

空战艺术

ART OF THE KILL

现代空战全面指导

[美] Pete Bonanni 著

3G0 侧卫战队第二飞行大队

译序

Pete Bonanni 是一名资深飞行教官，同时也是 Falcon4 官方英文手册的作者，他编写了许多关于飞行技巧与技术方面的书籍，这本《Art of the Kill》是他所撰写的著名作品之一，该书详细地讲述了基本空战机动（BFM）的原理及应用，有着很高的理论和实践价值。

队友 3GO-251/ sunwolf 翻译了第三章和第四章的大部份内容，在此表示严重感谢。同时也要感谢 REDSTAR ， G.R.， SYBOY， 44439， TOM528， 鹰之心， RedMelody 等许多朋友的大力支持和帮助。特别指出，该文档由 wenkuang 提供，文中的所有图片由 GHAWK 收集提供，在此一并表示感谢。

在翻译的过程中，参考了海侧卫的黄蜂中队飞行学校中关于基本空战机动的内容，在此向海侧卫老大表示深深的敬意和感激。

由于译者水平有限，文中错误和遗漏之处，敬请谅解，欢迎批评指正。

感谢 3GO 侧卫战队各位战友长期以来对我的鼓励和支持!!!

3GO-162/Eagle566

2003.3.31

本书的版权和著作权完全属于原作者和原出版社。中文译本仅供参考，作为模拟飞行爱好者的业余读物，不得用作任何商业目的。转载请先征求译者同意并注明出处。

E-MAIL: ejian3043@sina.com

目录

| | |
|-------------------------|-----------|
| 目录..... | 3 |
| 序..... | 6 |
| 前言..... | 8 |
| 第一章空战几何学..... | 9 |
| 基本空战机动概观..... | 9 |
| 空战几何学介绍..... | 11 |
| 位置几何学..... | 11 |
| 夹角..... | 11 |
| 距离..... | 12 |
| 方位角..... | 13 |
| 攻击几何学..... | 13 |
| 滞后追逐..... | 14 |
| 纯追逐..... | 14 |
| 领先追逐..... | 15 |
| 决定追逐路线..... | 15 |
| 武器包线..... | 17 |
| 机炮..... | 18 |
| 小结..... | 19 |
| 第二章进攻性 BFM..... | 20 |
| 进攻性 BFM..... | 20 |
| 进攻性 BFM 介绍..... | 22 |
| BFM 和转弯..... | 23 |
| 能量..... | 23 |
| 转弯半径和转弯速率..... | 24 |
| 角速度..... | 24 |
| 垂直转弯..... | 26 |
| 转弯空间..... | 28 |
| 解决进攻性 BFM 问题..... | 30 |
| 机炮射击程序..... | 31 |
| 进入机炮射击参数..... | 31 |
| 做一次机炮射击..... | 32 |
| 使用机炮瞄准仪..... | 32 |
| 战斗机飞行员训练科目:进攻性 BFM..... | 34 |
| 小结..... | 35 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| 第三章防御性 BFM..... | 36 |
| 防御性 BFM..... | 36 |
| 防御性 BFM 介绍..... | 37 |
| 侦测攻击..... | 37 |
| 雷达..... | 38 |
| TWS（威胁告警系统）..... | 38 |
| 视觉..... | 38 |
| 导弹防御..... | 38 |
| 给敌机制造 BFM 难题..... | 39 |
| 敌机在你的转弯圆环外部..... | 39 |
| 敌机在你的转弯圆环内部..... | 40 |
| 超越..... | 41 |
| 机炮防御..... | 43 |
| 快速射击和跟踪射击..... | 43 |
| 蛇形机动..... | 43 |
| 战斗机飞行员训练科目：防御性 BFM..... | 44 |
| 小结..... | 44 |
| | |
| 第四章迎面 BFM..... | 45 |
| 迎面 BFM..... | 45 |
| 迎面 BFM 介绍..... | 46 |
| 脱离窗口..... | 46 |
| 进入战斗还是脱离..... | 48 |
| 领先转弯..... | 48 |
| 交会时的选择..... | 50 |
| 低机首：倾斜下滑侧转..... | 50 |
| 水平转弯..... | 51 |
| 垂直方向战斗..... | 51 |
| 翻滚过顶速度..... | 52 |
| 基本空战几何学：单环战和双环战..... | 54 |
| 战斗机飞行员训练科目：迎面 BFM..... | 55 |
| 小结..... | 56 |
| | |
| 第五章超视距空战介绍..... | 57 |
| 超视距空战介绍..... | 57 |
| 侦测..... | 57 |
| 分类..... | 58 |
| 瞄准..... | 59 |
| 拦截..... | 59 |
| 交战..... | 59 |
| 脱离..... | 59 |
| 合在一起..... | 59 |
| 侦测阶段..... | 59 |

| | |
|------------------------------|-----------|
| 分类和跟踪阶段..... | 60 |
| 拦截阶段..... | 60 |
| 交战阶段..... | 63 |
| 全面交战..... | 64 |
| 总结..... | 68 |
| | |
| 后记..... | 69 |
| | |
| BFM 课程学习计划..... | 70 |
| 第一课：空战几何学..... | 70 |
| 目标..... | 70 |
| 测验..... | 70 |
| 第二课：进攻性 BFM..... | 72 |
| 目标..... | 72 |
| 测验..... | 72 |
| 第三课：防御性 BFM..... | 74 |
| 目标..... | 74 |
| 测验..... | 74 |
| 第四课：迎面 BFM..... | 76 |
| 目标..... | 76 |
| 测验..... | 76 |
| 测验答案..... | 78 |
| | |
| 附录..... | 79 |
| 引言..... | 79 |
| 越南上空 F-4E 和 MIG-19 的机炮战..... | 79 |
| 无线电抄本..... | 84 |
| | |
| 术语表..... | 88 |
| | |
| 关于作者..... | 91 |

序

空战艺术是计划用来传授基本空战机动（BFM）的原理。正如书名所暗示的，BFM 是战术战斗机的飞行基础。它的原理是基于物理，几何，航空动力学规则，而这些规则并不相关也不互相协调。

当你购买了《空战艺术》，你所期望的学习成果将有可能成为现实。当你浏览这本书时，仅仅看一遍录影带，那么你能只能接受到少量的 BFM 基本原理。但是如果你在读这本书时，反复看附赠的 Pete Bonanni 的精彩录像，你将学会并理解在视距内空战环境中如何机动。我可以保证这些知识将能很好的为你服务。

由于先进技术以不可思议的速度快速增长，使得现代战机变成了一个由“按钮”组成的高科技平台。因此你也许会疑惑，在这个使用脉冲多普勒雷达，微光探测技术，智能导弹的时代，为什么要花费时间和精力来学习老式的 BFM。为什么不在敌机看到你之前就击落敌机呢？这个问题已争论了很多年。1950 年时，我是一个有抱负的战机飞行员，当 F-86 装备最初型号的 AIM-9 响尾蛇导弹时，我第一次听到这种论调。依照故事情节的发展，导弹这个家族应使战机飞行员由过去的“缠斗”转移到听指令按“魔钮”的角色。然而这没有发生；没有发生在跨世纪系列的超音速战机上；也没有发生在更新型的 F-15，F-16，F/A-18 或今天任何前线战机上；假如我是个赌徒，我敢打赌将来任何时候都不会发生。

由于一些 BFM 诽谤者自身的无能，使得我的信心不断增强。而另一些指挥官对个人的前途提升比部下的空战技巧更感兴趣，他们讨厌 BFM 是由于他们害怕损失战机（和他们的前途）。其他人则相信他们总是能干掉迎面而来的对手，而不会进入混战，并且总能让“魔法”起作用。我的看法是，他们理论上的缺陷就像一个拳击手宣告他永远不会被另一个拳手的勾拳击中。如果你参加拳击比赛的时间足够长，迟早你会发现自己在拳台上遇到像 Joe Frazier 那样的对手。类似的是，如果你飞行空对空战斗任务的时间足够长，某天，你将会发现自己正穿过转弯圆环观察那个一心想要你死的敌人。在这时，脱离战斗不是一个可选项（当然，除非你认为他的导弹不会击落你）。就像被对手骑上的猪...没有办法摆脱。这也是个糟糕的 BFM 学习时间。

不过，别误解：我并不提倡 BFM 是万能药，但在职业战机飞行员的生涯中绝对能代替基本功。在今天的空战舞台上所发生的每一次有意义的战斗，都表明了活得久的可不是那些习惯于在迎面相遇中进入持续转弯战斗的飞行员。这些动作像磁铁一样吸引敌机并使你非常容易被攻击。然而，BFM 技术却能快速的把你的机炮和导弹指向正确方向，从而快速击落敌机。它也能确保当你陷入一场无法脱离的 1 V 1 战斗时，你可以提供敌人为国捐躯的机会。

在二战中，伟大的德国王牌飞行员埃里希·哈特曼，使用简单的“观察，决定，攻击，脱离”战术，至少击落了 352 架敌机。伟大的“鲍比”哈特曼飞 BFM 吗？你打赌他肯定，不幸的是，最有资格证明事实的人已经不在这儿了。然而，他并不是简单或愚蠢的运用他的战术思想。在他的书中，*The Blonde Knight of Germany*，他详述了那些完全相信和依靠“操纵杆和尾舵踏板”的天才，并倾向于把那些人看作是“体力飞行员”（即便还有一些，完全这样的也很少）。因此如果你要寻找一套基本的战术来采用，我建议你去模仿那些“王牌中的王牌”战术，同时不要感到

羞耻，因为他们在半个世纪前飞 Bf-109 所使用的战术，使用在今天最先进的战机上同样有效。基本战术就是 BFM，对空战来讲，就像足球比赛中阻挡和争抢，值不值得你花费时间和精力去学习和掌握它呢？我以如下的话来结尾：

空战的统计表明大约有 10%的战机飞行员获得了 80%以上的空战技术。在数千名包括我已交往多年的飞行员中，我很走运，能和许多属于 10%的那些顶级飞行员一起飞行和服役，我也从未遇到一个不懂 BFM 的飞行员。就像附赠的录影带中所说的“在战机模拟游戏中，如果你不会飞伟大的 BFM，你将永远到不了顶峰。”

祝你猎杀愉快并赢得六点钟

Phil “Hands”Handley

（译注：Phil “Hands”Handley 上校曾是一名“米格杀手”战机飞行员，也是在北越上空唯一用机炮击落过 MIG-19 的飞行员，现已退役）

前言

简单的分一下类，空战艺术 是一部非常全面的关于现代空战的视听指导教材。

任何一个喜欢读描述空战的惊险小说，喜欢看流行的航空类电视节目，对军用飞行，空战或现代飞行模拟话题感兴趣，以及疑惑现代喷射战机飞行员实际上会怎么做的人，会喜欢这本书的。空战艺术 示范了在现代空战中“怎样做和为什么这样做”，并且也是这一类中用多媒体格式来表达信息的唯一产品。

空战艺术是由 Pete Bonanni 所编写的。Pete Bonanni 是一名国民警卫队空军官员，主要工作是训练战机飞行员的空战技术。这本书每一章的开始，描述武器操作员和飞行员所遇到过的情况，同时陈述 F-16 飞行员在对地和对空训练所遇到的情况。这些事例说明了他和他的学生所遇到过的一些不常见的情形以及现代空战技术的复杂性。

大多数现有的关于空战的书籍，既有历史性的回顾和传记，也有写给战机武器训练用的高技术文献。这是第一本特别为外行学习使用的书：你将能从中发现空战的着迷之处和有机会理解怎样去学习，怎样去做，但一直要等到现在，才把这个主题处理成如此有趣且容易理解的形式。

空战艺术 书中每个故事后面都有一系列与故事中要表达的空战情况直接相关的解说和图例，同时图解如何一步一步的学习和掌握现代空战技术。附录中，含真正的“战斗机武器学校”的体验，在书结尾处的课程计划包括每一章的学习目标（训练方法用于真实的“战斗机武器学校”），也包括一个附有答案的小测验。

