

Mental Math for Aviators

飞行 快速心算

[法] 迈克·鲁文斯 / 著
潘振文 / 译



M³

The Mile
The Mach
The Minute

中国民航出版社

飞行快速心算

[法] 迈克·鲁文斯 著
潘振文 译

图书在版编目 (CIP) 数据

飞行快速心算/ (法) 鲁文斯 (Roumens, M.) 著;
潘振文译. —北京: 中国民航出版社, 2015. 5
ISBN 978-7-5128-0239-1

I. ①飞… II. ①鲁… ②潘… III. ①飞行训练
IV. ①V323. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 048640 号

飞行快速心算

[法] 迈克·鲁文斯 (著) 潘振文 (译)

责任编辑 马瑞 韩景峰

出 版 中国民航出版社 (010) 64279457

地 址 北京市朝阳区光熙门北里甲 31 号楼 (100028)

排 版 中国民航出版社录排室

印 刷 北京金吉士印刷有限责任公司

发 行 中国民航出版社 (010) 64297307 64290477

开 本 889×1194 1/32

印 张 3.375

字 数 84 千字

版 印 次 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5128-0239-1

定 价 28.00 元

官方微博: <http://weibo.com/phcaac>

淘宝网店: <http://shop106992650.taobao.com>

E-mail: phcaac@sina.com

译者前言

对于飞行员来说，快速心算可以应用到很多方面。例如，轻松地计算角度、距离和时间，风的分量和偏流角度，最大的风影响；设想把实际风况显示在 HSI 上面，毫不费力地快速获得准确的坡度和转弯半径，用手指找出 VHF 信号的最大范围，等等。

《飞行快速心算》是这样一本书，通过利用简单的工具和拇指法则，它可以令任何知识背景的飞行员具备快速心算的能力，以避免在飞行中分散精力，从而加强情景意识，提高安全裕度和飞行效率。

本书在各个章节中列举了不同的例子来加深读者对心算方法的理解。只要飞行员将心算方法保持在最简单的方式，自然就会在平常的飞行过程中尝试和验证书中所演示的拇指法则和其他创新的心算方法。

现在，你准备好扔掉计算器了吗？

前 言

民航飞行特殊的工作环境要求飞行员时刻应对很多变化因素。操纵飞机、导航、速度和能量管理、通讯、人为因素、飞行技能，所有这些都是我们为了完成任务而需要投入精力的地方。

对于普通人来说，在同一时间内完成多项任务的能力是有限的，想要在任何一个领域成为熟练工都需要充足的培训、练习和付出，如果是航空领域的话，还需要经验。如成语“熟能生巧”，至少当我们熟练到一定程度时，能增加达到目标的几率。

学习飞行需要通过在不同的训练环境中培训和重复练习，从而提高空间运动能力、决策意识和四维感知能力，其中四维感知能力包括三维空间感知和时间意识感知，这有利于提高安全裕度。不过，在标准的飞行训练中对于实际条件下提高关于飞机性能和不断变化的大气条件的心算能力的训练很少涉及。

为了能在特定领域成为能手，飞行员需要专注于要完成的任务。这需要在他们对任务很熟悉以及对形成和影响结果的因素有较深的理解才能做得到。比如，在侧风条件下进行仪表进近，对于资历浅的飞行员来说是一个困难的任务，但对于稍微资深的飞行员来说就几乎可以本能地做出正确的修正，真的可以说是本能的。或者经过数年的飞行经历，飞行员之间通过互相学习、分享经验和技巧也可以做到，其他方法还有可以从飞行教员那里获得经验和建议，以及自身为了向更高层次提升而

不断地学习和练习。

随着飞行小时的积累，飞行员会获得需要的经历时间，同时他们也学到或总结出一些拇指法则（rule of thumb），这些法则可以把他们从繁重的计算中解放出来，特别是当不方便进行计算时特别管用。比如在做机动动作时，在繁忙的空域或者复杂的天气条件下，并不是所有的飞行员都有机会把操纵交给同事或者直接接通自动驾驶，即使可以，自动设备也有失效或者不如预期表现的可能。在这些情况下，飞行员需要集中全部精力才能安全完成多项工作任务，以避免在繁重的计算中发生差错。

现代的航空培训资料都会包含很多计算公式。它们是理论考试要求的一部分，被用于考核晋级下一个飞行技术等级前的理论水平。但是在飞行中应用这些公式计算费时费力，很多时候运用起来都不现实，没有飞行员愿意在飞行中拿出计算器和从当前手头上的工作任务中分散精力，除非有时候真的没有别的办法。

资深的飞行员能够利用经验来判断心算的技巧是否可用，在很多情况下，拇指法则可以被用来代替精确的计算，不过这里还是强烈建议飞行员在起飞和着陆性能、配载平衡、越障裕度和加放油管理方面获得精确的实际数据。在这些方面运用心算方法仅仅是对用计算器、表格、图表计算出来的结果进行交叉检查，以保证没有大的误差。

