

● 飞行技术与空中交通管理系列教材



飞行员航空理论教程(上)

赵廷渝 主编

知
道
PDG



西南交通大学出版社

责任编辑 毛文义

封面设计 朱开文

飞行技术与空中交通管理系列教材

- ◎ 私人飞行员教程
- ◎ 商用飞行员教程
- ◎ 航空仪表
- ◎ 飞行中人的因素
- ◎ 飞机电源智能监控系统
- ◎ 民航飞机电气及通信系统
- ◎ 驾驶舱资源管理
- ◎ 航空电子设备
- ◎ 飞机系统
- ◎ 飞行性能与计划
- ◎ 航空医学
- ◎ 空中领航学
- ◎ 航空气象
- ◎ 航行情报服务
- ◎ 航空燃气涡轮动力装置
- ◎ 机场管制
- ◎ 飞行原理
- ◎ 飞行员航空理论教程（上、下）
- ◎ 航线飞行员航空理论教程（英文版）
- ◎ 通信 导航 监视设施

飞行员航空理论教程

(上册)

《飞行员航空理论教程》编写组编

赵廷渝 主编

杨 虎 主审

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 简 介

本书是中国民航飞行执照培训的主要教材。

全书分上、下册，共十二章，分别介绍了飞机、动力装置、飞行原理及性能、航空仪表、航空电子、空中领航、航空气象、空中交通管制、飞行环境、目视和仪表飞行程序、飞行中人的因素、航空医学、直升机和航空法规等内容。

本教程针对中国民航飞行执照培训编写，也可做为民航工程技术人员和广大航空爱好者的参考书。

序

中国民航要实现从民航大国向民航强国的历史性跨越，需要培养更多更好的飞行员。2003年6月中国民航新的《CCAR61部》（民用航空器驾驶员、飞行教员和地面教员合格审定规则）正式颁布、实施，标志着中国民航飞行执照管理与国际标准接轨。私用驾驶员执照、商用驾驶员执照、航线运输驾驶员执照及仪表等级理论考试陆续实施。编写一部中国民航飞行执照航空理论培训的教材显得越来越迫切，本书的编写正是基于以上要求和宗旨而完成的。

《飞行员航空理论教程》是以新的《CCAR61部》关于私用驾驶员、商用驾驶员及仪表等级对航空理论的要求编写的。本教程编写者来自中国民用航空飞行学院长期从事民航飞行技术专业航空理论教学的各学科骨干教师，具有丰富的教学和实践经验。纵观全书，既采用和吸收了国外同类教材的优点，又结合了我国的实际情况，重点突出了飞行员应掌握的基本理论知识和技能要求。在教材内容的广度和深度上，兼顾知识的系统性、逻辑性，力求结构合理，宽而不深，多而不杂，较好地体现理论与实践相结合的原则。该书语言简练，文字通俗易懂，图例丰富，适于自学，是民航私用飞行执照、商用飞行执照及仪表等级理论培训和考试的主要用书，也可做为民航飞行教员、地面教员和航线运输执照理论考试的参考书。

在向读者介绍本教程的同时，我们衷心地向参加编写的全体编著人员表示感谢，并殷切地期待他们在今后的工作中再接再厉，不断完善，为我国民航事业的发展做出新的贡献。

《飞行员航空理论教程》编委会

2004年3月

《飞行员航空理论教程》

编委会名单

主任委员：郑孝雍 杨虎

副主任委员：李书文 陈布科 张泽龙

委 员：赵廷渝 欧阳霆 李卫东 朱代武 王东光

郝劲松 杨 俊 王永忠 李 宜 罗晓利

何秋钊

秘 书：何秋钊

前 言

本书是中国民航飞行执照培训的主要教材。

本教材依据中国民航《CCAR61部》(民用航空器驾驶员、飞行教员和地面教员合格审定规则)关于私用驾驶员、商用驾驶员及仪表等级对航空理论的要求编写。全书涵盖了飞机、动力装置、飞行原理及性能、航空仪表、航空电子、空中领航、航空气象、空中交通管制、飞行环境、仪表飞行规则及程序、飞行中人的因素、航空医学、直升机和航空法规等内容。本书是民航私用飞行执照、商用飞行执照及仪表等级理论培训和考试的主要用书,也可做为民航飞行教员、地面教员和航线运输执照理论考试的参考书。

