

动力装置



航线运输 飞行员理论培训教材

动力装置

总 主 编：沈泽江 孙 慧

本 册 主 编：付尧明

本册副主编：赖安卿

大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS

© 沈泽江 孙 慧 2017

图书在版编目(CIP)数据

动力装置 / 付尧明主编. — 大连 : 大连海事大学出版社, 2017.6

航线运输飞行员理论培训教材 / 沈泽江, 孙慧总主编

ISBN 978-7-5632-3497-4

I. ①动… II. ①付… III. ①航空发动机—技术培训—教材 IV. ①V23

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第148195号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail:cbs@dmupress.com

大连海大印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2017年7月第1版

2017年7月第1次印刷

幅面尺寸:210 mm × 285 mm

印张:15.75

字数:435千

出版人:徐华东

策 划:徐华东 孟 冀 王尚楠

执行编辑:董洪英 张 华 王 琴

责任编辑:董洪英

责任校对:宋彩霞

封面设计:解瑶瑶

版式设计:孟 冀 解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3497-4

定价:110.00元

编委会

航线运输飞行员理论培训教材

编审委员会

- 主 任 沈泽江
- 副 主 任 万向东 胡振江 孙 慧
- 主任委员 蒋怀宇 关立欣 盛 彪
魏雄志 韩光祖 张 磊

《动力装置》

翻 译 付尧明 赖安卿 李世林 左渝钰
编 写 付尧明 赖安卿 李世林 左渝钰
审 校 孙 慧 韩光祖 张 磊

序

中国民航飞行员协会与美国杰普逊公司北京代表处以及大连海事大学出版社合作,编译出版了中国航线运输飞行员理论培训教材,共15本。本系列教材包括飞行原理、航空气象、人的因素、运行程序等与航线飞行有关的各个方面,并配有大量清晰的多为彩色的插图和表格。这是一套针对航线飞行员编写的十分有益的理论学习教材。中国民航飞行员协会盛彪副理事长邀我作序,我欣然接受。

作为一名已经退休的老飞行员,看到中国民航的机队快速发展,一批又一批新飞行员健康、快速地成长,我发自内心地感到十分欣慰。

回顾自己的飞行经历以及近几年国际运输航空几次大的空难事故,我深感理论学习在航线飞行员成长过程中的必要性与重要性。这套教材的面世,可谓是恰逢其时。

我们这一代飞行员,在机型理论学习上的经历可谓“冰火两重天”。20世纪60年代开始学习飞行时,正值“文化大革命”,“火烧蓝皮书”风行一时,我甚至是一天理论都没有学就上飞机开始训练了。“文革”后期已经当了几年飞行教员的我,仅去广汉校部补了三个月的理论课。20世纪70年代末,改装“伊尔14”时我是在广汉校部学的理论,历时三个月。20世纪80年代初改装“三叉戟”时我去北京管理教导队学习理论,又是历时三个多月,经历了五次考试,几乎能够背下来飞机所有的油路、电路等。1985年去波音公司改装波音737,第一次接触幻灯片教学,很新鲜,理论学习的时间也不长,约三周时间,也不考试,就是做了一些选择题而已,当时感觉西方的改装机型理论学习比较实用。后来又有了“柏拉图”(应该是CBT教学的前身),1996年改装波音777时已全部是CBT教学。现在已发展到在网上CBT,自学70余个课时即可。现在回过头来看,两种不同的理论学习方法、考试方法虽然是各有千秋,但西方的理论学习是建立在学员之前有较深厚的基础知识功底,之后又

能认真阅读相关手册、资料之上的。而我们在这之前、之后两个阶段都有不小差距,我们的教育方式基础是学生听老师讲,学生记笔记,不太善于自学。不少飞行员在改装结束之后,尤其是当了机长,仅有的理论书、手册也都“刀枪入库,马放南山”了。选择题形式的考试,使学员的理论知识连不成系统,有点支离破碎。我们这方面的教材也很缺乏,尤其是针对大型喷气运输飞机的。飞行干部、飞行员都飞得十分繁忙,无暇参加理论知识的学习。各类手册不少,真正反复阅读并真正读懂的飞行员并不多。法航447航班的事态调查报告中有这样一段话:“仅凭失速警告和抖动想让飞行员意识到失速是很难的,这就要求飞行员之前有足够的失速经验,仅对情景、飞机知识(飞机的各种保护模式)以及飞行特性有最基本的认识是远远不够的。但航空公司飞行员当前培训情况的检查结果表明,飞行员并没有掌握保持这种技能。”波音的飞行机组训练手册中指出:“基础的空气动力知识是最重要的,以及对飞机各系统的综合认识下的飞机操纵特点,是处理飞机特殊情况的关键。”