从飞行爱好者到客机机长，能够快速心算处理信息是保持将大部分精力放在重要事情上的关键：操纵飞机和能做出正确修正的导航。脑海里一旦形成精确的画面，情景意识会随之增加，从而带来更好的反应和判断。

这本书旨在简化飞行员在每一天的飞行中遇到的计算。因此，它并不能保证高精度也不能取代常规的航空培训。大部分的拇指法则精度再高也只是大概值，但它们不仅能帮助在特定的任务上获得大致概念，还可以在需要交叉检查时作为很有价

值的工具。比如，在多系统失效或者缺少备份系统时怀疑飞行仪表显示的信息。这里的目的在于能尽量地不需要用到计算器而能获得可用的结果，意味着该结果是合理的，误差范围是可以接受的。

本书讨论的内容已经尽量简化，只需要高中水平就能完全读懂全部内容，不过对于技术术语、单位和航空领域的例子和为了能最大限度地从中获益，则需要航空私照或者更高的理论水平。

缩写和符号清单

a	迎角
α	音速
AAL	高于机场平面
AGL	高于地平面
AMSL	高于平均海平面
ATC	空中交通管制
ATIS	情报通波
C 或 $^{\circ}\text{C}$	摄氏度
CANPA	恒定角度非精密进近
CAS	校准空速
CLB	爬升
cos	余弦
CRZ	巡航
DA	偏流角或决断高度
DCA	偏流修正角
DH	决断高
DME	测距台
DP	露点; 同 Td
F 或 $^{\circ}\text{F}$	华氏温标
FD	飞行指引
FL	飞行高度层
FMS	飞行管理系统

FPA	飞行轨迹角
fpm	英尺每分钟
fps	英尺每秒
ft	英尺 (符号是')
GPS	全球定位系统
GS	地速
G/S	下滑道
h 或 hr	小时
hPa	百帕
HSI	地平仪
HWC	顶风分量
IAF	起始进近定位点
IAS	表速
ICAO	国际民航组织
IF	中间进近定位点
IFR	仪表飞行规则
ILS	仪表着陆系统
IMC	仪表气象条件
inHg	英寸汞柱
IRS	惯性基准系统
ISA	国际标准大气条件
K	开
KCAS	以节表示的校准空速
KIAS	以节表示的表速
kt	节
KTAS	以节表示的真空速
LSS	本地音速
M	马赫
MN	马赫数
m	米

min	分钟
mb	毫巴
MCDU	多功能控制显示单元
MDA	最低下降高度
MDH	最低下降高
MPM	海里每分钟
MPS 或 m/s	米每秒
MSL	平均海平面
ND	导航显示
NDB	无指向性无线电信标
NM	海里
NPA	非精密进近
OAT	外界大气温度
OM	外指点标
PB/PB	径向线/径向线
PBD	径向线距离
PFD	主飞行仪表
POH	飞行员操作手册
QFE	场面气压
QNE	标准大气压
QNH	修正海平面气压
QRH	快速检查单
r	半径
RH	相对湿度
RNAV	区域导航
ROC	爬升率
ROD	下降率
ROT	转弯速率; 见 SRT
RR	动温
RWY	跑道

SAT	静温
SID	标准仪表离场
sin	正弦
SRT	标准速率转弯
STAR	标准进场程序
T 或 T°	温度
Td	露点
TAS	真空速
TAT	总温
TCAS	空中防撞系统
TCAS RA	TACS 决断咨询
TCAS TA	TCAS 交通咨询
TOC	爬升顶点
TOD	下降顶点
TWC	顺风分量
VFR	目视飞行规则
VHF	甚高频
VMC	目视气象条件
VOR	甚高频全向信标
Vs	失速速度
Vref	参考速度
Vapp	进近速度
VS 或 V/S	垂直速率
VSI	垂直速率指示表
XWC	侧风分量
Zd	密度高度
Zi	指示高度
Zp	压力高度
Zt	真高度
°	度 (单独使用时为角度)

°	度（前面是单位时为温度）
π	圆周率 pi，约为 3.141592
$\sqrt{\quad}$	根号
φ	坡度符号（phi）
'	英尺或分钟
"	英寸或秒
=	相当于或数学上的等于
$\approx$	约等于或归整数值
/	分隔号，分数或除号

目 录

前言

缩写和符号清单

第 1 章 基本概念	1
1.1 关于海里及其历史知识	1
1.2 60 : 1 法则	2
1.3 速度和时间	4
1.4 角度	8
1.5 换算	10
1.6 自动驾驶使用中的提示	13
第 2 章 速度、时间和距离	15
2.1 CTM 图表	15
2.2 真空速 (TAS)	16
2.3 马赫数和真空速	18
2.4 前面的飞机	19
第 3 章 角度和梯度	21
3.1 爬升和下降梯度	21
3.2 计算下降顶点 (TOD)	22