你可以把 空战艺术 一口气读完，但为了最有效的理解空战经验，最好的方法是读完每一章后，看每章所配的录影带片段。这个录影带混合了真正空战中所拍摄的镜头，也包括有已退役空军上校 Phil “Hands” Handley（“米格杀手” 战机飞行员，也是在北越上空唯一用机炮击落过 MIG-19 的飞行员）的历史性解说。

“战斗机空战教练员” 录影带的每一段都由作者 Pete Bonanni 解说，并且讨论与学习目标相关的问题。在解说中，飞行模拟器和模型用于说明被讨论的相关概念和真实机动。

对于那些好奇于“战斗机空战教练员” 录影带中飞行模拟器的人，空战艺术 也包括了一个免费的 Falcon3.0 示范盘，在军事和航空领域之外，这可能是最真实的 F-16 飞行模拟器。在这个 Falcon3.0 试玩版中，你将能亲身去感受空战，并做出空战艺术 和“战斗机空战教练员” 录影带中所说的机动。

最后，对于那些已有 Falcon3.0 拷贝的爱好者，可以从 Spectrum HoloByte Online BBS 免费下载模拟器训练任务（称为 Red Flag 任务，来源于内华达州尼尔空军基地著名的“Red Flag” 战斗机武器学校）。

空战艺术，“战斗机空战教练员” 录影带及 Falcon3.0 飞行模拟器，合起来带领我们中的少数人进入一个令人着迷的现代战斗机飞行员和现代空战的世界。

第一章空战几何学

基本空战机动概观

基本空战机动或 BFM 是指在一对一的空战中，战机是怎样相互机动进行对抗的。这些机动是其它战术或技术的基石。如果你一开始就不理解 BFM，无论在哪个阶段，你都不能获得真正的精通。

BFM 详细而精确的描述了战斗转弯，转弯空间，转弯圆环等概念。这些原理将在本书的空对空章节中作讨论。BFM 原理也应用在空对地任务中。一名战机飞行员在战场上的目的是猎杀和生存。

现代战机飞行员为了达到这个目的，必须掌握由 BFM 组成的综合技能基础。这个基础的形成功将有助于你加深对现代空战的理解。你知道什么是重要的，但在战斗飞行中，并不是指你知道什么，而是怎样在布满敌人的天空中完成任务。下面的内容将阐明这一点，空战艺术将带领你开始掌握空战原理的旅程。

不久前，在 DACT（不均等空战战术）研究中，我和一些 Mud Hens（F-15E 的昵称）有过一场空战格斗。我驾驶 F-16 战机，对手驾驶 F-15E。F-15E 是 F-15 的对地攻击版本，在海湾战争中，因攻击飞毛腿导弹发射台和其他各种目标而闻名于世。双座的 F-15E 装备的保形油箱增加了它的航程，但却限制了其机动能力。

战斗按惯例在“战斗开始”的命令后展开，我立即带领我的双机 F-16 编队转向西南太阳方向。当双方进入目视距离时，这个动作将迫使敌人朝着太阳方向观察。在数量上敌人已超过我方，为 4 比 2，所以我们要尽可能的获得所有的帮助。为了使情况更糟糕，我们被限制只带 AIM-9M 导弹，而 F-15E 同时挂载 AIM-7M 和 AIM-9M 导弹。由于 AIM-7M 比 AIM-9M 导弹有更大的射程，所以战斗以“rope-a-dope”（译注：任何欺骗敌机的机动）模式开始。在这种情形下，由于敌人有更长的棍子（AIM-7M），而我们又打不到他，你将不得不使用诡计来确保你不会爆头。

“rope-a-dope”模式下，在我们进入麻雀导弹射程之前，计划是确定 Mud Hen 的编队。下一步，确定我们中的哪一架被 F-15E 的雷达标定。如果两架都被敌机雷达标定，那我们将转离逃跑，没有必要就这么被 AIM-7M 导弹干掉。如果只有一架被敌机雷达标定，则被敌机雷达标定的飞机转离敌机，未被敌机雷达标定的 F-16 将进入迎面相遇战斗并扭断其中一些 Mud Hens 脖子。还有一种不太可能的情形是，他们在雷达上没有发现我们中的任何一架，那么我们将都进入迎面相遇战斗。

战斗打响后，我在雷达上获得了所有四架敌机的回波点。他们以 wall 编队对着我的机首直扑而来，我立刻呼叫僚机：“长机发现四个目标，左方 20 度，高度 18000 英尺，一字编队，高速接近。”僚机回答：“2 号机情况相同。”僚机和我都在雷达上发现了他们四个，这时敌机与我们已有了一些方向偏差，我向西南方向转得更远，同时速度增加到略小于一马赫。就在我刚完成转

向时，僚机报告：“2号机被雷达发现，左方1点钟”，一架F-15E的雷达已发现他。紧接着他做了一个滚转并转向脱离战斗，这是我们计划过的机动，即如果我们中的一架被F-15E的雷达发现，那么就转向脱离战斗。当僚机按计划执行脱离机动时，我再次检查了我的威胁告警装置。如果我被敌机雷达成标定，我可以获得一个告警声，但这些装置以前曾背叛过我。当紧张不安的把筹码压下去的时候，只有自己的眼睛可以百分之百的信赖。

不，仪器上是干净无信号的。在10英里处，我转向HUD中被我雷达成标定的F-15E，大约8英里处，我获得一个目视可见目标，并呼喊道：“Lead's tally 4, wide line abreast formation”。他们没有看见我，或者看见了没有反应过来。我进入了射程，并按住F-16的Z轴游标移动按钮，当你按住游标移动按钮时，可以把AIM-9M导弹从雷达隶属模式切换到孔径模式。我计划使用眼镜蛇导弹的孔径模式干掉最近的F-15E，然后切换到编队中最远的那架F-15E，使用雷达隶属模式干掉他。这个方法使我有机会在迎面相遇时干掉两架敌机，并击退前面的另外两架敌机。事情按照正确的步骤在发生，当我获得最近的那架F-15的一个好的导弹发射音调时，一切处于最佳状态，上帝在天堂，鸟儿在树上歌唱，当在AIM-9M的武器包线正中时，我压下扳机，所有的一切都是正确的，我喊道：“Fox2 kill on the southwest Eagle at 18,000 feet”。

从这时起，形势变得严峻。我在无线电中的射击呼叫声引起了敌机编队爆发性的动作。突然间，就像捅了马蜂窝，整个F-15E编队迅速的转向我。这个动作使整齐平静的F-15E编队进入一个愤怒的，尾随长机的编队。最近的F-15E从我旁边一闪而过，同时滚动副翼表明他知道已经“死亡”了。编队中剩下的敌机非常激动，并意识到有一架F-16正在他们的裤裆里。我试图解禁AIM-9导弹搜索头去捕捉最后面的F-15E，但这时天空中已充满了闪光弹，包括我自己的。

“笨蛋，现在该怎么做？”我对自己说，我不能按计划干掉编队尾部的F-15。由于计划被破坏，使得我由一名头脑清晰的精英杀手变成了一个笨蛋。头脑中快速清晰的思维被所有飞行员的头号祸害——随意思维所取代，混乱的思维中产生了一个愚蠢的念头“机炮射击最后的F-15”，这就是当时所有我能想到的。“机炮射击最后的F-15——是的，也许会有用”，出于本能反应，我拉杆达8G，做出了平时练习中做不出的转弯角度。当我开始转弯时，我在F-15E的90度方位角，4000英尺处，转弯结束时正好在机炮射击参数包线正中，并捕捉住最后的那架F-15E。那架F-15E的反应就像有一块木板拍在它的头上。同时我的转弯让我感到很吃惊，我想我的转弯肯定也吓呆了那个F-15E飞行员，因为他根本没有急转逃走，而是保持转向我，让我更容易射击。我喊道：“Tracking kill on the F-15E at 17,000 feet, nose low, passing through west”。好了，现在是2比1的战斗了，“现在，那两架见鬼的F-15在哪儿呢？”我做了个翻滚，检查了机腹下方，在8点钟方向目视捕捉到一个目标。两架F-15E在6,000英尺处，情形不算太坏——我可以做一个高G转弯，与他们迎面交错而过，我滚转到把我的升力矢量对准他们，然后开始拉杆。没有反应，机首一点反应也没有，当我意识到这是由于在刚才的转弯中，愚蠢的把飞机速度从450 knot减到150 knot，我的思维变得清晰起来，我将要自己吞下这枚苦果。我有两个选择——都是致命的，一个是为了获得能量而加速直飞，成为导弹的目标，另一个选择是试图转弯直至速度完全丢失，成为敌人机炮的靶子，两个选择都是不错的，但战机飞行员的本能使我向最近的F-15E转过去。战斗结束了（在此之前，我做了一个无力的机炮逃脱动作）。

错在哪儿呢？直到进入3比1转弯战斗之前，我一直都做得很正确。F-15E是世界上最好的对地攻击战斗机，也是一种令人尊敬的空优战斗机，在性能上非常类似Turkey（F-14的昵称）。然而，对于以转弯见长的F-16来说是不相称的，因此我所获得的射击机会绝对是滑稽可笑的。在1对1的情形中，许多战斗的成败依赖于战机飞行员作机动的能力。在和F-15E的战斗中，我

应当意识到我的脱离窗口和脱离（这些概念将在第四章被讨论）。另外，我消耗了过多的能量在那个急转弯上。BFM 是战机飞行员必须学习的最重要的技能。在这个例子中，我像一个水管工人拼命扳管子那样飞 BFM，这不是一名战机飞行员应做的，和应付出的代价。

空战几何学介绍

当我在空军学院还是个乳臭未干的学生时，有一个教航空学的教授，我们都叫他 Sominex 上校。Sominex 上校能把最有热情和最努力的学生在几分钟内变成一个淌着口水,脑袋乱晃与睡意作斗争的蠢蛋。你可以想象到，他对像我这样偶然踏入 Zoo 学院（这就是被我们这些学生叫做空军学院的地方）的学生有多大的影响。事实上，我的前额上仍有一块由于上课时打瞌睡，头部撞击在桌上而产生的疤痕（不过现在已被皱纹所掩盖）。然而，所有这些都未能撼动上校，他仍在学生打瞌睡和淌口水中靠教伯努利原理和流体法则混日子，并总是把他写在黑板上的标上时间。关于这位老上校的航空课程有趣的是：这是我在 Zoo 学院所学习的课程中，一直到今天我还在使用的，为数不多的几门中的一门。很明显我不用去解决什么航空问题，但这的确帮助我理解了飞机是怎样飞行和引擎是如何向后推动空气的。

好了，同样的事将在这一章的几何学中被说明。这部份在 *空战艺术* 这本书中可能是最乏味的；然而，如果我们不理解用来描述两架飞机相互空间关系的术语和定义，是不可能去讨论空战的。将来，在你读完这本书之后，就像我的航空课程一样，你会发现在这个领域，你将长期使用这些知识。

现在，为了能执行 BFM，战机飞行员必须理解他和目标的空间关系，包括三个方面：位置几何学、攻击几何学、和武器包线。像其他专业一样，空战也有其必要的，独特的术语。

位置几何学

"Angle Off"（夹角）、"Range（距离）"、和"Aspect Angle（方位角）"是用来描述一架飞机与另一架的优势或劣势关系的术语。

Angle Off（夹角）

Angle Off 是你和敌机航向之间的夹角，用度为单位表示。这个夹角提供了你的机身和敌机机身之间的关系信息。如果你敌机之间的航向一致，那么你的夹角就是 0° ；而 90° 夹角就说明你垂直于敌机。夹角也被称之为 HCA（航向夹角 Heading Crossing Angle）。图 1-1 显示了夹角。

