要由内筒（活塞与连杆）、外筒、密封装置、活塞、活塞杆、带节流孔的隔板及密封装置等组成。内筒下端连接机轮（或摇臂），外筒上端连接机体，外筒内腔下部装油，上部装气。油气式减震支柱的工作原理是：利用气体压缩吸收着陆撞击动能，延长飞机着陆垂直分速的消失时间，减小着陆撞击力；利用油液高速流过小孔产生的摩擦热，消耗吸收的能量，减弱飞机的颠簸跳动。飞机着陆接地后，油气式减震支柱的减震过程可分为压缩、伸张以及重复压缩和伸张过程。



思考题:

油气减震支柱在减震过程如何消耗能量？

2.2.3 起落架系统

2.2.3.2 前轮转弯机构

备注:

知识掌握程度:

- 理解前轮摆振的危害;
- 掌握减摆器的原理及功能;
- 掌握前轮转弯的几种控制方法。

知识要点:

1、前轮摆振的危害

飞机高速直线滑跑中，如果由于跑道不平或操纵上的原因，使前轮偶尔受到一个外力或外力矩，它会向一方偏转一个角度，前轮便可能围绕着飞机运动的轴线不停地摆动，形成 S 形运动轨迹的高频自激振动，这种现象称为前轮摆振。前轮摆振不仅加剧了前轮的磨损与构件的疲劳损坏，而且引起驾驶舱仪表板剧烈抖动，使滑跑方向难以控制；严重时还可使轮胎撕裂，折断支柱，造成事故。

2、减摆器的原理及功能

为了防止前轮摆振，飞机上除采用双机轮产生减摆作用外，还安装减摆器减弱或制止摆振，其基本原理是在前轮左右偏转振动时，迫使油液来回流过孔道，靠油液与孔壁的摩擦阻尼耗散摆振能量，从而减弱、制止摆振。

3、前轮转弯的控制方法

前轮转弯系统可通过前轮转弯手轮(手柄)或方向舵脚蹬来操纵。小飞机可以通过单侧刹车实现滑行转弯，方向舵脚蹬主要在飞机起飞和着陆过程中高速滑跑时使用，控制偏转角度较小。大型机的前轮转弯手轮主要用于飞机低速滑行且转弯半径较小的情况或拖飞机时使用，此时前轮控制偏转角度较大。



思考题:

使用前轮转弯进行地面转弯如何操作？

2.2.3 起落架系统

2.2.3.3 前轮中立机构

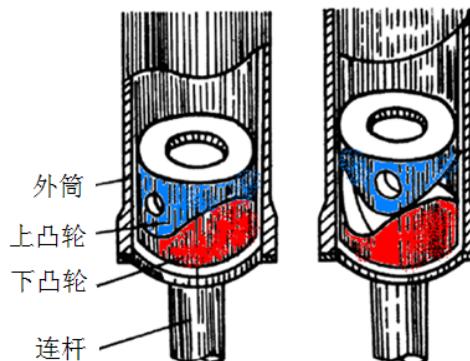
备注:

知识掌握程度:

理解前轮中立机构的功用。

知识要点:

前轮中立机构保证在飞机离地时，前轮回到中立位置而有利于收轮入舱，着陆接地时前轮中立有利于滑跑方向控制。



中立机构只有在前轮处于非控制状态才起作用，如果前轮处于操纵状态则有可能偏向一边，此时收轮则有可能损坏起落架舱门。前轮非控制状态即自由定位状态，对通过机械转动前轮偏转的飞机，由脚蹬回中立带动前轮回中；对液压传动前轮偏转的飞机，一般由支柱微动电门断开或转弯电门回中立而控制。

前轮中立机构多采用凸轮式，如图所示，飞机离地支柱内筒向下，活塞式的凸轮进入与外筒相连的凸轮槽，促使内筒偏转带动前轮回中立。小型飞机由装于支柱的滚轮或导向杆使前轮回中立。

思考题:

当操纵飞机前轮转弯时，中立机构能否起作用？

2.2.3 起落架系统

2.2.3.4 收放系统 (1/2)

备注:

知识掌握程度:

- 掌握起落架操纵速度限制；
- 掌握起落架收放操作程序；
- 了解收放系统的组成部件及其功能；
- 了解地面防止误收装置；
- 掌握起落架收放警告的指示：音响/灯光/页面
- 掌握应急放下系统的方式；
- 掌握收放系统的动力来源。

知识要点:

1、起落架操纵速度限制

由于飞机的结构强度和操纵性的限制，起落架收放有操纵速度限制，包括最大起落架收放速度 V_{LO} 和起落架放下最大速度 V_{LE} 。不同飞机收放起落架的高度、速度等条件不一样，使用时应严格按規定。

最大起落架收放速度 V_{LO} : 大于此速度不能收放起落架；

起落架放下时的最大速度 V_{LE} : 起落架放下时的允许最大飞行速度。

2、起落架收放操作程序

正常收起落架：起飞离地后，核实正爬升率，将起落架手柄拉出或接入并扳到“收上”位。核实指示正常。正常放起落架：飞机进近或着陆阶段，调整好空速后，将起落架收放手柄拉出或接入并扳到“放下”位。核实指示正常。

应急放起落架：当正常放起落架后指示不正常，确定不是指示装置故障，按照应急放起落架程序放下起落架，核实指示。

3、收放系统的组成部件及其功能

不同机型起落架收放系统的组成及工作情况略有不同，但主要的组成部件基本相似，一般包括收放作动筒、收放位置锁、舱门机构及协调装置、操纵控制装置等。

(1) 收放作动筒

用于提供收放起落架所需的动力，是起落架收放的传动机构。

(2) 收放位置锁

收上锁将起落架固定在收上位，防止飞行中自动掉下；放下锁将起落架固定在放下位，防止受地面撞击而收起。

(3) 舱门机构及协调装置

保证舱门随起落架收放而开关，由供压管路的顺序活门（或优先活门）实现顺序控制。

(4) 操纵控制装置

起落架的收放是由起落架控制手柄来控制的。起落架控制手柄通过钢索来控制选择活门，而选择活门则控制液压进行起落架的收起或放下操作。

4、地面防止误收装置

(1) 地面机械锁

地面锁通常是采用一个销子插入两个或更多的起落架支撑结构的定位孔内，以阻止地面误收的起落架。地面锁销上都有红色飘带，上有“REMOVE BEFORE FLIGHT”文字标志。

(2) 起落架收放手柄锁

当飞机在地面时，通过空/地感应电门自动控制电磁锁处于锁定状态，使控制手柄被锁定在放下位置，此时起落架收放控制手柄不能扳到“收上”位置。起落架收放手柄锁也有机械式的，由空/地感应电门控制手柄机械锁机构。在地面时锁定起落架收放手柄，空中释放。

(3) 控制收放电路

有些飞机采用在地面时断开收放系统控制液压活门电路的方法防止地面误收起落架。由空地感应电门自动控制收放电路，在飞机着陆接地支柱压缩时，断开液压收放控制电路。

（转下一页）

2.2.3 起落架系统

2.2.3.4 收放系统 (2/2)

备注:

(接上一页)

5、起落架收放警告的指示

起落架位置与警告信号向驾驶员提供起落架收放位置显示，并在着陆时提醒放下起落架。信号装置按其工作特点分为电气信号、机械指示信号与音响警告信号。

电气信号是利用指示灯来指示起落架的位置的，即信号板上红、绿灯显示起落架位置。不同的飞机其电气信号也有所不同。但一般的情况是：绿灯亮表示起落架已放下锁好；红灯亮时表示起落架正在收放过程中（或起落架收放控制手柄的位置和起落架的位置不一致）。

当灯光信号失效时，则由机械信号指示判定起落架是否放下锁好。在某些机型上设有起落架放下锁目视检查窗，可在飞行中目视检查起落架是否放下锁好。

为提醒驾驶员在着陆前放下起落架，飞机上一般都有着陆放起落架的警告设备。着陆放起落架警告信号由灯光和音响提醒驾驶员立即放下起落架。

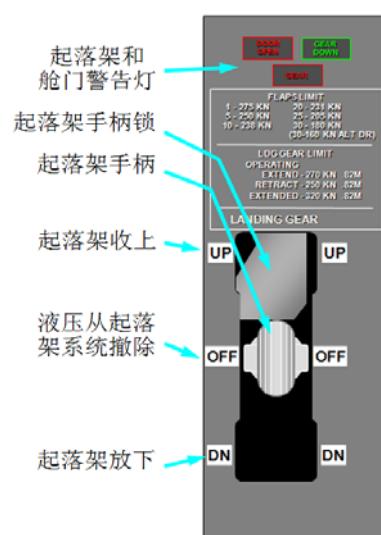
综合飞行仪表系统可按驾驶员选择的起落架状态，在屏幕上显示起落架收放位置情况，必要时与灯光信号、机械信号一起综合判断位置情况。

6、应急放下系统的方式

如果正常起落架收放系统失效，应急放下系统必须保证放下起落架。现代飞机的驾驶舱一般都有应急放起落架操纵手柄（或电门），当操纵手柄时，即打开舱门锁及起落架收上锁，舱门及起落架通常依靠气动力、自身重量自由下落或应急压力源放下。应急放下起落架系统独立于正常起落架收放系统。

7、收放系统的动力来源

现代民用飞机都采用液压系统作为正常收放起落架的动力。应急开锁的方式主要有人工、电动及液压、气压作动。



思考题：

如何确认起落架放下锁好？

2.2.4 液压系统

备注:

2.2.4.1 液压系统的功能

知识掌握程度:

了解液压系统的功能;

掌握液压系统在飞机上的应用。

知识要点:

1、液压系统的功能

飞机液压系统以飞机上的油液为工作介质，靠液压油压力驱动执行机构完成特定操纵动作。液压系统在飞机上主要作为助力机构帮助驾驶员操纵。

2、液压系统在飞机上的应用

轻型飞机采用人工液压系统。刹车时，驾驶员在刹车踏板上施加外力，踏板移动相当长的距离，使刹车活塞虽然仅仅移动几毫米，却能够通过液压系统在刹车片和刹车盘上施加非常大的力，从而增加刹车力矩，达到减速的目的。



现代飞机的飞行操纵系统与起落架系统广泛应用液压传动，如飞行主操纵面与辅助操纵装置的传动、起落架收放、主轮刹车、前轮转弯等。此外，有些飞机的反推装置、货舱门也采用液压传动。

思考题:

飞机液压系统主要功能是什么？

2.2.4 液压系统

2.2.4.2 液压系统的组成

备注:

知识掌握程度:

理解液压系统的组成及下列各部件的功能:

- 液压油箱
- 液压泵
- 蓄压器
- 控制活门
- 作动筒
- 液压马达
- 油滤

知识要点:

液压系统的基本组成包括：液压油箱、液压泵、控制活门、执行机构、油滤等，有些飞机还包括蓄压器，以保证在正常液压系统失效时应急供压。

1、液压油箱

液压油箱的主要作用是存储液压油，并有足够的气体空间保证液压油有足够的膨胀空间。液压油的体积变化是由热膨胀和作动筒工作引起的。现代大部分高空飞行飞机的液压油箱都是增压密封的，以提高供油可靠性，防止发生气塞现象；少部分低高度飞行飞机由于高度低大气压力高，且液压泵流量不是特别大，不易发生气塞现象，其液压油箱通常只通大气而不增压。

2、液压泵

液压油泵主要从油箱吸油加压送入供压管路，相当于液压传动系统的心脏。

3、油滤

油滤主要滤出油中的机械杂质和污染物，保证液压油高度清洁。

4、蓄压器

蓄压器主要功用是储存一定压力能，保证多个传动装置需要同时供压时的输出功率；储压与供压可减小系统的压力波动；当油泵故障时可向直接影响飞机安全的传动装置供压；补偿系统油液内漏和外漏，延长定量泵系统中油泵的卸荷周期。

5、控制活门

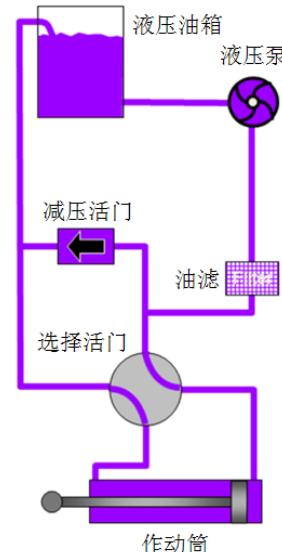
用于控制油液的流量、压力和方向。

6、执行机构

液压执行机构在液压系统中是对外界做功的一种液压元件，它直接将液压能转换成机械能。

液压执行元件分成两大类：一类为旋转运动型（如液压马达），它是将液压能转换成旋转机械能的液压元件，主要输出力矩传动部件偏转。另一类为直线运动型（如作动筒），它是将液压能转换成直线往复运动的液压元件。

根据液压系的分系统功能还可划分为三个部分：供压部分、控制部分和传动部分。供压部分包括泵、油箱、油滤、蓄压器等；控制部分包括压力控制、方向控制和流量控制元件；传动部分包括各种液压管路和执行机构。



思考题:

高空飞行液压油箱为什么要增压？

2.2.5 环境控制系统

2.2.5.1 座舱空调系统

备注:

知识掌握程度:

- 了解引气的来源及作用;
- 了解座舱加温和制冷的方式;
- 掌握座舱温度控制方法。

知识要点:

1、引气的来源及作用

飞机发动机的引气系统是飞机在高空为旅客提供安全、舒适的空中增压环境的空气来源。现代民航喷气式客机的气源主要来自发动机压气机、辅助动力装置（APU）或地面气源。飞机正常飞行时的气源是由发动机压气机引气提供的；在地面和空中一定条件下可使用辅助动力装置引气；在地面还可以使用地面气源。

引气主要用于座舱的空调与增压，机翼前缘及发动机进气道前缘的热气防冰，发动机启动用气源、饮用水、燃油及液压油箱等系统的增压以及飞机的气动液压泵（ADP）、前缘襟翼气动马达和大型飞机的货舱加热。

2、座舱加温和制冷的方式

(1) 加温的方式

活塞式飞机没有专门的压缩热空气来进行座舱加温，冬天飞行采用对座舱加温的方法，利用某种加热装置先将外界冲压空气加热，再送入座舱使舱内空气温度升高。对座舱空气加温所采用的方法有：发动机废气加温器、燃烧加温器、电加温器及电加温涂层等。

气密座舱采用座舱空气调节系统对舱内空气的温度和湿度进行调节。

(2) 制冷的方式

制冷方式一般有两种：蒸发循环制冷和空气循环制冷。蒸发循环冷却系统是利用液态制冷剂的相变通过蒸发器来吸收空气中的热量，使系统中的空气在进入座舱或设备舱之前显著地降低温度。

现代飞机大多采用空气循环冷却系统，它主要利用从发动机引出的高温高压空气，经热交换器初步冷却后，再经涡轮冷却器（通常又称为空气循环机：ACM—Air Cycle Machine）进行膨胀降温，由此获得所需冷空气。其优点是能同时完成座舱通风、增压和调温。

3、座舱温度控制方法

座舱温度的控制方法是由温度控制器根据选择温度和座舱实际温度的差异发出信号调节冷、热路活门的开度，控制冷、热路空气流量，混合后得到所需供气温度，从而供给座舱以一定温度和流量的空气，使座舱温度保持在选择的范围内。

思考题:

空气循环制冷方式的工作原理？

2.2.5 环境控制系统

2.2.5.2 座舱增压系统

备注:

知识掌握程度:

- 了解座舱增压的必要性；
- 理解座舱高度、余压和座舱高度变化率；
- 理解座舱压力制度的定义；
- 掌握座舱增压控制的原理；
- 掌握座舱增压系统的使用和保护。

知识要点:

1、座舱增压的必要性

高空飞行气象条件好，无云且风速、风向稳定；保持相同空速时，燃气涡轮发动机燃油消耗率较低空小，航程和续航时间相应增加，经济性提高。但高空大气压低、缺氧及低温使人体难以承受，大气温度不随高度的增加而变化，保持在-56.5℃，大气压力随高度的增加呈指数规律迅速下降。为了解决这一矛盾，现代飞机采用了气密座舱，并利用飞机空调系统完成对供气量的温度、压力、压力变化率、湿度、清洁度等进行调节，使到达座舱的空气满足人体生理卫生的要求，为乘客和空勤人员提供安全而舒适的生活和工作环境。

2、定义

(1) 座舱高度：是指座舱内空气的绝对压力值所对应的标准气压高度。

(2) 座舱余压：座舱内部空气的绝对压力与外部大气压力之差就是座舱空气的剩余压力，简称余压。正常情况下，余压值为正，但在某些特殊情况下，也可能会出现负余压。

(3) 座舱高度变化率

单位时间内座舱高度的变化速率称为飞机的座舱高度变化率，它反映的是座舱压力的变化速度。现代大中型民航客机通常限制座舱高度爬升率不超过500ft/min，座舱高度下降率不超过350ft/min。

3、座舱压力制度

座舱压力控制系统的基本任务就是保证在预定的飞行高度范围内，座舱的压力及其压力变化速率满足人体生理要求，并保证飞机结构的安全。座舱压力制度是指飞机座舱内压力（即座舱高度）随飞机飞行高度的变化关系，又称为座舱调压规律。

目前民航飞机常用的压力制度有：三段式、两段式和直线式，分别用于低速螺旋桨飞机、某些高性能螺旋桨飞机、喷气式飞机。

4、座舱增压控制的原理

座舱增压控制系统根据所采用的压力控制器的类型可分为气动式增压控制系统和电子式增压控制系统。排气活门是座舱增压控制系统的执行机构，压力控制器发出信号控制排气活门的开度大小，从而调节座舱压力。

气动式增压控制系统采用气动排气活门，大多应用于小型飞机。

电子式增压控制系统采用电动马达驱动的排气活门，爬升率较大的现代民航飞机多采用电子式压力控制器。

5、座舱增压系统的使用和保护

座舱高度过高时，会导致飞机座舱内外压差过大，会影响飞机结构的安全，尤其是出现较大的负压时，可能导致飞机结构的损伤，因为飞机座舱结构属于薄壁结构，它只能承受拉应力而几乎不能承受压应力。座舱增压系统中安装正释压活门和负释压活门就是为了防止座舱余压超过限制。

当飞机座舱高度高于一定值（一般为10000ft）时，发出音响警告，提醒驾驶员进行相应处理。

座舱快速释压，严重时还会发生爆炸减压事故。机组应采取应急措施，并立即下降高度。同时在下降过程中为机组和乘客提供氧气。

思考题:

座舱增压系统中，负释压活门的作用是什么？

2.2.5 环境控制系统

2.2.5.3 氧气系统

备注:

知识掌握程度:

- 了解航空用氧的特点;
- 了解氧气系统的组成;
- 理解连续供氧方式和需求供氧方式的特点;
- 掌握飞机氧气系统使用注意事项。

知识要点:

1、航空用氧的特点

航空人员呼吸用氧与医用、工业用氧的主要区别是工业用氧含水分。如果氧气内含水，则飞机在高空飞行时，温度很低，氧气内的水分就会结冰，从而堵塞氧气管道。因此，航空人员呼吸用氧都经过特殊的除水处理，纯度达到99.5%以上，几乎不含水分。

飞机上的氧气根据储藏方式分为高压氧气瓶储存的气态氧和化学氧气发生器储存的固态氧。气态氧常用于向机组供氧；固态氧因供氧时间较短，且不能关断，常用于向乘客供氧。

2、氧气系统的组成

(1) 气态氧气系统：一般由高压氧气瓶、压力传感器、减压活门、氧气关断活门、氧气调节器、氧气面罩和氧气瓶压力表等组成。

(2) 固态氧气系统：由氧气发生器和氧气面罩等组成。

3、连续供氧方式和需求供氧方式的特点

根据供氧特点的不同，氧气系统分为连续供氧和需求供氧等基本类型。

(1) 连续供氧：高压氧气瓶通过输氧管道将氧气分配到座舱内各出口，输往氧气面罩的氧由管路中的减压活门控制。需要用氧时，将面罩插入出口接头即可。

(2) 需求供氧：主要指机组氧气面罩处有供氧调节器，可以根据需要选择正常（稀释）供氧、供100%纯氧或应急（高压）供氧。在调节器内有一个供氧活门，用氧者吸气时自动打开提供氧气，呼气时关闭。

4、飞机氧气系统使用注意事项

(1) 飞行前检查氧气瓶压力表的指示是否符合最低放行标准。

(2) 用氧时应避免氧气与以油脂为基本原料的液体或化妆品等接触，以免造成烧伤；用氧过程中和用氧后都严禁使用明火。

(3) 飞行中出现座舱高度高的警告时，机组应及时用氧，并检查乘客氧气系统是否启动，并立即按应急程序下降到安全高度。

(4) 机组带上氧气面罩后，应将音频控制板上的话筒转换电门扳至“面罩”位，以建立内话。

思考题:

航空人员呼吸用氧与工业用氧的主要区别是什么？

2. 2. 6防冰系统

2. 2. 6. 1 防冰保护的必要性

备注:

知识掌握程度:

- 掌握飞行中容易产生积冰的部位；
- 理解各部位积冰的危害；
- 掌握无防冰保护的飞机进入积冰区的处理措施。

知识要点:

1、飞行中容易产生积冰的部位

在结冰的气象条件下飞行的飞机，若无防冰措施，飞机的所有迎风面都可能结冰。飞机结冰后，不仅增加了飞机的重量，而且破坏了飞机的气动外形。因而阻力增加，使飞机操纵性能下降，传感器的结冰则会导致信号失真和指示失常。

2、各部位积冰的危害

飞机积冰会使飞机的空气动力性能变坏，使飞机在飞行中的阻力增大，升力减小，影响飞机的稳定性和操纵性；在飞机某些部位积冰还会导致严重后果。

(1) 机翼和尾翼结冰

机翼和尾翼是飞机产生升力的主要附件。结冰时，冰层主要聚集在翼面前缘部分。机翼和尾翼上结冰，将会引起翼型阻力增加，升力下降；临界迎角（失速迎角）减小；飞机的操纵性和稳定性恶化。

(2) 发动机进气道结冰

发动机进气道及进气部件结冰，破坏了它们的气功外形，减小了进气道面积，同时也减小了压气机每相邻叶片空气流通面，使进入发动机的空气流量减小，因而发动机功率下降。脱落的冰层被发动机吸入可能造成发动机的损坏。因此，发动机应使用防冰而非除冰。

(3) 螺旋桨结冰

螺旋桨结冰后破坏了它的气动外形，增加了翼型阻力，因而降低了螺旋桨的效率。螺旋桨结冰，由于其不对称性，还会引起振动，当冰层脱落时，可能危及飞机和发动机部件，甚至有击穿蒙皮和气密舱的危险。

(4) 风挡玻璃、测温和测压探头结冰

飞机在结冰条件下飞行或当飞行高度突然下降时，驾驶舱正面风挡可能结冰或出现雾气，这时会降低风挡的透明度，使目测飞行变得十分困难，对飞机的起飞和着陆产生不利的影响。

飞机上装有空速管和多种测温、测压探头，它们也可能结冰。当测压口结冰使进气孔面积变小时，会使入口动压减小，使空速指示失真；测温探头结冰时，由于冰的蒸发，会使温度值下降，由此引起的误差可达10%以上。在现代大型飞机上，这些速度、压力和温度信号要送到有关的计算机，由于结冰引起输入参数的误差或错误，将会使仪表显示有误。

3、无防冰保护的飞机进入积冰区的处理措施

对于无防冰保护的机型，意外进入积冰区时，应立即打开座舱加温，并尽快脱离积冰区。

思考题:

机翼和尾翼积冰对飞行有哪些危害？

2. 2. 6 防冰系统

2. 2. 6. 2 防冰系统的原理

备注:

知识掌握程度:

- 掌握除冰和防冰的区别;
- 掌握防冰和除冰系统的类型及原理。

知识要点:

1、防冰和除冰的区别

飞机防冰 (Anti-ice) 主要指对飞机上那些绝对不允许有结冰发生的部位，设置某种装置（通常是电热防冰或热空气防冰装置），保证这些部位在任何气象条件下，在飞行的任何时刻，都不会有结冰的发生。

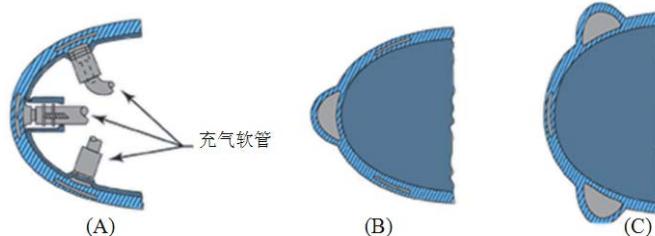
飞机除冰 (De-ice) 主要指飞机飞行时，飞机上有些部位允许在一定时间内发生一定严重程度以内的结冰，飞行人员在结冰探测器的提示下，开启除冰装置（如各种加热装置、除冰气囊等），以对结冰进行消除，避免结冰对飞机产生安全危害。显然，这也包括起飞前在地面对飞机进行除冰。

2、防冰和除冰的类型及原理

根据防冰所采用能量形式的不同，可分成机械除冰系统、液体防冰系统、热空气防冰系统和电热防冰系统。

(1) 机械除冰方法

利用气动力使冰破碎，然后借助高速气流将冰吹掉。



(2) 液体防冰

是一种物理防冰方法，它的基本原理是借助某种液体减小冰与飞机表面附着力或降低水在飞机防冰表面的冻结温度。

(3) 热空气防冰

利用发动机压气机引气、排气热交换器或者燃烧加温器的热气防冰，通常用于机翼和尾翼的大面积防冰。

(4) 电热防冰

是通过向加温元件通电而产生热量进行加温的。电热防冰主要用于小部件、小面积的防冰。现代飞机上的空速管、迎角探测器、总温探头、水管、驾驶舱风挡多采用电热防冰。

飞机上的主要防冰区域有机翼、尾翼、发动机进气道、螺旋桨、风挡玻璃和测温、测压探头。根据这些部位的不同和防冰所需能量的大小，对不同区域有不同的防冰方法。翼面和发动机主要使用气热防冰，风挡、传感器、螺旋桨主要使用电热防冰，机械除冰和液体防冰逐步淘汰了。

思考题:

防冰和除冰有什么区别？

2. 2. 6 防冰系统

2. 2. 6. 3 结冰探测系统

备注:

知识掌握程度:

掌握结冰探测系统的类型及原理。

知识要点:

结冰探测装置有多种形式，一般可分为直观式和自动式结冰信号器两大类。

1、直观式结冰探测器

(1) 探冰棒

探冰棒是最简单的直观式结冰探测器，探冰棒一般安装在机头前方、风挡玻璃框架附近等驾驶员最容易看到的地方。探冰棒的结构做成翼型截面，由于它的尺寸小，在轻微结冰状态下便会结冰；在探冰棒的旁边装有聚光灯，以照明探冰棒，保证夜间飞行时的作用。

(2) 探冰灯

探冰灯便于机组在飞行中检查机翼和发动机的结冰情况。探冰灯是一种专门的聚光灯，外形和普通灯类似，一般装设在机身中部机翼前方的左右两侧。当接通探冰灯电门，灯光集中到机翼前缘，以便观察结冰情况。

2、自动式结冰探测器

自动式结冰探测器通常分为振荡式和压差式结冰探测器。当达到结冰灵敏度时，既可向驾驶人员发出结冰信号，又能自动接通除冰系统进行除冰。

(1) 振荡式结冰探测器

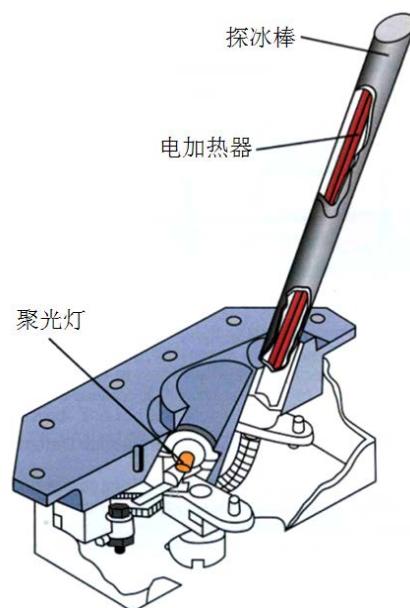
利用传感元件结冰之后振荡频率发生变化的原理工作的。振荡式结冰探测器的中心部件是超声波轴向振荡探头，该探头在结冰之后，其振荡频率将发生变化，利用这一原理就可以探测到结冰状态的存在。

(2) 压差式结冰探测器

压差式结冰探测器又称为冲压空气式结冰探测器，它利用测量迎面气流的动压（全压）与静压的差值的原理制成。

(3) 导电式结冰探测器

采用双翼型式传感头，两传感头间有一空气间隙。未结冰时，双翼间空气间隙不能导通；结冰后，空气间隙被冰导通，接通结冰警告灯。



思考题:

飞行中如何探测飞机结冰？

2. 2. 6防冰系统

2. 2. 6. 4地面除/防冰

备注:

知识掌握程度:

了解地面除/防的方法;

掌握局方对地面除/防冰的要求及注意事项。

知识要点:

1、地面除/防冰的方法

飞行员在运行手册、ICAO DOC 9640-航空器地面除冰/防冰手册中可以查到关于飞机除冰和防冰的内容。批准的飞机地面除冰方法有三种：

- (1) 使用除冰液
- (2) 利用热空气加热机体
- (3) 人工手动除冰

除/防冰的类型分为一步法和二步法。一步法除冰/防冰使用加热的除冰/防冰液水溶液既除冰又防冰的除冰程序，其防冰能力有限。二步法除冰/防冰先用加热的除冰/防冰液水溶液进行除冰，再用冷的除冰/防冰液水溶液进行防冰的程序，它可以提供最大可能的防冰能力。运行时需要加强飞机地面结冰检查，并注意地面除冰后防冰的保持时间。

2、局方要求及注意事项

局方规章要求在飞行前去除飞机表面的冰，在放行前必须确保机翼、操纵面和其他关键表面没有霜、冰或者雪。运营人必须建立地面除冰防冰操作程序和必要的飞机外部检查程序。

思考题:

局方对地面除/防冰的要求及注意事项？

2.2.7 防火/灭火系统

备注:

2.2.7.1 防火探测

知识掌握程度:

- 了解火警探测器的分类；
- 理解过热探测器的原理；
- 理解烟雾探测器的原理；
- 掌握飞行前火警测试方法。

知识要点:

1、火警探测器的分类

火警探测器主要是通过温度和烟雾来探测火警，飞机上常用的火警探测器类型主要有：

- (1) 热敏电门式火警探测器；
- (2) 热电偶式火警探测器；
- (3) 一氧化碳探测器；
- (4) 光电式烟雾探测器；
- (5) 离子型烟雾探测器等；
- (6) 线型火警探测器（如 FENWAL, KIDDE）。

2、过热探测器的原理

利用温度敏感探测器监测发动机、APU、主轮舱火警和热空气管道的过热。

3、烟雾探测器的原理

根据不同的探测原理，常见的烟雾探测器类型有：一氧化碳探测器和光电式烟雾探测器等。

一氧化碳的测试主要有两种方法：

(1) 黄色硅胶指示管

当空气中含有一氧化碳时，管内黄色硅胶变为绿色，绿色的深浅与一氧化碳浓度成正比。

(2) 棕黄色纽扣状指示盘

正常时为棕黄色，遇到一氧化碳后变为深灰色再变为黑色，其变化颜色的时间与一氧化碳浓度有关。

光电式烟雾探测器广泛用于货舱和电子设备舱，它是利用烟雾对光的折射（及吸收）原理制成的。

一氧化碳探测器一般安装在驾驶舱或客舱。

4、飞行前火警装置测试

为确保火警装置工作可靠，飞行前应进行火警装置测试，一般方法是接通（按压）测试电门（按钮），警告灯亮，警铃响，表明火警装置工作正常。

思考题:

光电式烟雾探测器的基本原理？

2.2.7 防火/灭火系统

2.2.7.2 火警装置

备注:

知识掌握程度:

掌握三种警告类型：灯光、音响和页面。

知识要点:

火警信号装置是将监控组件的输出信号转换为目视和声响警告信息。这些警告信息指明具体的火警部位，以便驾驶人员采取有效的灭火程序。

不同飞机的火警装置大同小异，但仍然有区别，需要了解特定飞机的飞行手册和操作程序。

思考题:

飞机的火警警告方式有哪些？

2. 2. 7防火/灭火系统

2. 2. 7. 3 灭火系统

备注:

(CCAR91. 415 (b))

知识掌握程度:

- 了解灭火剂的类型和适用范围;
- 了解灭火器的相关要求及使用注意事项; (CCAR91. 415 (b))
- 掌握飞机灭火系统的组成。

知识要点:

1、灭火剂的类型和适用范围

根据不同的火源特性，常用的灭火剂主要有卤代烃、干粉、惰性冷却气体和水。

(1) 卤代烃

适用于灭A、B和C类火，低毒，灭火后无残留物。

(2) 干粉灭火剂

采用干燥的化学粉末（如碳酸氢钠等）灭火剂进行灭火。从理论上讲，它适用于灭A、B、C、D各类火。干粉灭D类火后，有的干粉残留物对铝等有腐蚀作用，应注意清除。

(3) 惰性冷却气体灭火剂

二氧化碳（CO₂）和氮气（N₂）是两种很有效的惰性冷却气体灭火剂。喷射时CO₂液化气吸热变为气态，具有降低燃烧物表面温度的冷却作用。释放出的CO₂在转化为气态时体积膨胀约为500倍，可冲淡燃烧物表面的氧气。

(4) 水

水或泡沫水类灭火剂只适用于灭A类火，水的主要缺点是具有导电性，现代飞机上很少采用。

2、飞机上灭火器的相关要求及使用注意事项

根据CCAR91部415条，所有航空器应当至少按下述要求配备其喷射时不会使机内空气产生危险性污染的手提灭火瓶：

(1) 驾驶舱内或驾驶舱附近应当装备至少一个手提灭火器，并应放置在飞行机组成员易于取用的位置；

(2) 每一个与驾驶舱隔开而飞行组又不能很快进入的客舱，但对于容纳多于30名乘客的客舱内，应当在便于取用的适当地点配备至少两个手提灭火器；

(3) 手提灭火器应当存放在易于取用的位置，如果存放位置不是明显可见，则应当有明显的指示标志；

(4) 手提灭火器应当恰当地固定，以免妨碍飞机的安全运行或对机组成员和乘客的安全产生不利影响。

3、飞机灭火系统的组成

飞机灭火系统分为固定灭火系统和手提式灭火器。

固定灭火系统指固定安装的专用灭火系统，它包括灭火瓶、喷射导管和灭火控制组件。主要用于发动机和APU灭火，某些飞机货舱和厕所也采用固定灭火系统。

手提式灭火器是指飞机上装有若干个手提灭火瓶，如客舱或驾驶舱着火，由飞行机组人员使用手提灭火瓶灭火。

思考题:

卤代烃灭火剂适用于哪些火情？

2.2.8 真空系统

备注:

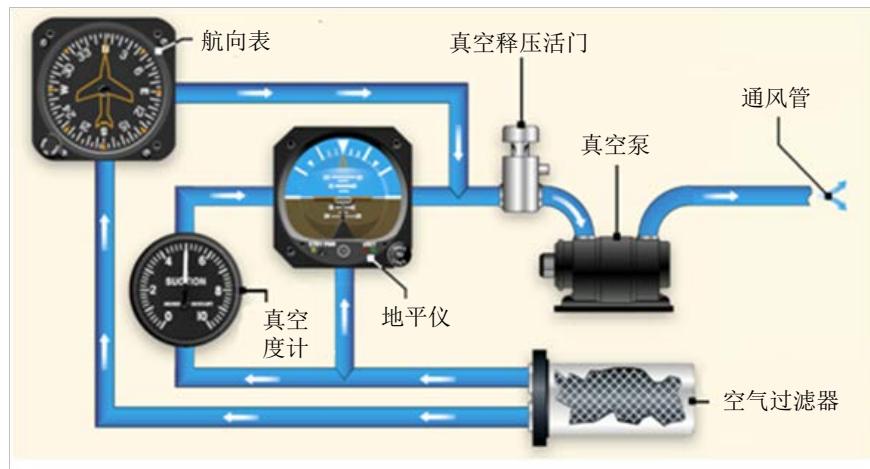
知识掌握程度:

- 了解真空系统的组成及功用；
- 掌握真空压力表的检查；
- 掌握真空系统低压的影响及低压警告。

知识要点:

1、真空系统的组成及功用

真空系统用于驱动部分飞机上的陀螺仪表，包括姿态仪、陀螺半罗盘和转弯侧滑仪。系统组成如图所示：



2、真空压力表的检查

飞行期间，应重视对真空系统真空度的监视。真空表以英寸/汞柱为刻度单位，指示用于姿态仪和航向罗盘的可用真空。指示超出绿区范围表明真空系统故障或调整不正确。此时，依靠真空系统驱动的仪表，其指示应视为不可靠。

3、真空系统低压的影响及低压警告

真空系统低压将导致仪表工作不正常，飞行前要进行真空系统的压力检查。有些飞机上装备有真空系统压力低警告灯，当真空系统压力低于特定值时，该灯燃亮。



思考题:

真空系统压力低将可能影响哪些仪表的正常指示？

2.3.1 大气数据仪表

2.3.1.1 全静压系统

备注:

知识掌握程度:

- 了解全静压系统的组成及功能；
- 掌握空速管和排水孔堵塞影响的仪表及误差；
- 掌握静压孔堵塞影响的仪表及误差；
- 掌握备用静压源的使用；
- 掌握空速管加热的使用注意事项。

知识要点:

1、全静压系统的组成及功能

全静压系统 (Pitot-static System) 由全压管、静压孔、备用静压源、转换开关、加温装置、连接导管等组成。

全静压系统 (Pitot-static System) 用来收集并传送气流的全压和静压。由全压管、静压孔、备用静压源、转换开关、加温装置、连接导管等组成。全压孔用于测量全压，静压孔用于测量静压。

2、空速管和排水孔堵塞影响的仪表及误差

空速管堵塞仅对空速表的指示产生影响。空速管堵塞分为以下两种情况：

(1) 空速管堵塞，而排水孔未堵塞。空速表的读数会逐渐降至零。

(2) 空速管和排水孔都堵塞。空速表上的指示无明显变化。若静压孔在此情况下未堵塞，空速仍会随高度变化。当飞机高度超过空速管和排水孔堵塞时的高度时，由于静压降低，全压与静压之差增大，空速表指示空速增加。当飞行高度低于堵塞出现时的高度时，就会出现与上面相反的指示。

3、静压孔堵塞影响的仪表及误差

静压孔堵塞时，空速表会继续工作，但指示不准确。当飞行高度高于静压孔堵塞时的高度时，空速表的指示会小于实际速度。当飞行高度低于静压孔堵塞时的高度时，空速表上的指示又会大于实际速度。

静压系统堵塞还会影响高度表的指示。一旦静压系统堵塞，即使高度变化，指示出的高度也就不会出现相应的变化。

如果静压系统出现完全堵塞，升降速度表上的指示就会为零。

4、备用静压源的使用

飞行中，如果发现静压孔堵塞，应转换到备用静压系统上。使用备用静压源会使利用全静压工作的仪表产生误差。在大多数非增压飞机上，备用静压源安装在座舱中，通常由于螺旋桨滑流影响，座舱中的压力低于外界大气压力，所以备用静压源感受的静压比实际静压低。

5、空速管加热的使用注意事项

如果机上有空速管加温设备，应按机型操作程序要求接通加温设备，防止空速管结冰。空速管在加温时，温度可达到100°C到200°C，因此飞机落地后应按程序关闭空速管加热，防止过热烧坏。

思考题:

飞行中，如果静压孔堵塞，会有什么现象？

2.3.1 大气数据仪表

2.3.1.2 空速表

备注:

知识掌握程度:

- 理解空速的分类及各空速之间的关系;
- 理解空速表的工作原理和构造;
- 掌握空速表在使用时产生的误差及原因。

知识要点:

1、空速的种类

- (1) IAS: 指示空速, 又称表速, 按海平面标准大气条件下空速和动压的关系得到的空速。飞机飞行手册中的各种飞行速度限制常用指示空速表示。
- (2) CAS: 修正表速, 是指示空速修正了位置误差(空气动力误差)后得到的空速。
- (3) EAS: 当量空速是修正表速修正了空气压缩性误差得到的空速。常用于表示飞机强度计算中所受载荷的速度。
- (4) TAS: 真空速是当量空速修正了空气密度误差得到的空速, 即飞机相对于空气运动的真实速度。真空速除了用于飞机空气动力、性能计算之外, 也常用于领航计算。

2、空速表的工作原理和构造

指示空速表是根据海平面标准大气条件下, 空速和动压的关系, 利用开口膜盒测量动压, 从而表示指示空速。

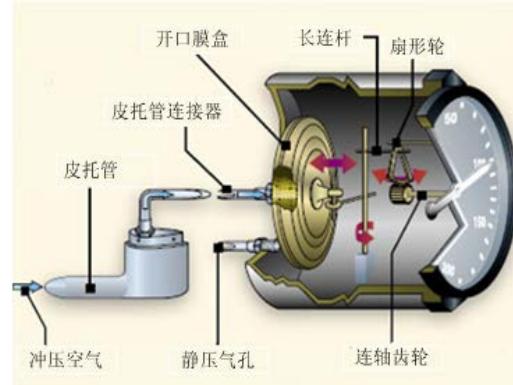
空速表的内部结构如图所示, 指示空速表内有一个开口膜盒, 来自全压管的全压, 直接送到开口膜盒内; 静压送往表壳内, 开口膜盒外。空速改变时, 膜盒在动压的作用下产生变形, 带动指示器表面上的指针指示。

3、空速表的使用误差及原因

空速管堵塞导致动压测量不准确, 从而影响空速表读数的准确性。

由于在不同的飞行高度上, 压强、温度、密度等大气环境不同, 在进行空速测量时除了要考虑测量仪表本身误差之外, 还要考虑实际的压强测量误差、空气压缩性误差和大气密度误差。

由于飞机上使用的空速表是按照海平面标准大气条件下动压与空速的关系进行设计的, 在实际飞行中, 各个飞行高度上的大气条件不可能与海平面标准大气条件完全一致, 因而在进行空速换算时需要考虑相应的误差。



思考题:

机械式空速表误差产生的原因?

2.3.1 大气数据仪表

2.3.1.3 垂直速度表

备注:

知识掌握程度:

理解垂直速度表的工作原理和构造;

掌握垂直速度表的使用误差及原因:

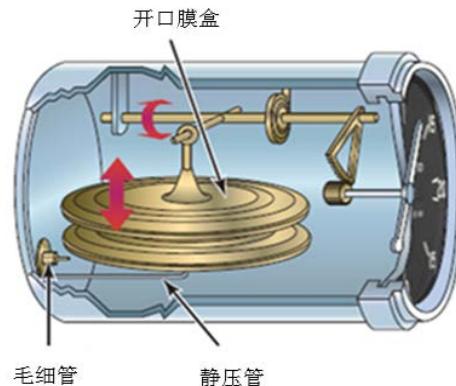
- 静压源堵塞

- 机械式仪表的延迟误差

知识要点:

1、垂直速度表的工作原理和构造

工作原理: 升降速度表依靠静压工作。



构造: 内装有一个开口膜盒，膜盒内部通过一个内径较大的导管于静压相连，膜盒外部，通过一个内径很小的玻璃毛细管于静压相连。当飞机爬升或下降时，外界气压不断变化，膜盒内的压力也随之变化，与外界保持平衡，膜盒外的空气由于毛细管的阻滞作用，气压变化很慢，产生压力差。受此压力差作用，膜盒变形，通过传动机构，使指针指示该变化。当表壳内外气压变化率相等时，膜盒变形量一定，指针指示一定的升降率。

2、垂直速度表的使用误差及原因:

(1) 静压源堵塞

升降速度表依靠静压工作，如果静压孔堵塞则不能正确指示飞机的升降速度。飞行中，如果怀疑静压孔堵塞，应转换到备用静压系统上去。在大多数非增压飞机上，备用静压源安装在座舱中，通常由于螺旋桨滑流影响，座舱中的压力低于外界大气压力，升降速度表会短时指示爬升。

(2) 机械式仪表的延迟误差

飞机升降速度跃变时，机械式升降速度表需要经过一段时间才能指示出相应数值，在这段时间内，仪表指示值与飞机升降速度实际值之差，叫做延迟误差。一般来说，延迟时间只有几秒钟。

思考题:

发动机开车前，如果发现升降速度表指示不为零，应如何处置？

2.3.1 大气数据仪表

2.3.1.4 气压式高度表

备注:

知识掌握程度:

理解气压式高度表的工作原理和构造;

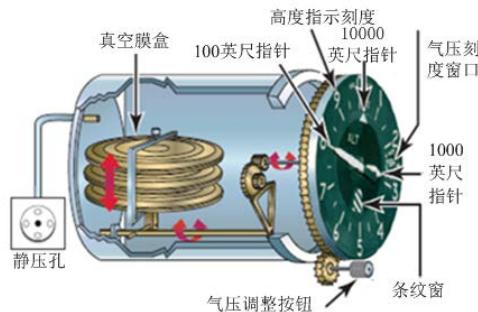
掌握气压式高度表的使用误差及原因:

- 静压源堵塞
- 延迟误差
- 错误拨正气压基准面
- 气温和气压误差

知识要点:

1、气压式高度表的工作原理和构造

在近地表面，随着高度的增高，大气压力按照一定规律递减，不同的高度对应不同的大气压力，因此气压式高度表就是通过测量大气压力来间接测量飞行高度的。



机械式气压高度表内有一真空膜盒组。来自静压源的静压（大气压力）作用在膜盒外，静压变化时，膜盒产生变形，膜盒的变形量经传动机构使指示器上的指针转动，指示相应的高度。

2、气压式高度表的使用误差及产生原因

(1) 静压源堵塞

气压式高度表依靠静压工作，如果静压孔堵塞则不能正确指示飞机的气压高度。

飞行中，如果怀疑静压孔堵塞，应转换到备用静压系统上，此时气压式高度表会产生误差。在非增压飞机上使用备用静压源，通常由于螺旋桨滑流影响，座舱中的压力低于外界大气压力，气压式高度表的指示一般会增大。

静压源堵塞后的注意事项，应参照具体机型的操作程序。

(2) 错误拨正气压基准面

气压式高度表上有气压基准调谐旋钮和气压刻度窗，飞行员通过气压基准调谐旋钮设定气压刻度窗的气压值，高度表指针则指示出以该气压面为基准的垂直距离。因此，调错气压基准面将导致高度表产生多指或少指的误差。如果调定的基准面气压高，则出现少指误差；如果调定的基准面气压低，则出现多指误差。

(3) 气温和气压误差

当实际大气条件不符合标准大气条件时，气压式高度表指示将出现误差，分为气温误差和气压误差两种。

高度表测量基准面的气温和气温垂直递减率不符合标准大气条件而引起的误差，叫做气温误差。若大气实际气温高于标准温度，高度表将出现少指误差；反之，出现多指误差。

高度表测量基准面气压不符合标准大气条件而引起的误差，叫做气压误差。如果基准面的气压降低，气压式高度表将出现多指误差；反之，出现少指误差。

思考题:

如果飞机从气温较高的区域飞往气温较低的区域，高度表出现何种误差？

2.3.1 大气数据仪表

2.3.1.5 温度表

备注:

知识掌握程度:

了解温度表的分类及工作原理。

知识要点:

1、温度表的分类

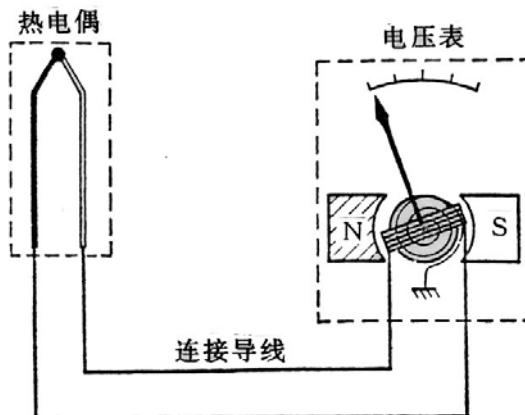
飞机上常用的温度表有两类：电阻式温度表和热电偶式温度表。电阻式温度表用于测量较低的温度；热电偶式温度表用于测量较高的温度。

2、电阻式温度表的工作原理

电阻式温度表是利用导体或半导体的电阻随温度变化的特性制成的测温仪表。传感器是感温电阻，感受被测气体或液体的温度。随着被测温度的升高或降低，感温电阻的阻值也将升高或降低，从而把被测温度变成电阻值，变化的电阻值显示为电压或电流的变化，从而指示温度的变化。

3、热电偶式温度表的工作原理

热电偶式温度表是利用热电偶的热电效应制成的测温仪表。传感器是热电偶，热电偶的热端感受被测温度，保持热电偶冷端温度不变（规定为零度），当热电偶两接点的温度不同时回路中便产生热电势，热电动势的大小只与热端温度有关。因此一个以温度为刻度的电压表，就可以测量热电势的大小，从而指示出热电偶热端所测温度的高低。



4、总温探头

总温探头是大气数据计算机重要的信号源，装在机身外部没有气流扰动的地方，其对称轴与飞机纵轴平行。总温探头是一个金属管腔，空气从前口进入，从后口及周围几个出口流出，感温电阻感受其腔内的气流温度，电阻值与总温相对应，该电阻值经电路转换，输出与总温相对应的电压值。

思考题:

喷气发动机的排气温度表是哪种？

2.3.2 直读磁罗盘

2.3.2.1 工作原理及使用限制

备注:

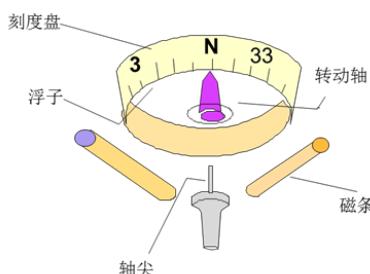
知识掌握程度:

- 理解直读磁罗盘的功能和原理；
- 理解修正罗差的原因；
- 理解磁罗盘在两极和磁矿区不能使用的原因；
- 掌握起飞前磁罗盘的检查程序。

知识要点:

1、磁罗盘的功能和原理

磁罗盘的功能是测量飞机的航向，其基本原理是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。磁罗盘测量的是罗航向，经过修正得到磁航向。



2、修正罗差的原因

飞机上的钢铁和工作的电气设备会形成飞机磁场，磁条指示为地球磁场水平分量和飞机磁场水平分量形成的合成磁场方向，即为罗经线偏离磁经线的角度即为罗差。放在飞机上的磁针将指向罗经线方向。因此，磁罗盘的读数应经过罗差修正，才能得到磁航向。如下图所示为无线电设备工作时的罗差修正表。

FOR (HDG°M)	N 030 060 E 120 150 S 210 240 W 300 330
STEER (HDG°C)	002 031 060 089 118 148 179 210 241 272 303 332

— 7/9/01 —

3、磁罗盘的使用限制

若要准确测量磁航向，应修正剩余罗差；在磁矿区、两极附近，由于地球磁场的水平分量太弱，不能准确指示航向。

4、起飞前磁罗盘的检查程序

飞行前，检查罗盘中应充满罗盘油；滑行中，罗盘磁条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，磁罗盘故障时，不能飞行。

思考题:

真航向 313° ，磁差 10° W ，罗差如下表所示，求罗航向？

2.3.2 直读磁罗盘

2.3.2.2 飞行误差及修正

备注:

知识掌握程度:

- 掌握转弯误差的产生原因及修正方法;
- 掌握加速误差的产生原因及修正方法。

知识要点:

1、磁罗盘的转弯误差

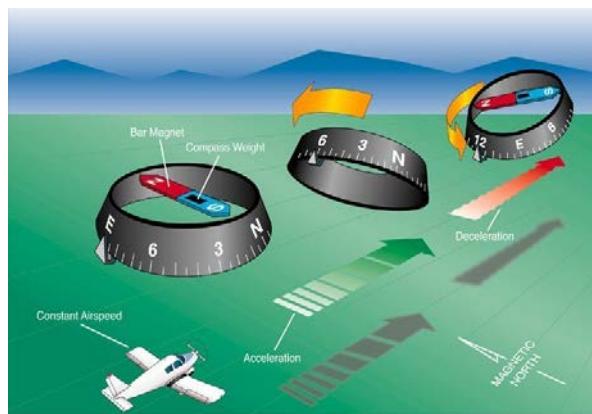
飞机转弯时，磁倾使罗盘产生转弯误差。磁倾越大，转弯误差就越大。飞机在0°（或180°）磁航向上，若向东或向西转弯时，该误差最明显，因此转弯误差也称为北转误差。离磁极越近，误差越大。在磁赤道上，转弯误差为零。



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°~0°~270°范围内，应提前改出转弯，在90°~180°~270°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）。

2、磁罗盘的加速误差

飞机速度改变时，磁倾使罗盘产生加速度误差。磁倾越大，加速度误差就越大。在北半球，飞机加速时，罗盘会给出向北转弯的指示；减速时，罗盘会给出向南转弯的指示；速度恒定时，罗盘恢复正常指示。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。为了避免飞行误差，应在匀速平飞时判读航向。



思考题:

在南半球，飞机加速，磁罗盘会产生什么误差？

2.3.3 陀螺仪表

2.3.3.1 机械式陀螺的基本知识

备注:

知识掌握程度:

理解单自由度陀螺和两自由度陀螺的特性;

掌握陀螺仪表的动力源: 气动和电动。

知识要点:

1、机械式陀螺的稳定性和进动性

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。转子轴称为自转轴。

2、单自由度陀螺

刚体转子陀螺一般由转子、内框、外框和基座组成。

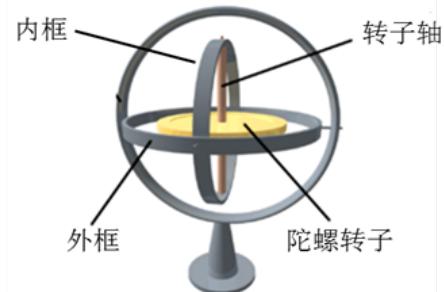
自转轴只具有一个转动自由度的陀螺称为单自由度陀螺。单自由度陀螺只具有内框, 它为自转轴提供了一个转动自由度; 单自由度陀螺只有进动性。

3、两自由度陀螺

自转轴具有两个转动自由度的陀螺称为两自由度陀螺。两自由度陀螺具有内框和外框, 它们为转子提供了两个转动自由度; 两自由度陀螺既有稳定性也有进动性。

4、陀螺仪表的动力源

陀螺可以靠电来驱动, 也可以靠气源来驱动。大多数轻型飞机上, 转弯仪一般采用电动, 并装有一个红色警告装置来指示动力源失效情况。地平仪和陀螺半罗盘采用气动, 气源由真空系统提供。



思考题:

为什么在飞行前和飞行中应监视真空系统的真空度?

2.3.3 陀螺仪表

2.3.3.2 陀螺半罗盘

备注:

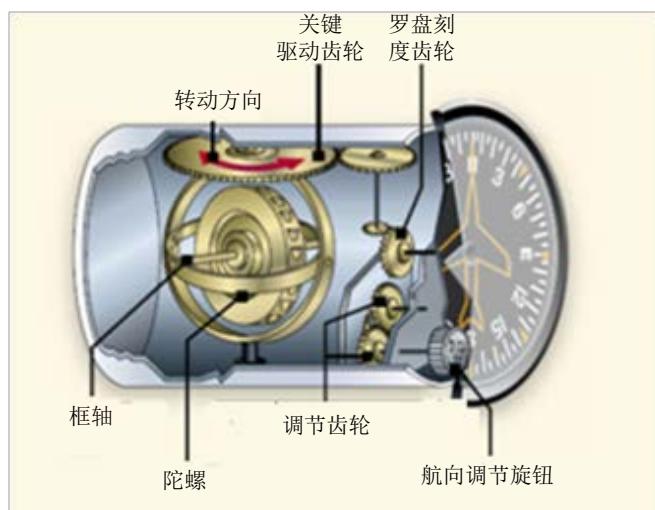
知识掌握程度:

- 理解陀螺半罗盘的工作原理；
- 掌握陀螺半罗盘的自走误差及修正方法；
- 掌握陀螺半罗盘在飞行前的校正和常规检查方法。

知识要点:

1、陀螺半罗盘的工作原理

陀螺半罗盘是利用两自由度陀螺的定轴性，通过人工调谐罗盘基准线同经线的方向一致，从而测定飞机航向。



两自由度陀螺的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，飞机形指针固定在壳体上。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，当自转轴校正并稳定在经线方向上时，指针指示的角度便是航向角。

为了减小陀螺半罗盘自走误差的影响，需要进行定时修正。

2、陀螺半罗盘的自走误差及修正方法

陀螺半罗盘的自走误差是陀螺自转轴相对地球经线运动而产生的误差，它包括纬度误差、速度误差和机械误差。

3、飞行前的校正和常规检查方法

起飞前应调整半罗盘指示真航向（或磁航向）。在飞行过程中，每隔一段时间（直读半罗盘一般每隔15min，其他依飞行手册而定）应根据其他罗盘进行一次校正，以消除这段时间积累起来的自走误差。根据其它罗盘的指示，校正陀螺半罗盘的航向。

思考题:

相对于直读磁罗盘，使用陀螺半罗盘具有何种优势？

2.3.3 陀螺仪表

2.3.3.3 陀螺磁罗盘

备注:

知识掌握程度:

理解陀螺磁罗盘的工作原理;

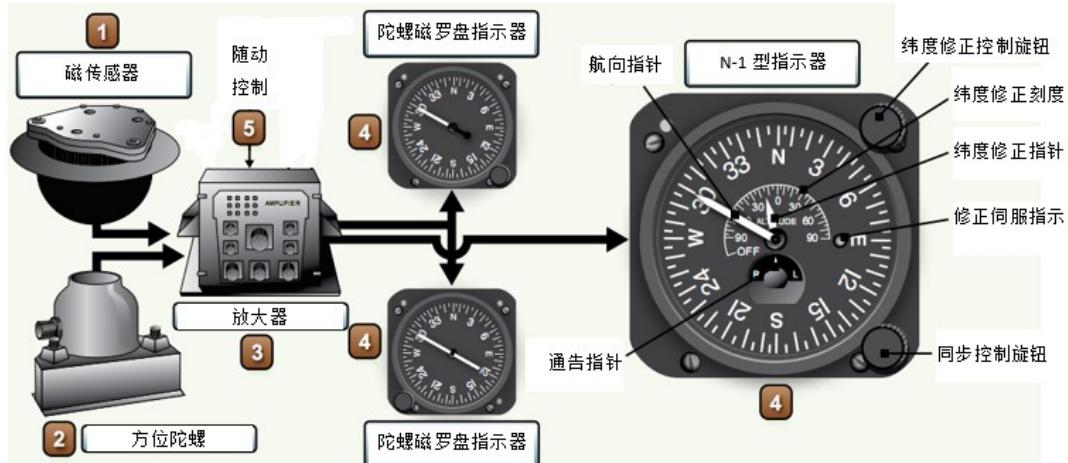
掌握陀螺磁罗盘的使用。

知识要点:

1、陀螺磁罗盘的工作原理

陀螺磁罗盘由磁传感器、修正机构、陀螺机构、指示器等部件构成。其工作原理是利用磁传感器测量飞机磁航向，经磁校正随动系统控制方位陀螺反映磁航向；同时，由陀螺减小磁传感器的飞行误差，然后经航向随动系统控制指示器，指示出磁航向。

陀螺磁罗盘利用地磁敏感元件和二自由度方位陀螺共同测量磁航向，减小了磁罗盘的飞行误差，避免了半罗盘的自走误差。因此，陀螺磁罗盘是一种既能独立测量航向，又具有良好稳定性和较高灵敏度的航向仪表。



2、陀螺磁罗盘的使用

地面启动时，接通罗盘电源2~3分后，按下快速协调按钮，直到陀螺正常指示磁航向。若尚未指示当时磁航向，可根据同步指示器指示，转动同步旋钮，加快协调速度。

飞行中，罗盘应指示磁航向和转弯角度。当飞机处于俯仰、倾斜和加速过程中，不允许按下快速协调按钮，否则磁罗盘的误差将迅速传到指示器上。

转弯过程中，由角速度传感器自动断开陀螺半罗盘与磁罗盘的联系，快速协调按钮不作用。

思考题:

陀螺磁罗盘具有何种优势？

2.3.3 陀螺仪表

2.3.3.4 罗盘系统

备注:

知识掌握程度:

了解罗盘系统的组成;

掌握罗盘系统的使用和常规检查方法。

知识要点:

1、罗盘系统的组成

由两种或两种以上工作原理不同的罗盘所组成的系统，也称为航向系统。一般认为，在罗盘系统中仅由磁传感器来校正航向的那部分系统也叫作陀螺磁罗盘。陀螺磁罗盘在近现代飞机上通常作为罗盘系统的一个组成部分。

罗盘系统常与导航仪表结合形成复合罗盘指示器，如 RMI 和 HSI 等。

2、罗盘系统的使用

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，罗盘系统的工作就像陀螺磁罗盘一样。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，此时罗盘系统相当于一个陀螺半罗盘。在该位可利用控制组件上的人工航向同步开关（“CW-CCW”）人工校正航向。

3、罗盘系统的常规检查方法

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为零，表明罗盘系统工作正常。飞行中若航向警告旗出现，表明航向指示不可用。



思考题:

罗盘系统的功能开关置于 FREE 位和 SLAVE 位有什么区别？

2.3.3 陀螺仪表

2.3.3.5 姿态仪

备注:

知识掌握程度:

理解姿态仪的工作原理;

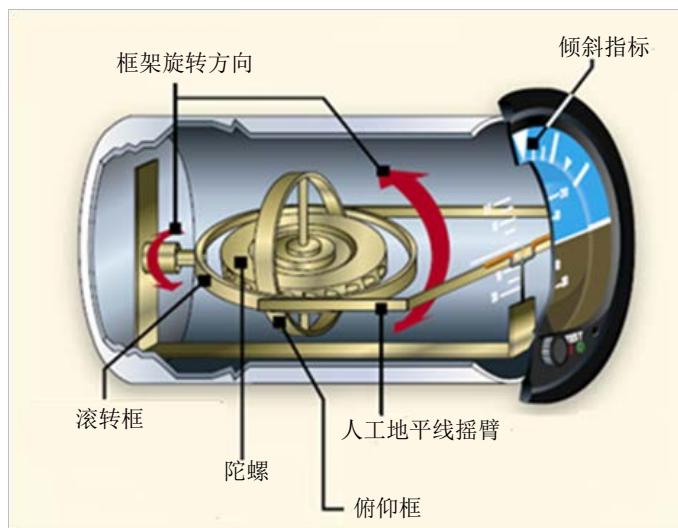
掌握姿态仪的误差修正方法和避免措施;

掌握姿态仪的地面上启动要求。

知识要点:

1、姿态仪的工作原理

姿态仪也称为地平仪。地平仪一般由两自由度陀螺、地垂修正器、指示机构和控制机构等组成。利用摆的地垂性修正陀螺，利用陀螺的稳定性建立稳定的人工地垂线，从而根据飞机和陀螺的关系测量飞机的俯仰角和倾斜角。陀螺控制机构可以在地平仪起动时或飞机机动飞行后使自转轴迅速恢复到地垂线方向，从而缩短起动时间或消除机动飞行过程中产生的指示误差。



2、姿态仪的误差修正方法和避免措施

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，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。

地平仪出现的误差，待飞机匀速平飞时可以自行消除，但需要的时间较长。为了加速消除误差，飞行员应利用陀螺上锁机构，在匀速直线平飞时上锁，然后开锁，误差就会消除。

3、姿态仪的地面上启动要求

地面上启动时应检查陀螺转子达到额定转速，由时间保证或收警告旗判断。发动机启动时，气动陀螺不应出现异常声音，五分钟左右陀螺应达到正常转速。还要检查自转轴处于地垂线方向，由指示停机角反映。

思考题:

飞行中如何判断地平仪发生了故障？判明故障后，应采取何种措施？

2.3.3 陀螺仪表

2.3.3.6 转弯协调仪

备注:

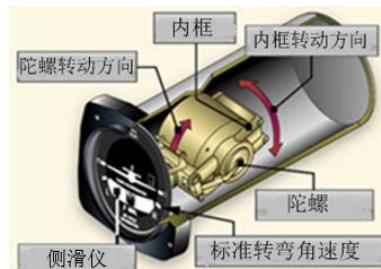
知识掌握程度:

理解转弯仪和侧滑仪的工作原理;
掌握转弯协调仪的常规检查方法。

知识要点:

1、转弯仪的工作原理

转弯仪是利用单自由度陀螺进动性工作的，用于指示飞机转弯或盘旋的方向，并能反映飞机无侧滑转弯的快慢程度。



2、侧滑仪的工作原理

侧滑仪利用单摆模拟飞机承受的横向合力，根据摆锤在横向合力作用下的运动状态指示飞机侧滑。

3、转弯协调仪的常规检查方法

飞行前必须按照机型操作程序对陀螺仪表和动力源进行检查。接通电门前或发动机启动前，电动陀螺仪表上警告旗出现。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。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。

思考题:

转弯盘旋时，转弯仪会产生哪些误差？

2.3.4 电子飞行仪表系统

备注:

知识掌握程度:

- 了解电子飞行仪表系统的组成;
- 了解电子式仪表系统的使用特点。

知识要点:

1、电子飞行仪表系统的组成

电子飞行仪表系统 (Electronic Flight Instrument System, 简称 EFIS), 是指安装在飞机驾驶舱显示飞行信息的电子显示系统, 一般由两部分组成: 姿态指示器 (EADI) 和水平状态指示器 (EHSI)。在有些飞机上, 它们称为主显示器 (PFD) 和导航显示器 (ND)。姿态指示器或主显示器主要显示飞机的纵向飞行信息, 如高度、速度、飞行指引、模式选择等。水平状态显示器或导航显示器主要显示航向、地面轨迹角、测距仪参数等水平飞行信息。

由于机载航空电子设备的种类愈来愈多, 现在有的电子飞行仪表系统已经将姿态指示器和水平状态指示器都合并到主显示器上, 而将另外一种显示器称为多功能显示器 (MFD), 在其上可以显示来自空中防撞系统 (TCAS) 或近地警告系统 (GPWS) 的地形信息、来自气象雷达的气象信息等。在主显示器发生故障时, 还可以代替主显示器工作。



2、电子式仪表系统的使用特点

电子仪表系统显示的数据源自于姿态航向基准系统和大气数据计算机, 因此与传统仪表不同的特性和优点是可以修正误差、延迟误差小、显示更准确。

思考题:

与传统仪表相比, 综合飞行仪表系统减小了哪些误差?

