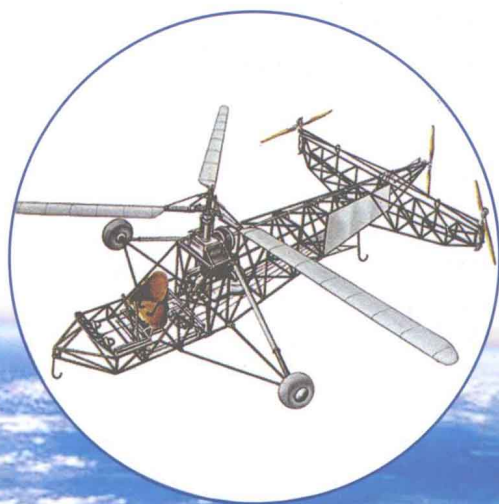




[美] John F. Welch Lewis Bjork Linda Bjork

Van Sickle's Modern Airmanship 现代飞行技术

熊峻江 郑力铭 肖应超 等译



国防工业出版社

National Defense Industry Press

Van Sickle's Modern Airmanship

现代飞行技术

(美) John F. Welch Lewis Bjork Linda Bjork

熊峻江 郑力铭 肖应超 等译

国防工业出版社

· 北京 ·

著作权合同登记 图字:军-2003-013号

图书在版编目(CIP)数据

现代飞行技术 / (美) 韦尔奇(Welch, J. F.) 等编著;
熊峻江等译. —北京:国防工业出版社, 2011. 9

ISBN 978-7-118-06351-6

I. ①现... II. ①韦... ②熊... III. ①飞行术
IV. ①V323

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 161215 号

John F. Welch Lewis Bjork Linda Bjork

Van Sickle's Modern Airmanship

ISBN 978-0-070-69633-4

Copyright © 1999 by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights Reserved

在 McGraw-Hill Education (Asia) Co. 的授权下,原作品的简体中文版由国防工业出版社在中华人民共和国境内独家出版发行。版权所有,侵权必究。

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 34 1/4 字数 839 千字

2011 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 72.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

《现代飞行技术》编译委员会

译 者	熊峻江	郑力铭	肖应超	王振亚
	谢昱飞	李应兵	马 强	詹长录
	任 剡	罗汉生	邱 恺	刘 琚
	罗寿红	韦志棉	王宏伟	周 春
	陆 静			
主 审	张 力			

前言

“驾驭活力四射的飞机，穿过飘渺的空中楼阁，
我追逐着狂风呼啸前行。
爬升，爬升，超越漫长而热烈燃烧的蓝色天际，
伴着柔风优雅吹拂，那是云雀乃至雄鹰未曾翱翔过的高度。”
“远翔”

——约翰·吉勒斯拜·玛吉二世

自古以来，人类就有了追逐飞翔的梦想，但在历史的记忆中，飞行器的出现仿佛就在昨天，过去的 100 年间，人类见证了飞行技术从最初的蹒跚起步直至星际探索的整个历程。

航空技术的产生并不是孤立的，而是随着各技术领域取得巨大进步后应运而生的，例如，在爱迪生发明电灯前，人们使用蒸馏工艺获取照明用的煤油，汽油则由于会产生不稳定和易爆的蒸汽，被认为是危险的副产品而被废弃。但是，随着四冲程循环内燃发动机的发明，汽油的高度不稳定性却使之成为理想燃料，随之而来的就是高效汽化器和高电压火花点火系统等发明的诞生。

这些发明为汽车工业的辉煌奠定了基础。汽油很快取代煤油，变成了石油冶炼的首要产品。奥维尔·莱特和威尔伯·莱特两兄弟设计制造的第一架有动力飞行器就采用这样一台汽油发动机，有趣的是，这台发动机没有油门控制装置，而是一直开放运行的。

仅从这个例子就可以看出，所有领域的技术进步都相互依赖、相互促进，人类所取得的每一个实质性进展都会在一定程度上激发人类创造出 100 年前不曾想象的工具和成就。这一过程正在继续并以指数速率加快，它见证了计算机和通信技术的迅猛发展。30 年前，计算尺还是工程专业学生的主要工具，现在人们通过互联网与世界相连。

玛吉二世的诗表露出的愉悦之情已被无数的飞行员所分享，那是纯粹的飞行乐趣，那就是看到只有从空中才能观赏到的平常事物的独特之美，并展示给他人，甚至能将相爱但相距遥远的人们更紧密地连接在一起，或仅仅在竞技飞行中，在空中完成一套“盘旋、翱翔和旋转”后的一阵喜悦，然后，就是完成一套干净利落的演习动作、或到达一个检查点或准确着陆于 ETA 上的目的地后的满足；此外，还有巨大的成就感，这种成就感可能是因为一次不错的进场、一次平稳的着陆、一次拯救了一条生命的夜间飞行、或是一次陷入严重困境的飞行员得到了帮助并安全着陆的经历。最好的飞行员都是运用自己飞行器的艺术家，他们将技巧和动作完美融合，从而实现激动人心又称心的飞行表演。