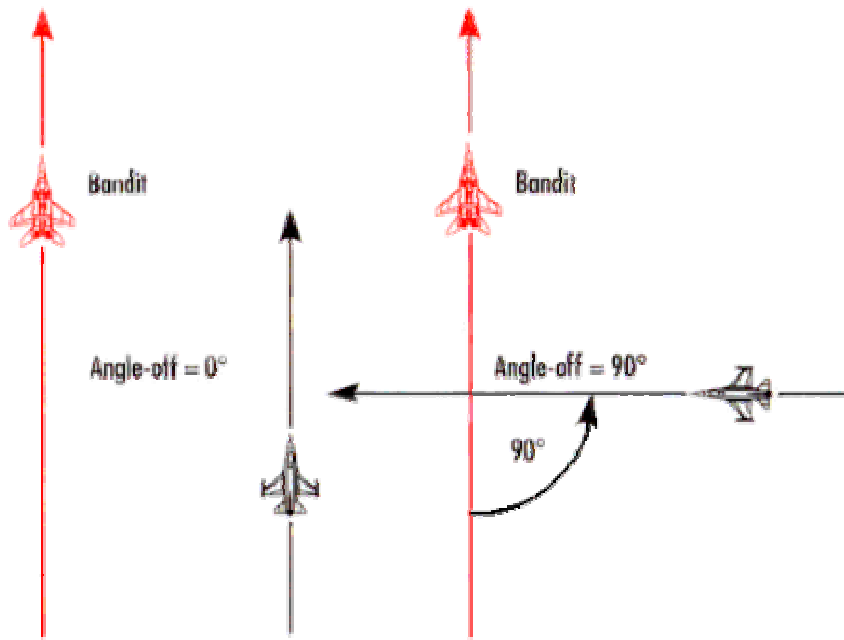


图 1-1

Range (距离)

Range 就是你和敌机之间的距离。在大多数现代飞机的 HUD 系统（平视显示仪）上，距离小于一海里（6,000 英尺）的以英尺为单位，大于一海里的用海里为单位。例如：目标距离为 9,000 英尺时显示为” 1.5 “海里。图 1-2 显示了距离。

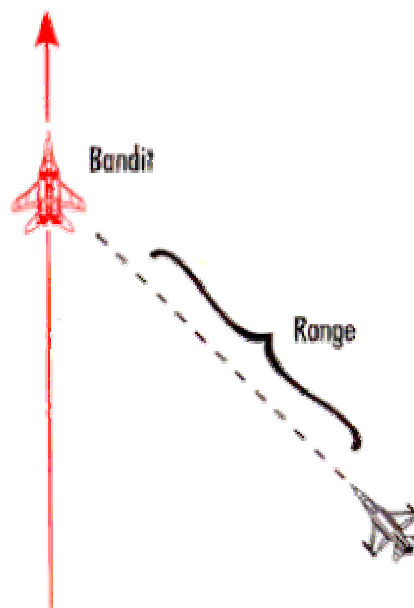


图 1-2

Aspect Angle (方位角)

方位角是你的飞机相对于敌机尾部的角度，以度数表示。方位角的重要是由于它指示了你相对于敌机六点钟方向的位置，和你本身的航向没有任何关系，如图 1-3 所示。注意无论你的航向是什么，你的方位角都是相同的。方位角是由与敌机尾部所成的角度关系决定，图 1-3 显示了左或右方位角。为了确定是左还是右方位角，以敌机的 6 点钟为参照，如果你位于敌机的右侧，那么你的方位角就处于右方位，如果你位于敌机左侧，你的方位角就处于左方位。方位角的重要性在于，如果你知道了方位角和距离，你可以判断你的侧向位移或者可用的转弯空间——而侧向位移在 BFM 中是非常重要的。

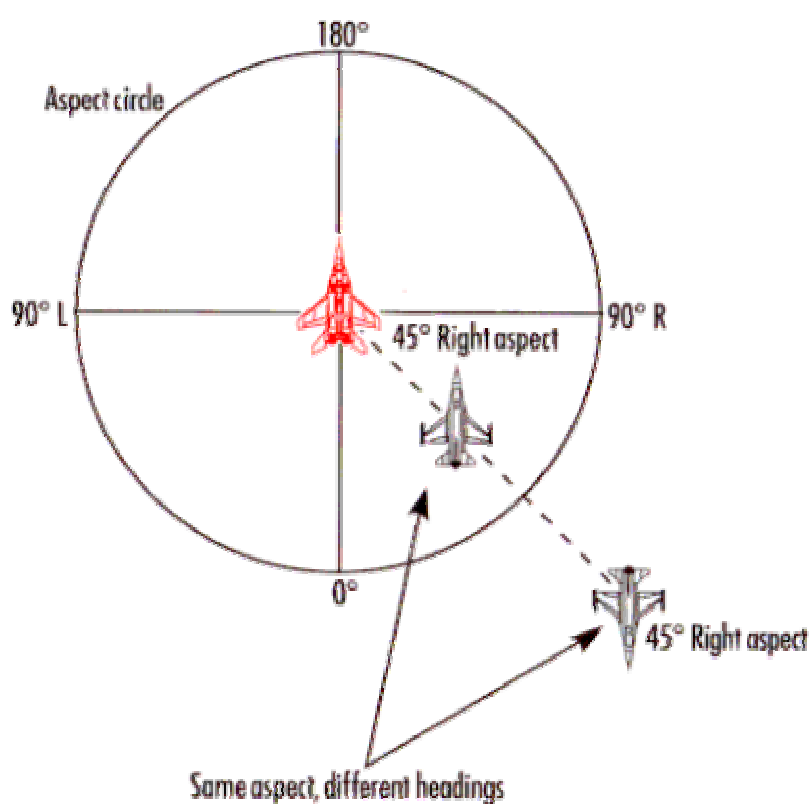


图 1-3

攻击几何学

攻击几何学描述进攻飞机到目标之间的飞行路线。当你开始攻击一架敌机时，有三种截然不同的路径或追击路线。追击路线有“滞后追逐”，“纯追逐”和“领先追逐”。如果你指向了目标的后面，那么你就处于“滞后追逐”状态；如果你的机首正指向目标，你就处于“纯追逐”状态；同样，如果你的机首指向敌机的前方，那么你就处于“领先追逐”状态。图 1-4 显示了攻击方的路线选项。

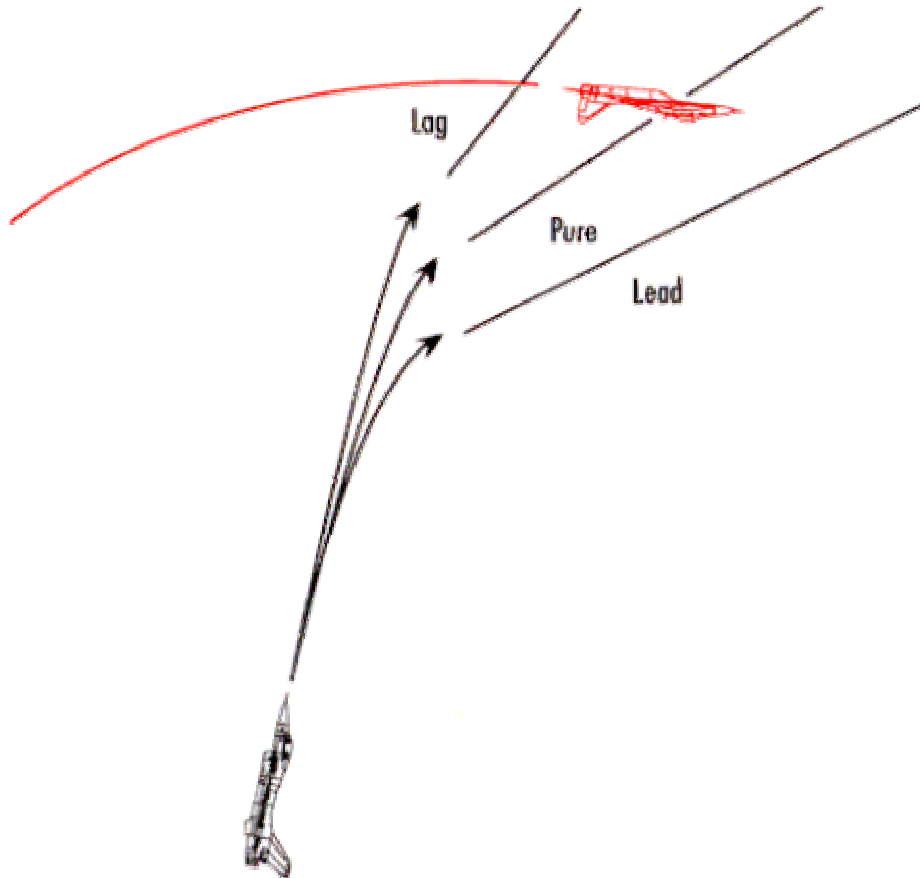


图 1-4

滞后追逐

滞后追逐主要用于逼近目标。滞后追逐也可用于当敌机异面拉起时，也就是说，被攻击的敌机从与你飞行的同一个面上拉起或者机动到另一个平面。在一段时间的滞后追逐后，你必须有能力完全转向敌机。原因？为了将你的机首对准敌机开火或发射导弹，你必须完全转向目标。如果目标的转弯速率比你的转弯速率更快，那么他就可以让你保持在滞后追逐中，同时防止你进行射击。

纯追逐

纯追逐用于使用导弹攻击敌机。就是直接将机首指向目标并直对着他飞。自始至终指向敌机的纯追逐会导致超越。因此，只有当你要射击时，才将机首指向目标。图 1-5 显示了保持纯追逐导致超越。

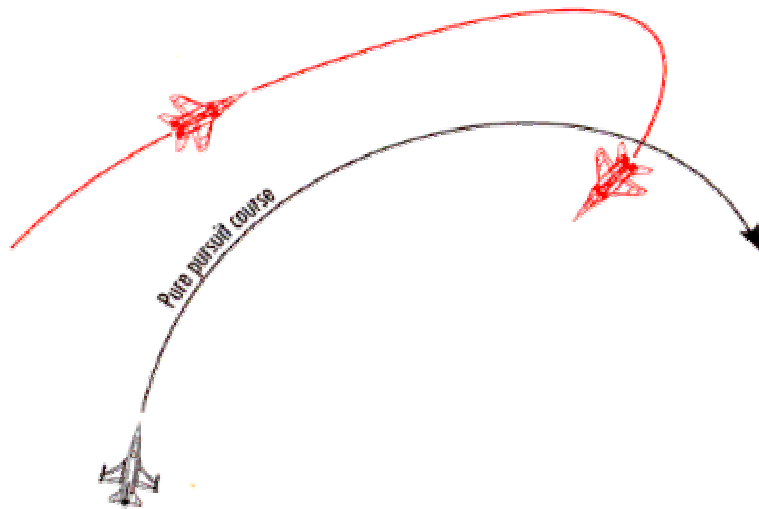


图 1-5

领先追逐

领先追逐用于使用机炮攻击时接近目标。由于你是切敌机飞行路径的半径，因此领先追逐是指向目标最快的路径。问题是：除非你有比敌机更好的转弯速率，否则当你靠近敌机时，非常容易超越敌机。当对抗类似性能的飞机时（比如 MiG29），正常情况下你不能长时间维持领先追逐，否则最终会被迫超越敌机，类似上图中的情形。在战斗中的正确时间进入领先追逐是很重要的，因为这是你获得进入机炮射击参数的唯一路径。

确定追逐航线：

如果攻击者和防御者处于“同面”状态，那么 HUD 上的速度矢量就可以确定攻击者的追逐路线。速度矢量是你的飞机将要飞到的方向。在座舱中它是由飞行路径标记符（FPM）所描绘的。图 1-4 的例子显示了攻击者和防御者在同一平面上，图 1-6 显示了一架 F-16 的飞行路线标记符（FPM）。

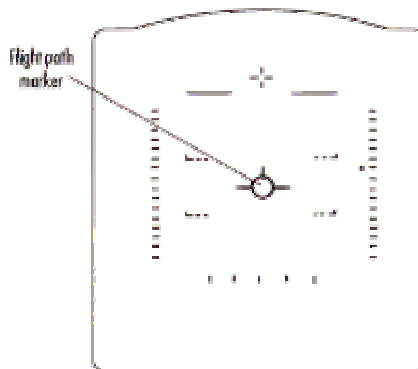


图 1-6

如果攻击者和防御者不在同一个机动平面上怎么办？怎样确定“异面”机动时的追逐路线？当攻击者和防御者不在同一个机动平面上时，追逐路线由攻击者的升力矢量确定。升力矢量是飞机上指向顶部，垂直机翼的一个矢量。在高G移动时，飞机沿着它的升力矢量移动。你要通过滚转你的飞机让升力矢量处于你想要的方向上，这样飞机的鼻部就可以朝着升力矢量移动了。图1-7显示了一架飞机的升力矢量。

