

无线电导航



航线运输 飞行员理论培训教材

无线电导航

总 主 编：沈泽江 孙 慧

本 册 主 编：陈明强

本册副主编：张 焕

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

无线电导航 / 陈明强主编. — 大连 : 大连海事大学出版社, 2017.10
航线运输飞行员理论培训教材 / 沈泽江, 孙慧总主编

ISBN 978-7-5632-3526-1

I. ①无… II. ①陈… III. ①无线电导航 — 技术培训 — 教材 IV. ①TN96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 199619 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 10 月第 1 版

2017 年 10 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 210 mm × 285 mm

印张: 21

字数: 583 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: 张宏声

责任校对: 董洪英

封面设计: 解瑶瑶

版式设计: 孟 冀 解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3526-1

定价: 145.00 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

《无线电导航》

翻 译 陈明强 张 焕 魏光兴 张光明
编 写 陈明强 张 焕
审 校 孙 慧 韩光祖 卫 东 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航班事故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



1

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



2

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)



3

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



4

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



5

动力装置

- 活塞发动机
- 喷气发动机
- 螺旋桨
- 辅助动力装置 (APU)



6

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



7

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



8

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



9

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）



10

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



11

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



12

航空法规

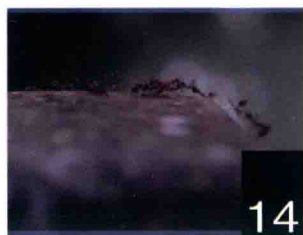
- 国际民航公约和组织
- 飞行人员执照
- 航空器登记和标志
- 航空器适航性
- 搜寻和救援
- 航空安全保卫
- 航空器事故调查
- 简化手续
- 空中规则
- 空中交通服务
- 仪表飞程序
- 航空情报服务
- 监视服务
- 空中交通服务空域
- 现场及目视助航设施
- 高度表拨正程序



13

人的因素

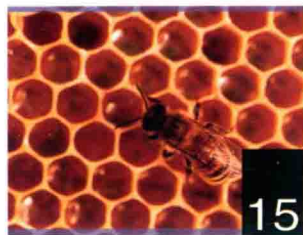
- 人的因素
- 航空生理和健康维护
- 航空心理学
- 机组资源管理



14

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



15

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

无线电基础理论

波动理论	1
概述	1
电磁波	2
无线电波的性质	2
折射、衍射和反射	2
频率、波长和速度之间的关系	2
相位差	4
无线电频谱	5
波的传播	6
表面波	7
天波	9
空间波	10
天线	12
全向天线	13
天线馈线	14
天线的方向性	14
调制	16
键控	16
调幅(AM)	17
调频(FM)	18
脉冲调制(PM)	19
发射的分类	20

第二章

甚高频定向台(VDF)

概述	21
工作原理	21
频率范围	21
服务	21
操作	22

精度和误差	22
选址	22
接收方位	23
位置点	23
VDF 进近	23

第三章

无方向性信标台(NDB)和自动定向仪(ADF)

概述	25
无方向性信标台	25
频率范围	26
NDB 类型	26
传播范围	26
飞机机载装置	26
天线	26
ADF 接收机	28
指示器	29
精度	32
系统误差	32
直射波的限制	32
天波的限制	32
夜间效应	33
象限误差	33
倾斜(坡度)误差	34
海岸效应(折射)	34
多径信号	35
噪声	35
同步传输	36

第四章

NDB 导航

概述	37
无线电位置线(LOP)	37
无线电位置线的概念	37
无线电方位的变化规律	38
使用 RBI 来确定位置线(LOP)	39
使用 RMI 来确定位置线(LOP)	40

归航(被动向台飞行)	41
航迹法(主动向台飞行)	42
切入预定航线	42
向台飞行	42
背台飞行	45
侧方台飞行	48
单台定位(使用 ADF 指示器判断单台定位)	50
NDB 进近	51
等待程序	51
反向程序	55

第五章

甚高频全向信标系统(VOR)

概述	64
工作原理	64
频率	64
极化	65
普通 VOR	65
基准相位信号	65
可变相位信号	65
方位测量	65
飞机设备	69
监控	70
地形	70
指定工作区	70
锥形盲区	70
精度	71
航路导航	71
测试 VOR	72
多普勒 VOR	72