当然，飞行也有不尽人意的时候，在经历了一夜的疲倦之后，被取消托运或货运的飞行员就会开始祈求能干点别的更好的事；在酷冽的天气里准备飞机或着陆，都算不上是激动人心的事情，而灾难又时有发生，但是，这些的不快都是冒险与进步的一部分。

由于航空可缩短距离、跨越天然屏障,并使世界变得更小,因此,它的主要作用体现在运送人员和物资、节省时间和挽救生命上。没有谁的生活不会受其影响——空中喷洒农药有助提高农作物产量;就像我们每天都会用到的其他很多空运产品一样,最重要的信件要通过航空来投递;空中救护车可以将病人在短短几分钟内就送达专门的医院进行治疗(千钧一发之际),或者给进退两难的事故受害者送去关键的医疗救助;空中的士、空中运货业务、公务机和各大航空公司在每一时刻、任何天气下都提供着非常重要的运输服务;那些个人拥有飞机者运送着自己、家人和朋友。尤其值得一提的是,联合航运已经给商业带来了实惠。

资金的不断投入促进了国际间旅游的繁荣,在这些旅游者中,选择轮船作为交通工具的已是相对少数。下面这个例子说明了这一可能性,从加利福尼亚的洛杉矶出发到澳大利亚的悉尼去旅游,坐船需要7周时间,而乘坐现代化的飞机则可以使整个旅程在几小时内完成。地球上仅剩的真正偏僻的地方已越来越少,而那些地方中的多数都严重依赖空中联系,加拿大南部和阿拉斯加有不少居民区就是如此,他们与“外界”的联系差不多完全依赖于飞机,经由地面的则很少或根本没有。

公众对航空的热情绝不缺乏,在美国,航展的热度仅次于棒球业,数百万人被吸引到大型航展盛会。1997年仲夏季节,在威斯康星的奥西科什举办的为期一周的试验性协会(EAA)大会,参加者估计达到了840000人,其中还包括2500名国外人士,大约有11500架飞机参展,其中绝大多数是私人飞机,有不少还是个人制造。第一次看到像在奥西科什或者巴黎和范堡罗举行的航展盛会,会令新手目瞪口呆——这些东西是如此之巨大!在这种盛会上会展出和销售各种各样与航空有关的商品,有些厂商也会借盛展之机向航空界的朋友和世界军用市场推销他们的新产品。

除了用于私人和公共交通外,飞机还从根本上改变了战争的方式,掌握制空权可以牢牢地保证地面战斗人员的胜利。在初始阶段,民用航空刺激了军用飞机的发展,但随着飞机变得越来越复杂和超乎想象的昂贵,军用技术最终取代了民用技术的地位,而现代军用飞机也已成为地球上最先进最令人瞩目的一种飞行机器,生产此类装备可谓是政府工程承包人最大的成就,而此类投资完全可以带动整座城市的发展。

很多飞行器制造商都经历过兴衰,但近些年,一个显著的趋势却在不断增强:一些曾经赫赫一时的名字已经从飞机制造公司的名册里消失了,它们成了大宗金融合并交易的牺牲品;历史悠久而基础雄厚的公司在快速合并和接管中易主——波音公司现在拥有麦克唐纳-道格拉斯公司历史上著名的生产线,其他一些公司也是如此。比奇公司被雷声公司所吞并,尽管在最初的交易中,前者的最大股东也变成了后者的最大股东。

在20世纪80年代及90年代初期,轻型飞机的年产量急剧下降,从1979年的17000多架跌到了90年代的每年不到1000架,造成这一情况的因素不少,但有两点是至关重要的:其一是飞行器制造商的债务迅速增加,这往往需要通过大幅提高飞行器价格来解决,而高昂的价格使很多潜在的购买者望而却步;另一个因素是其他价格也逐步攀升(不只是燃料和保险费用),从而大大增加了运营和租赁费用,哪怕是最经济的飞机也是如此。当学习飞行的费用达到以前的三倍,而政府不再依据“GI法案”对高级飞行等级进行资助,学员也就急剧减少,教练机的需求也因此一落千丈。

然而,谨慎的乐观依然存在。对制造商的债务进行限制以免其永久化的新法律,鼓励他们在有限范围内继续轻型飞机的制造,但造价自1980年以来已经涨到了原来的两倍多。在加拿