在本书编写中,以飞行执照要求的航空理论知识为主线,贯穿必需的知识,注重基本知识、基本技能、基本方法的介绍,突出飞行实际应用。全书在兼顾知识的系统性、逻辑性的同时,力求结构合理,宽而不深,多而不杂,语言简练,文字通俗易懂,图例丰富,适于自学。

本教材编写中吸收了国外同类教材的优点,内容全面、丰富、新颖,实用性强,能满足民航飞行人员取得民航私用飞行执照、商用飞行(附加仪表等级)执照航空知识的要求。

本书的编写集中了中国民用航空飞行学院多年从事飞行技术专业航空理论教学的各学科骨干教师,其中,绪论:赵廷渝;第一章:郝劲松;第二章:杨俊;第三章:阎成鸿、付尧明;第四章:何晓薇;第五章:王永忠;第六章:黄仪方;第七章:张焕、魏光兴;第八章:朱代武;第九章:陈亚青;第十章:罗晓利;第十一章:黄传勇、付尧明、刘渡辉;第十二章:卢智文。全书由赵廷渝主编,民航总局飞行标准司杨虎主审。

限于编者知识理论水平和实践经验,书中不妥之处在所难免,敬请读者指正。

本教程在编写过程中,得到中国民用航空总局飞行标准司,中国民用航空飞行学院飞行技术与航空工程学院、空中交通管理学院、教务处、飞行安全与飞行标准处的大力支持,在此深表谢意。

编 者

2004年3月

于中国民用航空飞行学院

本书用英美制单位与国际单位的换算关系

$$1 \text{ ft}=0.304 8 \text{ m}$$

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

$$1 \text{ mile}=1.609 \text{ km}$$

$$1 \text{ n mile}=1.852 \text{ km}$$

$$1 \text{ kn}^*=1 \text{ n mile/h}=1.852 \text{ km/h}$$

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

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

$$1 \text{ gal (美)}=3.785 \text{ L}=3.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ qt}=1.136 5 \text{ L}$$

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

$$760 \text{ mmHg}=29.92 \text{ inHg}=14.7 \text{ lbf/in}^2 \text{ (psi)}=1 013.25 \text{ hPa}$$

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

$$1 \text{ 马力 (hp)}=745.7 \text{ W}$$

$$1 \text{ [米制]马力}=735.5 \text{ W}$$

* 国标规定为 kn，航空界习惯写为 kt 或 KN。

目 录 (上册)

绪 论

1 人类征服蓝天之路	1
2 民用航空的基本概念和中国民航的现状	4
3 民用航空飞行执照的类型	5

第一章 飞机系统

1 飞机	9
2 飞行操纵系统	15
3 起落架系统	19
4 飞机液压和气压传动系统	25
5 飞机燃油系统	32
6 飞机座舱空调系统	33
7 飞机氧气系统	37
8 飞机防冰排雨系统	38
9 飞机灭火系统	40

第二章 飞行原理与飞行性能

1 国际标准大气 (ISA)	42
2 空气动力学基础	44
3 机动飞行中的空气动力	53
4 飞机的稳定性	61
5 飞行性能	65
6 重量与平衡	78

第三章 航空动力装置

1 概 述	85
2 航空活塞动力装置	87
3 航空涡轮螺旋桨动力装置	133

第四章 飞行仪表及飞机电气系统

1 全静压仪表及系统	142
2 测量飞机姿态的仪表	149
3 测量飞机航向的仪表及系统	155
4 飞机电气系统	160

第五章 航空气象基本理论	
1 大气概述	164
2 航空气象要素	170
3 天气系统	210
4 危害飞行安全的重要天气现象	225
第六章 航空气象资料	
1 常用气象资料	268
2 飞行气象图表	289
3 航空气象电报	296
附 图	315