2. 3. 5 失速警告系统

备注:

知识掌握程度:

- 理解失速警告的作用及原理;
- 掌握失速警告信号的形式;
- 掌握手册规定的机翼失速警告传感器目视外观检查。

知识要点:

1、失速警告的作用及原理

现代飞机一般都设置有失速警告系统，在飞机接近失速时给飞行员提供明显的警告信号，以便及时改出。

较简单的失速警告系统通过在机身外侧安装迎角探测器，感受安装部位处的气流方向，并将该处气流角度的变化情况以成比例的电信号传输给失速管理计算机。迎角探测器的型式有几种，目前多用叶片式迎角探测器。

大、中型飞机的失速警告系统由失速警告计算机、多种传感器和抖杆马达等组成。

2、失速警告信号的形式

如果飞机接近失速，则提前向飞行员发出音响警告。有的飞机在进入失速时可同时发出音响和灯光警告。小型飞机机翼前缘用一个红圈标记出失速警告孔，吸气时通过软管触发报警器，越接近失速空速，报警器的声音就越大。

有些飞机装有抖杆装置，能快速和有声音的震动驾驶杆来警告飞行员，飞机已接近失速。有些大型飞机的失速保护系统还包括推杆系统，能自动进行升降舵控制，这样减小飞机的迎角而防止飞机失速。这两个系统在起飞前都要测试和装好，整个飞行中保持可用。

3、飞行前需要按手册要求对机翼失速警告传感器进行目视外观检查。

思考题:

失速警告系统发出警告时应采取何种措施？

2.4.1 飞行指引仪

备注:

知识掌握程度:

理解飞行指引仪的功能;
掌握飞行指引仪的显示及使用。

知识要点:

1、飞行指引仪的功能

飞行指引仪的功能就是将飞机的实际飞行路线与目标路线进行比较，并计算出进入目标路线所需要的操纵量，以目视的形式在指示器上给出。

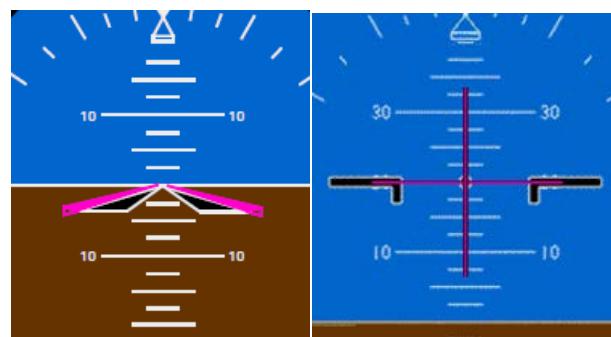
- (1) 引导飞机按预定高度、预定航向飞行；
- (2) 与飞行管理计算机耦合，引导飞机按预定轨迹飞行；
- (3) 与仪表着陆系统（ILS）耦合，引导飞机实现自动着陆。

指引信号直接显示出操纵要的指令是向上、向下，还是向左、向右，驾驶员或自动驾驶仪跟随指引杆操纵飞机，保证飞机正确切入或保持在预定的航线上。

2、飞行指引仪的显示及使用

飞行指引仪有两种显示形式：十字指引杆和八字指引杆。

十字指引杆：利用俯仰指引杆和横侧指引杆来分别进行俯仰指引和横滚指引；八字指引杆利用八字指引杆与飞机符号的上下关系来进行俯仰指引，利用八字指引杆与飞机符号的左右关系来进行横滚指引。



思考题:

八字形和十字形指引杆分别如何判读俯仰和横滚指令？

2.4.2 自动驾驶仪

备注:

2.4.2.1 自动驾驶仪的功能和原理

知识掌握程度:

掌握自动驾驶仪的功能;
理解自动驾驶仪的组成及原理。

知识要点:

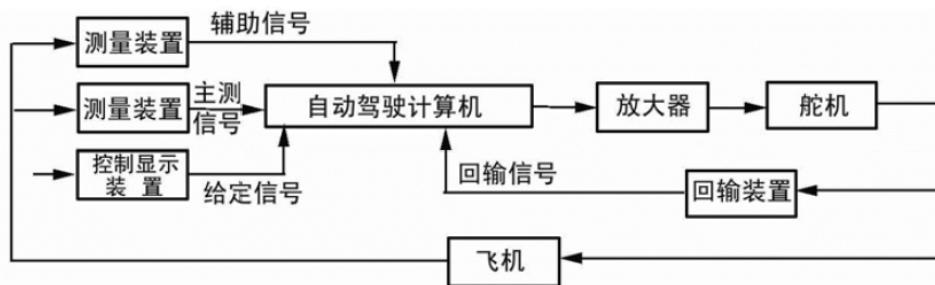
1、自动驾驶仪的功能

- (1) 自动保持三轴稳定(姿态角的稳定);
- (2) 根据输入指令,与飞行指引仪结合,操纵飞机以达到期望的姿态。

即稳定飞机和操纵飞机。

2、自动驾驶仪的组成及原理

自动驾驶仪由测量装置(敏感元件,如垂直陀螺仪和航向陀螺仪)、信号处理元件(自动驾驶计算机)、放大器和执行机构(舵机)组成,如图所示:



自动驾驶仪利用“反馈”控制原理来实现对飞机运动参数的控制。当飞机偏离原来状态,测量装置(敏感元件)感受到偏离方向和大小,并输入相应信号,经放大、计算处理,操纵执行机构(舵机),使舵面相应偏转。当飞机回到原来状态时,测量装置(敏感元件)输出信号为零,舵机以及与其连接的舵面也回到原位,飞机重新按原来状态飞行。

思考题:

自动驾驶仪的功能?

2.4.2 自动驾驶仪

2.4.2.2 自动驾驶仪的工作模式

备注:

知识掌握程度:

掌握自动驾驶仪的工作模式。

知识要点:

自动驾驶仪的模式有两大类：横滚模式和俯仰模式。横滚模式和俯仰模式都不能同时接通多个。

横滚模式包括：航向保持、航向预选、VOR、LOC、水平导航等。

俯仰模式包括：高度保持、速度保持、马赫保持、垂直速度、垂直导航等。

思考题:

自动驾驶仪 HDG 模式何时使用？

2.4.2 自动驾驶仪

2.4.2.3 自动驾驶仪的使用限制

备注:

知识掌握程度:

- 掌握自动驾驶仪的控制方式；
- 了解自动驾驶仪应在飞行前进行测试；
- 掌握禁止使用自动驾驶仪的飞行阶段；
- 掌握自动驾驶仪接通和断开的条件；
- 掌握飞行手册中自动驾驶仪的各种使用限制。

知识要点:

1、自动驾驶仪的飞行前测试

自动驾驶仪的所有工作方式和功能都需要在飞行前进行测试。具体步骤参照飞机手册要求进行。

2、使用自动驾驶仪的飞行阶段

自动驾驶仪的使用范围是除起飞以外的所有飞行阶段。在飞机手册中规定了自动驾驶仪的接通高度限制。

3、自动驾驶仪接通和断开的条件

当到达自动驾驶仪的接通高度并满足其它接通条件（有的飞机要求处于配平状态）后，按下自动驾驶仪的接通电门即可接通自动驾驶仪。

自动驾驶仪可以人工断开和自动断开，并有声音和灯光警告系统提醒。通常在下列情况下自动脱开：

- 失速警告触发
- 电源故障
- 飞行操纵系统故障
- 在CWS按下状态，滚转率和俯仰率超过AP工作限制
- 两侧燃油不平衡超限

4、飞行手册中自动驾驶仪的各种使用限制

驾驶员应熟悉手册中有关自动驾驶仪的各种使用限制，包括接通和断开的条件、飞行前测试的要求及各种工作方式的使用。应避免过度依赖自动驾驶仪。

思考题:

自动驾驶仪脱开和警告的方式有哪些？使用自动驾驶仪进行自动飞行的优缺点有哪些？

2. 4. 3 偏航阻尼器

备注:

知识掌握程度:

理解偏航阻尼器的作用和原理。

知识要点:

1、偏航阻尼器的作用

飞机方向舵操纵系统中装有偏航阻尼器，其作用是及时根据飞机姿态的变化操纵方向舵，防止产生飘摆（荷兰滚）。飞机的横侧稳定性过强而方向稳定性过弱，易产生明显的飘摆现象。大型运输机在高空和低速飞行时由于稳定性发生变化易发生飘摆，因此广泛使用偏航阻尼器。偏航阻尼器驱动方向舵的偏转角小于脚蹬操纵的方向舵偏转角。

2、偏航阻尼器的原理

它根据空速和偏航角速度信号，经处理，适时提供指令使方向舵偏转，从而增大偏航运动阻尼，预防飘摆。

偏航阻尼器在起飞前接通，着陆后断开，在整个飞行过程中一直保持接通。

如果偏航阻尼器发生故障，应按程序限制最大飞行速度。

思考题:

偏航阻尼器的功用是什么？

2.5.1 IFR运行要求

备注: 参考规章条目 (CCAR91. 405)

知识掌握程度:

掌握 IFR 运行所需仪表和设备。

知识要点:

按仪表飞行规则运行的仪表和设备包括:

1、航空器按仪表飞行规则飞行时, 应当至少安装下列仪表和设备:

- (1) 一个磁罗盘;
- (2) 一个指示时、分、秒的准确的计时表;
- (3) 两个带转鼓计数器或者同等指示方法的灵敏气压高度表(对于固定翼飞机实施的航空作业运行, 可仅安装一个);
- (4) 一个可以防止因凝结或结冰而发生故障的空速指示系统;
- (5) 一个转弯侧滑仪;
- (6) 一个姿态指示器(人工地平仪), 但对于旋翼机应当安装三个姿态指示器(其中一个可用转弯仪代替);
- (7) 一个航向指示器(方向陀螺);
- (8) 一个指示陀螺仪表的供电是否充足的设备;
- (9) 一个在驾驶舱内指示大气温度的设备;
- (10) 一个爬升和下降速度指示器。

2、对于涡轮动力固定翼飞机, 还应当装有防撞灯光系统, 但该系统失效后, 可继续飞行到能够进行修理或更换的地点。

思考题:

按仪表飞行规则运行, 至少需要哪些仪表?

2.5.2 夜间和云上运行要求

备注: 参考规章条目 (CCAR91.407)

知识掌握程度:

掌握在夜间和云上运行所需仪表和设备。

知识要点:

1、在夜间(日落到日出期间)和云上运行的所有航空器除安装仪表飞行规则飞行规定的仪表和设备外,还应当装备:

- (1) 防撞灯和航行灯;
- (2) 两个着陆灯(仅装有一个着陆灯但有两个单独供电的灯丝,可认为符合规定),但对于固定翼飞机实施的航空作业运行,可仅安装一个着陆灯;
- (3) 供飞行组使用的、安全运行所必需的仪表和设备的照明;
- (4) 客舱灯光;
- (5) 在每一个机组成员座位处配置一个电筒。

2、航空器在夜间、云上运行或者局方另外规定的其他期间,应当按规定开启或者显示灯光。

思考题:

在夜间和云上运行是否需要无线电高度表?

2.5.3 气象雷达的设备要求

备注: 参考规章条目 (CCAR91.431)

2.5.3.1 基本功能

知识掌握程度:

了解气象雷达的功能和原理;
掌握CCAR91部对气象雷达的设备要求。

知识要点:

1、气象雷达的基本功用

机载气象雷达的基本功用是探测飞机前方的气象情况，向机组提供充填有水分的气象形成区的平面位置显示图像，以便机组选择安全的航线避绕各种危险的气象区域。

机载气象雷达的另一功能是观察飞机前下方的地形地貌。适当下俯气象雷达的天线，可以提供大的地形轮廓特征的显示，例如：河流、海岸线、大的山峰和城市。该功能可以用来辅助导航。

气象雷达工作在X波段。现代飞机上的气象雷达最远探测范围为300海里左右。检测到的气象和地形显示在驾驶舱的显示器上。

气象雷达的基本功能是探测大面积的气象降雨区，它对山峰、相遇飞机的探测能力和所显示的相应图像及位置的准确程度，均不能满足地形回避和防撞要求，因此，一般不把气象雷达的显示图像作为地形回避和空中防撞的依据。

2、气象雷达的设备要求

根据CCAR91.431条，在夜间或仪表气象条件下，在沿航路上预计存在可探测到的雷雨或其他潜在危险天气情况的区域中运行时，所有载客的航空器应当安装气象雷达或其他重要天气探测设备。

思考题:

机载气象雷达的基本功能是什么？

2.5.3 气象雷达的设备要求

2.5.3.2 工作方式及应用

备注:

知识掌握程度:

掌握机载气象雷达的工作方式及应用。

知识要点:

气象雷达的主要工作模式有：气象模式（WX）、地图模式（MAP）、测试模式（TEST）、湍流探测模式（TURB）和气象与湍流模式（WX/T）等。

气象模式（WX）为机载气象雷达最基本的工作模式。雷达工作于气象模式时，显示器上所呈现的是空中气象目标及其他目标的平面位置分布图形。此时，天线波束在飞机前方及其他左右两侧的扇形区域往复扫描，以探测飞机航路前方扇形平面中的气象目标。

地图模式（MAP），是各型机载气象雷达所共有的另一个基本工作模式。地图模式时，呈现在荧光屏上的是飞机前下方地面的地表特征，诸如山峰、河流、湖泊、海岸线、大城市等地形轮廓图象。为此，应将天线下俯一定角度使雷达天线波束照射飞机前下方的广大地区。

测试模式（TEST）用于对雷达进行快速性能检查。雷达工作于此模式时，显示器上即显示气象雷达的自检测试图。通过观察自检图，即可方便迅速地了解雷达的性能状况。

在湍流探测模式（TURB），显示屏上只显示湍流区的紫色和白色图像，其它雨区的红、黄、绿色图像不显示。

在气象与湍流模式（WX/T），屏幕上除了显示红、黄、绿图像外，还用醒目的紫色或白色图像显示出危险的湍流区域。

气象雷达用象征性的颜色来表示降雨率的不同区域，大雨区域的图像为红色，中雨区域的图像为黄色，小雨区域用绿色图像来表示。紊流区采用紫色、品红色、红色或白色图像表示。



思考题:

机载气象雷达有哪些工作方式？

2.5.3 气象雷达的设备要求

2.5.3.3 地面使用注意事项

备注:

知识掌握程度:

掌握机载气象雷达的地面使用注意事项。

知识要点:

- 1、飞机正在加油或飞机周围有其它飞机正在加油时，不得使气象雷达工作于发射工作模式，以免引燃汽油蒸气。在机坪上大量使用汽油清洗机件时，也应避免接通雷达电源。
- 2、在机库内或在机头朝着近距离内的建筑物、大型金属反射面的情况下不能使气象雷达工作于发射模式，除非雷达发射机没有工作或者将雷达能量引导至吸收罩将射频能量消耗掉，否则整个围场区域都可能充满辐射。
- 3、飞机前方有人时，不得接通雷达，以防有害辐射，伤害人体。
- 4、在地面检查气象雷达时，应尽量使雷达工作于自检模式。在需要使雷达工作于发射模式时，应将天线俯仰旋钮调至上仰位置，以尽量避免天线波束照射近处地面目标。

思考题:

使用机载气象雷达时需要注意的问题是什么？

2.5.4 地面监视雷达

备注:

知识掌握程度:

掌握地面监视雷达的分类和功能。

知识要点:

1. 一次雷达

由发射系统发射一束无线电信号，然后再接收其中由目标反射回来的一小部分信号的雷达称为一次雷达。

2. 二次雷达

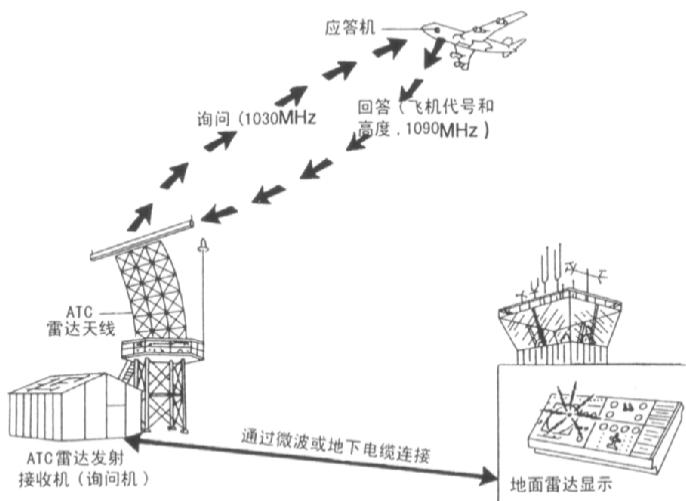
由雷达发射询问信号，然后由目标飞机在约定的精确时间间隔内发射一串应答信号。靠收发这些信号来提供飞机信息的雷达叫做二次雷达。

在控制中心平面位置显示器（PPI）上的同一位置，产生飞机的一次雷达示波图像与二次雷达所获得的飞机代码及高度信息。

二次雷达可以获得的信息主要有：

- 1) 飞机的距离与方位信息。
- 2) 飞机代码。
- 3) 飞机的气压高度。
- 4) 一些紧急告警信息。如无线电通讯失效或飞机被劫持等

当飞行员按下应答机控制盒上的识别按钮后，将产生特殊位置识别脉冲（SPI），以响应地面询问要求，使地面显示终端上显示的飞机图像、标识等更醒目。



思考题:

一次雷达与二次雷达的区别？

2.5.5 机载应答机

备注:

知识掌握程度:

掌握机载应答机的使用;
掌握CCAR91部对应答机的设备要求。

知识要点:

1、应答机操作原则

- (1) 当航空器装有工作的应答机，驾驶员必须在飞行的全部时间内使用应答机，不论航空器是否在ATS使用二次监控雷达的空域内或空域外。
- (2) 除了在应急情况下、通信失效或非法干扰时，驾驶员应：
 - a) 设置应答机在模式A，并选择由正在联系的ATC指令的应答机编码；或
 - b) 根据区域航行协议规定的设置应答机模式Ade编码；或
 - c) 在没有任何ATC指示或地区航行协议时，设置应答机在模式A编码2000。
- (3) 如果航空器装有适于模式C的设备，驾驶员应连续使用这个模式，除非另有ATC指示。
- (4) 当ATC要求指定机载应答机的性能时，驾驶员必须在飞行计划表中第10项填写规定的字符说明这种性能。
- (5) 如果ATC要求证实应答机（CONFIRM SQUAWK (code)）时，驾驶员应：
 - a) 核实应答机上模式A编码的设定；
 - b) 若必须，重新选择指派的编码；和
 - c) 向ATC证实应答机控制板上显示的设定值。
- (6) 除非ATC要求，驾驶员不能发送识别应答机（SQUAWK IDENT）。

2、模式使用

驾驶员应根据要求使用模式C，提供高度信息；或使用模式S，向地面管制与其他飞机提供高度信息和编码信息。两种模式所报告的高度信息是编码高度表指示的最接近的整30m或100ft数值。

航空器驾驶员应设置应答机编码如下：

紧急情况设置为7700，双向无线电通讯失效时设置为7600，受到非法干扰时设置为7500。



3、应答机的设备要求

根据CCAR91.427条，所有在管制空域运行的航空器应当安装符合下述要求的ATC应答机：

- (1) 能按照规定对空中交通管制的询问进行编码回答；
- (2) 能以30米（100英尺）的增量间隔向空中交通管制自动发送气压高度信息的询问。

思考题:

ATC要求证实应答机时，驾驶员应采取的措施？

2.5.6 无线电高度表

备注:

知识掌握程度:

理解无线电高度表的功能和原理;
掌握无线电高度表的使用及限制。

知识要点:

1、无线电高度表的功能和原理

无线电高度表是现代飞机多种电子设备中的一种，用来测量飞机离开地面的实际高度，提供预定高度或决断高度（DH）声音和灯光信号，它是在进近和着陆过程中保证飞行安全的重要设备，所以也称为低高度无线电高度表，能够方便、准确地测量出真高。利用无线电高度表可以在复杂的气象条件下飞行，穿云下降，以及在能见度很低的情况下着陆等。还可以同其他导航设备，如仪表着陆系统（ILS）配合完成仪表着陆任务。

机载无线电高度表大部分采用调频等幅式来测量飞机离地面的实际高度，其测量范围为0~2500英尺。在现代飞机上，高度信息一般在EFIS显示组件上显示。无线电高度表通常由收发机、指示器和收发天线组成。



2、无线电高度表的使用及限制

无线电高度表的显示范围为-20~2500ft，测量范围为0~2500ft。

无线电高度表的精度通常是：

0~500英尺：±3英尺或高度的3%，取较大值；

500英尺以上：高度的5%。

当飞机在地面上时，无线电高度表可能指示一个很小的负值，因为设备被校准成当主起落架着陆接地时指0。

无线电高度表存在系统设计、设备因素、外界多路径干扰、电波散射干扰等误差，当飞机发生俯仰和倾斜时也会给测量高度带来影响。

思考题:

在无线电高度表上可以设置 DA 和 DH 吗？

2.5.7 飞行记录器的设备要求

备注:

知识掌握程度:

了解飞行记录器的功能和组成;
掌握CCAR91部对飞行记录器的设备要求。

知识要点:

1、飞行记录器的功能和组成

飞行记录器包括飞行数据记录器和驾驶舱话音记录器两种，分别记录航空器飞行状态的各种数据和驾驶舱的通话及背景声音。安装飞行记录器的目的是为了事故调查。

2、飞行记录器的设备要求

根据CCAR91.433条：

所有在中华人民共和国登记的飞机或旋翼机应满足CCAR91.433条有关飞行记录器的要求。

除经局方批准外，所有类型的飞行数据记录器应能保留运行过程中至少最后25小时(飞机)或10小时(旋翼机)所记录的信息。驾驶舱话音记录器应能保留运行过程中至少最后2小时所记录的信息。

飞行记录器的壳体外表为鲜橙色或亮黄色。

飞行记录器应当在航空器的全部运行过程中保持连续工作。

一旦发生事故或需要立即报告局方的事件，运营人应当保存飞行记录器的原始信息至少60天，如果局方另有要求，还应当保存更长的时间。从记录中所获得的信息将用来帮助确定事故或事件的发生原因。

思考题:

是否所有飞机都需要安装飞行数据记录器和驾驶舱话音记录器？

2.5.8 地形提示和警告系统 (TAWS)

备注:

知识掌握程度:

了解地形提示和警告系统的功能和原理;
掌握CCAR91部对地形提示和警告系统的设备要求。

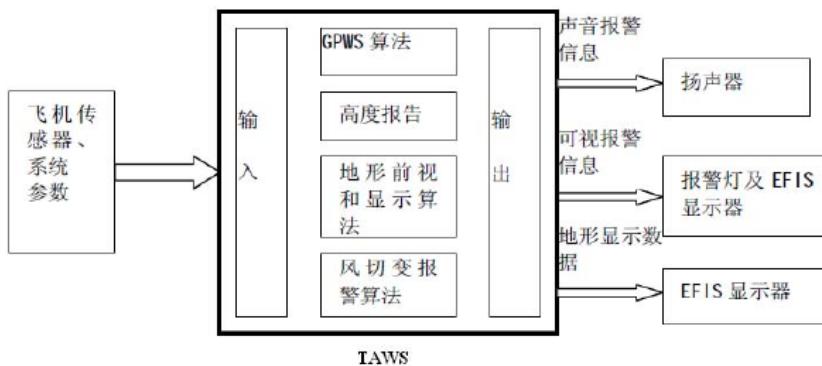
知识要点:

1、地形提示和警告系统的功能

地形提示和警告系统(TAWS)是用来帮助飞行员解决可控飞行撞地(CFIT)事故而研制的机载航空电子设备。TAWS改进了原有的GPWS系统，其与前者的最大区别是增加了前视地形警告和地形显示的功能，给飞行员提供了更多的判决时间。

2、地形提示和警告系统的工作原理

TAWS主要由增强型近地警告计算机、扬声器、警告灯和控制板、地形显示器组成。它的核心是增强型近地警告计算机，它内部存储了多种报警的极限算法，从飞机的其他交联系统接收飞机的状态数据，如无线电高度、下降速率、下滑道偏离度等信号，然后再将两者比较，若实际状态超越了报警极限，则此时飞机存在潜在的飞行撞地危险，这时TAWS会以声音、灯光或图像的警告方式提醒飞行员，来帮助飞行员迅速调整飞机以避免CFIT事故的发生。



3、地形提示和警告系统的设备要求

根据CCAR91.437条，除经局方批准外，在中华人民共和国国籍登记的飞机必须按下列要求安装经批准的地形提示和警告系统 (TAWS)；飞机的飞行手册中应当包含下述程序：

- (1) 地形提示和警告系统的操作、使用；
- (2) 对于地形提示和警告系统的音频和视频警告，飞行机组的正确应对措施。

思考题:

地形提示和警告系统的工作原理？

2. 5. 9 机载防撞系统 (TCAS)

备注:

知识掌握程度:

了解机载防撞系统的功能和原理;
掌握CCAR91部对机载防撞系统的设备要求。

知识要点:

1、机载防撞系统的功能

机载防撞系统是为防止飞机之间的危险接近、保障空中交通安全而研制的一种独立于地面设备的机载电子系统。

2、机载防撞系统的原理

通过询问和监听周围飞机的ATC应答机，来监视本架飞机周围空域中其它飞机的存在、位置以及运动状况，使飞行员在明了本机邻近空域交通状况的情况下，主动地采取回避措施，防止与其它飞机危险接近。

3、机载防撞系统的设备要求

根据CCAR91. 439条：

(1) 除经局方批准外，在中华人民共和国国籍登记的最大起飞重量超过5700千克或批准旅客座位数超过19的涡轮动力飞机必须安装机载防撞系统 (ACAS II，等同于TCAS II 7.0版本)。

(2) 在中华人民共和国国籍登记的民用航空器上的机载防撞系统必须得到局方批准，其安装必须满足有关的适航要求。

(3) 驾驶安装有可工作的机载防撞系统航空器的驾驶员应当打开并使用该系统。

思考题:

机载防撞系统的功能?

3.1.1 基本概念

3.1.1.1 重心

备注:

知识掌握程度:

理解基准、力臂、力矩、站位、指数的概念；
理解重心、重心限制及平均空气动力弦的概念；
掌握重心的表达方式。

知识要点:

1、基准、力臂、力矩、站位、指数的概念

基准是用于计量重心位置的参考面。基准的选定与重心位置无关。有的机型可能选取在机头，有的机型可能选取在主轮等等。

力臂是从基准到一个物体重心的距离。如果物体在基准之后，那么力臂值为正(+)；如果物体在基准之前，那么力臂值为负(-)。

力矩是物体的重量和力臂的乘积。

指数是缩小了倍数的力矩，如M/100。

2、重心、重心限制及平均空气动力弦的概念

重心是飞机重力的着力点。

重心限制是可以允许重心位置前后移动的极限边界，在作业期间飞机的重心必须位于边界范围内。该范围的边界分别是重心前限和重心后限。

平均空气动力弦MAC是一个假想的矩形机翼的翼弦，该假想机翼的面积、空气动力及俯仰特性与原机翼相同。

3、重心的表达方式

重心位置可以用力臂来表示，或者用其在平均空气动力弦(MAC)上投影所占的百分比来表示。这两种表达方式可以相互换算。

思考题:

重心的表达方式几种？都是什么？

3.1.1 基本概念

3.1.1.2 重量

备注:

知识掌握程度:

- 理解标准空机重量;
- 理解基本空机重量;
- 理解零燃油重量;
- 理解机坪重量;
- 理解起飞重量;
- 理解着陆重量;
- 理解商载。

知识要点:

1、标准空机重量

包括标准的飞机重量（结构重量，动力装置，固定设备重量）、不可用燃油、满滑油和满液压油。

2、基本空机重量

包括标准空机重量和选装设备重量。

3、零燃油重量

包括基本空机重量、机组和商载。

4、停机坪重量

包括零燃油重量和加注的燃油重量，是指飞机在停机坪上开车时的重量。

5、起飞重量

包括零燃油重量和起飞时的燃油重量，是指飞机在跑道上开始起飞滑跑时的重量。

6、着陆重量

包括零燃油重量和着陆时的燃油重量，是指飞机在跑道上着陆时的重量。

7、商载

商载是指旅客、行李和货物的总和。

思考题:

标准空机重量包涵那些重量？

3.1.2 重量与平衡限制

3.1.2.1 重量限制

备注:

知识掌握程度:

- 理解最大起飞重量;
- 理解最大滑行重量;
- 理解最大着陆重量;
- 理解最大零油重量;
- 理解地板承载能力及货物的重量限制。

知识要点:

1、最大起飞重量

是指考虑飞机结构强度和飞机性能等限制因素允许的起飞重量。

2、最大停机坪重量

是指根据停机坪的强度限制允许飞机在机坪的重量。

3、最大着陆重量

是指考虑飞机结构强度和飞机性能等限制因素允许的着陆重量，此时的飞机结构强度主要考虑起落架的结构强度。

4、最大零燃油重量

是指考虑飞机结构强度限制因素允许的零燃油重量，此时的飞机结构强度主要考虑机翼和机身结合部的结构强度。

5、地板承载能力及货物的重量限制

飞机地板承载的能力和货物的长、宽、高及货物的摆放有关系，现定义如下载荷：

纵向载荷（running load）是指沿机身纵向单位长度地板能够承载的最大重量，单位磅 / 英尺

面积载荷（floor load）是指单位面积地板能够承受的最大重量，单位磅 / 平方英尺

飞机地板承受的力会随着飞行过程中载荷的变化而发生变化，所以放置行李的地方通常会限制携带行李的重量。

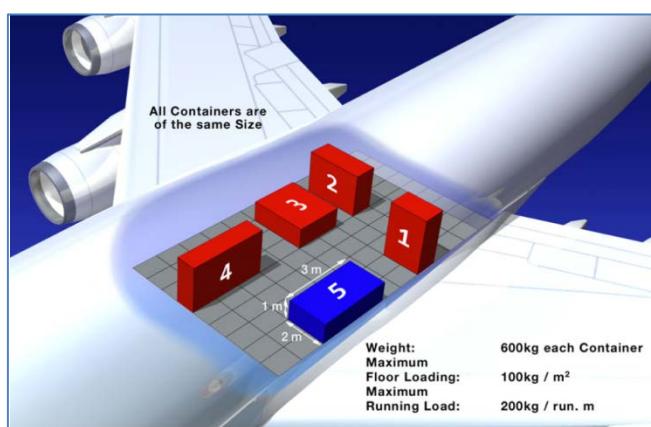


图1

(转下一页)

思考题:

最大起飞重量受限因素有哪些？

3. 1. 2重量与平衡限制

3. 1. 2. 2重心限制

备注:

知识掌握程度:

- 掌握重心限制；
- 掌握重量的移动或增减对重心的影响；
- 理解飞行过程中燃油的消耗对重心的影响。

知识要点:

1、重心限制

检查重心位置是否在重心前、后限范围内的方法。

2、重量的移动或增减对重心的影响

重量前移，重心会向前移动，重量后移重心会向后移动。

在重心之前增加重量，重心前移，在重心之后增加重量，重心后移；减少重量与之相反。

3、燃油的消耗对重心的影响

燃油的消耗对重心的影响主要取决于油箱的平均重心与飞机重心的位置关系。通常情况下，飞机的油箱重心在飞机重心之前，随着飞行中燃油的消耗，相当于在重心前减少重量，重心前移。

思考题:

通常情况下，后掠翼飞机随着飞行时间的增加，飞机重心会发生怎样的变化？

3. 1. 2重量与平衡限制

3. 1. 2. 3 超载及重心超限的影响

备注:

知识掌握程度:

理解飞机超载及超限对操纵性的影响。

理解飞机超载及超限对结构的影响

知识要点:

1、飞机超载及超限对操纵性的影响。

飞机超载与超限会使飞机的机动性降低。

2、飞机超载及超限对结构的影响

飞机超载及超限可能会在飞机遇到颠簸和风切变受到的载荷变化，对飞机结构造成损坏。

思考题:

超载落地对飞机有何种影响？

3.1.3 载重平衡计算

3.1.3.1 重量及重心查表 (1/4)

备注:

知识掌握程度:

- 掌握载重配平单的重量与重心计算；
- 掌握是否燃油、乘客及货物重量超限；
- 理解重量重心包线图；
- 掌握重量移动与增减计算。

知识要点:

- 一，载重配平单的重量与重心计算
计算重量和重心主要有2种方法，分别为计算法及图表法。

1，计算法计算重量和重心

图1是某飞机载重平衡单

Item	Weight (3,100 max.)	Arm (inches)	Moment (lb-in)	CG (in/datum)
Airplane (BEW)	1,874	36.1	67,651.4	
Front seats		37		
Rear seats		74		
Fuel (88 gal usable)		46.6		
Baggage A (100 max.)		97		
Baggage B (60 max.)		116		

图1

例：实施飞行运行状态如下

- 飞行员—120磅
- 前坐乘客—180磅
- 后座乘客—175磅
- 油量88加仑—528磅
- 行李A处行李—100磅
- 行李B处行李—50磅

计算重心需要把图1填写完毕（如图2）

Item	Weight (3,100 max.)	Arm (inches)	Moment (lb-in)	CG (in/datum)
Airplane (BEW)	1,874	36.1	67,651.4	
Front seats	300	37	11,100	
Rear seats	175	74	12,950	
Fuel (88 gal usable)	528	46.6	24,604.8	
Baggage A (100 max.)	100	97	9,700	
Baggage B (60 max.)	50	116	5,800	
	3,027		131,806.2	+ 43.54

图2

(转下一页)

思考题：

请填表

3.1.3 程序

3.1.3.1 重量及重心查表 (2/4)

备注:

知识掌握程度:

- 掌握载重配平单的重量与重心计算;
- 掌握是否燃油、乘客及货物重量超限;
- 理解重量重心包线图;
- 掌握重量移动与增减计算。

知识要点:

(接上一页)

2、图表法计算重心

有时制造商会提供图表来简化力矩的计算

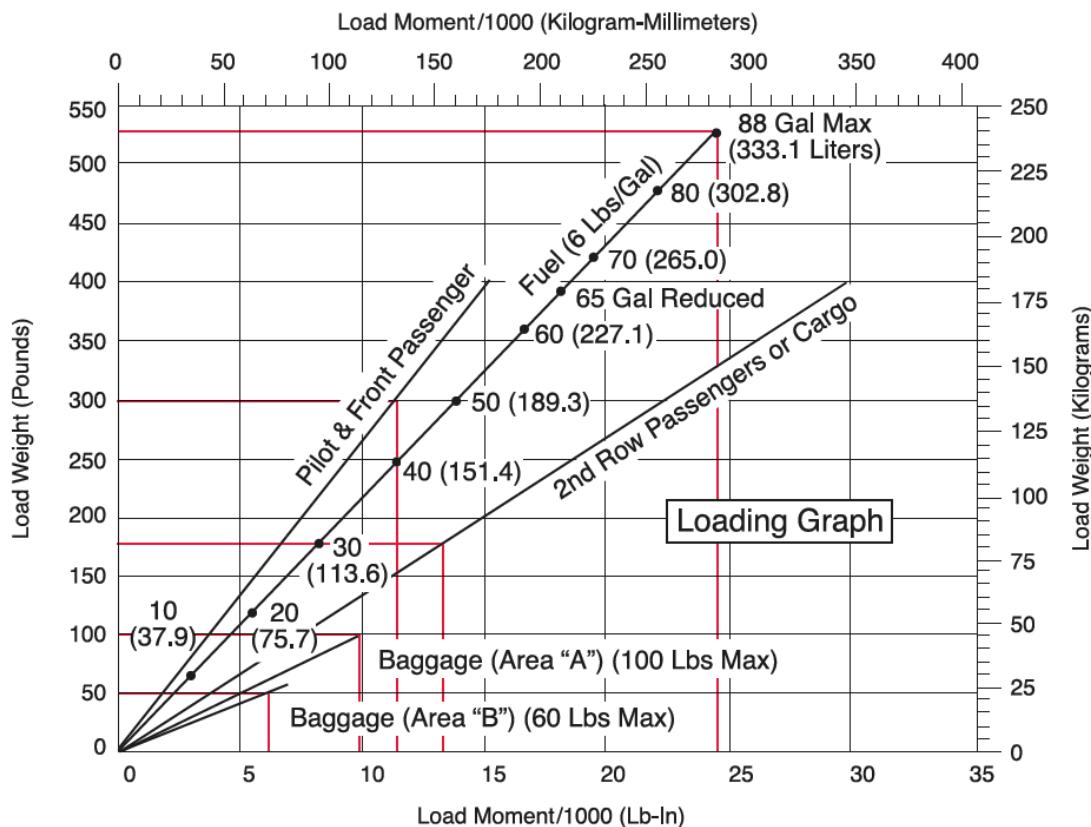


图3

二、燃油、乘客及货物重量是否超限

参考飞机飞行手册燃油不要超过最大燃油，乘客重量不要超过最大乘客重量，行李重量不要超过最大装载行李重量。

(转下一页)

思考题:

根据图 3 飞行员重量 120 磅，前座旅客 180 磅，后座旅客 175 磅，飞机携带 88 加仑的燃油，行李 A 重量 100 磅，行李处 B 重量 50 磅，计算飞机的重心位置。

3.1.3 程序

3.1.3.1 重量及重心查表 (3/4)

备注:

知识掌握程度:

- 掌握载重配平单的重量与重心计算;
- 掌握是否燃油、乘客及货物重量超限;
- 理解重量重心包线图;
- 掌握重量移动与增减计算。

知识要点:

(接上一页)

三、重量重心包线图

计算出重量和重心后，利用重量重心包线图判别飞机是否超限。

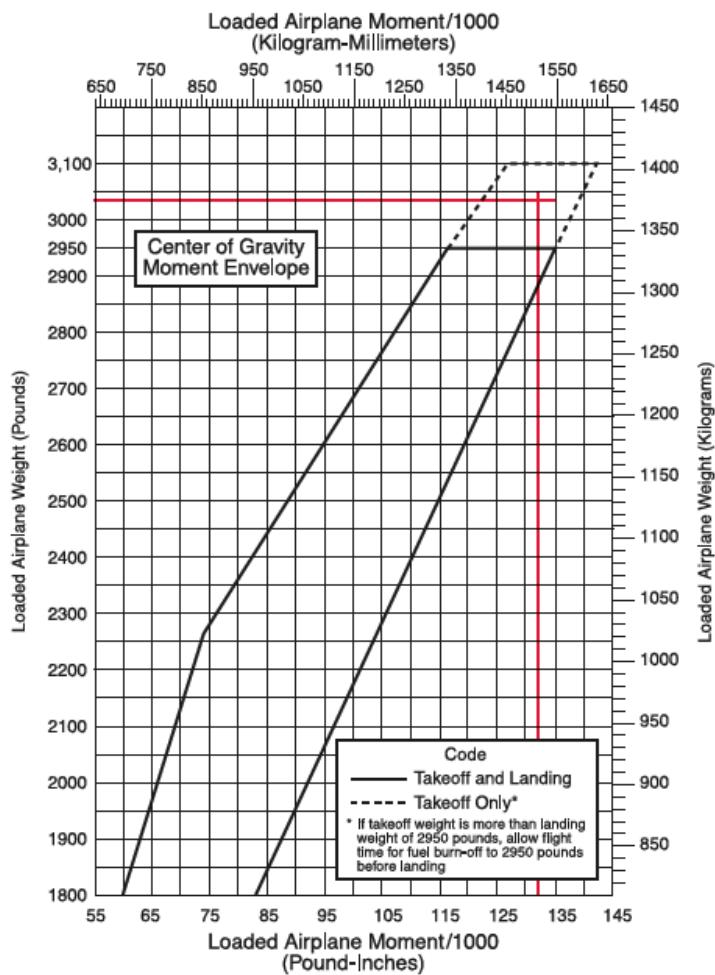


图4

(转下一页)

3.1.3 程序

3.1.3.1 重量及重心查表 (4/4)

备注:

知识掌握程度:

- 掌握载重配平单的重量与重心计算;
- 掌握是否燃油、乘客及货物重量超限;
- 理解重量重心包线图;
- 掌握重量移动与增减计算。

知识要点:

(接上一页)

四、重量移动与增减计算

1、重量的移动

当重量从一个位置移向新的位置时，飞机的总重量没有发生变化，而总力矩却发生了变化。这样飞机的重心也会发生变化。

公式：

$$\frac{\text{移动的重量}}{\text{飞机的总重量}} = \frac{\text{重心改变量}}{\text{重量移动的力臂改变量}}$$

2、重量的增减

飞行准备结束后，有时会发生一些情况对飞机的装载或者人员进行调整。这必然会改变飞机的重心。一般来说，燃油消耗对飞机的重心也会产生影响。

公式：

$$\text{新重心位置} = \frac{\text{原总力矩} \pm \text{变化的力矩}}{\text{原重量} \pm \text{变化的重量}}$$

思考题:

飞机原重 6680 磅，原重心位置 80 英寸，准备在力臂为 150 英寸的行李舱中增加行李 140 磅。试确定新的重心位置。

3. 1. 3程序

3. 1. 3. 2飞机重量和平衡文件

备注:

知识掌握程度:

- 了解重量和平衡报告;
- 了解设备清单和目录;
- 了解飞机称重;
- 了解压舱物（临时的和永久的）。

知识要点:

1、重量和平衡报告

重量和平衡报告在使用飞机前的原始数据，所有影响空机重量和重心的永久性的设备安装或维修都必须记录在重量和平衡报告中。

2、设备清单和目录

设备清单和目录是对于该飞机上设备的清单，该清单会给出飞机的设备种类，型号，制造商，安装日期等信息。

3、飞机称重

飞机刚出厂时要进行称重，通常是用地磅来称重。对维修过的飞机要进行重新的称重作业。



图1

4、压舱物（临时的和永久的）

压舱物是指为了改变飞机重心而携带的物体，通常分为临时压舱物和永久压舱物。

思考题:

压舱物分为哪两类？

3.2.1 基本概念

3.2.1.1 性能术语及速度定义

备注:

知识掌握程度:

理解密度高度的概念;

理解关键发动机的概念;

掌握 V_{mc} , V_{mcg} , V_1 , V_2 , V_R , V_{yse} , V_{xse} , V_{sse} 。

知识要点:

1、密度高度

密度高度是实际高度的空气密度在国际标准大气上对应的高度。能直接用来确定飞机的飞行性能。

2、关键发动机

关键发动机是指其失效对飞机的性能品质影响最大的发动机。

3、 V_{mc} , V_{mcg} , V_{yse} , V_{xse} , V_{sse}

V_{mc} : 校正空速, 在该速度, 当临界发动机突然停车时, 能在该发动机继续停车情况下保持对飞机的操纵, 在相同的速度下维持坡度不大于5度的直线飞行。

V_{mcg} : 是校正空速, 在该速度, 当临界发动机突然停车时, 能在该发动机停车的情况下, 只用方向舵在维持飞机起飞滑跑。

V_{yse} : 飞机一发失效的最佳爬升率速度。

V_{xse} : 飞机一发失效的最大爬升角速度。

V_{sse} : 飞机一发失效的最小操作速度。通常在教学训练时, 有意令一台发动机失效或者处于慢车条件下, 飞机所需的最小速度。

V_1 : 起飞决断速度。此速度是飞行员必须做出继续起飞或中断起飞的决断的依据。

V_2 : 起飞安全速度。

V_R : 抬前轮速度。

思考题:

一发失效后飞机要想获得最佳的爬升率, 飞机要保持怎样的速度?

3.2.1 基本概念

3.2.1.2 基本要素

备注:

知识掌握程度:

理解根据给定温度与压强计算密度高度。

知识要点:

影响密度高度的因素有温度、湿度、压强。空气的密度减小意味着高的密度高度，对应的飞行性能降低，相反，空气的密度增加意味着低的密度高度，飞机的飞行性能增加。

密度高度与气压高度的关系可近似表示为：

$$\text{密度高度} \approx \text{气压高度} * \frac{T}{T_{isa}}$$

T, Tisa分别为实际大气温度和标准大气温度，单位为K。

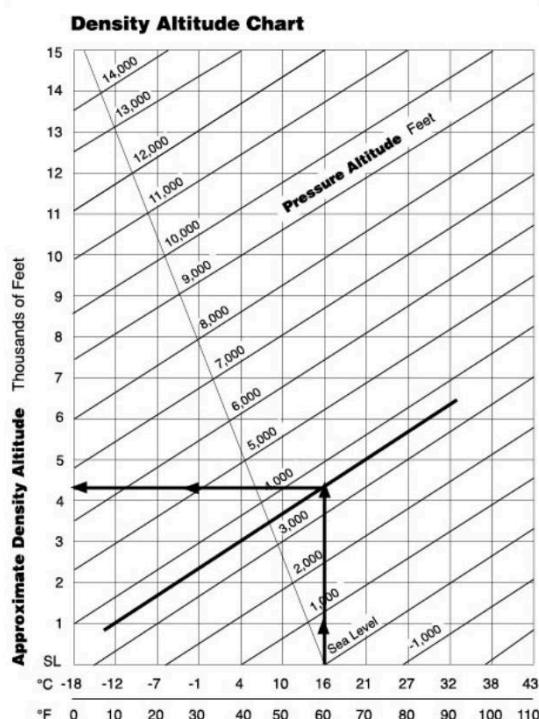


图1

思考题:

影响密度高度的因素有哪些？

3. 2. 2 起飞和着陆性能

3. 2. 2. 1 影响因素

备注:

知识掌握程度:

理解影响起飞、着陆及起飞爬升的因素（风分量的方向和大小；温度；QNH；压力高度；机场标高；跑道坡度；道面条件）。

知识要点:

因素		起飞性能	起飞爬升性能	着陆性能
重量	重	增加起飞距离	减小爬升率	增加着陆距离
	轻	减小起飞距离	增加爬升率	减小着陆距离
跑道坡度	上坡	增加起飞距离	不适用	减小着陆距离
	下坡	减小起飞距离	不适用	增加着陆距离
风	顺风	增加起飞距离	不影响爬升率，爬升梯度降低	增加着陆距离
	逆风	减小起飞距离	不影响爬升率，爬升梯度增加	减小着陆距离
道面情况	湿	增加起飞距离	不适用	增加着陆距离
密度高度	高	增加起飞距离	减小爬升率	增加着陆距离
	低	减小起飞距离	增加爬升率	减小着陆距离
重心位置	后		增加爬升率	
	前		减小爬升率	
外界温度	高	增加起飞距离	减小爬升率	增加着陆距离
	低	减小起飞距离	增加爬升率	减小着陆距离
湿度	高	增加起飞距离	减小爬升率	增加着陆距离
	低	减小起飞距离	增加爬升率	减小着陆距离

思考题:

跑道上坡对起飞距离，着陆的影响？

3.2.2 起飞和着陆性能

3.2.2.2 起飞性能 (1/4)

备注:

知识掌握程度:

- 理解可用起飞距离、起飞距离、起飞滑跑距离；
- 掌握起飞性能图表确定起飞速度，起飞距离；
- 理解起飞时的功率和襟翼设定；
- 理解特殊跑道起飞的性能限制（短、软）；
- 理解起飞爬升的爬升梯度、爬升角及爬升率。

知识要点:

1、可用起飞距离、起飞距离、起飞滑跑距离

可用起飞距离通常是跑道全长，如果跑道有净空道。可用起飞距离为跑道全长加上净空道的长度。

起飞距离是飞机起飞滑跑到距离道面50英尺越障高度地面所经过的距离。

起飞滑跑距离是飞机起飞滑跑到脱离道面地面所经过的距离。

2、起飞性能图表确定起飞速度，起飞距离

例：参考图1，求机场外界温度8度，机场气压高度1250ft，飞机重量3430磅，顶风6kt，求50英尺越障的短跑道起飞距离，起飞滑跑距离和起飞抬轮速度。

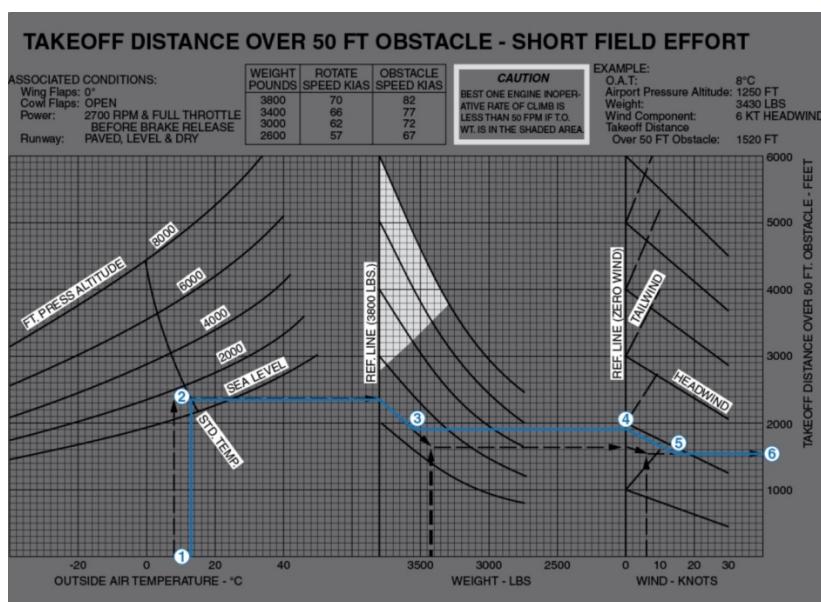


图 1

(转下一页)

3.2.2 起飞和着陆性能

3.2.2.2 起飞性能 (2/4)

备注:

知识掌握程度:

- 理解可用起飞距离、起飞距离、起飞滑跑距离；
- 掌握起飞性能图表确定起飞速度，起飞距离；
- 理解起飞时的功率和襟翼设定；
- 理解特殊跑道起飞的性能限制（短、软）；
- 理解起飞爬升的爬升梯度、爬升角及爬升率。

知识要点:

(接上一页)

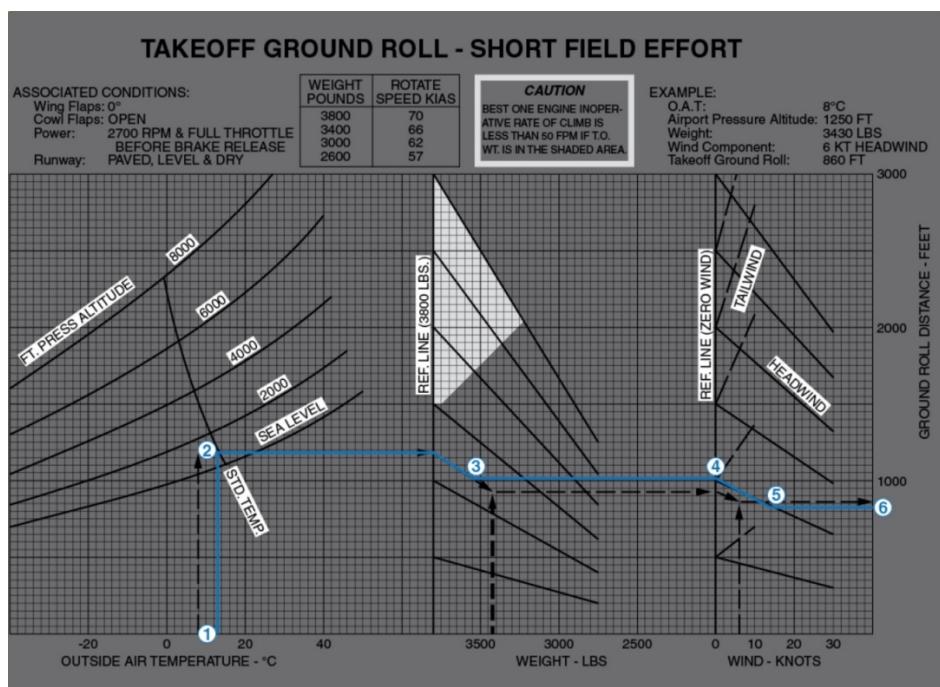


图2

解：

50英尺越障的短跑道起飞距离可以参考图1例子得1520ft。

短跑道起飞滑跑距离可以参考图2例子得860ft。

抬轮速度可通过重量3430磅查图1上部表格，线性插值得到66kt。

(转下一页)

3.2.2 起飞和着陆性能

3.2.2.2 起飞性能 (3/4)

备注:

知识掌握程度:

- 理解可用起飞距离、起飞距离、起飞滑跑距离;
掌握起飞性能图表确定起飞速度，起飞距离;
理解起飞时的功率和襟翼设定;
理解特殊跑道起飞的性能限制(短、软);
理解起飞爬升的爬升梯度、爬升角及爬升率。

知识要点:

(接上一页)

SHORT FIELD TAKEOFF DISTANCE AT 2450 POUNDS

CONDITIONS:

Flaps 10°
Full Throttle Prior to Brake Release
Zero Wind
Paved, level, dry runway
Lift Off: 51 KIAS
Speed at 50 Ft: 57 KIAS

Press Alt In Feet	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst
S. L.	845	1510	910	1625	980	1745	1055	1875	1135	2015
1000	925	1660	1000	1790	1075	1925	1160	2070	1245	2220
2000	1015	1830	1095	1970	1185	2125	1275	2290	1365	2455
3000	1115	2020	1205	2185	1305	2360	1400	2540	1505	2730
4000	1230	2245	1330	2430	1435	2630	1545	2830	1655	3045
5000	1355	2500	1470	2715	1585	2945	1705	3175	1830	3430
6000	1500	2805	1625	3060	1750	3315	1880	3590	2020	3895
7000	1660	3170	1795	3470	1935	3770	2085	4105	2240	4485
8000	1840	3620	1995	3975	2150	4345	2315	4775	---	---

NOTE

- Short field technique as specified in Section 4.
- Prior to takeoff from fields above 3000 feet elevation, the mixture should be leaned to give maximum RPM in a full throttle, static runup.
- Decrease distances 10% for each 9 knots headwind. For operation with tail winds up to 10 knots, increase distances by 10% for each 2 knots.
- For operation on dry grass runway, increase distances by 15% of the "ground roll" figure.
- Where distance value has been deleted, climb performance is minimal.

图3

例：参考图3，求机场外界温度8度，机场气压高度1500ft，飞机重量2450磅，顶风6kt，求50英尺越障的短跑道起飞距离，起飞滑跑距离和起飞抬轮速度。

解：根据表格我们可以通过双线性内插值得到机场气压高度1500ft，外界温度8度所对应的起飞滑跑距离和50ft越障距离为1032ft, 1853ft。根据note，我们要修正风对距离的影响，本题顶风6kt，所以距离要减少 $10\% * \frac{6}{9} \approx 6.67\%$ 。最后修正距离后得起飞滑跑距离和50ft越障距离为963ft, 1729ft。

(转下一页)

3. 2. 2 起飞和着陆性能

3. 2. 2. 2 起飞性能 (4/4)

备注:

知识掌握程度:

理解可用起飞距离、起飞距离、起飞滑跑距离；

掌握起飞性能图表确定起飞速度，起飞距离；

理解起飞时的功率和襟翼设定；

理解特殊跑道起飞的性能限制（短、软）；

理解起飞爬升的爬升梯度、爬升角及爬升率。

知识要点:

（接上一页）

3、起飞时的功率和襟翼设定

飞机起飞时功率是全功率，襟翼位置为起飞位。

4、特殊跑道起飞的性能限制（短跑道、松软跑道）

在短跑道起飞，首先必须确保跑道长度在飞机的极限性能之内。在短跑道起飞时要有效的使用所飞飞机的最大爬升角速度和最大爬升率速度。

在松软跑道起飞，要求飞机在可能情况下尽快升空，以减少草坪、软沙、雪等道面引起的阻力。飞机离地后，应柔和减小姿态，使飞机维持在一个刚好的离地高度上平飞，平飞加速到最大爬升率速度。

5、理解起飞爬升的爬升梯度、爬升角及爬升率

爬升梯度是飞机爬升的高度与水平距离的比值，爬升角度越大，爬升梯度越大。

爬升梯度的公式

$$\sin \theta = \frac{F_a - F_{re}}{W} = \frac{P_{剩}}{W}$$

爬升率是单位时间内上升的速度，是个速度值。

爬升率的公式

$$roc = V * \sin \theta = V * \left(\frac{F_a - F_{re}}{W} \right) = \frac{P_{剩}}{W}$$

思考题:

图1机场外界温度0度，机场气压高度2500ft，飞机重量3500磅，顶风10kt，求50英尺越障的短跑道起飞距离？

3.2.2 起飞和着陆性能

3.2.2.3 着陆性能 (1/2)

备注:

知识掌握程度:

理解可用着陆距离、着陆距离;

掌握着陆性能图表确定进近速度、着陆距离;

理解着陆时的功率和襟翼设定。

知识要点:

1、可用着陆距离、着陆距离

可用着陆距离通常是跑道全长，如果着陆方向有跑道入口内移情况出现，应从内移入口算起到跑道末端。

着陆距离是飞机高于道面50英尺的一点到飞机完全停止所需要的水平距离。

2、陆性能图表确定进近速度、着陆距离

例1：参考图1，机场外界温度8度，气压高度680ft，重量3107磅，顶风5kt，求飞机着陆距离与进近速度？

解：图中左侧ASSOCIATED CONDITIONS是此张性能表假设前提条件。图1虚线给出了作图方法，得出着陆距离1238ft。进近速度可以用3107磅的重量垂直画一个直线与进近速度相交得68kt。

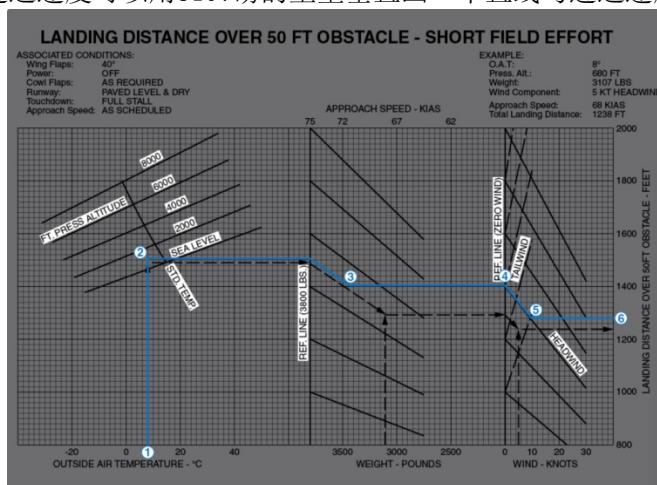


图1

(转下一页)

3. 2. 2 起飞和着陆性能

3. 2. 2. 3 着陆性能 (2/2)

备注:

知识掌握程度:

理解可用着陆距离、着陆距离;

掌握着陆性能图表确定进近速度、着陆距离;

理解着陆时的功率和襟翼设定。

知识要点:

(接上一页)

例2: 参考图2, 机场外界温度10度, 气压高度700ft, 重量2450磅, 顶风5kt, 求飞机着陆距离?

解: 有图2根据机场外界温度10度, 气压高度700ft。通过线性内插值可得飞机着陆距离为1301ft。根据顶风5kt, 进行修正距离减少5.56%, 得飞机着陆距离为1229ft。

**SHORT FIELD LANDING DISTANCE
AT 2450 POUNDS**

CONDITIONS:

Flaps Full
Power Off
Maximum Braking

Paved, level, dry runway
Zero Wind
Speed at 50 Ft: 62 KIAS

Press Alt In Feet	0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	Grnd Roll Ft	Total Ft To Clear 50 Ft Obst								
S. L.	525	1250	540	1280	560	1310	580	1340	600	1370
1000	545	1280	560	1310	580	1345	600	1375	620	1405
2000	565	1310	585	1345	605	1375	625	1410	645	1440
3000	585	1345	605	1380	625	1415	650	1445	670	1480
4000	605	1380	630	1415	650	1450	670	1485	695	1520
5000	630	1415	650	1455	675	1490	700	1525	720	1560
6000	655	1455	675	1490	700	1530	725	1565	750	1605
7000	680	1495	705	1535	730	1570	755	1610	775	1650
8000	705	1535	730	1575	755	1615	780	1655	810	1695

NOTE

- Short field technique as specified in Section 4.
- Decrease distances 10% for each 9 knots headwind. For operation with tail winds up to 10 knots, increase distances by 10% for each 2 knots.
- For operation on dry grass runway, increase distances by 45% of the "ground roll" figure.
- If landing with flaps up, increase the approach speed by 7 KIAS and allow for 35% longer distances.

图2

3、着陆时的功率和襟翼设定

着陆时飞机的功率通常慢车位, 襟翼为着陆位置。

思考题:

图1机场外界温度10度, 气压高度900ft, 重量3100磅, 顶风5kt, 求飞机着陆距离与进近速度?

3.2.3 爬升巡航下降性能

3.2.3.1 参数及图表 (1/2)

备注:

知识掌握程度:

理解爬升性能图表，计算爬升所用时间、速度、距离及燃油流量。

知识要点:

从爬升性能表中，可以确定出飞机从机场起飞上升到巡航高度所需要的时间，距离和油量。

例1：参考图1，机场外界温度8度，机场气压高度1250ft，爬升到巡航高度5500ft，巡航外界温度-2度，求爬升油量，时间，距离？

解：通过机场外界温度和气压高度得到油量0.5GAL，时间1MIN，距离1NM。通过巡航高度和巡航高度上的外界温度得到油量5GAL，时间11MIN，距离17NM。巡航减去机场的值就是从机场爬升到巡航所需的时间，距离和油量。

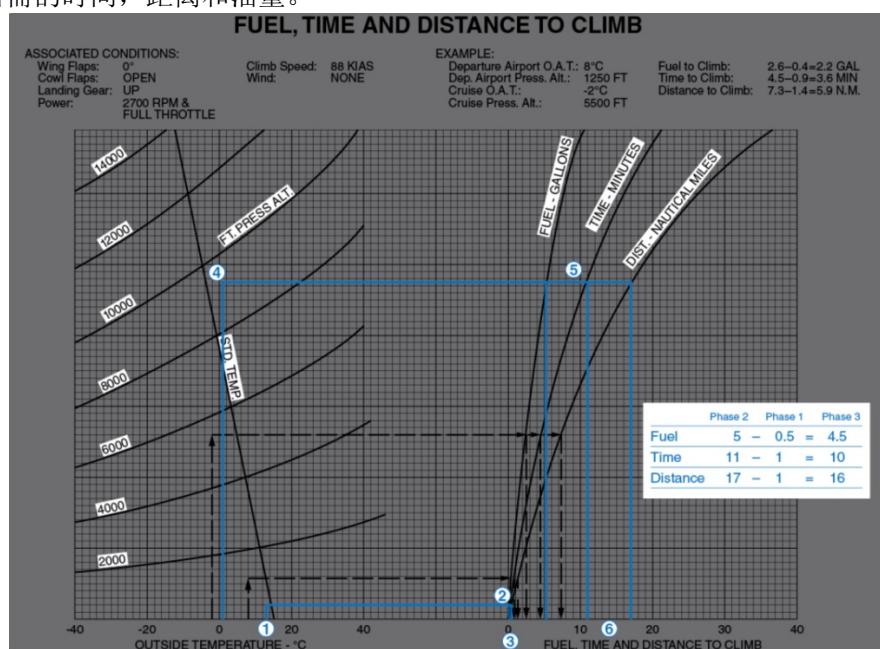


图1

(转下一页)

3.2.3 爬升巡航下降性能

3.2.3.1 参数及图表 (2/2)

备注:

知识掌握程度:

理解爬升性能图表，计算爬升所用时间、速度、距离及燃油流量。

(接上一页)

例2: 参考图2, 机场外界温度8度, 机场气压高度1250ft, 飞机重量2450磅, 爬升到巡航气压高度5500, 巡航外界温度-2度, 求爬升油量, 时间, 距离?

解: 巡航气压高度 5500ft, 温度 -2 度, 可线性插值得时间, 油量, 距离为 9MIN, 1.95GAL, 12.5NM。温度为-2度, 所以不需要修正时间, 油量, 距离。

TIME, FUEL AND DISTANCE TO CLIMB AT 2450 POUNDS

CONDITIONS:

Flaps Up
Full Throttle
Standard Temperature

PRESS ALT FT	TEMP °C	CLIMB SPEED KIAS	RATE OF CLIMB FPM	FROM SEA LEVEL		
				TIME IN MIN	FUEL USED GAL	DIST NM
S.L.	15	79	720	0	0.0	0
1000	13	78	670	1	0.4	2
2000	11	77	625	3	0.7	4
3000	9	76	575	5	1.2	6
4000	7	76	560	6	1.5	8
5000	5	75	515	8	1.8	11
6000	3	74	465	10	2.1	14
7000	1	73	415	13	2.5	17
8000	-1	72	365	15	3.0	21
9000	-3	72	315	18	3.4	25
10,000	-5	71	270	22	4.0	29
11,000	-7	70	220	26	4.6	35
12,000	-9	69	170	31	5.4	43

NOTE

- Add 1.1 gallons of fuel for engine start, taxi and takeoff allowance.
- Mixture leaned above 3000 feet elevation for maximum RPM.
- Increase time, fuel and distance by 10% for each 10°C above standard temperature.
- Distances shown are based on zero wind.

图2

思考题:

图 1 机场外界温度 10 度, 机场气压高度 1550ft, 爬升到巡航高度 7500ft, 巡航外界温度-5 度, 求爬升油量, 时间, 距离?

3.2.4 多发飞机性能

3.2.4.1 一发失效

备注:

知识掌握程度:

- 理解一发失效对性能的影响，速度限制；
- 理解一发失效对起飞爬升下降着陆的性能影响；
- 理解一发失效后的升限。

知识要点:

1、一发失效对性能的影响；速度限制

一发失效后产生额外的阻力，严重影响飞行性能。一发失效后速度一定要大于Vmc。

2、一发失效对起飞爬升下降着陆的性能影响

因双发飞机一发失效后可用功率有可能无法满足飞机所需功率。致使飞行过程中会产生满足不了航路超障余度的要求。所以双发飞机的爬升必须要考虑一发失效后的爬升性能与一发失效后的升限。

3、一发失效后的升限

一发失效后的实用升限是飞机一发失效后仍然有50ft/min能的爬升能力所对应的高度。

例：图1外界温度8度，气压高度1250，飞机重量3430磅，2700RPM，满油门，一发失效后飞机的爬升率是多少？

解图1找到温度和气压相交的点，水平画与飞机重量相交，然后垂直向下画得出一发失效后的爬升率285FPM。

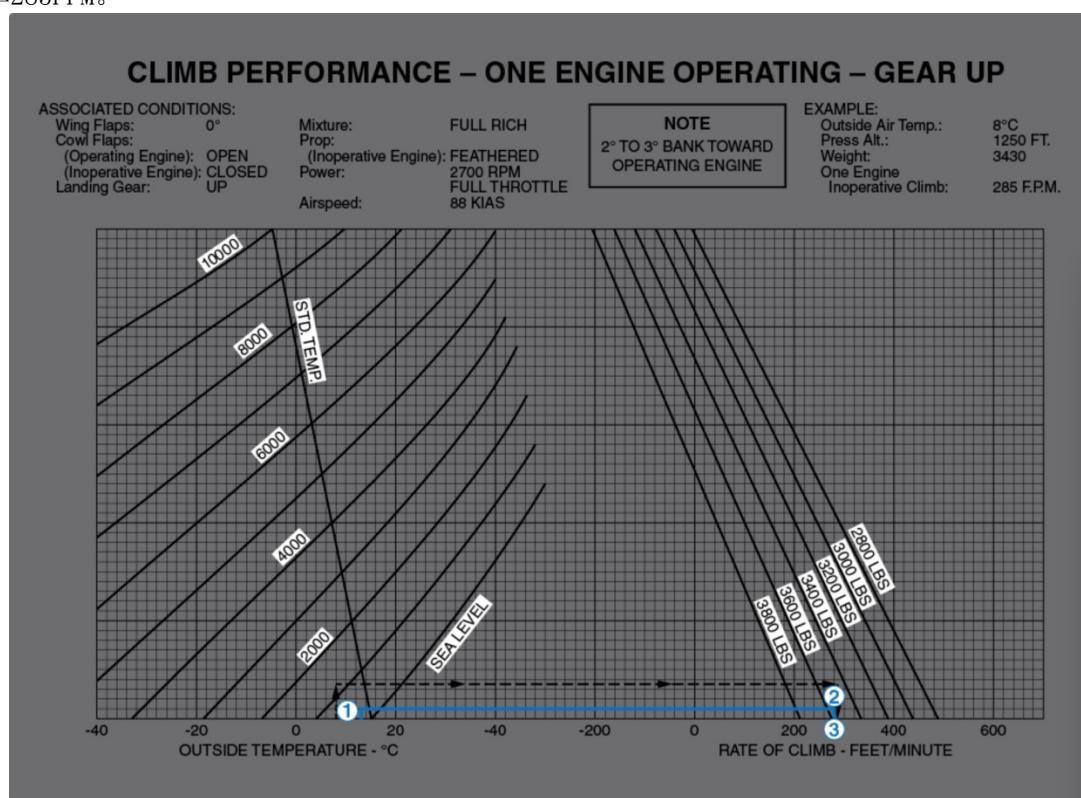


图1

思考题:

外界温度 0 度，气压高度 3250，飞机重量 3230 磅，2700RPM，满油门，一发失效后飞机的爬升率是多少？

3.3.1 目视飞行计划制定与提交

备注: CCAR 91.153

3.3.1.1 飞行计划的制定流程

知识掌握程度:

了解目视飞行计划的制定流程。

知识要点:

飞行计划的一般制定流程:

- 1、航空器适航限制的分析
- 2、航行资料分析
- 3、天气资料分析
- 4、备降场的选择
- 5、航行要素的分析
- 6、航路资料查找
- 7、航路资料总结
- 8、燃油的计算
- 9、飞行计划的制定
- 10、ICAO 飞行计划

思考题:

目视飞行计划的流程是?