1989年7月19日,阿尔·海恩机长处理DC-10飞机故障的成功案例,以及近年发生的OZ214、QZ8501、EK521事故,从正反两方面证明了理论知识学习的重要性。希望飞行员们认真查看上面的事故和事故调查报告。

希望这套书的面世,能为飞行员们提供自学的途径。飞行是飞行员一生的职业,保证航空安全不仅是为自己和家人负责,更是为机上那么多乘客负责。保证航空安全是我们的最高职责。

我翻译的萨利机长的《将飞机迫降在哈德逊河上》一书中的第19章,有这样一段话,我想把它作为序的结尾:

“在过去的42年中,我飞过成千上万个航班,但我在其中一次的表现却决定了人们如何对我整个飞行生涯做出评价。这一点告诉我:我们必须尽力每时、每次、每件事都要做对,还要努力做到最好,因为我们不知道生命中的哪一个瞬间会决定对我们一生的评价。机遇总是留给那些有准备的人。”

杨元元
2017年6月



航空气象

- 大气环境
- 风
- 热力学
- 云和雾
- 降水
- 气团与锋面
- 气压系统
- 气候学
- 危险天气下的飞行
- 气象信息



通用导航

- 导航基础
- 磁场
- 罗盘
- 航图
- 推测导航
- 空中导航
- 惯性导航系统 (INS)



无线电导航

- 无线电设备
- 区域导航系统
- 无线电传播基础理论
- 雷达的基本原理
- 自主导航系统和外部导航系统



飞机结构与系统

- 机身
- 窗户
- 机翼
- 安定面
- 起落架系统
- 飞行操纵系统
- 液压系统
- 气源系统
- 空调系统
- 增压系统
- 除冰/防冰系统
- 燃油系统



动力装置

- 活塞发动机
- 喷气发动机
- 螺旋桨
- 辅助动力装置 (APU)



航空电气

- 直流电
- 交流电
- 蓄电池
- 磁学
- 交流/直流发电机
- 半导体
- 电路



航空仪表

- 飞行仪表
- 自动飞行控制系统
- 警告与记录设备
- 动力装置和系统监控设备



飞行原理

- 定理与定义
- 机翼气流
- 飞机气流
- 升力
- 阻力
- 地面效应
- 失速
- 增升装置
- 大气边界层
- 高速飞行
- 稳定性
- 飞行控制
- 不利气象飞行条件
- 螺旋桨
- 运行限制
- 飞行力学



飞机性能

- 单发飞机——非JAR/FAR 25认证（B类性能）
- 多发飞机——非JAR/FAR 25认证（B类性能）
- JAR/FAR 25认证飞机（A类性能）



飞机重量与平衡

- 重量平衡基本原理
- 重量术语
- 配载包线
- 地板承重
- 舱单使用
- 重量平衡的影响
- 重量限制
- 重心定位
- 舱单识读



飞行计划

- 国际飞行计划
- ICAO ATC飞行计划
- IFR（航线）飞行计划
- 杰普逊航路手册
- 气象信息
- 等时点
- 返航点



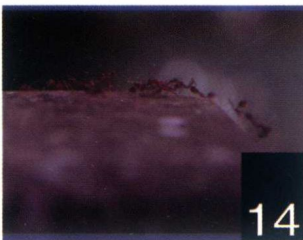
航空法规

- 国际民航公约和组织
- 飞行人员执照
- 航空器登记和标志
- 航空器适航性
- 搜寻和救援
- 航空安全保卫
- 航空器事故调查
- 简化手续
- 空中规则
- 空中交通服务
- 仪表飞行程序
- 航空情报服务
- 监视服务
- 空中交通服务空域
- 现场及目视助航设施
- 高度表拨正程序



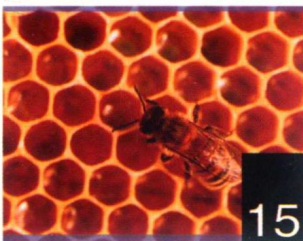
人的因素

- 人的因素
- 航空生理和健康维护
- 航空心理学
- 机组资源管理



运行程序

- 航空承运人和运行合格审定
- 机组管理
- 机场运行最低标准和低能见运行
- 跨洋和极地运行
- 飞机的要求和飞行运作
- 签派和飞行放行
- 危险天气和特殊运行的操作程序



