

 中国民用航空飞行学院
CIVIL AVIATION FLIGHT UNIVERSITY OF CHINA

飞行训练系列教材

主 编 白宏秋

副主编 刘 鹰 孙 承 郑志恒 李正权

飞机飞行指南

FEIJI FEIXING ZHINAN



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

中国民用航空飞行学院飞行训练系列教材

飞机飞行指南

主 编 白宏秋
副主编 刘 鹰 孙 承
郑志恒 李正权

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

飞机飞行指南 / 白宏秋主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2013.8

ISBN 978-7-5643-2294-6

I. ①飞… II. ①白… III. ①飞机—飞行—指南
IV. ①V323.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 082326 号

中国民用航空飞行学院飞行训练系列教材

飞机飞行指南

主编 白宏秋

责任编辑	牛 君
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	210 mm×285 mm
印 张	17.25
字 数	517 千字
版 次	2013 年 8 月第 1 版
印 次	2013 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2294-6
定 价	38.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

总 序

自改革开放以来，在党中央、国务院的正确领导下，顺应国家经济社会全面发展的大潮，中国民航持续快速健康发展，规模、质量和效益都跃上了一个新台阶。作为向中国民航运输航空和通用航空输送飞行等各类航空专业人才的主力院校，为保证飞行训练教学内容的先进性、准确性和全面性，中国民航飞行学院决定在原有的飞行训练教材基础上，结合数十年的飞行教学经验和当前最新的航空理论知识，编写该套《飞行训练系列教材》。

《飞行训练系列教材》是飞行教学质量管理体系的基础，是统一飞行标准、抓好飞行教学、提高教学质量的重中之重。因此，学院为本系列教材挑选的编者都是民航飞行训练及安全管理领域具有丰富教学和实践经验的一流专家。同时，经过编委会多次召开会议，审定教材的大纲，落实教材的主要知识点，本系列教材的编写充分考虑了教学内容的先进性和成熟性之间的协调关系，确保教材既能够反映飞行训练领域的前沿信息，又能使学生掌握基础的核心知识和成熟稳定的飞行技能。

在本系列教材的编写过程中，我们得到了民航局飞行标准司、民航西南地区管理局、民航四川安全监督管理局的大力支持，在此深表感谢！

尽管通过反复讨论修改，但因实际水平和其他客观条件限制，本系列教材难免存在疏漏和值得商榷之处，敬请各位读者批评指正。

中国民航飞行学院
飞行训练系列教材编委会主任



前 言

《飞机飞行指南》是一本专门为飞行员编写的介绍飞行知识和技能的基础技术性读物。它提供了各种飞机系统的基本操作方法，也介绍了过渡到其他种类飞机的训练要点。

编写这本指南的目的是帮助学生驾驶员更好地学习如何驾驶飞机，同时，对于那些希望扩展知识面、提升飞行专业性的飞行员，准备获得新的执照等级的飞行员和进行教学的飞行教员，本指南也大有用处。未来的飞行员们可以在书中找到各种程序和机动所需的信息和指导，最终达到飞行考试的要求，获得相应的执照和等级。当然，此书并未过多涉及诸如导航、通信、气象、航班信息发布、法规、航空决策等知识，这些必要的知识请参阅其他专业书籍。

本书依据民航飞行员执照培训的要求编写。其中飞行程序和飞行机动的教学和方法不拘一格，而对于空气动力学理论和原理解释方法也是多种多样的。本书精选了与飞机飞行相关的方法和概念，其中对于概念的讨论和解释反映了目前最通行的做法和理念。本书所使用的语句中若出现了“必须”这个词，则说明该操作是必须履行的。