3.3.1 目视飞行计划制定与提交

3.3.1.2 飞行计划的提交

备注: 民用航空飞行动态固定格式电报管理规定（AP-93-01）第一章 第二条、第二章 第十二、十五、十六、十七、十八条

知识掌握程度:

了解飞行计划的提交。

知识要点:

飞行计划的提交和审查，电报的编辑、拍发、接受和传递等应当符合民用航空飞行动态固定格式电报管理规定的要求。

航空器营运人及其代理人获得相关预先飞行计划批复后方可提交飞行计划。提交飞行计划的内容应当与预先飞行计划批复一致。

航空器营运人及其代理人应当于航空器预计撤轮挡时间 2 小时 30 分钟前提交飞行计划。遇有特殊情况，经与计划受理单位协商，最迟不晚于航空器预计撤轮挡时间前 75 分钟提交飞行计划。国内航空器营运人执行国内飞行任务不得早于预计撤轮挡时间前 24 小时提交飞行计划；航空器营运人执行其他任务不得早于预计撤轮挡时间前 120 小时提交飞行计划。航空器营运人及其代理人不得为同一飞行活动重复提交飞行计划。

当已拍发飞行计划需要取消或者预计需要取消时，航空器营运人及其代理人应当及时提交取消申请，需要时，可重新提交新的飞行计划。

当航空器飞行计划变化时，航空器营运人及其代理人应当与航空器预计撤轮挡时间前 45 分钟提交飞行计划修改，并应在最后通知的预计撤轮挡时间后 3 小时 30 分钟以内提交飞行计划修改。

当航空器飞行计划预计或者已经推迟 30 分钟以上时，航空器营运人及其代理人应当立即提交飞行计划延误情况。

思考题:

目视飞行计划需要通告或报告吗？

3.3.2 目视飞行计划内容

备注: CCAR91.153

3.3.2.1 飞行计划的内容

知识掌握程度:

了解目视飞行规则;
理解目视飞行计划的内容。

知识要点:

1、目视飞行规则

如本场空域符合目视气象条件，可以在本场按目视飞行规则飞行；如当前气象报告或当前气象报告和气象预报的组合表明本场、航路和目的地的天气符合目视气象条件，可以按照目视飞行规则进行航路飞行。

2、目视飞行规则飞行计划的要求及内容

航空器驾驶员提交的按目视飞行规则飞行计划必须包括以下内容：

- (1) 该航空器国籍登记号和无线电呼号（如需要）。
- (2) 该航空器的型号，或者如编队飞行，每架航空器的型号及编队的航空器数量。
- (3) 机长的姓名和地址，或者如编队飞行，编队指挥员的姓名和地址。
- (4) 起飞地点和预计起飞时间。
- (5) 计划的航线、巡航高度（或飞行高度层）以及在该高度的航空器真空速。
- (6) 第一个预定着陆地点和预计飞抵该点上空的时间。
- (7) 装载的燃油量（以时间计）。
- (8) 机组和搭载航空器的人数。
- (9) 局方和空中交通管制要求的其他任何资料。

3、当批准的飞行计划生效后，航空器机长拟取消该飞行时，必须向空中交通管制机构报告。

思考题:

何为目视飞行规则？

3.3.2 目视飞行计划内容

3.3.2.2 飞行计划的燃油要求

备注: CCAR91.153

知识掌握程度:

理解目视飞行计划的燃油要求。

知识要点:

目视飞行规则条件下飞行的燃油要求:

1、飞机驾驶员在目视飞行规则条件下开始飞行前，必须考虑风和预报的气象条件，在飞机上装载足够的燃油，这些燃油能够保证飞机飞到第一个预定着陆点着陆，并且此后按正常的巡航速度还能至少飞行30分钟（昼间）或45分钟（夜间）。

2、在计算所需的燃油和滑油量时，至少必须考虑下列因素：

- (1) 预报的气象条件；
- (2) 预期的空中交通管制航路和交通延误；
- (3) 释压程序（如适用），或在航路上一台动力装置失效时的程序；

思考题:

目视飞行规则下，昼间飞行，燃油要求能够保证飞机飞到第一个预定着陆点着陆，并且此后按正常的巡航速度还能至少飞行多长时间？

3.3.2 目视飞行计划制定

3.3.2.3 ICAO飞行计划填写

备注:

知识掌握程度:

掌握ICAO飞行计划的填写。

知识要点:

符合目视飞行规则、本场航路目的地机场的气象条件:

目视飞行计划的要求项目 (ICAO飞行计划) 内容包括: 飞行任务性质、航空器呼号、航空器型号别、机载设备、真空速或马赫数、起飞机场、预计起飞时间、巡航高度层、目的地机场、预计飞行时间、航空器国籍和登记标志等信息。格式如下:

The diagram illustrates the structure of an ICAO Flight Plan (FPL) message, divided into several fields:

- 1. 航空器识别码 (Flight Plan Address):** 《=FF →》, followed by the aircraft's callsign.
- 2. 航空器操作员 (Operator):** 航空器操作员的名称或识别码.
- 3. 航空器识别 (Aircraft Identification):** 包含航空器类型 (TYPE OF AIRCRAFT), 航空器识别码 (AIRCRAFT IDENTIFICATION), 预计飞行时间 (EXPECTED TIME), 风速 (WIND), 风向 (DIRECTION), 高度 (LEVEL), 和航路 (ROUTE).
- 4. 航空器性能 (Aircraft Performance):** 包含最大速度 (MAXIMUM SPEED), 真空速 (TRUE AIR SPEED), 和爬升率 (CLIMB RATE).
- 5. 起飞机场 (Departure Aerodrome):** 起飞机场的名称或识别码.
- 6. 目的地机场 (Arrival Aerodrome):** 目的地机场的名称或识别码.
- 7. 补充信息 (Supplementary Information):** 包含航程 (ENDURANCE), 预计到达时间 (ESTIMATED ARRIVAL TIME), 应急频率 (EMERGENCY FREQUENCY), 救援设备 (RESCUE EQUIPMENT), 货物 (CARGO), 容量 (CAPACITY), 重量 (WEIGHT), 和重心 (CENTRE OF GRAVITY).
- 8. 机载设备 (Aircraft Equipment):** 包含通信 (COMM), 导航 (NAV), 避障 (TERRAIN AVOIDANCE), 和其他 (OTHER).

图1

思考题:

ICAO 目视飞行计划需要机载设备信息吗?

4.1.1 与飞行相关的健康问题

备注:

知识掌握程度:

了解常见的不健康因素对飞行员行为表现的影响;
了解酒精、药物、毒品对人的能力和行为的影响。

知识要点:

1. 常见的不健康因素

(1) 冠心病会导致心脏缺血，产生心绞痛，如果动脉壁上的斑块形成溃疡或破裂，就会形成血栓，使整个血管血流完全中断，发生急性心肌梗死，甚至猝死。冠心病及其相关事件可以导致严重的失能事件发生。

(2) 感冒会导致飞机爬升或下降过程中更容易出现耳胀或耳压疼痛等气压性损伤症状。

(3) 食欲不振、胃肠涨气、腹泻等胃肠不适都会影响飞行员的工作表现。

(4) 高血压是最常见的慢性病，也是心脑血管病最主要的危险因素。飞行员应注意自我保健，一旦确诊为高血压，就应遵照医生要求采取服用降压药等措施，有效控制血压在正常范围以内，再执行飞行任务。

(5) 由于经常需要长时间飞行，飞行员们常高蛋白、高脂肪饮食，驾驶舱干燥导致失水较多，如果补水不足，体液消耗多，尿液常过度浓缩，容易形成肾结石、输尿管结石、膀胱结石等。一旦发生绞痛，将会影响飞行员的操作表现，绞痛的疼痛程度甚至可以让飞行员晕厥过去。

2. 酒精、药物、毒品的影响

(1) 酒精在抑制中枢神经系统的同时，会使心率加快、血压增高。酒精对飞行安全的危害相当严重，可以降低飞行员对飞行操作的控制能力，使飞行员更容易发生空间失定向以及缺氧症。

(2) 药物存在副作用，即便是服用一些常用药也可能影响飞行安全，飞行员不能随意服用药物，更不能滥用，服药需遵医嘱或与航医进行讨论。

(3) 飞行员应深刻认识到沾染毒品是飞行运行安全的重大威胁和隐患，可能意味着职业生涯的结束甚至家破人亡的严重后果。吸毒对身心具有很强的毒性作用，导致机体的功能失调和组织病理变化以及精神障碍，出现感觉迟钝、运动失调、定向障碍、幻觉、妄想等问题，而且吸毒者很容易产生强烈的依赖性，之后难以戒断，甚至死于严重的身体戒断反应引起的各种并发症。

思考题:

飞行员能否在飞行前饮用一些低浓度的酒精饮料？

4.1.2 高空低气压的影响

4.1.2.1 高空胃肠胀气

备注:

知识掌握程度:

了解高空胃肠胀气的影响;
掌握高空胃肠胀气的预防方法。

知识要点:

随着飞行高度的增加，由于外界压力降低，滞留在胃肠道的气体便会发生膨胀，轻者感到胃肠不适，重者可感到腹胀和腹痛，在极端的情况下可引起晕厥。

高空肠胃胀气的预防方法:

1. 采用通风式密封增压座舱。
2. 遵守饮食制度，保持胃肠道机能。
 - (1) 提早进餐，定时、定量，细嚼慢咽；
 - (2) 易消化、少产气、低刺激性饮食；
 - (3) 飞行前排空大、小便；
 - (4) 发现并治疗胃肠道疾病。

思考题:

一位飞行员在飞行前半小时快速吃了很多豆类食品，并喝了很多碳酸饮料，飞到高空后，容易出现何种症状？

4.1.2 高空低气压的影响

4.1.2.2 高空减压病

备注:

知识掌握程度:

- 理解在飞行运行中产生减压病的原因;
- 了解减压病可能发生的高度;
- 了解减压病的症状;
- 掌握如何预防减压病;
- 掌握潜水对飞行的影响。

知识要点:

1. 飞机爬升时到高空时，在组织、体液中溶解的氮气呈现过饱和状态而离析出来形成气泡，压迫、刺激局部组织，在血管内形成气栓或与血液成分发生相互反应，从而引起的一种综合病症，称为高空减压病。
2. 高空减压病的发病大多数都是在上升到8000米以上高空，停留一段时间以后发病。
3. 其主要表现为关节疼痛，有时出现皮肤刺痛或瘙痒感觉以及咳嗽、胸痛等，严重时还可有中枢神经系统症状，极端的情况下可导致休克。
4. 增压座舱出现失压情况后，应尽快操纵飞机下降高度。
5. 飞行员在潜水后参加飞行容易出现减压病。通常建议在非减压性潜水（深度小于10米）之后，至少应相隔12小时以上才能飞行，减压性潜水（深度大于10米）之后，则应该间隔24小时后才能飞行。

思考题:

一名飞行员飞到三亚后，与朋友一起去潜水俱乐部潜水，第二天一早执行航班任务，容易出现何种症状？

4.1.2 高空低气压的影响

4.1.2.3 中耳气压性损伤

备注:

知识掌握程度:

了解中耳气压性耳压的原因;
掌握中耳气压性损伤的预防方法。

知识要点:

1. 中耳咽鼓管结构的特殊性是导致中耳气压性损伤的原因。

飞机爬升时，鼓室压力大于外界环境压力，鼓室正压达到一定程度，咽鼓管可被冲开，除非有咽鼓管的严重阻塞，一般不会引起中耳气压损伤。

飞机下降时，外界环境压力大于鼓室压力，鼓室形成负压，因咽鼓管是“单向活门”，不能自行开放，必须主动做咽鼓管通气动作，才能使之开放。如鼓室负压持续存在且一直不能消除，则可形成中耳气压损伤。

中耳气压性损伤多发生于4000米以下，尤以1000-2000米高度为最多。

2. 感冒可造成咽鼓管肿胀，使咽鼓管开放困难，更易出现中耳气压损伤。因此，感冒时应尽量避免飞行。

预防中耳气压性损伤，需要主动作咽鼓管通气动作，常见的方法有：

- (1) 吞咽法
- (2) 捏鼻鼓气法（瓦尔萨瓦氏法）（感冒时谨慎使用）
- (3) 运动下颌法
- (4) 运动软腭法，如模拟打呵欠

思考题:

如何预防中耳气压性损伤？

4.1.2 高空低气压的影响

4.1.2.4 缺氧

备注:

知识掌握程度:

- 理解缺氧的影响;
- 了解缺氧的类型;
- 理解缺氧的症状和后果;
- 理解“有效意识时间”的概念和影响“有效意识时间”的因素;
- 了解高度对“有效意识时间”的影响。

知识要点:

1. 缺氧

氧气对维持人的生命具有重要作用。缺氧是指人体组织得不到正常的氧气供应，或者不能充分利用氧气来进行代谢活动所引起的一系列生理及病理性反应。

2. 缺氧的类型

缺氧主要分为缺氧性缺氧、贫血性缺氧、循环停滞性缺氧和组织中毒性缺氧。

3. 缺氧的症状及后果

缺氧无明显的、特异的痛苦症状。缺氧早期，会出现假兴奋，真抑制的现象，即情绪兴奋，智力抑制（智力抑制表现在前，情绪兴奋在后），飞行员容易低估其危险性，丧失补救时机。

缺氧对视觉影响很大，会导致感光能力和夜视能力下降，视野缩小。神经系统机能受到缺氧的影响，会出现智力功能障碍，自省力差，理解判断能力被破坏，记忆力逐渐减退，注意力减弱，选择反映时间变长，眼手运动协调机能受损，情绪改变及情感障碍，精神紊乱，严重的导致意识模糊直至丧失意识甚至死亡。

4. 有效意识时间

有效意识时间是指在特定高度上失压、缺氧后，可供飞行员进行合理决策并采取措施的最大时间限度，亦指在没有氧气供给的情况下飞行员能有效地维持正常操作的时间。□

飞机的飞行高度、爬升率、个体是否有身体活动、身体健康状况、是否吸烟等都会影响有效意识时间的长短。高度对于有效意识时间的影响参见下表。

高度	有效意识时间	
	安静不动	有中等程度的活动
40,000英尺	30秒	18秒
35,000英尺	45秒	30秒
30,000英尺	1分15秒	45秒
25,000英尺	3分钟	2分钟
22,000英尺	10分钟	5分钟
20,000英尺	12分钟	5分钟
18,000英尺	30分钟	20分钟

思考题:

飞行员缺氧为什么会危害飞行安全？

4.1.2 高空低气压的影响

4.1.2.5 换气过度

备注:

知识掌握程度:

理解换气过度的原因;
掌握消除换气过度的措施。

知识要点:

在应激情境或者是较高高度上缺氧时，飞行员过深过快呼吸可能引起的体内氧气过剩，导致血液中氧气与二氧化碳的化学平衡被打破的现象，称为换气过度。

换气过度与缺氧症的症状非常相似，飞行员应能够识别和判断自己处于何种状态。在飞行中，如果在供氧后仍然觉得气喘吁吁，那么就应该判断为换气过度。此时，有意识地降低呼吸频率、减小呼吸深度、找机会多说话，以及用纸袋套在口鼻处缓慢地呼吸，均有助于克服换气过度。

思考题:

为什么会出现换气过度？

4.1.3 信息处理与航空决策

4.1.3.1 信息处理

备注:

知识掌握程度:

理解感知和思维的特点和局限性;

理解注意的特点和局限性;

理解记忆的特点和局限性。

知识要点:

飞行员对感知觉到的信息加以注意，并结合已有的记忆，对当前的各种信息加以分析处理，在此基础上做出判断和决策之后付诸行动。但是人的感知、思维、注意和记忆能力都有一定的局限性。

1. 感知和思维

人的感觉能力受眼睛、耳朵、皮肤等感受器本身功能的限制，存在一定局限性。在对感觉到的信息性质、意义予以解释、命名，即加以知觉的过程中，受特定情境或者知觉者的经验、习惯和期望等影响，可能在虚无假设，从而导致错误推论。

虚无假设最危险的特点是当事者一旦陷入便很难纠正，经常发生在以下几种情景中：

- (1) 当飞行员的期望过高时，它常发生于某人在长时间经历某一特定事件或情景后；
- (2) 当飞行员的注意力转向其他方面时；
- (3) 当飞行员处于防御心理状态时；
- (4) 当飞行员注意力高度集中后的一段时间里；
- (5) 当飞行员的动作记忆出现问题时。

2. 注意

注意是心理活动（意识）对一定对象的指向和集中。

飞行员在飞行操作的过程中，需要有意识地分配自身的注意力到各个任务。由于注意资源的有限性，可能导致飞行员注意分配困难，出现“错、忘、漏”等现象。

注意力分散是指个体受分心因素的干扰而将注意力转向无关刺激或者脱离当前主要任务的现象。在驾驶舱环境中，飞行员的注意力分散还包括他们对自己注意力的不合理分配。飞行关键阶段的注意力分散可能导致危险发生。飞行员识别、管理或者消除注意力分散有助于改善工作表现，将注意力集中于主要的飞行任务，进而提高情景意识。

长期处于驾驶舱的噪声环境中，会造成飞行员注意力分散，影响工作效率，甚至影响飞行安全。

3. 记忆

记忆分为感觉记忆、短时记忆和长时记忆。

感觉记忆是记忆的开始阶段，是一种原始的感觉形式，是记忆系统在对外界信息进行进一步加工之前的暂时登记，通常保持时间很短。

短时记忆是个体对刺激信息进行加工、编码、短暂保持和容量有限的记忆。短时记忆也可以是从长时记忆提取出来的。

长时记忆主要来自短时记忆阶段加以复述的内容，其容量被认为是无限的。但长时记忆会受到主观经验和期望的影响，并随保持时间而变化，与真实的记忆场景并不完全一致。

思考题:

飞行员在飞行的关键阶段如何应对各种干扰因素？

4.1.3 信息处理与航空决策

4.1.3.2 情景意识

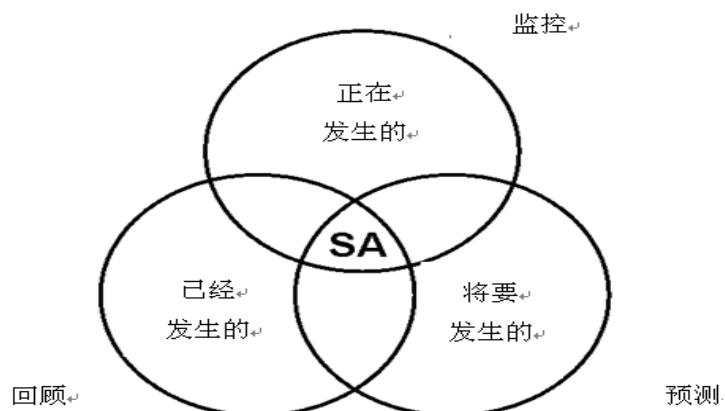
备注:

知识掌握程度:

掌握情景意识的概念及影响因素;
掌握保持良好情景意识的方法。

知识要点:

情景意识(SA)是飞行员对所处情境的知觉，包括对航空器、航路、机组成员状态等的感知、评估、预测和监控等，贯穿于整个飞行过程之中。情景意识包括发现重要事件或者问题、对问题进行理解和评价、对未来进行预测三个层次。简言之，情景意识就是飞行员对自己所处环境的认识，也就是说飞行员要知道自己周围已经发生、正在发生和将要发生什么事情。



航空理论知识、飞行技术水平、驾驶舱资源管理能力、身体健康状况和情绪、职业态度等都会影响到情景意识的好坏。

严格执行检查单、标准操作程序，设计好飞行计划和进程监视，保护关键资源，做好应激管理、避免自我引起的损害，进行工作负荷评估和时间管理、按轻重缓急处理问题，熟悉飞机系统，有合理的分配注意力的计划，交流技能和驾驶舱领导艺术等都有利于保持良好的情景意识。

思考题:

为何会发生可控飞行撞地（即飞行员把一架没有任何机械故障的飞机撞到了地面、水面、或障碍物）事故？

4.1.3 信息处理与航空决策

4.1.3.3 航空决策

备注:

知识掌握程度:

- 理解飞行员的决策与飞行安全的关系;
- 理解可能影响飞行员决策的因素;
- 掌握提高飞行员决策质量的方法。

知识要点:

由于现代驾驶舱中飞行员的任务已变成对监控飞机系统状态、获取信息、评估信息以及对信息做出反应，决策的普遍性和重要性相应增加。对连续捕获的系统信息及其评估后所做的决策对飞行安全变得十分重要，因为它引导飞行员下一步所采取的动作。实际上，恰恰是这些决策和相应的动作影响了飞机系统，进而影响飞机的性能和飞行安全。在飞行中，特别是在特殊情况下，需要机组及时做出决策，决策的过程就是解决安全问题的过程。

危险态度是影响飞行员判断的主要因素，要提高飞行员决策的质量，就必须对它们进行预防和克服。对于危险态度的矫正可采用逆向思维的方法。即当飞行员产生了五种危险态度之一，或几种危险态度同时产生，且飞行员已经意识到自己产生了这些危险态度时，应通过自己的意志努力，转换自己的认知角度。这种方法适用于飞行前、飞行中以及飞行后。如果在日常生活中经常有意识地采用这种方法，还可达到预防危险态度的目的。

五种危险态度及矫正措施

危险态度	矫正措施
反权威态度：不用你管/条例是为别人制定的	别人的建议也许是合理的/条例通常是正确的
冲动态度：没时间了，我必须现在就动手	不要过于冲动，三思而后行
侥幸心理态度：不会发生在我身上	有可能发生在我身上
炫耀态度：我做给你看，我能做到	无谓的冒险是愚蠢的
屈从态度：一切努力都是无用的	我不是无助的，我能改变现状

飞行员决策过程中的判断工具有一个为决策提供逻辑过程的六步法，即 DECIDE 模型。

- D—觉察，确定需要进行决策的情况；
- E—估计，分析对这一情况是否需要做出相应的反应；
- C—选择，选择一种有利于飞行安全的理想方案；
- I—鉴别，判断这个方案可以成功地控制发生的事情；
- D—实施，果断地采取必要的措施；
- E—评价，评估这个措施产生的效果。

DECIDE 模型中各要素组成了一个连续的闭环循环，来帮助飞行员在面对情况变化需要作出判断时进行决策。如果飞行员在作出所有决策时一直采用 DECIDE 模型，就会习惯于使用该模型，并且在各种情况下都会作出更好的决策。

思考题:

飞行员应该如何提高自己的决策能力？

4.1.4 应激与疲劳

4.1.4.1 应激

备注:

知识掌握程度:

- 理解应激的原因;
- 理解应激对行为表现的影响;
- 掌握应激管理的方法。

知识要点:

1. 应激的原因和影响

应激用来描述人体对于施加于其上的各种压力所做出的反应。

根据应激的来源不同，可以分为：

- (1) 环境或生理性应激，如温度过冷或过热、振动、噪音、座舱不适、身体不适等；
- (2) 情绪或心理性应激，如过度兴奋、紧张、焦虑、悲伤、愤怒、烦躁不安等。

根据应激持续的时间，可以分为：

- (1) 急性应激：如飞行中出现意料之外的天气状况、飞机出现了机械问题等突发事件；
- (2) 慢性应激：如生活或工作中长期出现的身体不适、人际关系不和谐等。

2. 应激效应

应激水平影响工作效率。一般而言，适度的应激水平有助于提高飞行员的唤醒水平，使个体处于最佳警觉状态；过高或过低的应激都可能降低个体工作表现，给工作效率带来负面影响。应激是不可避免的，应激造成的效应可以累积，并且每个人都只有一个承受极限。应激水平过高通常会从情绪状态、身体状态、以及人的行为表现出来；表现为过于自信、拒绝、怀疑、偏执、对批评非常敏感、好争辩、傲慢并且对人有敌意等，同时会导致行为能力明显降低。

3. 应激管理

对于急性应激，应了解自己的工作能力和飞行中各个飞行阶段的工作负荷的变化情况，在紧张情境之前有计划地放松，将注意力集中于问题的解决上，防止其他干扰分散注意力，避免自我施加的时间压力，作好飞行延误的准备等。

对于慢性应激，应了解应激的来源，做出客观的自我评估，对问题的解决做系统的规划，保持健康的生活方式，建立并保持良好的人际关系等。

思考题:

飞行员长期家庭关系紧张、情绪低落，对飞行有何影响？

4.1.4 应激与疲劳

4.1.4.2 疲劳

备注:

知识掌握程度:

了解人体节律和睡眠规律;
理解疲劳的原因及其对飞行员行为表现的影响;
掌握应对疲劳的方法。

知识要点:

1. 人体节律和睡眠规律

人体的各种生理功能以及心理行为和反应等都具有节律性变化的特点。昼夜节律是指人体生理和心理功能以近似24小时为一周期的内源性节律。一旦这种节律与外界变化不同步，人体的生理和心理机能就可能会受到影响，出现节律扰乱现象。

根据睡眠期脑电图的特点，可将人类的睡眠分为慢波睡眠和快波睡眠。慢波睡眠的主要功能是促进生长发育和体力的恢复，快波睡眠的主要功能是加工信息、储存信息和恢复心理疲劳。做梦是快波睡眠的特征之一，酒精对快波睡眠具有强烈的抑制作用。睡眠缺失有累积性。睡眠节律扰乱和睡眠缺失现象在飞行员群体中普遍存在。

2. 疲劳的原因及影响

疲劳是身体对长期体力上和心理上承受应激的反应，它是一个逐步积累的过程。航空活动中，昼夜生物节律扰乱、睡眠缺失以及工作负荷过大容易引起和加重飞行员的疲劳。常见的原因有：

- (1) 睡眠不足或休息不好；
- (2) 跨时区长途飞行和夜间飞行引起的时差效应和昼夜节律扰乱；
- (3) 过度的生理性应激，如座舱噪声、温度、湿度、吸烟、饮酒、缺氧等；
- (4) 心理性应激，如恶劣气象、飞机故障、人际关系不良、生活重大事件等引起的紧张、焦虑等。

疲劳状态下的会导致人的意识缺失、运动技能下降、视觉能力下降、反应变慢、短时记忆障碍、注意力分散集中、易于被非重要事件分心或者不能转移注意力、飞行的质量变差、错误率增高、心境异常、言语减少，兴趣降低、睡眠紊乱等。疲劳的症状对于飞行员来说可能表现的并不明显，但疲劳会使飞行员更容易出现差错，因此疲劳是对飞行安全最严重的威胁之一。

3. 疲劳的应对方法

- (1) 规定适当的工作负荷；
- (2) 合理安排休息时间；
- (3) 选择合理的休息方式；
- (4) 采用心理放松方法；
- (5) 掌握并使用促进睡眠和克服时差效应的方法等。

思考题:

疲劳对飞行员有何影响？应如何应对？

4.1.5 人为因素的基本理念

备注:

知识掌握程度:

理解人为因素的概念和SHELL模型;
理解人为差错的来源和性质。

知识要点:

人为因素是关于人的学科，关于在工作和生活环境中的人都，人与设备、过程、环境，以及人与其他人的关系。人为因素包括航空系统中人的所有特性，它经常利用系统工程学框架，通过对人体科学的应用，寻求人的最佳表现，其相互关联的目标是效率和安全。

SHELL 模型形象地描绘了航空系统中各个组成部分之间的相互关系。人是 SHELL 模型的中枢，形成人与硬件、人与软件、人与环境、及人与人的关系，也称为界面。人为因素也正是研究各个界面直接如何匹配才能实现安全和高效。



SHELL 模型

SHELL 模型的五个模块都是凸凹不平的，这就意味这各个模块本身都不可能是完美的，也意味着各个界面并不可能是百分之百匹配和互相吻合。对于飞行员而言，生理因素（比如缺氧，疾病，烟草、酒精或药物的使用等）和心理因素（比如判断决策、应激、危险态度等）都会影响到飞行员与其他界面的匹配程度。差错可能发生在各个界面上，如果不能及时发现并加以纠正，可能会导致不安全事件甚至事故。

我们不能避免所有的错误，因为正常的人都会犯错误。“人都会犯错误”包含两层含义：第一，即使是一名技术好且经验丰富的飞行员也会犯错；第二，要从错误中吸取教训，并用教训来改善我们的行为，防止相同的错误重复出现。

思考题:

飞行中的人为差错可能出现在哪些方面？

4. 2. 1 威胁与差错管理的概念

备注:

知识掌握程度:

- 理解威胁的含义及飞行中可能遇到的威胁;
- 理解差错的含义及飞行中可能出现的差错;
- 理解没有被管理的威胁或差错可以发展成非预期的航空器状态。

知识要点:

威胁与差错管理(TEM)有三个基本概念：威胁、差错和非预期的航空器状态。

1. 威胁

威胁定义为，在飞行机组影响力之外发生的事件或差错，它增加了运行复杂性，必须加以管理以保障安全裕度。在典型的飞行运行中，机组必须管理各种复杂情况及关联。这些复杂情况及关联包括诸如处理不利的气象条件、地形复杂机场、空域拥挤、飞机故障和空管人员、乘务员或机务人员等驾驶舱外人员的错误，等等。因为其在飞行运行中都有潜在的降低安全裕度的负面影响，TEM模式认为这些复杂情况及关联是威胁。

2. 差错

差错定义为，飞行机组的作为或不作为，导致对组织或机组的意图或期望的偏离。对差错的不管理或错误管理经常会导致非预期的航空器状态。运行中的差错因此往往降低安全裕度并且增加了不利事件产生的可能性。差错可以是自然产生的（即与特定的、显著的威胁没有直接关系），也可以与威胁相关，还可以是差错链中的一部分。差错的例子有不能保持稳定的进近参数，执行错误的自动运行模式，没有发出要求的喊话，或是误解ATC的许可等。TEM模式根据在差错发生时刻飞行员或飞行机组的主要交互作用对差错分类，将差错归类为飞机操作差错、程序差错和交流差错，这些差错可能是无意中造成的，也可能是有意的不服从导致的结果。

3. 非预期的航空器状态

非预期的航空器状态定义为，导致安全裕度降低的，由于飞行机组原因造成的飞机位置或速度偏差，误用飞行控制，或不正确的系统构型等。由无效的威胁或差错管理所导致的非预期状态可能造成危及安全的情况并降低飞行运行的安全裕度。由于非预期的航空器状态通常被认为是导致事故征候或事故的首要因素，所以飞行机组必须进行有效管理。

思考题:

飞行中可能遇到的威胁有哪些？

4. 2. 2 威胁与差错管理的方法

备注:

知识掌握程度:

了解识别和应对威胁、差错和非预期状态的方法。

知识要点:

作为正常运行职责的一部分，机组必须使用对策来避免威胁、差错和非预期状态，从而提高飞行运行的安全裕度。

其中一些机组使用的威胁、差错和非预期状态的管理对策是利用航空系统提供的资源建立的。这些资源是机组履行职责之前已经在系统中存在的，因此它们被视为基于系统的对策，这些资源包括：

- 硬件资源，如空中防撞系统、近地警告系统等软件资源，如标准操作程序、检查单、简令、训练等

其他对策更直接的关系到对飞机运行安全的人为影响，包括个人的战略和策略，以及个体和团队的对策。典型的个体和团队的对策包括通过人的能力训练，尤其是机组资源管理(CRM)训练而获得的技能、知识和态度。个体和团队的对策有三个基本类型：

- 计划对策，管理预见的和意外的威胁；
- 执行对策，发现差错并做出反应；
- 检查对策，管理改变的飞行条件。

威胁与差错管理的方法是将基于系统的对策及个体和团体的对策相结合的产物。

思考题:

为什么飞行员要对威胁与差错进行管理？

4.3.1 单人制机组资源管理 (SRM)

备注: DOC NO. FS-PTS-002AR1
商用驾驶员执照实践考试标准(飞机)

知识掌握程度:

- 理解单人制机组资源管理(SRM)的概念;
- 理解飞行任务管理和风险管理的方法;
- 理解自动化管理的方法。

知识要点:

在通用航空中,单人制机组资源管理(SRM)是最为常用的,它主要关注单个飞行员的操作。SRM是指飞行员在飞行前和飞行中科学管理所有可用资源(包括机上资源和外部资源)以确保此次飞行圆满完成的能力。可用资源可以包括:人力资源、硬件以及信息。人力资源包括与安全飞行操作决策相关的机组人员,以及日常工作相关的所有人员。这些人员包括但不仅限于签派员、机务维修人员、空中交通管制人员以及气象服务人员。

SRM至少包括以下六个方面:

SRM	含义	措施
航空决策	一种飞行员用来在特定条件下选择并决定最好方案的一种系统的心理活动。	飞行员在制订和执行飞行计划过程中应具备良好的航空决策能力。
风险管理	逐步的识别危害,评估风险等级和决定最佳行动方案的航空决策的过程。	飞行员应该在飞行前和飞行过程中从飞行员、航空器、环境因素和可用时间等方面评估相关飞行任务潜在的风险,并及时做出应对。
任务管理	飞行员对多个涉及飞行安全的任务进行管理的过程。	多项任务同时出现时应分清轻重缓急,使自己时刻清楚飞机的姿态、飞机轨迹和位置,监控飞机的各系统,保持对飞机的控制和管理。
情景意识	飞行前、飞行中以及飞行后,准确地觉察并理解所有与飞行员、航空器、环境和外部压力相关的、影响飞行安全的因素和条件。	飞行员应在飞行所有阶段都能够保持情景意识。
可控飞行撞地警觉意识	与障碍物和地形相关的警觉意识。	飞行员应该可以准确的评估地形和障碍物相关的风险,能够通过利用所有可用资源使用合适的技术和程序避免可控飞行撞地。
自动化管理	正确使用自动化设备,如自动驾驶仪和飞行管理系统等,来进行航空器控制和导航的能力。	飞行员应该能够有效的使用飞机的自动化功能,人机之间合理分配任务,科学管理工作负荷,确保对自动化系统的监控,明确任务,充分估计可能出现的问题。

思考题:

单人制机组资源管理(SRM)主要包括哪些方面?

4.3.2 机组资源管理（CRM）

备注：AC-121-FS-2011-41 机组资源
管理训练

知识掌握程度：

- 了解机组资源管理(CRM)的概念；
- 理解机组协作的基本原则和影响因素。
- 了解面向航线的飞行训练(LOFT)。

知识要点：

1. 机组资源管理

机组资源管理(CRM)指为达到安全和高效飞行的目的，机组有效地利用所有可用资源（信息，设备，以及人力资源）识别、应对威胁、预防、识别、纠正差错，发现、处置非预期的航空器状态的过程。

2. 机组协作

机组协作要求机组具有共同的目标和意识、正确的任务分工、有好的领导者和协作者、良好的交流气氛，能够处理好影响团队表现的各种因素（压力、冲突等）。

影响机组协作的因素包括：机组中不同的身份和地位、教学飞行或航班检查、不同的经验和年龄、不同性别组成的机组、多文化背景的驾驶舱、不同的母语、压力和人与人之间的冲突。

机组协作要求机长精通业务、悉心聆听他人的意见、对各方面的意见表现出足够的尊重、分担机组的工作负荷、树立良好的榜样、营造良好的工作气氛。

机组协作要求副驾驶熟悉业务、准备充分、清楚自己的责任、执行标准的操作程序、遵守各项规章制度、支持领导者的工，同时要具有自信，敢于对自己怀疑的事情提出质询。选择正确的时机表达清楚有效地表达自己的意见，做一个好的监督者。

3. 面向航线的飞行训练(LOFT)

LOFT通过实时开展的完整飞行任务模拟训练，评估机组的表现，或保存记录后供机组自我讲评使用。

通过在全任务飞行模拟机上实施CRM训练，可以进一步加深对CRM基本知识和基本原理的理解，初步形成CRM的有关技能。其中可以采用LOFT训练的形式，将情境设置、角色扮演、个案研究与讨论、观看录像与讨论、听座舱录音与讨论融入LOFT训练方法之中。在初教机和高教机的训练中融入CRM训练，也可以采用LOFT训练的形式。

思考题：

如何促进机组协作？

5.1.1 大气

5.1.1.1 大气的成分与结构

备注:

知识掌握程度:

掌握大气的垂直分布规律;

了解不同的大气层以及它们的特征。

知识要点:

一、大气的成分

1、干洁空气

在干洁空气的多种成分中，对天气影响较大的是 CO₂ 和 O₃。

CO₂：与大气的其他成分一样，不能直接吸收太阳短波辐射，但能大量吸收地面的长波辐射，使地面上的热量不至于大量向外层空间散发，对地球起到了保温作用。

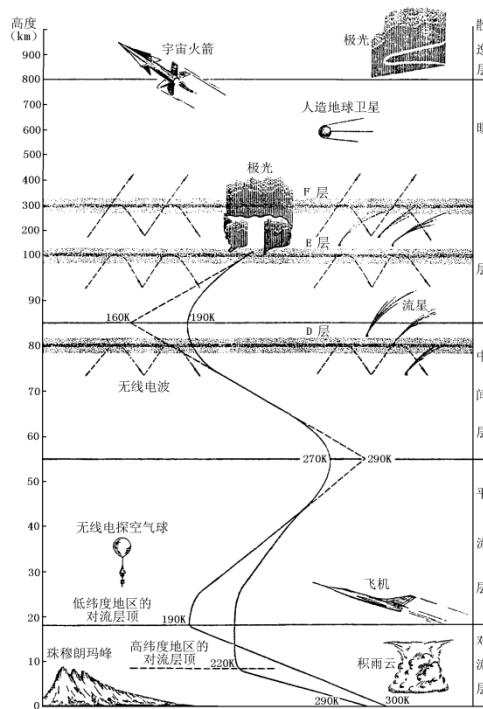
O₃：臭氧层通过吸收太阳紫外线而增温，使臭氧层温度升高，限制了低层天气的发展。同时也使地球生物免受了过多紫外线的伤害。

2、水汽

3、大气杂质

二、大气的结构

根据气温垂直递减率的分布特征，大气分为对流层、平流层、中间层、热层和散逸层。对流层中气温直减率大于零，平流层中气温直减率小于零。



思考题:

什么是气温垂直递减率?

5.1.1 大气

5.1.1.2 对流层

备注:

知识掌握程度:

- 掌握对流层的定义；
- 掌握对流层的三个主要特征。

知识要点:

一、对流层定义

空气有强烈的对流运动，上界平均低纬度 17-18km。中纬度 10-12km，高纬度 8-9km。

二、对流层的三个主要特征

1. 气温随高度升高而降低，平均气温垂直递减率 (γ) $\approx 0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ($2^{\circ}\text{C}/1000\text{ft}$)。

2. 温、湿度的水平分布很不均匀。

3. 空气具有强烈的垂直混合。

三、平流层的定义及特征

1. 定义：从对流层顶到大约 55Km 高度的气层。

2. 特点：在平流层下半部，气温随高度增高变化不大、其上半部，气温随高度增高而升高很快，在平流层的顶部，温度已升至 0°C 左右；整层空气几乎没有垂直运动，气流平稳；天气晴朗，飞行气象条件良好。

思考题:

对流层有何基本特点？

5.1.1 大气 5.1.1.3 标准大气	备注:
知识掌握程度: 掌握国际标准大气的定义与特征。	
知识要点: 标准大气是人们根据大量的大气探测数据，规定的一种特性随高度平均分布最接近实际大气的大气模式，其特征参数为： 1. 海平面气温为 15°C。 2. 海平面气压为 1013.25hpa 或 760mmHg 或 29.92inHg。 3. 海平面空气密度为 1.225kg/m ³ 。	
思考题: 标准大气的海平面气压和气温值是多少？	

5.1.2 气温

5.1.2.1 定义与单位

备注:

知识掌握程度:

掌握气温的定义与单位。

知识要点:

空气温度是表示空气冷热程度的物理量，简称气温。从微观考虑，它的高低反映了空气分子不规则运动的平均动能大小。航空常采用两种温标，以定量地表示温度的高低，分别为热力学温标、摄氏温标和华氏温标。在国际单位制中，摄氏温标，单位符号为“℃”。华氏温标，单位符号为“F”。两种温标之间的换算关系为：

$$C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

思考题:

摄氏温标和华氏温标之间如何转化？

5.1.2 气温 5.1.2.2 热量交换	备注:
知识掌握程度: 理解气温的非绝热和绝热变化。	
知识要点: <p>一、非绝热变化定义 空气块通过与外界的热量交换产生的温度变化。</p> <p>二、绝热变化 绝热变化是指空气块和外界没有热量交换，仅由于自身内能增加而引起的温度变化。气块在升降过程中温度绝热变化的快慢用绝热直减率来表示。气块在升降过程中温度的绝热变化过程有两种情况，即伴随水相变化的绝热过程（湿绝热过程）和不伴随水相变化的绝热过程（干绝热过程）。干绝热过程的 γ 值为 $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 或 $3^{\circ}\text{C}/1000\text{ft}$。</p> <p>三、空气块与环境之间的热量交换的 4 种方式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 辐射：物体可通过空间以电磁波方式传递能量。 2. 传导：空气块通过分子热运动可将热量从高温部分传递到低温部分。 3. 对流：一般指暖而轻的空气上升，冷而重的空气下沉的垂直方向空气块因温度差异而产生的升降运动。 4. 水相变化：水通过相变释放热量或吸收热量，引起气温变化。 	
思考题: 空气的什么运动是绝热变化？	

5.1.2 气温 5.1.2.3 逆温层	备注:
知识掌握程度: 掌握逆温层的定义; 了解不同类型逆温层的成因;	
知识要点: 一、逆温层的定义 温度随高度增加而增高的现象。由于对流层中一般表现为温度随高度递减，故把温度随高度递增称为逆温，并把温度随高度递增的气层称为逆温层。 二、常见低空逆温层的成因 1、辐射逆温 夜间地面、雪面或冰面、云层顶部等因辐射冷却造成的逆温称为辐射逆温。 2、平流逆温 暖空气水平流经寒冷地表面形成的逆温称为平流逆温。因暖空气受冷的地表面影响，低层空气迅速降温，上层空气降温少，这样就形成了逆温。逆温强弱决定暖空气与地表温差大小，温差越大，逆温越强。 3、锋面逆温 锋面上方是暖气团，下方是冷气团，在冷、暖气团之间，气温和空气密度不连续，出现逆温层。冷、暖气团的温差越大，这种逆温就越强。	
思考题: 什么叫逆温层？平流逆温是如何形成的？	

5.1.3 气压

5.1.3.1 气压的单位

备注:

知识掌握程度:

- 掌握气压的定义;
- 掌握航空常用气压单位;
- 理解气压随高度的变化规律。

知识要点:

一、气压的定义

气象学中，习惯于把静止大气的压强定义成从观测高度到大气上界单位截面上的垂直空气柱的重量，简称为气压。

二、航空中常用气压单位

1. 百帕: hPa
2. 毫米汞柱: mmHg
3. 英寸汞柱: inHg

三、气压随高度的变化规律

1. 气压随高度递减。在标准大气条件下，1hPa 近似 8.25 米（低空）。
2. 随着高度的增加，气压递减率减小。
3. 在比标准大气冷的空气中（ISA 偏差小于零），气压递减率较大；比标准大气热的空气中（ISA 偏差大于零），气压递减率较小。

思考题:

夏天，气压随高度的变化规律如何？

5.1.3 气压

5.1.3.2 航空上常用的几种气压

备注:

知识掌握程度:

掌握几种气压的含义和使用方式。

知识要点:

一、航空中常用的几种气压

1. 场面气压: 场面气压指着陆区(跑道入口端)最高点的气压。场面气压是由本站气压推算出来的。
2. 修正海平面气压: 修正海平面气压是由本站气压推算到同一地点海平面高度上的气压值。海拔高度大于1500米的测站不推算修正海平面气压。
3. 标准海平面气压: 大气处于标准状态下的海平面气压称为标准海平面气压。

二、航空中常用的几种气压高度

1. 场面气压高(QFE): 飞机相对于起飞或着陆机场跑道的高度。
2. 标准海平面气压高度(QNE): 指相对于标准海平面(气压为760mmHg或1013.25hPa)的高度,飞机在航线上飞行时使用。
3. 修正海平面气压高度(QNH): 是指飞机相对于平均海平面的高度。

思考题:

修正海平面气压高度和标准海平面气压高度有何区别?

5.1.3 气压

5.1.3.3 水平气压场

备注:

知识掌握程度:

理解气压水平分布的特点。

知识要点:

一、水平气压场的定义

指某一水平面上的气压分布，这一平面通常设定为海平面。

二、水平气压场常见的基本形式

1. 低压

由闭合等压线构成的中心气压比四周气压低的区域叫低压区，简称低压。

2. 低压槽、槽线

由低压延伸出来的狭长区域叫做低压槽，低压槽中各条等压线弯曲最大处的连线叫槽线。

3. 高压

由闭合等压线构成的中心气压比四周高的区域叫高压，简称高压。

4. 高压脊、脊线

由高压延伸出来的狭长区域叫做高压脊，高压脊中各条等压线弯曲最大处的连线叫脊线。

鞍形气压场

两高压和两低压相对组成的中间区域叫鞍形气压区。

三、水平气压梯度力的方向垂直于等压线，从高压指向低压。等压线越密，说明水平气压梯度力越大，风就越大。

思考题:

水平气压场有哪几种常见的基本形式？

5.1.4 湿度

5.1.4.1 湿度定义与单位

备注:

知识掌握程度:

- 理解湿度的定义;
- 理解湿度的物理意义;
- 了解湿度的变化规律。

知识要点:

一、湿度的定义与物理意义

空气中水汽含量的多少或空气的潮湿程度，称为空气湿度，简称湿度。

二、湿度的变化规律

1、空气中水汽含量的变化

空气中的水汽含量与地表有关，地面潮湿的地方空气中的水汽含量较高；在同一地区，在温度升高时，饱和水气压增大，空气中的含水量也相应增大。对一定地区来说，水汽含量与气温的变化规律基本相同，即白天大于晚上，最高值出现在午后。

2、空气饱和程度的变化

空气饱和程度与气温高低和空气水汽含量的多少有关。但由于气温变化比露点温度的变化要快，空气饱和程度一般是早晨大于午后，冬季大夏季小。露珠一般出现在夏季早晨，而冬季的夜间容易形成霜。夜间停放在地面的飞机冬季表面结霜、夏季油箱积水等现象，都和空气饱和程度的变化有关。

思考题:

哪些因素会影响空气中水汽含量的变化？

5.1.4 湿度

5.1.4.2 露点温度与相对湿度

备注:

知识掌握程度:

掌握相对湿度的定义;

掌握露点和温度露点差的含义。

知识要点:

一、相对湿度

1. 相对湿度定义为空气中的实际水汽压与同温度下的饱和水汽压的百分比, 即 $f=e/E \times 100\%$
2. 饱和水汽压的大小仅与温度有关, 气温越高, 饱和水汽压越大。
3. 相对湿度的大小直接反映了空气距离饱和的程度。
4. 相对湿度的大小取决于两个因素: 空气中的水汽含量和温度。

二、露点和温度露点差

1. 当空气中水汽含量不变且气压一定时, 气温降低到使空气达到饱和时的温度, 称为露点温度, 简称露点 (t_d)。
2. 气温减去露点就是气温露点差 ($t-t_d$)。气温露点差表示了空气的饱和程度。气温露点差越小, 空气越接近饱和。

思考题:

相对湿度与哪两个因素有关?

5.1.5 基本气象要素对空气密度的影响

备注:

知识掌握程度:

掌握温湿压对空气密度的影响;

知识要点:

1. 空气密度与气压成正比;
2. 空气密度与气温成反比;
3. 水汽含量越大, 空气密度越小;
4. 基本气象要素对飞行的影响

空气密度与气压成正比, 空气密度与气温成反比, 水汽含量越大空气密度越小; 空气的密度小, 飞机起飞滑跑距离增长, 爬升率下降, 着陆速度增大, 载重量减小。

思考题:

水汽含量和空气密度有何关系?

5.2.1 空气的水平运动

备注:

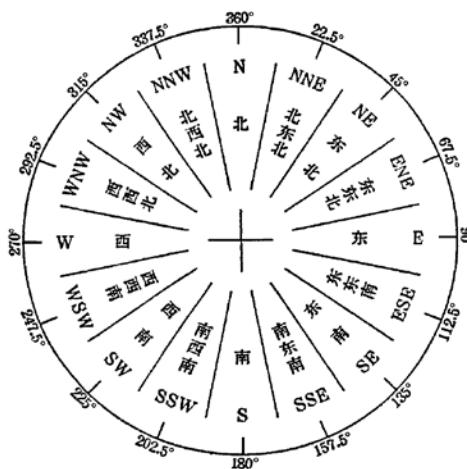
5.2.1.1 风的定义与测量

知识掌握程度:

理解风的表示和测量方法;
掌握风向和风速的单位。

知识要点:

1. 风的表示: 气象上的风向是指风的来向, 常用360°或16个方位来表示。
2. 风速是指单位时间内空气微团的水平位移, 常用的风速单位是: 米/秒 (m/s), 千米/时 (km/h), 海里/小时 (nm/h) 也称为节。



3. 风的测量方法主要有仪器探测和目视估计两大类。常用的仪器有风向风速仪、测风气球、风袋、多普勒测风雷达等。为了便于飞行员观测跑道的风向风速, 可在跑道旁设置风向袋。风向袋袋口对着的方向指示风向, 风向袋飘起的角度可估算风速。



风向袋

思考题:

风速单位常见的有哪几种?

5.2.1 空气的水平运动

备注:

5.2.1.2 风的形成

知识掌握程度:

- 了解形成风的4个力；
- 掌握地转偏向力的大小和方向；
- 掌握自由大气和摩擦层中的风压定理。

知识要点:

一、形成风的4个力

1. 水平气压梯度力

由水平气压梯度引起的作用在单位质量空气上的压力差就是水平气压梯度力。

2. 地转偏向力

由地球自转引起的使相对于地球运动的物体偏离原来运动方向的力。

3. 摩擦力

空气在近地面运动时，地表对空气产生的阻碍作用即摩擦力。

4. 惯性离心力

空气在地球表面上作圆周运动时要受到惯性离心力的作用。

二、地转偏向力的大小和方向

地转偏向力的大小：风速越大，地转偏向力越大；纬度越高，地转偏向力越大；在赤道附近，地转偏向力为零。

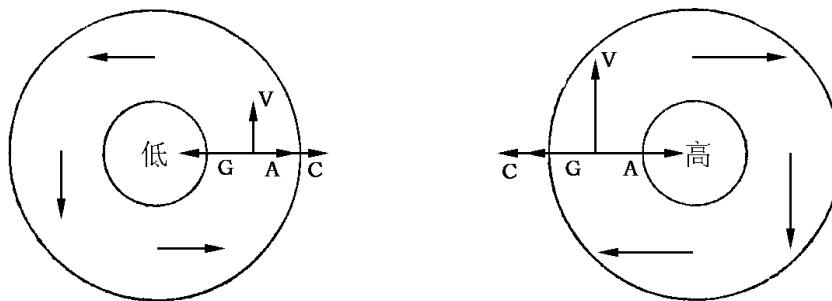
地转偏向力的方向垂直于物体运动的方向，在北半球指向右，在南半球指向左。

三、自由大气和摩擦层中的风压定理

1. 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。



2. 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。南半球风的运动方向与北半球相反。

思考题:

描述摩擦层中的风压定理？

5.2.1 空气的水平运动

5.2.1.3 风的变化

备注:

知识掌握程度:

理解摩擦层和自由大气中风的变化规律。

知识要点:

一、摩擦层和自由大气中风的变化

1. 摩擦层中风随高度的变化

在北半球随高度增加，风速增大，风向右偏。南半球风向变化相反。

2. 摩擦层中风的日变化

白天，近地面的风风速增大，风向向右偏转，上层风的变化则相反。

晚上，下层风风速减小，风向向左偏转，上层风速增大，风向右偏转。

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、自由大气中风随高度的变化

随着高度的增加，风速逐渐增大，到对流层顶附近达到最大，风向趋于一致，中纬度地区风向偏西。

思考题:

描述自由大气中风随高度的变化？

5.2.1 空气的水平运动

5.2.1.4 地方性风

备注:

知识掌握程度:

- 了解海陆风的形成与出现规律;
- 了解山谷风的形成与出现规律;
- 了解焚风的形成与出现规律;
- 了解峡谷风的形成与出现规律。

知识要点:

一些特殊的地理条件也会对局地空气运动产生影响，形成与地方性特点有关的局部地区的风，称为地方性风。

1. 海陆风

海陆风天气晴朗时，白天涌向岸边的海浪会越来越强，这就是造成海风的现象。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，低层空气将从海面上吹响陆地，形成海风，而上层空气将从陆地流向海洋，形成完整的一个热力环流。晚上的情形与此相反，形成陆风。

2. 山谷风

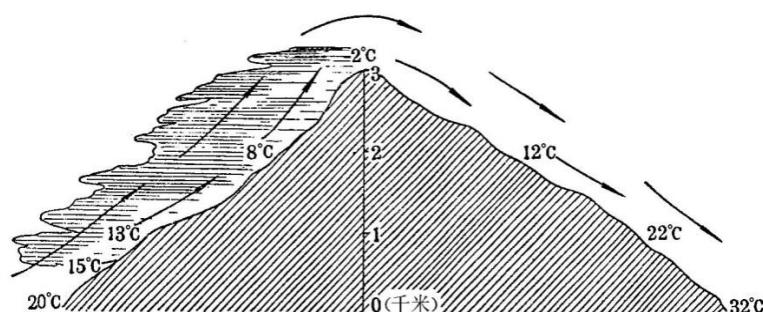
山谷风是由山区的特殊地理条件造成的，形成原因与海陆风相似。白天，山坡气温高于山谷上同高度气温，底层风从谷地吹向山坡，形成谷风，晚上则形成山风。

3. 峡谷风

在山口、河谷地区常产生风速较大风，称峡谷风。由于空气连续性，当其进入狭窄的地方时，流速增大。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。

4. 焚风

气流过山后沿着背风坡向下吹的热干风。焚风吹来时，气温迅速升高，湿度急剧减小。



思考题:

海陆风的形成与规律如何？

5.2.1 空气的水平运动

5.2.1.5 风对飞行的影响

备注:

知识掌握程度:

理解风对飞机起飞着陆的影响;

理解风对飞机航行的影响。

知识要点:

一、风对飞机起飞着陆的影响

飞机的起飞和着陆，通常要求在逆风条件下进行。着陆时既要考虑跑道上的风，也要考虑进场区域的风，它们都是摩擦层中的风，受地表面特征的影响很大。在起飞前制订飞行计划时，应根据机场的温度和风进行载重量计算。

二、风对飞机航行的影响

空中顺风飞行时可以减小燃油的消耗，增加航程；逆风飞行时，增加燃油消耗，增加飞行时间，减小航程；侧风飞行时，导致偏离计划航线，需修正风的影响。

思考题:

风对飞机起飞和着陆有何影响？

5.2.2 空气的垂直运动

5.2.2.1 大气稳定度

备注:

知识掌握程度:

- 掌握大气稳定度的定义；
- 掌握大气稳定的判断方法；
- 掌握大气稳定度的变化规律。

知识要点:

一、大气稳定度的定义

大气对垂直运动的阻碍程度，称为稳定度。

二、大气稳定度的判断

大气是否稳定，主要取决于环境大气的气温直减率，气温直减率越大，大气越趋于不稳定。

三、大气稳定度的变化

日变化规律：白天不稳定，夜间很稳定。

年变化规律：夏季最不稳定，冬季最稳定。

思考题:

如何判断大气的稳定度？

5.2.2 空气的垂直运动

5.2.2.2 空气的垂直运动的种类和特点

备注:

知识掌握程度:

- 理解对流的形成和特点；
- 理解系统性垂直运动的形成和特点；
- 理解大气波动的形成和特点；
- 理解大气乱流的形成和特点。

知识要点:

一、对流的形成和特点

1. 对流是指由于空气块与周围大气有温度差异而产生的，强烈而比较有规则的升降运动。
2. 垂直速度大，一般为 $1\sim10\text{m/s}$ ；水平范围小，一般是几千米到几十千米；持续时间短，一般为几十分钟到几小时。
3. 对流产生的原因是气块温度与周围大气温度有差异，当空气块温度高于周围大气温度时，它将获得向上的加速度；反之则获得向下的加速度。

二、系统性垂直运动的形成和特点

1. 大范围空气有规则的升降运动称为系统性垂直运动。
2. 垂直速度小，为 $1\sim10\text{cm/s}$ ；水平范围大，几百~几千公里；持续时间长，为十几小时~几天。
3. 系统性垂直运动出现的地区：大范围空气的水平气流辐合、辐散区；冷、暖空气交锋区；地形抬升

三、大气波动的形成和特点

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，在其交界面上会出现波动。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。

四、大气乱流的形成和特点

乱流是空气不规则的涡旋运动，又称湍流或扰动气流，其范围一般在几百米以内。

思考题:

对流和大气波动是如何产生的？

5.2.3 云和降水

5.2.3.1 云的形成与分类

备注:

知识掌握程度:

理解云的形成;

理解云的分类及其外部特征（对飞行影响较大的云）。

知识要点:

一、云的形成

要形成云，大气必须具备三个条件，即充足的水汽、充分的冷却和足够的凝结核。

二、对飞行影响较大的云的分类及其外部特征

按云的外形特征、结构和云底高度，将云分为高云、中云、低云 3 族，其中对飞行影响较大的云主要包括：

1. 浓积云 (Tcu)

高耸的积云，垂直发展旺盛，其垂直尺度大于水平尺度，云顶呈花椰菜状，也有重叠一起的圆弧状凸起突起。有时可降小阵雨。

2. 积雨云 (Cb)

浓厚的大云体，垂直发展很盛，花椰菜状的云顶像山或高塔似地耸立着。顶部开始结冰，呈匀清、丝絮或条纹状，云顶平行时常呈砧状。云底十分黑暗，有下垂，其下常有一层低而破碎的云（碎雨云，Fn）。积雨云一般能降阵雨或阵雪，有时偶尔下冰雹，伴有闪电和雷鸣。

3. 雨层云 (Ns)

灰暗的均匀云层，低而漫无定形，云厚足以蔽日。可降连续性雨、雪或形成下垂的雨幡或雪幡。

三、云的符号及简写

云族	云种	简写符号	填图符号
高云 6000米以上	卷 云	C _i	—○
	卷层云	C _s	2
	卷积云	C _c	~
中云 2000—6000米	高积云	A _c	○○
	高层云	A _s	∠
低云 低于2000米	淡积云	C _u	○
	浓积云	TC _u	○○○
	积雨云	C _b	×
	层积云	S _c	○○
	层 云	S _t	—
	雨层云	N _s	//
	碎层云	F _s	---
	碎积云	F _c	---
	碎雨云	F _n	---

思考题：

积雨云有何外部特征？

5.2.3 云和降水

5.2.3.2 云对飞行的影响

备注:

知识掌握程度:

理解云对飞行的影响;

积冰与云的关系。

知识要点:

一、云对飞行的影响:

1. 低云对飞机着陆影响较大。由于云高过低，影响建立目视参考，故使飞机在下降着陆时造成困难。
2. 云中能见度差，目视飞行时进云，易发生错觉，偏离正常航迹或丢失飞机状态。
3. 云中飞行可能发生飞机积冰。浓积云和积雨云上部常有中度到强度的积冰，对飞行危害极大，故积雨云通常被称为飞行禁区。
4. 在云中飞行可能遭遇颠簸。浓积云和积雨云对飞行危害较大，在云中及云体附近都会有较强的颠簸，在距积雨云体 1000 米以内都会有强烈颠簸。
5. 积雨云中飞行时可能遭遇雷击或雹击，导致飞机受损。

6. 层积云对飞行的影响:

云中飞行一般平稳，有时有轻颠，可产生轻度到中度积冰。

7. 雨层云对飞行的影响:

云中飞行平稳，但能见度恶劣；

长时间云中飞行可产生中度到强度的积冰；

暖季云中可能隐藏着积雨云，会给飞行安全带来严重危险。

二、积冰与云的关系

积云和积雨云：通常是强积冰。

层云和层积云（或高积云）：通常为弱积冰或中积冰，云上部积冰比下部强。

雨层云和高层云：通常为弱积冰，积冰强度随高度减弱。

在锋线附近的雨层云中长时间飞行，也能产生强积冰。

思考题:

云对飞行有何影响？

5.2.3 云和降水

5.2.3.3 降水的形成与分类

备注:

知识掌握程度:

掌握降水的基本概念;
理解不同形态的降水的形成。

知识要点:

一、降水的基本概念

降水是指云雾中的水滴或冰晶降落到地面的现象，如雨、雪、冰雹等。

二、降水的形成

1、暖云降水

暖云中的降水主要是由于云滴的凝结增长和云滴的相互碰并造成的。

2、冷云降水

在温度低于 0°C 的云中，通常是过冷水滴、冰晶、水汽三者共存，这类云产生降水的过程就是冰晶效应。下雨还是下雪完全取决于云中和云下的温度。当云中和云下温度都在 0°C 以上时，若有降水则是雨或毛毛雨；当云中温度低于 0°C，而云下温度高于 0°C 时，从云中降下的冰晶、雪花可能在途中融化成雨滴；当云中和云下温度都低于 0°C 时，若降水，则是雪。

三、降水的强度

小雨、中雨、大雨、暴雨。

四、降水的形态和性质

降水的形态：液态（雨和冻雨）、固态（雪和冰雹）、雨夹雪。

降水的性质：

连续性：持续时间长，强度变化小。

间歇性：时降时止，时大时小，降水强度有变化。

阵性：骤降骤止，强度变化很大，天空时而昏暗，时而部分明亮，温、压、风等要素有时也随之发生显著变化。

五、各类云的降水

积状云：阵性降水

层状云：连续性降水

波状云：间歇性降水

思考题:

积雨云降水属于哪种性质的降水？

5.2.3 云和降水

5.2.3.4 降水对飞行的影响

备注:

知识掌握程度:

掌握降水对飞行的影响。

知识要点:

一、降水使能见度减小

降水使机舱风档能见度减低的程度，与降水种类、强度和飞行速度有关。

二、过冷却雨滴易造成飞机积冰。

三、大雨、暴雨可使飞机发动机熄火。

四、大雨下方易出现强下沉气流。

五、大雨恶化飞机的空气动力学性能。

飞机误入强降水区域，飞机的阻力增大，升力减小，失速速度增大、临界迎角减小，因此禁止在大雨和暴雨中起降。

六、降水影响跑道的使用

降水引起的跑道积雪、结冰和积水造成跑道污染，导致飞机轮胎与地面间的摩擦力减小，滑跑不易保持方向，且容易冲出跑道。

思考题:

大雨如何影响飞行？

5.2.4 气团和锋

5.2.4.1 气团

备注:

知识掌握程度:

- 理解气团的概念;
- 掌握气团的形成条件;
- 掌握冷、暖气团在变性时的天气特征。

知识要点:

一、气团的概念

气团是指对流层中水平方向上物理性质（冷、暖、干、湿、稳定性）比较均匀的大范围空气，其水平尺度可与整个大陆洲或海洋的面积相比，达几百千米至几千千米，垂直尺度约几百米至十几千米，常从地面伸展至对流层顶。

二、气团的形成条件

1. 大范围性质比较均匀的地理区域。
2. 空气能够在气团源地长期停留或缓慢移动。

三、冷、暖气团在变性时的天气特征

1. 气团的变性

当气团在源地形成后，气团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，同时在移动中还会发生一些物理过程，这样气团的物理性质就会逐渐发生变化，这种变化称为气团的变性。

2. 移经暖地表的冷气团的天气

具有不稳定的天气特征：大气不稳定，对流和乱流容易发展，多积状云，阵性降水，天气有明显的日变化，地面能见度一般较好，冬季可能形成烟幕或辐射雾。

3. 移经冷地表的暖气团的天气

具有稳定的天气特征：大气稳定，乱流弱，能形成很低的层云、层积云，有时有毛毛雨或小雨雪，会形成平流雾，地面能见度一般较差。

思考题:

移经冷地表的暖气团天气具有哪些特征？

5.2.4 气团和锋

5.2.4.2 锋面

备注:

知识掌握程度:

- 了解锋的概念和空间结构；
- 理解锋的分类；
- 掌握锋面附近气象要素的分布情况。

知识要点:

一、锋的概念和空间结构

当冷暖气团相遇，其间狭窄的过渡区称为锋区。



二、锋的分类

1、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。

2、暖锋

锋面在移动过程中，暖气团占主导地位，推动锋面向冷气团一侧移动。

3、准静止锋

冷暖气团势力相当，锋面很少移动。（主要由地形原因造成）。

4、锢囚锋

冷锋追上暖锋或由两条冷锋迎面相遇而构成的复合锋。

三、锋面附近气象要素的分布情况

1、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。

2、气压场特征

锋处于低压槽中，从冷气团一侧靠近锋面气压下降快，从暖气团一侧靠近锋面气压下降慢。

3、风的特征

在水平方向上从锋后到锋前，风呈气旋式转变（即逆时针旋转）。

思考题:

什么是准静止锋？

5.2.4 气团和锋

5.2.4.3 锋面天气

备注:

知识掌握程度:

掌握各种锋面天气以及对飞行的影响。

知识要点:

一、暖锋天气

锋面上从高到低依次形成卷云、卷层云、高层云和雨层云，云的排列顺序与缓行冷锋上的云系相反，暖锋锋线前的云和降水区较宽广，可达数百千米。

二、冷锋天气

1、急行冷锋

云系和降水分布在锋线前和附近的狭窄范围内，当暖气团稳定时，依次出现 $Ci \rightarrow Cs \rightarrow As \rightarrow Ns$ ，暖气团不稳定时，沿锋线形成一条狭窄的积状云带，并能形成旺盛的积雨云，锋线一过云消雨散，风速增加，出现大风。

2、缓行冷锋

冷锋中移动速度较慢的叫缓行冷锋。当缓行冷锋与不稳定空气相遇时，在锋线上和锋线后不远处形成大量的层状云和对流云。

三、准静止锋天气

静止锋锋面坡度很小，云层和降水区比暖锋更为宽广，降水强度小，但持续时间较长。静止锋有时在某一地区来回摆动，使该地区出现持续的阴雨天气，若暖空气潮湿且不稳定，常可出现积雨云和雷阵雨。在静止锋区域飞行有同暖锋区域飞行相近特点，不宜简单气象条件飞行，在稳定天气形势下可进行复杂气象训练。

四、锢囚锋天气

天气除保留原来两条锋面的天气特征外，还因锢囚后暖气团被抬升，上升运动进一步发展，使得云层变厚，降水增强，降水区扩大。

思考题:

急行冷锋和缓行冷锋分别会造成怎样的天气现象？

5.3.1 雷暴

5.3.1.1 雷暴的形成

备注:

知识掌握程度:

理解雷暴的形成条件;
掌握单体雷暴的发展阶段和对应的天气。

知识要点:

一、雷暴的形成条件

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：

- 1、深厚而明显的不稳定气层；
- 2、充沛的水汽；
- 3、足够的冲击力。

二、一般雷暴单体的生命史和对应的天气

雷暴通常由一个或几个雷暴单体所组成。雷暴单体是一个对流单元，其生命史可分为三个阶段，即：发展阶段（a）、成熟阶段（b）和消散阶段（c）。



发展阶段（a）

成熟阶段（b）

消散阶段（c）

发展阶段：从淡积云发展成浓积云，云内都是上升气流；云滴大多由水滴构成，一般没有降水和闪电。

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。

消散阶段：下降气流遍布云中，云体向水方向扩展，云体趋于瓦解和消散。

三、强雷暴的种类

1. 多单体风暴

由多个处于不同发展阶段的雷暴单体组成，有组织地排成一列。虽然每个个体的生命周期不长，但通过若干单体连续更替过程，可以形成生命周期达数小时的强雷暴。

2. 超级单体风暴

由一个巨大单体发展成单一的强大环流系统，多数情况下它也是顺对流层中部风向的右侧移动。与多单体风暴不同，超级单体风暴是以连续的方式移动的。

3. 龙卷风暴

龙卷风暴简称龙卷。它是排列成带状的多个雷暴或积雨云群组成的狭窄的强对流天气带。沿着龙卷会出现雷电、暴雨、大风、冰雹和龙卷等恶劣天气，是一种线状的中尺度对流天气系统。

思考题:

雷暴成熟阶段的天气特点如何？

5.3.1 雷暴

5.3.1.2 雷暴过境时的地面天气

备注:

知识掌握程度:

掌握雷暴过境时气象要素的变化规律。

知识要点:

温度: 雷暴来临前, 地面温度高, 湿度大, 闷热; 雷暴来临, 气温骤降。

气压: 雷暴来临前, 气压下降; 雷暴来临, 气压开始升高。

风: 雷暴来临前, 一般风速较小, 风向吹向雷暴区; 雷暴来临, 风向突变, 风速增加; 雷暴过境后, 风向相反方向偏转, 风力减弱。

降水: 雷暴中心区域降水强度最大, 阵雨持续时间和单体成熟阶段持续时间大致相同。

思考题:

雷暴单体过境时地面天气有何变化?

