

航空仪表



总主编：沈泽江 孙 慧
本册主编：徐亚军

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

航线运输飞行员理论培训教材

航空仪表

总 主 编：沈泽江 孙 慧

本 册 主 编：徐亚军

本册副主编：梁 科

© 沈泽江 孙 慧 2017

图书在版编目(CIP)数据

航空仪表 / 徐亚军主编. — 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 978-7-5632-3503-2

I. ①航… II. ①徐… III. ①航空仪表 — 技术培训 —
教材 IV. ①V241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 148183 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 8 月第 1 版

2017 年 8 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 210 mm × 285 mm

印张: 23.75

字数: 661 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: 杨 森

责任校对: 张鑫睿

封面设计: 解瑶瑶

版式设计: 孟 冀 解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3503-2

定价: 165.00 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

《航空仪表》

翻 译 徐亚军 梁 科 刘佳嘉
编 写 徐亚军 梁 科 刘佳嘉 张华忠
审 校 孙 慧 韩光祖 张 磊

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



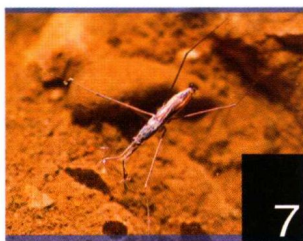
动力装置

- 活塞发动机
- 喷气发动机
- 螺旋桨
- 辅助动力装置 (APU)



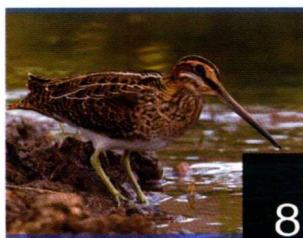
航空电气

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



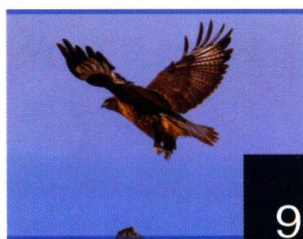
航空仪表

- 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

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · 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 | <ul style="list-style-type: none"> · 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 |
|---|---|



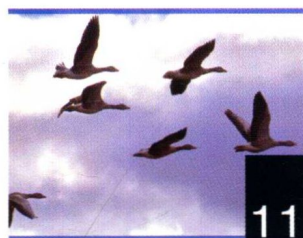
飞机性能

- 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

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · 重量平衡基本原理 · 重量术语 · 配载包线 · 地板承重 · 舱单使用 | <ul style="list-style-type: none"> · 重量平衡的影响 · 重量限制 · 重心定位 · 舱单识读 |
|--|---|



飞行计划

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · 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 | <ul style="list-style-type: none"> · 气象信息 · 等时点 · 返航点 |
|--|--|



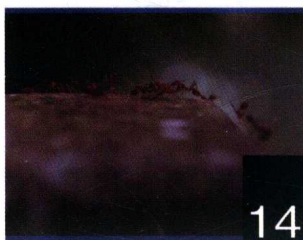
航空法规

- 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



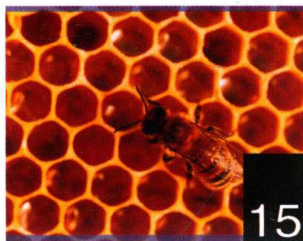
人的因素

- 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

中国民航关于仪表和设备的相关规定	1
------------------------	---

第一章

大气温度的测量

引言	3
直读式温度计	5
电气式温度计	5
静温传感器	6
总温探头	7
中国民航关于温度表的相关规定	8

第二章

全静压系统

引言	9
皮托管	9
静压源	10
组合型全静压管	12
操作的问题	12
全静压系统误差	12
中国民航关于全静压系统的相关规定	13

第三章

气压式高度表

引言	14
简易高度表	15
灵敏高度表	17
高度表的显示	17
设计误差	20
校准引起的误差	20
堵塞和泄漏	22
伺服高度表	22

中国民航关于气压式高度表的相关规定.....25

第四章
垂直速度表

引言.....26

工作原理.....26

垂直速度表的工作.....27

垂直速度表的误差.....27

垂直速度表的故障.....27

瞬时垂直速度表(IVSI).....28

中国民航关于垂直速度表的相关规定.....29

第五章
空速表

引言.....30

空速表的原理.....30

简易空速表的工作.....30

灵敏空速表和伺服空速表.....30

空速表的校准.....31

空速表的色码.....31

空速表的误差.....32

空速表的故障.....34

由修正空速计算真空速(300 kt 以内).....35

中国民航关于空速表的相关规定.....36

第六章
马赫数表

引言.....37

临界马赫数.....37

工作原理.....38

马赫数表的结构与工作.....40

校准.....41

误差.....41

堵塞和泄漏.....42

精度.....42

适用性检查.....42

中国民航关于马赫数表的相关规定.....42

第七章
马赫空速表

引言.....43

显示.....43

第八章
中央大气数据计算机

引言.....45

中央大气数据计算机.....45

压力转换.....46

数字式大气数据计算机.....48

第九章
基础磁学

引言.....49

磁场特性.....49

磁性的基本规律.....51

磁力线的特性.....52

磁性材料.....53

电磁铁.....55

磁矩.....56

悬挂磁铁的摆动周期.....57

第十章
地磁学

引言.....58

磁倾角.....59

地球的总磁力.....61

磁差.....61

第十一章
飞机磁场

引言.....63

飞机磁场的类型.....63

罗差系数的确定.....	67
联合适航条例(JAR)的限定	69
罗盘的校正.....	70
罗差的补偿装置.....	72

第十二章

直读式磁罗盘

引言.....	75
直读式磁罗盘的性质.....	75
“E”形罗盘	76
飞行前检查.....	77
摆的工作原理	78
加速度误差.....	78
转弯误差.....	81
中国民航关于磁罗盘的相关规定.....	83