绪 论

人类自古以来就怀有自由飞行的理想。在三星堆出土文物中，不乏古人对鸟儿空中翱翔的崇尚（图 0-1）；在栩栩如生的敦煌飞天壁画中，充满了人类对自由飞翔的向往（图 0-2）。也许正因为人自己不能飞行，我们的祖先把飞行视为超凡的能力，在生产力水平极其低下的时代，人们只能靠编织诸如“嫦娥奔月”、“列子御风”等美丽的神话和传说来圆自己飞行的梦想。这些引人入胜的传说和神话是几千年人类文明的结晶，包含了人类对飞行最初的梦想，启迪后人对飞行的执着探索和勇敢尝试。几千年来，许多先行者为飞行做出了艰辛的努力和牺牲，人类经历了一条曲折的征服蓝天之路。

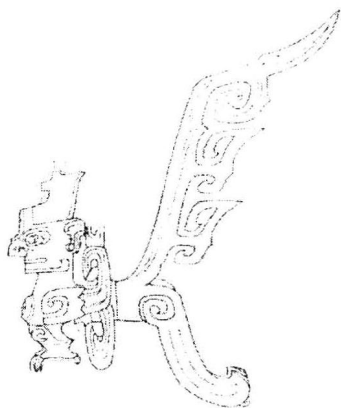


图 0-1 三星堆人首鸟身像



图 0-2 敦煌飞天壁画

1 人类征服蓝天之路

鸟儿有一对灵巧的翅膀，可以扑腾上天。古人认为人之所以不能飞翔，是因为缺少翅膀，因此，只要造出一个合适的翅膀就能像鸟儿一样飞翔了。早在中国西汉和欧洲中世纪，就曾有人用鸟的羽毛制成翅膀，绑在身上尝试像“飞人”一样飞行（图 0-3）。这些“飞人”大都绑上自制的飞翼或翅膀，然后从高处跳下滑翔，他们本想像鸟儿那样拍拍翅膀直冲云霄，但“飞人”都没能如其所愿地飞上天空，结果大都不亡即伤。然而正是由于他们不计牺牲勇敢的实践，才迈出了人类飞行的第一步。



图 0-3 古代“飞人”

13 世纪英国的哲学家罗杰·培根和 15 世纪意大利伟大的画家列奥纳多·达·芬奇试图模仿鸟类飞行相继提出利用“扑翼机”实现飞行，达·芬奇还是第一个运用科学知识对飞行

问题进行研究的人，并曾设计出了降落伞和直升机的雏形。培根和达·芬奇设想的扑翼机是通过上下拍打的人工翅膀飞行的机器。扑翼机最终虽以失败告终，它是从古代飞人向滑翔机和飞机过渡的阶段，是航空史上一大进步。

1709年8月8日，一位叫劳伦索·德·古思芒的牧师在葡萄牙王宫进行了一次热气球升空表演。他的装置是一个盆型小船，上面蒙有粗帆布。古斯芒将酒精和燃料放在船下面点燃，小船摇摇晃晃，终于离开了地面。古斯芒的表演证明了飞行是可以实现的。

1783年11月21日法国人蒙哥尔费兄弟（图0-4）研制的热气球首次进行人类空中载人飞行表演，罗齐埃和达尔朗德乘热气球上升到了900m的高度，最后平安降落在9km以外的巴黎另一侧，共飞行了25分钟。人类终于升上了天空！

蒙哥尔费兄弟的热气球（图0-5）成功载人升空，实现了人类飞行的愿望。然而气球飞行受天气的影响较大，且难以控制。到了19世纪，人们开始尝试在气球上安装“舵”、“帆”及动力装置。此后，一种靠充气产生升力、由发动机推进、可驾驶其向任意方向飞行的飞艇（图0-6）就应运而生了。一时间各种各样的气球和飞艇辉煌一时，如世界上第一艘真正实用的德国的齐伯林飞艇于1900年制造成功，艇长129m，直径11.6m，载重量为8700kg，升限为2500m。然而，随着人们研究的深入和不断发生的飞行事故，航空先驱者们清楚地意识到：这些轻于空气的航空器无论是在安全性、操纵性还是发展前途上都存在着很大的局限性，它们的飞行速度低，受风力影响大，不易操纵和控制，而且对载人来说也不安全。因此，人们的注意力逐渐转向了重于空气的航空器（飞机和滑翔机）的研究上。