<h3>5.3.1 雷暴</h3> <h4>5.3.1.3 雷暴的种类</h4> <p>知识掌握程度:</p> <p>了解雷暴的种类; 掌握热雷暴的特点和日变化规律; 掌握地形雷暴的特点; 掌握雷暴的移动规律。</p> <p>知识要点:</p> <p>根据雷暴冲击力不同一般可分为：热雷暴、地形雷暴、天气系统雷暴等。</p> <p>一、热雷暴</p> <p>由对流产生的雷暴称为热雷暴。特点：范围小、孤立分散、各个雷暴间通常有明显间隙。热雷暴往往发生在大尺度天气系统较弱的情况下，或在性质均匀的气团内部，随气温的日变化热雷暴有明显的日变化，表现为陆地上多出现在午后，入夜之后就逐渐消散；水面上一般多出现在后半夜，白天减弱。</p> <p>二、地形雷暴</p> <p>地形雷暴是暖湿不稳定空气在山脉迎风坡被迫抬升而形成的雷暴。特点：形成很快，位置相对固定，面积较大，云底低，云中气流剧烈，降水强度大，此种雷暴不宜从云下飞过。</p> <p>三、天气系统雷暴</p> <p>1、锋面雷暴</p> <p>在锋面天气区内，若暖湿气团不稳定均有可能产生隐藏的雷暴天气。具体包括：</p> <p>冷锋雷暴：冷空气强烈冲击暖湿不稳定空气而形成。强度大，许多雷暴云沿锋线排列，组成一条狭长雷暴带。冷锋雷暴在昼间、夜间、陆地、海上都能出现，日变化较小，移动速度快。</p> <p>静止锋雷暴：由暖湿不稳定空气沿锋面上升或由低层气流辐合上升而形成。范围较广，持续时间长，雷暴云常隐藏在深厚的层状云系中，常有明显的日变化。</p> <p>暖锋雷暴：不如冷锋雷暴强烈，与静止锋雷暴相似，但夜间出现更多些。</p> <p>2、冷涡雷暴</p> <p>大气不稳定时，冷涡过境可能带来突然出现的雷暴天气。</p> <p>3、空中槽和切变线雷暴</p> <p>空气暖湿不稳定时，槽线和切变线附近强的辐合产生大范围强烈上升运动，形成的雷暴。</p> <p>4、副热带高压(太高)西部雷暴</p> <p>雷暴常发生在副热带高压脊线以北的西南气流中，副高在西进或东退时，出现较多。</p> <p>四、雷暴的移动规律</p> <p>一般雷暴的移动方向与对流层中平均风的风向一致，具有“雷暴不过河”的现象。</p>	备注:
<p>思考题:</p> <p>陆地的热雷暴和湖泊上空的热雷暴有何不同？</p>	

5.3.1 雷暴

5.3.1.4 下击暴流

备注:

知识掌握程度:

- 理解下击暴流;
- 理解下击暴流的生命周期;
- 理解下击暴流对飞行的影响。

知识要点:

一、下击暴流的定义

能引起地面或近地面产生 >18 米/秒雷暴大风的突发性的强烈下降气流，称为下击暴流。下击暴流在地面的风是直线风，即从雷暴云下基本呈直线状向外流动，水平尺度为4~40千米。

微下击暴流出现在下击暴流之中，水平尺度为400~4000米，地面风在22米/秒以上，离地100米高度上的下降气流速度可达几十米/秒。

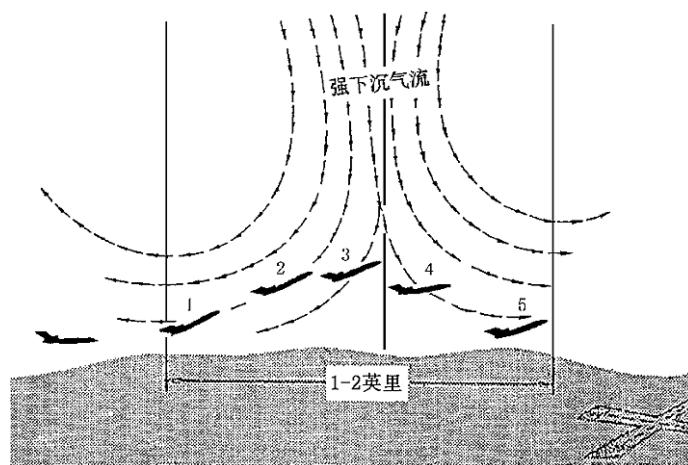
二、生命周期

下击暴流一般持续10-15分钟；微下击暴流只有几分钟。

三、下击暴流对飞行的影响

当下冲气流到达地面时会沿各方向散开，垂直运动的风速会出现突然的加剧。飞机着陆时，如果下滑轨迹通过下击暴流，刚进入时（位置1~2）飞机会遭遇大逆风导致空速增加，高度上升；

进入中心区域（位置3）会遭遇强烈的下冲气流，导致高度过低；当飞机飞过下击暴流中心后（位置4~5），又进入顺风气流，使飞机空速突然降低，可能导致失速。



思考题:

下击暴流对飞行有何影响？

5.3.1 雷暴

5.3.1.5 雷暴对飞行的危害

备注:

知识掌握程度:

掌握雷暴对飞行的危害。

知识要点:

雷暴对飞行的危害

1、龙卷风

进入龙卷风涡旋区的飞机会失去控制并且遭受结构破损。由于涡旋区能够延伸到云中，无意中进入雷暴的飞机可能会遭遇隐藏的龙卷风涡旋。

2、湍流

在所有的雷暴中都可能隐藏有危害性的湍流，较严重的湍流可能会对飞机造成损害。飞机几乎无法在雷暴中保持稳定的高度，如果试图维持高度，机身的负荷会大大增加。

3、结冰

4、冰雹

冰雹对飞行安全也会造成极大的危害。过冷水滴在冻结层之上开始冻结，一旦有过冷水滴开始冻结，其他水滴就会附着之上，有时可以形成巨大的冰球。随着强烈的上升气流，在强雷暴内较高的高度会形成大块雹。冰雹可能会在距离雷暴中心较远的地方坠落，因此可能会在距离雷暴数公里以外的晴空遭遇颠簸。

5、低云及低能见度

雷暴云中能见度几乎为零。雷暴所形成的低云和低能见度，伴随雷暴所产生的诸如湍流、冰

雹以及闪电等其它危险天气会使仪表进近无法实施。

6、对于高度表的影响

雷暴压境时，气压变化剧烈，如果飞行员没有进行正确的高度表设置，高度误差可能超过 30

米（100 英尺）。

7、闪电

闪电可能会击穿飞机蒙皮并对通信和电子导航设备造成损伤，甚至会点燃燃油引发爆炸。

8、发动机吸水

在雷暴中大量水滴聚集的区域飞行，可能导致一个或多个发动机熄火甚至结构性损坏。

9、阵风锋

雷暴下冲气流引起的阵风面的前缘，有时伴随着滩云或者滚轴云。也被称为阵旋风或外冲气流边界。

思考题:

雷暴对飞行的危害有哪些？

5.3.1 雷暴 5.3.1.6 雷暴的识别和处置	备注:
<p>知识掌握程度:</p> <p>掌握识别雷暴的方法; 理解安全飞过雷暴区的条件和方法。</p>	
<p>知识要点:</p> <p>一、识别雷暴的方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、根据云的外貌识别 2、云中飞行时对雷暴的判断 <ol style="list-style-type: none"> a) 无线电罗盘指针摆动、缓慢转动、指向（强）雷暴。 b) 通讯受到干扰，出现杂音，雷暴强时甚至造成通讯中断。 c) 出现的颠簸、积冰、降水越来越强作为进入雷暴的标志。 3、使用气象测雨雷达和机载气象雷达探测雷暴 <p>二、雷暴天气飞行的注意事项</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、飞行前飞行员要认真向值班气象员详细了解飞行区域天气情况及变化趋势。 2、飞行中空勤组只要有可能就应尽量避开雷暴活动区。 3、飞行时特别是夏季飞行应经常用机载雷达监视天气变化，当发现回波后，应经常不断注意其强度的变化。 4、绕雷暴云飞行时，基本原则以目视不进雷暴云，力争在云上或云外能见飞行，以目视及雷达配合积极寻找有利方向绕飞。 5、尽量不在雷暴云的下方飞行，因为云与地之间闪电击（雷击）的次数最为频繁，飞机也最容易遭闪电击（雷击）。 6、在云中飞行时，遇到天气复杂多变，不仅要根据机载雷达来判断情况，同时要请求地面气象雷达进行协助配合。 7、尽量不在中等强度以上降雨区内飞行。 8、在雷暴区边缘机场起、降时，要特别注意低空风切变的影响。 9、雷暴季节，飞机停放时应做好防护，接好地线，做好防护防止飞机在地面遭大风、冰雹、闪电击等危害。 	
<p>思考题:</p> <p>飞行中如何判断是否接近或者进入雷暴云？</p>	

5.3.2 飞机颠簸

5.3.2.1 大气乱流

备注:

知识掌握程度:

了解大气乱流的种类。

知识要点:

大气乱流的种类

1、热力乱流

由空气热力原因形成的乱流称热力乱流。常常出现在对流层的低层，当有较强的热力对流发生时，也可能扩展到高空。

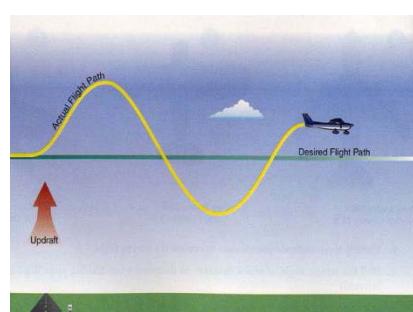
2、动力乱流

空气流过粗糙不平的地表面或障碍物时出现的乱流，称动力乱流。

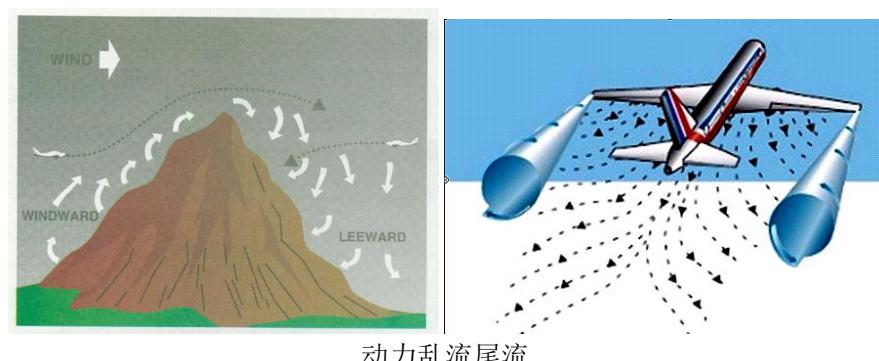
3、晴空乱流

晴空乱流是指出现在高空，与对流云无关的乱流。晴空乱流不伴有可见的天气现象，飞行员难于事先发现，对飞行威胁很大。晴空乱流的成因与强风切变有密切关系。

4、尾流



热力乱流



思考题:

什么是热力乱流？有何特点？

5.3.2 飞机颠簸

5.3.2.2 飞机颠簸的强度

备注:

知识掌握程度:

理解飞机颠簸强度的定义;

了解影响飞机颠簸强度的因素。

知识要点:

一、飞机颠簸强度的定义

颠簸强度划分

弱颠簸

中度颠簸

强颠簸



飞机轻微地和有间歇地上下抛掷，空速表指示有改变



飞机抖动、频繁地上下抛掷，左右摇晃，颠簸，操纵费力，



飞机强烈地抖动，频繁地和剧烈地上下抛掷不止，操纵有困难

二、影响飞机颠簸强度的因素

1、乱流强度：乱流强度取决于垂直阵风区风速和空气密度，垂直阵风的速度越大，空气密度越大，它们所引起的飞机升力的变化越大，颠簸也越强；反之，亦然。

2、飞行速度：在低速飞行条件下（空速 600km/h 以下），飞行速度越大，飞机因乱流而产生的振动的振幅和频率都越大，颠簸就越强。但是，在一定的乱流下，如果飞行速度继续增大，由于振动周期缩短，振幅会反而减小。

3、飞机的翼载荷：翼载荷大的飞机单位机翼面积上承受的飞机重量大，受到垂直阵风冲击后产生的加速度小，所以颠簸弱，反之，翼载荷小的飞机，颠簸就较强。

思考题：

影响飞机颠簸强度的因素有哪些？

5.3.2 飞机颠簸

5.3.2.3 颠簸对飞行的影响

备注:

知识掌握程度:

理解飞机颠簸对飞行的影响;

理解飞机颠簸时的处置方法;

理解产生颠簸的天气条件;

知识要点:

一、理解飞机颠簸对飞行的影响

1. 飞机操纵困难，甚至失去操纵。
2. 损害飞机结构、减小发动机功率。
3. 造成飞行人员和乘客的紧张和疲劳，甚至危及安全。

二、飞机颠簸时的处置方法

1. 操纵动作要柔和，不要有大的机动动作。
2. 不必严格保持平飞。
3. 采用适当的飞行速度。
4. 改变高度或航线，脱离颠簸区。

三、产生颠簸的天气条件

1. 产生颠簸的天气系统

- a) 锋面
 - b) 空中槽线和切变线
 - c) 高空低涡
 - d) 高空急流区
 - e) 对流层顶
2. 产生颠簸的地区
- a) 地表热力性质不同的地区
 - b) 山区及地表粗糙区
 - c) 积状云区
 - d) 低层风切变区

思考题:

飞行员遭遇颠簸采取的措施有哪些？

5.3.3 积冰

5.3.3.1 积冰的形成与分类

备注:

知识掌握程度:

掌握积冰的原理和过程;
理解飞机积冰的种类和特点。

知识要点:

一、积冰的形成

当飞机在含有过冷水滴的云中飞行时,如机体表面温度低于0℃,过冷水滴就会在机体表而某些部位冻结并积聚成冰层,形成飞机积冰。冻结的过程快慢,与过冷水滴的含量和机体表面的温度有关,温度愈低,冻结愈快;过冷水滴愈多,冰层愈厚。

二、积冰的种类

根据积冰的结构、形状和对飞行的影响程度,大致可分为明冰、雾凇、毛冰和霜四种。

1、明冰

明冰是光滑透明、结构坚实的积冰。明冰通常是在冻雨中或由过冷大水滴组成的温度在0~-10℃的云中飞行时形成的。

2、雾凇

雾凇是由许多粒状冰晶组成的表面粗糙不透明的积冰。它是当飞机在温度为零下20℃左右的混合云中飞行时形成的。

3、毛冰

毛冰是明冰和雾凇的混合体,表面粗糙不平,比较牢固,不透明,呈白瓷色,故也称瓷冰。毛冰多形成在温度为-5℃~-15℃的过冷云或混合云中。

4、霜

霜是在晴空中飞行时出现的一种积冰。它是由水汽在寒冷的机体表面直接凝华而成。其形状与地面物体上形成的霜近似。霜的维持时间不长,机体增温后可消失,除在风档上出现会短时影响目视外,对飞行几乎没有影响。

思考题:

毛冰在什么条件下形成?

5.3.3 积冰

5.3.3.2 影响积冰强度的因素

备注:

知识掌握程度:

了解影响飞机积冰强度的因素。

知识要点:

一、积冰强度

飞机积冰强度等级

等级	单位时间在机体上形成的冰层厚度(毫米/分)	整个飞行过程中,机体单位面积上的积冰厚度(厘米)
弱	<0.5	<5.0
中	0.8~1.0	5.0~15.0
强	1.1~2.0	15.1~30.0
极强	>2.0	>30.0

二、影响积冰强度的因素

1、云中过冷水含量和水滴的大小

云中过冷水含量越大，积冰强度也越大。

2、飞行速度

其它条件相同的情况下，低速飞行时(600km/h以下)，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。

3、机体积冰部位的曲率半径

曲率半径小的机翼积冰强度比曲率半径大的机翼大一些。例如，空速管、天线等部位出现积冰最快，翼尖积冰较快，翼根部积冰较慢。此外，积冰强度还与飞机表面情况有关。粗糙的表面比光滑的表面积冰快。

思考题:

为什么飞机翼尖结冰比翼根积冰严重？

5.3.3 积冰

5.3.3.3 积冰对飞行的影响

备注:

知识掌握程度:

理解积冰对飞行性能的影响;

理解飞机积冰时的处置方法。

知识要点:

一、积冰对飞行性能的影响

1、破坏飞机的空气动力性能

增加飞机重量，改变重心和气动外形，从而破坏了原有气动性能，影响飞机稳定性。

2、影响动力装置效率，甚至产生故障

a) 螺旋桨或风扇积冰，使推力减小。

b) 脱落的冰块可能打坏发动机和飞机；

c) 汽化器积冰造成发动机功率降低，甚至停车。

d) 燃油积冰，引起燃油系统的故障。

3、全静压系统和天线积冰，影响相关系统工作。

4、风挡积冰影响对外观察。

二、在积冰条件下飞行时注意事项

1、保持警觉，除观察积冰信号器和可目视的部位外，出现发动机抖动，转速减小，操纵困难等，也是积冰出现的征兆。

2、正确使用防/除冰设备。

3、通过改变航向和高度尽快脱离强积冰区。

4、飞机积冰后，应避免做剧烈的操纵动作，保持合理的速度和安全高度。

思考题:

积冰对飞行有何影响？

5.3.4 低空风切变

备注:

5.3.4.1 低空风切变的种类

知识掌握程度:

掌握风切变的定义;
理解低空风切变的种类。

知识要点:

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。

低空风切变分为四种：

1、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。

2、逆风切变

指的是水平风的变量对飞机来说是逆风，这种情形，由于飞机的空速突然增大，升力也增大，飞机抬升。

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。侧风有左侧风和右侧风之分，它使飞机发生侧滑、滚转或偏转。

4、垂直切变

指的是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:

什么是逆风风切变？

5.3.4 低空风切变

5.3.4.2 产生低空风切变的天气条件

备注:

知识掌握程度:

掌握产生低空风切变的各种天气条件。

知识要点:

一、强对流天气

通常雷暴可产生较强的风切变，雷暴的四周和正下方均可产生较强风切变。特别是雷暴下方产生的微下击暴流，对飞行危害极大。

二、锋面天气

冷锋、暖锋或锢囚锋均可产生低空风切变。

三、辐射逆温型的低空急流天气

秋冬季晴空的夜间，由于强烈的地面辐射降温而形成低空逆温层的存在，在逆温层上风速较大，形成急流，产生风切变。

四、地理、环境因素引起的风切变

主要是指山地地形、水陆界面、高大建筑物、成片树林与其它自然的和人为的因素等形成的风切变。

思考题:

低空辐射逆温是怎样形成风切变的？

5.3.4 低空风切变

5.3.4.3 风切变对飞机和系统的影响

备注:

知识掌握程度:

掌握风切变对飞机的影响;

掌握风切变对系统的影响。

知识要点:

一、风切变对飞机的影响

1、逆风/顺风切变

逆风切变增加了指示空速，从而增加了飞机性能。飞机将向上抬头以减小空速。相反，顺风切变将减小指示空速并降低飞机性能。由于速度损失，飞机将向下低头以增加速度。

2、垂直风切变

机头将随之上下俯仰，甚至可能导致飞机在较大速度时出现短时的抖杆及机身抖动现象。

3、侧风风切变

侧风切变将导致飞机横滚、偏转。

4、颠簸

风切变可能伴随有剧烈的颠簸。

5、降水

某些类型的风切变伴随着大量的降水，强降水可视为严重风切变的预兆。

二、风切变对系统的影响

1、高度表

无线电高度表受地形的影响，地形的起伏会造成高度表的波动。气压式高度表会受下击暴流造成的气压波动影响，指示不准确。

2、升降速度表

不能仅仅依靠升降速度表来判断飞机的升降率。

3、抖杆器

抖杆器会在接近失速迎角时被激活。

思考题:

顺风切变和逆风切变对飞机有何影响？

5.3.4 低空风切变

备注:

5.3.4.4 低空风切变的识别及处置

知识掌握程度:

掌握低空风切变的目视判别方法;

掌握座舱仪表的指示;

掌握遭遇低空风切变的处置方法。

知识要点:

一、风切变的目视判别方法

1. 雷暴冷性外流气流形成的沙暴堤。
2. 云体下的雨幡。
3. 轴状云。
4. 风吹倒的树林和庄稼。

二、座舱仪表判别法

1. 空速表: 指示发生剧烈变化。
2. 高度表: 高度表指示异常, 大幅偏离正常高度。
3. 升降速度表: 指示异常, 下降率明显增大。
4. 姿态仪: 俯仰角指示迅速变化, 变化越快、越大, 危害越大。

三、遭遇低空风切变的正确处置

1. 要求思想准备。
2. 不要有意识地穿越严重风切变或强烈下降气流的区域。
3. 要与雷暴云和大的降水区保持距离。
4. 如果在最后着陆时刻遇到风切变, 只要是难以改出、无法重建着陆剖面, 就应立即复飞。

思考题:

飞行中经常用哪些座舱仪表的显示异常来判断是否遭遇风切变?

5.4.1 气象报告和预报

备注:

5.4.1.1 METAR报

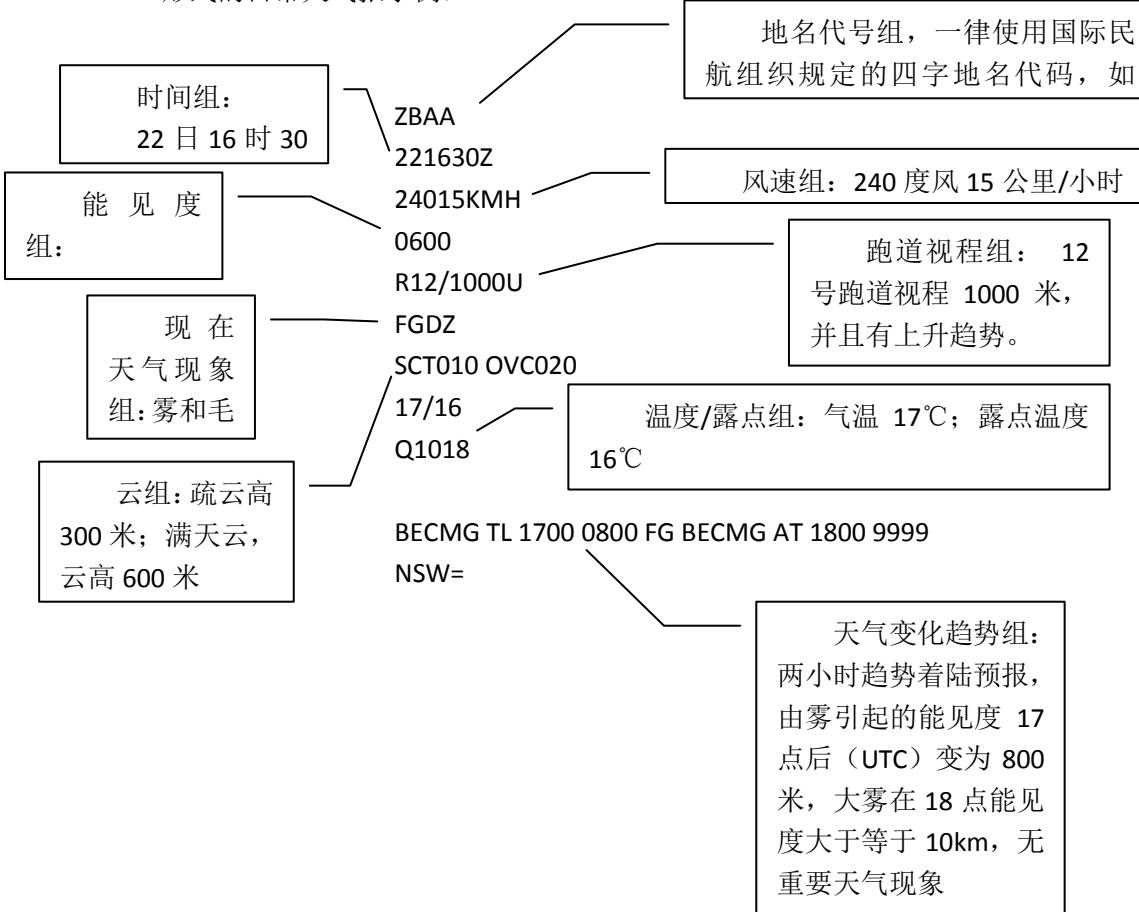
知识掌握程度:

掌握编码形式和内容。

知识要点:

日常航空天气报告是指机场气象台对天气进行定时观测的报告和发布。一般每小时进行一次。内容包括：站名、时间（世界时）、风向、风速、能见度/RVR（跑道视程）、天气现象、云、温度/露点、气压值及补充说明等。

METAR 形式的日常天气报示例：



思考题:

请翻译下面的METAR报文

METAR ZSSS 080300Z 16003G08MPS 4000 -SHRA SCT050 BKN060 OVC090 21/20 Q0997 RESHRA=

5.4.1 气象报告和预报

备注:

5.4.1.2 TAF报

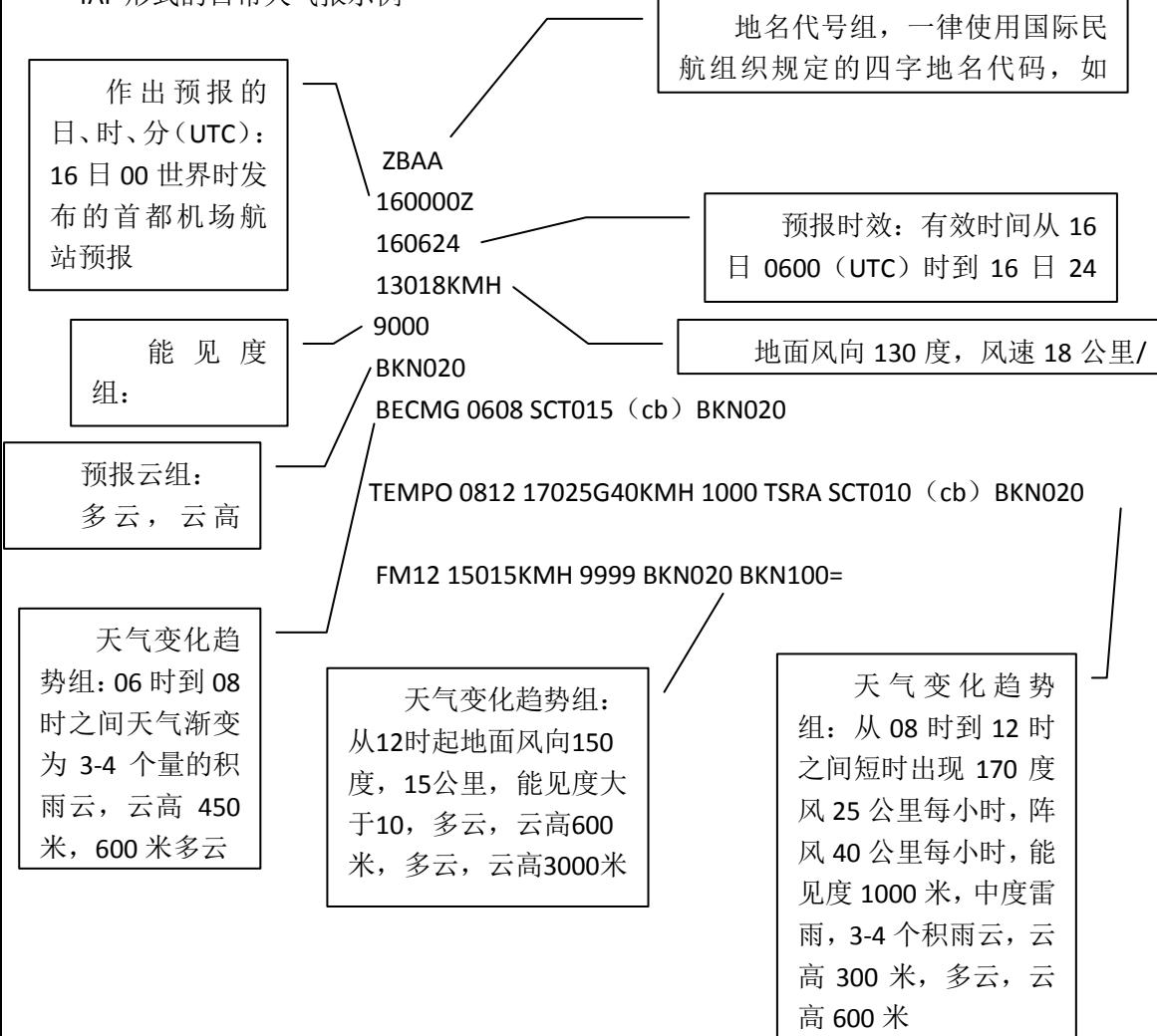
知识掌握程度:

掌握编码形式和内容。

知识要点:

对于某一机场的地面天气预报就是航站天气预报（Terminal Weather Forecasts），它是用于了解某一特定机场的未来天气情况的最佳途径之一。航站天气预计的内容主要有地面风，能见度，天气现象和云等。

TAF 形式的日常天气报示例



思考题:

请翻译下面的TAF报文

TAF ZBAA 080918 04004MPS 0600 SS FEW023 SCT040 SCT060 (cb) FM11 31002MPS 1200 SA NSC=

5.4.1 气象报告和预报

备注:

5.4.1.3 SPECI报

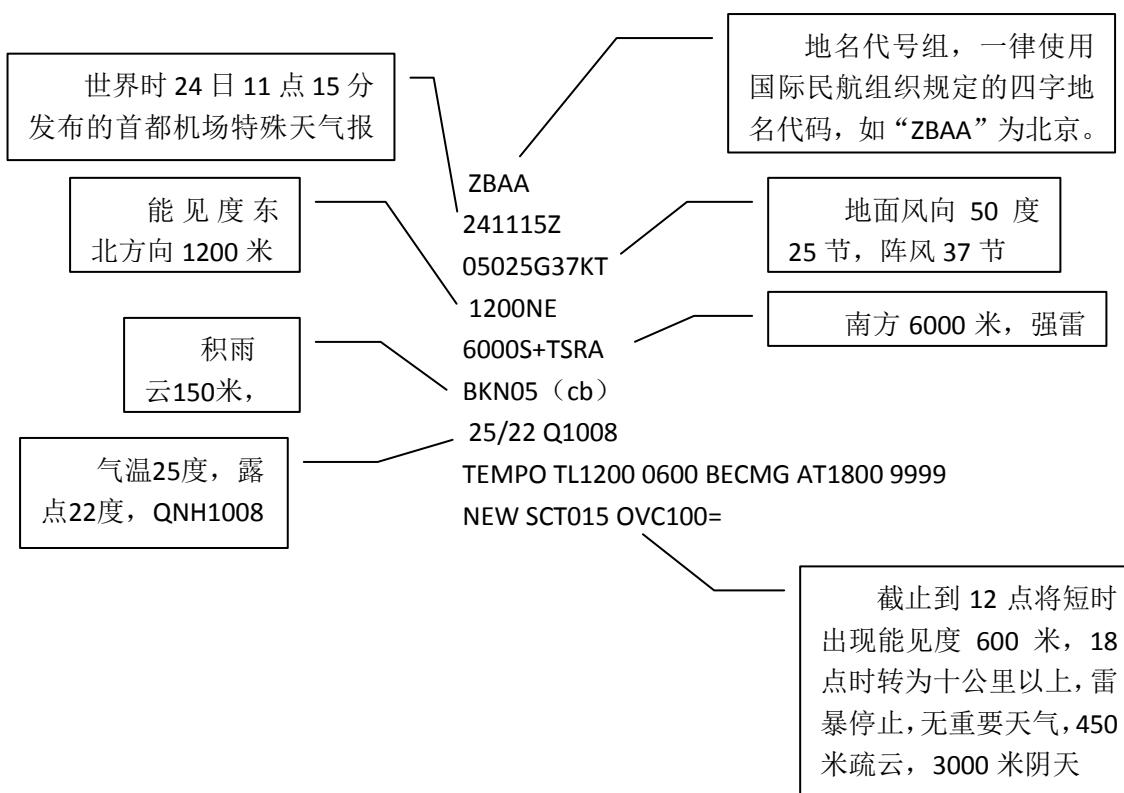
知识掌握程度:

掌握编码形式和内容。

知识要点:

特殊观测是指在两次正点观测之间，当指定的要素达到某一数值或重要的天气现象出现（终止或消失）时而进行的观测，这种观测的报告称为特殊天气报告（Special Aviation Weather Reports）。

SPECI 形式的日常天气报示例



思考题:

请翻译下面的SPECI报文

SPECI ZBTJ 220615Z TSRA SCT040 (cb) =

5.4.1 气象报告和预报

5.4.1.4 SIGMET报

备注:

知识掌握程度:

掌握编码形式和内容。

知识要点:

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还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。SIGMET 是通知飞行过程中的飞行员有可能遇到危害飞行的天气，这些天气也许在你起飞前未进行预报。

二、SIGMET 电报预报的内容

在亚音速巡航高度上	OBSC TS	模糊不清的雷暴
	EMBD TS	隐嵌（在……里）里的雷暴
	FRQ TS	成片无隙的雷暴
	LSQ TS	飑线
	OBSC TS HVYGR	模糊并带有强冰雹的雷暴
	EMBD TS HVYGR	隐嵌并带有强冰雹的雷暴
	FRQ TS HVYGR	成片无隙并带有强冰雹的雷暴
	LSQ TS HVYGR	带有强雹的飑线
	TC (+名称)	热带气旋(10□min 内平均地面风速达到或超过63□km/h (34□KT))
	SEV TURB	严重颠簸
	SEV ICE	严重积冰
	FZRA (SEV ICE)	冻雨引起的严重积冰
	SEV MTW	严重的山地波
	HVY DS	强尘暴
	HVY SS	强沙暴
	VA (+火山名称)	火山灰
在跨音速和超音速巡航高度上	MOD TURB	中度颠簸
	MOD TURB	严重颠簸
	MOD TURB	孤立的积雨云
	OCNL CB	偶尔（个别）的积雨云
	FRQ CB	成片无隙的积雨云
	GR	雹
	VA (+火山名称)	火山灰

思考题:

请翻译下列SIGMET 报

YUCC SIGMET2 VALID 221215/221600 YUDO AMSWELL FIR SEV TURB OBS AT 1210
YUBS FL250 MOV E 40 KM/H WKN=

5.4.1 气象报告和预报

5.4.1.5 低空重要气象情报 (AIRMET)

备注:

知识掌握程度:

掌握编码形式和内容。

知识要点:

一、低空重要气象情报的功能和作用

低空重要气象情报 (AIRMET) 是以简写明语的形式提供的有关对地面上的航空器和起降阶段的航空器有严重影响的气象情况的简要情报，它扼要地描述有关的发生和预期发生的特殊天气现象。这些天气现象在SIGMET 中发布的低空飞行区域中不被包括，但会影响低空飞行的安全，并在时间尺度上发展。

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 60km/h (30KT)	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)
不带冰雹的孤立的雷暴	ISOL TS
不带冰雹的成片的雷暴	OCNL TS
带冰雹的孤立的雷暴	ISOL TSGR
带冰雹的偶尔的雷暴	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
不带雷暴的有间隙的积雨云	OCNL CB
不带雷暴的成片无间隙的积雨云	FRQ CB
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：请翻译下列AIRMET 报

YUCC AIRMET4 VALID 181015/181600 YUDO AMSWELL FIR MOD MTW OBS AT 1005
24 DEG N 110 DEG E AT FL080 STNR NC=

5.4.2 气象图表

5.4.2.1 重要天气预报图符号

备注：

知识掌握程度：

识别各种重要天气和重要天气系统的符号。

知识要点：

重要航空天气预报（Significant Weather Forecasts）就是对航路（区域）有重大影响的天气预报。通常以预报图和缩写明语形式的电码提供给机组，它是提供给国内和国际航线飞行机组的一种航路（区域）天气预报。

重要天气和重要天气系统的符号（一）

雷暴	R	毛毛雨	●
热带气旋	🌀	雨	////
严重飑线	→VV	雪	✗
中度颠簸	↖↖	阵雨	▽
严重颠簸	↑↑	大片吹雪	✚
山地波	◎	严重沙或尘霾	S
中度飞机积冰	◐	大片沙(尘)暴	🇸
严重飞机积冰	◑	大片霾	∞
大片雾	☰	大片轻雾	≡
雹	△	大片烟	〽
火山喷发	🌋	冻雨	〽
大气中的放射性物质	☢	火山灰云	█

重要天气和重要天气系统的符号（二）

地面冷锋	▲	最大风的位置、速度和高度层	FL 270
地面暖锋	●	辐合线	↖↖
地面锢囚锋	▲●▲	零度等温层高度	0:100
地面准静止锋	↔	热带辐合带	II III
对流层顶高点	H 400	海面状况	10
对流层顶低点	270	海面温度	10
对流层顶高度	360		
风羽表示急流上的最大风以及其出现的飞行高度层。两短划表示重要的变化（风速≥20 海里/小时、飞行高度层（如可行的话）≤3000 英尺）。在此例中，两短划处风速是 225 千米/小时（120 海里/小时）。粗线描绘预报风速为 150 千米/小时（80 海里/小时）的急流轴的起始/终止点。			

思考题：

怎样识别重要天气预报图中的高空急流？

5.4.2 气象图表

备注:

5.4.2.2 低层重要天气预告图

知识掌握程度:

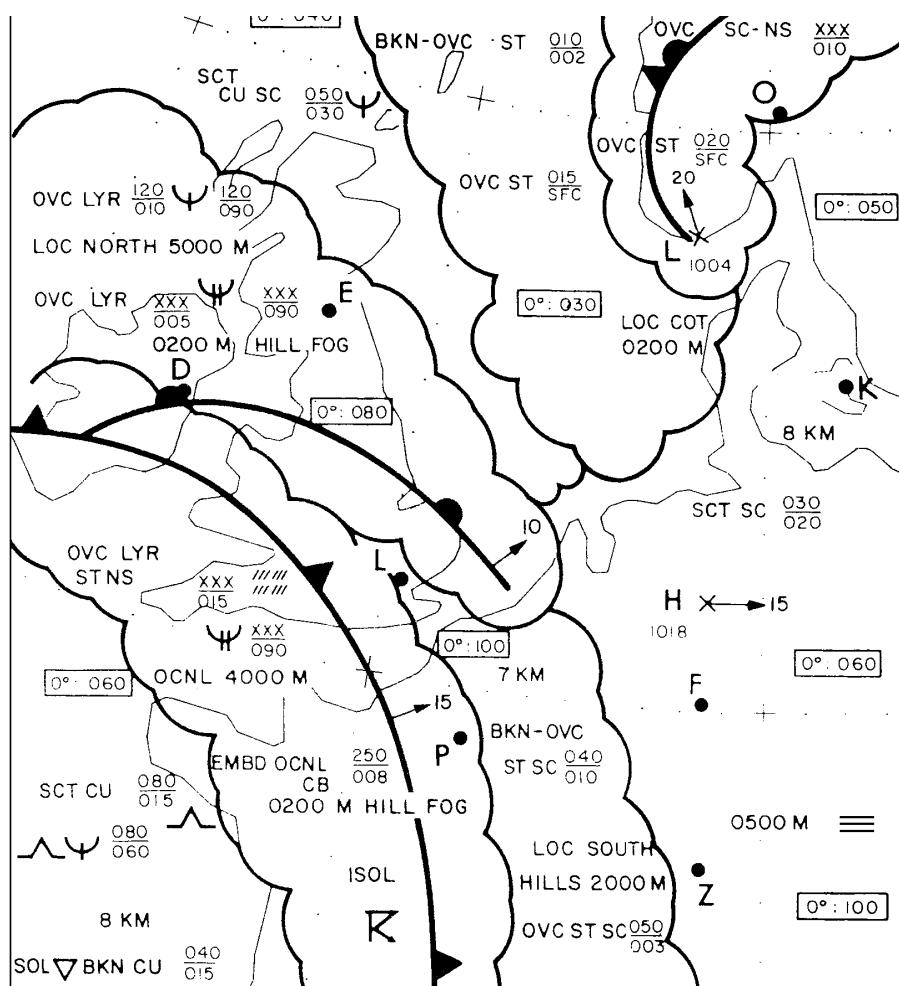
掌握低层重要天气预告图的预报内容。

知识要点:

低层重要天气预告图

飞行高度在FL100 (10□000 英尺) 以下的低层的重要天气预告图，图中标明锋面及其预期的移动（用箭头表示方向，用数值表示移速，单位km/h 或KT）。各种重要天气、降水和其他引起大范围能见度低于5000m 的天气现象（能见度用数值单位为m），及其所影响的区域和高度。

低层重要天气预告图举例：



思考题:

低层重要天气预告图的高度范围是什么？

5.4.2 气象图表

备注:

5.4.2.3 中层重要天气预告图

知识掌握程度:

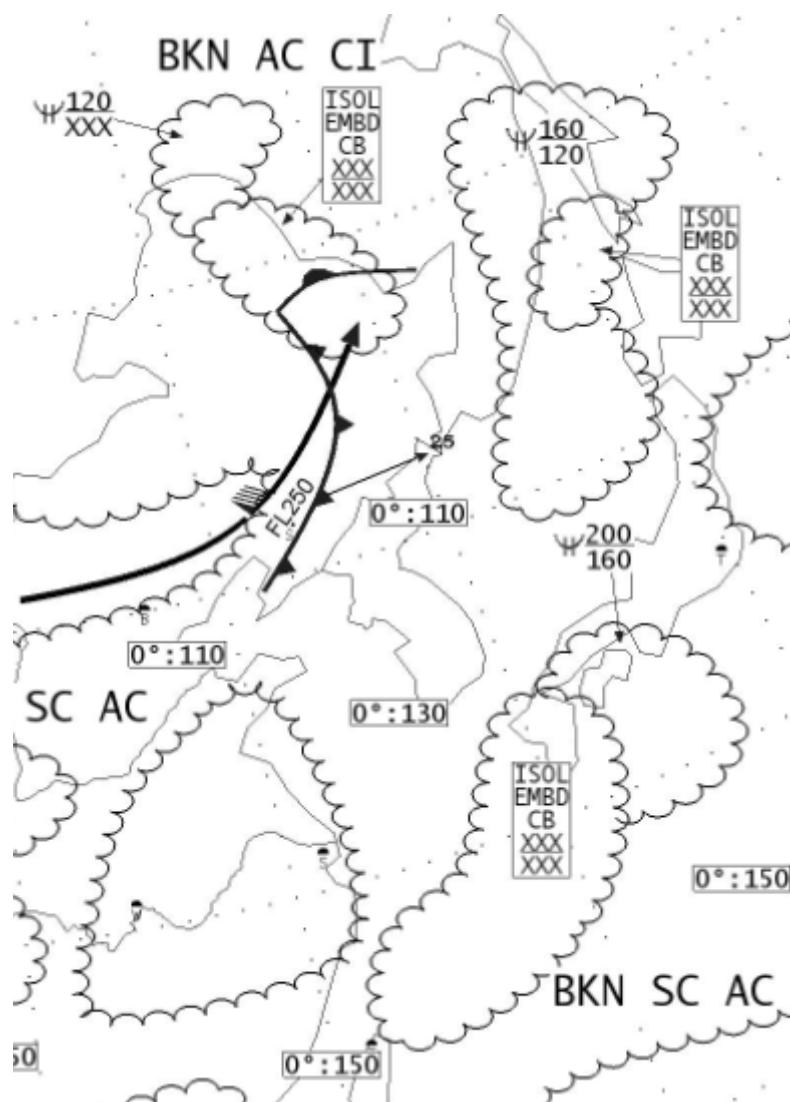
掌握中层重要天气预报图的预报内容。

知识要点:

飞行高度在 FL100 至 FL250 的中层的重要天气预报图，

与低层预报不同的是，中层的重要天气预报没有地面能见度、气压中心、0°C 等温层高度、海平面温度和海面状况等内容，而增加了出现在中高空的飞行气象条件：晴空颠簸及其强度；急流及出现高度和风速；火山灰云。

中层重要天气预报图举例：



思考题:

中层重要天气预报图的主要内容有哪些？

5.4.2 气象图表

备注:

5.4.2.4 高层重要天气预告图

知识掌握程度:

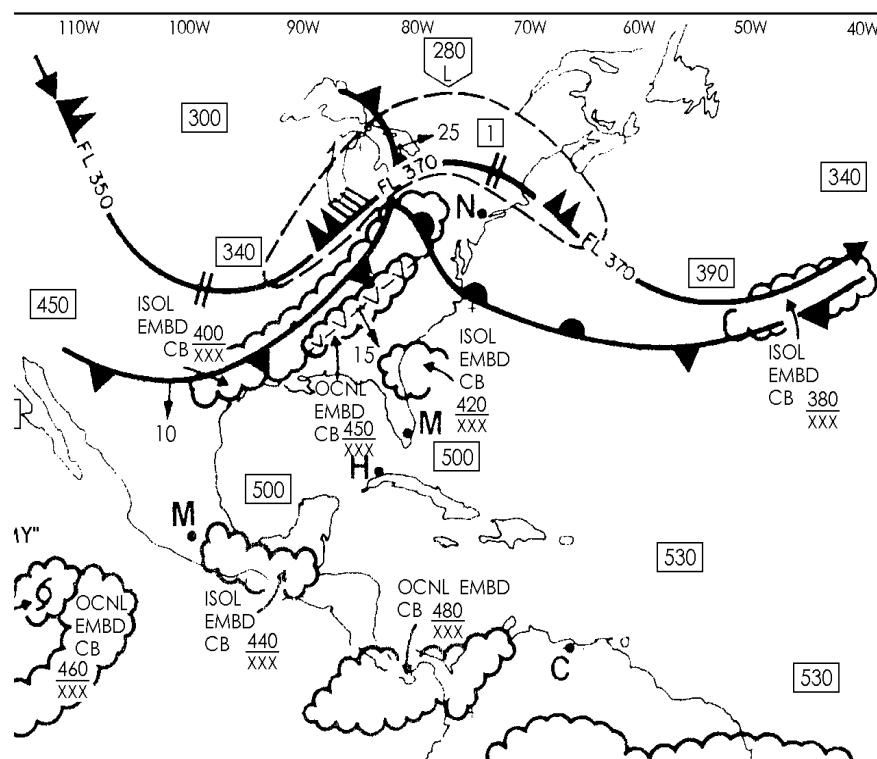
掌握高层重要天气预报图的预报内容。

知识要点:

飞行高度在FL250 以上的高层重要天气预报图

高层重要天气预报图中预报了中层的所有的天气现象，不同的是云只预报积雨云，另外还多一个对流层顶的高度资料，对流层顶高度用数字表示，单位为100 英尺。

高层重要天气预告图举例:



思考题:

高层重要天气预报图的主要内容有哪些？

5.4.2 气象图表

5.4.2.5 高空风温图

备注:

知识掌握程度:

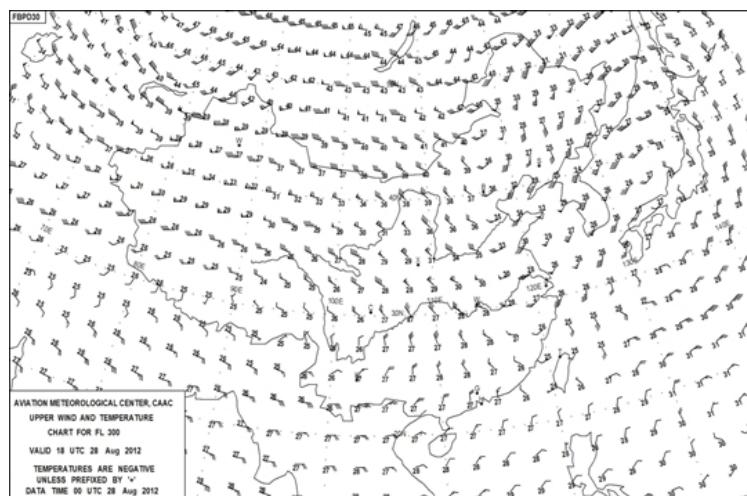
掌握高空风温图的预报内容;

分析高空风温图对飞行的影响。

知识要点:

一、高空风温预告图作用

空中风和温度预报提供的是选择的航站上空不同高度的风向、风速及温度，这些预报在作飞行计划时十分重要。



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。

符号	国际(单位:kn)	我国(单位: m/s)
○	0	
---	1~2	1
—	5	2
—	10	4
▼	50	20

思考题:

高空风温预告图风速标识符号的含义?

5.4.2 气象图表

5.4.2.6 卫星云图

备注:

知识掌握程度:

了解卫星云图的种类;

掌握积雨云的云图特征;

掌握锋面的云图特征。

知识要点:

一、卫星云图的种类;

1、可见光云图

气象卫星在可见光谱段感应地面和云对太阳光的反射，并把所得到的信号表示为一张平面图像，积雨云、多层云、大块厚云在云图中为白色。

2、红外云图

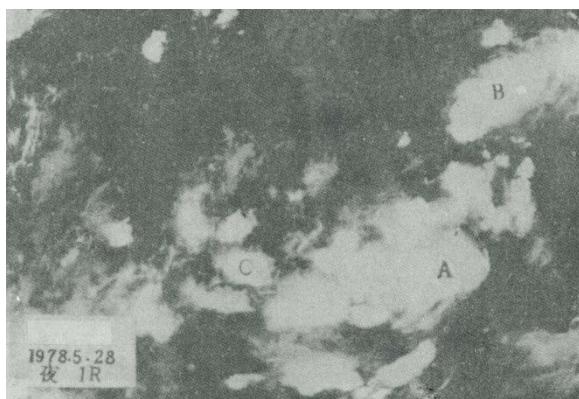
红外遥感的主要应用是测量地面和云面发射的红外辐射，转换成红外云图。云图上的色调反映了物体辐射的温度高低。最白的部分表示最冷的表面，最黑的部分表示最热的表面，其中高云，积雨云，极地积雪和冰区在云图中为白色。

二、积雨云的云图特征

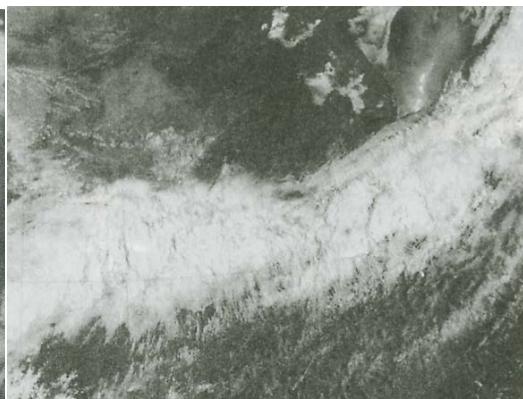
积雨云在两种云图中都为浓白色，范围较小，边界清晰，有时带有纤维状纹理结构。

三、锋面的云图特征

锋面在云图中表现为带状云系，由多层云组成，有时在锋面云系中隐藏为浓白色的积雨云。



积雨云图



锋面云图

思考题:

如何从卫星云图上识别积雨云？

5.4.2 气象图表

5.4.2.7 地面气象雷达

备注:

知识掌握程度:

了解地面气象雷达的两种显示方式;

了解地面气象雷达回波的识别。

知识要点:

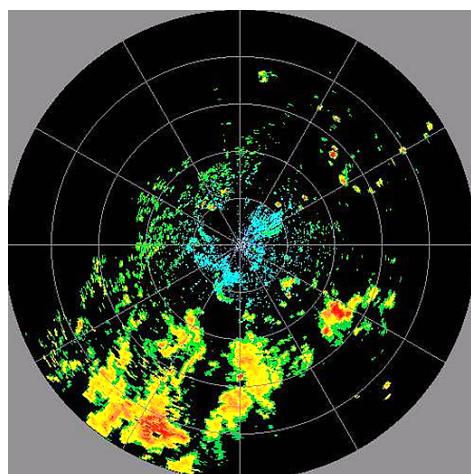
一、地面气象雷达的两种显示方式

1、平显（PPI）

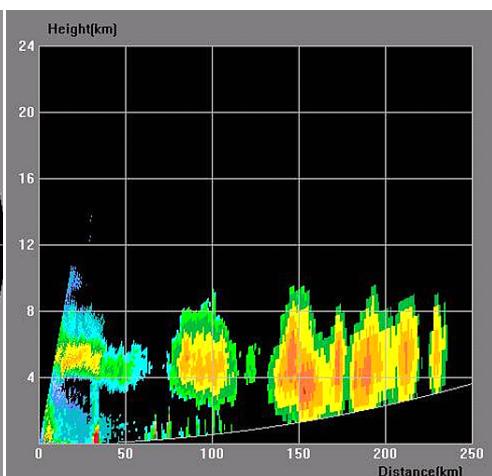
显示降水的水平方位和距离、范围、强度的分布等。

2、高显（RHI）

显示降水的距离、高度、强度等。



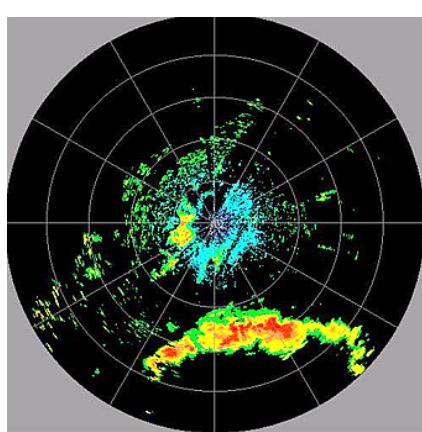
PPI



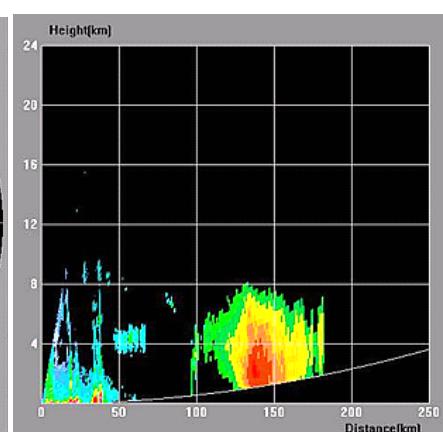
RHI

二、雷暴降水回波的识别

雷暴降水回波呈块状回波，边界轮廓清晰，回波强度大，中心区域为红色、品红色或紫色。



PPI



RHI

思考题:

雷暴降水有哪些回波特征？

5.4.2 气象图表

5.4.2.8 机载气象雷达

备注:

知识掌握程度:

了解机载气象雷达对天气的探测。

知识要点:

一、机载气象雷达对天气的探测

机载气象雷达主要用来测量飞机前方扇形区域内的降水强度，一般的云雾、火山灰、干冰雹、干雪、晴空乱流不能探测，扇形区域以外是不能探测的盲区。

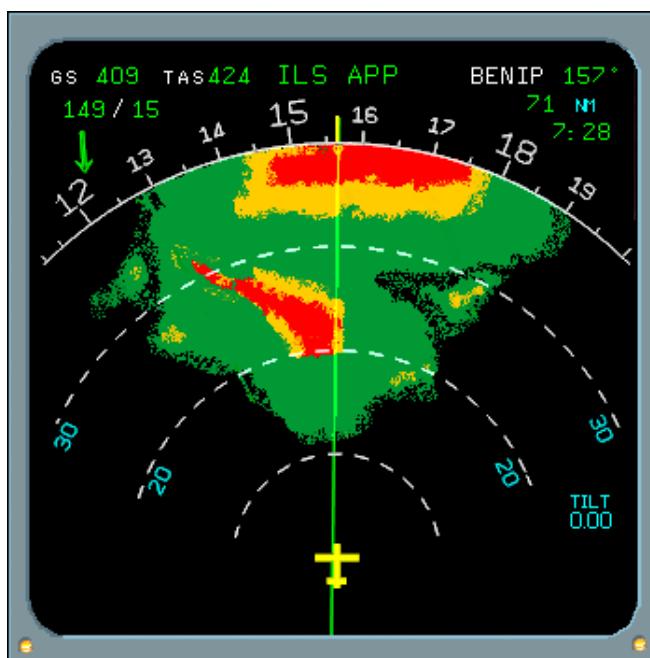
二、使用机载气象雷达避开危险天气

1、避开红色区域。

2、不能进入雷暴回波当中的无回波区。

3、强雷暴云的回波特征具有特殊形状，比如U形无回波缺口、钩状、锯齿状、指状。

4、由于雷暴顶部通常为温度较低的干性粒子，雷达难以探测，因此在较高高度飞行时，天线下俯，以便更好的探测前方雷暴区和晴空降雹区；同理，雷暴底部有时降水较弱，在较低高度飞行时，天线上仰，以便更好的探测前方雷暴区。



思考题:

如何利用机载气象雷达避开危险天气？

6.1.1 时间

6.1.1.1 日出与日落

备注:

知识掌握程度:

掌握民航上昼间和夜间飞行的概念。

知识要点:

1、日出、日落的定义

早晨，当太阳上边缘升到地平线时叫日出；傍晚，当太阳上边缘沉没于地平线时叫日落。可以通过查阅国内航行资料汇编（NAIP）获取各地的日出、日落时间。

2、昼间与夜间飞行

昼间飞行是指从日出到日落之间的飞行；夜间飞行是指从日落到日出之间的飞行。

思考题:

夜航如何界定？

6.1.2 航线

6.1.2.1 大圆航线

备注:

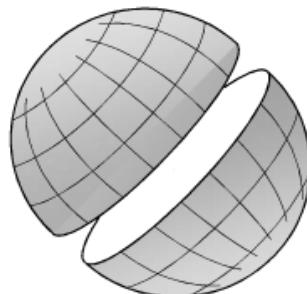
知识掌握程度:

掌握大圆航线概念及特点。

知识要点:

1、大圆航线

利用假想的平面去切地球，形成无数个平面与地球表面相交的圆圈，其假想平面通过地心的是大圆圈。通过地球表面两点，仅能作一条大圆圈线，以此大圆圈线上距离较短的弧作为航线的叫大圆航线。



大圆圈

2、大圆航线的特点

大圆航线上各点与真经线的夹角不相等，航线距离最短，但由于大圆弧和所有子午线相交角度不等，如果严格沿大圆弧航行，则必须不断改变航向。



大圆航线

思考题:

大圆航线优缺点是什么？

6.1.2 航线

6.1.2.2 等角航线

备注:

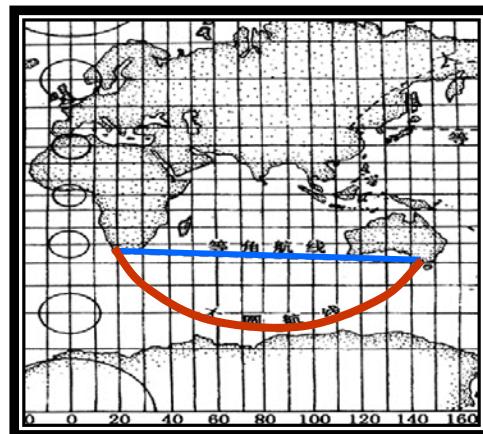
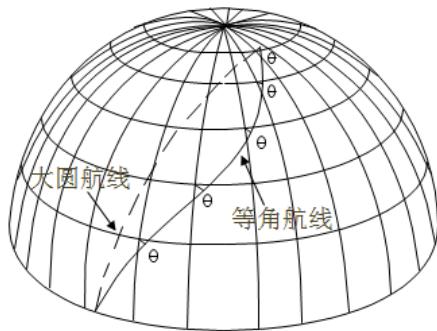
知识掌握程度:

掌握等角航线的概念及特点。

知识要点:

以通过地球表面两点间的等角线作为航线的叫等角航线。等角航线上各点的航线角相等，它的距离一般都比大圆航线长。

近距离飞行时，通常采用等角航线。远程飞行时，最常用的方法是全程采用大圆航线，然后将大圆航线根据实际情况分成几个阶段，每一阶段按等角航线飞行，既便于领航的空中实施，也能得到较好的经济效益。当经度差小于 30° 时，大圆航线与等角航线的距离差较小。



墨卡托投影图的大圆航线与等角航线

思考题:

航线距离较长时使用哪种航线？

6.1.3 地图

6.1.3.1 地图投影原理

备注:

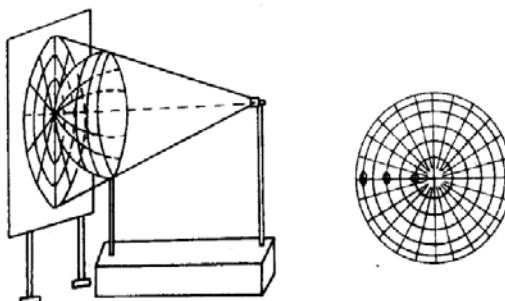
知识掌握程度:

理解常见的地图投影原理。

知识要点:

1、地图投影原理

地图投影就是按照一定数学法则，将地球椭球面上的经纬网转换到平面上。

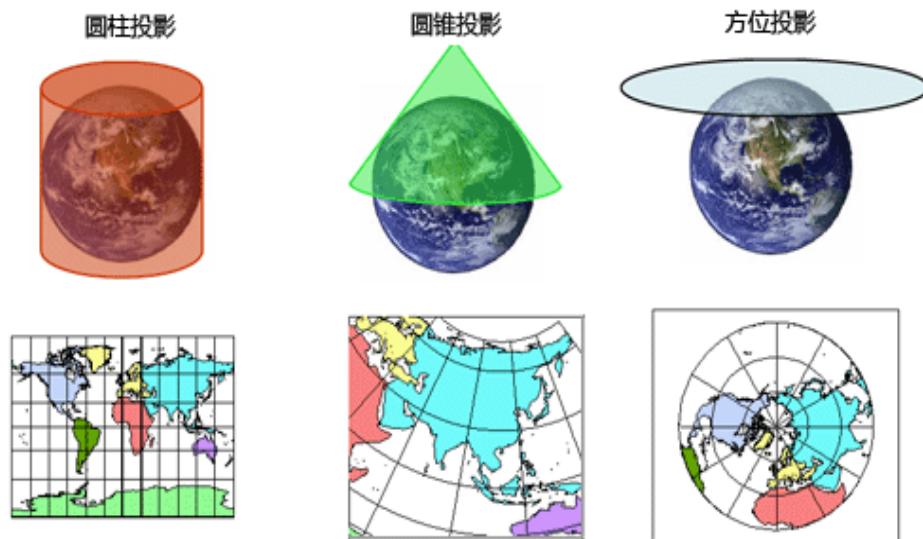


2、地图失真

投影产生的变形就叫做地图失真。地图失真有长度失真、角度失真和面积失真。

3、地图投影的分类

按投影面的几何特征分类：圆柱投影、圆锥投影和平面（方位）投影。民航地图作业常用的投影为等角圆锥投影（兰伯特投影）。



思考题:

地图作业常用的地图使用的是什么投影？

6.1.3 地图

6.1.3.2 兰伯特投影

备注:

知识掌握程度:

掌握兰伯特投影原理及特点。

知识要点:

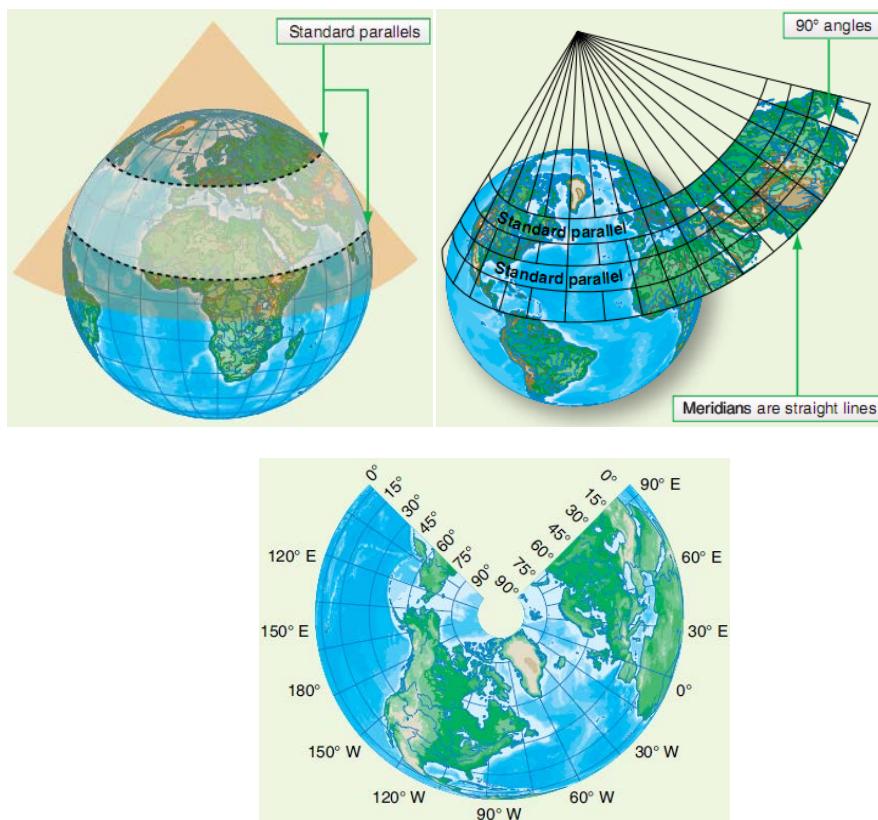
1、投影原理

兰伯特投影图又称等角正割圆锥投影。投影面为圆锥面，通过两条标准纬线与地球相割。从地球中心将经、纬网投影到圆锥面上，然后将圆锥面展开成平面就得到了兰伯特投影图。

2、投影特点及失真情况

纬度差相等的各纬线间的距离基本相等，没有角度失真，存在长度失真和面积失真。两条标准纬线上没有失真，两条标准纬线之间长度有所缩短，两条标准纬线以外的地区，长度有所拉伸；离标准纬线越远，失真越大。当投影地区较大时，为了减小失真，常用多个圆锥面正割地球进行分带投影，因而在拼接地图时，各投影之间会产生裂缝。

兰伯特投影图是一种最主要的航空地图，全世界统一规范的1:100万世界航图从赤道起至北纬84°或南纬80°之间，采用的就是兰伯特投影图。投影带的划分为：纬度差4°、经度差6°，每个投影带的标准纬度与投影带边缘纬度相差40'，由于投影带范围很小，因此产生的失真极小。



思考题:

常用的航空地图采用的是什么投影？

6. 2. 1 梯度与升降率换算

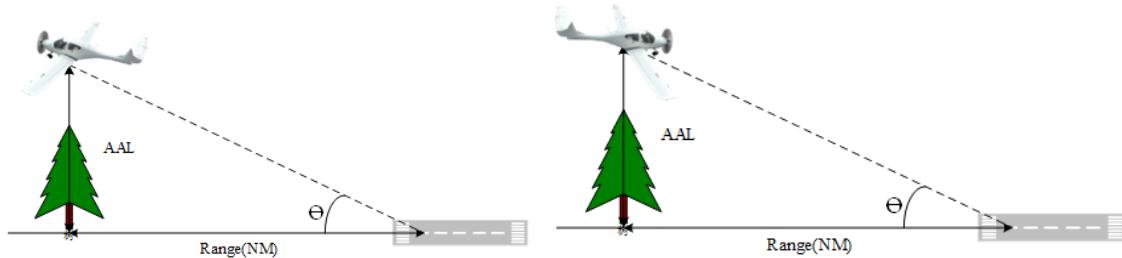
备注:

知识掌握程度:

掌握梯度与升降率的换算关系。

知识要点:

飞机在爬升和下降时，上升或下滑角、梯度和升降率之间的关系如下：



$$\text{梯度} = \tan \text{下滑角} = \frac{\text{高度}}{\text{距离}} = \frac{\text{高度}(ft)}{\text{距离}(nm) \times 6000}$$

$$\text{升降率}_{ft/min} = GS_{kt} \times Gr$$

$$\text{升降率}_{ft/min} = \text{升降率}_{m/s} \times 200$$

以上公式中，GS为地速，Gr为爬升梯度。

但是计算时需注意的一点是如果飞机被指挥下降至某一场压高时，必须进行气压基准面的统一，否则计算将出现错误。根据下降时间和预达机场上空时刻即可以推算开始下降时刻和位置。

思考题:

飞机从 6000 米下降至 1800 米，下降率 1000ft/min，GS 为 180kt，需要多少下降时间？下降梯度是多少？

6. 2. 2燃油相关计算

备注:

知识掌握程度:

掌握巡航飞行中的燃油相关计算。

知识要点:

在飞行中，有的情况要求在现有油量的前提下计算最大飞行距离和飞行时间，如在进行备降场的选择，改航飞到新的航路点及迷航等。有的情况又要根据飞行距离和飞行时间来计算燃油需要量，确定所载油量是否能够完成这一次飞行任务。

航线飞行中，可飞时间是在现有油量条件下，飞机可以飞行的最大时间，这一时间对飞行员来说是相当重要的。进行计算时，根据油量和燃油消耗率计算出可以飞行的时间（即最大飞行时间），然后用该时间与地速可以计算出最大飞行距离；

$$\text{最大飞行时间} = \frac{\text{可用燃油量}}{\text{空中耗油率}}$$

$$\text{最大飞行距离} = \text{最大飞行时间} \times \text{地速}$$

飞行员需要注意整个飞行进程中油量的使用情况。所需油量的计算则是先根据飞行距离和地速计算出该段的飞行时间，再乘以燃油消耗率就可以计算出该航段的燃油需要量，并与油量表指示比较，来判断剩余燃油是否够用。

$$\text{飞行时间} = \frac{\text{飞行距离}}{\text{地速}}$$

$$\text{所需燃油量} = \text{飞行时间} \times \text{耗油率}$$

思考题:

若耗油率为 13 加仑/小时，地速为 150 节，飞行 810 公里所需油量为多少？

6. 2. 3等时点

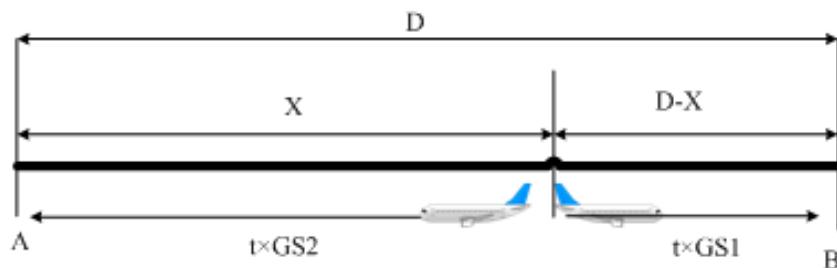
备注:

知识掌握程度:

掌握等时点的计算。

知识要点:

等时点是航线上一点，在该点飞机继续飞往着陆机场的时间与返回起飞机场的时间相等。在长距离飞行或航线中途没有备降场而又需要尽快着陆时，应计算等时点的位置。如果飞机还未到等时点需尽快着陆，应返回起飞机场着陆；如果飞机已飞过等时点，则应继续飞向着陆机场着陆，这样可以在最短的时间里着陆。关于等时点的计算如下：



图中， GS_1 为由等时点飞往着陆机场的地速， GS_2 为由等时点返回起飞机场的地速； X 为起飞机场到等时点的距离， D 为起飞至着陆机场的总距离； t 由起飞机场至等时点或等时点至着陆机场的时间。根据等时点定义，有：

$$t \times (GS_1 + GS_2) = D$$

又因为：

$$GS_1 + GS_2 = 2 \cdot TAS$$

故等时点位置的飞行时间：

$$t = \frac{D}{2 \cdot TAS}$$

等时点位置距离：

$$X = GS_2 \cdot t$$

思考题:

航线距离 600nm，真空速 300kt，航线上逆风 50kt，求等时点？

6. 2. 4安全返航点及活动半径

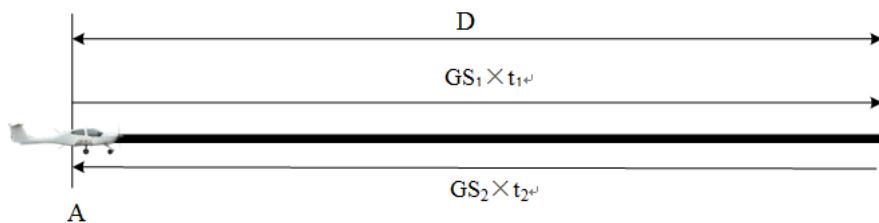
备注:

知识掌握程度:

掌握安全返航点及活动半径的计算。

知识要点:

当航线中途没有备降场时,选择起飞机场作为备降场,为了保证飞行安全,在起飞前应当准确计算安全返航点。安全返航点就是根据本飞机携带的燃油量,在飞机遇到特殊情况时能安全返航的点,从这一点返航至起飞机场上空还有不少于30分钟(昼间)或45分钟(夜间)的燃油量。从起飞机场到安全返航点的距离就是飞机能安全返回机场的最大许可距离,叫做活动半径。



其中, D 为航线距离, GS_1 为出航地速, GS_2 为返航地速, t_1 为由起飞机场飞至安全返航点的时间, t_2 为由安全返航点飞至起飞机场的时间。根据安全返航点定义,有:

$$GS_1 \cdot t_1 = GS_2 \cdot t_2$$

可飞的航线总时间:

$$t_{\text{可用}} = \frac{\text{携带燃油} - \text{地面耗油量} - \text{空中耗油率} \times 30'(45')}{\text{空中耗油率}}$$

$$t_{\text{可用}} = t_1 + t_2$$

根据以上可以计算出安全返航点或活动半径的距离。

思考题:

真空速 220kt, 航线上顺风分量 45kt, 可飞的航线总时间为 6 小时, 求安全返航点?