大和欧洲,一些新型教练机正在取得适航证。比奇(现在的雷声)、穆尼、塞斯纳和纽派普公司正在生产少量的新型飞机,其价格已高达过去飞机的 10 倍,像 Luscombe 这样的老式收藏品现在又开始流行。新飞机同样处在争取适航证的阶段或者在其他一些国家(如加拿大和法国)已经取得了适航证,而这些国家的适航认证过程也为美国所承认。

随着取得适航证飞机产量的减少,家庭制造型/试验性飞机的市场开始繁荣,目前这一市场上有 500 多种成套出售或计划制造的飞机,它们不像大制造商那样受各种债务法规的制约,因此便宜很多。试验性飞机的价格从旧汽车的价格到成百上千美元不等,相应的性能也从自行车速度至超声速不等。尽管没有得到用于商业用途的适航证,但这些飞行器仍然具有很多实际用途,而且为航空界的公众提供了颇具吸引力而成本低廉的替代品。

目 录

第1章 航空器与航空	1	2.3.3 翼型特性	35
1.1 航空器的种类	1	2.3.4 升力与阻力	35
1.2 轻于空气的航空器	1	2.3.5 有限翼展机翼特性	35
1.3 滑翔机	2	2.3.6 机身特性	36
1.4 旋翼机	2	2.3.7 翼—身组合体	37
1.5 飞机	3	2.4 升力与阻力的关系式	37
1.5.1 运输机	3	2.4.1 俯仰力矩	38
1.5.2 军用飞机	5	2.5 性能	39
1.5.3 通用航空飞机	11	2.5.1 推力需求	39
1.5.4 航空运动飞机	16	2.5.2 需用功率	39
1.5.5 自制飞机	17	2.5.3 可用功率与剩余功率	40
1.5.6 超轻型飞机	19	2.6 亚声速稳定性与操纵	40
第2章 空气动力学的基础知识		2.6.1 基本原理	41
与飞行理论	20	2.6.2 飞机的飞行特性	41
2.1 空气动力学入门	22	2.6.3 纵向静稳定性与配平	42
2.1.1 翼型	22	2.6.4 侧向静稳定性	44
2.2 亚声速空气动力学	23	2.6.5 动力对操纵的影响	45
2.2.1 连续性	23	2.6.6 纵向动态特性	45
2.2.2 伯努利定律	23	2.6.7 侧向动态特性	46
2.2.3 流体流动产生的力	24	2.6.8 操纵面的功用	47
2.2.4 环流	24	2.6.9 常用操纵面	48
2.2.5 翼型上的力	25	2.6.10 增升装置	48
2.2.6 附面层	26	2.6.11 鸭式翼与前半翼	49
2.2.7 有限翼展机翼的升力与阻力	28	2.6.12 T形尾翼飞机	50
2.2.8 尾流紊流	29	2.6.13 自动操纵	50
2.2.9 展弦比	30	2.6.14 电传操纵系统	51
2.2.10 地面效应	31	2.7 超声速稳定性与操纵	51
2.2.11 整架飞机的阻力	31	2.7.1 结构对性能和稳定性的限制	51
2.2.12 抖振与颤振	31	2.7.2 空气动力加热	52
2.3 超声速空气动力学	32	2.7.3 噪声与声爆	52
2.3.1 超声速气流特性	32	2.8 计算空气动力学	53
2.3.2 超声速波的类型	33	2.9 现状和发展趋势	53