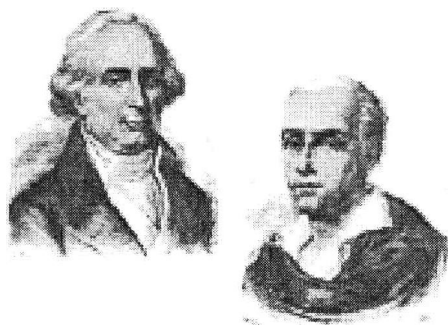


图0-4 蒙哥尔费兄弟

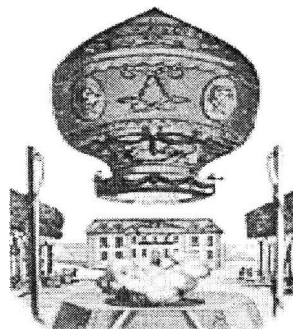


图0-5 蒙哥尔费兄弟的热气球

近年，随着航空科学技术的进步，飞艇又开始得到人们的重视。因为飞艇也有其突出的优点，如垂直起降，留空时间长，可长时间悬停或缓慢行进，噪音小，污染小，经济性好，而且随着飞艇广泛使用了氦气填充，安全性也大大改善。目前，现代飞艇（图0-7）在空中勘测、摄影、广告、救生以及航空运动中得到了广泛的应用。

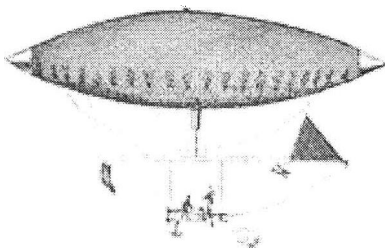


图0-6 飞艇



图0-7 现代飞艇

真正将飞行从勇敢者的冒险引入科学之路的是英国的乔治·凯利（图 0-8）。19 世纪初，乔治·凯利深入研究了鸟的推动力，制造了第一架滑翔机并进行试飞。凯利首次提出，现代飞机不应模仿鸟类振翼而飞，而应采取固定翼飞机 + 推进器的模式。他最早阐明重于空气的航空器的飞行原理，详尽描述了现代飞机的轮廓，为后来的空气动力学奠定了基础，被公认为飞机的创始人，被后人誉为“航空之父”。

德国的工程师奥托·李林塔尔（图 0-9），仔细地分析了鸟翼的形状和结构，于 1889 年提出了飞机机翼也要像鸟翼那样具有弓形截面才能获得更大升力。李林塔尔在 1891—1896 年的六年时间里，亲自进行了 2 000 多次滑翔飞行试验，积累了大量的经验和飞行数据，并献出了自己的生命，为人类动力飞行的成功奠定了重要基础。



图 0-8 乔治·凯利



图 0-9 奥托·李林塔尔

无数先驱者的不懈努力为后人成功奠定了基础，人类离自由飞行的梦想越来越接近了。美国人威尔伯·莱特和奥维尔·莱特兄弟俩（图 0-10）在总结前人经验、教训的基础上，从 1900—1902 年，先后进行了上千次滑翔飞行和风洞试验，于 1903 年设计制造出第一架具有自身动力可进行载人飞行的飞机——“飞行者 1 号”（图 0-11）。飞机的长度为 6.5 m，翼展 12.3 m，整架飞机的质量 280 kg，飞机前进完全靠螺旋桨的推进力，装一台四缸、水冷活塞式发动机，功率仅 12 马力。

1903 年 12 月 17 日，莱特兄弟驾驶的“飞行者 1 号”在空中用 59 s 的时间飞行了 260 m，实现了人类第一次持续的、有动力的、可操纵的飞行，开创了现代航空的新纪元。



图 0-10 莱特兄弟

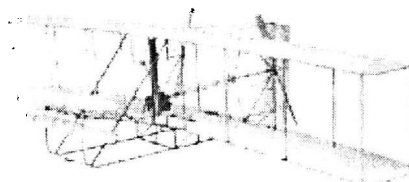


图 0-11 莱特兄弟的“飞行者 1 号”