6.3.1 无线电方位与预定方位

6.3.1.1 无线电方位

备注:

知识掌握程度:

掌握常用的无线电定位方法及无线电方位变化规律。

知识要点:

地面导航台和机载设备之间的连线，叫做无线电方位线，简称方位线。飞机与电台的位置关系可以用以下三种方位角来表示：电台相对方位角（RB）、电台磁方位角（QDM）和飞机磁方位角（QDR）。

1、电台与飞机的位置关系

(1) 电台相对方位角 (RB-Relative to Bearing)

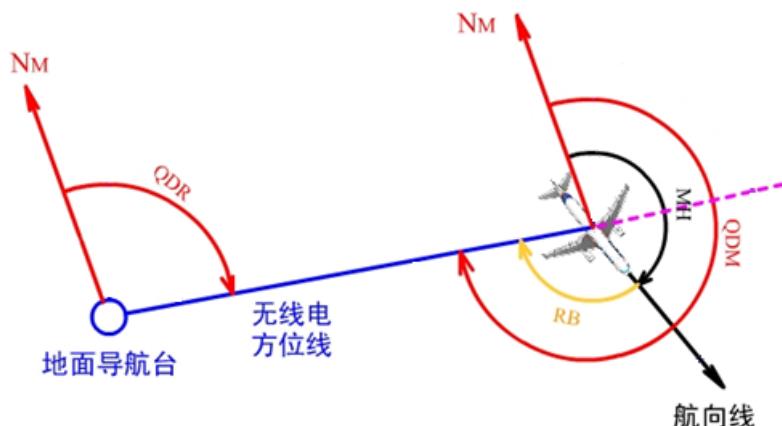
从航向线顺时针方向量到无线电方位线的角度，叫电台相对方位角，范围 $0^\circ - 360^\circ$ ，它表示电台相对于飞机纵轴的位置。

(2) 电台磁方位角 (QDM-Magnetic Bearing to Facility)

从飞机所在位置的磁经线北端顺时针量到无线电方位线的角度，叫电台磁方位角QDM或向台磁方位，范围 $0^\circ - 360^\circ$ ，它表示电台在飞机位置的那个方位上。

(3) 飞机磁方位角 (QDR-Magnetic Bearing from Facility)

从电台所在位置的磁经线北端顺时针量到无线电方位线的角度，叫飞机磁方位角QDR或背台磁方位，范围 $0^\circ - 360^\circ$ ，它表示飞机在电台位置的那个方位上。



飞机在当时所保持磁航向MH所测得的电台相对方位角RB、电台磁方位角QDM、飞机磁方位角QDR之间的关系是

$$QDM = MH + RB \quad QDR = QDM \pm 180^\circ$$

2、无线电方位的变化规律

在同一条方位线上，电台磁方位角和飞机磁方位角都是一定的，航向增大，相对方位减小；航向减小，相对方位增大。

保持航向飞行时，电台在右侧，随着飞机的向前飞行，无线电三个方位都将逐渐增大；电台在左侧，随着飞机的向前飞行，无线电三个方位都将逐渐减小。

思考题:

飞机沿同一条方位线飞行时，航向的改变量等于什么方位角的改变量？

6.3.1 无线电方位与预定方位

6.3.1.2 进入预定方位线

备注:

知识掌握程度:

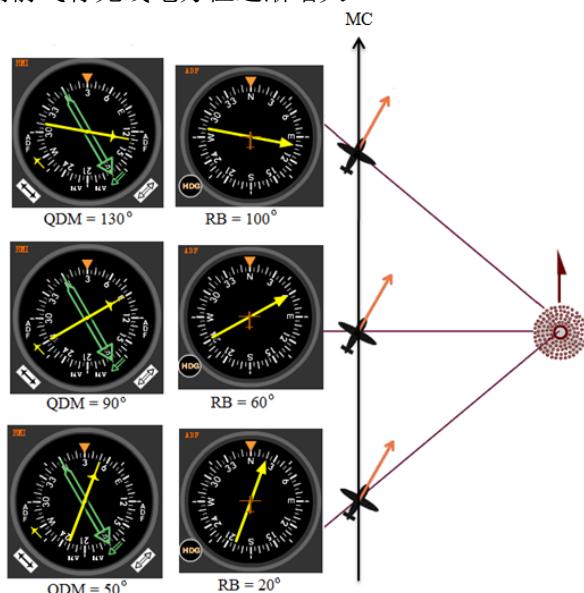
掌握进入预定方位线的判断原理。

知识要点:

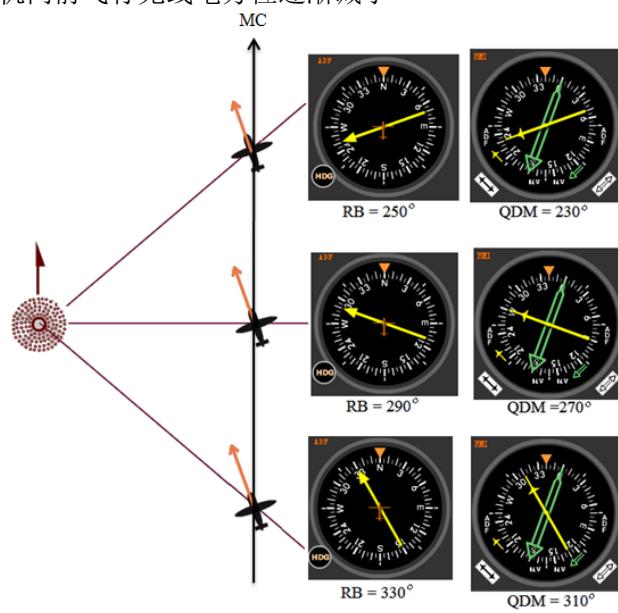
从选定电台到预定地点的连线，叫预定无线电方位线，简称预定方位线；引导飞机飞到预定方位线的瞬间，就叫进入预定方位线。

进入预定方位线的判断方法有按电台相对方位判断和按电台磁方位判断两种。

1. 电台在右侧，飞机向前飞行无线电方位逐渐增大



2. 电台在左侧，飞机向前飞行无线电方位逐渐减小



思考题:

飞机在电台左侧，预定方位线为 270°，QDM 指示 235°，现在飞机是否进入预定方位线？

6.3.2 ADF/NDB

备注:

6.3.2.1 ADF指示器的识读

知识掌握程度:

掌握NDB电台仪表指示器的识读。

知识要点:

用自动定向测量NDB电台相对方位时，其方位指示器有多种形式，显示也有所区别。主要使用ADF指示器与无线电电磁指示器（RMI）两种仪表指示器。

1、ADF指示器的显示

一种ADF指示器没有航向旋钮，表盘是固定式的，这时指针指示的读数就是电台相对方位角；另一种ADF指示器左或右下角有航向旋钮，通过转动旋钮，使标线与当时航向对正，此时方位指针指示的就是电台磁方位，方位指针尾所指就是飞机磁方位；方位指针与标线的夹角即为电台相对方位角。



2、无线电电磁指示器（RMI）的显示

RMI的刻度盘可以跟随飞机航向的改变而转动，从RMI的航向标线可以读出飞机当时的航向。RMI方位指针有两根，细针和粗针分别指示第一部或第二部ADF或VOR接收机送来的方位信号，显示出所测定的方位。方位指针针尖指示的是QDM，针尾所指是QDR；针尖与标线的夹角即为RB。



思考题:

ADF指示器与RMI指示器的区别？

6.3.2 ADF/NDB

6.3.2.2 ADF/NDB组成及工作原理

备注:

知识掌握程度:

理解ADF/NDB导航系统的组成及工作原理。

知识要点:

自动定向机（ADF-Automatic Direction Finder）与地面导航台配合，组成一种近程测角系统，典型设备工作频率为190-1750kHz，主要以地波的形式传送，可以绕过高大障碍物，易受干扰导致指示器指针晃动。

1、自动定向机系统的组成

(1) 地面设备

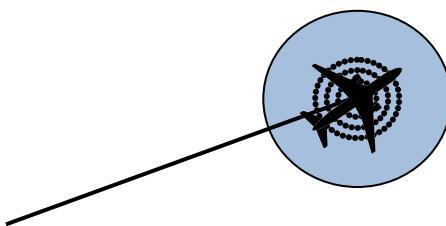
地面导航台向空间发射一个无方向性的无线电信号，因此成为无方向性信标（NDB-Non Directional Beacon），简称NDB导航台。根据不同的用途，地面NDB导航台分为两种：一种是供飞机在航线上定向和定位使用的，有效作用距离不少于150km；另一种是用于飞机着陆导航台，用于引导飞机着陆，有效作用距离一般不超过50km，不同的NDB导航台使用不同的识别码以摩尔斯电码形式发送。

(2) 机载定向机

机载定向设备一般包括自动定向接收机、控制盒、方位指示器、环形天线和垂直天线。NDB导航台的音频识别信号送至飞机音频系统，飞行员可以监听摩尔斯电码。自动定向机工作方式为“ADF”时，工作在自动定向方式，指针指向电台；工作方式为“ANT”时，能够调谐识别电台和收听语音信息，但ADF指示器没有指示。

2、NDB信号的盲区

飞机进入NDB电台上方的静锥区时，将收听不到地面NDB台信号，ADF指针停滞或摆动。高度越高，静锥区越大。一旦过台，ADF指针会迅速倒向后方电台。



思考题:

飞行员通过什么方式确认所调谐的NDB电台？

6.3.2 ADF/NDB

6.3.2.3 ADF/NDB仪表导航误差

备注:

知识掌握程度:

理解ADF/NDB仪表导航误差。

知识要点:

无线电波在传播中，会受到飞机金属机身的影响，也会受到电离层、大气条件、地表面性质、地理环境以及人为干扰等因素的影响，产生定向误差。大致可分为干扰误差、电波传播误差和设备误差：

1、静电干扰误差

大气放电时，会辐射多种频率的电波，其中影响最大的是中波和长波，使得ADF接收机受到干扰。在雷暴云附近飞行时，会影响自动定向机的接收和定向。克服静电干扰的方法，仔细辩听信号，当干扰杂音最小，指针指示稳定的瞬间读取方位。选择的导航台应是距离近、功率大的导航台。

2、夜间效应

自动定向机工作在中波波段，电离层对电波的吸收白天比夜间强。通常出现在日落后2小时和日出前2小时的一段时间内，夜间效应引起的定向误差一般在 10° ~ 15° 左右。尽量选择频率低、距离较近的导航台，增加飞行高度，并在测定方位时读取平均值。

3、山区效应

电波遇到山峰、丘陵和大建筑物时会发生反射和绕射，因此在低空飞行时，自动定向机指示器的方位指针有可能出现偏离正确位置或摆动，这种现象叫做山区效应。电波越长，绕射能力越强，影响越大；电波越短，反射能力越强，因此用短波或超短波进行定向的影响较大。所以地面导航台的频率应选的低些，或可以通过提高飞行高度避免山区效应。

4、海岸效应

电波从陆地进入海面，或从海面进入陆地，由于电波传播的导电系数发生改变，从而产生定向误差。电波传播的方向同海岸线的夹角越小，则海岸效应引起的方位误差越大；传播方向与海岸线垂直时，不产生误差。

思考题:

静电干扰主要出现在什么情况下发生，有何现象？

6.3.3 VOR

6.3.3.1 VOR导航频率划分及覆盖范围

备注:

知识掌握程度:

掌握VOR导航频率的划分方法;

掌握VOR信号覆盖范围。

知识要点:

1、VOR导航频率的划分

VOR系统的地面设备就是地面全向信标台，简称VOR台。VOR工作在甚高频频段上，频率范围108.00~117.95MHz，以直线方式传播，会被高大障碍物所遮挡。

根据不同用途VOR台分为两类：

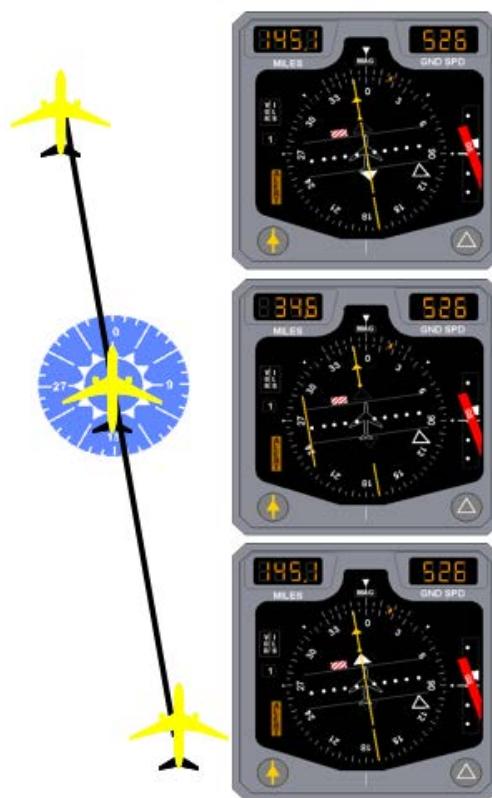
A类，用于航路导航，频率范围112.00~117.95MHz，作用距离200海里。

B类，用于终端引导飞机进场及进近着陆，频率范围108.00~111.95MHz，作用距离25海里。

在航图上，一般需要公布VOR台的使用频率、识别码、莫尔斯电码和地理坐标。通常VOR台的识别码为三个英文字母。

2、VOR信号的盲区

VOR地面台在发射信号时，在垂直面内有50°的范围飞机上的记载设备会接受不到信号，这一区域范围称为盲区。当飞机飞到信标台附近后，CDI或HSI仪表的航道偏离杆和向/背台指标会发生迅速的改变，表示飞机马上接近地面台，如果飞机在过台后航线发生变化，那么飞行员应该提前做好航向调整的准备，避免发生过大的航路偏航。



思考题:

VOR与NDB导航各有什么优点？

6.3.3 VOR

6.3.3.2 VOR仪表指示器识读

备注:

知识掌握程度:

掌握RMI、CDI、HSI仪表的识读。

知识要点:

1、无线电磁指示器（RMI）

RMI既可用作ADF系统，也可用作VOR系统的方位指示器，RMI指示器的刻度盘与罗盘随动，从RMI的航向标线可以读出飞机当时的航向。RMI有两套方位指针，分别对应不同的导航源方式。指针针尖指向电台，所指数值为QDM，针尾所指数值为QDR，也代表飞机所在径向线度数（radial），针尖与航向标线之间的角度为RB。

2、航道偏离指示器（CDI）

CDI有两种：普通CDI和带ILS功能的CDI。CDI主要用来指示飞机与VOR预选航道的关系，预选航道由全方位选择（OBS）旋钮调定，如图所示，航道偏离杆偏在刻度盘中心左侧，表示飞机偏在预选航道的右边，反之亦然。在VOR工作方式时，每点表示 2° 。向/背台指标用于判断飞机所在位置是在向台区还是背台区。

3、水平状态指示器（HSI）

水平状态指示器是航向系统、甚高频全向信标系统和仪表着陆系统的综合指示器。当选择VOR方式时，可以显示出飞机偏离预选航道的情况，判断方法与CDI相同。对于5点式的指示器每点偏离为 2° ，满偏为 $\pm 10^{\circ}$ ；对于2点式的每点偏离为 5° ，满偏 $\pm 10^{\circ}$ 。向/背台指标用于判断飞机所在位置是在向台区还是背台区。



思考题:

CDI与HSI仪表的共同点与区别分别是？

6.3.3 VOR

6.3.3.3 VOR领航仪表检查

备注:

知识掌握程度:

掌握VOR领航仪表正常工作的检查。

知识要点:

VOR系统的检查校验

1. VOT检查

VOR检测设备，是能够发射出测试信号的地面站台。一些装配有VOTs的机场会公布VOTs的测试地点，飞机滑行到机场公布的一个特定地点，并给出了该位置相对于台的方位，使CDI居中后对比误差，测量误差在正负4°之内VOR精确度可以正常导航。

2. 空中检查

与地面检查类似飞机在空中时，飞行到机场公布的一个高度和位置调谐VOR台，并和公布的相对位置进行误差对比，测量误差在正负6°之内VOR精确度可以正常导航。

3. 对比检查

如果一台飞机上装配有两台VOR接收装置，可以将两台VOR调谐到同一VOR台的同一条径向线上，对比两者之间的误差，测量误差在正负4°之内证明VOR精确度可以正常导航。

思考题:

VOR 检查的允许的误差值是多少？

6.3.3 VOR

6.3.3.4 VOR仪表定位

备注:

知识掌握程度:

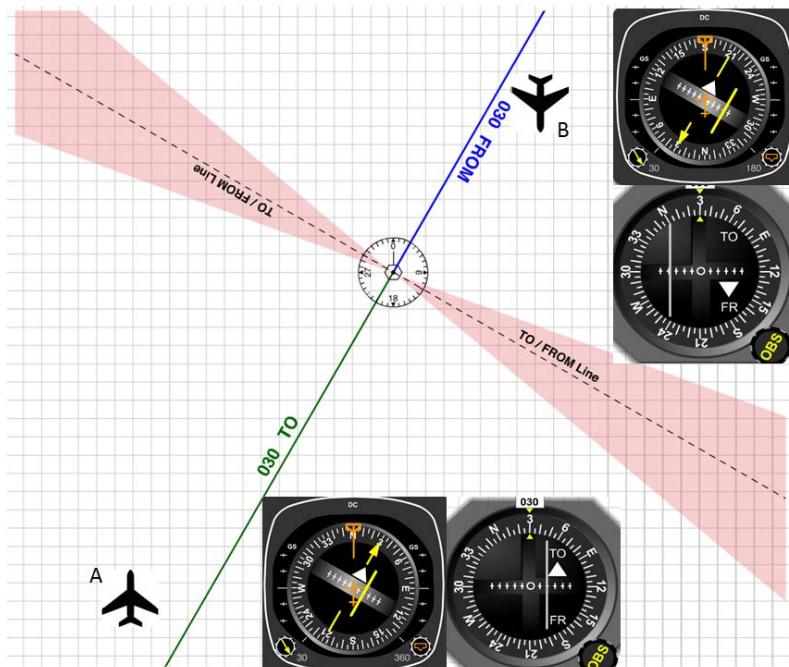
掌握VOR导航仪表的定位方法。

知识要点:

利用CDI或HSI仪表显示飞机所在位置的VOR径向方位。

CDI与HSI的向/背台指标用来说明飞机在预选航道的哪一侧飞行。当测出的电台磁方位与预选航道之差小于 $\pm 90^\circ$ 时，指向台；当测出的电台磁方位与预选航道之差大于 $\pm 90^\circ$ 时，指背台。由此可见，向/背台指示与飞机的航向无关，只决定于预选航道和所测量的电台磁方位的差角。

例如下图中所示飞机A和飞机B选取的预选航道均为 30° ，则与预选航道垂直的方位线为向/背台区的划分。飞机A位于向台区并向台飞；飞机B位于背台区并向台飞，可以利用HSI仪表指示进行“追杆飞行”，即应右转航向使飞机飞向预选航道，若只利用CDI仪表进行“追杆飞行”使机头左转的话则会出现反向的情况。所以在实际使用中CDI应与航向仪表一起使用进行定位。



思考题:

如何利用 CDI 仪表进行“追杆飞行”？

6.3.4 无线电仪表领航

6.3.4.1 利用无线电台定位

备注:

知识掌握程度:

掌握使用无线电仪表和导航台定位的领航方法。

知识要点:

1、单台定位

对航线侧方的一个电台测量两次方位来确定飞机位置的方法称为单台定位。单台定位常采用正切电台法。

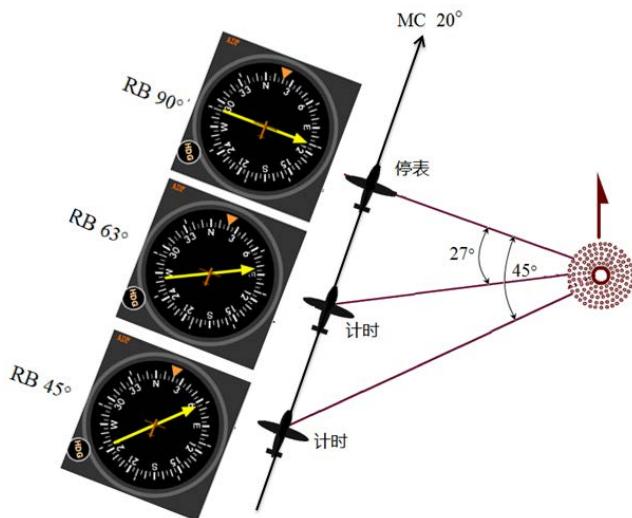
(1) 当方位角 α 较小时, 可采用以下公式估算到台时间和距离:

$$t = \frac{t_{\text{平均}}}{\alpha} \times 60D = \frac{GS}{\alpha} \times t_{\text{平均}}$$

(2) 正切电台前45°(27°)法

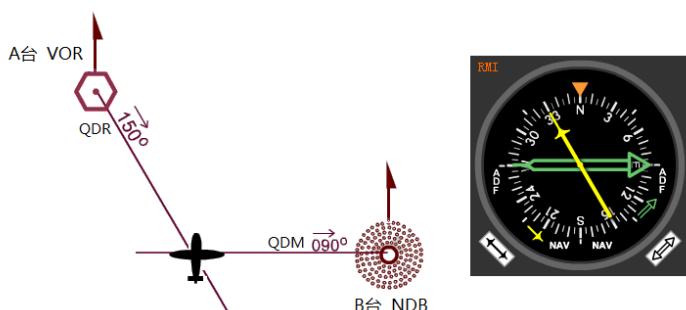
电台较近时选择45°, $d = GS \times t$

电台较远时选择27°, $d = 2GS \times t$



2、双台定位

常用的无线电领航双台定位有距离-方位($\rho - \theta$)、方位-方位($\theta - \theta$)、距离-距离。飞行中如果地面有两个电台时, 对于有两部测角无线电设备的飞机, 可以实现同时刻双台定位。



3、偏航距离计算

利用CDI或HIS判断飞机偏航, 随着飞行距离不同, 同样的偏离角所对应的偏航距离不同, 其估算的经验规则为每海里每点偏航距离约为210ft(65m)。

思考题:

如何用RMI仪表进行单台定位?

6.3.4 无线电仪表领航

6.3.4.2 向电台飞行

备注:

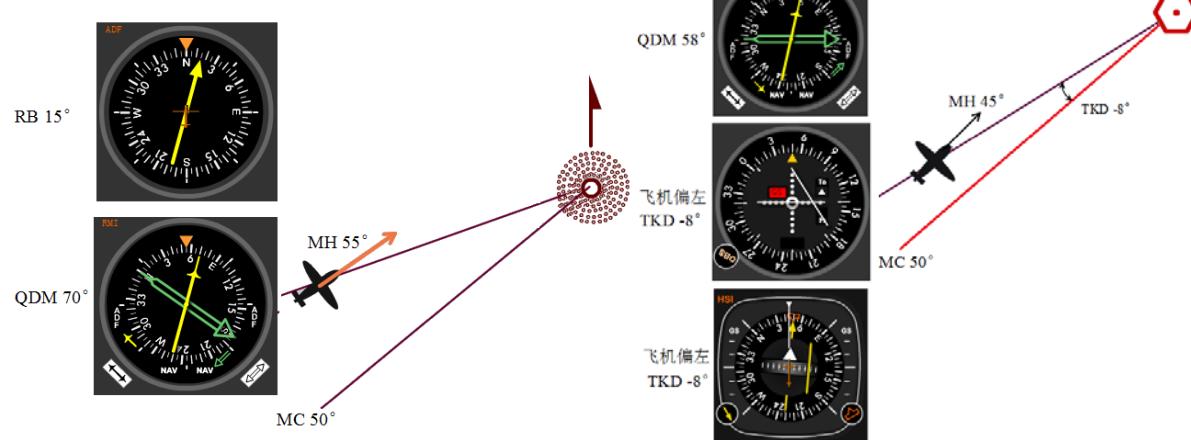
知识掌握程度:

掌握无线电仪表进行向电台领航飞行的方法。

知识要点:

利用无线电领航设备引领飞机飞向电台，叫向台飞行，由于受到风及其他因素的影响，可能造成飞机偏航，因此向电台飞行要及时发现和判断偏航并进行修正。

1、判断偏航



飞机偏在航线左侧

2、按航迹修正角修正航迹

根据向电台测出的偏离角，计算出航迹修正角，然后在平均航向的基础上按航迹修正再修正航迹飞向预定电台上方。

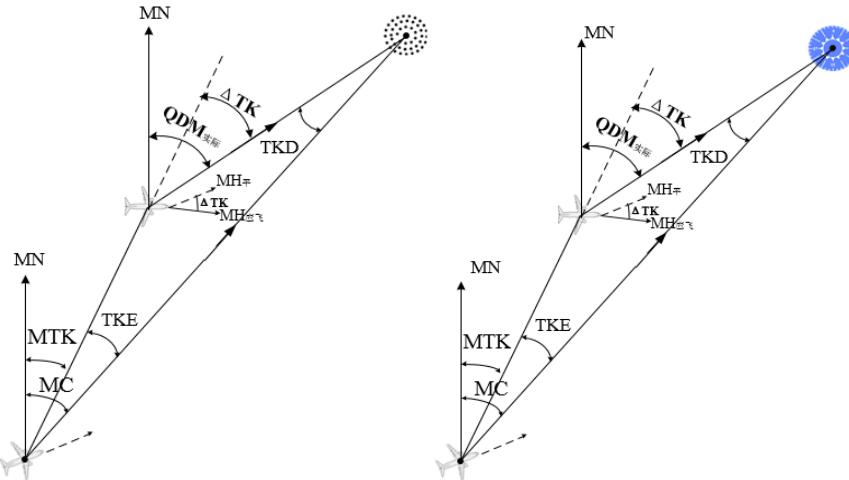
(1) 根据判断偏航的方法求出偏离角

(2) 计算航迹修正角 ΔTK

$$\Delta TK = D_{\text{总}}(t_{\text{总}}) \times TKD / D_{\text{已}}(t_{\text{已}})$$

(3) 计算应飞航向 $MH_{\text{应}}$

$$MH_{\text{应}} = MH_{\text{平}} - \Delta TK$$



思考题:

向电台飞行时，如何利用 ADF 指示器判断偏航并修正航迹？

6.3.4 无线电仪表领航

6.3.4.3 背电台飞行

备注:

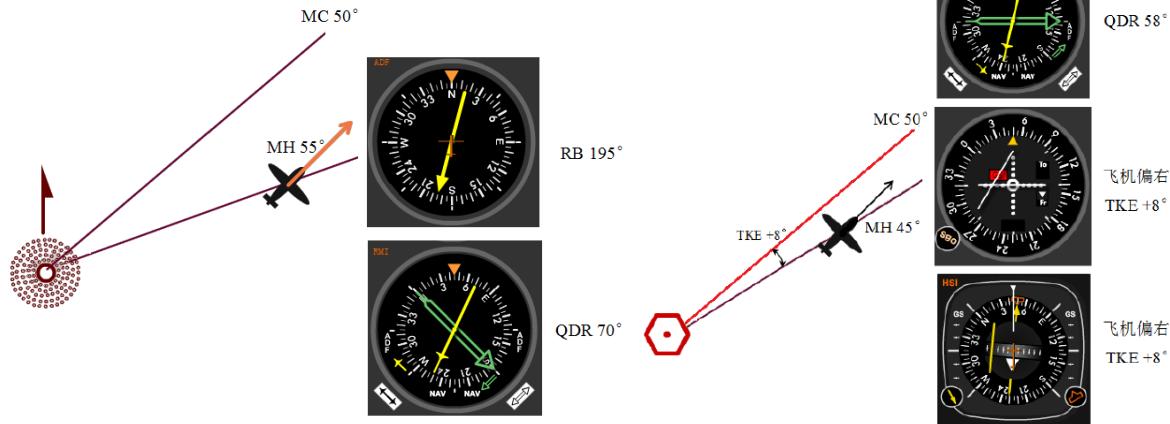
知识掌握程度:

掌握无线电仪表进行背电台领航飞行的方法。

知识要点:

背电台飞行是飞机飞越电台后，利用后方电台测定的航行元素来保持飞机沿预定航线飞行或切入航线的飞行方法。

1、判断偏航



飞机偏在航线右侧

2、按航迹修正角修正航迹

按航迹修正角背台修正航迹是在背台测定无线电方位的基础上，求出偏航角和航迹修正角，然后在原来保持的平均磁航向基础上，修正一个航迹修正角，使飞机沿新航线直飞预定点。

(1) 根据背台检查航迹的方法，求出飞机磁方位和偏航角、偏流

$$TKE = QDR - MC$$

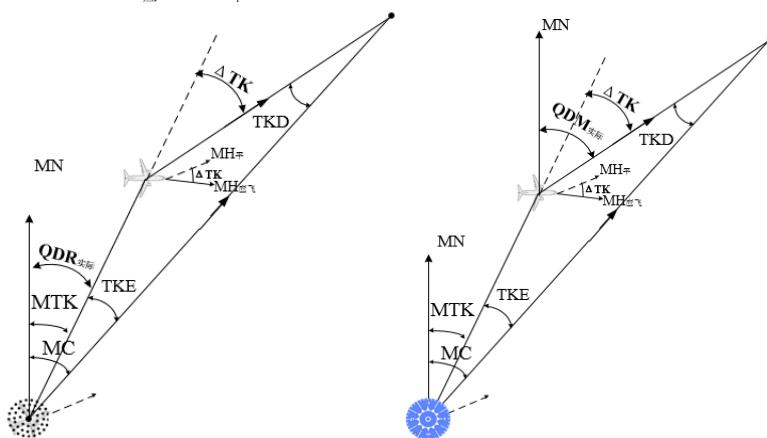
$$DA = QDR - MH_{\text{平}} = RB - 180^\circ$$

(2) 计算航迹修正角 ΔTK

$$\Delta TK = D_{\text{总}}(t_{\text{总}}) / D_{\text{未}}(t_{\text{未}}) \times TKE$$

(3) 计算应飞航向 $MH_{\text{应}}$

$$MH_{\text{应}} = MH_{\text{平}} - \Delta TK$$



思考题:

背电台飞行时，如何利用 VOR 指示器判断偏航并修正航迹？

6.3.4 无线电仪表领航

6.3.4.4 主动与被动向台

备注:

知识掌握程度:

掌握主动向台和被动向台的含义及领航方法。

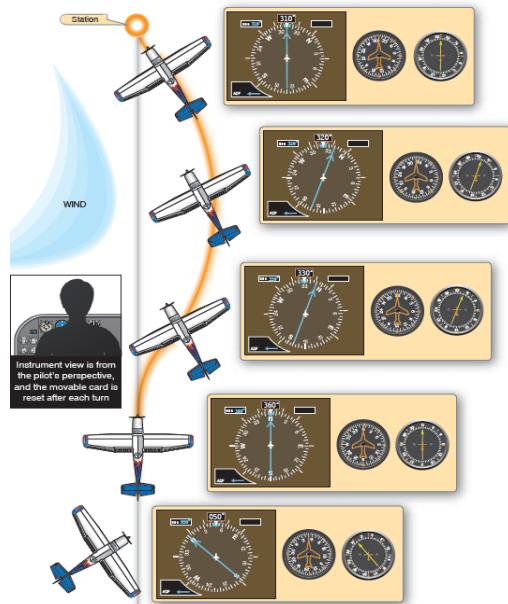
知识要点:

1、被动向台 (homing)

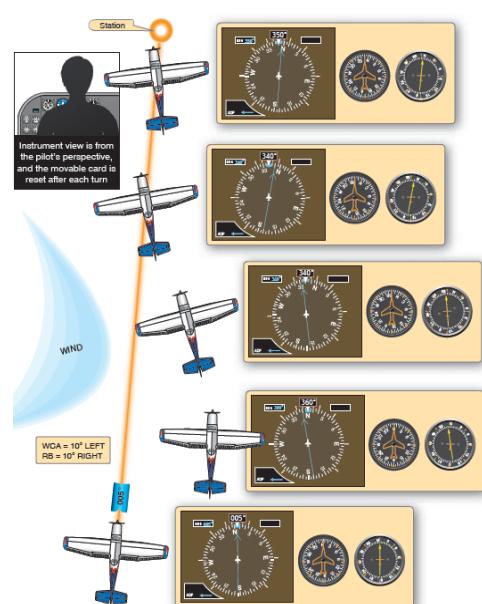
飞行中飞机的机头始终对正电台，即始终保持相对方位角RB为零，或使每一瞬间的航向等于电台方位角来连续飞行，最终飞机将飞到电台上方。飞行的航迹是折线或曲线。

2、主动向台 (tracking)

在有侧风的情况下作向电台飞行，为了不使偏航过大或者由于航行条件的限制，要求飞机沿航线飞向电台时，迎风修正偏流的飞行方法。飞行的航迹为直线。



被动向台 (homing)



主动向台 (tracking)

思考题:

实施主动向台和被动向台飞行时航迹的特点?

6.3.5 DME

6.3.5.1 DME的工作原理

备注:

知识掌握程度:

理解DME的系统组成和工作原理。

知识要点:

1、DME系统的组成

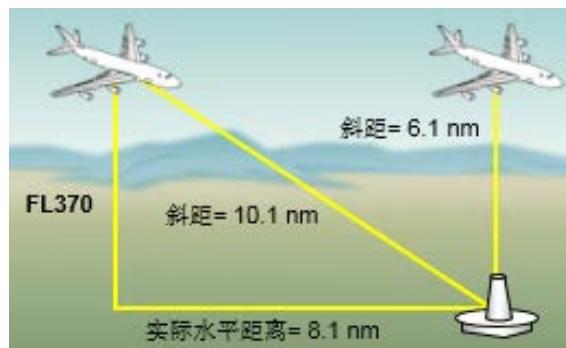
DME系统是询问——回答式脉冲测距系统，由机载设备和地面信标设备组成。机载DME设备主要由询问器、控制盒、距离指示器和天线部分组成。注意距离指示器显示的是飞机到地面信标台的斜距。欧美制飞机的DME距离以海里为单位。



典型的DME距离指示器

2、DME系统的测距原理

DME系统测距是从机载询问器向地面信标台发射询问脉冲对开始的，地面信标台接收这些询问脉冲对，然后给询问器发射回答脉冲对；机载询问器距离计算机按照发射询问脉冲对和接收回答脉冲对之间所经过的时间计算出飞机到地面电台的斜距。



DME通常与VOR、ILS配合使用，不需要单独调谐DME频率。测距时，只需要将频率调谐为合装的VOR或ILS频率即可。

思考题:

飞机飞到DME上空时，DME指示器如何显示？

6.3.5 DME

6.3.5.2 DME的工作范围及误差

备注:

知识掌握程度:

理解DME的工作范围及误差。

知识要点:

1、工作容量

DME系统的地面DME台通常设计为能同时为100架飞机提供服务，如果询问的飞机多于100架，地面DME台通过降低灵敏度来限制回答，保持对最近的100架飞机询问的回答。

2、测距范围和测距精度

正常的测距范围为0-200海里，最大可达390海里，测距精度一般为0.3海里以内，或误差小于1%。

思考题:

DME 的测距范围和工作容量？

7.1.1 航空资料汇编

7.1.1.1 航空资料汇编的组成

备注: CCAR-175TM-R1

知识掌握程度:

理解航空资料汇编的类别及适用范围;

理解航空资料汇编的结构、章节内容。

知识要点:

一、航空资料汇编是由国家或国家授权发行、载有航行所必需的持久性航行资料的出版物。

二、我国出版的航空资料汇编分为两种:

1、《中华人民共和国航空资料汇编》(CAIP)是外国民用航空器在我国境内飞行必备的综合性资料,用中、英两种文字编辑出版;

2、《中国民航国内航空资料汇编》(NAIP)是我国民用航空器进行境内飞行必备的综合性资料,应当使用中文编辑出版。

三、航空资料汇编由三个部分组成:

总则(GEN)、航路(ENR)和机场(AD)。

四、航空资料汇编补充资料(AIP Supplement)

应当公布有效期在3个月以上的临时变更,或者有效期不到3个月但篇幅大、图表多的临时性数据资料。

航空资料汇编补充资料以黄色纸张印刷,补充资料的全部内容或者部分内容有效的,该补充资料应保留在航空资料汇编中。

五、航空资料汇编修订(AIP Amendment)

对航空资料汇编的永久性变更。

思考题:

航空资料汇编由几部分组成,分别叫什么?

7.1.1 航空资料汇编

7.1.1.2 航空资料汇编的使用

备注: CCAR-175TM-R1

知识掌握程度:

理解航空资料汇编的使用。

知识要点:

航空资料汇编以活页形式分册印发，其中总则(GEN)和航路(ENR)合订为一册，机场(AD)1机场简介、机场(AD)2. 机场使用细则、机场(AD)3航图手册分册装订。

机场(AD)1. 机场简介与机场AD 2. 机场使用细则中的华北分本合为一册，有相应标签。

机场(AD)2. 各机场使用细则按管理局分册(华北, 中南, 西北、新疆, 西南, 华东, 东北)，管理局内按机场四字地名代码顺序排列，如中南本: ZGXX、ZHXX、ZJXX，每个机场均用隔页标签隔开，便于查找。

机场(AD)3. 航图手册，为了方便飞行携带，放在小航图手册资料夹中。包括：航图手册的补充资料、修订单/校核单、介绍(与华北分本放在一起)和各机场有关的航图。各机场的排列与机场使用细则一样，也有隔页标签。

在整套资料前有航行通告NOTAM、补充资料SUP、航空资料通报AIC、修订四个标签隔页，分别存放各类资料。

思考题:

NOTAM是什么？

7.1.1航空资料汇编

7.1.1.3 标准格式

备注: CCAR-175TM-R1

知识掌握程度:

理解航空资料汇编的标准格式。

知识要点:

航空资料汇编包括三部分，分别为：第一部分：总则（GEN）、第二部分：航路（ENR）、第三部分：机场（AD）。

计量系统、航空情报出版物中所使用的简缩字、航图符号、地名代码、数据换算表、气象符号、日出/日没表等可在总则（GEN）中查到；目视飞行规则、进近和离场程序、雷达服务和程序、高度表拨正程序、飞行高度层、飞行计划、航路报告点坐标、禁区、危险区和限制区等可在航路（ENR）中查到；机场运行最低标准、机场使用细则、各种航图等可在机场（AD）中查到。

各机场包含以下航图种类（ZXXX代表该机场的ICAO四字地名代码）：

ZXXX-1：区域图、空中走廊图、放油区图等

ZXXX-2：机场图、停机位置图

ZXXX-3：标准仪表离场图

ZXXX-4：标准仪表进场图

ZXXX-5：仪表进近图（ILS）

ZXXX-6：仪表进近图（VOR）

ZXXX-7：仪表进近图（NDB）

ZXXX-8：目视进近图

ZXXX-9：进近图（RADAR、RNAV、RNP、GPS、GNSS）

思考题:

飞行员要查找某机场的日出日落表，应使用NAIP中的哪部分？

7.1.2 航行通告

7.1.2.1 航行通告简介

备注: CCAR-175TM-R1

知识掌握程度:

理解航行通告的内容及作用;
理解航行通告的划分。

知识要点:

一、航行通告 (NOTAM) : 飞行人员和与飞行业务有关的人员必须及时了解的, 以电信方式发布的, 关于航行设施、服务、程序的建立、情况或者变化, 以及对航行有危险的情况的出现和变化的通知。

二、航行通告按系列划分为A、C、D、E 和F 系列的航行通告, S 系列的雪情通告, 以及V 系列的火山通告。其中A、E 和F 为国际系列, C 为国内系列, D 为地区系列; S 和V 既是国际系列, 也是国内系列。除雪情通告和火山通告外, 可根据需要增加或更改相应的航行通告系列。

1、雪情通告 (SNOWTAM) : 航行通告的一个专门系列, 是以特定格式拍发的, 针对机场活动区内有雪、冰、雪浆及其相关的积水导致危险的出现和排除情况的通告。

2、火山通告 (ASHTAM) : 航行通告的一个专门系列, 是以特定的格式拍发的, 针对可能影响航空器运行的火山活动变化、火山爆发和火山烟云的通告。

航行通告可以从当地的航空情报服务部门获取。

思考题:

S系列的航行通告又叫做什么?

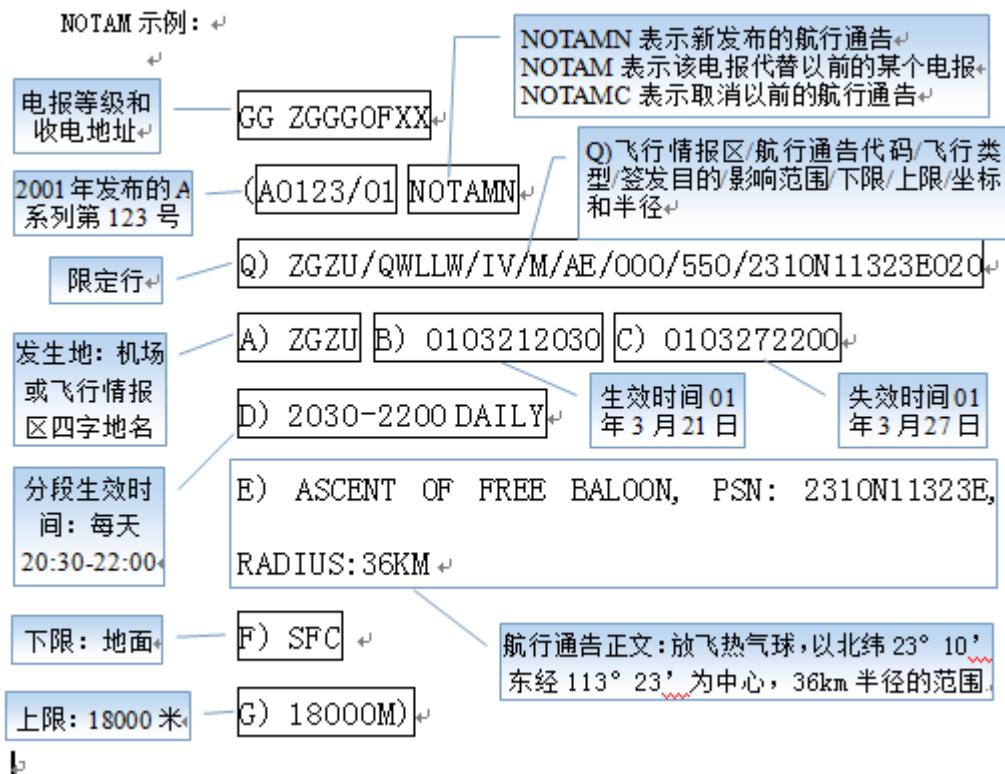
7.1.2 航行通告

7.1.2.2 标准格式、用语、缩写和编码

知识掌握程度：

理解NOTAM的标准格式、用语、缩写和编码。

知识要点：



思考题：

解读下列航行通告：

- A0123/01 NOTAMC A0119/01
Q) ZSHA/QIOAK/I/M/A/000/999/3616N12023E025
A) ZSQD B) 0103151600
E) OM 75MHZ FOR RWY35 RESUMED NORMAL OPS

7.1.2 航行通告

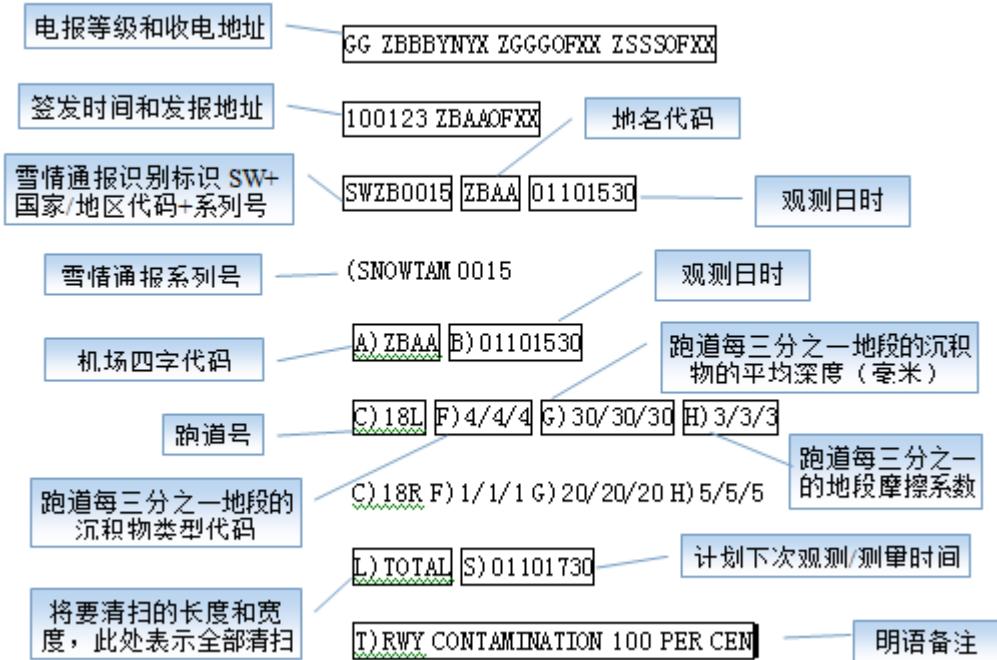
7.1.3 雪情通告

知识掌握程度：

掌握雪情通告的识读。

知识要点：

SNOWTAM示例：



北京首都国际机场第 15 号雪情通告，1月 10 号 15 时 30 分观测，从 18L 跑道入口观测：跑道的每三分之一地段为干雪，跑道每三分之一地段的积雪的深度为 30 毫米，跑道的每三分之一地方摩擦系数为中好；从 18R 跑道入口观测：跑道的每三分之一地段为潮湿，跑道每三分之一地段的积雪的深度为 20 毫米，跑道的每三分之一地方摩擦系数为好；计划清除跑道上的所有积雪，计划下一次观测的时间为当天的 17 时 30 分，被污染的跑道为 51%—100%。

思考题：

在雪情通告中，报文18L 4/4/4 30/30/30 3/3/3是什么意思？

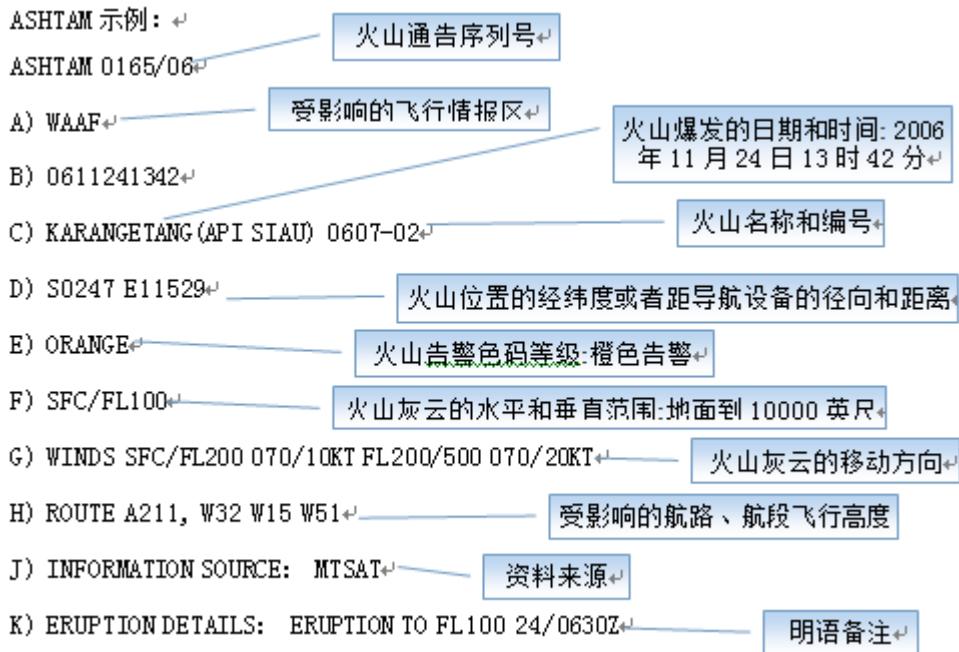
7.1.2 航行通告

7.1.2.4 火山通告

知识掌握程度：

掌握火山通告的识读。

知识要点：



其中：

G) 地面到20000英尺高度上风向为070度风速为10节，20000英尺到50000英尺高度上风向为070度风速为20节。

K) 明语部分：火山灰细节：世界协调时24日06时30分时，火山灰高度达到10000英尺。

思考题：

在火山通告中，报文WINDS SFC/FL200 070/10KT FL200/500 070/20KT是何意？

7.1.2 航行通告

7.1.2.4 有效时限

知识掌握程度：

掌握航行通告的有效时间；
掌握雪情通告的变化与有效时间；
掌握火山通告有效时间。

知识要点：

一、航行通告的有效时间

新航行通告在其发布时即为有效航行通告，生效时间可以为立即生效，也可以为将来生效。代替航行通告和取消航行通告的生效时间为立即生效。

二、雪情通告的变化与有效时间

在任何时候，雪情有重要变化，即使在公布的下次预计观测时间之前，应及时发布新的雪情通告。

雪情通告的最长有效时间为24小时。

国际分发的雪情通告，时间应使用协调世界时；国内分发的雪情通告，时间应使用北京时。

三、火山通告有效时间

火山通告的最长有效时间为24小时；在任何时候，火山活动发生重要变化，或告警色码等级发生变化，应立即发布新的火山通告。

思考题：

航空代码及缩略语应如何查找？

7.1.3 航空代码及缩略语

知识掌握程度：

了解航空代码及缩略语。

知识要点：

一、航空代码及缩略语可以在航行资料汇编的总则部分2.2及2.4里查找。

二、机场及区域四字代码由国际民航组织规定，代码由四个大写英文字母组成，主要用于空管部门传输航班动态，较少在公众中使用。代码的组成符合区域性结构的原则，通常首字母代表所属大洲，第二个字母则代表国家，剩余的两个字母则用于分辨城市。部份幅员辽阔的国家，则以首字母代表国家，其余三个字母用于分辨城市。

部分机场四字代码：北京机场ZBAA，天津机场ZBTJ，武汉机场ZHBB，广汉机场ZUGH，上海虹桥机场ZSSS，沈阳机场ZYTX，青岛机场ZSQD。

情报区的四字代码：北京飞行情报区ZBPE，成都机场ZUUU等。

三、重要缩略语应掌握，如ACAS、ATIS、CAVOK、CLSD、DP、ELEV、EXC、FREQ、H24、METAR、NDB、SID、OVC、PERM、QNH、RNP、RVSM、SELCAL、SNOWTAM、TURB、WKN等。

思考题：

航空代码及缩略语应如何查找？

7.2.1 空域

7.2.1.1 空域管理

备注：民航法第七章第一节；飞行基本规则第二章

知识掌握程度：

- 了解空域管理的相关规定；
- 了解空中交通管理的相关规定；
- 了解航空器优先起飞或降落的相关规定。

知识要点：

一、空域管理的相关规定：

中华人民共和国的领陆和领水之上的空域为中华人民共和国领空。中华人民共和国对领空享有完全的、排他的主权；

国家对空域实行统一管理；

划分空域，应当兼顾民用航空和国防安全的需要以及公众的利益，使空域得到合理、充分、有效的利用；

空域管理的具体办法，由国务院、中央军事委员会制定。

二、空中交通管理的相关规定：

在一个划定的管制空域内，由一个空中交通管制单位负责该空域内的航空器的空中交通管制；民用航空器在管制空域内进行飞行活动，应当取得空中交通管制单位的许可；

民用航空器应当按照空中交通管制单位指定的航路和飞行高度飞行；

因故确需偏离指定的航路或者改变飞行高度飞行的，应当取得空中交通管制单位的许可；

在中华人民共和国境内飞行的航空器，必须遵守统一的飞行规则；

民用航空器机组人员的飞行时间、执勤时间不得超过国务院民用航空主管部门规定的时限；

民用航空器机组人员受到酒类饮料、麻醉剂或者其他药物的影响，损及工作能力的，不得执行飞行任务；

民用航空器除按照国家规定经特别批准外，不得飞入禁区；除遵守规定的限制条件外，不得飞入限制区。

三、执行不同任务的航空器或者不同型别的航空器，在同一机场同时飞行的，应当根据具体情况安排优先起飞和降落的顺序。对执行紧急或者重要任务的航空器，班期飞行或者转场飞行的航空器，速度大的航空器，应当允许优先起飞；对有故障的航空器，剩余油量少的航空器，执行紧急或者重要任务的航空器，班期飞行和航路、航线飞行或者转场飞行的航空器，应当允许优先降落。

思考题：

宣布最低燃油量的航空器，是否可以优先落地？为什么？

7.2.1 空域

7.2.1.2 空域划分

备注：民航法第七章第一节；飞行基本规则第二章

知识掌握程度：

- 掌握空域划分的类别；
- 掌握等待空域的划分；
- 掌握航路与航线的概念；
- 掌握空中禁区、限制区和危险区的运行要求；
- 理解机场飞行空域和空中走廊的划分。

知识要点：

一、空域通常划分为机场飞行空域、航路、航线、空中禁区、空中限制区和空中危险区等。空域管理和飞行任务需要的，可以划设空中走廊、空中放油区和临时飞行空域。

二、机场飞行空域应当划设在航路和空中走廊以外。仪表（云中）飞行空域的边界距离航路、空中走廊以及其他空域的边界，均不得小于10 公里。机场飞行空域通常包括驾驶术（特技、编队、仪表）飞行空域、科研试飞飞行空域、射击飞行空域、低空飞行空域、超低空飞行空域、海上飞行空域、夜间飞行空域和等待空域等。

三、等待空域通常划设在导航台上空；飞行活动频繁的机场，可以在机场附近上空划设。等待空域的最低高度层，距离地面最高障碍物的真实高度不得小于600米。8400 米以下，每隔300 米为一个等待高度层；8400 米以上，每隔600 米为一个等待高度层。

四、航路分为国际航路和国内航路。航路的宽度为20 公里，其中心线两侧各10 公里；航路的某一段受到条件限制的，可以减少宽度，但不得小于8 公里。航路还应当确定上限和下限。

五、航线分为固定航线和临时航线。临时航线通常不得与航路、固定航线交叉或者通过飞行频繁的机场上空。

六、国家重要的政治、经济、军事目标上空，可以划设空中禁区、临时空中禁区。

七、空中走廊通常划设在机场密集的大、中城市附近地区上空。空中走廊的划设应当明确走向、宽度和飞行高度，并兼顾航空器进离场的便利。空中走廊的宽度通常为 10 公里，其中心线两侧各 5 公里。受条件限制的，其宽度不得小于 8 公里

思考题：

等待空域是如何划分的？

7.2.2 飞行间隔

7.2.2.1 尾流间隔

备注: AC-91-FS-2015-28 航空器驾驶员指南 尾流和平行跑道运行

知识掌握程度:

理解尾流对飞行的影响;

了解尾流间隔的规定。

知识要点:

一、当进入前面飞机的尾流区时，根据进入尾流区的方向、前机的重量和外形，后机的大小、前后机的距离、遭遇尾流的高度等因素的不同，后机会出现机身抖动、下沉、飞行状态急剧改变、发动机停车甚至飞机翻转等现象。当进入前面飞机的尾流区时，根据进入尾流区的方向、前机的重量和外形，后机的大小、前后机的距离、遭遇尾流的高度等因素的不同，后机会出现机身抖动、下沉、飞行状态急剧改变、发动机停车甚至飞机翻转等现象。

飞机离开后，尾流会存在一段时间，且有向后向下扩散的趋势。大型机尾流大约以2.0-2.5m/s的速度向下移动，下降到飞行轨迹以下210-270m的地方趋于水平。一般认为尾流消散时间为2min。离地5000ft以下，尾流的消散完全取决于风速，风速越大，消散越快。机型越大，尾流强度越大；静风影响最大；速度越慢，影响越大。

二、同一跑道且非部分跑道起飞离场的尾流间隔和同一跑道进近着陆的尾流间隔，在侧风不大于3米/秒的情况下，非雷达间隔的尾流间隔分别如表1和表2所示，其他情况的详细规定应分别参见CCAR-93TM和AC-93-03的相关规定。值得注意的是，当两条平行跑道的间距小于760米(2500英尺)，平行跑道离场航空器的放行间隔应当按照为同一条跑道规定的放行间隔执行。

表1：起飞离场非雷达间隔的尾流间隔

后机 前机	A380	重型	中型	轻型
A380-800	无	2分钟	3分钟	3分钟
重型	无	无	2分钟	2分钟
中型	无	无	无	2分钟

表2：进近着陆非雷达间隔的尾流间隔

后机 前机	A380	重型	中型	轻型
A380-800	无	无	3分钟	4分钟
重型	无	无	2分钟	3分钟
中型	无	无	无	3分钟

思考题:

进近着陆时非雷达间隔的尾流间隔标准是什么？

7.2.2 飞行间隔

7.2.2.2 飞行高度层

备注: CCAR91.159

知识掌握程度:

理解目视飞行的巡航高度和飞行高度层。

知识要点:

除经空中交通管制批准外，驾驶航空器按目视飞行规则在离地900米以上做水平巡航飞行时，

一、真航线角在0度至179度范围内，飞行高度由900米至8100米，每隔600米为一个高度层；
飞行高度由8900至12500米，每隔600米为一个高度层；飞行高度12500米以上每隔1200米为一个高度层。

二、真航线角在180度至359度范围内，飞行高度由600米至8400米每隔600米为一个高度层；
飞行高度9200米至12200米，每隔600米为一个高度层；飞行高度13100米以上，每隔1200米为一个高度层。

三、飞行高度层根据标准大气压条件下假定海平面计算。真航线角从航线起点和转弯点量取。

思考题:

目视飞行规则下，飞行高度层是如何规定的？

7.3 飞行前准备

7.3.1 飞行前相关资料

备注: CCAR91. 103

知识掌握程度:

理解飞行前应准备的相关资料。

知识要点:

一、在开始飞行之前，机长应当熟悉本次飞行的所有有关资料。这些资料应当包括：

1、对于仪表飞行规则飞行或机场区域以外的飞行，起飞机场和目的地机场天气报告和预报，燃油要求，不能按预订计划完成飞行时的可用备降机场，以及可用的航行通告资料和空中交通管制部门的有关空中交通延误的通知。

2、对于所有飞行，所用机场的跑道长度以及下列有关起飞与着陆距离的资料：

(1) 要求携带经批准的飞机或旋翼机飞行手册的航空器，飞行手册中包括的起飞和着陆距离资料；

(2) 对于上述规定以外的民用航空器，其他适用于该航空器的根据所用机场的标高、跑道坡度、航空器全重、风和温度条件可得出有关航空器性能的可靠资料。

二、资料查询：

1、起飞机场和目的地机场的天气报告和预报：METER、TAF、特选报、重要天气预报图；

2、起飞和着陆距离资料：机场图、飞行手册；

3、航空器性能资料：航空器性能手册、飞行手册；

4、航行通告。

思考题：

目的地机场没有发布气象报文，能否正常起飞？

7.3 飞行前准备

7.3.2 检查证件

知识掌握程度：

理解飞行前应携带的文件。

知识要点：

一、从事飞行的民用航空器，应当携带下列文件：

- 1、民用航空器国籍登记证书；
- 2、民用航空器适航证书；
- 3、机组人员相应的执照；
- 4、民用航空器航行记录薄；
- 5、装有无线电设备的民用航空器，其无线电台执照；
- 6、根据飞行任务应当携带的其他文件。

民用航空器未按规定携带上述文件的，国务院民用航空主管部门或其授权的地区民用航空管理机构可以禁止该民用航空器起飞。

二、从事飞行的机组人员，应携带下列证件：

- 1、机组人员相应的执照；
- 2、相应等级的体检合格证。

思考题：

从事飞行的航空器与机组人员需要哪些证件？

7.3.3 检查飞机

知识掌握程度：

理解飞机外部检查的程序和内容。

知识要点：

飞行前，机长应当对民用航空器实施必要的检查；未经检查，不得起飞。检查飞机包括：

1、外部检查

飞机的外部检查也叫绕机检查，主要包括驾驶舱检查和目视外部检查。

具体检查步骤按照相关的机型手册进行。

2、通电检查

检查供电系统、灯光、热部件是否工作正常。

3、检查单

检查单分为正常检查单、非正常检查单和应急检查单。

正常检查单是根据飞行阶段进行组织的。

应急检查单和非正常检查单是根据飞机各个系统进行组织的，它包含飞机各系统故障后应急检查项目和应急处置程序。应急检查单还包含记忆项目和非记忆项目。

思考题：

转场飞行的第二个航段起飞前是否需要检查飞机？

7.4.1 道面标志和标记牌

备注:

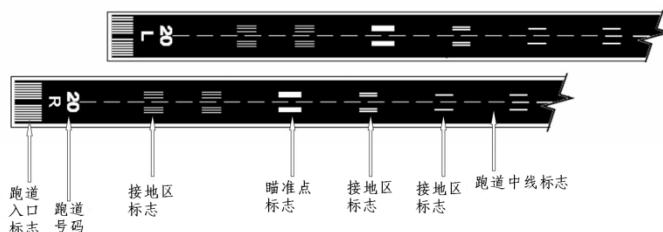
7.4.1.1 跑道标志

知识掌握程度:

掌握跑道号码标志、跑道入口内移标志、停止道标志和跑道关闭标志。

知识要点:

跑道道面上的标志都是白色的。图例如下：

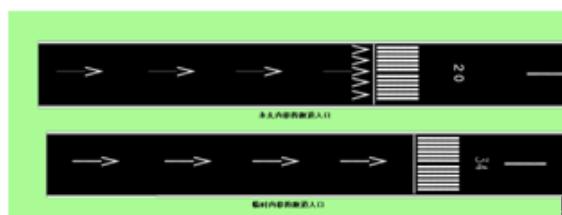


一、跑道号码标志涂漆在跑道入口处。从跑道进近方向看，在最接近跑道中线，取磁方位的十分之一的两位整数组成。当磁方位的十分之一的整数为个位数时，跑道号码的十位数为“0”。

当一个机场有两条平行跑道时，在每条跑道号的数码下，从进近方向看，左边跑道加字母“L”，右边跑道加字母“R”。如有三条平行跑道，则中间跑道加字母“C”。

二、跑道入口内移标志

临时性入口内移标志由一白色的实线和一些指向该标志的箭头组成；永久性入口内移标识涂跑道入口标识。跑道内移时，从跑道末端到内移入口处的道面不能用于着陆，但可用作滑行和起飞。



三、停止道标志

停止道区域与入口内移不同，因为它既不能用作起飞也不能用作着陆。

停止道区域涂有黄色V形标志，表明铺筑面的强度不可用作正常运行。



四、跑道关闭标志

跑道关闭时，会在其两端涂上大“X”标志。这类跑道不能安全使用。



思考题:

跑道号码是如何规定的？

7.4.1 道面标志和标记牌

7.4.1.2 滑行道标志

备注:

知识掌握程度:

掌握滑行道中心线标志、跑道等待位置标志、ILS 等待位置标志和滑行道关闭标志。

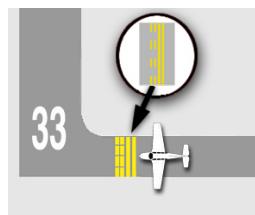
知识要点:

滑行道道面上的标志都是黄色的。

一、连接停机区域与跑道的部分称之为滑行道。通过观察滑行道中间的黄色中心线即可判断其为滑行道。



二、跑道等待位置标志



三、ILS 等待位置标志



四、滑行道关闭标志



思考题:

进跑道前的等待标志是什么?