2.10 空气动力学与飞行	55	4.2 活塞式发动机	91
第3章 飞机与航天飞行器结构	56	4.2.1 活塞式发动机的变化	92
3.1 载荷	56	4.2.2 汽化	93
3.1.1 空气动力载荷	56	4.2.3 功率输出	96
3.1.2 动态载荷	56	4.2.4 增压器	97
3.1.3 过载	57	4.2.5 功率调节	98
3.1.4 地面载荷	58	4.2.6 功率指示	99
3.1.5 其他载荷	59	4.2.7 性能曲线	99
3.1.6 应力	59	4.2.8 发动机冷却	100
3.2 机翼	60	4.2.9 发动机的类型	102
3.2.1 结构类型	61	4.2.10 设计特点	103
3.2.2 设计特点	61	4.2.11 发动机构造	103
3.2.3 机翼蒙皮	61	4.3 涡轮发动机	104
3.2.4 机翼构架	62	4.3.1 工作原理	104
3.2.5 翼梁	62	4.3.2 主要部件	105
3.2.6 翼肋	64	4.3.3 涡轮风扇	109
3.2.7 加强肋	65	4.3.4 性能	109
3.2.8 连接或固定用的辅助结构措施	65	4.3.5 燃料消耗	112
3.2.9 发展趋势	66	4.3.6 加力	112
3.3 机身	66	4.3.7 涡轮喷气发动机的控制	112
3.3.1 发展趋势	68	4.3.8 涡轮喷气与涡轮风扇 发动机的操纵	113
3.4 起落架	68	4.3.9 涡轮喷气与涡轮风扇 发动机的安装	115
3.4.1 减震(油液减震)支柱	70	4.3.10 成为更好的邻居	116
3.4.2 收起系统	71	4.4 涡轮螺旋桨发动机	116
3.5 尾翼	72	4.4.1 工作原理	117
3.6 操纵面与系统	72	4.4.2 发动机的类型与安装	119
3.6.1 操纵系统	73	4.4.3 涡轮发动机须考虑的 因素	119
3.7 动力装置的固定	73	4.5 螺旋桨	119
3.8 连接	74	4.5.1 理论	119
3.9 材料	77	4.5.2 效率	120
3.9.1 飞机结构要求	77	4.5.3 术语	122
3.9.2 飞机结构材料	79	4.5.4 选择	123
3.10 金属互化物	86	4.5.5 构造与安装	124
3.10.1 环境承受性	86	4.6 推进效率	125
3.11 发展趋势	87	4.6.1 原理与限制	126
3.11.1 智能与隐形结构	87	4.6.2 起飞性能	126
3.11.2 结论	88		
第4章 推进装置	90		
4.1 发动机的发展	90		

第5章 仪表与航空电子设备	128
5.1 控制仪表	128
5.1.1 地平仪	128
5.1.2 电子地平仪	131
5.2 发展	132
5.2.1 姿态信息描述	133
5.2.2 “玻璃仪表板”	133
5.3 动力指示仪表	134
5.3.1 活塞发动机仪表	134
5.3.2 涡轮发动机动力测量	135
5.4 状态仪表	136
5.4.1 静压系统	136
5.4.2 空速管头部	137
5.4.3 大气数据计算机	138
5.4.4 高度表	138
5.4.5 攻角指示器	140
5.4.6 攻角传感器	140
5.4.7 升降速度指示器(VSI)	141
5.4.8 空速表	142
5.4.9 马赫数表	143
5.5 方位导航仪表	144
5.5.1 磁罗盘	144
5.5.2 航向指示器	144
5.5.3 气动方位陀螺	145
5.5.4 远读式陀螺磁罗盘	145
5.5.5 转弯侧滑仪	147
5.6 无线电	148
5.6.1 无线电特性	148
5.6.2 航空频率分配	150
5.7 无线电导航设备	151
5.7.1 全向信标与广播站	151
5.7.2 使用ADF存在的问题与局限性 (无线电频率方面)	151
5.7.3 甚高频全向信标(VOR)	151
5.7.4 塔康,伏尔一塔康和甚高频 全向信标—测距装置	153
5.7.5 测距设备(DME)	154
5.8 飞机的无线电导航设备	154
5.8.1 自动测向仪ADF	154
5.8.2 VHF与UHF导航接收机	156
5.9 机载无线电通信设备	159
5.10 先进的导航仪表系统	161
5.10.1 图标计划显示(水平位置 指示器,HSI)	161
5.10.2 组合飞行指引系统	161
5.10.3 电子飞行仪表系统	162
5.10.4 无线电高度表	163
5.10.5 自动驾驶仪	163
5.10.6 应答机	164
5.10.7 应答机的使用	166
5.10.8 近地告警系统	166
5.11 机载气象雷达	167
5.11.1 天线	168
5.11.2 天线俯仰角	168
5.11.3 雷达工作原理	168
5.11.4 增益设置	168
5.11.5 图像识别	169
5.11.6 风暴指示器	170
5.12 其他航空电子设备	170
5.12.1 高度告警系统(AAS)	170
5.12.2 天线	171
5.12.3 机载无线电	172
第6章 大气与天气	173
6.1 化学结构	173
6.2 物理结构	173
6.2.1 对流层	174
6.2.2 平流层	175
6.2.3 中间层	175
6.2.4 热层	176
6.2.5 逃逸层	176
6.2.6 电离层	176
6.2.7 标准大气	176
6.2.8 大气循环	177
6.2.9 低层循环与压力	178
6.2.10 高空气流	178
6.2.11 喷气流	179
6.2.12 平流层风	179
6.3 气团	180