第十三章

远读式罗盘

引言.....	84
远读式罗盘的结构.....	84
感应式磁传感器组件.....	87
远读式罗盘系统的使用.....	88
陀螺元件.....	90
航向指示器.....	91
工作方式.....	92
同步指示器.....	92
人工同步.....	93
远读式罗盘在转弯时的工作原理.....	93
远读式陀螺磁罗盘的优点	94
远读式陀螺磁罗盘的缺点	94

第十四章

陀螺的工作原理

引言.....	95
结构原理.....	96
陀螺的特性.....	96
陀螺的种类.....	98

陀螺的动力源	100
陀螺的运动	102

第十五章

方位指示器

引言	106
方位指示器的基本描述	106
方位陀螺的工作原理	107
气动方位指示器的误差	109
方位指示器的使用	109
方位指示器的进一步应用	109
中国民航关于方位陀螺的相关规定	110

第十六章

陀螺地平仪

引言	111
气动(经典)陀螺地平仪	113
电动陀螺地平仪	116
远读式垂直陀螺	119
备用姿态指示器	119
中国民航关于地平仪的相关规定	120

第十七章

转弯平衡指示器

引言	121
转弯仪	121
平衡指示器	124
电动转弯平衡指示器	125
转弯平衡指示器的典型显示	125

第十八章

转弯侧滑仪

引言	127
工作原理	127
中国民航关于转弯仪和侧滑仪的相关规定	128

第十九章

惯性导航系统

引言	129
加速度计的原理和结构	129
性能	131
陀螺稳定平台的工作	131
科里奥利效应	136
向心加速度	136
方位偏离系统	137
舒勒调谐稳定平台	137
误差	139
惯性导航系统的优缺点	140
方式选择面板	141
控制显示组件	142

第二十章

惯性基准系统

引言	144
捷联系统描述	144
固态陀螺	145
环形激光陀螺的优缺点	146
惯性基准系统的校准	146
性能	147
惯性基准系统的控制、显示和输出	147
典型惯性基准系统的简介	148
惯性基准系统的切换开关	150
惯性基准系统的校准	150
飞行中的校准丢失	150
中国民航关于惯性导航系统与惯性基准系统的相关规定	151

第二十一章

无线电高度表

引言	152
无线电高度表系统	152
无线电高度表的工作原理	154
无线电高度表的性能和精度	155

无线电高度表的误差.....	155
无线电高度表的优点.....	156

第二十二章

电子飞行仪表系统

引言.....	157
EFIS 的组成.....	157
EFIS 控制板.....	160
EFIS 的显示信息.....	162
EFIS/IRS 接口.....	172
显示基准开关.....	173
EHSI 上的符号.....	173
EFIS 显示器之间的转换.....	177
中国民航关于 EFIS 的有关规定.....	177

第二十三章

飞行管理系统

引言.....	178
飞行管理计算机系统.....	179
指令显示组件.....	180
操纵面板.....	181
CDU 和 FMC 术语.....	183
飞行管理计算机存储器.....	186
FMS 的一般操作.....	187
飞行前.....	187
航路上.....	189
水平导航.....	189
垂直导航.....	189
运行注释.....	190
燃油监控.....	191
飞行操纵和管理总结.....	191
中国民航关于 FMS 的有关规定.....	192

第二十四章

飞行指引系统

引言.....	193
飞行指引仪的结构.....	193

飞行指引仪的控制输入.....	194
飞行指引计算机.....	196
方式控制组件	196
飞行指引指示器.....	196
飞行指引仪的操作方式.....	198
方式通告牌.....	203
姿态指引指示器的操作.....	203
水平状态指示器(HSI)上的飞行指引指令.....	205

第二十五章

自动飞行控制系统

引言.....	207
AFCS 的分类.....	208
控制通道.....	209
姿态测量.....	215
自动飞行控制系统计算机(信号处理器).....	216
伺服马达作动器.....	216
自动驾驶仪术语.....	218
交叉耦合.....	219
ILS 耦合	219
VOR 耦合	220
稳定性问题.....	221
偏航阻尼器	221
马赫配平系统	222
自动俯仰配平控制	223
互锁.....	225
同步.....	225
紧急脱开.....	226
中国民航关于自动驾驶仪的有关规定	226

第二十六章

自动着陆系统

引言.....	227
自动着陆系统的基本要求	227
自动着陆系统术语	227
自动着陆系统所需设备.....	228
自动进近、拉平和着陆.....	229
最低天气条件	230