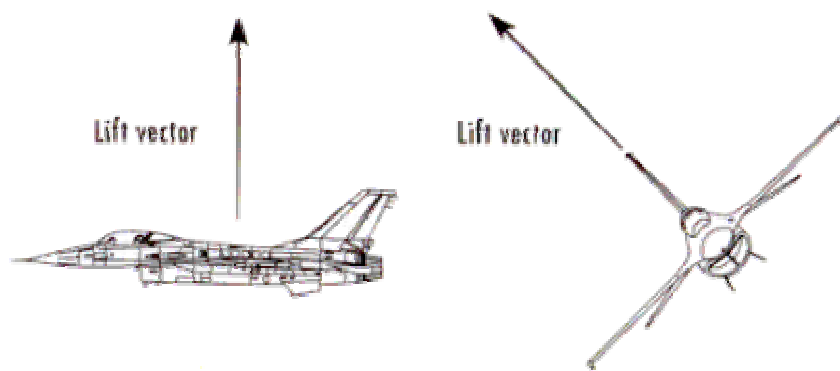


图 1-7

当攻击者拉起执行异面机动时，他的追逐路线由他的升力矢量决定，技术上他将进入滞后追逐状态，而他再向敌机拉回时，有可能进入领先追逐状态、也可能是纯追逐或滞后追逐状态，这要看他所做的动作而定。图1-8显示了一架F-16拉起执行异面机动。（这张图片显示的并不是推荐的机动，但的确表明了“异面”机动对追逐路线的影响。）

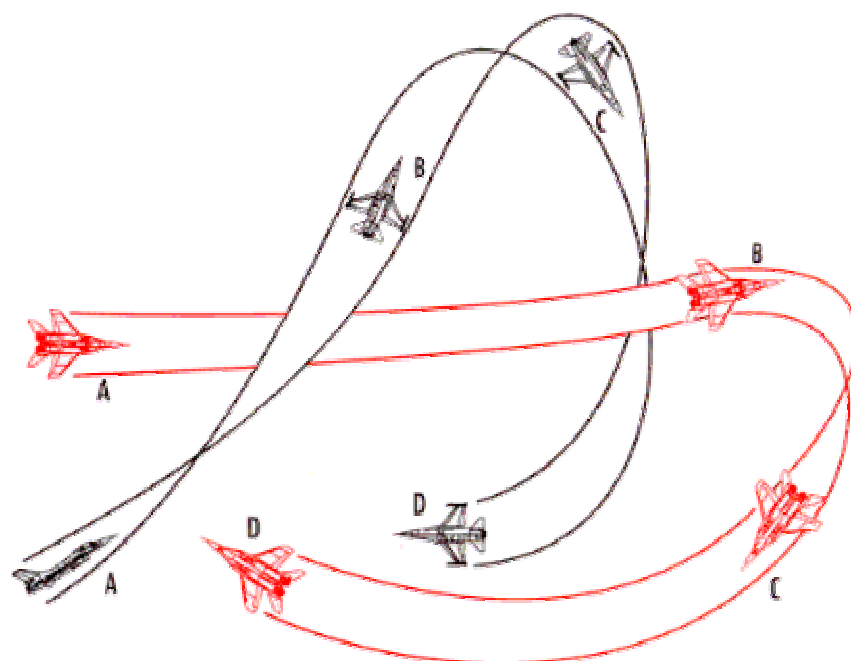


图 1-8

在这张图片上，当 F-16 拉起到位置 B 时，立即进入到滞后追逐状态。在这个机动的顶端，位置 C 处，他开始向防御者拉回，在这个位置，F-16 进入纯追逐。注意在位置 D 处，当 F-16 进入 MIG-29 的所在平面时，他再次进入纯追逐航线。

当你攻击敌机时，你的机首位置是非常重要的。在下一章“进攻性 BFM”中，攻击几何学的使用将会被详细的讲解，同时我们也将使用特别的术语来讨论与敌机的位置关系。从现在起，你要确信你能理解每种追逐路线和各自有什么作用。

武器包线：

武器包线是围绕敌机的导弹或机炮的有效攻击区域。武器包线由夹角，距离和方位角确定。你所挂载的武器类型确定了这个区域的维度和位置。

如果你挂载了全方位导弹 AIM-9M 或 AIM-120，围绕敌机的武器包线区域的形状有点象油炸圈饼；外圈是是武器的最大有效射程 R_{max} ，内圈是武器的最小有效射程 R_{min} 。图 1-9 所显示的油炸圈饼形状描绘了全方位导弹有效操作区域。对于每个导弹，最大有效射程和最小有效射程是不同的，一般而言，射程或最大有效射程较大的导弹，最小有效射程也较大。

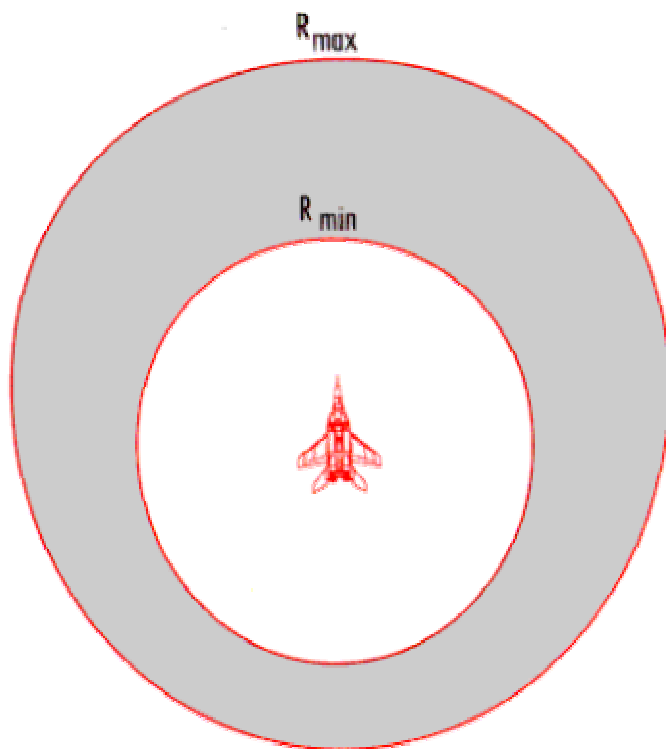


图 1-9

注意全方位导弹的武器包线是蛋形。敌机前方的有效操作距离比后方的要大很多，这是由于导弹在高方位角发射时（在前面）比在低方位角发射（在后面）具有更大的有效射程。如果你面

对面射击一架敌机，导弹和目标是相对飞行的，比起我们在敌机的六点钟位置发射导弹而言，导弹在击中目标前实际飞行距离缩短了。但最重要的是，当你和敌机面对面时，发射的导弹具有更大的射程，在你可以发射导弹的更远距离处发射攻击目标，导弹仍然有效。要争取使用武器的最大性能。另一个增加导弹有效射程的方法是，从比敌机有明显的高度处发射导弹，这可以把导弹的势能转化成动能。

图 1-9 显示了目标在 1G 状态时的情形。当目标拉 G 时，武器包线将会变化。一般情况下，敌机前面的最大和最小有效射程都将向转弯方向延伸变长，敌机后面的最大和最小有效射程都将向转弯方向缩短。图 1-10 显示了目标在 5G 转弯中。要记住的重点是，敌人担心的是在高 G 转向你时被干掉。当发生这种情形时，最小有效射程由于目标的高速率运动而会延伸很多，你可能会在几秒钟内，就处于导弹的最小有效射程里。

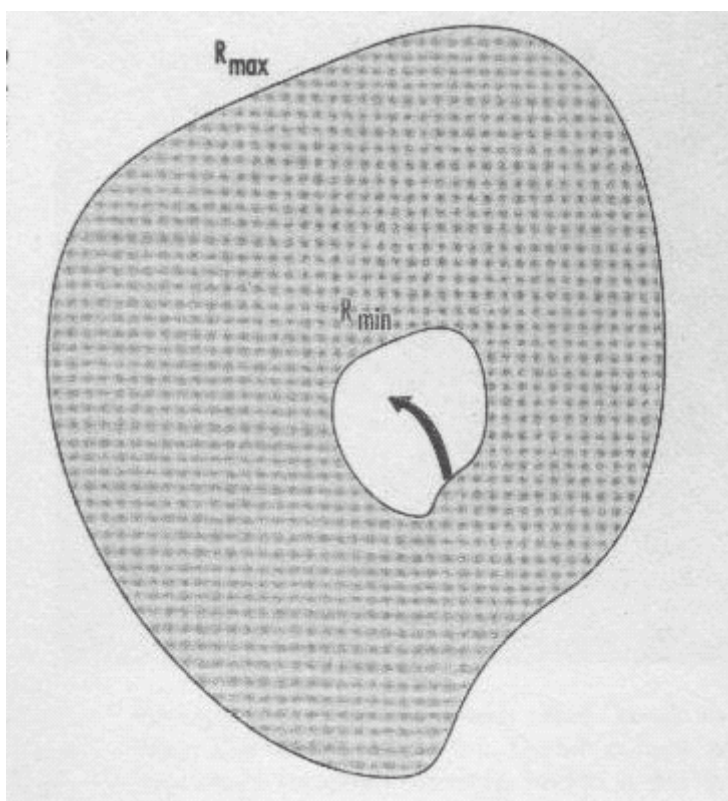


图 1-10

机炮

机炮与导弹的不同之处是，机炮没有最小有效射程。机炮的武器包线是一个围绕敌机由最大射程构成的的圈，没有最小有效射程的圈。图 1-11 显示了机炮的武器包线。

记住，一名战机飞行员必须知道在任何时候都要注意他的武器包线。

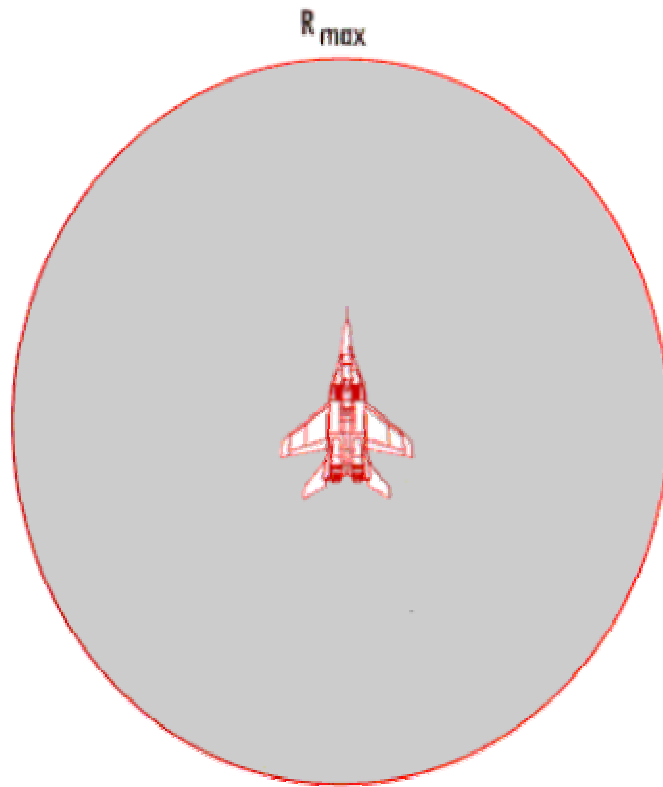


图 1-11

小结

攻击几何学是重要的。在学习下一章之前，你应当理解这一章所有的术语和定义。录像带上的理论讲解将增强你的 BFM 几何学知识，在看完录像带的第一部分之后，你可以在“BFM 课程计划”中测验你对 BFM 几何学的掌握程度。