在本书编写的过程中，课题组得到了业内很多专家和组织的大力协助，在此对他们的无私奉献表示衷心感谢！

编 者

2013 年 5 月

本书中英美制单位与国际单位的换算关系

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

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

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

$$1 \text{ n mile (nautical mile)} = 1.852 \text{ km}$$

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

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

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

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

$$1 \text{ qt} = 1.1365 \text{ L}$$

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

$$760 \text{ mmHg} = 29.92 \text{ inHg} = 14.7 \text{ lbf/in}^2 (\text{psi}) = 1013.25 \text{ hPa}$$

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

$$1 \text{ 马力 (hp)} = 745.7 \text{ W}$$

$$1 \text{ [米制] 马力} = 735.5 \text{ W}$$

* 国标规定为 kn，航空界习惯写为 kt。

目 录

1 飞行训练简介	1
1.1 飞行训练的目的	1
1.1.1 运动技能	1
1.2 相关法规	2
1.3 飞行安全训练	2
1.3.1 冲突避免程序	2
1.3.2 避免跑道入侵	3
1.3.3 失速意识	3
1.3.4 检查单的使用	4
1.3.5 明确的飞机操纵交接	5
2 地面操作	6
2.1 飞行前检查	6
2.1.1 驾驶舱内部	7
2.1.2 机翼外表面和尾部	9
2.1.3 燃油和滑油	10
2.1.4 轮胎、刹车和起落架	11
2.1.5 发动机和螺旋桨	12
2.2 驾驶舱管理	12
2.3 地面运行	13
2.4 发动机启动	14
2.5 手动螺旋桨启动	14
2.6 滑行	15
2.7 起飞前检查	18
2.8 着陆后	19
2.9 脱离跑道后	19
2.10 停机	19
2.11 关车	20
2.12 飞行后	20
2.13 固定和维护	20
3 基本飞行机动	21
3.1 四个基本飞行机动	21
3.2 操纵装置的使用和效果	21
3.3 对飞机的感觉	22
3.4 姿态飞行	23
3.5 “操纵和性能”概念	24
3.5.1 操纵仪表	24
3.5.2 性能仪表	24

3.5.3	导航仪表	25
3.5.4	基于“操纵和性能”的飞行程序步骤	26
3.6	内外结合的注意力分配	26
3.7	直线平飞	27
3.8	配平操作	29
3.9	平飞转弯	30
3.9.1	协调转弯中心的操纵	30
3.9.2	水平转弯的分类	30
3.9.3	转弯操作及判读	34
3.10	爬升和爬升转弯	36
3.10.1	爬升	36
3.10.2	爬升转弯	38
3.11	下降和下降转弯	40
3.11.1	下降	40
3.11.2	下降转弯	42
3.12	俯仰姿态和功率	43
4	小速度飞行、失速和螺旋	44
4.1	引言	44
4.2	小速度飞行	44
4.2.1	低于巡航速度飞行	44
4.2.2	最小可操纵速度飞行	45
4.3	失速	46
4.3.1	失速的判别	47
4.3.2	失速改出的基本原理	47
4.3.3	失速改出中副翼和方向舵的使用	49
4.3.4	失速特性	49
4.4	接近失速（初始失速）——带功率或无功率	50
4.4.1	完全失速——无功率	50
4.4.2	完全失速——带功率	51
4.4.3	二次失速	52
4.4.4	加速失速	53
4.4.5	交叉操纵失速	54
4.4.6	升降舵配平失速	55
4.5	螺旋	56
4.5.1	螺旋程序	56
4.5.1.1	进入阶段	58
4.5.1.2	初始阶段	58
4.5.1.3	稳定阶段	58
4.5.1.4	改出阶段	58
4.5.2	有意螺旋	59
4.5.3	重量与平衡要求	59