6.3.1	源区	180	6.12.3	可见液态水	199
6.3.2	气团气候	180	6.12.4	结构冰(机身上的结冰)	199
6.4	锋面	181	6.12.5	明冰(冰霜)	200
6.4.1	极地锋面	181	6.12.6	影响结冰速度的因素	200
6.4.2	冷锋	182	6.12.7	防冰与除冰方法	201
6.4.3	暖锋	182	6.12.8	冻水	201
6.4.4	静止锋	182	6.12.9	进气系统结冰	202
6.4.5	锋面波与锢囚锋	183	6.12.10	喷气发动机结冰	202
6.5	热带气候	184	6.12.11	喷气式飞机结冰问题	203
6.5.1	东风锋面	184	6.12.12	避开结冰区	204
6.5.2	赤道低压槽	184	6.13	气象服务	205
6.5.3	飓风	184	6.13.1	气象观测	206
6.6	稳定性	185	6.13.2	飞行员报告	208
6.6.1	绝热递减率	185	6.14	气象分析与预报	209
6.6.2	稳定与非稳定	185	6.14.1	准备方法	209
6.6.3	稳定性与不稳定性的影响	186	6.14.2	航空气象服务	209
6.7	云的形成	187	6.14.3	机组简报	210
6.8	云的类型	188	6.14.4	气象情况图	211
6.9	雾	188	6.14.5	地面气象图	211
6.9.1	雾的类型与特征	189	6.14.6	高空大气图	212
6.9.2	冰雾	190	6.14.7	预告图与恶劣天气服务	213
6.9.3	雾的消失	190	6.14.8	高空风力图	213
6.10	雷暴	190	6.14.9	雷达综合图	213
6.10.1	锋面雷暴	190	6.14.10	不可用的图	213
6.10.2	地形雷暴	192	6.14.11	预报	214
6.10.3	雷暴雨的结构	192	第7章	航空医学	215
6.10.4	雷暴阶段	192	7.1	缺氧	215
6.10.5	消失或砧顶阶段	194	7.1.1	大气特性	215
6.10.6	垂直发展	194	7.1.2	人类呼吸	216
6.10.7	雷暴雨中的天气	194	7.1.3	缺氧症状	216
6.10.8	结冰	195	7.1.4	氧的储存与输送系统	217
6.10.9	下沉风暴	195	7.1.5	加压服	218
6.10.10	高度表错误	195	7.2	压力变化对人体的影响	218
6.11	严重湍流中的飞行	196	7.3	增压	220
6.11.1	湍流类型	196	7.3.1	增压座舱	220
6.11.2	严重湍流中的飞行程序	198	7.3.2	迅速减压	221
6.12	结冰	198	7.3.3	生理影响	221
6.12.1	飞行器上冰的累积	199	7.4	超高空应急设备	221
6.12.2	冰的形成	199	7.4.1	温度极限	222

7.4.2 减压病	223	8.5 水平转弯	249
7.4.3 减压病的预防	223	8.5.1 保持转弯	250
7.4.4 便携式水下呼吸器潜水	224	8.5.2 协调机动	250
7.5 飞行视野	224	8.6 起飞技术	250
7.6 加速度影响	226	8.6.1 地面滑跑	251
7.6.1 提高人体对加速度力的耐力	229	8.6.2 向飞行过渡	251
7.6.2 振动	229	8.6.3 转入稳定爬升状态	252
7.7 空间定向障碍	229	8.6.4 影响起飞距离的因素	253
7.8 运动病	231	8.6.5 短距离跑道机场起飞	253
7.9 噪声	231	8.6.6 禁止事项	255
7.10 昼夜节律紊乱	232	8.7 机动飞行	255
7.11 航空毒理学	232	8.7.1 净空转弯	255
7.12 药品、酒精和烟草	232	8.7.2 失速	255
7.13 医疗保健	233	8.7.3 慢速飞行	257
7.13.1 预防医学	234	8.7.4 螺旋	258
7.13.2 锻炼	234	8.7.5 高速俯冲改出	260
7.13.3 饮食	234	8.7.6 急盘旋下降	261
7.13.4 负荷管理	234	8.8 地标参考机动飞行	261
7.13.5 体格检查	235	8.8.1 风引起的偏流	261
7.13.6 联邦航空局体检人员	235	8.8.2 侧滑	262
7.13.7 医疗应急事件	235	8.9 矩形着陆起落航线	262
7.13.8 太空飞行	236	8.9.1 空中交通信息	262
第8章 基本飞行技术	237	8.9.2 加入起落航线	263
8.1 飞行前检查	237	8.9.3 起落航线第三边(顺风边)	263
8.2 发动机启动	237	8.9.4 起落航线第四边(基线边)	264
8.2.1 启动程序	237	8.9.5 转向在第五边上进场着陆	264
8.2.2 手动启动	239	8.9.6 在第五边上进场着陆 (第五边)	264
8.2.3 发动机暖机	240	8.10 着陆	265
8.2.4 滑行	240	8.10.1 拉平	265
8.2.5 起飞前检查	242	8.10.2 平飘	266
8.3 飞机控制	243	8.10.3 接地与着陆滑跑	266
8.3.1 姿态飞行	243	8.10.4 失速问题	266
8.3.2 综合飞行	244	8.10.5 跳跃	267
8.3.3 水平直线飞行	245	8.10.6 无动力进场	267
8.3.4 配平控制	246	8.10.7 复飞	268
8.3.5 飞机稳定性	246	8.10.8 不利的着陆条件	268
8.4 爬升和下降	247	8.10.9 侧风着陆	269
8.4.1 一些实用的爬升状态	247	8.11 飞行后	269
8.4.2 一些实用的下降状态	248		