1909 年我国第一位飞机设计师冯如（图 0-12）制造出飞机并相继试飞成功，被尊称为“中国始创飞行大家”。1913 年 5 月 26 日，俄国人伊戈尔·伊万诺维奇·西科斯基（后加入美国籍）研制出多发飞机并试飞成功。1939 年 9 月 14 日，西科斯基还研制出第一架直升机“VS-300”（图 0-13）并试飞成功。

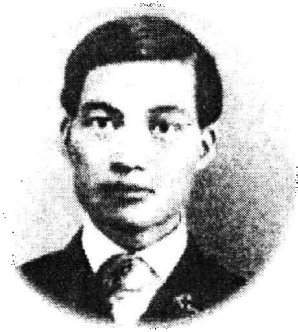


图 0-12 冯如



图 0-13 西科斯基直升机

总之，人类征服蓝天、实现自由飞翔是 20 世纪最令人引以自豪的伟大成就。余百年来，航空科学技术发展迅速，是对人类社会进步影响最大的科学领域之一，不仅对世界的经济发展和技术进步起到了巨大的推动作用，带来世界民用航空业的蓬勃发展，更重要的是深刻改变了人类的生活方式，极大提高了人类的生活质量，缩短了时空概念，加速了人类文明的进程。现在，飞行员驾驶着成千上万各式舒适、安全的民用航空器自由翱翔于蓝天，飞行不再神秘，已逐渐进入寻常百姓的生活。

2 民用航空的基本概念和中国民航的现状

航空器是指能在大气层内进行可控飞行的飞行器。民用航空是指利用各类航空器为国民经济服务的非军事性飞行活动（军事航空包括国防、警察和海关等飞行活动）。民用航空包括商业航空和通用航空。商业航空也称运输航空，是指在国际、国内航线上进行商业性的客货（邮）运输；通用航空是指运输飞行以外的民用航空活动。在我国，特别是改革开放以来，随着国民经济持续高速增长，民用航空运输一直以高于国民经济发展的速度快速增长，民用航空运输业取得了世人瞩目的成就。根据国际民航组织公布的各缔约国航空运输统计表显示，截止到 2002 年，中国内地（不含港、澳、台地区）民航运输总周转量已达到 162 亿吨公里，在国际民航组织中的排名由 1980 年的第 35 位上升到世界第 5 位，仅次于美国、日本、英国和德国，若加上港澳地区的运输量，则排名世界第 2 位；旅客运输量达到 8 425 万人，位居世界第 4；货邮运输量达到 198 万吨。我国已经成为名副其实的世界航空运输大国。

但是中国民航基础还较为薄弱，规模较小，发展不平衡（通用航空发展严重滞后），民用航空运输量占全国交通运输总量不到 1%，远低于发达国家的水平，与航空强国（如美国）差距较大。截止到 2001 年，我国内地民航共有飞机 1 100 架（港、澳、台地区未计入），其中大、重型客货运输机 630 架，通用航空器 470 架，通航机场 139 个，仅有万余名持有飞行执照的飞行员。美国商业航班飞机拥有 7 100 架（占航空器总量的 4%），有约 205 000 架通用航空器（占航空器总量的 96%），美国持有执照的飞行员有 61 万余人，其中持有商用驾驶执照以上的有 26.5 万余人，拥有 19 100 个公共或私人机场（其中固定航班商业航空机场 651 个）。参见表 0-1、表 0-2。

表 0-1 中、美拥有运输航空飞机数量比较
(截止到 2001 年)

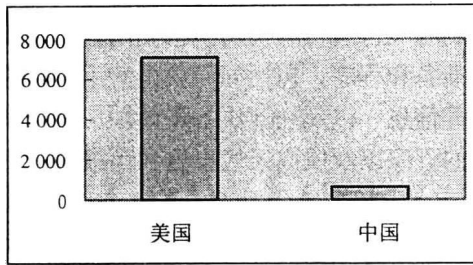
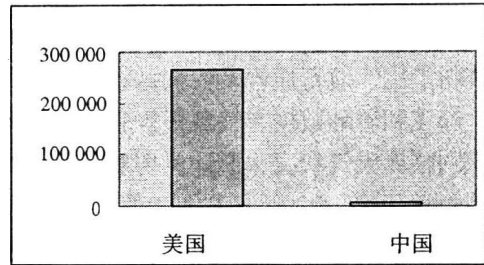