3.3	TCAS RA、俯仰变化量和垂直速度	30
3.4	进近、下滑角、飞行轨迹角 (FPA)	32
3.5	雷达倾角和波束宽度	35
第 4 章	风、分量和偏流	39
4.1	一些三角形理论知识和 1975 法则	39
4.2	顶风、顺风和侧风分量	40
4.3	侧风分量中的偏流修正角及其逆运算	43
4.4	最大的风影响	45
4.5	勾股定理及其简化	46
4.6	在 HSI 或 ND 上的风图	48
4.7	进近中的偏流修正	50
第 5 章	无线电导航设备的运用	53
5.1	无 DME 计算离台距离和时间	53
5.2	GPS 或 IRS 和 DME 距离的区别	54
5.3	VHF 信号的最大理论传播距离	58
5.4	数据库里航路点的命名规则	61
第 6 章	坡度、转弯半径和等待	63
6.1	坡度和标准转弯速率	63
6.2	转弯半径	64
6.3	切入转弯和径向线截获角	67
6.4	等待航线的偏流和时间修正	70
6.5	大型机的预测转弯	75

第 7 章 大气层的相关概述	77
7.1 气压、温度和 Δ ISA	77
7.2 高度表拨正值和真高	78
7.3 气压高度	79
7.4 密度高度	80
7.5 相对湿度	81
7.6 寒冷天气下的高度修正	82
7.7 在爬升和下降中瞬时读出 Δ ISA 值	83
7.8 凝结层和云底高	85
7.9 动温 (Ram Rise)	86

第 1 章 基本概念

1.1 关于海里及其历史知识

地球不是一个标准的球体，它的两极稍平，赤道稍圆，并且整个地貌凹凸不平。为了找到可供普遍参考意义的单位距离，速度单位成为必不可少的因素，它既能满足设想的要求，又能统一全球的导航距离单位。

海里等于地球椭圆子午线上纬度的 1 分 (1° 等于 $60'$ ，一圆周为 360°) 所对应的弧长。由于地球子午圈是一个椭圆，它在不同纬度上的曲率是不同的，因此，纬度 1 分所对应的弧长也是不相等的。赤道附近 1NM 约为 1855.4m，两极附近最长，约为 1861m。

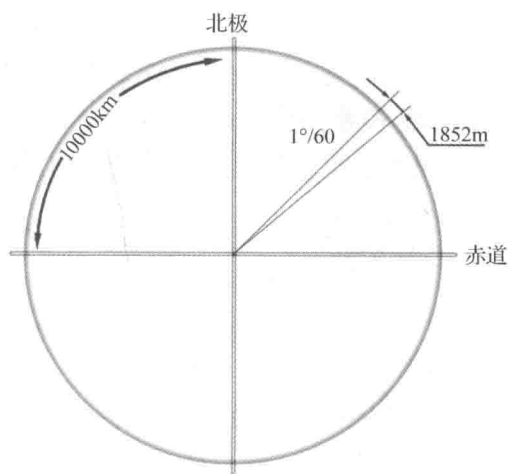


图 1.1 海里的定义

1929 年，在摩洛哥举行的世界水文地理学会议定义了 1NM 等于 1852m，如图 1.1 所示。

1.2 60 : 1 法则

在民航领域中，这是一个非常强大的经验法则，它表示在 60 海里圈的距离中，每 1° 的距离等于 1NM。这个法则在飞行中可以被广泛应用并且非常便于记忆。

飞机背台飞行，偏离 VOR 径向线 1° ，如果飞机保持 1° 偏航，那么我们很容易能够得出以下结果：30NM 时偏航 0.5NM，60NM 时偏航 1NM，120NM 时偏航 2NM。这是非常简单的法则。如图 1.2.1。

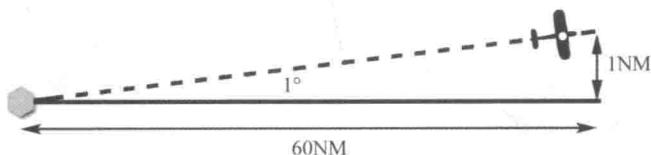


图 1.2.1 60 : 1 法则示意图

这个法则背后的数学原理表明它的结果并不是很精确，大概有 5% 的误差，但本文的目的是在飞行环境中获得一个有使用价值的结果，也就是说这样的结果够用了。

下面是法则的数学原理：

60NM 的圆周：

$$2 \times 60 \times \pi = 376.99 \text{ NM}$$

如果我们把它分成 360 份，那么每 1° 为：

$$376.99 / 360 = 1.047 \text{ NM (相差约 4.7\%)}$$

因此我们可以认为这个法则已经够准确了。

巧合的是，1NM 大约等于 6000'，因此我们可以将 60 : 1 法则用到这里。偏航 1° 1NM 时，也相当于偏航 100'。如图 1.2.2。