5	起飞与离场爬升	61
5.1	综述	61
5.2	术语和定义	61
5.3	起飞前准备	62
5.4	正常起飞程序	62
5.4.1	起飞滑跑	62
5.4.2	离陆	63
5.4.3	初始爬升	64
5.5	侧风起飞	65
5.5.1	起飞滑跑	65
5.5.2	离陆	66
5.5.3	初始爬升	66
5.6	起飞中的地面效应	67
5.7	短跑道起飞和最大性能爬升	68
5.7.1	起飞滑跑	69
5.7.2	离陆	69
5.7.3	初始爬升	70
5.8	在松软/粗糙场地起飞和爬升	70
5.8.1	起飞滑跑	71
5.8.2	离陆	71
5.8.3	初始爬升	71
5.9	中断起飞/引擎失效	72
5.10	减小噪音	72
6	参考地面的机动	73
6.1	目的和范围	73
6.2	以地面物体为参照的机动飞行	73
6.3	偏流和地面航迹控制	74
6.4	矩形航线	76
6.5	S形转弯	78
6.6	围绕地标转弯	80
6.7	基础8字飞行	81
6.7.1	沿道路8字飞行	82
6.7.2	穿越道路8字飞行	83
6.7.3	绕塔8字飞行	83
6.8	双标点8字(标杆8字)飞行	85
7	机场起落航线	90
7.1	机场起落航线及其运行	90
7.2	矩形起落航线	90
7.3	标准起落航线	92
8	进近与着陆	94
8.1	正常进近与着陆	94
8.1.1	四边	94

8.1.2	五边	95
8.1.2.1	襟翼的使用	96
8.1.2.2	判断高度和运动趋势	97
8.1.3	拉平	99
8.1.4	接地	100
8.1.5	着陆滑跑	101
8.1.6	稳定进近概念	102
8.2	有意侧滑	104
8.3	复飞(终止着陆)	106
8.3.1	功率	106
8.3.2	姿态	106
8.3.3	构型	107
8.3.4	地面效应	107
8.4	侧风进近与着陆	108
8.4.1	侧风中五边阶段	108
8.4.2	侧风中拉平	110
8.4.3	侧风中接地	110
8.4.4	侧风中的着陆滑跑	110
8.4.5	最大安全侧风速度	111
8.5	湍流中的进近与着陆	112
8.6	短跑道进近与着陆	112
8.7	软跑道进近与着陆	115
8.8	无功率精确进近	116
8.8.1	90° 无功率进近	117
8.8.2	180° 无功率进近	118
8.8.3	360° 无功率进近	119
8.9	假设迫降	120
8.10	进近与着陆中的偏差	122
8.10.1	五边下滑线低	122
8.10.2	五边下滑线高	123
8.10.3	五边进近速度小	124
8.10.4	油门的使用	124
8.10.5	拉平高	124
8.10.6	拉平太晚或太快	125
8.10.7	拉平过程中平飘	125
8.10.8	拉平时拉飘	125
8.10.9	接地时飞机跳跃	126
8.10.10	海豚跳	127
8.10.11	推小车	128
8.10.12	重着陆	128
8.10.13	偏移中接地	128
8.10.14	打地转	129
8.10.15	接地后机翼上偏	129

8.11	滑 水	130
8.11.1	动态滑水	130
8.11.2	橡胶还原滑水	130
8.11.3	黏性滑水	130
9	性能机动	132
9.1	大坡度盘旋	132
9.2	急盘旋下降	134
9.3	急上升转弯	135
9.4	懒 8 字	137
10	夜间飞行	140
10.1	夜间视觉	140
10.2	夜间错觉	141
10.3	飞行员装备	142
10.4	飞机设备与照明	142
10.5	机场和导航灯光助航系统	143
10.6	飞行前准备	144
10.7	启动、滑行和暖机试车	144
10.8	起飞和爬升	145
10.9	定向和导航	145
10.10	进近和着陆	146
10.11	夜间应急情况	147
11	过渡到复杂飞机	149
11.1	复杂飞机	149
11.2	襟翼	149
11.2.1	襟翼的功能	150
11.2.2	襟翼的类型	150
11.2.3	操作程序	151
11.3	变距螺旋桨	152
11.3.1	恒速螺旋桨	152
11.3.2	起飞、爬升和巡航	152
11.3.3	桨叶角控制	153
11.3.4	调速范围	153
11.3.5	恒速螺旋桨的操作	154
11.4	涡轮增压	155
11.4.1	地面增压与高度增压	156
11.4.2	操作特性	156
11.4.3	温度管理	157
11.4.4	涡轮增压器失效	157
11.4.4.1	过度增压	157
11.4.4.2	低进气压力	157
11.5	可收放起落架	158
11.5.1	起落架系统	158