8.11.1	滑进停机坪与停车	270	9.2	基本飞行机动	294
8.11.2	系留	270	9.2.1	配平技术	295
8.12	高级机动飞行	271	9.2.2	平直飞行	295
8.12.1	急爬升转弯	272	9.2.3	水平转弯	297
8.12.2	麻花8字	272	9.2.4	计时转弯与磁罗盘的使用	298
8.13	特技飞行	273	9.2.5	爬升与下降	300
8.13.1	斤斗	273	9.2.6	基本的仪表飞行训练	301
8.13.2	划大圈的横滚	274	9.3	非正常姿态的改出	302
8.13.3	副翼横滚	275	9.3.1	部分仪表改出程序	303
8.13.4	半滚倒转	275	9.3.2	飞行员放松	304
8.13.5	垂直横滚	276	9.4	仪表飞行程序	304
8.13.6	慢滚	276	9.4.1	制定计划	304
8.13.7	殷麦曼(半斤斗翻转)	277	9.4.2	航线下降	305
8.13.8	横8字飞行	278	9.4.3	等待	305
8.13.9	草花斤斗	278	9.4.4	塔康和伏尔/测距设备等待	306
8.13.10	倒飞	279	9.4.5	程序转弯	307
8.13.11	快滚(螺旋式横滚)	280	9.5	雷达	309
8.13.12	跃升倒转	280	9.6	常规仪表进场着陆	309
8.13.13	跃升失速	280	9.6.1	雷达控制转交与组合进近	312
8.13.14	英国式半外斤斗		9.6.2	仪表进场标准与符号	315
	(跃升半外斤斗)	281	9.7	非精密仪表进近	319
8.13.15	翻转进入的斤斗和外斤斗	281	9.7.1	VOR进近	320
8.14	发动机停车后的措施	282	9.7.2	塔康与伏尔/测距设备	
8.14.1	下滑距离	282		(VOR/DME)进近	320
8.14.2	选择着陆场地	283	9.7.3	ADF(无线电罗盘)保持、穿越	
8.14.3	计划进场	283		障碍和低高度进场着陆	323
8.14.4	接地	284	9.7.4	航向信标背航向进近	323
8.15	夜间飞行	284	9.7.5	雷达监视进近	323
8.16	飞行中失火	286	9.7.6	区域导航RNAV进近	324
8.17	碰撞着陆与水上迫降	287	9.7.7	GPS进近	325
第9章	仪表飞行	289	9.8	精密仪表进近	327
9.1	姿态仪表飞行	289	9.8.1	仪表着陆系统(ILS)	327
9.1.1	控制与性能仪表	289	9.8.2	机载设备	331
9.1.2	姿态控制	291	9.8.3	ILS进近飞行	332
9.1.3	水平飞行时的性能仪表	291	9.8.4	雷达进近	333
9.1.4	姿态和发动机推力管理	292	9.8.5	雷达进近的通话程序	333
9.1.5	仪表交叉检查	292	9.9	仪表进近着陆	334
9.1.6	发动机推力控制	293	9.9.1	盘旋进近	334
9.1.7	坡度控制	294	9.9.2	进场着陆照明	334