通信

- 定义
- 一般操作程序
- 有关气象信息
- 通信失效
- 甚高频 (VHF) 通信
- 遇险与紧急程序
- 机场管制
- 进近管制
- 区域管制
- 通信频率分配

目录

第一章

活塞发动机——工作和构造

绪论	1
奥托循环	1
低效能曲轴角度	3
压力体积图	4
进、排气门定时	4
功率	6
气缸排列方式	7
发动机效率	8
燃油消耗率(Specific Fuel Consumption, SFC)	9
压缩比	9
发动机主要部件	9

第二章

活塞发动机——汽化

航空燃油	16
混合比	17
油气比和余气系数	19
排气温度	20
火焰速度	20
航空活塞发动机不正常工作现象	20

第三章

活塞发动机——汽化器

概论	25
浮子式汽化器	25
汽化器和进气道结冰	33
汽化器进气道加热	34
进气系统积冰对发动机性能的影响	35

第四章

活塞发动机的润滑和冷却

概述	36
滑油类型	36
滑油等级	36
润滑系统	37
发动机散热	42
液冷系统和气冷系统的比较	44

第五章

点火系统

概述	45
磁电机的工作	45
起动辅助系统	46
起飞前检查	48

第六章

发动机操作

引言	50
螺旋桨检查	51
发动机起动	51
改变功率	52
功率设置	53
仪表	53

第七章

活塞发动机性能

概述	56
高度对性能的影响	56
影响发动机性能的其他因素	58

第八章

活塞发动机燃油喷射

燃油喷射系统	60
--------------	----

直接喷射式燃油喷射系统	61
-------------------	----

第九章

活塞发动机增压系统

概述	67
增压器	68
机械增压器	68
涡轮增压器	71

第十章

螺旋桨

概述	78
螺旋桨效率	78
定距螺旋桨	78
变距(恒速)螺旋桨	81

第十一章

燃气涡轮发动机工作原理

引言	96
牛顿运动定律	96
伯努利定律	97
燃气涡轮发动机工作循环	98
推力	100
功率	100
效率	101

第十二章

燃气涡轮发动机分类

涡轮喷气发动机	103
高涵道比涡扇发动机	103
涡桨发动机	105
涡轴发动机	107

第十三章

进气道

引言	108
亚音速进气道	108
超音速进气道	110
工作中存在的问题	113
进气道防冰	113

第十四章

燃气涡轮发动机压气机

引言	117
轴流式压气机	121
防喘	128
积污、损伤的影响	132

第十五章

燃气涡轮发动机燃烧室

引言	133
燃烧过程	133
燃烧室的类型	135
燃油喷嘴	138
燃烧室熄火	142
排气污染	143

第十六章

燃气涡轮发动机——涡轮

引言	144
涡轮工作原理	146
材料和应力	152

第十七章

燃气涡轮发动机喷管

排气系统	156
------------	-----

第十八章

燃气涡轮发动机反推系统

引言	161
操作问题	162
反推系统	162
操作与指示	166

第十九章

燃气涡轮发动机内部空气系统

引言	167
冷却	167
封严	168
附件冷却	170
发动机过热(涡轮过热)	171

第二十章

燃气涡轮发动机齿轮箱与润滑系统

附件齿轮箱	172
润滑油	175
滑油系统部件	178

第二十一章

燃气涡轮发动机燃油系统

燃油	184
典型燃油系统	184
燃油控制系统	192

第二十二章

燃气涡轮发动机起动与点火系统

引言	194
起动燃气涡轮发动机	194
发动机起动故障	203

第二十三章

电子式发动机控制

引言204
全权数字式发动机控制204
发动机控制限幅器(放大器)206

第二十四章

燃气涡轮发动机性能

静推力207
飞行中的发动机推力207
推力和轴功率207
飞行速度、温度和高度对推力的影响208
发动机压力比(EPR)210
发动机推力级别211
平台功率211
发动机引气213
发动机增推力214