表 0-2 中、美持有商业驾驶执照飞行员数量比较
(截止到 2001 年)



民航是资本密集、高技术密集和最具发展潜力的朝阳产业之一。随着我国国民经济快速持续增长,民用航空运输业将继续高于国民经济发展速度快速增长,民用航空运输量在我国交通运输体系中所占的比例将大幅度提高,发展前景和空间广阔。未来 20 年中国民航将实现从民航大国向民航强国的历史性跨越。预计 20 年间需新增大、重型运输飞机 1 900 架,中国是除美国以外世界最大的航空潜在市场。除定期航班外,我国通用航空市场也蕴藏着巨大的发展潜力。中国与美国、加拿大和巴西国土面积相近,而中国目前的通用飞机机队仅是美国的 1/480、加拿大的 1/60、巴西的 1/6。通过对比可见,我国的通用航空业尚处于起步阶段。

通用航空主要有工业航空、农业航空、航空科研和探险、飞行训练、航空体育运动、公务航空和私人航空等。发展通用航空,可减少城乡差距,平衡地区发展,提高应急反应速度,加强空中勤务能力,加速物流,还可增加许多新的投资就业机会。随着我国国民经济快速持续增长,人们生活水平和生活质量的提高,我国通用航空的发展潜力巨大,将吸引更多爱好者学习飞行、考取飞行执照,同时也为商业运输航空提供广阔的飞行员储备。

3 民用航空飞行执照的类型

根据民航总局新的《CCAR61 部》(民用航空器驾驶员、飞行教员和地面教员合格审定规则)的规定,民航飞行执照申请者必须经过中国民航总局认可的培训单位相应等级的航空理论和飞行实践的培训并通过民航总局的考核合格。具体要求是:

3.1 私用驾驶员执照

3.1.1 资格要求

符合下列条件的申请人,民航局可以为其颁发私用驾驶员执照:年满 17 周岁;有良好的道德品质;能正确读、听、说、写汉语,无影响双向无线电对话的口音和口吃(申请人因某种原因不能满足部分要求的,民航局应当在其执照上签注必要的运行限制);具有初中或者初中以上文化程度;持有民航局颁发的现行有效 II 级或者 I 级体检合格证;完成了要求的相应航空器等级的航空知识训练并通过了理论考试;完成了要求的相应航空器等级的飞行技能训练,满足申请航空器等级的飞行经历要求;通过了要求的飞行技能的实践考试。

3.1.2 航空知识要求

申请人必须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者自学课程：与私人驾驶员权利、限制和飞行运行有关的中国民用航空规章；航行资料汇编、航行通告及咨询材料的使用；飞行前准备和程序，包括如何获得所用机场跑道长度、起飞和着陆数据、气象报告和预报、燃油要求等信息，以及如何作备降计划；气象学，包括识别临界天气状况，避让风切变，获得气象资料的程序以及航空天气报告和预报的使用；空气动力学基础和飞行原理，航空器动力装置、各系统的基本工作原理；领航，包括航图和磁罗盘的使用，地标和推测领航，目视飞行规则（VFR）飞行，航行设施的使用及机载领航设备的操作；相应航空器安全有效的运行，包括在飞行活动高密度机场的飞行、防撞、避免尾流颠簸以及无线电通信程序，夜间和高空运行；重量和平衡，包括重量和平衡的计算以及对飞行特性的影响；飞行性能，包括性能图表的使用以及超过性能限制的后果；航空决断和判断；航空医学知识；对于飞机、初级飞机和滑翔机类别等级，还要求失速识别、螺旋进入与改出技术。

3.1.3 私人驾驶员执照持有人的权利和限制

私人驾驶员执照持有人可以在不以取酬为目的的非经营性运行的相应航空器上担任机长或者副驾驶；私人驾驶员执照持有人不得在以取酬为目的的经营性运行的航空器上担任机长或副驾驶，也不得为获取酬金而在航空器上担任飞行机组的必需成员。