11.5.2	操纵装置和位置信号指示器	158
11.5.3	起落架安全设备	159
11.5.4	起落架应急放下系统	160
11.5.5	操作程序	161
11.5.5.1	飞行前	161
11.5.5.2	起飞和爬升	162
11.5.6	进近和着陆	162
11.6	过渡到复杂飞机的训练	163
12	过渡到多发飞机	164
12.1	概述	164
12.1.1	多发飞机	164
12.1.2	多发飞行的训练	164
12.2	名词与定义	164
12.3	系统的运行	166
12.3.1	螺旋桨	166
12.3.2	螺旋桨的同步	168
12.3.3	燃油交输	168
12.3.4	燃烧加温装置	169
12.3.5	飞行指引仪/自动驾驶仪	169
12.3.6	偏航阻尼器	170
12.3.7	发电机	170
12.3.8	机头部位行李舱	170
12.3.9	防冰/除冰系统	170
12.4	性能与限制	171
12.4.1	名词定义	171
12.4.2	飞机的性能和限制	172
12.5	重量与平衡	174
12.5.1	重量	174
12.5.1.1	相关名词定义	174
12.5.1.2	重量与平衡的计算	174
12.5.2	平衡	175
12.6	地面运行	176
12.7	正常和侧风情况下的起飞与爬升	176
12.8	改平飞与巡航	178
12.9	正常进近与着陆	178
12.10	侧风进近与着陆	179
12.11	短跑道起飞与爬升	180
12.12	短跑道进近和着陆	180
12.13	复飞	181
12.14	中断起飞	182
12.15	起飞后一台发动机失效	182
12.16	飞行中一台发动机失效	185

12.17	一台发动机失效时的进近与着陆	186
12.18	发动机失效的飞行原理	187
12.19	低速飞行	189
12.20	失速	190
12.20.1	无功率失速（进近和着陆）	190
12.20.2	带功率失速（起飞和离场）	190
12.20.3	螺旋的警觉意识	191
12.21	发动机失效——失去方向控制的示范	191
12.22	多发训练考虑因素	195
13	过渡到涡轮螺旋桨动力飞机	197
13.1	概述	197
13.2	燃气涡轮发动机	197
13.3	涡桨发动机	198
13.4	涡桨发动机的种类	199
13.4.1	固定轴	199
13.4.2	分轴式/自由涡轮式发动机（双转子发动机）	201
13.5	反拉力及 BETA 范围的操纵	203
13.6	涡桨飞机的电力系统	204
13.7	运行方面的考虑因素	206
13.8	训练方面的考虑因素	208
14	过渡到喷气式飞机	210
14.1	概述	210
14.2	喷气式发动机基础	210
14.3	喷气式发动机的操作	212
14.3.1	喷气式发动机点火	213
14.3.2	连续点火	213
14.3.3	燃油加温装置	213
14.3.4	功率设定	213
14.3.5	推力与油门杆的关系	214
14.3.6	转速对应的推力变化量	214
14.3.7	喷气式发动机的慢加速性	214
14.4	喷气式发动机效率	215
14.5	没有螺旋桨效应	215
14.5.1	没有螺旋桨滑流	216
14.5.2	缺少螺旋桨阻力	216
14.6	边界速度	217
14.7	超速状况改出	218
14.8	马赫抖振界限	219
14.9	低速飞行	220
14.10	失速	221
14.11	阻力装置	224
14.11.1	扰流板	224