第二十五章

发动机操纵及监控

推力简介217
发动机推力/功率控制218
发动机监控219

第二十六章

辅助动力装置和冲压空气涡轮

辅助动力装置226
冲压空气涡轮(RAT)231
警告系统232

后记 233

第一章

活塞发动机——工作和构造

绪论

航空活塞发动机是一种内燃机,其工作原理依据 1876 年由 Dr. Otto 发明的奥托循环。活塞发动机将以石油燃料形式存储的化学能通过热能转化为机械动能,所以活塞发动机属于热力发动机的一种。空气在燃料中燃烧,温度升高的时候,其体积和压力发生变化,易于实现能量转换,所以活塞发动机以空气为工作介质。

活塞发动机工作循环由活塞的四个冲程组成:进气冲程、压缩冲程、做功冲程和排气冲程。这一工作循环称为四冲程或者奥托循环。工作循环具有间歇性的特点,每个工作冲程都有其独特的特性,区别于其他冲程。在每次循环中,活塞在一个叫作气缸筒的管道中作往复运动。曲轴将往复直线运动转化为旋转运动。在一个四冲程循环中,曲轴旋转两周,转过 720° 。

为了理解发动机工作,下面列出了需要掌握的一些基本的专业术语。

- 上止点(Top Dead Centre, TDC) 活塞位于气缸最顶端时,活塞的位置。
- 下止点(Bottom Dead Centre, BDC) 活塞位于气缸最底端时,活塞的位置。
- 冲程(Stroke) 上止点和下止点之间的距离。
- 气缸工作容积(Swept Volume) 上止点和下止点间的气缸容积。
- 燃烧室容积(Clearance Volume) 活塞在上止点时,气缸顶部和活塞顶之间的容积。

奥托循环

进气冲程

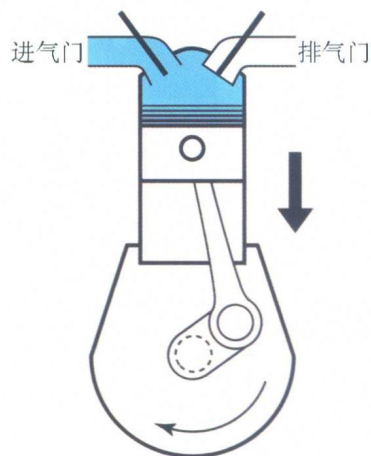


图 1-1 进气冲程

当活塞位于上止点时,进气阀门打开,循环开始。随着活塞向下运动,气缸头和活塞顶间的体积逐渐增大,空气压力降低,低于外界大气环境压力(形成抽吸作用)。大气压力作用在进气口,强迫空气进入进气管。然后,在汽化器中,燃油按照一定比例和空气混合,形成油气混合气。最后油气混合气通过打开的进气门进入到气缸中。

压缩冲程

当活塞位于下止点时,进气阀门关闭,活塞开始向上运动直到上止点,进气门和排气门都处于关闭位置。气缸内容积减小,油气混合气的压力和温度升高。在压缩冲程的末期,活塞快要到达上止点的时候,两个电嘴点火点燃油气混合气。

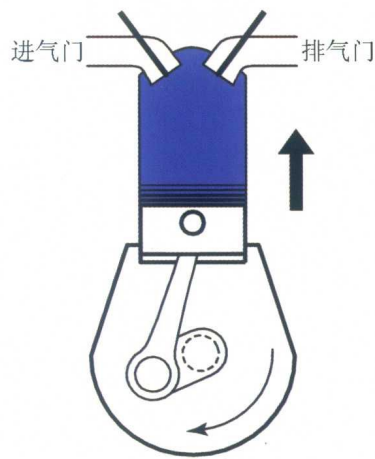


图 1-2 压缩冲程

做功冲程

混合气燃烧膨胀,引起内部压力的急剧上升,压力作用在活塞上,强迫活塞向下止点运动。气缸内容积增加,燃气压力和温度降低。

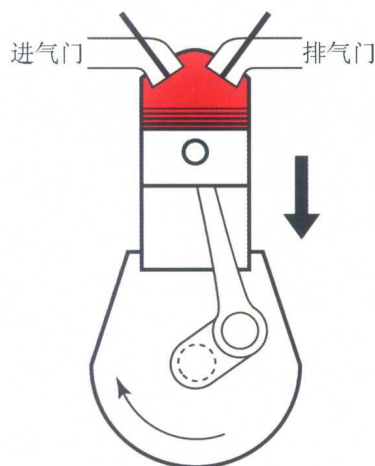


图 1-3 做功冲程