7.4.1 道面标志和标记牌

备注：

7.4.1.3 机场标记牌

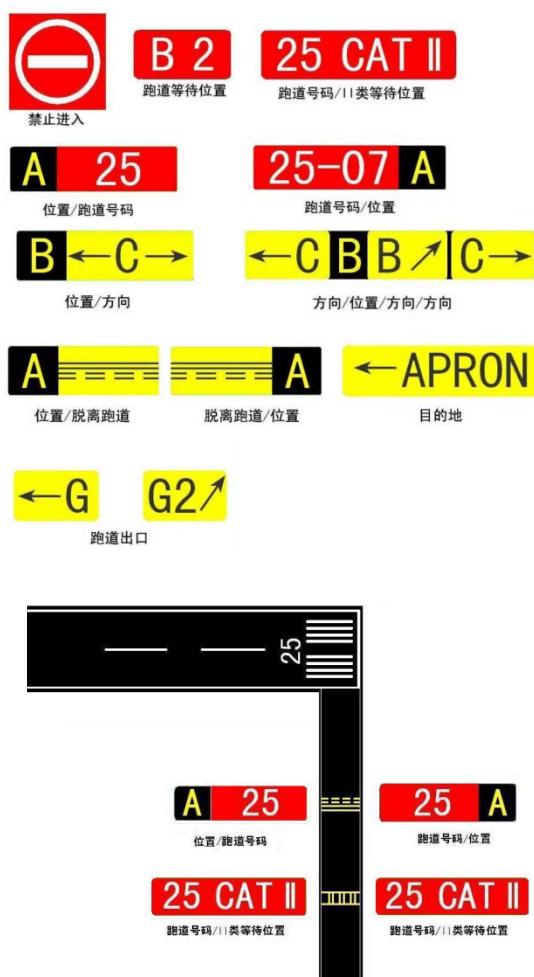
知识掌握程度：

掌握强制性指令标记牌、位置标记牌、方向标记牌。

知识要点：

较为重要的标记牌有以下三种：

- 一、强制性指令标记牌：这些标记牌为红底白字。表示跑道、临界区或禁区入口。
- 二、位置标记牌：这些标记牌为黑底黄字，有黄色边框，无箭头。用于识别滑行道、跑道位置、跑道边线或仪表着陆系统（ILS）临界区。
- 三、方向标记牌：这些标记牌为黄底黑字。设在滑行道交叉处，提供当前位置和前方滑行道的方向信息。



思考题：

飞机越过什么标记牌叫脱离跑道？

7.4.2 灯光

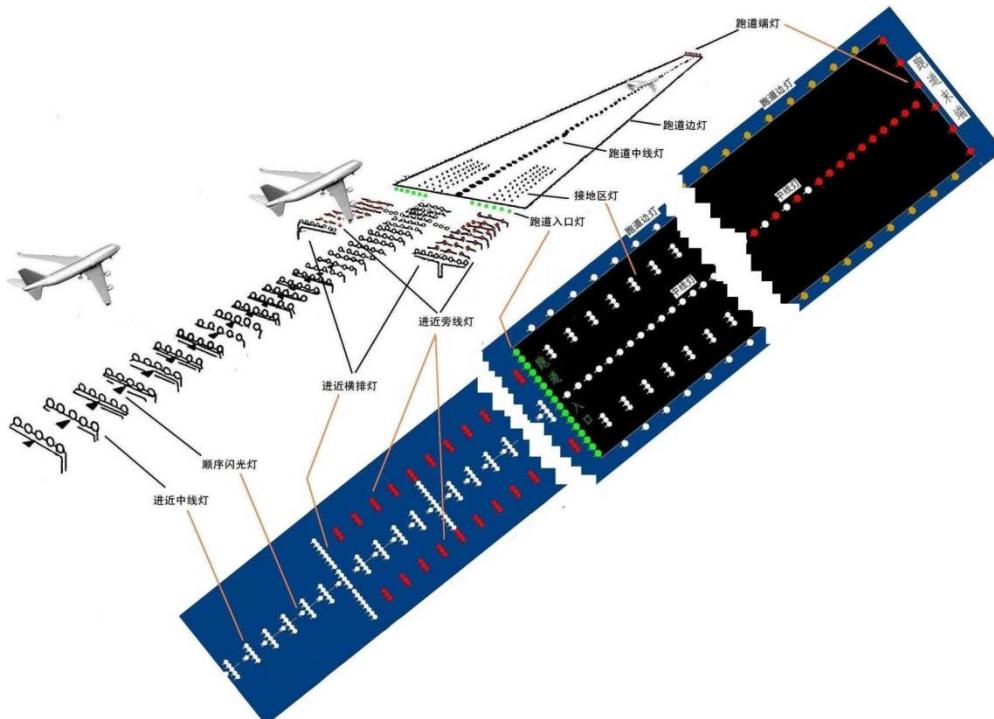
7.4.2.1 跑道灯

备注:

知识掌握程度:

掌握跑道中线灯、跑道边灯和接地区灯。

知识要点:



一、跑道中线灯

当从着陆跑道入口看时，跑道中线灯为白色，直至跑道最后 3000 英尺（900 米）。在接下来的 2000 英尺（600 米）白灯开始和红灯交替，在跑道最后 1000 英尺（300 米），所有跑道中线灯都为红色。

二、跑道边灯

跑道边灯用于在黑暗或能见度受限制的条件下，表示跑道边线。这些灯根据其产生的强度或亮度分为：高强度跑道灯 (HIRL)，中强度跑道灯 (MIRL)，低强度跑道灯 (LIRL)。跑道边灯为白色。仪表跑道的最后 2000 英尺（600 米）或跑道一半长度（取较短者），边灯为黄灯。提醒飞行员剩余跑道的长度。

跑道末端的灯向跑道发出红光，指示跑道末端。这些灯也从跑道末端向外发出绿光，向着陆飞机指示跑道入口。

三、接地区灯

接地区灯光 (TDZL): 在能见度差的条件下着陆时指示接地区。它们包括两排沿跑道中心线对称布局的横排灯带。接地区灯光从着陆跑道入口后 100 英尺（30 米）处开始，延伸至跑道入口后 3000 英尺（900 米），或至跑道中点，取较短者。

思考题:

跑道灯主要有哪些，分别为什么颜色？

7.4.2 灯光

7.4.2.2 滑行道灯

备注：

知识掌握程度：

掌握滑行道中心线灯、滑行道边线灯、中间等待位置灯、跑道警戒灯。

知识要点：

一、滑行道中心线灯

沿滑行道的中心线均匀设置，灯距在直线段至少应为 30 米；灯光颜色为绿色。

二、滑行道边线灯

沿滑行道边线均匀设置，灯距不超过 60 米，灯光颜色为蓝色。

三、停止排灯

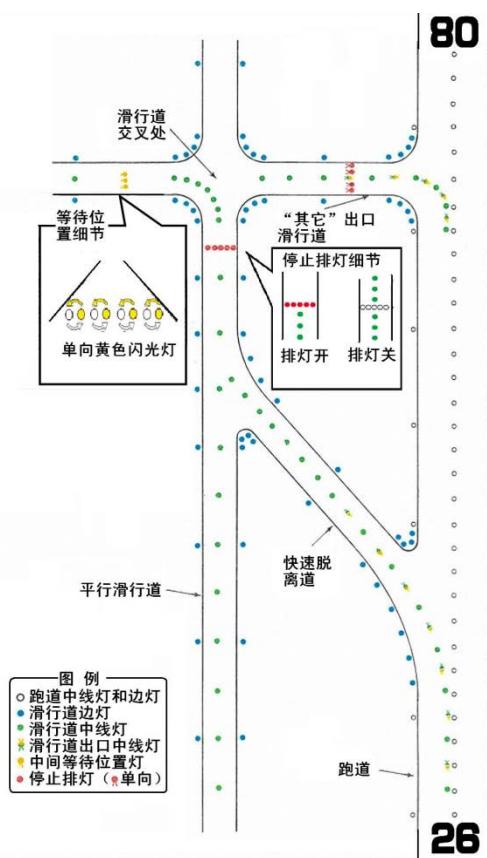
停止排灯设在滑行道上要求飞机停住等待放行之处，由若干个朝向趋近停止排灯的飞机发红色光的嵌入式灯组成。该灯由空中交通管制（ATC）控制。

四、中间等待位置灯

由至少三个黄色的单向恒定发光灯组成，对称于滑行道中线设置。

五、跑道警戒灯

跑道警戒灯由四个朝向由滑行道趋近跑道的飞机发单向黄色光的立式灯组成。根据运行上的需要，有些跑道在跑道与每个滑行道相交处均设有跑道警戒灯。该灯分成两对对称地设在滑行道两侧。



思考题：

滑行道中线灯是什么颜色？

7.4.2 灯光

7.4.2.3 进近灯光

备注:

知识掌握程度:

了解进近灯光系统的分类;

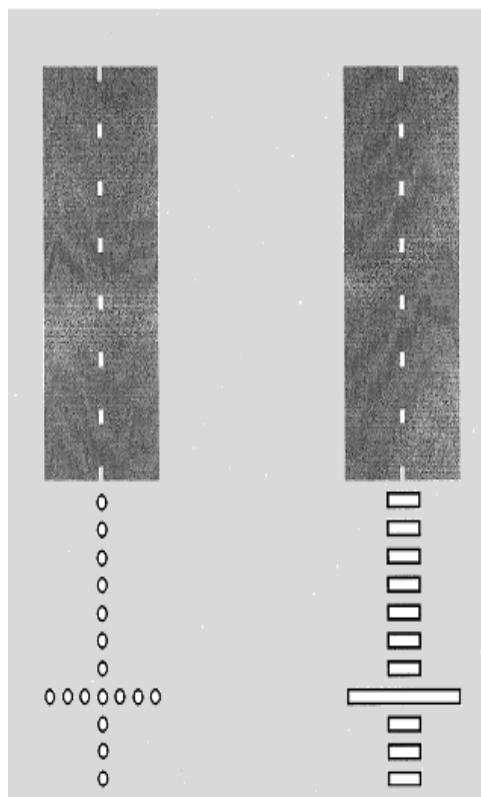
掌握简易进近灯光系统。

知识要点:

进近灯光系统根据跑道的运行类别，其结构组成并不相同，具体可分为简易进近灯光系统、I类精密进近灯光系统及II/III类精密进近灯光系统。

简易进近灯光系统由进近中心灯和进近横排灯组成。

简易进近灯光系统



思考题:

简易进近灯光系统由什么灯光组成？

7.4.2 灯光

7.4.2.4 精密进近坡度指示器及目视进近坡度指示系统

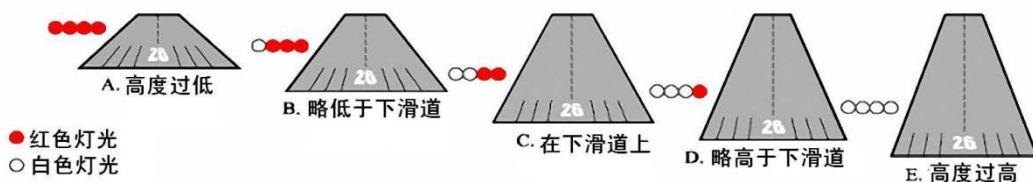
备注：

知识掌握程度：

掌握精密进近坡度指示器的识读；
了解目视进近坡度指示系统的识读。

知识要点：

一、精密进近坡度指示灯（PAPI）：灯光组件列通常安装在跑道左侧，下滑道指示的描述见下（两个红灯和两个白灯指示飞机在正确的下滑道上）。如果安装在跑道两侧，则每当白色和红色灯都可见时，红灯总是在靠近跑道的一侧。



二、目视进近坡度指示系统（VASIS）指示情况：当航空器高于下滑道时，航空器驾驶员看到的所有灯光都是白色的；当航空器在下滑道上时，航空器驾驶员看到的下风灯光是白色的，上风灯光是红色的；当航空器低于下滑道时，航空器驾驶员看到的所有灯光都是红色的。



思考题：

如何利用精密进近坡度指示灯判断下滑道高低？

7.4.3 跑道、滑行道、停机坪相关知识

7.4.3.1 跑道长度

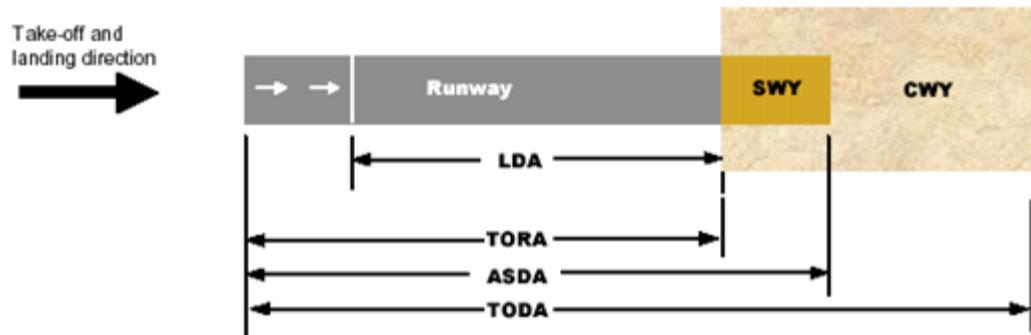
备注:

知识掌握程度:

掌握可用着陆距离、可用起飞滑跑距离、可用加速停止距离、可用起飞距离；理解停止道和净空道的作用。

知识要点:

一、可用着陆距离 (LDA)、可用起飞滑跑距离 (TORA)、可用加速停止距离 (ASDA)、可用起飞距离 (TODA) 的关系如下图所示：



二、停止道 (SWY) 和净空道 (CWY)

停止道：在可用起飞滑跑距离末端以外地面上经过整修的划定区域，航空器在中止起飞时，能够在上面停住。

净空道：供起飞的飞机离地后在其上空爬升达到规定高度的一块长方形地面或水面。

思考题：

可用加速停止距离的作用是什么？

7.4.3 跑道、滑行道、停机坪相关知识

备注: AC-91-23

7.4.3.2 铺砌道面的承载强度

知识掌握程度:

理解PCN、ACN值的含义。

知识要点:

一、跑道、滑行道及机坪道面的强度由道面等级号（PCN）表示。航空器等级号（ACN）表示航空器对一具有规定的标准土基类型的道面相对作用的一个编号。

二、驾驶员在运行时应核实所驾驶的航空器等级号（ACN）等于或小于报告的道面等级号（PCN），方能在规定的胎压或规定的机型的最大起飞质量的限制下使用该道面。运行中偶尔出现的ACN大于PCN的情况需满足下列准则：

- 1、对柔性道面，ACN 不超过所报告的PCN10%的航空器的偶然起降不会对道面有不利影响；
- 2、对刚性道面或以刚性道面层作为结构主要组成部分的组合道面，ACN 不超过所报告的PCN 5%的航空器的偶然起降，不会对道面有不利影响；
- 3、如果道面结构不清楚，则应采用5%的限度；
- 4、年度超载起降架次应不超过年度总的航空器起降架次的约5%；
- 5、当道面呈现破损迹象或其土基强度减弱时，不允许上述超载运行。

三、PCN用下列代号报告有关确定航空器等级号一道面等级号的道面类别、土基强度类型、最大允许胎压类型和评定方法的资料：

a) 道面等级号 (PCN)	用数值表示
b) 道面类别代号	R —— 刚性道面 F —— 柔性道面
c) 土基强度类型代号	A —— 高强度 B —— 中强度 C —— 低强度： D —— 特低强度
d) 最大允许胎压类型代号	W —— 高：胎压无限制 X —— 中：胎压限至 1.50 MPa Y —— 低：胎压限至 1.00 MPa Z —— 甚低：胎压限至 0.5 MPa
e) 评定方法代号	T —— 技术评定 U —— 采用航空器使用经验

思考题:

运行中偶尔出现的 ACN 大于 PCN 的情况需什么准则？

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

7.4.4.1 目视停靠引导

备注: AC-91-FS-2014-23

知识掌握程度:

理解传统的及新一代的目视停靠引导系统。

知识要点:

目视停靠引导系统是一种设置于停机坪的闸口上，探测以目视方式指示飞行员飞机应该停靠位置信息的装置。这种装置可方便机桥等地面设施在飞机旁运作，早期的目视停靠引导系统只能探测并显示简单的位置信息，如今利用激光等设备则可将精确的距离反馈给驾驶员。

一、早期的目视停靠引导系统只能探测并显示简单的位置信息，包括方位和停止信息。

二、新一代目视停靠引导系统(A-VDGS)除提供基本和被动方位及停机等待位置信息之外，还包括向驾驶员提供主动式（通常基于传感器）引导信息，比如航空器机型指示剩余距离信息和接近速度。该类系统的使用介绍可在机场资料中获取，机组应在飞行前准备时认真研究，避免错误的理解。

思考题:

新一代目视停靠引导系统(A-VDGS)能向驾驶员提供什么信息？

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

备注: AC-91-FS-2014-23

7.4.4.2 人工指挥指南 (1/5)

知识掌握程度:

理解信号员发给航空器的各种信号的含义;

掌握航空器驾驶员发给信号员的信号。

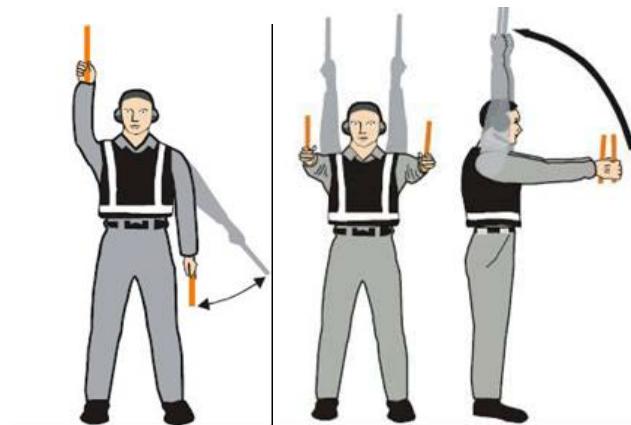
知识要点:

一、信号员（指挥）发给航空器的： 信号员面向航空器， 双手持发光指挥棒，站在左座驾驶员 能看到的明显位置信号双手持发光指挥棒，站在左座驾驶员能看到的明显位置信号双手持发光指挥棒，站在左座驾驶员能看到的明显位置信号必须确定在该区域内被引导的航空器周围无任何物体。

注：航空器发动机是从面向的信号员右边左数起(即第一台发动机 为航空器左边外侧)。

信号说明：

A、机翼护送员 /引导 （图A）：右手举至头部上方， 指挥棒尖朝上；左手举至头部上方， 指挥棒尖朝左手指挥棒尖朝下， 向身体方向挥动。。(注：这一信号是位于航空器机翼尖处的人员向驾驶员/引导员 /倒车操作员的一种表示， 即航空器驶向 /驶离停机位的运动畅通无阻。)

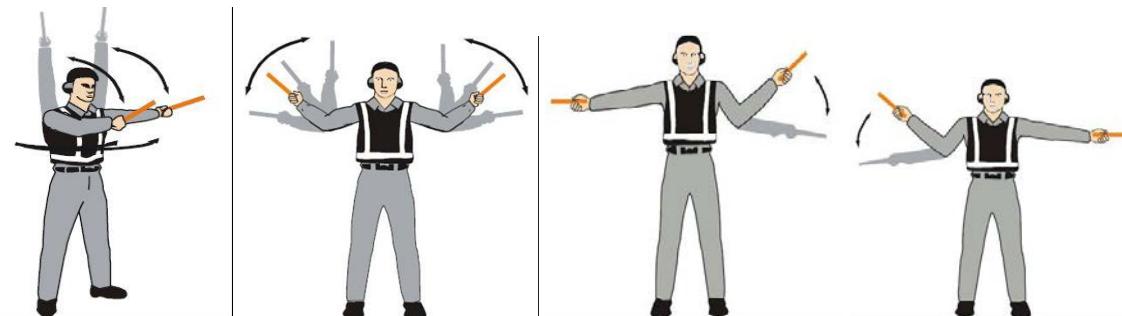


图A

图B

B、指示登机门（图B）： 两臂完全伸出，一直举至头部上方，指挥棒 尖朝上。

C. 向下一信号员滑行或根据塔台/地面管制指令滑行（图C）： 两臂指向上方，向身体外侧挥动并伸出手臂，用指挥棒向下一信号 员或滑行区的方向。



图C

图D

图E

图F

(转下一页)

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

备注: AC-91-FS-2014-23

7.4.4.2 人工指挥指南 (2/5)

(接上一页)

- D. 向前直行 (图D): 两臂伸开, 在肘部弯曲, 从胸高度向头方向上下挥动指棒。
- E. 向左转弯 (从驾驶员角度看) (图E): 伸开右臂和信号棒, 与身体成 90度, 左手作出向前进的信号。信号挥动的速度向驾驶员表示航空器转弯快慢。
- F. 向右转弯 (从驾驶员角度看) (图F): 伸开左臂和信号棒, 与身体成 90度, 右手作出向前进的信号。信号挥动速度向驾驶员表示航空器转弯快慢。
- G. 正常停住 (图G): 两臂和指挥棒完全伸开, 与身体侧各成90度, 慢挥动指棒举至头部上方直到相互交叉。



图G



图H

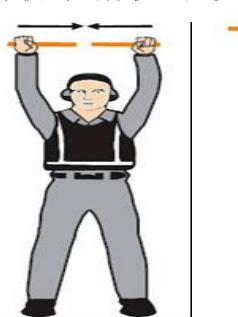


图I



图J

- H. 紧急停住 (图H): 急速伸开两臂和指挥棒, 举至头部上方交叉挥动指棒。
- I. 用刹车 (图I): 一手抬起略高于肩, 张开。确保与飞行机组人员目光接触, 然后握拳。在收到飞行机组人向上翘起大拇指表示确认之前, 不许动。
- J. 松刹车 (图J): 一手抬起略高于肩, 手握拳。确保与飞行机组人员目光接触, 然后手张开。在收到飞行机组人向上翘起大拇指表示确认之前, 不许动。
- K. 放轮挡 (图K): 两臂和指挥棒完全伸出, 举至头部上方向内“戳”动指挥棒, 直至两相碰。确保收到飞行机组人员的确认。



图K



图L



图M



图N

- L. 取轮挡 (图L): 两臂和指挥棒完全伸出, 举至头部上方向外“戳”动指挥棒。未经飞行机组人员批准, 不得取出轮挡。
- M. 发动机启动(图M): 右臂举至与头部齐平, 指挥棒尖朝上用手臂划圈, 同时左举至头部上方指向要开车的发动机。
- N. 发动机关车 (图N): 伸出一臂, 指挥棒置于身体前方与肩齐平, 将手和指挥棒移至左肩上方, 以横拉动作通过喉部前移至右肩上方。
- O. 减速 (图O): 双臂伸开, 向下“轻拍”, 从腰部向膝盖方向上下摆动指挥棒。

(转下一页)

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

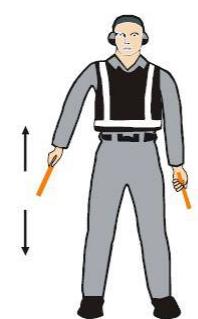
7.4.4.2 人工指挥指南 (3/5)

备注: AC-91-FS-2014-23

(接上一页)



图O



图P



图Q



图R

P. 减低信号所指一边的台(或两)(图R): 发动机的转速: 两臂向下, 手心向地, 然后上下挥动右或左手, 挥动右手表示左边发动机要减速, 挥动左手表示右边发动机要减速。

Q. 向后倒退(图Q): 两臂放在身体前方, 与腰齐平, 手臂朝前轮流滚动。要停止倒退, 使用6 a)或6 b)的信号。

R. 往后倒退时转弯(机尾向右)(图R): 左臂向下指, 右上举过头部, 然后放下至前面水平位置右臂重复运动。

S. 往后倒退时转弯(机尾向左)(图S): 右臂向下指, 左臂上举过头部, 然后放下至前面水平位置左臂重复运动。

T. 肯定/一切就绪(图T): 右臂举至与头部齐平, 指挥棒尖朝上或大拇指伸直, 左臂放在体侧膝部。(注: 该信号也用作技术/保养通信信号。)



图S



图T



图U



图V

U. 等待位置/待命(图U): 两臂和指挥棒向侧呈45度角向下伸直。保持这一姿势, 到航空器被放行作下个机动。

V. 航空器放飞(图V): 举起右手和/或指挥棒, 示意将航空器放飞。与飞行机组人员保持目光接触, 直到航空器开始滑。

W. 请勿触摸操纵器(技术/保养通信信号)(图W): 右手伸直举过头部, 手握拳或水平方向住指挥棒左臂放在体侧膝。

(转下一页)

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

7.4.4.2 人工指挥指南 (4/5)

备注: AC-91-FS-2014-23

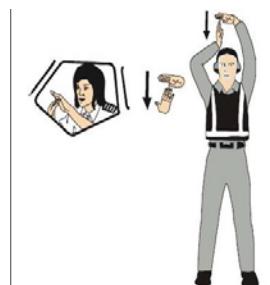
(接上一页)



图W



图X



图Y

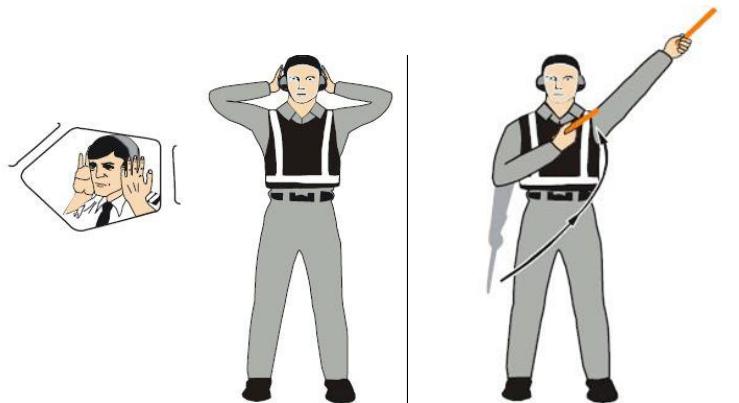
图Z

X. 接通地面电源(技术/保养通信信号)(图X): 双臂完全伸开,举至头部上方,左手水平张开右手指尖移向并碰到左手张开的手心(成“T”字形)。夜间,可以用发光指挥棒在头部上方成“T”字形

Y. 断开电源(技术/保养通信信号)(图Y): 双臂完全伸开,举至头部上方,右手指尖碰左手张开的手心(成“T”字形),然后,将右手与左手分开。未经飞行机组人员批准,不得断开电源。夜间,可以用发光指挥棒在头部上方形成“T”字形。

Z. 否定(技术/保养通信信号)(图Z): 右臂伸直,与肩部成90度角,指挥棒向地面或者下伸出大拇指,左手放在体侧膝部。

Z1. 通过内话系统建立信联络(技术/保养通信信号)(图Z1): 两臂伸开,与身体各成90度角,用双手捂住两耳。



图Z1



图Z2

Z2. 开/关舷梯(技/保养通信信号)(图Z2): 右臂置于体侧,左臂举至头部上方,成45度角,右臂向左肩上方来回摆动。(注:这一信号主要供前部有内置式舷梯的航空器使用。)

航空器驾驶员发给信号员的信号: 驾驶舱的驾驶员向地面信号员发出的信号,应使信号员可清楚的看到驾驶员双手,为便于信号员观看,必要时驾驶员双手可持照明装置。

信号说明：

- A. 刹车：手握拳或手指分开的瞬间分别表示用刹车或松刹车的瞬间。
 - (1) 用刹车：举起手臂，指在面前水平伸直，然后握掌。
 - (2) 松刹车：举臂，手握拳放在面前然后伸开指。

(转下一页)

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

7.4.4.2 人工指挥指南 (5/5)

备注: AC-91-FS-2014-23

(接上一页)

B. 轮挡:

- (1) 放轮挡: 两臂伸出, 手心向外内移动双在面前交叉。
- (2) 取轮挡: 两手在面前交叉, 手心向外移动双臂。
- (3) 准备开车: 伸出一只手的适当数目指, 表示

二、航空器驾驶员发给信号员的信号: 驾驶舱的驾驶员向地面信号员发出的信号, 应使信号员可清楚地看到驾驶员双手, 为便于信号员观看, 必要时, 驾驶员双手可持照明装置。

信号说明:

A. 刹车: 手握拳或手指分开的瞬间分别表示用刹车或松刹车的瞬间。

- (1) 用刹车: 举起手臂, 手指在面前水平伸直, 然后握掌。
- (2) 松刹车: 举臂, 手握拳放在面前, 然后伸开手指。

B. 轮挡:

- (1) 放轮挡: 两臂伸出, 手心向外, 向内移动双手在面前交叉。
- (2) 取轮挡: 两手在面前交叉, 手心向外, 向外移动双臂。
- (3) 准备开车: 伸出一只手的适当数目的手指, 手指数目表示第几台发动机要开车。

思考题:

航空器驾驶员发给信号员的信号中, 用刹车和松刹车分别如何表示?

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

7.4.4.3 标准的紧急手势信号

备注: AC-91-FS-2014-23

知识掌握程度:

理解各种标准的紧急手势信号的含义。

知识要点:

一、标准的紧急手势信号：航空器救援及消防事件指挥员/航空器救援及消防事件消防员与出事航空器驾驶舱和/或客舱机组之间紧急通信所需最低要求的手势信号规定如下。航空器救援及消防的紧急手势信号应从航空器左前方向驾驶舱机组发出。

二、信号说明:

(1) 建议撤离(图1)：航空器救援及消防事件指挥员根据对外面形势的判断建议撤离。臂从身体伸出，保持水平，手上举与眼平。角度向后挥臂打手势。不挥动的臂贴近身体。夜间：使用指挥棒，动作相同。

(2) 建议停止(图2)：建议停止正在进行的撤离。停止航空器移动或正在进行的其他活动。臂上举头前，手腕交叉。夜间：使用指挥棒，动作相同。

(3) 紧急情况得到控制(图3)：外面没有危险状况或“无危险”。两臂向外朝下伸开呈45度角。两臂同时向内摆动至腰际，手腕交叉后再向外伸开至开始位置(棒球裁判员的“安全”信号)。夜间：使用指挥棒，动作相同。

(4) 火情(图4)：右手从肩部向膝部作“煽形”挥动，同时左手指向着火之处。夜间：使用指挥棒，动作相同。夜间：使用指挥棒，动作相同。



图1



图2



图3



图4

思考题:

建议撤离、建议停止、紧急情况得到控制、火情的信号分别是什么？

7.4.4 目视停靠引导系统及人工指挥指南

7.4.4.4 机位引入线

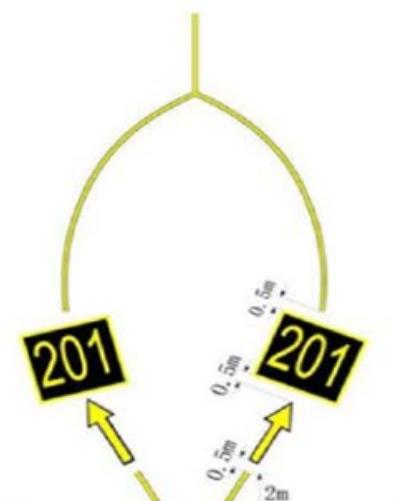
备注: AC-91-FS-2014-23

知识掌握程度:

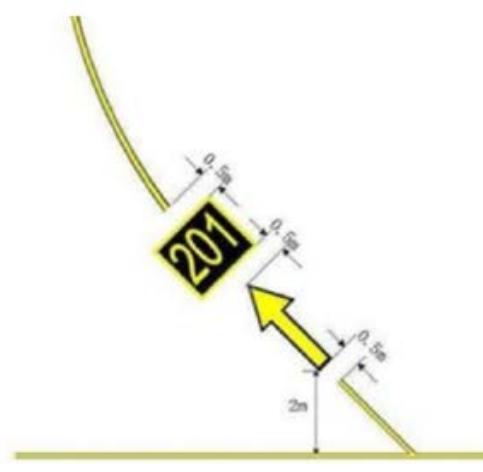
理解各种机位引入线的含义。

知识要点:

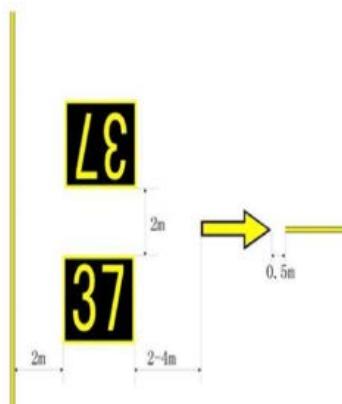
机位引入线，分别为A型、B型、C型、4D型。



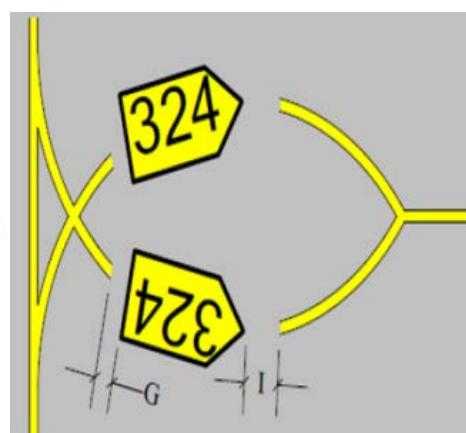
A型



B型



C型



D型

以上四类机位引入线机组应使用统一的滑行方法，滑行方法与在滑行道上的滑行方法不同。应使用过线转弯的滑行方法，使飞机的中心处于进位线上，同时应严格遵守地面指挥员的指挥。

思考题:

机位引入线上机组应该使用怎样的滑行方法？

7.4.5 跑道入侵

备注: AC-91-FS-2014-23

知识掌握程度:

理解跑道入侵的含义;
理解飞行机组预防跑道入侵的措施。

知识要点:

一、跑道入侵指在一个机场中，飞机，车辆或者人员不正确地出现在受保护的航空器着陆和起飞的道面区域。(跑道入侵并不是事故，它是可能导致事故的一种危险情况。)

二、飞行机组防止跑道入侵的措施

- 1、除非特殊许可，当进入跑道或者穿越跑道时，飞行员永远不要穿越红色的停止灯。
- 2、机组不应该接受通过与跑道夹角大于90度的滑行道进入或者穿越跑道的指令。
- 3、当进入跑道等待超过预期的离场时间90秒，机组应该联系ATC并告知在跑道上等待。
- 4、当起飞或者允许着陆和进近时，机组应该打开着陆灯。
- 5、当穿越跑道时，机组应该打开频闪灯。
- 6、如果怀疑管制员的许可或者指令，执行许可或者指令前，必须立即向管制员证实。
- 7、如果机组怀疑其飞机的位置，应该立即联系管制员和遵守相关的程序。
- 8、机组必须保持“抬头”，持续外部观察。
- 9、机组应该遵守“静默”驾驶舱原则。
- 10、特别注意机场中的“热点”位置，即机场中的某些位置，在此位置已发生过不安全事件，或者有潜在的相撞和跑道入侵等风险，需要机组特别注意。



思考题:

为防止跑道入侵，飞行机组应做到哪些方面？

7.5 相关的预防和应急程序

7.5.1 应急下降

备注：飞行基本规则第八十八条

知识掌握程度：

理解应急下降的处置决断及注意事项；
掌握改变高度层的程序。

知识要点：

一、应急下降的处置决断及注意事项

- 1、机组应尽早发现增压系统故障，及时转换备用/人工增压系统控制座舱高度，只有在无法恢复座舱增压的情况下才开始应急下降；
- 2、应尽量使用自动设备进行紧急下降，如果断开自动驾驶，操纵驾驶员要注意控制好飞机姿态；
- 3、任何时候不要以粗猛的动作操纵飞机进入紧急下降；
- 4、实施紧急下降的飞行机组应保持与其他飞机危险接近的警惕性。
- 5、机组在开始执行紧急下降程序之前必须快速戴上氧气面罩，并确保所有旅客氧气面罩可用，在到达安全高度后，机组应对旅客广播，摘下氧气面罩，并根据当时的油量和天气情况前往最合适的机场着陆。

二、改变高度层的程序：

遇有紧急情况，飞行安全受到威胁时，机长可以决定改变原配备的飞行高度层，但必须立即报告飞行管制部门，并对该决定负责。改变高度层的方法是：从航空器飞行的方向向右转30度，并以此航向飞行20公里，再左转平行原航线上升或者下降到新的高度层，然后转回原航线。

思考题：

应急下降时改变高度层的方法是什么？

7.5 相关的预防和应急程序

7.5.2 紧急进近和着陆

备注：飞行基本规则第八十八条

知识掌握程度：

- 掌握迫降的要求和程序；
- 理解对乘客的安全简介。

知识要点：

一、在任何需要撤离或可能撤离的非正常情况下，机长应向乘务长通报紧急情况的性质和客舱准备可用时间。机长应将着陆后的撤离计划及所需要的援助报告 ATC，必要时应通过广播向旅客说明紧急情况的性质和要求。

二、陆地或水上迫降时，应采取下列行动协助搜寻营救工作：

- 1、在时间允许时，尽可能向地面提供以下信息：紧急定位信标状态、目视地标、飞机颜色、机上人数、机上紧急设备；
- 2、如有可能，尽早使紧急定位信标开始工作；
- 3、如果认为没有失火的危险，可进行无线电通信的发射；
- 4、水上迫降时，尽可能在水面船只附近迫降；如果时间允许，应利用一切手段得到最近的商用和军用船只的位置；
- 5、迫降后，应在飞机周围等待救援，并利用可用的紧急设备发送求救信号。

思考题：

陆地或水上迫降时，应采取哪些行动协助搜寻营救工作？

7.5 相关的预防和应急程序

备注: CCAR91. 443

7.5.3 系统和设备故障下的运行 (1/2)

知识掌握程度:

- 了解最低设备清单的批准;
- 了解最低设备清单的内容;
- 掌握最低设备清单的使用;
- 掌握不工作的仪表和设备的记录。

知识要点:

一、除CCAR-91. 443条(d)款规定外，使用一架装有不工作的仪表、设备的航空器起飞时，应当满足下列条件：

- 1、对于该航空器有一份批准的最低设备清单。
- 2、该航空器内有一份局方颁发的批准书，批准该航空器按照最低设备清单进行运行。最低设备清单和批准书构成了该航空器的补充型号合格证。
- 3、批准的最低设备清单应当：
 - (1) 按照CCAR-91. 443(b)款规定的限制进行制订；
 - (2) 规定带有处于不工作状态的仪表和设备的航空器如何运行。
- 4、驾驶员用的航空器记录本应当记录不工作的仪表和设备。
- 5、在最低设备清单和批准其使用的批准书中所述的所有适用条件和限制下运行航空器。

二、在最低设备清单中不得包括下列仪表和设备：

- 1、中国民用航空规章中明确或其他方式提出的作为航空器型号合格证审定基础要求的仪表和设备，并且在所有使用条件下是安全运行必不可少的。
- 2、适航指令要求处于可工作状态的仪表和设备，除非该适航指令作出其他规定。
- 3、按CCAR-61部特定运行所需要的仪表和设备。

三、批准可按CCAR-121或CCAR-135部运行的航空器进行依照CCAR-61部的运行时应当使用该航空器按CCAR-121或CCAR-135批准的最低设备清单，并无需附加批准要求。

四、除依据CCAR-91. 443(a)或(c)款进行的运行外，符合下列所有条件时，可使用装有不工作的仪表、设备的航空器进行按CCAR-61部的运行，而无需有经批准的最低设备清单：

- 1、飞行的实施是在下列航空器上进行的：
 - (1) 主最低设备清单还没有制定出来的旋翼机、非涡轮动力飞机、滑翔机或轻于空气的航空器；
 - (2) 主最低设备清单已制定出来的小型旋翼机、非涡轮动力的小型飞机、滑翔机或轻于空气的航空器。
- 2、不工作的仪表和设备不是下列仪表和设备：
 - (1) 该航空器型号合格审定依据的适航规章规定的昼间目视飞行规则要求的仪表和设备；
 - (2) 在航空器设备清单上要求的或为执行某种飞行所规定的该种飞行的设备清单上所要求的；
 - (3) 本章或其他规章对特定飞行种类要求的；
 - (4) 适航指令要求的。
- 3、不工作的仪表和设备应当符合下列要求之一：
 - (1) 从航空器上拆下后，在驾驶舱的有关操纵上已标明，并且按照CCAR-43部第43. 19条作了维修记录；
 - (2) 已被设置成不能工作并用标牌标明“不工作”。如果设置成不工作的仪表或设备涉及维修，则应当按照CCAR-43部来完成维修并记录。

(转下一页)

7.5 相关的预防和应急程序

7.5.3 系统和设备故障下的运行 (2/2)

备注: CCAR91. 443

(接上一页)

4、由持有CCAR-61部执照和适当等级的驾驶员或由持有相应航空器维修执照的人员，确定不工作的仪表或设备不会对航空器构成危险。带有CCAR-91. 443 (d) 款规定不工作的仪表或设备的航空器被认为处于局方可接受的经恰当改装的状态。

五、带有不工作仪表和设备的航空器可以根据局方颁发的特许飞行证运行，而不受上述条款的限制。

思考题:

最低设备清单中不得包含哪些设备？

7.6.1 低温冰雪运行

7.6.1.1 低温冰雪条件下的运行

备注: AC-91-16

知识掌握程度:

- 理解低温条件对航空器的影响;
- 理解低温冰雪条件下运行的注意事项。

知识要点:

一、低温条件下对航空器的影响

- 1、绝热防止热损失（活塞发动机）：在极端低温情况下，如果可能，所有的滑油管路，滑油压力管，以及油箱都应当经过合适的绝热检查以防止可能的滑油冻结。绝热材料需使用防火材料，并且由有经验的机械放行人员安装。
- 2、隔板和冬季盖板：除非航空器制造商提供了使用批准，否则需要局方的批准才能使用。
- 3、润滑油和油膏：只能使用厂家指定的润滑油和油膏。
- 4、滑油通气孔（活塞发动机）：当准备低温天气时，曲柄轴箱通气孔需要特别的考虑。冻结的通气孔线路会导致众多的问题。当曲柄轴箱内滑油蒸发冷却，它们会在通气管线路中凝结，并在凝结后堵住管路。在飞行前特别注意确保通气系统没有结冰。
- 5、软管夹具、软管、液压装配和封严。
- 6、座舱加热器：许多航空器都装备有座舱加热器罩，其包在排气系统的消音器或者其他部分外。必须对加热系统进行彻底的检查，以减少一氧化碳进入驾驶舱或者客舱的可能。
- 7、操纵索：由于热胀冷缩，操纵索应当按照航空器制造商的规定进行适当的调整。
- 8、滑油压力控制的螺旋桨：滑油凝结可能导致螺旋桨控制困难。以训练为目的进行螺旋桨顺桨时需要注意，确保在系统里的滑油（因低温）凝固之前螺旋桨没有顺桨。

9、谨慎监控电池

(1) 液体电池。如果飞机需要停在外场，液体电池需要被完全充电或者从飞机上移除以避免由于低温导致电力丧失和确保电池不冻结。

(2) 干电池。干电池通常在航空器上应用在以下两个方面：紧急灯光和/或移动电台，以及应急定位发射机。上述类型设备上安装的由制造商推荐的干电池不会因为冻结导致电力丧失。

10、轮舱和机轮整流罩：在融雪条件下，滑行和起飞过程中泥浆和融雪将会甩入轮舱中。如果在随后的飞行中泥浆和融雪发生结冰，将会导致起落架操作问题。在起飞后循环收放起落架可以作为一个预防的程序。尽管如此，对于可收放起落架来说，最安全的措施是避开这些污染表面。推荐移除固定式起落架航空器上的机轮整流罩以防止结冰物质锁定机轮或者刹车。

二、低温冰雪条件下运行的注意事项

- 1、正确使用发动机，防止发动机超限。
- 2、考虑关键发动机失效最小控制速度（VMC）。在极寒冷天气下，多发航空器的VMC将高于公布的数值。
- 3、结冰条件下，考虑使用飞机防冰和除冰设备时对飞机性能的影响。
- 4、考虑低温对高度表指示的影响。
- 5、考虑极低温度造成的燃油结冰。
- 6、飞行过程中防、除冰设备的使用。
- 7、考虑可能出现的跑道污染对飞机性能的影响。

思考题:

低温条件下电池的使用应注意什么？

7.6.1 低温冰雪运行

7.6.1.2 地面除冰

备注: AC-91-16

知识掌握程度:

- 理解清洁飞机的概念和要求;
- 理解飞行员为保证飞机清洁应该做的工作。

知识要点:

一、清洁飞机：禁止在大翼、螺旋桨、操纵面、发动机进气口、以及飞机其他关键的表面粘着有雪、冰或霜的情况下起飞。

二、飞行员为保证飞机清洁的工作：

- 1、熟知飞机表面粗糙对飞机性能和飞行特性带来的不利影响。
- 2、熟知你的飞机所使用的地面除冰和防冰工作以及程序，无论此程序是由你的公司、服务承包方、固定操作员，还是其他人执行。
- 3、仅当你对地面服务机构的除冰工作和质量控制程序熟悉时方可进行除冰与防冰程序。
- 4、熟知你的飞机的重要区域，确保这些区域已妥善的除冰、防冰。
- 5、确保在除冰程序开始之前已采取合适的防范措施，以防止对飞机部件与蒙皮造成损坏。
- 6、确保在飞行前已进行全面的除冰/防冰后检查，即使此项检查可能是其他组织或人员的职责。
- 7、熟知飞机上配备的积冰防护系统的功能、能力、限制以及工作状况。
- 8、如有需要或有要求，执行与除冰或防冰相关的额外除冰后检查。
- 9、注意防冰液的保持时间受到多种因素的影响，因此防冰液除冰或防冰处理有效时间（保持时间）只能预估。
- 10、熟知会缩短防冰液有效时间的变量以及这些变量带来的影响。
- 11、确保在距飞机滑行至起飞位置之前尽可能短的时间执行除冰和防冰程序。
- 12、在确认所有积冰沉积物被清除之前，禁止起动发动机或转动桨叶。转动部件甩出的冰粒可能会损坏飞机或者对地面人员造成伤害。
- 13、注意有些操作会使得冰晶、雪、水滴再次产生。
- 14、注意在临近其他飞机的位置执行程序会使雪、其他冰晶，或者水滴吹到重要的飞机部件上，或者会引起干雪融化并再次冻结。
- 15、若在滑行时观察到有雪或雪泥溅到飞机的重要区域，例如大翼前缘，禁止起飞。
- 16、若没有明显的证据表明飞机清洁，禁止起飞。
- 17、在除冰和防冰的过程当中应关闭所有客舱空气入口，以便将乘客和机组从所有防冰液的蒸汽中隔离开。

思考题:

为保证飞机清洁，飞行机组应做哪些工作？

7.6.2 夜间飞行

知识掌握程度：

理解夜间运行的概念；
理解夜间运行的注意事项以及特殊情况的处置。

知识要点：

一、夜间飞行：航空器从日没到日出之间的飞行。

各地每天日出、日没时刻是不同的，可以通过日出、日没时刻表查时刻。

二、夜间运行注意

- 1、每个飞行员必须配备红白灯光的手电筒；
- 2、飞行前检查飞机的内部外部灯光，确保工作正常；
- 3、熟悉机场灯光系统；
- 4、检查天气报告，关注露点温度差；当露点温度差较小时，警惕辐射雾的产生；
- 5、滑行前应该打开滑行灯，有必要还应打开着陆灯；滑行时应注意观察；
- 6、夜间目视飞行时，机外可用目视参考物有限，驾驶舱灯光应该调至较低亮度，飞行员应能看清驾驶舱设备，又不妨碍对外观察；
- 7、夜间目视飞行时，应充分利用机载仪表设备，控制好飞机状态；
- 8、夜间进近时，可参考目视进近下滑指示系统(VASI或PAPI)，防止黑洞效应；
- 9、飞行员应做好特殊情况的准备，特别是夜间飞行发动机失效和飞机断电。

思考题：

夜间运行时应注意哪些事项？

7.6.3 特殊机动飞行训练

备注: AC-91-19

7.6.3.1 特殊机动飞行训练概述

知识掌握程度:

- 理解对特殊机动飞行训练的定义;
- 理解特殊机动飞行训练包含的科目。

知识要点:

一、特殊机动飞行训练的定义

特殊机动飞行训练，是指为准确识别、熟练掌握飞行过程中，飞机意外进入非正常状态的现象和改出方法，全面了解、掌握飞机机动飞行性能，作为飞机类别等级商用驾驶员执照以及教员等级申请人应该接受的特定训练。

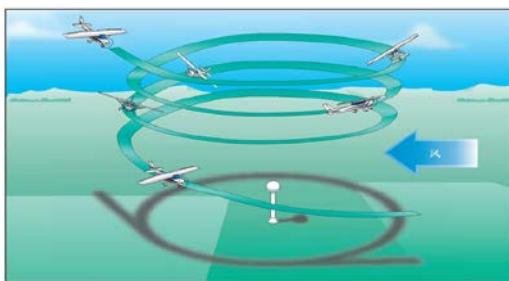
二、训练至少包括以下机动科目：螺旋的识别、进入和改出（参见8.2.3）；失速的识别和改出（参见8.2.3）；急盘旋下降；大坡度盘旋；急上升转弯；懒“8”字。

1、急盘旋下降是指飞机以一较大坡度和稳定下滑速度，围绕地面一固定点以相同的转弯半径大俯角快速盘旋下降的飞行状态，在此状态下，飞机并没有失速发生。该机动训练科目不仅能够提高受训者对飞行速度的控制能力、空间定位能力、空中风的修正能力以及注意力分配，而且可以通过训练提高当飞机在迫降场正上方时，如何消失高度进行迫降的准确性。

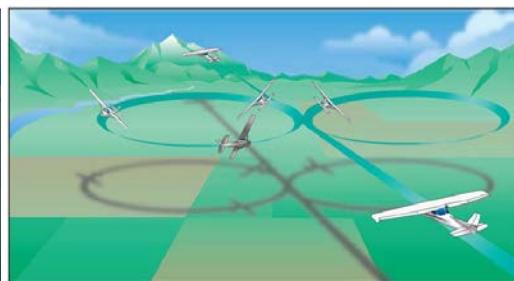
2、大坡度盘旋是指飞机在水平面内使用坡度超出45°以上，进行不少于360°协调连续转弯的机动飞行。训练该科目的目的是提高受训者在接近飞机性能极限的转弯中柔和、协调和准确操纵飞机的能力、空间定位能力以及合理快速的注意力分配。

3、急上升转弯是指保持不大于30坡度转弯上升的飞机最大转弯爬升性能的训练，当航向变化90度时，飞机达到最大上升姿态，然后保持最大上升姿态逐渐改平坡度，当航向变化180度时，坡度改平。急上升转弯是最大性能爬升转弯，它从直线平飞开始，然后在完成精确的180°转弯后飞机保持最小操纵速度直线爬升时结束。这种机动需要飞机达到其最大性能，使飞机在不失速前提下以给定坡度和功率设置获取尽可能多的高度。训练该科目的目的是提高受训者在飞机最大性能状态下的协调、准确操纵能力和飞行的计划能力。

4、懒“8”字是由两个除了转弯方向不同外，操作动作、训练内容和完成标准都一样的180°转弯组成。对于一个180°转弯，当飞机航向变化45°时，坡度达到预计坡度一半，俯仰姿态逐渐由平飞姿态达到最大上升姿态；当航向变化90°时，坡度达到预计坡度，俯仰姿态逐渐由最大上升姿态达到平飞姿态，此时速度达到比失速速度大5至10节的最小速度；当航向变化135°时，坡度回到预计坡度一半，俯仰姿态则由平飞姿态逐渐达到最大下降姿态；当航向变化180°时，坡度改平，姿态回到平飞姿态，此时速度和高度应与进入科目时一样。训练懒“8”字的目的是在高度、速度变化量较大的情况下，通过转弯、上升和下降的有机组合，提高受训者的综合操纵能力和飞行计划能力。

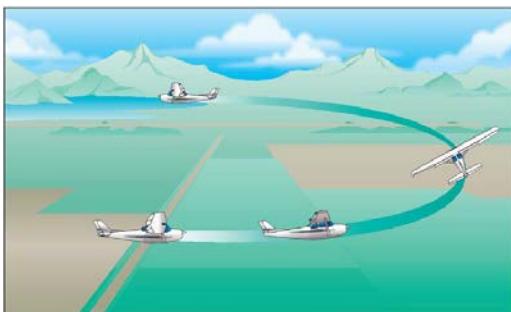


急盘旋下降

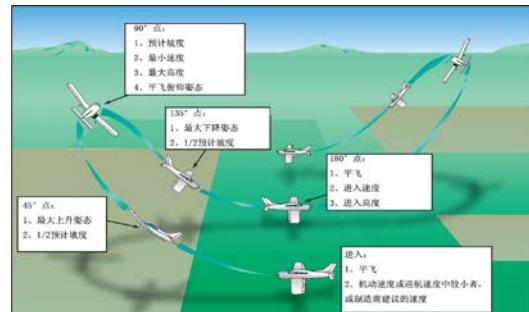


大坡度盘旋

(转下一页)



急上升转弯



懒“8”字

思考题：

什么是特殊机动飞行训练？

7.6.3 特殊机动飞行训练

7.6.3.2 特殊机动飞行训练的要求

备注: AC-91-19

知识掌握程度:

- 理解特殊机动飞行训练对飞机的要求;
- 理解特殊机动飞行训练时间的要求;
- 理解特殊机动飞行训练的内容等要求;
- 理解螺旋和急盘旋下降训练的限制和要求。

知识要点:

一、飞机的要求

实施螺旋飞行训练的飞机必须是按照CCAR-23部颁发的实用类或特技类标准适航证的飞机。其中，1、实用类飞机，是指座位设置（不包括驾驶员）为9座或以下，最大审定起飞重量为5700公斤（12500磅）或以下，用于有限特技飞行的飞机。按实用类审定合格的飞机，可作正常飞行中遇到的任何机动、失速（不包括尾冲失速）、坡度不大于60°的懒“8”字飞行、急上升转弯和急转弯的非特技飞行动作和有限特技飞行动作。有限特技飞行包括：（1）螺旋（如果对特定型号的飞机已批准作螺旋）；（2）坡度大于60°但不大于90°的懒“8”字飞行、急上升转弯和急转弯。

2、特技类飞机，是指座位设置（不包括驾驶员）为9座或以下，最大审定起飞重量为5700公斤（12500磅）或以下，除了由于所要求的飞行试验结果表明是必要的限制以外，在使用中不加限制的飞机。

二、训练时间要求

拟申请飞机类别商用驾驶员执照的申请人，必须接受授权教员实施的5小时特殊机动飞行训练，其中应包括不少于左右各三次的螺旋的识别、进入和改出训练。

三、训练内容要求

特殊机动飞行训练的受训人应熟练掌握下列技能：

1、对于商用驾驶员执照申请人应了解所有失速发生的原理，并掌握无功率失速、带功率失速和二次失速的识别、进入和改出方法；对于教员等级申请人则应熟练掌握所有种类失速的识别、进入和改出方法，并具备失速相关的教学能力。

2、螺旋的识别和进入技术，以及螺旋初始阶段的改出技术。

3、急盘旋下降、大坡度盘旋、急上升转弯和懒“8”字的操纵技术。

四、其他要求

除经局方批准外，不得在下列情况下进行螺旋和急盘旋下降训练：

- 1、在任何城市、集镇或居住地的人口稠密区上空；
- 2、在露天的人员集会地点上空；
- 3、在任何局方指定的区域内；
- 4、在任何航路中心线两侧10千米范围之内；
- 5、距地面450米以下；
- 6、飞行能见度低于5千米时。

思考题:

除经局方批准外，在哪些情况下不得进行螺旋和急盘旋下降训练

7.6.4 牵引

备注: CCAR91.207; CCAR91.209

知识掌握程度:

了解牵引滑翔机飞行的一般要求;
了解牵引滑翔机以外其他物体的一般要求。

知识要点:

一、使用民用航空器牵引滑翔机必须符合下列要求:

- 1、牵引滑翔机的航空器的机长满足CCAR-61部61.87条要求。
- 2、牵引滑翔机的航空器装备有牵引连接装置并按局方批准方式安装。
- 3、所用牵引绳的断裂强度不小于该滑翔机经审定的最大使用重量的80%，且不大于这一重量的两倍。但是，在满足下列条件时，所用牵引绳的断裂强度可以大于该滑翔机经审定的最大使用重量的两倍：

(1) 牵引绳与滑翔机的连接点处有安全接头，其断裂强度不低于该滑翔机经审定的最大使用重量的80%，且不大于该使用重量的两倍；

(2) 牵引绳与牵引滑翔机的航空器的连接点装有安全接头，其断裂强度比牵引绳在滑翔机一端的安全接头的断裂强度大，但是不超过25%，并且不超过该滑翔机经审定的最大使用重量的两倍。

4、在机场空域内进行任何牵引操作之前，机长应通知管制塔台。

5、在飞行前，牵引滑翔机的航空器和滑翔机的驾驶员应当做好协调，协调工作包括起飞和释放信号、空速和每个驾驶员的应急程序。

二、除紧急情况外，滑翔机在空中脱离牵引，必须经牵引滑翔机的航空器驾驶员同意。航空器驾驶员在滑翔机脱钩后释放牵引绳时，不得危及他人生命或财产的安全。

除经局方批准外，民用航空器的驾驶员不得使用该航空器牵引滑翔机（按第91.207条规定）以外的任何其他物体。

思考题:

滑翔机在空中脱离牵引有怎样的要求？

8.1.1 术语

8.1.1.1 平面形状参数

备注:

知识掌握程度:

理解翼展、上反角、后掠角、展弦比、几何扭转与气动扭转的概念。

知识要点:

1、翼展

飞机机翼两翼尖之间的距离。

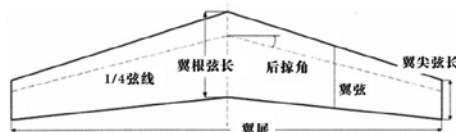


图1 翼展、1/4弦线与后掠角

2、后掠角 α

一般指飞机机翼1/4弦线与横轴之间的夹角，表征机翼向后倾斜的程度。

3、上反角 ψ

飞机机翼1/4弦线与飞机横轴与纵轴所在平面的夹角，表征机翼向上倾斜的程度。



图2 飞机上反角

4、展弦比 λ

飞机翼展与几何平均弦长之比。展弦比越大，则机翼越细长。高展弦比飞机在低速时有较小的阻力D，适用于滑翔机或低速飞机。低展弦比飞机在高速时有较小的阻力D。适用于战斗机或高速飞机。

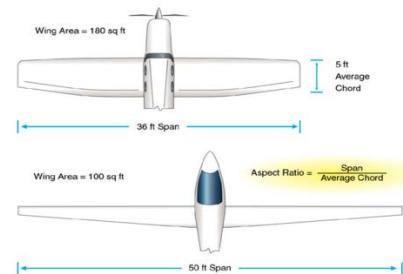


图3 展弦比

5、几何扭转

飞机机翼各剖面的翼弦不在同一平面内，称为几何扭转。

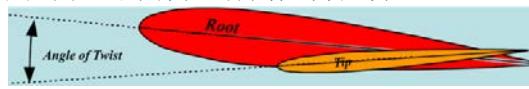


图4 几何扭转

6、气动扭转

飞机机翼各剖面的翼型不同，称为气动扭转。

思考题:

如何求得展弦比？

8.1.1 术语

8.1.1.2 翼型参数

备注:

知识掌握程度:

理解翼型、翼弦、弯度、相对弯度、厚弦比的概念。

知识要点:

1、翼型

机翼的剖面形状。

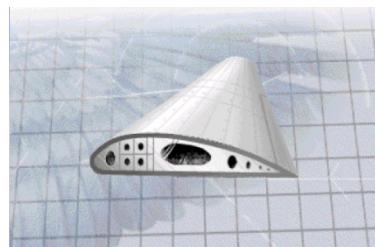


图1 翼型

2、翼弦

机翼翼型剖面前、后缘的连线称为翼弦。



图2 翼弦

3、弯度

中线到翼弦的最大垂直距离。如中弧线在翼弦之上是向上拱起的，称之为正弯度。中线到翼弦的最大垂直距离即最大弧高 f_{max} 。

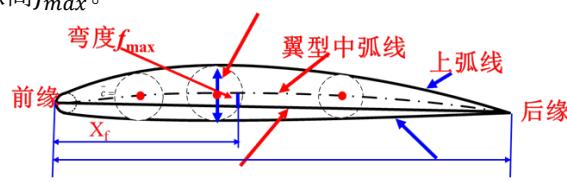


图3 弯度

4、相对弯度

最大弧高与弦长的比值，一般简称为弯度， $\frac{f_{max}}{c} \times 100\%$ 。反映了上下翼面外凸程度差别的大小。

5、厚度

机翼剖面内切圆的直径即为厚度。最大内切圆直径长度即最大厚度。

6、相对厚度（厚弦比）

最大厚度与弦长之比。最大厚度与弦长之比，并常用百分数表示 $\frac{t_{max}}{c} \times 100\%$ 。反映了翼型的薄厚程度。

思考题:

如何求得厚弦比？

8.1.1 术语

8.1.1.3 其他参数

备注:

知识掌握程度:

- 理解压力中心、重心的概念；
- 理解焦点（气动中心）；
- 理解相对气流及迎角的关系；
- 理解层流和紊流附面层的概念。

知识要点:

一、压力中心、重心的概念

1、压力中心

机翼剖面压力分布集中到一点，该点称为压力中心，简称CP。

2、重心

物体的质量中心，能够保持物体平衡的点即为重心。就飞机而言，飞机各部分所受重力的合力的作用点称为飞机的重心，简称CG。

二、焦点（气动中心）

飞机迎角改变时，飞机各部分附加升力合力的着力点为焦点，也称气动中心，简称AC。

三、相对气流及迎角的关系

1、相对气流

飞机在空气中运动，利用相对性原理，假设飞机不动，相对气流以飞机的运动速度大小沿运动相反方向流过飞机。

2、迎角

相对气流与翼弦之间的夹角，称为迎角（AOA），简称 α 。

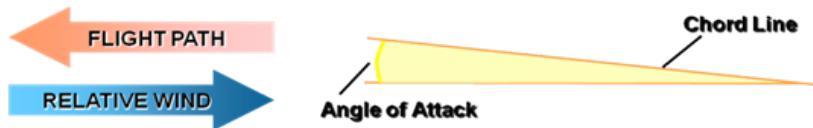


图1 迎角与相对气流

四、层流和紊流附面层的概念

空气具有黏性，将会在飞机表面形成附面层。

附面层分为层流附面层和紊流附面层，层流在前，紊流在后。

物体表面上产生的附面层一般在开始部分是层流附面层，然后经一小段过渡区转变为紊流附面层，这个过渡区称为转捩区。

层流附面层的厚度小于紊流附面层的厚度，层流附面层的动能小于紊流附面层的动能。

思考题:

请正确区分焦点、压力中心与重心的概念？

8.1.1 术语

8.1.1.4 空气动力

备注:

知识掌握程度:

理解空气动力的概念。

知识要点:

空气动力:

飞机在空气中运动，空气对飞机所施加的反作用力，即为空气动力。

机翼空气动力的作用点，即空气动力作用线和翼弦的交点是飞机机翼的压力中心CP，该点是压力分布集中到一点的体现，该点在翼弦上。

垂直于相对气流的空气动力分量为升力；平行于相对气流的空气动力分量为阻力。

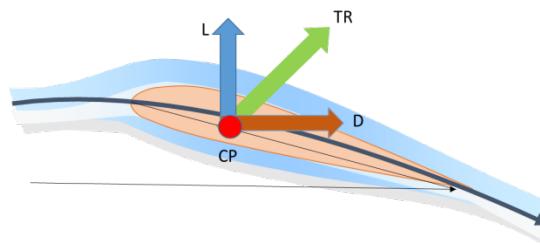


图1 空气动力及其分量

思考题:

空气动力有哪两个分量？方向如何？

8.1.2 基本定理

8.1.2.1 连续性方程及伯努利方程（1/3）

备注：

知识掌握程度：

理解连续性定理；
理解伯努利定理及其应用。

知识要点：

低速空气流动，可由质量守恒与能量守恒角度出发，导出定常流连续性方程及低速、理想、定常伯努利方程。

一、连续性定理

对于定常流，因流管的密闭性，在同一时间流过流管任意截面的流体质量相等。

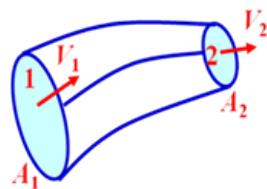


图1 密闭流管质量守恒

定常流，无论流体是否有黏性，是否可压，通过流管任一截面积的质量流量保持不变。单位时间内流过截面1的流体体积为 $v_1 A_1$ ，流体质量为 $\rho_1 v_1 A_1$ ；流过截面2的流体体积为 $v_2 A_2$ ，流体质量为 $\rho_2 v_2 A_2$ ，则根据质量守恒定律可得：

$$\rho_1 \cdot v_1 \cdot A_1 = \rho_2 \cdot v_2 \cdot A_2$$

定常流质量流量可表示为：

$$Q_m = \rho v A = Const$$

若为定常不可压流：

$$\rho = Const$$

定常不可压缩流体体积流量：

$$Q = vA = const$$

则流速与截面积的关系为：

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

对于低速不可压流，流速大小与截面积成反比。

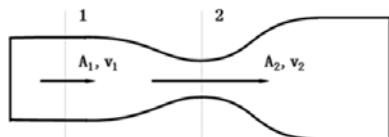


图2 截面积与流速

(转下一页)

思考题：

低速定常流，流管截面积增大，流速如何变化？

8.1.2 基本定理

8.1.2.1 连续性方程及伯努利方程 (2/3)

备注:

知识掌握程度:

理解连续性定理;
理解伯努利定理及其应用。

知识要点:

(接上一页)

二、伯努利定理

定常理想流的动量定理为: 沿流线若速度增大, 则压强减小, 若速度减小则压强增大。其数学表现形式如下:

$$dP + \rho v dv = 0$$

低速定常理想流伯努利方程, ρ 为常数, 则

$$dP + \frac{1}{2} \rho dv^2 = 0$$

即:

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{const}$$

若沿同一流线或同一流管, 则

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 = P_t$$

其中:

$\frac{1}{2} \rho v^2$ 为动压 P_d , 单位体积空气所具有的动能。这是一种附加的压力, 是空气在流动中受阻, 流速降低时产生的压力。

P 为静压 P_s , 单位体积空气所具有的压力即大气静压, 在静止的空气中, 静压等于当时当地的大气压。

P_t 为总压, 总压(全压)是动压和静压之和。

同一流线: 总压保持不变。动压越大, 静压越小。

同一流管: 截面积大, 流速小, 压力大。截面积小, 流速大, 压力小。

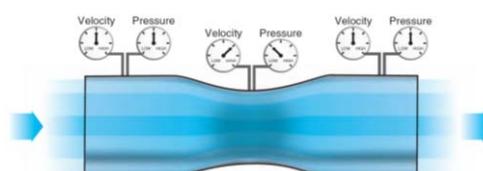


图1 流速与压强

(转下一页)

思考题:

低速定常流, 流管截面积增大, 压强如何变化?