14.11.2	减速板	225
14.12	反推装置	225
14.13	喷气式飞机的飞行感觉	226
14.14	喷气式飞机的起飞和爬升	227
14.14.1	相关速度	227
14.14.2	起飞前程序	228
14.14.3	起飞滑跑	229
14.14.4	抬前轮和离地	230
14.14.5	初始爬升	230
14.15	喷气式飞机进近和着陆	230
14.15.1	着陆要求	230
14.15.2	着陆速度	231
14.15.3	性能差异	232
14.15.4	稳定进近	233
14.15.4.1	进近速度	234
14.15.5	下滑道控制	234
14.15.6	拉平	234
14.15.7	接地和滑跑	235
15	应急程序	237
15.1	紧急情况	237
15.2	紧急着陆	237
15.2.1	紧急着陆的种类	237
15.2.2	心理危险	238
15.3	基本的安全理念	238
15.3.1	概述	238
15.3.2	姿态和下降率的控制	240
15.3.3	地形选择	240
15.3.4	飞机构型	240
15.3.5	进近	241
15.4	地形种类	241
15.4.1	受限区域	241
15.4.2	树木(森林)	242
15.4.3	水面(水上)和雪地迫降	243
15.5	起飞后发动机失效(单发)	243
15.6	紧急下降	244
15.7	飞行中起火	245
15.7.1	发动机起火	245
15.7.2	电气系统起火	246
15.7.3	座舱起火	246
15.8	飞行操纵机构故障/失效	247
15.8.1	襟翼全部失效	247
15.8.2	不对称襟翼	247

15.8.3 升降舵失控	247
15.9 起落架故障	248
15.10 系统故障	249
15.10.1 供电系统故障	249
15.10.2 全静压系统故障	251
15.11 发动机仪表指示异常	252
15.12 飞行中舱门意外开启	253
15.13 目视飞行时无意进入仪表气象条件	253
15.13.1 概述	253
15.13.2 识别	254
15.13.3 保持对飞机的控制	254
15.13.4 姿态控制	254
15.13.5 转弯	255
15.13.6 爬升	255
15.13.7 下降	256
15.13.8 综合机动飞行	257
15.13.9 转为目视飞行	257
参考文献	258

1 飞行训练简介

1.1 飞行训练的目的

本书将初级和中级飞行训练的总目的概括为获得并提高基本飞行技能，而要完成一次良好的飞行需要三个方面的有机结合——知识、技能和态度。在飞行学习阶段这三个方面可以简单地描述如下：

- 知识——全面了解飞行的原理；
- 技能——在地面和空中准确操纵飞机的能力；
- 态度——应用良好的判断以完成安全高效的运行。

1.1.1 运动技能

人们经常将学习飞行与学习驾驶汽车相比较，这种类比容易引起误解。因为飞机的操作环境是三维空间，与驾车不同，它需要形成一种对处境更灵敏的运动技能。

这些运动技能包括：

- 协调性（Coordination）——身体作用肌群的时机正确，动作方向及速度恰当，平衡稳定且有节奏感。飞行中是指飞行员同时使用手脚，并相互协调以获得所需操纵结果的能力。
- 时机的选择（Timing）——在恰当的时机协调肌肉运动，使飞行以及所有的机动持续稳定的进行。
- 操纵感觉（Control Touch）——通过感觉和估计从操纵面传送到驾驶舱飞行操纵杆力量的变化来感知姿态、速度改变，以此感知飞机状态改变及可能发生变化的能力。
- 速度感知（Speed Sense）——立即感知到任何正常的速度变化，并作出反应的能力。