第二章进攻性 BFM

进攻性 BFM

秋天，佛罗里达州坦帕，麦克迪尔空军基地，在一个伟大的日子里，我和绰号“胜利者”的第 61 战斗机中队飞了一场 BFM。这是我第七次飞 F-16C，我很快就爱上了装有通用电力公司的强大引擎和增强的航电系统的 F-16C 战机。我以前在 F-16 上的 850 个飞行小时是飞 F-16A，F-16A 比起 F-16C 来，更轻（更原始）。F-16A 装有老版本普惠公司的 F-100 引擎，这在当时是个不错引擎，但比起第 61 战斗机中队的 F-16 Block30 所装备的通用电力公司的 F-101 引擎来说，动力显得有些不足。然而，我最近的 500 小时的飞行时间都是在飞令人尊敬的 A-7D 海盗 II 攻击机，装有普惠公司引擎的 F-16A 甚至在我的记忆中逐渐消褪。

我在五年前已经离开麦克迪尔空军基地和 F-16A，前往亚利桑那州图森进行 A-7D 战机训练。在我到达后，我所在的国民警卫队飞行中队本来预期先飞一到两年的 A-7，然后转飞 F-16。“一到两年”结果变成了五年，在这五年中，除了低空飞行和轰炸，轰炸和更多的轰炸，其他什么也不做。不要误解，我并不是反对轰炸。仅仅想说明当你所做的全是轰炸时，你会衰老的很快，尤其当你是一名空战教官时。我们在 A-7 战机上做一些所谓的“空战”，但这种空战就像观看电视上的保龄球比赛——又慢又乏味。你大约在 400knot 进入战斗，速度很快就变得越来越慢。在做 90 度的转弯之后，没有人还有任何能量做机动，没有几分钟的持续直飞，是不可能获得任何能量的。大多数的空战以平手结束。年复一年的这种空战练习使我的 BFM 技能退化了，甚至当听取一场 BFM 的任务报告时，我的手都会不由自主碰碰别人（我也只能坐在那儿嚼嚼口香糖，就怕伤害自己）。

但现在，五年后，我非常高兴能回来驾驶着 F-16 在阳光灿烂的佛罗里达州上空飞行。滑出起飞时，我依然注视着头盔前垂下的浓密的乱发，我像个孩子般的裂开口，深深凝视着。这些与战斗不相关的看上去还不算太坏。唯一要算计的是头脑里还有什么，我的头脑中充满了所有正确的 BFM 术语和技术，但仍然需要注意，对一个曾经优秀的美国老飞行员而言，所有这些会不会在 1G 的负载下就由于紧张而忘掉。

在 F-16 的课程提纲中，这一部分被称作 BFM-1。BFM-1 包括从相距 3,000 英尺到 9,000 英尺的战斗计划。双方战斗机都以 300 knot 速度进入，距离 3,000 英尺的战斗计划实质上就是一场机炮战斗。在发出“战斗开始”的命令时，指导者（IP）从前面的某个位置作了一系列机动飞出去，以确保当学生（你）试图把他套在机炮瞄准镜中能活下来。

在这场战斗中，指导者是个金发的家伙，我们都称他“模范小子”。在发出“Fight's on”指令的同时，他开始作了一个 8G 的急转，一个轻微的“异面”机动（译注：防御方和攻击方不在一个机动平面上）。我的飞机稍微转向他，当指导者开始机动时，我转向他进行滞后追逐了两秒钟，然后开始拉杆进行领先追逐。在接下来的两秒钟内，我意识到在滞后追逐里花费了太长的时间，因为当指导者开始轻轻拉高他的机首时，我不能把我的机首对准他。当战斗开始向上延伸时，我仍然在滞后追逐中。整个战斗从头到尾，“模范小子”保持目视可见，很快，战斗被喊到“Knock it off”。天哪！一切发生得非常快，整个战斗持续了不到 10 秒。在这场战斗中我是如此的落后，

我感到自己被挂在飞机的尾巴上。我们又进行了一次，在 3,000 英尺距离处我重新返回，我决定首先要在心理上确信能追上他，否则我将永远也射不到这个家伙。

下一场战斗以同样的方式开始，但这次，我只做 1 秒钟的滞后追逐，然后直接进入领先追逐。在一场机炮战斗中，当你看到对手做出一个攻击性的“异面”机动（译注：防御方和攻击方不在一个机动平面上）来阻止你射击，你就知道你将要赢。当我第一次进入领先追逐时，我把油门从加力状态收回，减速以防止超越。当我控制速度进入机炮武器包线时，“模范小子”知道他将不能把我留在滞后追逐状态中，或者让我超越他，因此他开始做机炮脱离动作。我抓住了他，获得了一次好的射击机会，以“杀死”结束战斗。

在下一轮战斗中，我从 6,000 英尺的距离处进入。6,000 英尺距离是开始进攻的最有利的位置，因为你正好在敌机的转弯圆环外。（这一章你将要读到所有关于转弯圆环的资料。）在这次战斗中，“模范小子”开始以一个高 G 值的防御性转弯直接转向我，但我按教科书的标准进攻并且很快进入了机炮射击参数。当我接近机炮射击位置时，我看到了以前从未见过的情景。当我接近他时，“模范小子”反转他的转弯方向代替执行经典的机炮脱离动作，并且开始脱离我。当我开始重新进入射击位置时，他又反转他的转弯方向并开始脱离我。

当我进入机炮射程时被他搞糊涂了，因此我执行当我在被搞糊涂的时候常做的动作——机炮进攻动作——我把机翼转到与地平线平行并拉杆向上脱离敌机。一旦我处在垂直方向上，我就翻滚机身观察他在干什么。这个动作可以避免我在近距离超越敌机，同时也减慢战斗的节奏。在进入垂直方向并翻滚机身保持目视可见“模范小子”后，我注意到他的确非常慢，他的减速板处于张开状态。“模范小子”的战机看上去像就被一根绳子吊着，尽管如此，他仍有大约 120knot 空速。没问题，我保持机首向上，在我减去了一些速度之后，我开始向下返回战斗。他用尽了战机所有的能量（机动的潜能）来甩掉我，当我还没有射击时，他已经没有任何希望了。当两架战机都依赖加力而处于高攻角（AoA）时，战斗以我拥有控制权而结束。

我真的弄不明白他在机炮防守中搞什么名堂，直到后来听到“模范小子”汇报时的描述才知道，他执行的这个机动叫做“蛇形机动防守”。我们将在第三章中讨论怎样使用这个动作来逃避机炮射击。要使这个动作产生效果，必须要让攻击者在整个过程中试图跟踪防守者，然而在这场战斗中我并没有始终跟随他。当我看到出现这个动作时，我脱离了他。我的机动对蛇形机动防守起了抵消作用。

好了，有趣的事还没有结束。下一次战斗从相距 9,000 英尺处开始。在距离 9,000 英尺处，你完全在敌机转弯圆环外，因此为了进入机炮射击位置，你将不得不需要明白（或执行）更多的 BFM。战斗开始时，当我飞进转弯圆环并开始第一次转弯时一切还不错。然而，当我保持以 7 个 G 转向“模范小子”时，事情开始变得糟糕了。当他把他的升力矢量对准我执行“连续转弯”的防守时，我保持继续转向他。当然，我的转弯速率比他快，这是由于他已经转了一段时间而丢失了一些速度。然而他的转弯半径与我相比要小（也是由于他有较低的速度）。当战斗持续下去时，我使用我的较高转弯速率把机首指向他。但当我把他的战机拉进我的 HUD 时，感到有些不对劲。

“见鬼，到底哪儿出了问题？”

战斗的节奏加快了。“模范小子”是在我的 HUD 中，但视线率（line-of-sight rate,译注：可

以理解成用肉眼盯住运动物体时，视线移动的快慢）非常大。事情发生得非常快，突然在我座舱里爆发“helmet fire”——被认为是一种“头骨骨折”——引起战机飞行员的大脑经历一种快速的反进化。在这种状态下，你试图攻击和杀死眼前的一切，而不管什么后果。幸运的是，“模范小子”仍然不在我的正前方，因此在一系列快速模糊不清的“感到”不对劲的事件中，我射击了，但没打中目标并超越了。“模范小子”立即反转他的转弯方向，和我进入了一个平面剪刀状态。经过了一段时间的互相剪刀转弯之后，很明显双方都不能取得优势，因此“模范小子”喊到“Knock it off”并结束了战斗。在这场战斗之后，双方的载油量都到了bingo位，于是我们重新编队进行战损检查，然后一起返回麦克迪尔空军基地。

我唯一遇到的真正麻烦是在相距 9,000 英尺的 BFM-1 中。回来后把动作路线画在中队简报室的黑板上，我才理解当相距 9,000 英尺时，为什么不能在持续的高 G 转弯中对抗一架连续转弯的敌机。如果你这么做，最后阶段你将会以非常高的机炮射击角而告终。在战斗的某些时刻，你必须减轻 G 值，返回滞后追逐，并在进入领先追逐前接近敌机。第二章“进攻性 BFM”将会展示好几个同等重要的 BFM 原则。你将不仅学习怎么去（比如在相距 9,000 英尺的战斗中，在你的第一次转弯之后要减轻 G 值），而且理解为什么这么做。

进攻性 BFM 介绍

进攻性 BFM 的最终目的是在最短的时间内干掉敌机。为了完成这个目标，战机飞行员必须理解基本的进攻性机动。把进攻性 BFM 想象成一系列流畅的滚转、转弯和加速有助于你的理解。一些在进攻性 BFM 中的机动是有名称的，但现代战机飞行员认为应根据驾驶战机进入控制位置的进攻性计划，而不是根据执行一系列有名称的“移动”来对抗敌机的防御性机动。现代战机持续的机动性使得进攻性 BFM 的“移动——对抗——移动”的讨论成为过时。这个学习指导将反映当前的进攻性 BFM 思想。

虽说是这样，但你仍然需要进攻性 BFM 技术的主要原因是用来对抗敌机的转弯。当你在一架直线水平飞行的敌机后面，使用油门控制你的速度跟在它的后面是件容易的事。然而当敌机转弯时，情形将发生明显地变化。正在转弯的敌机将会立即制造如图 2-1 所示的问题。

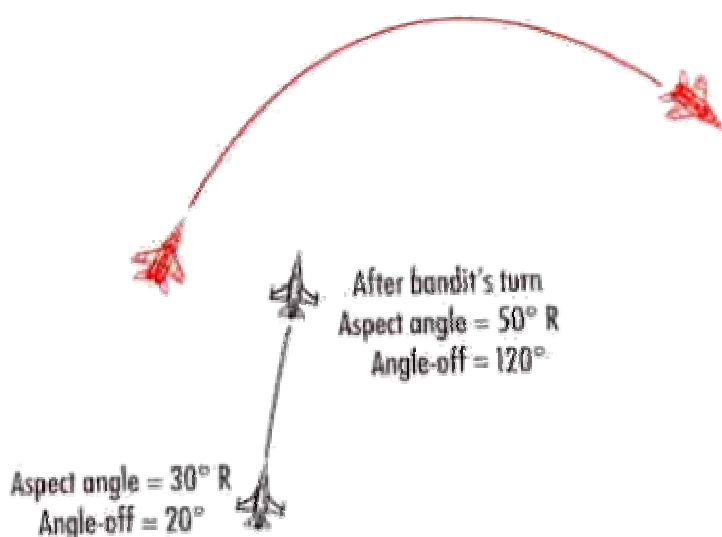


图 2-1

为了保持在武器包线内并控制敌机，你必须保持在它的 6 点钟位。为了能做到这一点，你必须维持对夹角，射程和方位角的控制。对第一章的回忆可知这些术语定义了两架战机之间的角度关系。图 2-1 显示了一架敌机的转弯是怎样改变攻击方和防守方之间的角度关系的。为了控制“角度”和留在敌机的 6 点，攻击战斗机必须转弯。图 2-2 显示了为什么攻击方立即转弯不会有作用。如果攻击战斗机为了与防守战斗机相匹配而立即进入转弯，那么它将会以冲到防守方的前面而告终，这是由于他们转弯圆环的中心偏移了。