8.1.2 基本定理

8.1.2.1 连续性方程及伯努利方程（3/3）

备注：

知识掌握程度：

理解连续性定理；
理解伯努利定理及其应用。

知识要点：

（接上一页）

低速伯努利定理应用空速表的工作原理

三、伯努利方程应用

驻点是流场中流速为零的点，根据低速伯努利定理，其驻点压力即为总压。总压也称驻点压力。因此总压可理解为，气流速度减小到零时的静压值。

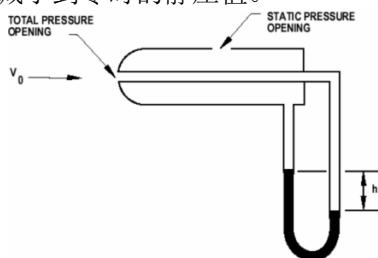


图 1 空速表工作原理

测量飞机飞行速度的装置空速管，如图 1 所示，其工作原理为通过空速管测得驻点静压即总压以及静压孔测得的静压值，利用低速伯努利方程计算出差值即动压。

$$v = \sqrt{\frac{2(P_t - P_s)}{\rho_0}}$$

式中密度为标准大气下，标准海平面密度 ρ_0 ，可使皮托管测量的差值动压与空速表速度一一对应，这是低速空速表的工作原理。若飞行速度高，则需修正气体压缩性，必须考虑密度 ρ 的变化，因此不能采用以上公式。

如果总压与静压测量准确，仪表本身没有制造误差，在海平面标准大气条件下，空速表反映的是真空速。但在不同高度上，无穷远处来流的流速，即飞机运动速度与相对气流速度大小是飞机实际飞行的真空速，与表速是有区别的。空速表刻度时考虑的仅是海平面标准大气条件下空气的压缩性，而同样的总、静压之差在不同高度上对应的压缩程度是不同的(即空速表的刻度不能反映各高度空气的压缩性)

若飞机以等表速进行爬升，随着高度增加，密度逐渐减小，飞机的真空速将逐渐增大。反之，若飞机以等表速下降，随着高度减小，密度逐渐增大，飞机的真空速将逐渐减小。

$$P_t - P_s = \frac{1}{2} \rho_0 v_{IAS}^2 = \frac{1}{2} \rho_H v_{TAS}^2$$

如果远前方来流是匀直流，各条流线的速度、压强和密度都相同。根据伯努利方程，在同一流线或流管内：

$$P_s + P_d = P + \frac{1}{2} \rho v^2 = P_\infty + \frac{1}{2} \rho_\infty v_\infty^2 = P_t$$

思考题：

飞机等表速爬升，真空速将如何变化？

8.1.2 基本定理

8.1.2.2 压力分布

备注:

知识掌握程度:

了解机翼上表面产生主要升力的原因;
了解流线谱的特点。

知识要点:

一、机翼上表面产生主要升力的原因

机翼上下表面的压强差，是飞机能够产生升力的根本原因。吸力的方向由机翼表面指向外侧，其局部压强小于外界大气压强；正压力方向由外侧指向机翼表面，其压强大于外界大气压强。

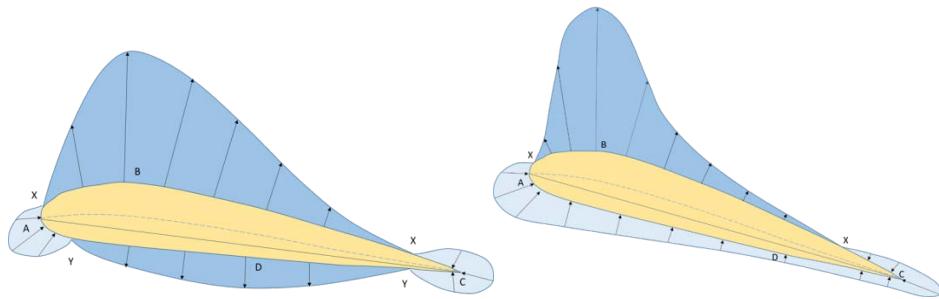


图1图2

图 1 与图 2 为理想流体忽略黏性低速流动的压力分布，以机翼上表面为例，B 点为上表面速度最大点，在该点之前，气流为顺压流动，该点之后的流动为逆压流动。

图 1 机翼上下表面均出现了由机翼表面指向外侧的负压，当表示压强差时，是上表面负压与下表面负压之差。

图 2 表示若飞机机翼迎角较大，下表面均为由外侧指向机翼表面的正压情况，当表示压强时，为下表面正压与上表面负压之和。

机翼升力 L 的产生主要靠机翼上表面吸力的作用，尤其是上表面的前段，而不是主要靠下表面正压的作用。吸力的作用，一般占总升力 L 的 60% 到 80% 左右，而下表面的正压力所形成的升力 L 只占总升力 L 的 20% 到 40% 左右。

二、流线谱的特点

流线是同一时刻、不同质点的整体速度状态，流场中所有流线的集合形成流线谱。它反映了流体流过物体时的流动情况。

流线谱的特点：流线谱的形状与流动速度无关；物体形状不同，空气流过物体的流线谱不同；物体与相对气流的相对位置不同，空气流过物体的流线谱不同；气流流过物体时，在物体的后部都要形成涡流区；气流受到流场中障碍物的阻碍，流管扩张变粗，气流流过物体外凸处或受挤压，流管收缩变细。

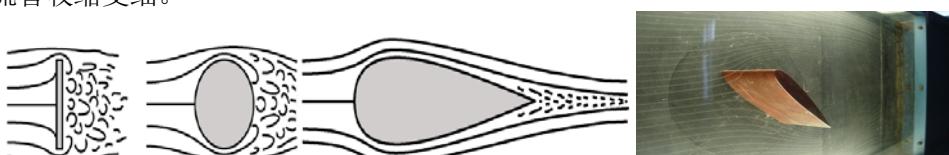


图 2 流线谱

思考题：

产生升力的主要部位？

8.2.1 升力及阻力公式

8.2.1.1 公式组成

备注:

知识掌握程度:

理解升力及阻力公式;
理解动压、系数和面积对空气动力的影响。

知识要点:

一、升力及阻力公式

升力公式:

$$L = \frac{1}{2} \rho v^2 C_L S$$

阻力公式:

$$D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D S$$

飞机的阻力与阻力系数、来流动压和机翼面积成正比。

二、动压、气动系数和面积对空气动力的影响

在低速流动中，机翼产生升力 L 与阻力 D 都与来流的密度 ρ 、速度 v 、迎角 α 及机翼面积 S 有关。若气流无黏性、不可压缩且飞机构型不变，则升力系数与阻力系数可表示为：

$$C_L = f(\alpha)$$

$$C_D = f(\alpha)$$

飞机的升力与升力系数、飞机的飞行动压和机翼的面积有关；

飞机的阻力与阻力系数、飞机的飞行动压和机翼的面积有关。

空气动力系数综合表达了机翼形状、迎角等对空气动力的影响。

若低速理想条件下，忽略马赫数 M 、雷诺数 Re 的影响，升力特性是指研究升力系数与各种影响因素，如迎角 α 、飞机形状、飞机构型等的关系。

升力系数随迎角的增大先增大后减小；阻力系数随迎角的增大持续增大。

思考题:

C_L 和 C_D 与哪些因素有关？

8.2.1 升力及阻力公式

8.2.1.2 临界迎角

备注:

知识掌握程度:

理解升力及阻力公式;
理解动压、系数和面积对空气动力的影响。

知识要点:

临界迎角与空气动力的关系

临界迎角 α_{cr} 为最大升力系数 C_{Lmax} 所对应的迎角，也称失速迎角。

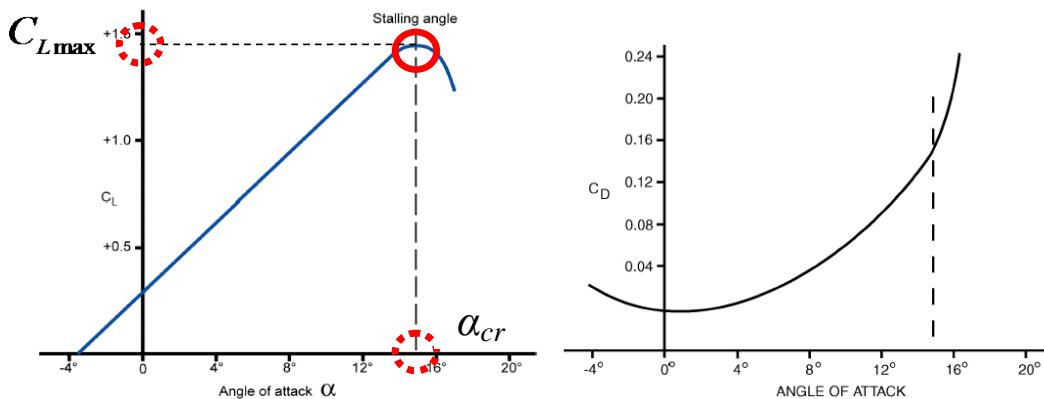


图1升力系数曲线图2阻力系数曲线

1、升力系数随迎角的变化关系

当 $\alpha < \alpha_{cr}$ ，升力系数随迎角增大而增大；当 $\alpha = \alpha_{cr}$ ，升力系数为最大；当 $\alpha > \alpha_{cr}$ ，升力系数随迎角的增大而减小，进入失速区。

2、阻力系数随迎角的变化关系

小迎角范围：阻力系数随迎角的增大而缓慢的增加；当飞机迎角超过最小阻力迎角，飞机阻力系数会快速增加；当飞机的迎角超过临界迎角，飞机的阻力系数会急剧增大。

超过临界迎角范围：升力系数将急剧下降，导致升力迅速丧失，高度减小；阻力系数急剧增大，导致阻力增大，速度减小。

思考题：

超过临界迎角，升力系数与阻力系数曲线如何变化？

8.2.2 升力、阻力及升阻比

8.2.2.1 空气动力系数曲线 (1/2)

备注:

知识掌握程度:

了解升力系数与阻力系数随迎角及翼型的变化规律;
理解升力系数曲线、阻力系数曲线、升阻比曲线和极曲线。

知识要点:

一、升力系数与阻力系数随迎角及翼型的变化规律

升力系数随迎角的增加逐渐增大,当迎角超过临界迎角,升力系数急剧下降;同迎角下,翼型弯度越大,则升力系数越大。沿飞机机翼展向,椭圆翼升力系数处处相等,矩形翼的升力系数根部较大,翼尖较小;梯形翼中间位置升力系数较大;而后掠翼升力系数较大的位置在中间靠近翼尖的位置。

阻力系数随迎角的变化先缓慢增大,后快速增大,超过临界迎角,阻力系数急剧增大。

二、升力系数曲线、阻力系数曲线、升阻比曲线与极曲线

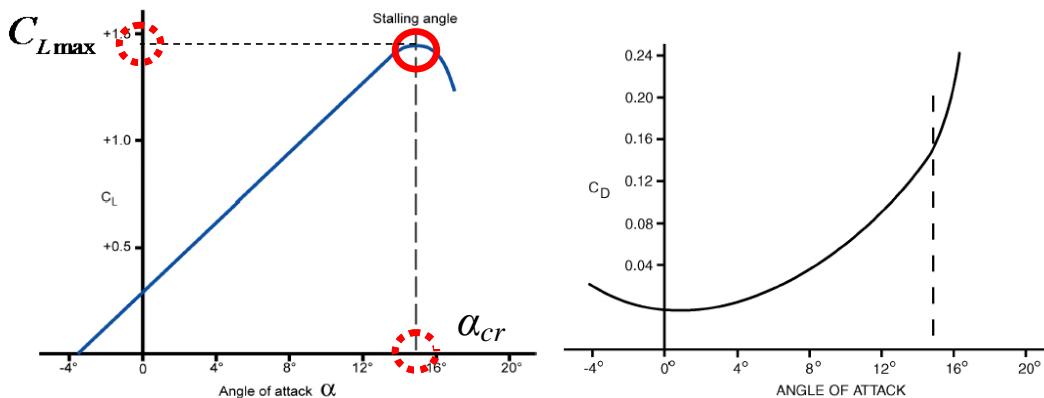


图1升力系数曲线图2阻力系数曲线

升阻比是相同迎角下,升力系数与阻力系数之比,用K表示。随迎角的增大先增大后减小,升阻比最大值对应的迎角为最小阻力迎角,又称有利迎角。

$$K = \frac{L}{D} = \frac{C_L}{C_D}$$

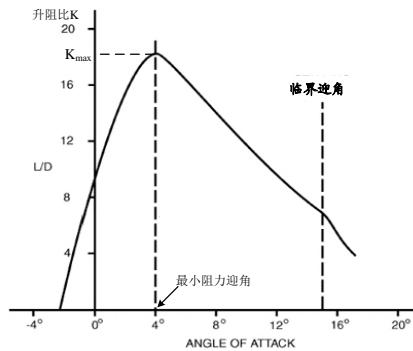


图3 升阻比曲线

(转下一页)

思考题:

最小阻力迎角是否为临界迎角?

8.2.2 升力、阻力及升阻比

8.2.2.1 空气动力系数曲线 (2/2)

备注:

知识掌握程度:

了解升力系数与阻力系数随迎角及翼型的变化规律;
理解升力系数曲线、阻力系数曲线、升阻比曲线和极曲线。

知识要点:

(接上一页)

二、升力系数曲线、阻力系数曲线、升阻比曲线与极曲线

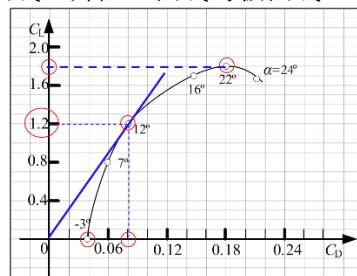


图4 极曲线

极曲线可综合衡量飞机的空气动力性能。将飞机的升力系数、阻力系数、升阻比随迎角变化的关系综合用一条曲线表示出来。该曲线横坐标为阻力系数，纵坐标为升力系数。可通过极曲线确定零升迎角、有利迎角、临界迎角与零升阻力系数、最大阻力系数及升阻比和最大升阻比等参数信息。

思考题:

如何根据极曲线确定最大升阻比?

8.2.2 升力、阻力及升阻比

8.2.2.2 总阻力的组成 (1/4)

备注:

知识掌握程度:

- 理解废阻力及其分类;
- 理解摩擦阻力、压差阻力、干扰阻力的形成原因;
- 理解翼尖涡和诱导阻力的形成原因及影响因素;
- 理解废阻力、诱导阻力及总阻力随速度的变化规律。

知识要点:

一、废阻力分类以及摩擦阻力、压差阻力、干扰阻力的形成原因

废阻力包含所有与升力无关的阻力，主要分为：摩擦阻力、压差阻力和干扰阻力，三者又合称为零升阻力或寄生阻力。

1、摩擦阻力：由于紧贴飞机表面的空气受到阻碍作用而使流速降低到零，根据作用力与反作用力定律，飞机必然受到空气的反作用力。这个作用力与飞行方向相反，称为摩擦阻力。飞机的表面积越大、表面越粗糙、翼型厚度越大、迎角越大，则摩擦阻力越大。紊流附面层的摩擦阻力大于层流附面层的摩擦阻力。

2、压差阻力：气流流过机翼后，在机翼的后缘部分附面层分离（见知识点 8.2.3）形成低压涡流区；在机翼的前缘部分，因气流受阻而使压强增大，机翼前、后缘就产生了压力差，前方的高压与后缘的低压，产生从前缘到后缘的气流流动趋势，这与来流方向一致，与运动方向相反，这就是机翼产生的压差阻力。

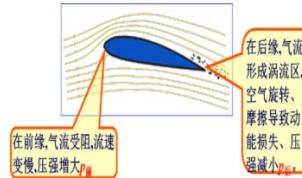


图1压差阻力

迎风面积越大，前方气流受阻越严重，压强增大越多，前后压差越大，致使压差阻力越大。因此应尽量流线化前缘与后缘，减小迎风面积；

迎角越大，上表面后缘附面层分离越发严重，涡流区前移，压强进一步减小，前后压差增大，阻力增大。因此应避免使飞机接近失速区。

3、干扰阻力：飞机各个部件的单独阻力之和小于组合为整体所产生的阻力，这是因为各部件气流之间的相互干扰，导致额外阻力的产生，这种额外产生的阻力称为干扰阻力。

为尽量减小干扰阻力，在设计时需充分考虑各部位的安装位置及各部件结合的平滑程度，避免流管截面积的剧烈变化，使结合部位尽量流线化，能够最小化干扰阻力，而这种方法称为整流。

(转下一页)

思考题:

废阻力的分类？

8.2.2 升力、阻力及升阻比

8.2.2.2 总阻力的组成 (2/4)

备注:

知识掌握程度:

- 理解废阻力及其分类;
- 理解摩擦阻力、压差阻力、干扰阻力的形成原因;
- 理解翼尖涡和诱导阻力的形成原因及影响因素;
- 理解废阻力、诱导阻力及总阻力随速度的变化规律。

知识要点:

(接上一页)

二、翼尖涡和诱导阻力的形成原因及影响因素

1、翼尖涡

飞机飞行过程中，上下翼面的压强差不同，下翼面压强大，上翼面压强小，导致下翼面的气流从翼尖位置流向翼面，于是在翼尖位置形成涡流。



图1 气流沿展向流动

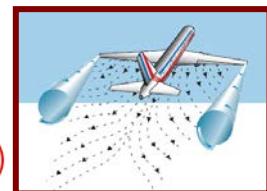


图2 翼尖涡流及旋转方向

机翼在飞行中产生升力 L ，即上下翼面有压强差，则翼尖处持续存在翼尖涡流，随着飞机的前进运动，翼尖涡向后流动，随即形成螺旋状的翼尖涡流。

2、诱导阻力

诱导阻力是由于飞机飞行过程中会产生翼尖涡，从而在翼展的范围内形成下洗的速度场。在该速度场的作用下，流过机翼的气流会向下倾斜，形成下洗流，从而导致实际升力向后倾斜，其在飞行反方向的分量即为诱导阻力。由于产生升力时伴随产生的阻力，是为产生升力而付出的代价，所以又称升致阻力。



图4 下洗流

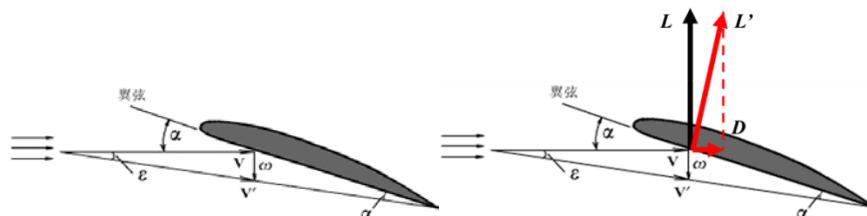


图5 下洗流与诱导阻力

(转下一页)

思考题:

诱导阻力的产生原因?

8.2.2 升力、阻力及升阻比

8.2.2.2 总阻力的组成 (3/4)

备注:

知识掌握程度:

- 理解废阻力及其分类;
- 理解摩擦阻力、压差阻力、干扰阻力的形成原因;
- 理解翼尖涡和诱导阻力的形成原因及影响因素;
- 理解废阻力、诱导阻力及总阻力随速度的变化规律。

知识要点:

(接上一页)

二、翼尖涡和诱导阻力的形成原因及影响因素

3、影响因素:

诱导阻力的大小主要受机翼平面形状、展弦比、重量、升力 L 及飞行速度的影响。

①机翼平面形状

椭圆形机翼诱导阻力最小，越接近椭圆形的机翼，诱导阻力越小；

②展弦比

展弦比越大，机翼越细长，气流沿展向流动受限越大，气动力合力倾斜角越小，沿后向分量阻力越小；

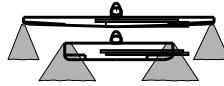


图1 展弦比影响诱导阻力

③升力与重力越大，诱导阻力越大；

重力越大，所需升力越大，机翼上下翼面压强差越大，展向流动越强，翼尖涡强度越大，诱导阻力越大。

④飞行速度

通常认为，平直飞行时诱导阻力与速度的平方成反比。



图2 飞行速度影响诱导阻力

随着前方来流速度及飞行速度 v 的逐渐增大，下洗角 ϵ 越小，升力 L 向后倾斜的分量越小，诱导阻力越小。因此飞机飞行速度越大，翼尖涡强度越弱。

⑤翼梢小翼



图3 翼梢小翼

飞机尾后的气流称为尾流，包含螺旋桨的滑流、紊流、喷气形成的喷流以及翼尖涡流等，其中影响最大是翼尖涡。

(转下一页)

思考题:

为什么高展弦比的飞机，其诱导阻力较小？

8.2.2 升力、阻力及升阻比

8.2.2.2 总阻力的组成 (4/4)

备注:

知识掌握程度:

- 理解废阻力及其分类;
- 理解摩擦阻力、压差阻力、干扰阻力的形成原因;
- 理解翼尖涡和诱导阻力的形成原因及影响因素;
- 理解废阻力、诱导阻力及总阻力随速度的变化规律。

知识要点:

(接上一页)

三、废阻力、诱导阻力及总阻力随速度的变化规律

1、废阻力

废阻力的大小与速度的平方成正比，废阻力的大小不随飞机重量的变化而变化；

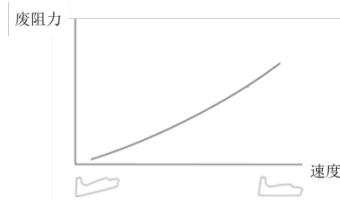


图1 废阻力与速度关系

2、诱导阻力

诱导阻力与飞行速度平方成反比，且与飞机重量有关，重量增大，所需升力 L 增加，诱导阻力也增大；

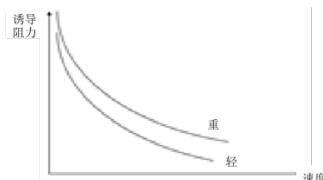


图2 诱导阻力、重量与速度关系

3、总阻力

总阻力是零升阻力与诱导阻力之和。阻力随速度的增大，先减小后增大。

当诱导阻力与废阻力相等时，总阻力最小。

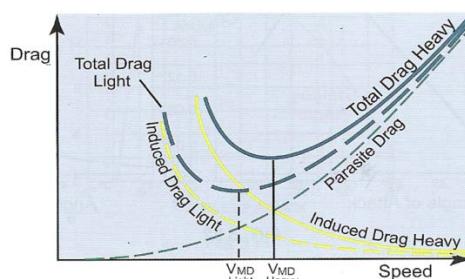


图3 总阻力与速度的关系

因此，小速度飞行时，飞机阻力以诱导阻力为主；大速度飞行时，飞机阻力以废阻力为主。

思考题：

何种速度下，总阻力最小？

8.2.2 升力、阻力及升阻比

备注:

8.2.2.3 地面效应 (1/2)

知识掌握程度:

了解地面效应对升力系数、阻力系数、临界迎角的影响；

理解起飞和着陆阶段地面效应的影响。

知识要点:

一、地面效应对升力系数、阻力系数、临界迎角的影响

地面效应：飞机在起飞和着陆贴近地面时，由于流过飞机的气流受地面的影响，使飞机的空气动力和力矩发生变化。这种效应称为地面效应。地面效应用范围通常为飞机的一个翼展高度范围。

1、对升力系数的影响

地面效应导致上下翼面压强差增加，从而使升力系数增加。飞机容易在较小的迎角下失速。

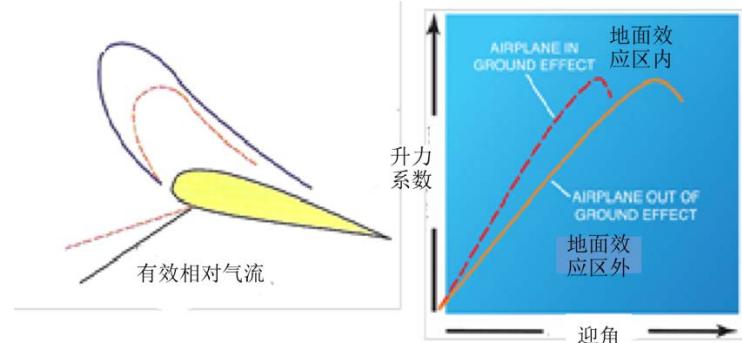


图1 地面效应对升力特性的影响

2、对阻力系数的影响

地面阻碍使下洗流减小，从而下洗角变小，导致总的气动力合力倾斜角度变小，所以水平分量减小，即：诱导阻力减小，阻力系数减小。

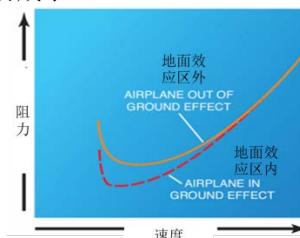


图2 地面效应对阻力特性的影响

3. 对临界迎角的影响

在地面效应区内，临界迎角减小。

4、俯仰力矩

下洗角减小，使机翼有效迎角增大，平尾有效迎角减小，出现附加低头力矩。

(转下一页)

思考题:

地面效应区的高度范围？

8.2.2 升力、阻力及升阻比

备注:

8.2.2.3 地面效应 (2/2)

知识掌握程度:

了解地面效应对升力系数、阻力系数、临界迎角的影响；

理解起飞和着陆阶段地面效应的影响。

知识要点:

(接上一页)

二、地面效应对飞行的影响

1、起飞

当飞机就脱离了地面效应开始爬升时，随着机翼周围气流恢复正常，诱导阻力急剧增加，所需推力也要增加；升力系数降低，要求增大迎角来维持相同的升力系数，所以维持飞行所需的功率和速度大大增加。

2、着陆

飞机距地面高度在一个翼展以内时，由于诱导阻力减小，升力系数增加，使飞机好像漂浮在一个气垫上。将需要更小的机翼迎角来产生相同的升力系数；作为阻力 D 降低的结果，在低速时需要的推力也会降低，所以飞机拉平着陆期间通常需要减小功率。同样，只需要较小的迎角就可以产生相同的升力 L 。水平尾翼下洗流的减弱会降低升降舵的有效性。

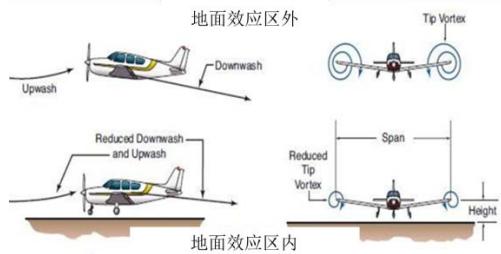


图 1 地面效应对起飞与着陆的影响

思考题:

飞机飞出地面效应区时，该注意什么？

8.2.3 失速

备注：AC-61-19 特殊机动飞行训练

8.2.3.1 失速的原因

知识掌握程度：

了解迎角增大至临界迎角对于压力分布、附面层及气流分离的影响；

理解最大升力系数与临界迎角的关系。

知识要点：

一、迎角增大至临界迎角对于压力分布、附面层及气流分离的影响

附面层气流在空气黏性和逆压梯度的双重作用下减速进而发生倒流，倒流而上的气流与顺流而下的气流，两者使附面层气流拱起脱离物体表面，形成大量的旋涡，产生附面层气流分离。这种旋涡运动，是引起飞机机翼、尾翼和其它部位产生振动的重要原因之一。随着迎角的增大，逆压梯度逐渐增大，当到达临界迎角时，附面层分离越发严重，导致飞机开始进入失速状态。

失速是指飞机迎角超过临界迎角，不能保持正常飞行的现象。失速的根本原因是飞机迎角超过临界迎角。

失速情况下的气流分离区如下图所示。随着迎角的逐渐增大，气流分离区逐渐扩大。当迎角超过临界迎角时，升力系数急剧下降，机翼上表面气流分离程度最大。

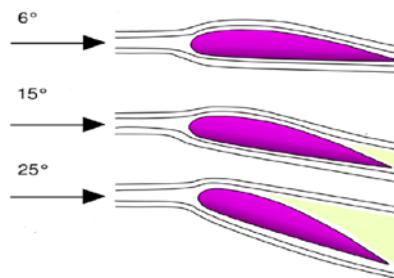


图1 失速与气流分离

若迎角增大，气流上翼面分离程度将逐渐增大，上翼面后部的气流与理想流体绕流时相比，没有完全的减速增压。逆压梯度的逐渐增大，后部高压反流的趋势将会越加明显，导致附面层分离程度更为严重，分离点的位置逐渐靠近前方压强最小点即速度最大点，而机翼上表面前段是产生升力的主要部位，附面层的严重分离代表上翼面负压的丧失程度，也就是升力的下降。而下翼面前驻点后移，对下翼面影响不大，下翼面基本属于顺压流动，逆压区域范围小，不会发生严重的附面层分离，因此下翼面压力分布变化不大。

二、最大升力系数与临界迎角的关系

当升力系数达到最大升力系数时，此时飞机的迎角为临界迎角。

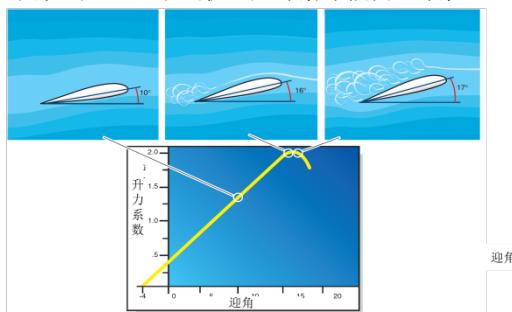


图2 临界迎角与最大升力系数

思考题：

失速的成因？

8.2.3 失速

8.2.3.2 失速的种类 (1/2)

备注:

知识掌握程度:

理解失速训练的目的与种类;

了解失速训练方法。

知识要点:

一、失速训练的目的与种类

训练失速的目的是让飞行员熟悉飞机特定失速的产生条件，帮助飞行员识别接近失速时的各种征兆，并培养出能够预防和及时改出失速的动作习惯，而不是将飞机放置到潜在危险条件之中。对于多发飞机，必须避免单发情况下失速。

按照不同飞行阶段和不同飞行状态，失速可分为无功率失速、带功率失速、二次失速、加速失速、交叉控制失速和升降舵配平失速。

1、无功率失速

无功率失速是模拟在正常进近着陆构型和条件下，因飞行员操作不当而引起失速的发生。

例如从中间进近阶段到最后进近阶段过程中的不正确操作的转弯；仅使用增加俯仰角在最后进近时从大下降率中修正下滑轨迹；在最后进近阶段或者起落航线中不正确的空速控制等。



图 1 无功率失速

2、带功率失速

带功率失速是模拟在起飞爬升条件和构型下，因飞行员操作不当而引起失速的发生。

失速发生的原因通常是由于起飞爬升过程中飞机姿态过大或者飞行员过早收襟翼，短距离起飞时，飞行员未能保持正确的飞行状态也易于导致失速的发生。

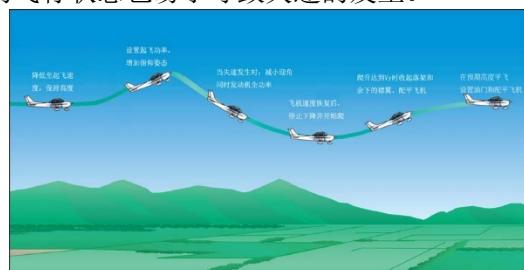


图 2 有功率失速

(转下一页)

思考题:

有功率与无功率失速训练分别模拟何种阶段的飞机状态？

8.2.3 失速

8.2.3.2 失速的种类 (2/2)

备注:

知识掌握程度:

理解失速训练的目的与种类;

了解失速训练方法。

知识要点:

(接上一页)

3、二次失速

如果没有正确地从失速中改出，可能导致二次失速或螺旋。

二次失速通常会在以下几种情况下发生：

- ①从失速或螺旋改出到直线平飞过程中，飞行员操纵过于粗猛；
- ②失速改出过程中，俯仰姿态减小不够，导致飞机迎角减小不够；
- ③试图仅靠增大发动机功率来改出失速。

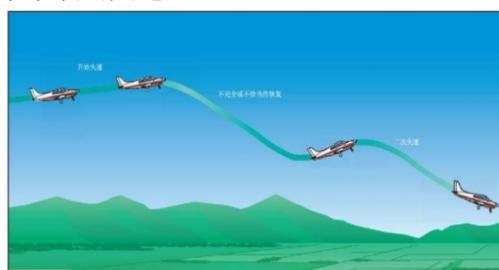


图3 二次失速

4、加速失速

加速失速的训练是让飞行员熟悉当飞机大坡度转弯或突然性大量带杆时，因载荷因数的增大而容易在较大空速下发生失速。此类在较大速度和较小迎角发生的失速比正常状态下的失速更加突然和严重，如不及时正确改出，容易进入螺旋。

5、交叉控制失速

交叉控制失速训练是使飞行员了解协调操纵杆舵的重要性以及不正确操纵可能带来的严重后果。

该失速模拟当转入五边过晚时，飞行员急于对正跑道而过量使用转弯内侧方向舵以增加转弯率，同时为防止坡度过大和下降率增大，向转弯反方向压杆并且向后带杆而发生的失速现象。

6、升降舵配平失速

练习升降舵配平失速是认识并防止复飞时没有正确控制飞机状态，在复飞功率和五边进近时较靠后方向舵配平的双重作用下，飞机俯仰姿态过大而发生的失速。



图4 升降舵配平失速

思考题:

何种情况将导致二次失速？

8.2.3失速

8.2.3.3飞机失速的现象与危害

备注:

知识掌握程度:

理解接近失速的现象;

了解失速的危害。

知识要点:

一、接近失速的现象

当有下列现象之一出现时，表明飞机即将失速，飞行员需要警觉，做好立即实施正确的失速改出动作的准备：

- 1、飞机杆、舵操纵上的变化。当飞机速度减小时，操纵的力量和操纵反应会出现异常。
- 2、飞机或驾驶杆抖动。
- 3、气流流经机身声音的减小。
- 4、对于定距螺旋桨飞机，在全功率状态下，失速前发动机转速会减小。
- 5、飞行员通过肌肉运动知觉感觉到飞机速度和高度的异常变化。
- 6、装有失速警告的飞机，失速警告告警。

二、失速现象

飞机失速后，除飞机会产生气动抖动外，由于升力的大量丧失和阻力的急剧增大，飞行员还会感到飞行速度迅速降低、飞机下降、机头下沉等现象，原因如下：

- 1、当飞机迎角过大，接近失速时，由于附面层的严重分离，操纵效率降低，同时涡流区会使飞机产生气动抖动；
- 2、压力分布迅速变化，使上下翼面压强差迅速减小，升力迅速减小，导致高度减小，压差阻力迅速增大，导致速度减小；
- 3、空气动力变化明显，压力中心迅速后移，此时水平尾翼的正迎角与空气动力的力臂增加，导致飞机有低头趋势。

在空气动力和力矩的变化作用下，飞机的迎角减小。当小于临界迎角时，又可重新开始正常产生升力。

三、失速的危害

在失速状态下，飞机的气动力将会出现急剧的变化：

- 1、滚转与俯仰控制失控；
- 2、下降率难以控制；
- 3、进入不明/复杂状态。

思考题:

失速的现象？

8.2.3 失速

8.2.3.4 失速速度

备注:

知识掌握程度:

- 理解失速速度的概念;
- 理解影响失速速度的因素。

知识要点:

一、失速速度的概念

飞机刚进入失速状态时的速度为飞机的失速速度。飞机迎角超过临界迎角 α_{cr} , 不能保持正常飞行的现象是由于附面层在大迎角下严重分离所造成的。此时飞机进入失速状态, 所对应的速度称为失速速度 v_s 。

$$v_s = \sqrt{\frac{2n_y W}{\rho C_{Lmax} S}} = \sqrt{n_y} v_{s\text{平飞}}$$

二、影响失速速度的因素

飞机的重量、重心、构型、转弯坡度以及机翼上的雪、冰或者霜等因素都会影响失速速度。

- 1、重量越大, 失速速度越大;
- 2、载荷因素 n_y 越大, 失速速度越大;
- 3、襟翼偏角越大, 失速速度越小;
- 4、重心越靠前, 失速速度越大;
- 5、相同构型下, 功率越大, 失速速度越小;
- 6、机翼上的雪, 冰或者霜等, 会使失速速度增大。

三、机翼平面形状对失速的影响

不同翼型在展向产生的升力系数不同, 因此到达最大升力系数的时机也不相同。

矩形翼在翼根处先发生气流分离;

后掠翼为翼尖位置先出现气流分离, 后掠翼的翼根效应和翼尖效应使机翼上表面翼根部位压力大于翼尖部位压力, 压力差促使气流展向流动, 使附面层在翼尖部位变厚, 容易产生气流分离。翼尖效应使翼尖部位上表面吸力峰增强, 逆压梯度增加, 容易气流分离。

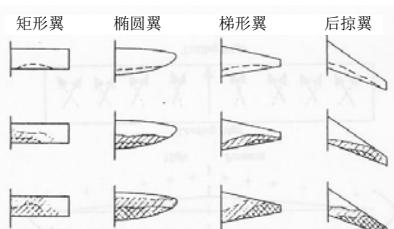


图1 机翼形状与失速

思考题:

载荷因数如何影响失速速度?

8.2.3失速

8.2.3.5螺旋

备注:

知识掌握程度:

了解螺旋的原因;

理解升降舵及方向舵在改出螺旋中的作用。

知识要点:

一、螺旋的原因

螺旋是指飞机失速后，产生的一种急剧滚转和偏转的运动，飞机机头朝下，绕空中某一垂直轴，沿半径很小和很陡的螺旋线急剧下降的飞行状态。

螺旋是飞机超过临界迎角后机翼自转所产生的。当迎角超过临界迎角，只要飞机受扰动而获得一个初始角速度开始滚转：下沉机翼迎角大，上扬机翼迎角小；下沉机翼升力系数小于上扬机翼升力系数；下沉机翼阻力系数大于上扬机翼阻力系数；下沉机翼升力小于上扬机翼升力，机翼向下沉一侧滚转；下沉机翼阻力大于上扬机翼阻力，机翼向下沉一侧偏转；飞机将会以更大的滚转角速度和更大的偏转角速度继续自动旋转下降。

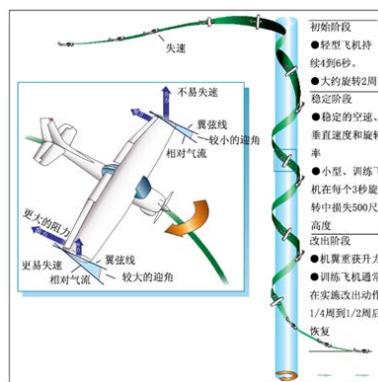


图2 螺旋

二、螺旋的四个阶段

进入阶段、初始阶段、稳定阶段和改出阶段。进入阶段是指飞机开始失速、进入旋转前的阶段；初始阶段是自飞机开始失速、进入旋转开始至螺旋稳定形成的阶段，此阶段飞机的空气动力和惯性力没有达到平衡，对于大多数飞机来说，在初始阶段飞机一般需要旋转两周；稳定阶段是指飞机的旋转角度、空速及下降速度等都趋于稳定，空气动力和惯性力已达到平衡的阶段；改出阶段是指自实施改出动作开始至螺旋完全停止的阶段。

三、升降舵和方向舵在改出螺旋中的作用

改出螺旋应减小飞机的迎角同时抑制飞机的急剧滚转和偏转。因控制飞机滚转的操纵舵面副翼位于机翼后缘外侧，飞机失速后，副翼不能正常产生操纵力矩。

1、升降舵的作用

前推驾驶杆操纵升降舵下偏，减小迎角。

2、方向舵的作用

在改出的过程中，向螺旋旋转的反方向蹬方向舵，其作用是利用操纵方向舵的间接效应使机翼向螺旋旋转的反方向滚转，从而克服螺旋过程中两侧机翼的升力差和阻力差，制止滚转与偏转。

思考题:

螺旋改出中升降舵与方向舵的作用？

8.2.3失速

8.2.3.6失速警告

备注: CCAR23.207
CCAR25.207

知识掌握程度:

了解失速警告。

失速警告是飞机接近失速迎角时，出现的飞行员能清楚辨别，具有足够强度，并为这种状态所特有的一种信息。可分为两种：

1. 自然警告

自然警告主要是空气动力抖动以及发生噪音等现象。抖动是指飞机结构、部件对附面层气流分离所引起的气动力激振的响应。大迎角飞行，机翼上附面层气流分离，产生涡流，造成飞机结构、操纵面、驾驶杆和脚蹬等随之抖动，同时激发飞机某些局部区域产生共鸣，形成噪音。

2. 人工警告

如果自然警告不强，在某些情况下可采用人工警告装置。现代飞机上都安装了人工失速警告。主要形式有：失速警告喇叭、失速警告灯、振杆器。

CCAR23及25规定，必须在大于失速速度的某一范围内开始发出失速警告，并一直持续到失速发生。失速警告必须在失速前足够早开始以提醒飞行员在失速警告一开始后对失速采取措施。且为防止襟翼和起落架在任一正常位置时无意中造成失速，必须给飞行员以有效的清晰可辨的具有足够余量的失速警告。

思考题:

失速警告的作用是？

8.2.3失速

8.2.3.7失速改出原理

备注:

知识掌握程度:

理解失速改出的原理。

知识要点:

1、失速的根本原因是飞机的迎角过大超过了临界迎角，因此改出失速的关键是减小飞机迎角以重新获得升力和对飞机的有效操纵。

2、当飞机迎角减小后，在可能的情况下增加发动机功率以尽快获得速度和减少高度损失。

思考题:

根据失速的成因，失速改出必须要减小迎角的原因是？

8.3.1 平衡

备注:

知识掌握程度:

掌握飞机姿态与机体坐标系的关系;

理解力平衡及力矩平衡;

掌握重心变化对气动力的影响。

知识要点:

一、飞机姿态与机体坐标系的关系

飞机机体坐标系，坐标原点为飞机重心。三轴分别为纵轴、立轴与横轴。飞机绕横轴做俯仰运动，绕纵轴做滚转运动，绕立轴（竖轴）做偏航运动。

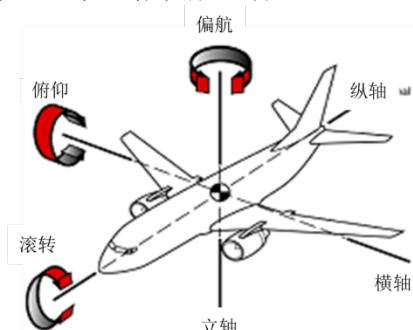


图1 机体坐标系

二、力平衡及力矩平衡

飞机的平衡：所有作用在飞机上的力之和等于零，各力绕重心构成的诸力矩之和也等于零的飞行状态。飞机的平衡包括作用力平衡和力矩平衡两个方面。力矩平衡包括：相对横轴的俯仰平衡、相对立轴的方向平衡、相对纵轴的横侧平衡。

1、飞机的俯仰平衡

是指作用于飞机的各俯仰力矩之和为零，迎角不变。俯仰力矩主要有：机翼产生的俯仰力矩，水平尾翼产生的俯仰力矩以及拉力（或推力）产生的俯仰力矩。

2、飞机的方向平衡

飞机的偏转力矩主要有：两翼阻力对重心产生的偏转力矩、垂尾侧力对重心产生的偏转力矩以及双发或多发飞机拉力产生的偏转力矩。侧滑是指相对气流方向与飞机对称面不一致的飞行状态。飞机的方向平衡是指作用于飞机的各偏转力矩之和为零，侧滑角不变或侧滑角为零。

3、飞机的横侧平衡

飞机的横侧平衡是指作用于飞机的各滚转力矩之和为零，坡度不变或坡度为0。飞机的滚转力矩主要有两翼升力对重心产生的滚转力矩和螺旋桨反作用力矩对重心产生的滚转力矩。

三、重心变化对气动力的影响

若重心前移，配平阻力增大，升力需增大。

思考题:

向左压杆的同时蹬左舵，飞机此时的运动状态是什么？

8.3.2 稳定性

8.3.2.1 动稳定性和静稳定性

备注:

知识掌握程度:

了解静稳定性和动稳定性;
了解稳定性的正、负及中立状态。

知识要点:

一、稳定力矩与阻尼力矩

在物理中，稳定性取决于作用在物体上的力和力矩：

- 当物体偏离原来的平衡位置后将会出现变化的力及力矩，使物体回到平衡位置的趋势力矩，此力矩称为稳定力矩或恢复力矩，方向指向原平衡位置；
- 在扰动消失后的一段时间内，阻碍物体受扰运动或震荡的阻尼力矩，方向与运动方向相反，在稳定力矩与阻尼力矩双重作用下，物体最终可回到原平衡位置。

二、物体的静稳定性和动稳定性

物体的稳定性包括静稳定性和动稳定性。

1、受扰后出现稳定力矩，具有回到原平衡状态的趋势，称为物体是静稳定的。静稳定性研究物体受扰后的最初响应问题。

2、扰动运动过程中出现阻尼力矩，最终使物体回到原平衡状态，称物体是动稳定的。动稳定性研究物体受扰运动的时间响应历程问题。

若物体具有动稳定性，必然具备静稳定性，具有静稳定性的物体不一定具备动稳定性。

三、稳定性的正、负与中立

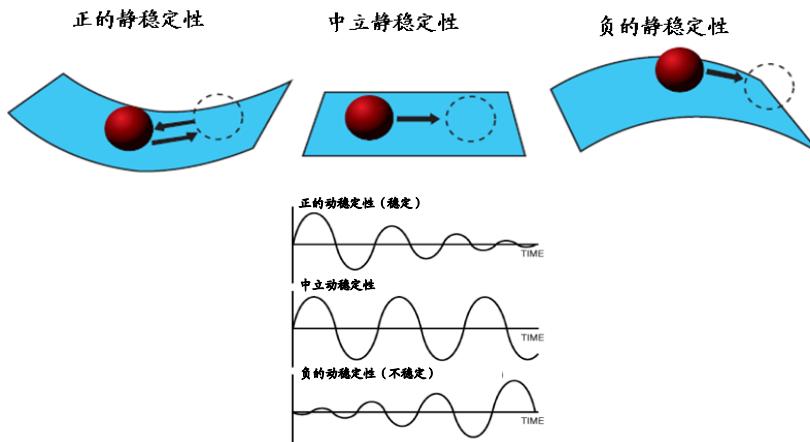


图1 稳定性

小球放置于内凹的曲面内，受微小扰动偏离平衡位置，扰动消失，小球在最初的趋势是回到平衡位置，进而再平衡位置附近来回摆动，幅度逐渐减小，最终回到原平衡位置。说明小球在最初具有正静稳定性，最终具有正动稳定性。

小球放置于外凸的曲面上，受微小扰动偏离平衡位置，扰动消失，小球在最初的趋势是远离平衡位置，进而继续沿远离的方向，最终结果未回到原平衡位置。说明小球在最初具有负静稳定性，最终具有负动稳定性。

小球放置于平面上，受微小扰动偏离平衡位置，扰动消失，小球在最初的趋势是保持在新的位置处不动，随时间变化，小球在最终仍在新的位置处，未回到原平衡位置。说明小球在最初具有中立静稳定性，最终具有中立动稳定性。

四、飞机的稳定性

飞机的静稳定性：初始飞机处于平衡状态，受到小扰动后平衡状态被打破，当扰动消失后，飞机具有自动恢复到原平衡位置的趋势。但不一定能回到原平衡位置。

飞机的动稳定性：飞机受到（小）扰动后,经历一段（有限）扰动运动，最终能自动恢复到原平衡位置，则称飞机具有动稳定性。否则是动不稳定的。

思考题：

飞机的哪种动稳定性对飞机是有利的？

8.3.2 稳定性

8.3.2.2 俯仰稳定性

备注:

知识掌握程度:

掌握重心与焦点的位置关系对俯仰稳定性的影响;

掌握尾翼提供的空气动力对俯仰稳定性的影响。

知识要点:

一、重心与压力中心的对俯仰稳定性的影响

俯仰稳定性: 指的是飞行中, 飞机受微小扰动以至俯仰平衡遭到破坏, 在扰动消失后, 飞机自动趋向恢复原平衡状态的特性。反映飞机在俯仰方向的稳定特性;

焦点位于飞机重心之后, 附加升力产生俯仰稳定力矩, 飞机具有俯仰(静)稳定性。焦点距离重心越远, 俯仰稳定性越强。焦点位于飞机重心之前: 附加升力产生不稳定力矩, 飞机不具有俯仰稳定性。焦点与飞机重心重合: 附加升力产生的力矩为零, 飞机既不自动恢复原来迎角, 也不偏离原来迎角, 这种状态叫中立不稳定。重心位于焦点之前的距离越长, 则俯仰稳定性越强。

二、尾翼提供的空气动力对俯仰稳定性的影响

飞机具备俯仰稳定力矩, 飞机的焦点AC必须位于重心CG之后, 而正因为平尾的位置处于飞机的后部, 为焦点的后移做出贡献, 飞机的俯仰稳定力矩主要由水平尾翼提供。



图 1 平尾提供俯仰稳定力矩

三、平尾主要提供俯仰稳定力矩, 同时提供主要的俯仰阻尼力矩。

思考题:

平尾如何影响飞机的俯仰稳定力矩和阻尼力矩?

8.3.2 稳定性

8.3.2.3 方向稳定性

备注:

知识掌握程度:

理解尾翼、重心变化等对方向稳定性的影响。

知识要点:

1、飞机的方向稳定性，指的是飞行中，飞机受微小扰动以至方向平衡遭到破坏，在扰动消失后，飞机自动趋向恢复原方向平衡状态的特性。

2、方向稳定力矩主要是在飞机出现侧滑时由垂尾产生的。垂尾面积越大，产生的方向稳定力矩越大。

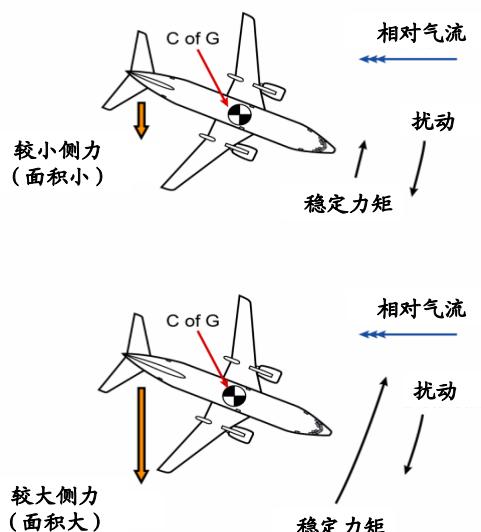


图1 垂尾提供稳定及阻尼力矩

飞机的后掠角与上反角设计，均能够提供方向稳定力矩。

3、方向阻尼力矩主要由垂尾产生。

思考题:

垂尾影响方向稳定力矩的原理是什么？

8.3.2 稳定性

8.3.2.4 横向稳定性

备注:

知识掌握程度:

- 理解机翼位置对横向稳定性的影响;
- 理解上反角及下反角对横向稳定性的影响;
- 理解后掠角对横向稳定性的影响。

知识要点:

一、机翼位置对横向稳定性的影响

飞机的横侧稳定性，指的是飞行中，飞机受微小扰动以至横侧平衡遭到破坏，在扰动消失后，飞机自动趋向恢复原平衡状态的特性。初始飞机处于横向平衡状态（坡度 $\phi=0$ ），受到小扰动后平衡状态被打破（ $\phi \neq 0$ ，侧滑角亦发生改变），当扰动消失后，飞机具有自动消除坡度恢复到原平衡位置的趋势，即有消除侧滑角的改变并向 $\phi=0$ 状态恢复的趋势。

飞机的横侧阻尼力矩主要由机翼产生。横侧稳定力矩主要由侧滑中机翼的上反角和后掠角产生。飞机在受扰后的转动过程中，由于机翼存在附加上、下气流分量，使两翼迎角不等，从而导致两翼升力不等，这一阻尼力矩对飞机转动起阻碍作用。上单翼飞机横侧稳定性强，下单翼飞机横侧稳定性弱。

二、上反角及下反角对横向稳定性的影响

上反角使侧滑前翼的迎角更大，升力大于侧滑后翼的升力，从而产生绕纵轴的横侧稳定力矩。

三、后掠角对横向稳定性的影响

飞机的向右 $\beta>0$ ，尾翼将产生一个恢复力矩，具有减小侧滑角的趋势。飞机的向右 $\beta>0$ 使得左右机翼气流不对称，前翼有效速度大于后翼有效速度，前翼升力较大，由此产生使飞机左滚的稳定力矩。

飞机的横侧阻尼力矩主要由机翼产生。

思考题:

后掠角如何影响飞机的横向稳定性？

8.3.2 稳定性

8.3.2.5 影响稳定性的因素

备注:

知识掌握程度:

理解重量、重心、高度及速度等因素对稳定性的影响。

知识要点:

影响飞机稳定性的因素有：重心位置、飞行高度、飞行速度等。

1、重心位置靠前，飞机的俯仰稳定性越强。飞机的方向稳定性有所增加，但不明显。重心位置前后移动，对横侧稳定性无影响。

2、飞行高度，由于阻尼力矩小，飞机摆动的衰减时间更长，稳定性降低。

3、飞行速度，等高度处，空速增大，飞机受扰动影响小，阻尼力矩增大，稳定性增强。若飞机处于大迎角小速度状态，扰动使飞机上扬一侧机翼迎角减小，下沉一侧迎角增大，下沉一侧机翼容易超过临界迎角进入失速区，两翼此时在正常迎角内产生的阻尼力矩效果正好相反。

思考题:

重心位置如何影响飞机的横向稳定性？

8.3.2 稳定性

8.3.2.6 飘摆与螺旋不稳定

备注:

知识掌握程度:

了解侧向稳定性；
了解横向稳定性与方向稳定性的关系。

知识要点:

一、侧向稳定性

飞机的方向稳定性与横侧稳定性是相互耦合的，飞机的方向稳定性和横侧稳定性的总和，叫侧向稳定性。由于两者稳定性的强弱差距不同会使飞机出现荷兰滚与螺旋不稳定。

二、横向稳定性与方向稳定性的关系

1、飘摆

飞机的横侧稳定性过强而方向稳定性过弱，易产生飘摆。

飞机受扰出现侧滑角、滚转角速度和偏转角速度。飞机会一边滚转，一边偏转，交替的变换侧滑的方向，形成飘摆运动，也叫荷兰滚（Dutch Roll）。如飞机受扰左倾斜带来左侧滑，若横侧稳定性强飞机迅速向右改平坡度；而方向稳定性弱，飞机左偏的速度慢，未等左侧滑消除，飞机又带右坡度带右侧滑，机头需要右偏消除侧滑速度慢，而坡度向左的改平速度迅速，使飞机迅速改平进而带左侧滑，周而复始，消除方向侧滑没有坡度改平快，使坡度逐渐增大，机翼载荷因数变大，威胁飞机结构安全。

飘摆的危害性在于飘摆震荡周期只有几秒，修正飘摆超出了人的反应能力，易加大飘摆幅度，大部分运输飞机都配备偏航阻尼器。

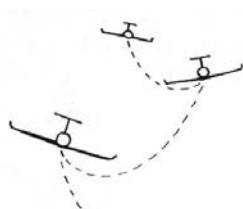


图1 飘摆

2、飞机的横侧稳定性过弱而方向稳定性过强，在受扰产生倾斜和侧滑后，易产生缓慢的螺旋下降，即螺旋不稳定。

如飞机受扰左倾斜出现坡度带来左侧滑，若横侧稳定性弱则飞机改平坡度慢，而方向稳定性强飞机左偏消除侧滑的速度快，那么快速左偏导致右翼速度相对大，升力L大，飞机坡度有增大趋势，更难于改平左坡度。最终导致飞机进入缓慢的盘旋下降过程，称为螺旋不稳定。

思考题:

飘摆产生的原因是什么？

8.3.3 操纵性

8.3.3.1 主操纵系统及姿态控制

备注:

知识掌握程度:

了解升降舵、方向舵及副翼的操纵;
掌握俯仰、偏转及滚转控制与坐标轴的关系。

知识要点:

飞机主操纵系统包括升降舵、方向舵以及副翼。

1、操纵驾驶杆向后（前）使升降舵上（下）偏，产生向下（上）的升力，使飞机绕横轴，产生抬头（低头）力矩。

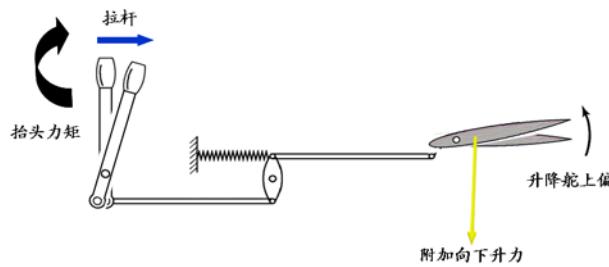


图1 升降舵操纵

2、向右（左）压杆，左侧副翼下（上）偏，产生向上（下）的附加升力，右侧副翼上（下）偏，产生向下（上）的附加升力，使飞机绕纵轴，向右（左）滚转。

3、蹬左（右）舵，方向舵左（右）偏，垂直尾翼上的向右（左）附加气动力会打破原有方向平衡，使飞机绕立轴，机头左（右）偏。

思考题:

飞机向左转弯应如何操纵？

8.3.3 操纵性

备注:

8.3.3.2 俯仰、滚转及偏航操纵性

知识掌握程度:

理解俯仰操纵性与升降舵的关系;

理解滚转操纵性与副翼的关系;

理解偏航操纵性与方向舵的关系。

知识要点:

一、俯仰操纵性

飞机的俯仰操纵性是指飞行员操纵驾驶杆控制升降舵面偏转，使飞机绕横轴转动而改变其迎角等飞行状态的特性。

1、直线飞行中，驾驶杆前后的任意一个位置可控制升降舵舵面的偏角可对应一个迎角的大小，对应一个速度。即大速度对应小迎角，小速度对应大迎角。驾驶杆位置越靠后，升降舵上偏角越大，对应的迎角越大，对应的平飞速度越小；驾驶杆位置越靠前，升降舵下偏角越大，对应的迎角越小，对应的平飞速度越大。

2、飞行员操纵驾驶杆，要施加一定的力，这个力简称为杆力。以升降舵偏转为例，飞行员推杆后，升降舵下偏，升降舵上产生向上的空气动力，对铰链形成力矩，铰链力矩围绕枢轴试图使升降舵回到中立位，从而形成与飞行员操纵相反的力矩效果。飞行员必须持续在驾驶杆上施加推杆力才能使飞机保持当前俯仰姿态。操纵配平片可消除杆力。

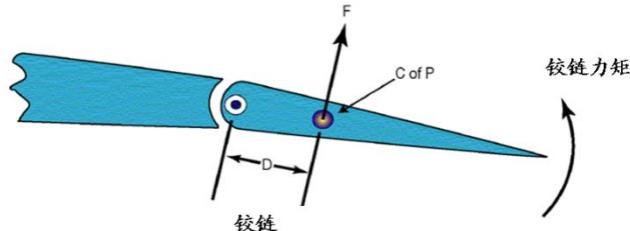


图1

二、滚转操纵性

飞机的横侧操纵性是指飞行员操纵驾驶杆控制副翼偏转，使飞机绕纵轴转动而改变其滚转角速度、坡度等飞行状态的特性。

1、不带侧滑的横侧操纵中，驾驶杆左右转动的每个位置都对应着一个稳定的滚转角速度。驾驶杆左右转动的角度越大，滚转的角速度就越大。驾驶杆左右转动角度的大小与滚转角速度有关，与形成坡度大小无关，与形成坡度的快慢程度有关。

2、飞行中进行转弯或盘旋的操纵时，必须在接近预定坡度时将杆回到中立位置，消除横侧操纵力矩，飞机在横侧阻尼力矩作用的阻止下，使滚转角速度逐渐消失。

三、偏航操纵性

飞机的方向操纵性是指飞行员操纵驾驶舱装置脚蹬控制方向舵偏转后，飞机绕立轴偏转而改变其侧滑角等飞行状态的特性。

蹬左舵，方向舵左偏，垂直尾翼上的向右附加气动力会打破原有方向平衡，使飞机机头左偏。不带滚转的直线飞行中，每一个脚蹬位置对应着一个侧滑角。蹬右舵，飞机产生左侧滑；蹬左舵，飞机产生右侧滑。方向舵偏转后产生方向铰链力矩，飞行员需用力蹬舵才能保持方向舵偏转角不变。方向舵偏转角越大，气流动压越大，蹬舵力越大。

思考题：

飞机向左转弯应如何操纵？

8.3.3操纵性

8.3.3.3偏转及滚转的耦合关系

备注:

知识掌握程度:

理解杆舵互换的概念。

知识要点:

在操纵效果上，存在杆舵互换的耦合效应。

蹬左舵，机头左偏，导致右侧滑，侧滑前翼升力大于侧滑后翼升力，形成滚转力矩（即横侧稳定性矩），飞机左滚。同时机头左偏的瞬时，外侧（右侧）机翼的速度大于内侧（左侧）机翼的速度，导致外侧机翼升力大于内侧机翼升力，飞机左滚。

向左压杆，飞机左滚：在滚转过程中，左侧副翼上偏，右侧副翼下偏。使左侧机翼迎角减小，升力减小，右侧机翼迎角增大，升力增大；右侧机翼升力大于左侧机翼升力，产生左滚。左侧机翼阻力由于迎角的减小而减小，右侧机翼阻力由于迎角的增大而增大，飞机机头右转，存在副翼反向偏航。而升力的水平分量会导致飞机速度左偏，产生左侧滑，垂尾附加侧力使机头左偏，即方向稳定性矩。

思考题:

什么是杆舵互换？

8.3.3 操纵性

8.3.3.4 辅助操纵系统

备注:

知识掌握程度:

理解增升装置的工作原理及起飞及着陆时使用的原因;

理解配平操纵及配平片与主操纵舵面偏转方向的关系。

知识要点:

一、增升装置主要是通过三个方面实现增升:

- (1) 改变翼型弯度: 增大翼型的弯度, 提高上下翼面压强差;
- (2) 控制附面层: 增大附面层内的气流速度延缓上表面气流分离;
- (3) 增大机翼面积。

前缘襟翼广泛用于高亚音速飞机和超音速飞机。大迎角飞行时, 前驻点下移, 机翼前缘的绕流很强, 上翼面前部的逆压梯度很大, 容易造成气流分离。机翼上表面前缘襟翼放下后, 改善了前缘的绕流情况, 能延缓上表面气流分离。同时, 放下前缘襟翼能增加翼型弯度。使最大升力系数和临界迎角得到提高。后缘襟翼主要包含分裂襟翼、简单襟翼、后退襟翼、开缝襟翼以及后退开缝襟翼。放下后缘襟翼, 使升力系数和阻力系数同时增大。因此, 在起飞时放小角度襟翼, 着陆时, 放大角度襟翼。

二、飞行员推杆后, 升降舵下偏, 升降舵上产生向上的空气动力, 对铰链形成的力矩。铰链力矩迫使升降舵和杆回到中立位, 为保持舵偏角和杆位置不变, 飞行员必须用一定力推杆才能平衡铰链力矩。飞行中调整片可以减小和消除杆力。飞行中, 如果把杆力配平在较大位置, 小速度飞行时, 如果不动调整片, 则需施加较大的拉杆力才能保持飞机的俯仰平衡; 如果把杆力配平在较小速度, 在大速度飞行时, 如果不动调整片, 则需施加一个较大的推杆力才能保持俯仰平衡。起飞前, 调整片必须置于规定位置, 以防杆力异常。起飞前如果升降舵调整片配平过于靠前, 在起飞抬前轮时会出现杆力过重; 反之, 如果升降舵调整片配平过于靠后, 在起飞抬前轮时会出现杆力过轻易出现过量操纵。a: 调整片中立; b: 调整片向下偏转; c: 调整片向上偏转。调整片下偏, 各个速度下的拉杆力减小, 但增加了额外的推杆力, 且速度越大, 推杆力增加的越多; 反之。

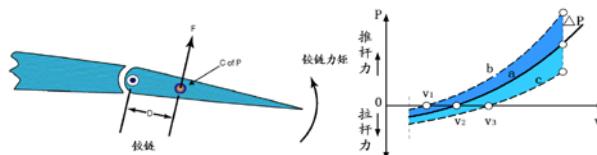


图1 配平

若水平尾翼是整体活动面, 则称全动平尾; 升降舵的后缘的活动面, 称为配平片。

三、为减小操纵主操纵舵面时所用的力或消除杆力, 配平片与舵面的偏转方向相反。

思考题:

配平片与其相应的主操纵舵面的偏转方向是否相同?