飞行员应和飞机成为一体而不是作为一个机器的操作者。一个受过良好训练的飞行员能够快速、准确评估飞行情况，并能判断在当时的情况下需要执行的正确程序；对当时的环境或准备执行的程序，能够准确分析可能发生的结果；谨慎和充分注意当时情况，保证安全；准确评估飞机性能；认识到个人的局限、飞机的局限并避免进入各自的临界点。

飞行技能的形成需要学员和教员两者的努力和付出。最初的飞行训练，是培养学生养成良好飞行习惯的时机，教员应该教授正确的操作方法。

每架飞机都有它自己独特的飞行特性。然而，初级和中级飞行训练的主要目的不是学习如何飞某一特定构造和型号的飞机，其根本目的是获得可以转换到任何飞机的飞行技能和安全的飞行习惯。基本的飞行技术技能（Airmanship Skills）是获得这些能力的坚实基础。在训练中获得了必需的飞行技术技能，并能够在小型教练机上以准确、安全的飞行习惯演示这些技能的飞行员将能够容易地过渡到更

为复杂和更高性能的飞机。要记住，飞行训练的最终目的是培养出安全并称职的飞行员，而为获取执照而进行的实践考试只是该目标的一个附带事件。

1.2 相关法规

CCAR-61 部规章适用于飞行员、教员和地面教员的合格审定。61 部规定了颁发各种飞行员合格审定类型的资格要求、航空知识、飞行熟练程度、训练和考试要求。

CCAR-67 部规定了颁发空勤人员体检合格证并保持有效体检合格证的医学标准和审定程序。

CCAR-91 部包含一般运行和飞行规则。该部分范围广泛，并提供通用航空飞行规则、目视飞行规则（VFR）、仪表飞行规则（IFR）、飞机维护、定检和变更等范围的全面指导。

1.3 飞行安全训练

基于形成安全和良好的行为模式的考虑，教员必须强调一些基本的飞行安全习惯和程序，并从第一次带飞开始，教员和学生都应遵循这些安全习惯和程序。这些安全习惯和程序至少应包括：冲突避免程序（包括正确的目视对外观察）、避免跑道入侵、失速意识、检查单的使用、明确的飞机操纵交接。

1.3.1 冲突避免程序

所有飞行员必须警惕半空中的冲突和近半空中冲突的可能。CCAR-91.113 条 b 款详细地解释了“观察与避免相撞（See and Avoid）”这一概念：当气象条件许可时，无论是按仪表飞行规则还是按目视飞行规则飞行，航空器驾驶员必须注意观察，以便发现并避开（See and Avoid）其他航空器。这个概念要求在所有飞行时间中每个操纵飞机的人都应保持警惕，不管操作是在仪表飞行规则（IFR）还是在目视飞行规则（VFR）条件下实施，不管飞的机型和飞行的目的，在航空器运行期间保持对外观察是飞行员的职责。大多数空中冲突事故和报告的空中冲突事故征候往往出现在好的目视天气条件下和白天。大多数事故和事故征候出现在距机场和/或导航台 8 公里以内。

“观察与避免相撞”的概念依据人眼局限性方面的知识，并使用正确的目视观察以弥补这些局限性。飞行训练一开始就应该让学员明确目视扫视的重要性并传授其正确的方法。教员可参考相关资料如“飞行员在防止空中相撞中的职责”和“目视观察和防止空中相撞信息”。

目视防撞程序有很多类型，其中大多数是使用清障转弯。清障转弯的基本概念是确定下一个机动不会进入另一架飞机的飞行路径上。一些飞行员训练程序有强制性的规定，例如，在执行任何机动前要求先做两个方向上的 90 度转弯。个别教员可能使用一些其他类型的目视防撞程序。不管首选的方法是哪种，教员应教会新学员一个有效的目视防撞程序并坚持使用它。学生驾驶员应在所有转弯和执行任何训练机动前执行适当的目视防撞程序。适当的目视防撞程序与恰当的目视观察技巧相结合，是最有效的防止空中相撞的策略。