第 10 章 高性能飞机的飞行	338	10.7.2 飞机准备与装载	362
10.1 多发动机飞机	338	10.7.3 开始启动巡航	363
10.1.1 单台发动机的爬升性能	339	10.7.4 起飞	363
10.1.2 多发动机技术	340	10.7.5 初始爬升	363
10.2 涡轮螺旋桨飞机的飞行	341	10.7.6 爬升与改平	364
10.2.1 发动机控制	341	10.7.7 巡航	364
10.2.2 启动发动机	342	10.7.8 发动机的经济运转	364
10.2.3 滑行	342	10.7.9 最经济高度	365
10.2.4 试车	342	10.7.10 巡航控制	365
10.2.5 起飞	342	10.7.11 降落	365
10.2.6 巡航	343	10.7.12 着陆航线	366
10.2.7 降落	343	10.7.13 着陆	367
10.2.8 着陆	343	10.7.14 紧急操作	368
10.2.9 停车	344	第 11 章 空中导航	369
10.3 喷气式飞机性能	344	11.1 地球表面及其地图绘制	369
10.3.1 飞行计划	345	11.1.1 地球的形状	369
10.3.2 起飞性能的计算	346	11.1.2 球体上的圆	369
10.3.3 启动飞机	346	11.1.3 纬度与经度	370
10.3.4 滑行与起飞	347	11.1.4 时间	370
10.3.5 爬升	348	11.1.5 地图投影	371
10.3.6 巡航	348	11.1.6 球体上的距离与方向	373
10.3.7 F-16A 的飞行	349	11.1.7 常用的地图术语	373
10.3.8 机动性	350	11.1.8 普通导航图	374
10.3.9 失速	352	11.1.9 航空地图	376
10.3.10 喷气式战斗机的起落航线	353	11.2 地标航行与推测领航(DR)	377
10.3.11 进场着陆	354	11.3 飞行计划	378
10.3.12 商务喷气式飞机的特性	355	11.3.1 术语与定义	379
10.3.13 迫降	355	11.3.2 罗盘航向	380
10.3.14 弹射与跳伞	356	11.3.3 绘制预定航迹角(步骤①)	380
10.4 超声速飞行	356	11.3.4 测量预定航迹角(步骤②)	380
10.4.1 高速稳定与控制	356	11.3.5 确定真航向(步骤③)	381
10.4.2 其他超声速性能特性	357	11.3.6 确定磁航向(步骤④)	383
10.5 持续超声速飞行	358	11.3.7 确定罗盘航向(步骤⑤)	384
10.6 其他高性能飞行考虑因素	358	11.3.8 风矢量的确定	388
10.6.1 压气机停转	358	11.3.9 空速的计算	389
10.6.2 玻璃嵌板	358	11.3.10 飞行计划中的其他考虑	390
10.6.3 专用控制装置	359	11.3.11 飞行计划归档	390
10.7 飞行大型多发动机飞机	360	11.4 推测领航辅助设备	390
10.7.1 飞行计划	361	11.4.1 飞机位置术语	390

11.4.2	推测领航的目视辅助	392	11.7.7	机场定位	418
11.4.3	地图判读	392	11.7.8	确定地速	419
11.4.4	地图判读的优点与局限性	392	11.7.9	RNAV 的用途	419
11.4.5	地图要素	393	11.7.10	垂直导航(VNAV)	420
11.4.6	地图判读技术	394	11.8	远程导航	420
11.4.7	位置线	395	11.8.1	罗兰	421
11.4.8	夜间地图判读	395	11.8.2	GPS 导航	422
11.4.9	常见的地图判读错误	396	11.9	自主式导航系统	423
11.4.10	VFR 地图判读	396	11.10	辅助导航设备	435
11.4.11	推测领航的无线电设备	399	11.10.1	雷达	435
11.4.12	无线电导航术语	399	11.10.2	无线电定向仪	435
11.4.13	甚高频全向无线电 信标(VOR)	401	11.10.3	天体导航	435
11.4.14	塔康系统(无线电战术 导航系统)	401	11.10.4	误差	435
11.4.15	距离测量设备(DME)	402	11.11	简化导航	436
11.4.16	DME 辅助 VOR	402	11.11.1	读卡器	436
11.4.17	Vortac	402	11.11.2	数据卡	437
11.4.18	雷达	403	11.11.3	数据链	437
11.5	VOR 程序	403	11.12	急流飞行	437
11.5.1	定方位	403	第 12 章	空中交通管制	438
11.5.2	跟踪	403	12.1	空中交通的管制	438
11.5.3	航线切入	404	12.2	空勤人员认证	438
11.5.4	无线电磁罗盘指示器(RMI)	405	12.2.1	飞行学员	439
11.6	ADF 程序	406	12.2.2	私人飞机驾驶员	439
11.6.1	全向无线电信标(NDB)	406	12.2.3	商务飞机驾驶员	439
11.6.2	无线电罗盘方位	407	12.2.4	其他空勤组成员执照和认证	439
11.6.3	ADF 调谐	409	12.3	飞机认证与适航性	440
11.6.4	归航	409	12.3.1	需要的设备	440
11.6.5	ADF 跟踪	410	12.3.2	最低设备清单要求	440
11.6.6	航线切入	410	12.3.3	飞机的维护	440
11.6.7	时间—距离检查	411	12.4	目视飞行规则	441
11.7	区域导航	412	12.5	空中交通管制(ATC) 电子设备	441
11.7.1	RNAV 术语	413	12.6	空域的划分	442
11.7.2	RNAV 计算机	413	12.6.1	航线	445
11.7.3	RNAV 计算几何	414	12.6.2	无 ATC	445
11.7.4	计算机编程	414	12.6.3	离开机场	445
11.7.5	绘制 RNAV 直航线	415	12.6.4	保留空域	446
11.7.6	平行航线导航	417	12.6.5	VFR 交通管制	447
			12.6.6	特别 VFR	447