8.3.3 操纵性

备注:

8.3.3.5 影响操纵性的因素

知识掌握程度:

理解飞行速度、飞行高度、大迎角、不利气象条件、侧滑与重心位置对飞机操纵性的影响。

知识要点:

1、飞行速度

飞机飞行速度大，飞机反应快，操纵性好。同样的方向舵和升降舵偏转角度或副翼偏转角度，飞行速度越大，产生的操纵空气动力越大，其操纵力矩越大，滚转角速度越大，飞机达到下一状态的时间越短。

2、迎角—横侧反操纵

迎角增大，速度减小，横侧操纵性变差，尤其是大迎角飞行时，可能出现副翼反向偏转或副翼反效。

①副翼反向偏转

增大迎角，此时飞行速度将变小：压左杆，下偏副翼的右侧机翼阻力 D 很大，上偏副翼的左侧机翼阻力 D 较小，此时阻力 D 主要为诱导阻力。从而使飞机向右偏转。

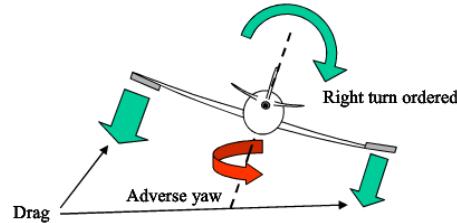


图 1 副翼反向偏航

②副翼反效

增大迎角至接近临界迎角时，飞行速度继续降低：压左杆，下偏副翼的迎角大于机翼的临界迎角，出现局部失速区域，导致升力 L 迅速减小；上偏副翼的迎角减小，导致升力 L 减小。两侧升力 L 均减小，但失速一侧的升力 L 减小更多，导致飞机向右滚转。

消除副翼反效的关键在于减小大迎角下压杆导致的两侧机翼阻力差，可以使用差动副翼、阻力副翼、开缝副翼等。差动副翼、阻力副翼和方向舵与副翼联动等方式，可以基本消除上述现象。

3、飞行高度

高空飞行有杆、舵变轻，反应迟缓的现象。以相同真空速飞行，随高度增加，空气密度降低，为保持杆、舵在一定位置所需的力量减轻；对于相同平飞迎角增大，驾驶杆的位置靠后，升降舵的上偏角较大；舵面偏转同样的角度，产生的操纵力矩小，飞机到达相应状态所需时间长。

4、不利气象条件

不利气象条件如颠簸、雷暴等，将使操纵性变差。

5、侧滑

侧滑将导致阻力的增大，不利于飞机的正常操纵。

6、飞机重心位置

重心前移，产生下俯力矩，飞行员必须以更多的拉杆力与其平衡，同样的迎角，升降舵偏角越大，气动力越大，拉杆力就越大。俯仰稳定性增强，则俯仰操纵性变差，导致飞机杆位移和杆力增大，失速速度增大；

重心后移，产生额外上仰力矩，需要飞行员以更多的推杆力与其平衡，导致杆力变轻，操纵性变好，俯仰稳定性变差。为提高飞行性能，飞机除了规定重心位置前限和后限外，还规定了飞机的有利重心范围。飞机重心位置的左右移动也有严格的限制，以保证飞机的横侧操纵性。

思考题:

重心位置如何影响俯仰操纵？

8.3.4限制

8.3.4.1 机动和阵风包线

备注:

知识掌握程度:

了解机动及阵风包线。

知识要点:

1、机动与载荷因数限制

载荷因数是飞行时作用于飞机的全部载荷和飞机总重量之比值。飞机设计中的载荷因数问题可归纳为确定不同运行条件下正常操作所能期望的最大载荷因数。这些载荷因数称为“极限载荷因数”。由于安全原因，要求飞机设计应能够承受这些载荷时不会有任何结构损坏。

飞机的结构强度一般用飞机可以承受的最大载荷因数来加以限制。如飞机结构必须能够承受而无有害的永久变形的载荷因数为限制载荷因数。若飞机结构必须能够承受至少 3 秒而不被破坏的载荷因数为极限载荷因数，此极限载荷因数是限制载荷因数的 1.5 倍。1.5 倍称为“安全因子”，是为高于正常和合理操作条件下的载荷提供一定程度的余量。此预留强度是意外情况时的保护余量。常用飞机类型的限制载荷因数，局方分别在 CCAR23《正常类、实用类、特技类和通勤类飞机适航规定》及 CCAR25《运输类飞机适航标准》中规定了飞机适航的限制载荷因数范围：

类别	限制载荷因数	
	正载荷	负载荷
CCAR2 3	正常类	3.8
	实用类	4.4
	特技类	6.0
CCAR2 5	运输类	2.5
		1.0

关于转弯时的载荷因数：盘旋时载荷因数大于1，若要维持高度，机翼必须产生等于这些载荷的力。载荷因数的大小仅取决于坡度大小，坡度越大，过载越大。

2、阵风包线

飞机的速度限制与载荷限制综合考虑可用速度载荷图，即V-G图来表述速度与载荷因数的关系。飞机都有各自的V-G图，它在特定重量和速度下有效。飞机应在速度与载荷限制范围内飞行，以保证飞行安全。

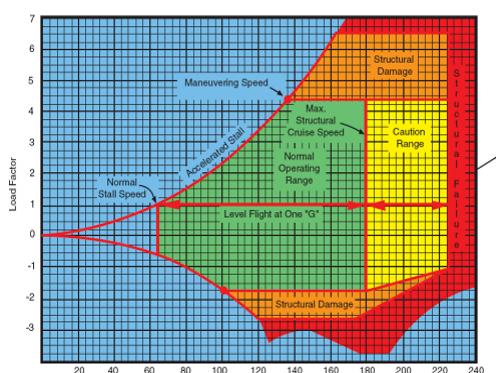


图1 V_G图

思考题:

飞机为何需要在正常速度与载荷范围内飞行？

8.3.4限制

8.3.4.2操作限制（含各项速度限制）

备注：

知识掌握程度：

理解各种速度限制。

知识要点：

1、 V_{S0} : 着陆构型下的失速速度或最小稳定飞行速度。

2、 V_{FE} : 襟翼放下的最大速度。

飞机着陆形态飞行速度范围， $V_{S0} \sim V_{FE}$ 。

3、 V_{S1} : 特定构型下失速速度或最小稳定飞行速度。

4、 V_{NO} : 飞机的最大结构巡航飞行速度。

飞机正常飞行速度范围为 $V_{S1} \sim V_{NO}$ 。

5、 V_{NE} : 极限速度，超出该速度飞机机体将有损坏与解体的危险。

6、 V_A : 设计机动速度。

7、 V_{FE} : 襟翼放下时最大速度。

8、 V_{LE} : 起落架放下时最大速度。

9、 V_{LO} : 起落架操纵最大速度。

若放起落架的飞行速度和收起落架的速度不同，则必须将这两种速度分别标为 V_{LO} （放下）和 V_{HO} （收上）。

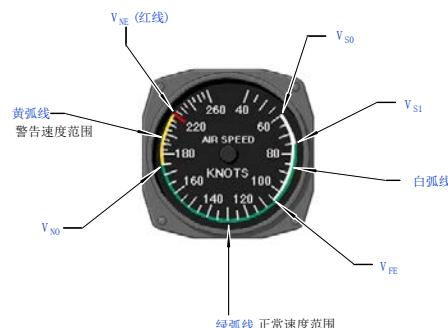


图1 空速表的速度限制标示

思考题：

如图所示，飞机带襟翼飞行速度为 70kt，此时是否可以收襟翼？

8.4.1 平飞

8.4.1.1 速度、迎角、姿态之间的关系

备注:

知识掌握程度:

理解姿态与迎角的区别;

理解速度和迎角的关系。

知识要点:

一、姿态与迎角的区别

相对气流方向是判断迎角大小的依据。即使迎角大小一致，飞机的飞行状态也会不同，如图 1 所示，左、中、右分别为爬升、平飞及下降。



图 1 姿态与迎角

飞机机身纵轴与水平面的夹角，即为俯仰角（pitching angle）。如图 2，飞机在平飞状态下，机头抬的越高，仰角越大。

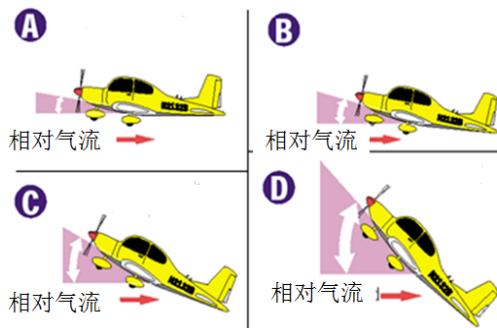


图 2 平飞时姿态与迎角

二、速度和迎角

飞机的升力系数主要取决于飞机迎角和襟翼的使用情况。迎角、襟翼偏角不同，则升力系数不同，飞机的平飞所需速度也就不同。在小于临界迎角的范围内飞行，迎角大，升力系数大，则平飞所需速度小；迎角小，升力系数小，则平飞所需速度大。襟翼偏角大，升力系数大，则平飞所需速度小；襟翼偏角小，升力系数小，则平飞所需速度大。实际飞行中，飞机的平飞所需速度主要随飞机升力系数（迎角）的改变而变化，即飞机迎角大，飞行速度小；飞机迎角小，飞行速度大。

思考题:

如何在不改变拉力的情况下，使飞机增速？

8.4.1 平飞

8.4.1.2 稳定平飞升力重力拉力阻力的关系 (1/2)

备注:

知识掌握程度:

- 掌握飞机平飞时的受力分析;
- 理解所需与可用拉力曲线;
- 理解所需与可用功率曲线;
- 了解反操纵区域。

知识要点:

一、飞机平飞时的受力分析

当飞机保持稳定直线水平匀速平飞状态，受到四个力的作用，分别是：升力 L、重力 W、拉力 T 和阻力 D。其中，升力 L 等于重力 W，高度不变；拉力等于阻力，速度保持不变。平飞运动方程为：

$$\begin{cases} L = W \\ T = D \end{cases}$$

二、所需与可用拉力曲线

将飞机的平飞所需拉力 T 与可用拉力 P 画在同一坐标内，如图 1 所示。油门增加，可用拉力 P 曲线上移，在同一速度下，飞机的可用拉力 P 与所需拉力 T 之差，称为剩余拉力。随飞行速度增大，剩余拉力先增大后减小。若要使飞机在某速度下平飞，应满足条件： $P - T > 0$

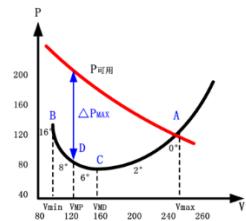


图 1 可用拉力与所需拉力

飞机平飞速度范围可根据最小阻力速度划分。

平飞拉力曲线上的点对应不同迎角 α 和速度 v ，为保持所需迎角 α 和速度 v ，飞行员应前后操纵驾驶杆偏转升降舵，同时操纵油门调整发动机功率，使可用拉力 P 与所需拉力 T 相等。

三、功率曲线

剩余功率是指同一速度下，飞机的可用功率和平飞所需功率之差。随飞行速度增大，剩余功率先增大后减小。所需功率切线位置对应速度为最小阻力速度。 $N_{\text{平飞}} = P_{\text{平飞}} \cdot v_{\text{平飞}}$

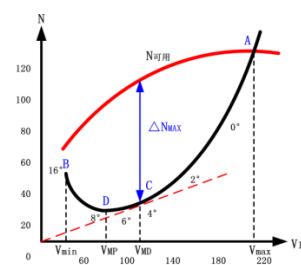


图 2 可用功率与所需功率

(转下一页)

思考题：

飞机可用功率随速度变化的关系？

8.4.1 平飞

8.4.1.2 稳定平飞升力重力拉力阻力的关系 (2/2)

备注:

知识掌握程度:

- 掌握飞机平飞时的受力分析;
- 理解所需与可用拉力曲线;
- 理解所需与可用功率曲线;
- 了解反操纵区域。

知识要点:

(接上一页)

四、反操纵区域

平飞速度小于最小功率速度范围称为第二速度范围，大于最小功率速度称为第一速度范围。

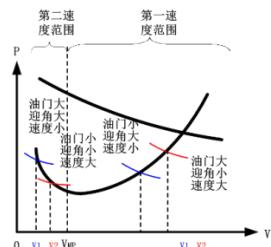


图 2 速度范围

1、第一速度范围:

飞机在平飞时改变速度，若增速，先增大油门，并随速度的增大相应地向前推杆；若减速，则先减小油门，并随速度的减小相应地向后拉驾驶杆。

2、第二速度范围:

若增速，先增大油门，并随速度的增大相应地向前推杆，当接近到目标速度，应主动减小油门；若减速，则先减小油门，并随速度的减小相应地向后拉驾驶杆，当接近到目标速度，应主动增大油门。

与第一速度范围操纵规律相比，在第二速度范围驾驶杆的变化规律一致，油门反效且具有速度不稳定性。

思考题:

如何判断飞机处于正常操纵范围？

8.4.2 爬升

8.4.2.1 稳定爬升升力重力拉力阻力的关系

备注:

知识掌握程度:

理解爬升升力小于重力的原因;

理解爬升拉力大于阻力的原因。

知识要点:

飞机在空中稳定爬升时，依旧受到四个力的作用：升力 L、重力 W、拉力 T、阻力 D。如果飞机匀速爬升，飞机从平飞姿态开始向爬升姿态改变的过程中升力 L 大于重力 W，当飞机建立稳定的爬升姿态后，飞机受力平衡。

$$\begin{cases} L = W \cos \gamma \\ T = D + W \sin \gamma \end{cases}$$

在爬升中，重力 W 不再垂直作用于航迹。它的水平分量方向是向后的。飞机的阻力叠加重力的水平分量，相当于与推力方向相反的力增大，需要增加拉力 T 以平衡阻力 D 和重力 W 的水平分量。当有足够的推力抵消增加的“阻力”时，飞机就能保持一个爬升角 γ 稳定爬升。而此时飞机所需的升力 L 仅为重力 W 的一个分量，因此在稳定爬升阶段，反而升力 L 小于重力 W。

思考题:

飞机稳定爬升时的受力?

8.4.2 爬升

8.4.2.2 爬升率与爬升角

备注:

知识掌握程度:

理解爬升率、爬升角与爬升梯度的区别。

知识要点:

1、爬升角是爬升轨迹与水平面的夹角。爬升梯度是爬升高度与前进的水平距离之比。最大爬升角速度用 V_x 表示。

爬升角与剩余拉力和重力有关。

$$\sin \gamma = \frac{T - D}{W} = \frac{\Delta T}{W}$$

2、爬升率 $V_{y_{\text{爬升}}}$ 是爬升速度的垂直分量。最大爬升率速度 V_y 是最大爬升率对应的爬升速度。剩余功率最大时，爬升率最大。

爬升率与剩余功率和重力有关。

$$V_{y_{\text{上升}}} = v_{\text{上升}} \sin \gamma$$
$$V_{y_{\text{上升}}} = v_{\text{上升}} \sin \gamma = v_{\text{上升}} \frac{T - D}{W} = v_{\text{上升}} \frac{\Delta T}{W} = \frac{v_{\text{上升}} \Delta T}{W}$$

思考题:

如何区分爬升率与爬升角？

8.4.2 爬升

8.4.2.3 影响爬升率与爬升角的因素

备注:

知识掌握程度:

理解重量、功率、构型、风分量、风切变、坡度及密度高度等对爬升率及爬升角的影响。

知识要点:

1、影响爬升角的因素

- ①爬升角与剩余拉力成正比，即当剩余拉力最大时，爬升角最大。
- ②飞机重量增加，所需拉力增加，所需拉力曲线向上移动，可用拉力曲线不变，因此，最大剩余拉力减小，所以最大爬升角和爬升梯度减小；
- ③飞行高度增加和气温增加，均使空气密度减小，所需拉力曲线不动，可用拉力曲线下移，最大剩余拉力减小，所以最大爬升角和爬升梯度减小；
- ④顺风使地速增加，爬升角减小，爬升梯度减小；逆风使地速减小，爬升角增大，爬升梯度增大；上升气流使爬升角增加，下沉气流使爬升角减小；

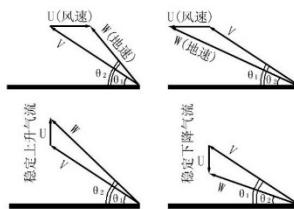


图 1 风的影响

- ⑤起落架与襟翼的放出，阻力增大，爬升角减小；
- ⑥坡度增大，爬升性能下降，阻力增大，爬升角减小。

2、影响爬升率的因素

- ①剩余功率最大时，爬升率最大。
- ②飞机重量增加，所需功率增加，剩余功率减小，所以最大爬升率减小；
- ③飞行高度和气温增加，均使空气密度减小，可用功率将下降，剩余功率减小，最大爬升率减小。飞机的最大爬升率为零对应的高度。飞机要稳定爬升到理论升限的爬升时间趋于无穷；
- ④水平气流不影响飞机的爬升率，上升气流使爬升率增加，下沉气流使爬升率减小；
最大爬升角速度 V_x 使飞机在相同的水平距离内获得的高度增量最多；最大爬升率速度 V_y 使飞机在相同的时间内的高度增量最多。

思考题:

顺逆风如何影响爬升率与爬升角？

8.4.3 下降

8.4.3.1 稳定下降升力重力拉力阻力的关系

备注:

知识掌握程度:

理解下降升力小于重力的原因;

理解下降拉力小于阻力的原因。

知识要点:

一、正拉力下降

若飞机匀速下降，飞机从平飞姿态改变至下降姿态的过程中，升力 L 小于重力 W ，当飞机建立稳定的下降姿态后，飞机受力平衡。

$$\begin{cases} L = W \cos \gamma \\ D = T + W \sin \gamma \end{cases}$$

在下降中，重力 W 不再垂直作用于航迹。它的作用方向是向前的。这导致飞机的阻力等于拉力与重力的水平分量的叠加量，相当于重力的分量承担了部分拉力的工作，因此需要减小拉力 T 以重力 W 分量和平衡阻力 D 。飞机就能保持一个下降角 γ 稳定下降。而此时飞机所需的升力 L 仅为重力 W 的分量。因此在稳定下降阶段，反而升力 L 小于重力 W 。通常将重力再进行分解。

二、零拉力下滑

飞机零拉力下滑，重力沿运动轨迹垂直方向的分量与升力平衡，重力沿运动轨迹平行方向的分量与阻力平衡。

$$\begin{cases} L = W \cos \gamma \\ D = W \sin \gamma \end{cases}$$

思考题:

请分析飞机稳定下降的受力情况？

8.4.3 下降

8.4.3.2 下降率与下降角

备注:

知识掌握程度:

理解下降率、下降角与下降梯度的区别。

知识要点:

一、正拉力下降

下降角是指飞机的下降轨迹与水平面之间的夹角。

$$\tan \gamma = \frac{D - T}{L} \approx \frac{D - T}{W} = \frac{1}{K} - \frac{T}{W}$$

根据下降角和下降距离的关系:

$$R = \frac{H}{\tan \gamma}$$

下滑距离Range可得:

$$R = \frac{H}{\frac{D-T}{W}} = \frac{HW}{D-T} = \frac{H}{\frac{1}{K} - \frac{T}{W}}$$

下降率为飞机在单位时间下降的高度，是下降速度的垂直分量 V_y 下降，正拉力时的下降率:

$$V_y \text{ 下降} = V_{\text{下降}} \cdot \sin \gamma = V_{\text{下降}} \cdot \frac{D - T}{W} = V_{\text{下降}} \left(\frac{1}{K} - \frac{T}{W} \right)$$

下降梯度是飞机下降高度与下降水平距离的比值。

二、零拉力下滑

由零拉力下滑时的运动方程，得到零拉力下滑时: $\tan \gamma = \frac{1}{K}$

滑翔比 η 是飞机下滑距离与下滑高度的之比: $\eta = \frac{R}{H}$

飞机下滑时，通常用滑翔比来计算飞机的下滑距离: $R = \eta \cdot H$

根据下降角和下降距离的关系，可得: $R = \frac{H}{\tan \gamma} = H \cdot K$

可得:

$$K = \eta$$

飞机若在零拉力且无风的条件下，升阻比 K 与滑翔比 η 相等。

下降率为飞机在单位时间下降的高度，是下降速度的垂直分量 V_y 下降，零拉力时的下降率:

$$V_y \text{ 下降} = V_{\text{下降}} \cdot \sin \gamma = V_{\text{下降}} \cdot \frac{D}{W} = V_{\text{下降}} \cdot \frac{1}{K}$$

在无风零拉力情况下，滑翔比等于飞机的升阻比。此时的速度为最佳滑翔比速度。飞机滑翔速度大于或小于最佳滑翔比速度时，阻力均大于最小阻力。

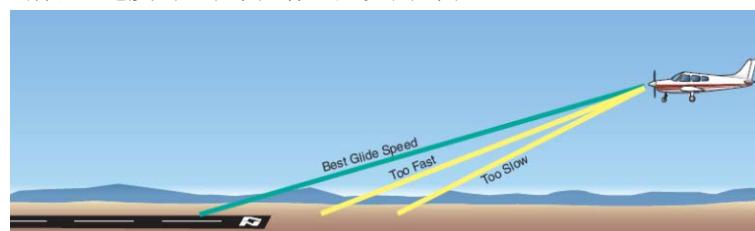


图1 滑翔比与速度

思考题:

如何区分下降率与下降角？

8.4.3 下降

8.4.3.3 影响下降率与下降角的因素

备注:

知识掌握程度:

理解功率、构型、风分量对下降率及下降角的影响。

知识要点:

正拉力下降时，重量增加，下降角、下降速度、下降率都增大，下降距离缩短。飞行高度和外界温度增加，外界空气密度减小，可用拉力减小，负的剩余拉力增大，下降角增大，真空速增加导致下滑率增加。

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{\text{下降}} = \sqrt{\frac{2W \cos \gamma}{\rho c_L S}} \\ \tan \gamma = \frac{D - T}{L} \approx \frac{D - T}{W} \\ V_y \text{下降} = V_{\text{下降}} \cdot \sin \gamma = V_{\text{下降}} \cdot \frac{D - T}{W} = V_{\text{下降}} \left(\frac{1}{K} - \frac{T}{W} \right) \end{array} \right.$$

零拉力下滑时，重量增加，下降角不变，下滑距离不变，但下滑速度增加，下滑率增大。飞行高度和外界温度增加，外界空气密度减小，同一表速下滑角不变，真空速增加导致下滑率增加。

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{\text{下降}} = \sqrt{\frac{2W \cos \gamma}{\rho c_L S}} \\ \tan \gamma = \frac{1}{K} \\ V_y \text{下降} = V_{\text{下降}} \cdot \sin \gamma = V_{\text{下降}} \cdot \frac{D}{W} = V_{\text{下降}} \cdot \frac{1}{K} \end{array} \right.$$

顺逆风只影响下降角，不影响下降率，顺风下降，下降角减小，下降距离增长，下降率不变；逆风下降，下降角增大，下降距离缩短，下降率不变。升降气流影响下降角和下降率，上升气流中下降，下降角和下降率都减小，下降距离增长；下降气流中下降，下降角和下降率都增大，下降距离缩短。

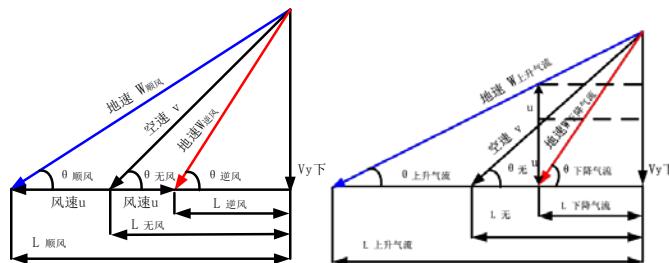


图 1 水平气流的影响

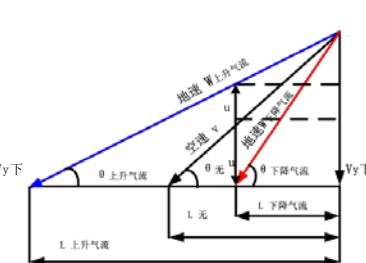


图 2 垂直气流的影响

思考题:

风如何影响下降率与下降角？

8.4.4 转弯

8.4.4.1 协调转弯的受力

备注:

知识掌握程度:

理解协调转弯时升力大于重力的原因;
理解协调转弯时的速度、拉力及功率的变化。

知识要点:

平飞转弯应保持高度不变,故垂直方向上的升力分量应与重力相等,升力与重力的合力水平指向飞机空中轨迹的圆心。因为升力有水平方向上的分量,所以在转弯的时候应主动带杆或加油门,使飞机抬头,迎角增加,速度增加,升力增加,以抵消竖直方向爬升力的损失。产生坡度越大,需要补偿的升力垂直分量越大。

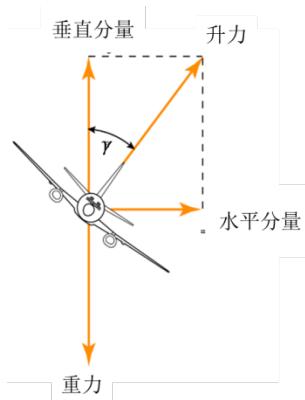


图1 盘旋受力

$$W = L \cos \gamma$$

$$m \frac{v^2}{R} = L \sin \gamma$$

$$T = D$$

$$v_{\text{盘旋}} = \sqrt{\frac{2W}{\rho c_L S \cos \gamma}} = v_{\text{平飞}} \sqrt{n_y}$$

$$T = \frac{1}{2} \rho C_D S v_{\text{平飞}}^2 n_y = T_{\text{平飞}} n_y$$

$$N = T \cdot V = \frac{1}{2} \rho C_D S v_{\text{平飞}}^2 n_y V_{\text{平飞}} \sqrt{n_y} = N_{\text{平飞}} \sqrt{n_y^3}$$

载荷因数简称过载,即除飞机本身重量以外的其它作用力,包括发动机推力和气动力与飞机重力的比值。平飞时的载荷因数等于1,爬升和下降时载荷因数小于1,盘旋的载荷因数大于1。

思考题:

盘旋时升力与重力的关系?

8.4.4 转弯

8.4.4.2 转弯率与转弯半径

备注:

知识掌握程度:

理解转弯半径转弯率与速度坡度的关系。

知识要点:

由:

$$mg = L \cos \gamma$$

$$m \frac{v^2}{R} = L \sin \gamma$$

可得盘旋半径R:

$$R = \frac{v^2}{g \tan \gamma}$$

因圆周运动, 线速度与角速度的关系为

$$v = \omega R$$

$$\omega = \frac{g \tan \gamma}{v}$$

训练用飞机一般, 标准转弯率为 3 度/秒, 大型飞机的标准转弯率为 1.5 度/秒。

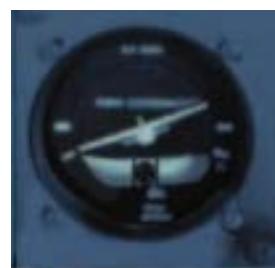


图 1 转弯协调仪

思考题:

飞机坡度变化, 盘旋速度如何变化?

8.4.4 转弯

8.4.4.3 载荷因数

备注:

知识掌握程度:

- 理解转弯坡度对载荷因数的影响;
- 了解转弯载荷因数与失速速度的关系;
- 理解平飞、转弯失速速度变化的原因和趋势。

知识要点:

一、转弯坡度对载荷因数的影响

由盘旋的运动方程分析可知，飞机盘旋时的载荷因数可表示为：

$$n_y = \frac{L}{W} = \frac{L}{L \cos \gamma} = \frac{1}{\cos \gamma}$$

转弯坡度越大，载荷因数越大。

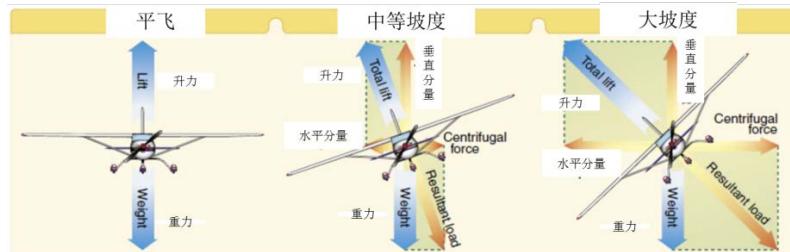


图1 坡度与飞机受力

盘旋时载荷因数大于1，其大小仅取决于坡度大小，坡度越大，过载越大，当坡度为60度时，载荷因数数值为2，若以90度坡度正常盘旋，载荷因数应趋于无穷。

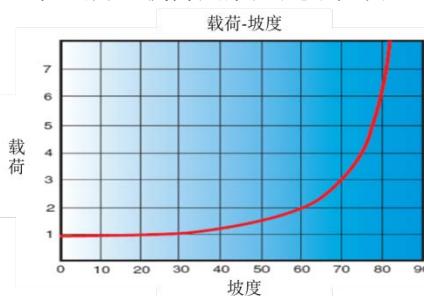


图2 载荷与坡度

二、转弯载荷因数与失速速度的关系

$$v_{\text{盘旋}} = \sqrt{\frac{2W}{\rho c_L S \cos \gamma}} = v_{\text{平飞}} \sqrt{n_y}$$

因载荷因数大于1，转弯失速速度大于平飞失速速度。坡度越大，转弯载荷因数越大，盘旋失速速度越大。

思考题:

为何转弯的失速速度比平飞时的大？

8.4.4 转弯

8.4.4.4 侧滑

备注:

知识掌握程度:

了解内侧滑、外侧滑与杆舵协调控制。

知识要点:

飞机在盘旋状态时应协调杆舵操作，避免飞机纵轴与飞行轨迹存在侧滑角。若飞机的坡度与速度确定，则飞机盘旋的半径应恒定，若飞机在蹬舵量不足将会出现内侧滑，若蹬舵量过多，则会出现外侧滑。应主动根据转弯协调仪小球位置，修正侧滑状态，使机头顺向相对气流方向。

在飞行中，若出现侧滑，转弯协调仪小球不居中，应主动蹬小球所在端方向舵进行修正，使飞机机头顺向相对气流方向。

思考题:

如何避免出现内外侧滑及出现后如何修正？

8.4.5 起飞

备注:

知识掌握程度:

理解影响飞机起飞的因素。

知识要点:

飞机正常起飞的操纵一般可分为起飞滑跑、抬前轮离地与初始爬升三阶段。

油门位置、离地姿态、襟翼位置、起飞重量、机场标高与气温、风向风速、跑道道面情况、跑道坡度等都会影响起飞滑跑距离和起飞距离。

侧风条件下起飞，滑跑与初始爬升应主动修正侧风影响。

思考题:

如何安全起飞？

8.4.6着陆

备注:

知识掌握程度:

理解影响飞机着陆的因素。

知识要点:

飞机正常着陆的操纵一般可分为下降、拉平、接地与着陆滑跑四阶段。

进场速度与高度、接地姿态、襟翼位置、着陆重量、机场标高与气温、风向风速、跑道道面情况、跑道坡度、刹车条件等因素都会影响着陆滑跑距离与着陆距离。

侧风条件下下降，应主动修正侧风的影响。

思考题:

如何安全着陆？

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

8.5.1.1 定距和变距螺旋桨

备注:

知识掌握程度:

理解定距及变距螺旋桨的工作原理;

了解变距的工作原理。

知识要点:

一、定距及变距螺旋桨的工作原理

根据桨叶角 φ 是否可以改变大小,使螺旋桨分为定距螺旋桨和变距螺旋桨。桨叶角 φ 可以改变的螺旋桨称为变距螺旋桨,反之称为定距螺旋桨,桨叶角增大为变高距或变大距;桨叶角减小为变低距或变小距。

1、定距

定距螺旋桨桨距或桨叶安装角是固定的。适合低速的桨叶安装角在高速飞行时就显得过小;同样,适合高速飞行的安装角在低速飞行时又略大。定距螺旋桨,在整个飞行过程中不能改变桨叶角 φ ,在起飞和巡航阶段由于飞行速度和螺旋桨转速不同,效率不同。因此定距螺旋桨只在选定的速度范围内效率较高,在其他状态下效率较低。定距螺旋桨构造简单,重量轻,在功率很小的轻型飞机和超轻型飞机上得到了广泛应用。

2、变距

为了解决定距螺旋桨高、低速性能的矛盾,出现了飞行中可变桨距的螺旋桨。最初螺旋桨设计使用的是双距螺旋桨,高速时用大距,低速(如起飞、爬升状态)时用小距,为适应更多的飞行速度,又逐步增加桨距的数目。现代飞机普遍配备恒速螺旋桨调速器。自动调节桨距并保持恒定转速的装置。飞行员也可通过控制变距杆和油门的方法改变发动机和螺旋桨的转速,一方面调节螺旋桨的拉力,同时亦可使螺旋桨处于最佳工作状态。

二、变距的工作原理

自动变距机构,以调速器为代表;人工变距机构,以变距杆为代表。

自动变距,通过调速器自动调整桨叶角的大小,保持转速恒定不变。即恒速螺旋桨,飞行员不动变距杆,在油门位置不变,飞行速度或飞行高度改变时,调速器能自动调整桨叶角的大小,保持设定的工作螺旋桨转速。

人工变距,通过前推或后拉变距杆,改变桨叶角、桨叶迎角、改变气动力旋转阻力的大小,从而调整转速快慢,如前推变距杆,桨叶角减小,桨叶迎角、气动力旋转阻力也减小,转速增加。而气动力分量旋转阻力的变化,又与速度、高度和温度等因素有关。

思考题:

定距螺旋桨的缺陷有哪些?

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

8.5.1.2 螺旋桨拉力及变距 (1/3)

备注:

知识掌握程度:

- 理解螺旋桨拉力产生的原因;
- 了解速度、油门、高度、温度、密度对拉力大小的影响因素;
- 了解负拉力的产生;
- 了解风车效应。

知识要点:

一、螺旋桨拉力产生的原因

空气动力可分解为两个力: 一个与桨轴平行, 即螺旋桨前进的拉力 P , 方向与飞机运动方向一致; 一个与桨轴垂直, 阻碍螺旋桨旋转运动的旋转阻力 Q , 方向与螺旋桨旋转线速度方向相反。

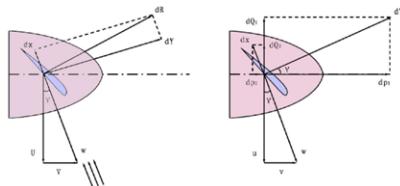


图 1 螺旋桨拉力的产生

二、速度、油门、高度、温度、密度对拉力大小的影响因素

1、螺旋桨拉力随飞行速度的变化

飞行速度增大, 使得相对气流方向越发偏离旋转面, 因此桨叶总空气动力 R 的方向也更加偏离桨轴。螺旋桨拉力随速度增大而减小。

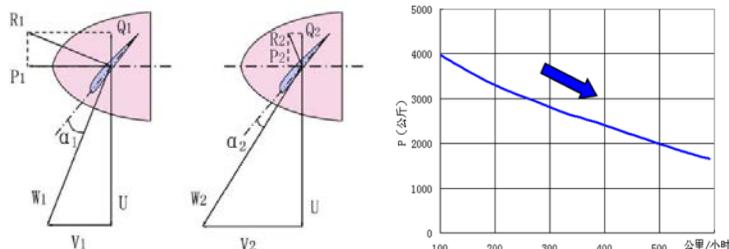


图 2 飞行速度变化对气动力的影响

(转下一页)

思考题:

螺旋桨拉力与飞行速度的关系?

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

8.5.1.2 螺旋桨拉力及变距 (2/3)

备注:

知识掌握程度:

- 理解螺旋桨拉力产生的原因;
- 了解速度、油门、高度、温度、密度对拉力大小的影响因素;
- 了解负拉力的产生;
- 了解风车效应。

知识要点:

(接上一页)

三、速度、油门、高度、温度、密度对拉力大小的影响因素

2、螺旋桨拉力随油门位置的变化

在飞行高度和速度不变的条件下，加大油门，螺旋桨拉力增大。

油门增加，发动机有效功率提高，扭力矩增大，使螺旋桨转速增大。调速器为了保持转速不变，自动增大桨叶角，使桨叶迎角增大。因此桨叶总空气动力R增大。反之，收油门，拉力减小。

3、螺旋桨拉力随温度的变化

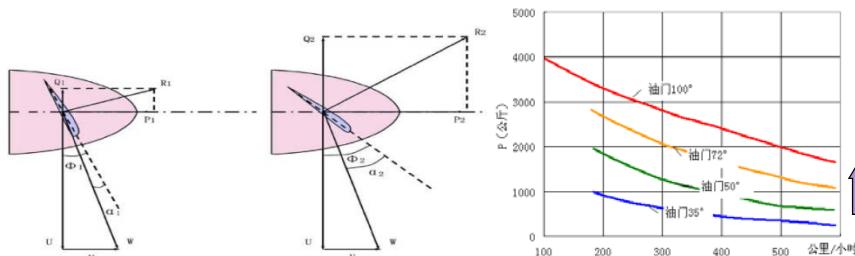


图 1 拉力随油门变化曲线

4、螺旋桨拉力随密度的变化

飞行高度和温度改变，将影响空气密度的大小，使得发动机有效功率发生变化，拉力也发生变化。

高度升高、温度升高，空气密度减小，发动机有效功率减小，螺旋桨拉力也随之减小。反之，温度降低，空气密度增大，发动机有效功率增大，螺旋桨拉力增大。

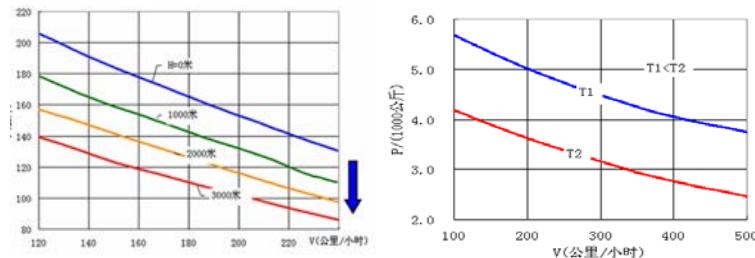


图 2 拉力随高度的变化图 3 拉力随温度的变化曲线

(转下一页)

思考题:

螺旋桨拉力与温度和高度的关系?

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

8.5.1.2 螺旋桨拉力及变距 (3/3)

备注:

知识掌握程度:

- 理解螺旋桨拉力产生的原因;
- 了解速度、油门、高度、温度、密度对拉力大小的影响因素;
- 了解负拉力的产生;
- 了解风车效应。

知识要点:

(接上一页)

四、负拉力的产生

飞行速度过大，产生负拉力。油门较小时，调速器为保持转速不变，会保持小桨叶角，在速度增大时，由于入流角在增大，所以桨叶迎角减小，桨叶总空气动力 R 逐渐向旋转面靠拢。速度增大到一定数值，形成负拉力。

飞行速度不大，油门过小，产生负拉力。油门减小，调速器为保持转速不变，会自动减小桨叶角。但由于入流角短时间内保持不变，桨叶迎角逐渐减小，甚至成为负迎角。

发动机空中停车，产生负拉力。风车状态是发动机故障停车，不但无拉力产生，出现负拉力即飞行阻力，而且在螺旋桨旋转力的作用下，继续沿原旋转方向做圆周运动，加剧故障发动机的磨损，若为多发飞机，风车效应使飞行员不易通过螺旋桨的状态判断故障发动机的位置。

顺桨的目的是将桨叶角增大到 90° 左右，桨叶几乎与飞行速度方向相平行，从而避免发动机的磨损，消除负拉力，减小阻力。•

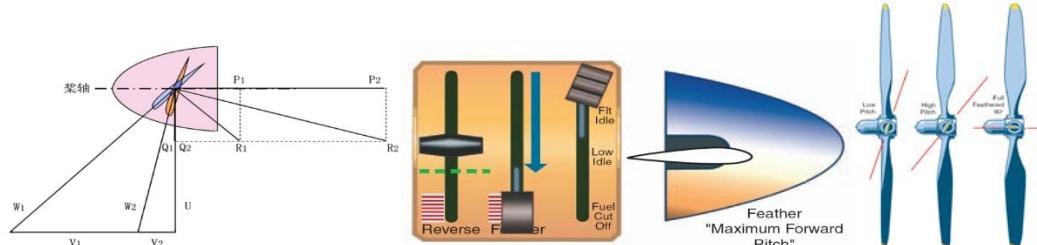


图1 风车效应与顺桨

思考题:

螺旋桨负拉力在什么情况下产生?

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

8.5.1.3 螺旋桨的副作用 (1/4)

备注:

知识掌握程度:

理解反作用力矩、滑流、进动及螺旋桨效应。

知识要点:

1、反作用力矩

螺旋桨在转动中，旋转阻力对桨轴形成的力矩，称为螺旋桨的反作用力矩。这个力矩通过发动机传给飞机，迫使飞机向螺旋桨转动的反方向倾斜。例如，左转螺旋桨飞机，在螺旋桨反作用力矩的作用下，会向右倾斜。

飞行中，对恒速螺旋桨，螺旋桨反作用力矩的大小，正比于发动机功率。功率越大反作用力矩越大。加油门，桨叶空气动力增大，反作用力矩随之增大。减油门，桨叶空气动力减小，反作用力矩随之减小。

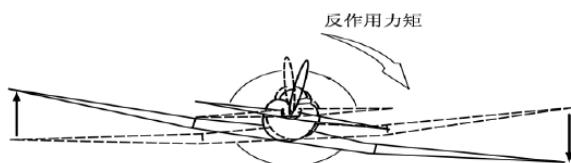


图 1 空中

在地面滑跑时，反作用力矩的作用使左右两侧机轮对地面的压力不均，两轮受到的摩擦阻力不同，使得机头向一侧偏转。例如右旋螺旋桨飞机起飞滑跑中，反作用力矩迫使飞机向左倾斜，左轮对地面压力大，摩擦阻力大，两主轮摩擦阻力之差对重心形成偏转力矩，使飞机向左偏转。为了保持滑跑方向，消除这一偏转力矩，应适当向右压杆修正。

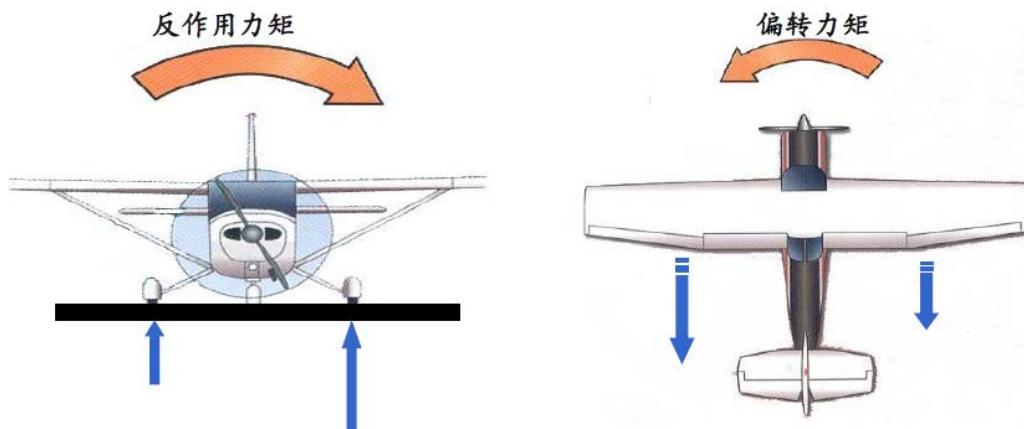


图 2 地面

(转下一页)

思考题:

左转螺旋桨飞机地面滑跑，加油门，判断飞机运动姿态变化？

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

8.5.1.3 螺旋桨的副作用 (2/4)

备注:

知识掌握程度:

理解反作用力矩、滑流、进动及螺旋桨效应。

知识要点:

(接上一页)

2、滑流

受螺旋桨作用，向后加速和扭转的气流叫螺旋桨滑流。对于右转螺旋桨飞机，滑流的影响主要从左方作用于机体和垂直尾翼，使得飞机机头向左侧偏转。螺旋桨滑流扭转作用的强弱主要取决于发动机功率。在速度不变时，发动机功率增大，滑流扭转角和滑流速度同时增大，致使垂直尾翼和机身尾部上向左的侧力增大，使机头右偏的力矩增大。反之，收油门，使机头右偏的力矩减小。在油门位置不变，即发动机功率不变的条件下，当飞行速度增大时，滑流扭转角变小，这抵消了动压增大的影响，使得偏转力矩基本不变。所以，滑流的扭转作用可以近似认为不随飞行速度变化。飞行中，为了消除滑流的影响，对于右转螺旋桨飞机来说，加油门时，需要适当蹬右舵，产生方向操纵力矩，抵消左偏力矩，保持方向平衡；反之，收油门时，应适当回右舵。在油门不动而飞行速度增大时，由于方向操纵力矩增大，需减小蹬舵量以保持方向平衡。反之速度减小时，需加大蹬舵量。

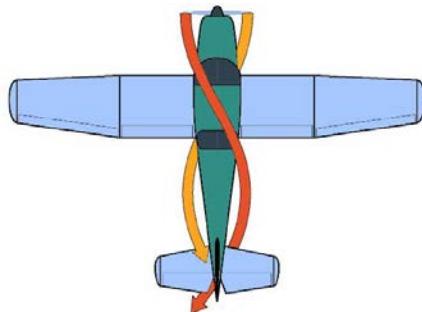


图 1

(转下一页)

思考题:

右转螺旋桨飞机，加油门，判断飞机运动姿态变化？

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

备注:

8.5.1.3 螺旋桨的副作用 (3/4)

知识掌握程度:

理解反作用力矩、滑流、进动及螺旋桨效应。

知识要点:

(接上一页)

3、进动

对于螺旋桨飞机来说,当飞机俯仰转动或偏转时,即改变螺旋桨转轴方向时,会由于螺旋桨的陀螺效应而产生陀螺力矩使机头绕另一个轴转动,叫螺旋桨进动。例如,顺时针旋转螺旋桨,飞行员拉杆使机头上仰时,飞机会向右进动。

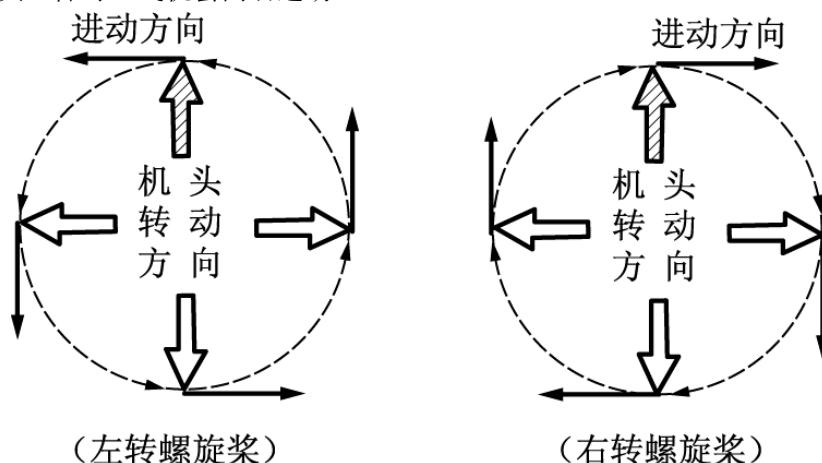


图 1



图 2

(转下一页)

思考题:

操纵飞机右转弯,判断飞机进动方向?

8.5.1 螺旋桨空气动力基础

8.5.1.3 螺旋桨的副作用 (4/4)

备注:

知识掌握程度:

理解反作用力矩、滑流、进动及螺旋桨效应。

知识要点:

(接上一页)

4、螺旋桨效应

当飞机运动速度小，机翼迎角较大时，螺旋桨由于高速旋转的作用，两侧桨叶会出现不对称拉力，因大迎角下，飞机产生下行桨叶与上行桨叶产生气动力不同，下行桨叶的桨叶迎角大于上行桨叶的桨叶迎角，产生不同的拉力，使飞机机头偏向上行桨叶一侧。如顺时针旋转的螺旋桨，由于右侧上行桨叶产生的拉力较大，使飞机机头左偏。

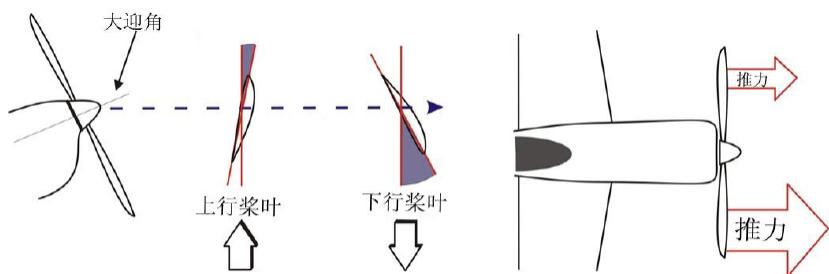


图 1

思考题:

右转螺旋桨飞机，判断飞机螺旋桨效应？

8.5.2 不对称拉力

8.5.2.1 多发飞机一发失效

备注:

知识掌握程度:

理解多发飞机发动机失效不对称推力的力矩效果;

理解一发失效后的偏航与滚转。

知识要点:

多发飞机较单发飞机发动机提供的拉力更大，性能更佳，大多数轻型双发飞机的每个机翼上有一个发动机，而飞机的重心位于机身纵轴。在理想状态下，两台发动机产生相同的拉力，因此用相同的力来拉动飞机。但是如果一台发动机的拉力比另一台大，飞机就会沿立轴转动，机头会偏向拉力较小一侧发动机，同时产生向拉力较小一侧发动机滚转的力矩效果。

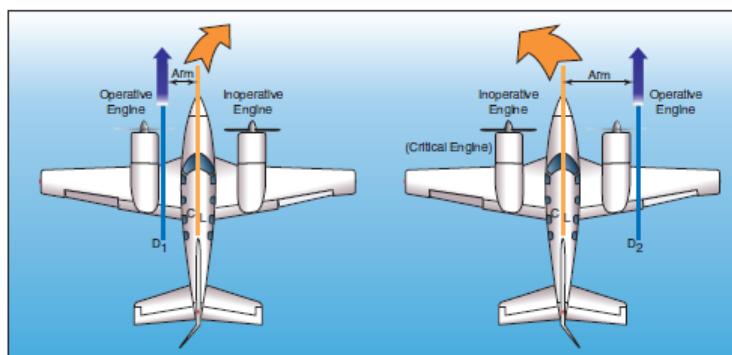


图1 一发失效力矩效果

以双发为例，一发失效将产生最为严重的偏转力矩与滚转力矩，尤其是螺旋桨飞机的风车效应产生负拉力使两翼的拉力差更大。

思考题:

若左发失效，飞机机头偏向哪侧？

8.5.2 不对称拉力

8.5.2.2 关键发动机

备注:

知识掌握程度:

了解关键发动机的概念。

知识要点:

关键发动机是指发动机失效，对飞机的飞行姿态或飞行性能影响最大的那台发动机。

确定关键发动机时通常考虑以下 5 个方面：

- 1、螺旋桨因素
- 2、螺旋桨吹风作用
- 3、滑流效果
- 4、反作用力矩
- 5、螺旋桨旋转方向

思考题:

若左发为关键发，左发失效后，飞机的姿态如何变化？

8.5.2 不对称拉力

8.5.2.3 发动机失效后的操纵

备注:

知识掌握程度:

理解多发飞机一发失效的操纵;

理解一发失效侧滑的修正。

知识要点:

一、多发飞机一发失效的操纵

一发失效，应迅速顺桨失效发动机，减小偏转力矩；向工作发动机一侧压不超过 5 度坡度，并蹬舵，抑制偏转与滚转。

二、一发失效侧滑的修正

若飞机只蹬舵，不产生坡度，会形成向不工作发动机一侧的侧滑。



图1

应主动向工作发动机产生坡度，使升力的水平分量抑制侧滑侧力，但坡度不宜过大，因升力的垂直分量减小，会增大下降率，使飞机的高度降低更多。

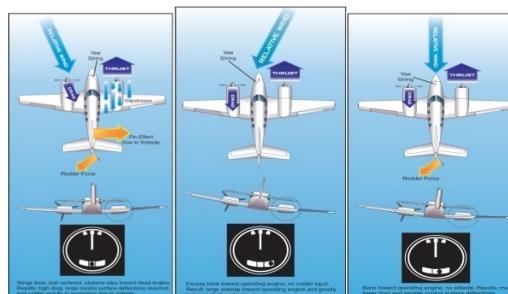


图2

思考题:

一发失效后，向工作发动机产生坡度原因是什么？

8.5.2 不对称拉力

备注:

8.5.2.4 影响最小控制速度的因素

知识掌握程度:

理解最小控制速度;

理解重量、坡度、重心、构型对最小控制速度的影响。

知识要点:

一、最小控制速度

当一发失效，出现不平衡拉力，正常工作发动机向前拉力和失效发动机向后的负拉力产生向不工作方向的偏航。

由于气流流速较小，方向舵产生的气动力减弱，抵消偏航的能力变弱，当速度减小至方向舵工作不足以抵消不平衡发动机偏航时的空速 V_{MC} ，为最小控制速度。该速度是波动的。

二、重量、坡度、重心、构型等对最小控制速度的影响

最小控制速度越小，飞机在一发失效后越易控制。

因素	V_{mc}
功率减小	减小
温度增大	减小
压强减小	减小
密度高度增加	减小
顺桨（抑制风车效应）	减小
重心向前	减小
重量重	减小
襟翼	减小
非关键发	减小
地面效应区外	减小

若起飞阶段，飞机重量较轻，且重心在后限，外界温度低，机场标高小，在地面效应区内，关键发动机失效且风转，此时 V_{MC} 是最大的。

思考题:

重量增大，一发失效的影响变大还是变小？

9.1.1 无线电传播

备注:

知识掌握程度:

了解无线电传播基本原理;
了解无线电传播的方式及特点。

知识要点:

1、无线电波

无线电波是指频率低于 3000GHz 的电磁波，无线电波的传播具有反射、折射、绕射和散射现象。

2、无线电波传播的方式有三种：地波、天波和空间波

(1) 地波

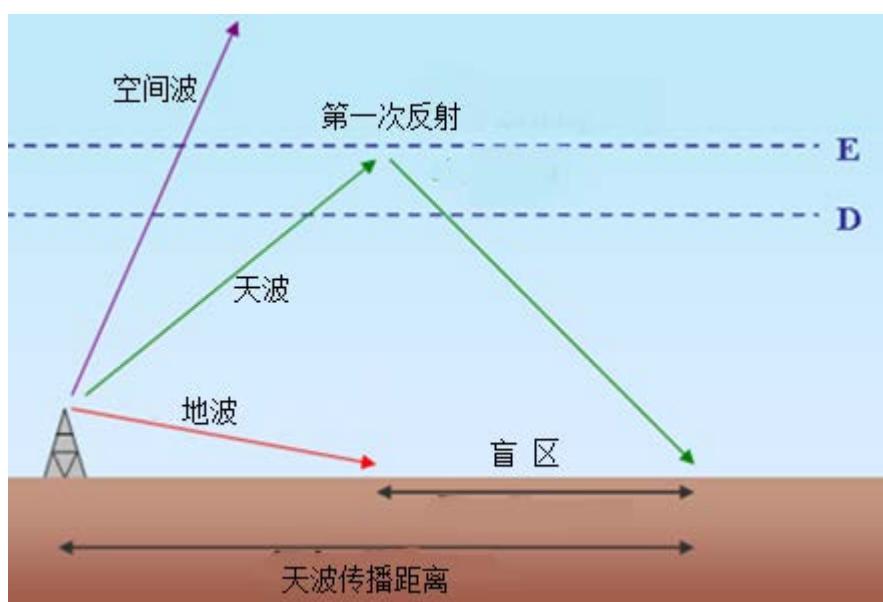
沿地面传播的无线电波叫地波，又叫表面波，例如，NDB导航信号是以地波形式传送。

(2) 天波

依靠电离层的反射来传播的无线电波叫做天波。例如，高频无线电通信是以天波形式传送。

(3) 空间波

从发射点经空间直线传播到接收点的无线电波叫空间波，又叫直射波。例如，VOR/DME导航和卫星通信是以空间波形式传送。



思考题:

天波和空间波有何区别？

9.1.2 无线电频段的划分

备注:

知识掌握程度:

理解无线电波频段的划分依据;
掌握典型无线电设备使用的频段。

知识要点:

频段名称	频段范围	民航上使用该频段的常见设备
低频(LF)	30~300 千赫(KHz)	自动定向机系统
中频(MF)	300~3000 千赫(KHz)	自动定向机系统
高频(HF)	3~30 兆赫(MHz)	高频通信系统
甚高频(VHF)	30~300 兆赫(MHz)	指点标; 甚高频导航系统; 甚高频通信系统
特高频(UHF)	300~3000 兆赫(MHz)	下滑信标; 测距仪; 应答机; 全球卫星定位系统
超高频(SHF)	3~30 吉赫(GHz)	无线电高度表; 气象雷达

思考题:

无线电频段是如何划分的?

9. 2. 1无线电通信系统组成及各部分功能	备注:
知识掌握程度: 了解无线通信系统的组成; 掌握HF/VHF通信系统特点。	
知识要点: <p>常见的无线电通信系统主要包括高频通信系统（HF）、甚高频通信系统（VHF）。</p> <p>1、卫星通信系统 卫星通信系统以空间波的传播形式工作，可以用于远距离通信。</p> <p>2、高频通信系统 典型的高频通信系统由收发机、天线调谐组、天线和控制盒组成。 高频通信系统是一种机载远程通信系统，通信距离可达数千公里，用于在远程飞行时保持与基地间的通信联络。</p> <p>使用HF通信时应注意以下问题： (1) HF通信由于传播距离远，易受到电离层扰动、雷电（静电）、电气设备和其他的辐射引起的各种电气干扰，会产生无线电背景噪声； (2) HF通信的另一种特性是衰落，即接收时强时弱，这是由于多路径信号接收的超程反应，信号强度变化由电离层的长期和瞬时变化造成的； (3) HF通信还存在一个电离层反射垂直入射波的临界频率，高于该临界频率的电波穿过电离层，不会反射回地面。</p> <p>3、甚高频通信系统 机载甚高频通信系统主要由收发组、控制盒和天线三个基本组件组成。 甚高频通信系统主要用于飞机在起飞、着陆期间以及飞机通过管制空域时与地面交通管制人员之间的双向语音通信。 甚高频通信系统的工作频段通常为118. 00–136. 975MHz，波道间隔为25kHz，抗干扰性能较好。由于甚高频信号只能以直达波的形式在视距内传播，所以甚高频通信距离较近，并受飞行高度的影响，但由于对流层对超短波的折射作用，使得实际的传播距离略大于视线距离。</p>	
思考题: HF/VHF 通信系统有什么不同特点？	

9.3.1 呼号的读法

备注:

知识掌握程度:

掌握管制单位和航空器呼号的读法。

知识要点:

1、管制单位的呼号

管制单位的名称由管制单位所在地的名字和后缀组成。后缀表明提供何种服务或单位类型。

管制单位或服务	后缀汉语简呼
区域管制中心	区域
进近管制	进近
进场雷达管制	进场
离场雷达管制	离场
机场管制	塔台
地面活动管制	地面
放行许可发布	放行
飞行情报服务	情报
机坪管制/管理服务	机坪
公司签派	签派

航空器和管制单位初次联系时，应呼航空器和管制单位的全称。在建立双向联系以后的各次通话中，宜简呼地名，管制单位或服务可省略。

管制单位或服务	汉语简呼
北京区域管制中心	北京区域或北京

2、航空器的呼号

(1) 航空器的注册号

注册号字母和数字应按照字母和数字的标准发音逐位读出。在我国注册的航空器注册号字母前缀为“B”，读作 BRAVO。例如， B-1234 读作 BRAVO幺两三四。

(2) 航空器经营人的无线电呼号加航班号

航空公司呼号汉语发音按照中国民航规定的呼号读出。航班号的字母全部按照字母英语标准发音逐位读出，数字应按照数字的汉语、英语标准发音逐位读出。

航空器的呼号	汉语读法
CCA 998A	国航玖玖捌 ALPHA

思考题:

航空器与 ATC 进行第一次无线电联络时，应当首先呼叫什么？

9.3.2 特殊字母的读法

备注:

知识掌握程度:

掌握机场识别代码、全向信标台、无方向信标台、航路点以及航路的读法。

知识要点:

1、机场识别代码的读法

机场识别代码按英文字母逐位读出。

机场识别代码	汉语读法
ZBAA	ZULU BRAVO ALPHA ALPHA

2、全向信标和无方向信标的读法

在汉语读法中，VOR台和NDB台按照航图中的地名读出。英语读法按照字母发音读出该台识别代码。对于VOR和NDB导航台名称相同，不建在一起且距离较远时，应在台名后加NDB或VOR（示例：怀柔VOR和怀柔NDB）。

全向信标台	汉语读法
SIA	西安
VYK	大王庄

3、航路点的读法

如航路点是五个英文字母，则中英文读法相同，按照一个单词的英语发音读出，如航路点是P和数字组成，则汉语按照P加数字读出，英语按照字母和数字的发音读出。

航路点	汉语读法
BUBDA	BUBDA
P23	P两三

4、航路的读法

航路由航路代号和编码组成，分别按照数字和字母的发音读出，航路代号前有U、K、S时，分别按照“UPPER”、“KOPTER”和“SUPERSONIC”读出，表示英文单词UPPER、HELICOPTER、SUPERSONIC。标准进离场航线汉语按导航台名称加有效代号加航路代号加进场或离场读出；英语按照字母和数字的发音，后加“ARRIVAL”、“DEPARTURE”读出。

航路、进离场航线	汉语读法
VYK-01A	大王庄洞幺号进场
NHW-2D	南汇两号离场
G595	G五九五/GOLF五九五

思考题:

J325 航路的汉语读法是什么？

9. 3. 3通话结构

备注:

知识掌握程度:

掌握标准通话结构。

知识要点:

- 1、首次联系时应采用的通话结构为：对方呼号+己方呼号+通话内容。例如：天津塔台，国航玖玖捌ALPHA，请求放行许可。
- 2、首次通话以后的各次通话：
 - (1) 空中交通管制员宜采用下列通话结构：对方呼号+通话内容。例如：国航玖玖捌，下降到二千一。
 - (2) 航空器驾驶员宜采用的通话结构为：对方呼号+己方呼号+通话内容。例如：天津塔台，国航玖玖捌，准备好起飞了。
- 3、空中交通管制员肯定航空器驾驶员复诵的内容时可仅呼对方呼号。当空中交通管制员认为有必要时，可具体肯定。

思考题:

首次通话后，航空器驾驶员应当采用什么样的通话结构？

9.3.4 ATIS

备注:

知识掌握程度:

掌握ATIS相关知识。

知识要点:

自动终端情报服务（Automatic Terminal Information System，简称ATIS或通播）是在繁忙的机场自动连续播放的信息服务，通常在一个单独的无线电频率上进行广播，包括主要的与飞行相关的信息，如天气、可用跑道、气压及高度表拨正值等信息。飞行员通常在和管制员等单位建立联系前收听通播，了解相关情况以减少管制员的工作量及避免频道拥挤。

正常情况下通播每小时更新一次，天气变化迅速时也可随时更新，依次以字母代码 A, B, C... Z 表示，按照ICAO公布的标准字母解释法判读。

通播分为进场通播、离场通播和进离场通播。飞行员在与进离场管制单位建立首次联系时，应该确认已收到通播。

通播的主要内容：

机场名称、通播发布时间及代码（zulu表示世界协调时）、预期进近类别（ILS/目视……）

使用跑道（跑道编号）、重要的跑道道面情况（干燥/潮湿，刹车效应好/中/差）、延迟等待、过渡高度层、地面风向风速（以地磁北极方向为零度，顺时针方向的度数）、能见度、跑道视程（以米或英尺为单位）、现行天气报告（雨/雪/雾……）、大气温度、露点、高度表拨正值（场压及修正海压，以百帕或英寸汞柱为单位。）、趋势型着陆天气预报；其它必要的飞行情报以及自动情报服务的特殊指令。

举例：

XX机场情报通播 K, 0100 世界协调时。着陆使用跑道 36 右盲降进近，主起飞跑道36左。跑道湿，刹车效果差。风向 280度，风速6米每秒，阵风12米每秒。能见度 4000米，小雨，密云，云底高 900米。温度23摄氏度，露点 22摄氏度，场压1002百帕，修正海压1006百帕。滑行道L 关闭。首次与管制员联络时报告您已收到通播K。

此外，还有数字化的航站自动情报服务系统（D-ATIS），用以改进只提供语音服务的ATIS系统，利用合成语音和数据链两种方式将ATIS信息上传给飞机。

思考题:

飞行员通过 ATIS 可以获取哪些信息？

9.4.1 遇险和紧急程序

备注:

知识掌握程度:

掌握遇险和紧急程序。

知识要点:

1、紧急情况是指：与航空器及其他车辆安全或与机上或视线范围之内人员安全相关的一种情况，该情况不需要立刻援助。遇险是指：（正）受到严重及/或直接威胁，需要立刻援助的一种情况。

2、遇险或紧急通话的第一次通话时，以“MAYDAY”开始表示遇险信号；以“PAN PAN”开始表示紧急信号。遇险或紧急信号应讲三次，如“MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY”，或者“PAN PAN, PAN PAN, PAN PAN”。

3、遇险或紧急呼叫通常应在所使用的频率上完成。遇险呼叫通话应在这个频率上保持连续，除非认为转换到另外的频率上能提供更好的帮助。国际航空紧急频率为 121.5MHz 和 243MHz。

4、在遇险或紧急通话业务中，在其后的任何通话开始时，也可使用遇险和紧急信号（MAYDAY 或 PAN PAN）。

5、遇险信号比所有通话具有优先权，紧急信号比遇险信号以外所有通话具有优先权。其他航空器应避免占用通话频率，除非遇险已经解除或已经终止。

6、遇险和紧急情况的信息应在当时所用的频率上发送，其内容的发送宜按照下列顺序：

- (1) 收电电台的名称；
- (2) 航空器的识别标志；
- (3) 紧急情况的性质；
- (4) 航空器驾驶员的意图；
- (5) 现在位置、高度和航向；
- (6) 其他有用的情报。

思考题:

发动机失火该如何呼叫？