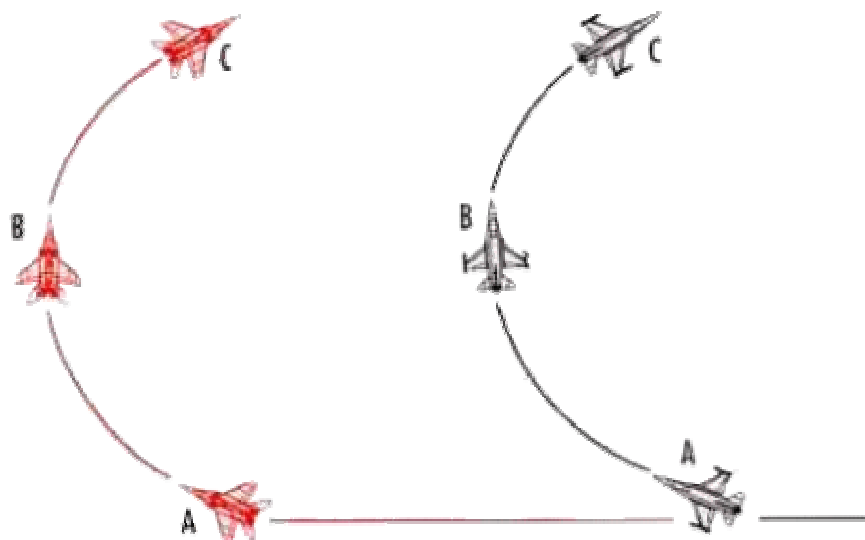


图 2-2

一个立即的转弯是无效的，或者不转弯而向前直飞也是无效的。像这种由敌机的防御性转弯所引起的夹角，射程和方位角变化的 BFM 问题，解决的方案是进行某种类型的转弯。问题分为两个方面——怎样转和何时转。首先让我们来看看转弯的技巧。

BFM 和转弯

几乎所有的 BFM 都要包括转弯，为了能成功地在 BFM 中实施转弯，理解几个关于转弯的概念是很重要的。这些概念包括：能量,转弯半径,转弯速率,角速度和垂直转弯。

能量

“能量”概念是构成 BFM 整体的一个部分。战斗机有两种类型的能量：动能和势能。动能只是涉及到飞机飞行的速度或速率。势能则是可以“储存”起来转化成动能的能量。势能和飞机的高度成正比关系，高度越高，飞机就拥有更大的势能。同一架战机所在高度越低，势能也就相应低。一定要记住你可以转换高度（势能）为速度。同样地，你也可以转换一架飞机的速度为高度或势能。

你也可以通过改变机首的指向来转换能量，任何时候，你的战机作机动或转弯会“消耗”能量。当你执行一个高 G 的转弯，你将会“浪费”或丧失能量，这是个坏消息，但好消息是防御方也会消耗能量来进行转弯或自卫。

转弯半径和转弯速率

转弯的两个基本特征是转弯半径和转弯速率。转弯半径就是转弯圆环的紧凑程度。如果从一个俯视的角度观察，转弯半径就是以英尺为单位，转弯中心到你的飞机的距离。

怎样计算转弯半径并不重要，只需认识到转弯半径等于转弯速度的平方（ $TR=V^2/gG$ ，其中 TR 是转弯半径、 V^2 是速度的平方、 g 是地心引力、而 G 则是 G 力），意味着，转弯半径是基于转弯速度（或速率）的指数级增加。等式也包括飞机的 G 值。你拉得 G 值越大，转弯就越紧凑。尽管如此，转弯速度是平方，**所以空速对转弯半径的影响比 G 力更大。**

转弯速率是转弯中的第二要素。转弯速率指示了你的飞机围绕转弯半径或转弯圆环移动的快慢。也可以用一架飞机改变机首位置的快慢程度来描述。转弯速率以度数/秒表示，也取决于 G 值和空速。（转弯速率= KG/V ，其中 K 是一个参数， G 和 V 与上面转弯半径中所述相同。）

上面等式中 G 值越高，转弯速率也就越大。速度仍然是一个重要的因素。注意一下， G 值被速度除，也即如果 G 值保持在最大，速度越高，转弯速率越小。相反的是，速度越低，转弯速率越高。

角速度：

你也许会认为减慢到最低空速并尽可能的拉杆是获得高转弯速率的最好的方法。但情况并不是这样的，在空速和 G 值之间有一个关系，在较低的空速下，你只能施加较少的 G 值，也就是说，当你变慢时，你不能拼命的施加 G 值。在较低的空速下，机翼所产生的升力也较小，结果，导致了更少的施加 G 值的可能性。如果你的速度非常快（例如一马赫以上），你施加 G 值的可能性也较小。对每一架战机而言，为获得最高转弯速率有一个最优化的速度。这个使飞机具有最快的转弯速率和最小的转弯半径的速度被称作角速度。在大多数现代战机中，角速度都在 400 到 500 节之间。F-16 的角速度在 450 节左右。

图 2-3 显示了速度（被标成马赫数），转弯速率和转弯半径之间的关系。上面的图片分别显示了转弯速率和转弯半径与速度的关系，下面的图则把两者合起来显示。下面的表格描绘了 F-16 的近似转弯性能。

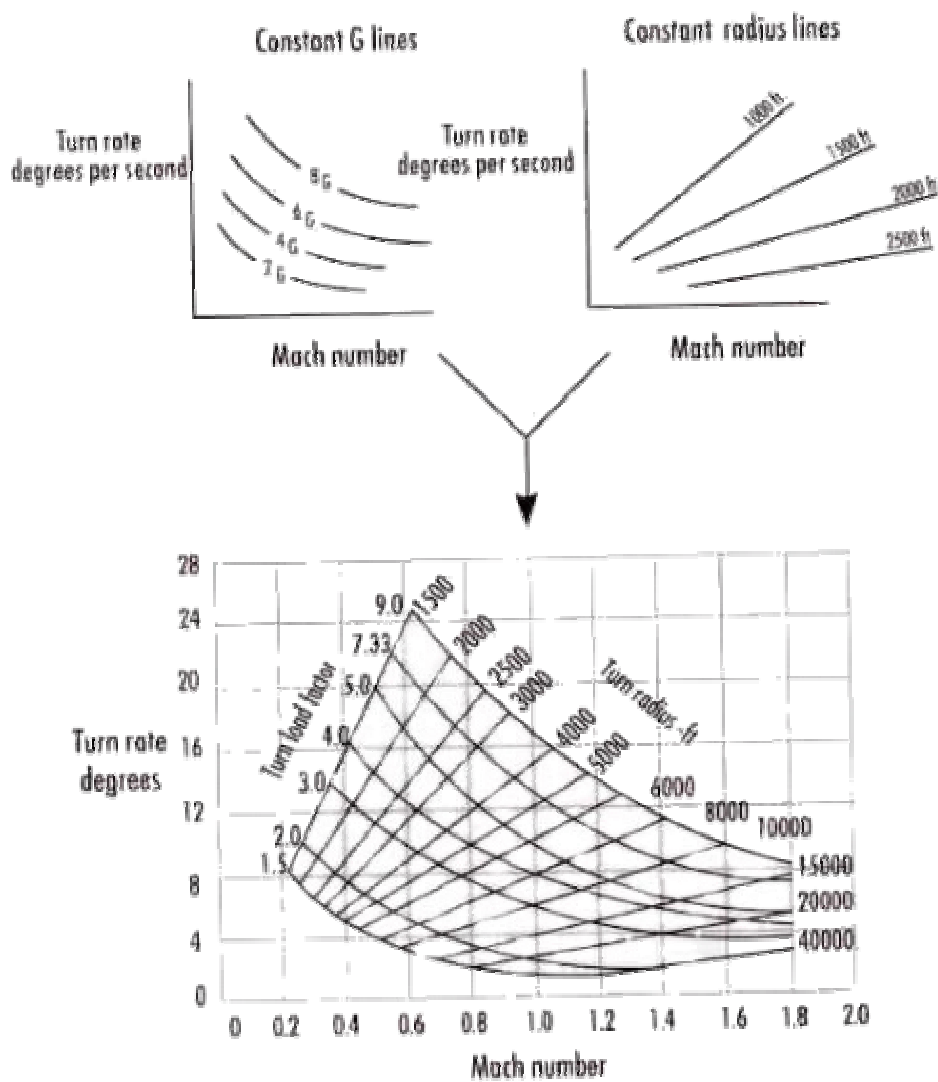


图 2-3

注意：在 0.6 马赫，飞机能拉 9 个 G 并以 24 度/秒转弯，在 0.6 马赫，飞机也能以 1,500 英尺的半径转弯。这就是飞机可能获得的最高转弯速率和最佳（紧凑）的转弯半径。飞机可以在更低的速度下获得相同的转弯半径，但转弯速率将会明显的降下来。例如，在 0.4 马赫，飞机能以 1,500 英尺转弯，但转弯速率将从 24 度/秒减到 16 度/秒。正确地分析这张图片，可知 2 度/秒的转弯速率优势就能让你控制对手。

飞行员可以通过下面四个途径控制飞机的速度：

- 节流阀位置
- 制动装置
- 机首相对地平线的位置
- 飞机 G 值

节流阀对空速的控制是缓慢的，你让冷空气进入得越快，喷出的气体温度越高。制动装置主要是减速板。机首相对地平线的位置也影响空速。例如，由于重力的影响，机首向下将增加你的速度。最后，G 力会引起空速降低。回忆一下我们早先关于能量交换的讨论。没有战机能在中等高度下，长时间拉最大 G 值的同时保持角速度。当你拉 G 力时，你将会变慢。重要的是，由于你的第一个转弯通常是战斗中最重要 的转弯，所以开始转弯时要以角速度进行机动。

战机飞行员应当根据转弯半径和转弯速率去思考。一架有着较高转弯速率的战机能以机动性胜过一架虽然转弯半径更小但转弯速率较低的战机。战机飞行员有句谚语“速率消灭”，意思是说，一个高速率的转弯比一个高紧凑的转弯更有优势，毕竟能够拉起你的机首指向敌机进行射击比能够飞出一个紧凑的圆环更加重要（这就是进攻性 BFM 所做的全部）。燃烧成火球的敌机将再也不会制造你的任何 BFM 问题。

垂直转弯

我曾听过一种（不正确）说法，你的飞行与敌机有关而与地面无关。很明显你的飞行与敌机有关，同时你也必须注意到控制机首与地平线的关系。前面提到过，重力影响空速，重力也影响有效 G 力。如果你把机首拉到与地平线平行的，重力将不会影响你的转弯性能。然而，当你把机首向上或向下拉时，重力将成为要考虑的因素之一。

图 2-4 介绍了一个新的术语：向心 G 力（Radial G）。为了理解飞机是如何转弯的，你必须明白有两个因素决定飞机转弯时的转弯半径和转弯速率，第一个因素是你感受到的和在座舱 G 值表上读出的 G 值（座舱 G 力）。第二个是地球的引力作用下的 G 力（1G）。向心 G 力是飞行员用来描述决定战机转弯的有效 G 力。图 2-4 通过描述战机做翻筋斗动作说明了这个概念。在图 2-4 中，座舱 G 力（飞行员感受到的）一直为 5G。你也应注意到，当战机直线水平飞行和向垂直方向拉杆时，有效 G 力或向心 G 力只有 4G。重力被从座舱 G 力中减去，这样飞机只受 4G 的向心 G 力作用。当战机在完全垂直方向上（与地面成 90 度这一点），在座舱中拉 5G，无论向上或向下，重力是不起作用的，因此这时向心 G 力等于座舱 G 力。当战机倒转并向下拉 5G 时，重力将在你的有效 G 力或向心 G 力上加上 1G，所以战机在这一点时有效 G 力是 6G。因此，向心 G 力可以描述成由座舱 G 力加上或减去重力（1G）所得的一个有效或转弯 G 力。