3.2 商用驾驶员执照

3.2.1 资格要求

符合下列条件的申请人，民航局可以为其颁发商用驾驶员执照：年满 18 周岁；有良好的道德品质；能正确读、听、说、写汉语，无影响双向无线电对话的口音和口吃（申请人因某种原因不能满足部分要求的，民航局应当在其执照上签注必要的运行限制）；具有高中或者高中以上文化程度；持有民航局颁发的有效 I 级体检合格证；完成了要求的相应航空器等级的航空知识训练并通过了航空知识的理论考试；完成了要求的相应航空器等级的飞行技能训练，满足适用于所申请航空器等级的飞行经历要求；通过了要求的飞行技能实践考试；至少持有私人驾驶员执照。

3.2.2 航空知识要求

申请人必须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：与商用驾驶员权利、限制和飞行运行有关的中国民用航空规章；航行资料汇编、航行通告及咨询材料的使用；飞行前准备和程序；气象学，包括大气团和锋面的特性、天气预报的要素，识别临界天气状况以及航空天气报告和预报的获得程序和运用；空气动力学基础和适用于相应航空器的飞行原理、动力装置和各系统的原理及功能；领航，包括航图、磁罗盘及机载领航设备的操作和航行设施的使用，地标领航与推测领航，使用无线电导航设备做目视飞行规则（VFR）、仪表飞行规则（IFR）航行和仪表飞行规则（IFR）进近；航空器安全和高效的运行，空域系统内运行的规则和程序，包括飞行计划和适合于目视

飞行规则（VFR）飞行的程序，防撞、空中交通管制和无线电通信程序，夜间及高空运行；重量和平衡，包括重量和平衡的计算以及对飞行特性的影响；飞行性能，包括性能图表的使用以及超过性能限制的后果；适合于相应航空器机动飞行的操作程序和应急操作；航空医学知识；载运货物的程序，包括载运危险物品（直升机还应包括外挂货物）；航空决断和判断。

3.2.3 商用驾驶员的权利和限制

商用驾驶员执照（飞机或直升机）持有人具有下列权利：行使相应的私人驾驶员执照持有人的所有权利；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CCAR-121FS 运行和相应运行规章要求机长必须具有航线运输驾驶员执照的运行中担任机长；为获取酬金而担任机长或副驾驶。

对商用驾驶员执照持有人的限制是：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，民航局将在其执照上签注“禁止在飞机转场飞行中为获取酬金而载运旅客”；初级飞机商用驾驶员执照持有人不得从事公共航空运输运行。

3.3 仪表等级要求

3.3.1 资格要求

在驾驶员执照上增加仪表等级，申请人必须符合下列规定：必须至少持有现行私人驾驶员执照，该执照应当带有适用于所申请仪表等级的飞机或者直升机等级；完成了所申请仪表等级的航空知识方面的地面训练；完成了所申请仪表等级的飞行技能方面的飞行训练，满足飞行经历的要求；必须通过要求的相关航空知识的理论考试；必须通过要求的相关飞行技能的实践考试。

3.3.2 航空知识

仪表等级理论考试的申请人，必须已接受授权教员提供的地面训练，内容包括：中国民用航空规章中有关仪表飞行规则（IFR）运行的规定、空中交通管制系统与程序、有关的航行资料和通告；适用于仪表飞行规则（IFR）运行的无线电领航，使用甚高频全向信标（VOR）、自动定向仪（ADF）和仪表着陆系统（ILS）等无线电导航设备进行仪表飞行规则（IFR）航行和进近，仪表飞行规则（IFR）航图和仪表进近图的使用；航空气象报告和预报的获得与使用，以及根据这些信息和对天气情况的观测，预测天气趋势的要点，危险天气的识别和风切变的避让；在仪表气象条件下，安全有效地操作航空器；机组资源管理，包括机组通信、协调和判断与决断的作出。

3.4 航线运输驾驶员执照

3.4.1 资格要求

符合下列条件的申请人，民航局可以为其颁发航线运输驾驶员执照：年满 21 周岁；有