12.6.7 飞行服务站(FSS)	447	13.2.9 正常着陆	468
12.6.8 IFR 飞行的飞行员资格	448	13.2.10 自转	468
12.6.9 飞机的资格与设备	448	13.2.11 外部载荷	468
12.6.10 管制空域	449	13.2.12 总距跳跃	469
12.7 管制部门	451	13.2.13 使用限制	469
12.7.1 联邦航空局(FAA)	451	13.2.14 动态翻转	470
12.7.2 航医	451	13.2.15 主轴撞击	471
12.7.3 国家运输安全委员会(NTSB)	451	13.3 自转旋翼机	472
12.8 系统操作	452	13.4 倾转旋翼机	473
第 13 章 旋翼机	453	第 14 章 航空运动	476
13.1 旋翼机空气动力学	453	14.1 气球飞行	476
13.1.1 升力	453	14.2 翱翔	477
13.1.2 拉力与阻力	454	14.2.1 发展趋势	478
13.1.3 扭矩	455	14.2.2 材料	479
13.1.4 地面效应	456	14.3 起飞方法	480
13.1.5 瞬态升力	456	14.3.1 绞盘牵引起飞	480
13.1.6 升力的不对称现象	456	14.3.2 汽车牵引	480
13.1.7 陀螺进动	457	14.3.3 飞机牵引	481
13.1.8 自转	458	14.4 翱翔机的飞行	481
13.1.9 后行桨叶失速	459	14.4.1 起飞(牵引起飞)	481
13.1.10 前行桨叶压缩性效应	459	14.4.2 自行起飞	482
13.1.11 带油门缓慢地垂直下降	460	14.5 翱翔飞行	483
13.1.12 摆动效应	460	14.6 翱翔机的仪表与设备	484
13.1.13 共振	460	14.6.1 升降速度表	484
13.1.14 重量和平衡	462	14.6.2 罗盘	484
13.1.15 旋翼系统	462	14.6.3 悬挂式滑翔机	484
13.1.16 高度—速度包线图	463	14.6.4 滑翔伞	485
13.1.17 直升机的飞行	463	14.7 翱翔气象学	486
13.1.18 动力系统	464	14.8 山脊翱翔飞行	487
13.2 飞行操纵系统	464	14.9 热气流技术	488
13.2.1 驾驶杆	464	14.9.1 寻找热气流	488
13.2.2 油门变距杆	464	14.9.2 热气流对准调整技术	489
13.2.3 反扭矩脚踏	466	14.9.3 越野翱翔飞行	490
13.2.4 油门	466	14.10 选择	491
13.2.5 空中机动动作	466	14.11 超轻型飞行器	492
13.2.6 正常起飞	467	14.12 试验飞机	493
13.2.7 爬升与下降	467	14.13 飞机的恢复	495
13.2.8 水平直线飞行	467	14.14 军用飞机	496
		14.15 特技飞行	497

14.16	航空竞赛	498	15.3	“颠簸中”的操作	513
14.17	驾驶员和飞机的组织	500	15.4	估计着陆可能性	513
14.18	飞行聚会	500	15.5	搜索、救援和生存	524
14.19	航空展览	500	15.5.1	无线电设备	524
第 15 章	野外飞行	501	15.5.2	生存设备与操作法	526
15.1	地面维护	502	15.6	世界其他野外地区的飞行	533
15.1.1	夏季	502	第 16 章	航空动态	534
15.1.2	冬季	503	16.1	事故	534
15.1.3	加温式机库	503	16.2	气象	534
15.1.4	户外停放	504	16.3	机械故障	535
15.1.5	早晨开车	507	16.4	发展过程	535
15.1.6	装载	510	16.5	燃料	536
15.2	飞行中的问题	510	16.6	噪声	536
15.2.1	冰雾	511	16.7	空中交通管制	536
15.2.2	乳白天空	511	16.8	条例	537
15.2.3	汽化器结冰	512	16.9	飞机老龄化	537
15.2.4	结构结冰	512	16.10	模拟器	537
15.2.5	导航与无线电通信	513			