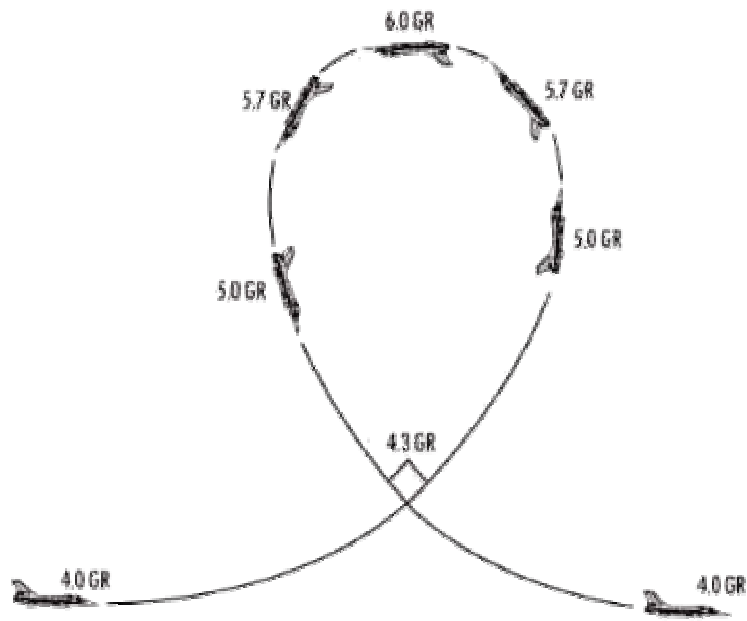


图 2-4

图 2-4 显示了当战机在垂直方向上机动时，座舱 G 力不等于向心 G 力或转弯 G 力。回忆一下前面的内容，2 度/秒的转弯速率优势是很重要的。当你转弯时把机首低于地平线可获得额外的 G 力，至少可以获得 2 度/秒的转弯速率优势。通常情况下，1G 的向心 G 力等同于 3-4 度/秒的转弯速率。

在图 2-5 中可以理解向心 G 力的概念。在这张图片上，两架战机都拉相同的座舱 G 力。注意：升力矢量低于地平线的战机转得更紧凑。图片上不能明显看出的是，转向地面的战机的机首移动或速率也更快。

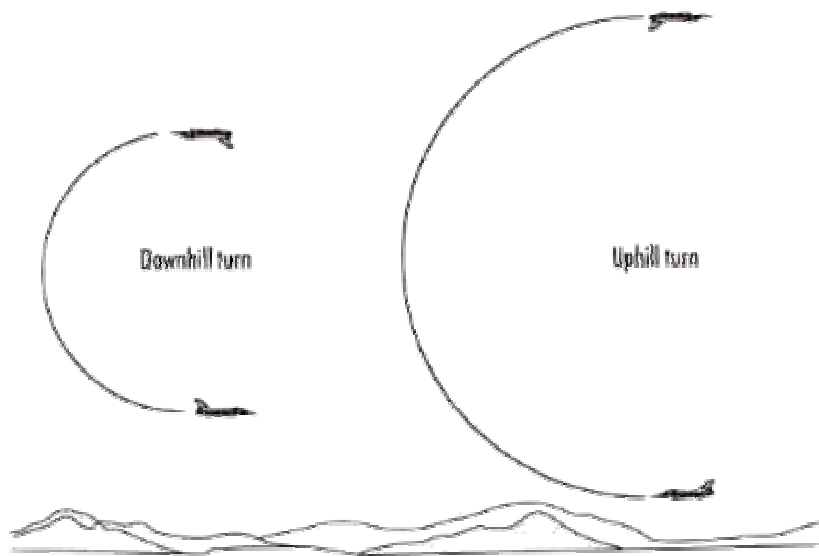


图 2-5

转弯空间

当敌机转弯时，也就给你制造了 BFM 问题。为了解决这些问题，你必须转弯。为了转弯和解决这些 BFM 问题，你需要转弯空间。转弯空间是你和敌机之间的位移量或距离。有三种基本类型的转弯空间：横向（或水平）转弯空间，垂直转弯空间，和两者的组合。为了理解转弯空间的概念，你必须首先理解转弯圆环。转弯圆环是飞机在空中转弯时穿过的路径。图 2-6 显示了一个转弯圆环。

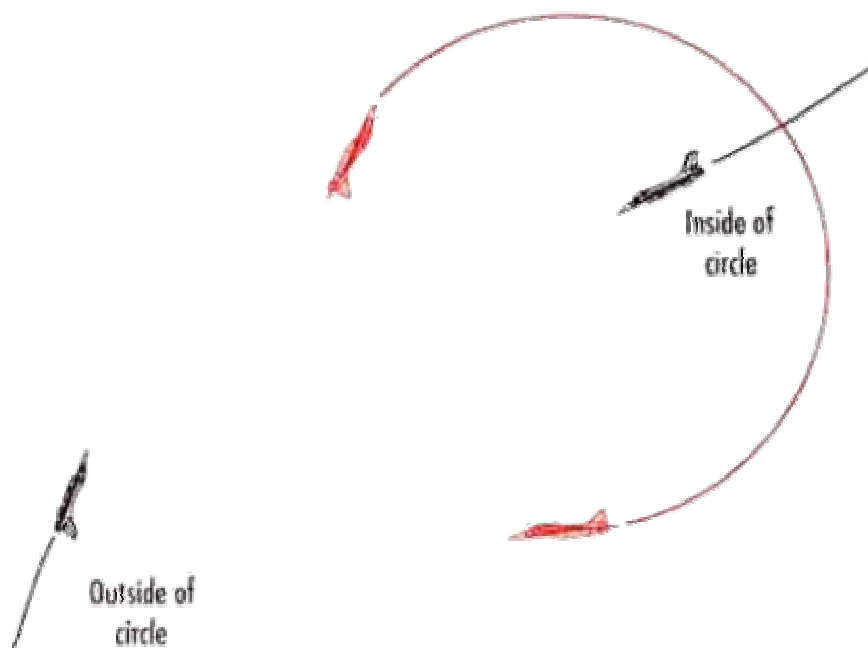


图 2-6

理解转弯圆环的概念是非常关键和重要的，这是由于为了转弯和解决敌机制造的 BFM 问题，你必须首先把你的战机飞进敌机的转弯圆环里。

这就是转弯圆环和转弯空间之间的关系。

一架敌机进行转弯来防御你的攻击，你为了转弯和保持在它的后面，你需要在敌机的水平或垂直方向上进行位移。如果你仍在敌机的转弯圆环外面就试图进行位移，将不会有作用。为什么？因为，假如你在敌机的转弯圆环外面，敌机将可以完成转弯并与你在近距离迎面相遇。这意味着敌机可以转弯并夺走你的转弯空间。图 2-7 显示了一架战机在防守者转弯圆环外面进行水平位移的转弯。

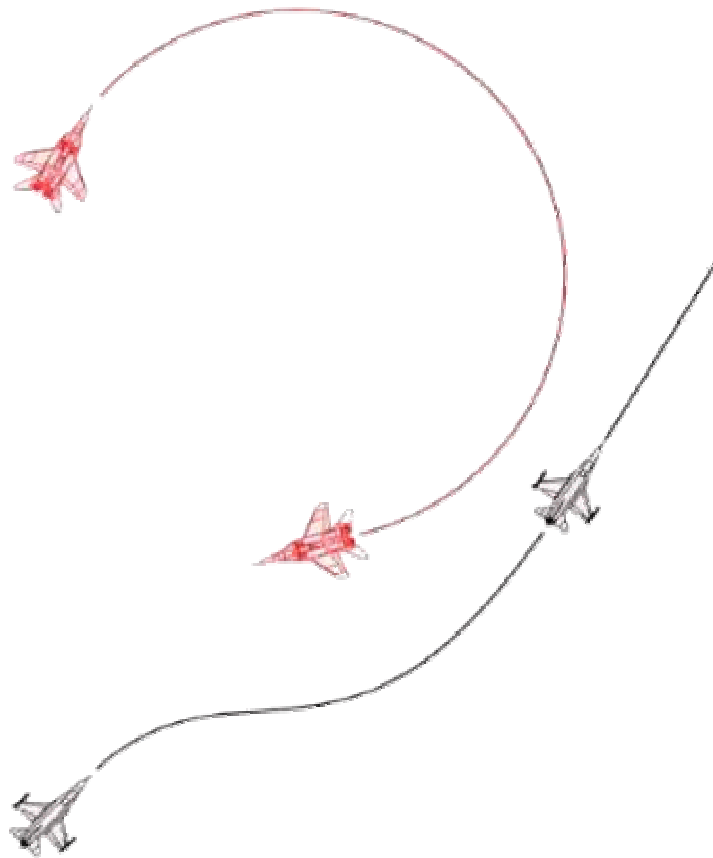


图 2-7

敌机只要保持转弯，你和防守者之间将没有转弯空间。在垂直方向上，原理相同。图 2-8 显示了一架战机在爬升时作一个老式的机动“high yo-yo”。

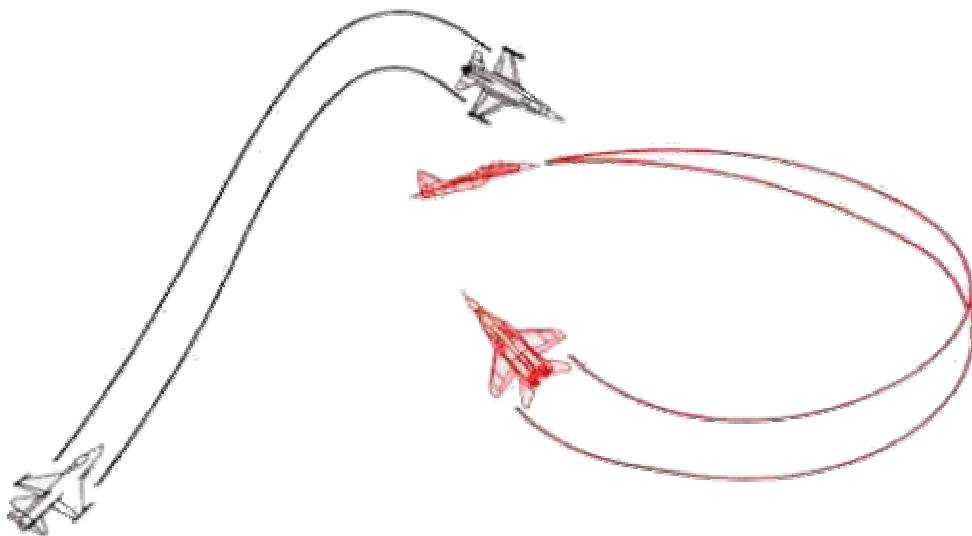


图 2-8

位于敌机的转弯圆环外面，在垂直方向上试图获得转弯空间是非常危险的。如果你在敌机的转弯圆环附近或外面进行垂直方向上的爬升，敌机将能把他的机首转向你。当你经过最大方位角（high aspect）时，你的机首低的同时敌机的机首高。当你经过时，敌机将首先使用重力增加他的向心 G 力，并可能转到你的后面。由于这个原因，不要试图在敌机的转弯圆环外面获得转弯空间。

在敌机的转弯圆环外面，你所做的任何机动都将延迟你进入敌机转弯圆环。为了转弯并解决 BFM 问题，你必须在敌机的转弯圆环里。在下一部分，我们将描述怎样确定你在敌机的转弯圆环里面或外面，和怎样使用 BFM 来获得和保持武器包线参数。

解决进攻性 BFM 问题

我们所做一切的理由只有一个：进入武器参数包线并射击。BFM 可以简化战斗到只需对付一个挂在降落伞上的家伙，这时你所做的全部仅仅是，看着他用手枪向你射击和向他挥手示意。任何时候如果你可以射击并结束战斗，就射击。问题是当你在敌机后面 1.0-1.5 nm，敌机转弯，你只有很短的时间在 AIM-9M 导弹的武器参数里。AIM-9M 导弹和其他种类的热制导导弹一样——并不喜欢敌机在紧凑的转弯时产生的高视线率（line-of-sight rate）。你只有做一次射击的时间。如果你错过了目标，你最好准备执行进攻性 BFM，否则你将会被一枚 AA-11 导弹所终结。进攻性 BFM 的最好结果是获得一次机炮射击机会。怎么做？