第六章

VOR 导航

概述	74
无线电磁指示器(RMI)	74
全向指示器	75
OBS(全方位选择器)(OBS 旋钮)	75

向/背台指示器75

偏航指示器(航道偏离杆)76

警告旗76

全向指示器的使用(OBI的使用)76

水平状态指示器(HSI)78

VOR 导航79

 确定位置79

 跟踪从当前位置归航的方位79

 背台或向台切入 VOR 径向线80

 飞行的程序80

 向台飞行80

 背台飞行82

 通过 VOR 台时机的判断83

 侧方台飞行84

 单台定位(使用 CDI 判断)86

 双台定位86

VOR 进近87

 等待程序87

 反向程序88

第七章

测距机(DME)

概述94

工作原理94

 频率95

 频率分配95

 设备95

 询问机95

 应答机96

 询问机模式96

 台的饱和度96

 信号丢失97

 信标位置97

 识别97

 指示97

DME 导航99

 范围和精度100

 故障显示100

DME 配合 VOR 飞行100

向/背 VOR/DME 台飞行	100
侧方 VOR/DME 台飞行	101
沿 DME 弧飞行	101
进入 DME 弧	101
DME 弧飞行	102
DME 配合实施进近	104
VOR/DME 进近程序	104
ILS/DME 进近程序	108

第八章

仪表着陆系统 (ILS)

概述	113
工作原理	113
频率	114
航向台	114
下滑台	114
调制深度差异	114
识别码	114
航向台	114
航向台覆盖范围	115
航向台反航道	116
下滑台	117
下滑台覆盖范围	117
下降率	118
进近通过高	118
指点标	119
频率	119
机载设备	119
ILS 精确性	120
ILS 类别	120
关键区域	121
敏感区域	121
弯曲、波动和噪声	121
错误波束	122
降水的影响	123
监控	123
调频信号发射	123
ILS 指示	123
警告	123

常规指示	123
全方位指示器	124
水平状态指示器	124
电子飞行仪表系统	125
ILS 性能分类	125
保护区和监控	126
ILS 的使用	126
ILS 识别	126
沿航向道飞行	126
沿下滑道飞行	127
没有下滑台的 ILS 飞行	127
ILS 进近方法	128
切入航向道方法	128
切入下滑道方法	128
下滑轨迹的控制	128
航向道的控制	128
下滑道的控制	128
复飞点确认及正确决断	129
下滑台不工作或接收不到下滑信号的进近方法	129
ILS 反航道进近	129
ILS 进近实施	130

第九章

微波着陆系统(MLS)

概述	135
工作原理	135
频率	135
地面设备	136
方位覆盖区域	136
仰角覆盖区域	137
精密 DME	137
背方位测量装置	138
信号传输格式	138
时间参考扫描波束	139
机载设备	139
精度	140

第十章

雷达原理

基本雷达理论	141
原理	141
雷达单元组成	142
主时钟(时基)	142
调制器	142
发射机(磁控管)	142
TR(收发)开关	143
天线	143
接收机	144
指示器	144
雷达作用距离	145
雷达性能	147
大气条件	147
天气	147
目标尺寸、形状和视角	147

第十一章

地面雷达

概述	148
远程监视雷达	148
一次雷达(PSR)	148
二次雷达(SSR)	149
终端监视雷达	149
机场监视(进近)雷达	149
监视雷达的作用距离、精确度和局限	150
监视雷达程序	150
航路	150
进近	150
精密进近雷达(PAR)	150
方位角	151
仰角	152
PAR程序	152
机场场面活动指示器(ASMI)	153
气象雷达	153

第十二章
二次监视雷达(SSR)

概述154

工作原理154

脉冲间距155

旁瓣抑制155

操作157

SPI 码(IDENT)158

应答机编码158

 陈述和解释159

 局限性159

 异步串扰159

 同步串扰160

S 模式160

 S 模式运行160

ATC 服务161

第十三章
机载气象雷达

概述162

工作原理162

机载气象雷达天线162

控制面板163

 电源旋钮和时基距离量程旋钮163

 功能旋钮164

 气象功能(WEA)164

 轮廓功能(CON)165

 地图功能(MAP)166

 手动功能(MAN)166

 对比度166

 手动增益166

 倾斜角控制器166

 彩色显示器167

 云高探测168

 阴影169

 测试169