敌机转弯，你第一个要问自己的问题是：“我处于敌机的转弯圆环里还是外？”

如果敌机的当前转弯速率能使他的机首指向你或接近你，那么你在敌机的转弯圆环外面。由于现代战机的高 G 机动力，如果你与敌机的距离在 2nm 以外，一般情形下你在敌机的转弯圆环外面。在 1nm 处，一般情形下你在敌机的转弯圆环里面，在 1-2nm 之间，你处于过渡区域。当然，这些距离对战机飞行员来说并不真的紧要。当你在敌机后面时，你只需按照你所见的飞行。当敌机转弯时，你预测他的转弯方向并基于这个预测进行机动。例如，假设敌机只拉 4G 转弯，那么在 2nm 处你仍在他的转弯圆环里面。图 2-9 显示了 2nm 距离处的目标拉 4G 和拉 7G 转弯的区别。

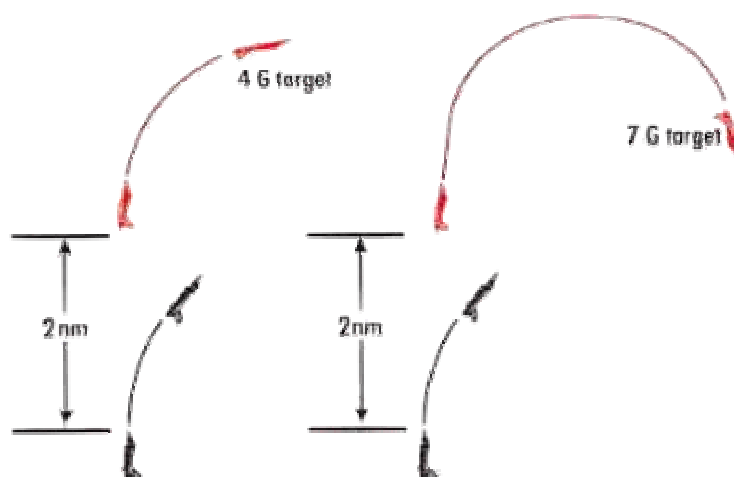


图 2-9

下一步是拉 7-8G 转向敌机。当你转弯时，保持你的机首在滞后追逐中。如果你看到你的机首接近纯追逐，放松 G 力，保持在滞后追逐中，直到你距敌机 3,000 英尺。在这个距离，进入领先追逐，并准备做一次机炮射击。

当你距离敌机在 3,000 英尺内并处于领先追逐或纯追逐时，你通过调节节流阀来保证不会超越敌机。注意这一点。以小于 45 度的夹角（Angle Off）逼近敌机，并作领先追逐或纯追逐时，用节流阀的位置控制你的逼近。当你骑上他的马鞍（6 点钟方向）做一次机炮射击时，你必须与目标的速度相匹配。在大多数情形下，只需要不断地调节你的节流阀。额外情形下，不仅要切断油门和打开减速板，还要做“异面机动”（out of plane）来控制你的速度。如果减小油门和打开减速板也不能把速度减到足够慢，翻滚你的飞机使你的升力矢量方向与敌机的机动平面相异并拉杆。保持滞后追逐大约两秒钟，然后放松 G 力，并观察敌机。当他在你座舱上方开始前移时，就是你返回的时候。当你回拉时，使你的升力矢量方向指向敌机的前面。

做一次机炮射击

敌机与你的机首距离在 3,000 英尺之内。怎样做一次机炮射击呢？与大多数美国战机一样，F-16 装备着一门 M61 20mm 的机炮。M61 以每秒 100 发的射速发射高爆燃烧弹（HEI）。在适当的射程，机炮就像一个威力巨大的电锯。然而，为了锯开敌人，你必须理解射击的基本原理。为了能击中目标，你必须满足以下条件：

1. 你必须进入射程。根据方位角（Aspect），射程是变化的，通常在低方位角下是 2,500 英尺，在高方位角下是 4,000 英尺。
2. 你必须使你的机首处于领先追逐状态。机炮射出的炮弹是非制导的武器，需要一些时间击中目标。大多数机炮射击时炮弹的飞行时间（TOF）是 0.5 到 1.5 秒。如果你将机首直指敌机并开火，那么炮弹的落点就将在敌机的后方。假如炮弹以光速行进，那么你可以直接射击一架正在转弯的敌机。由于炮弹的移动是相当地慢，你必须拉杆领先一些，然而在近距离，领先追逐可能并不非常明显。
3. 你必须和目标进行同一平面上的机动。当飞机转弯时，它在天空中划出一个圆环，并产生一个机动平面。为了用机炮射中目标，你必须与目标在同一机动平面内转弯。例如，敌机飞一个 loop（筋斗）产生一个垂直方向上的机动平面，你不得与目标在同一机动平面内也飞一个 loop（筋斗）。

使用机炮准星

新的 F-16 和 F-15 机炮准星称作 EEGS。EEGS 代表增强包线机炮瞄准仪。EEGS 的漏斗使飞行员能通过比较目标的翼展和漏斗的宽度来决定正确的开火距离。其他在 HUD 上重要的瞄准标志是机炮十字线（gun cross）。机炮十字线表示炮弹的脱离线。你可以把机炮十字线认为是炮管。炮弹从机炮十字线处直飞出去。

图 2-11 显示了 F-16 HUD 上的 EEGS 漏斗和机炮十字线。

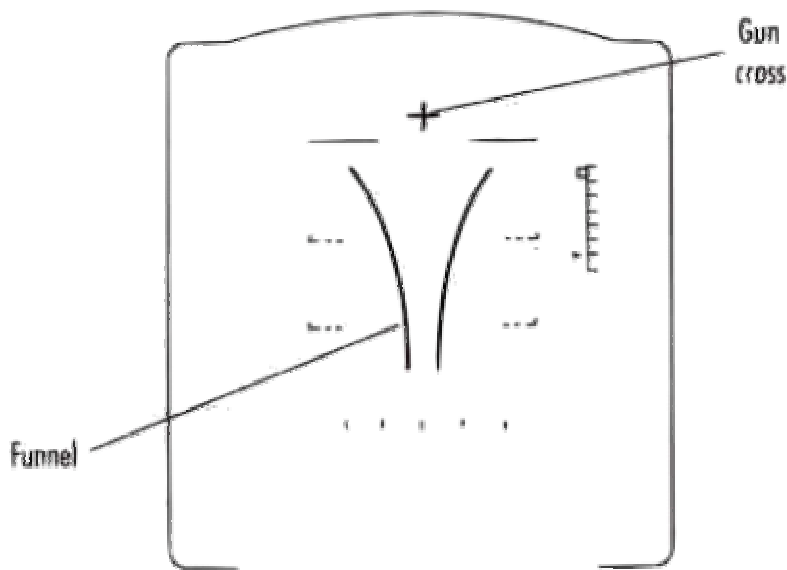


图 2-11

那么，怎样使用机炮漏斗呢？F-16 上的机炮轴线校准测定数据是 6。这意味着机炮被调整到在 1,000 英尺处 80%的弹着点位于直径 6 英尺的圆环里。这是集中模式。你可能以更高的火力扫射但错过目标，也能以致命性的扫射蒸发目标，这取决于你的机炮准星质量（和你的瞄准能力）。空战环境总是动态变化的，被攻击的目标为了活下来，一般会做激烈地机炮脱离动作。由于准星（和你的反应）不及时，可能会出现你获得了精确的瞄准，但只是击中了空气。准星已经稳定的对准了目标，但你却错过了目标。为什么会发生这种情况呢？准星说谎的原因是，目标的逃脱动作比准星的反应要快。解决问题的方法是做不精确射击。通过使用 EECS 漏斗射击目标经过的不确定区域。当目标的机翼与 EECS 漏斗宽度相匹配时，EECS 漏斗将给你一个“完美的解决方案”。然而如果目标正在做脱离机动，那么“完美的解决方案”也会出错。

这儿是关于如何联合使用机炮十字线/机炮漏斗干掉敌机的提示：

1. 把机炮十字线放在目标的前面。图片中目标的机首前伸出一根传感器管。机炮十字线应当放在敌机传感器管的延长线上。如果目标改变他的机动平面，那么机炮十字线应放在假想中新传感器管延长线上。
2. 下一步，通过把目标的机翼压在漏斗线上领先目标。这将使你的炮弹轨迹在目标的前面。
3. 开火的同时放松 G 力，这将使目标从漏斗底部移到顶部。当目标机翼在漏斗里时，停止射击。
4. 稍微偏离敌机所在机动平面。这样当敌机爆炸时，就不会让敌机的碎片被你的战机进气管吸入。

这种使用机炮十字线和 EECS 漏斗的技术把炮弹轨迹放在目标的前面。当你放松 G 力时，目标将飞经你的炮弹轨迹。图 2-12 显示了如何做这种射击。

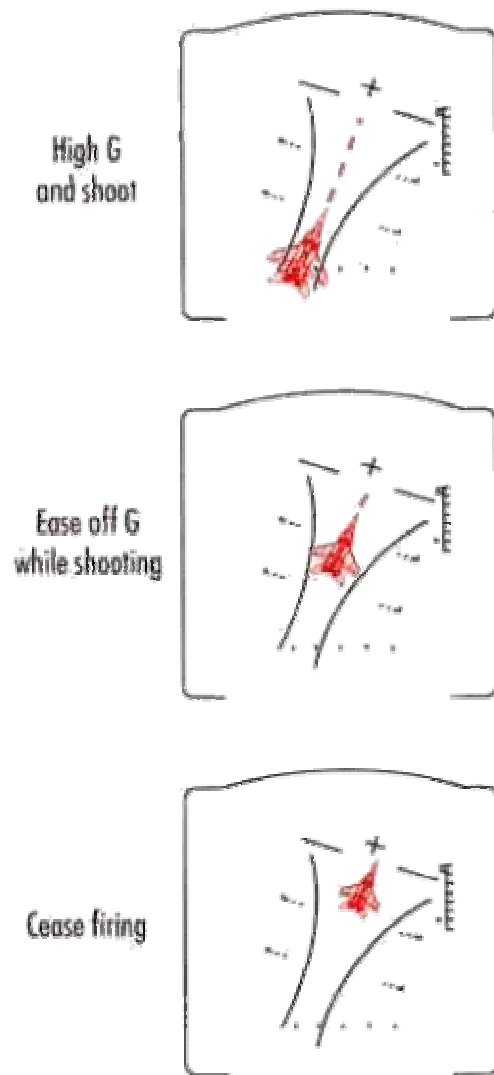


图 2-12

战斗机飞行员训练科目:进攻性 BFM

这里有一些战机飞行员凭经验提出的进攻性 BFM 训练科目。

1. 应当总是一人训练，另一人辅助训练。
2. 通过开始并排进行一字编队，然后执行如图 2-13 所示的“同面”机动是很容易建立起进攻性战斗的。在进入尾随编队之后，前面的战机开始做一个 30 度倾角的转弯，后面的战机根据需要使用领先追逐缩小距离或滞后追逐增大距离。双方飞行员都应该控制合适的速度。间距在 1 英里或更大时，速度在 400-500 knot。间距在 3,000 英尺时，双方速度都不应超过 300 knot。当间距小于或等于 3,000 英尺时，任何超过 300 knot 的速度将会引起视线率的过大，从而使进攻方无法处理。
3. 为便于讨论，我们称训练飞行员为“Falcon1-2”，前面的飞行员为“Falcon1-1”。战斗应当开始于尾追者呼叫：“Falcon one-two is established at 1 mile and ready.”前面的飞行员应

当呼叫“Falcon one-one is ready—fight's on.”在“fight's on.”的同时，Falcon1-1 应当进入一个防守性转弯。当进攻性战斗开始时，双方都应使用全速。如果进攻性战机不能进入机炮射击位和成功射中，防守者做一个 5G 的水平转弯，再次建立战斗。继续这个计划，直至进攻者能击中，然后进入到一个稍微复杂的交战中。

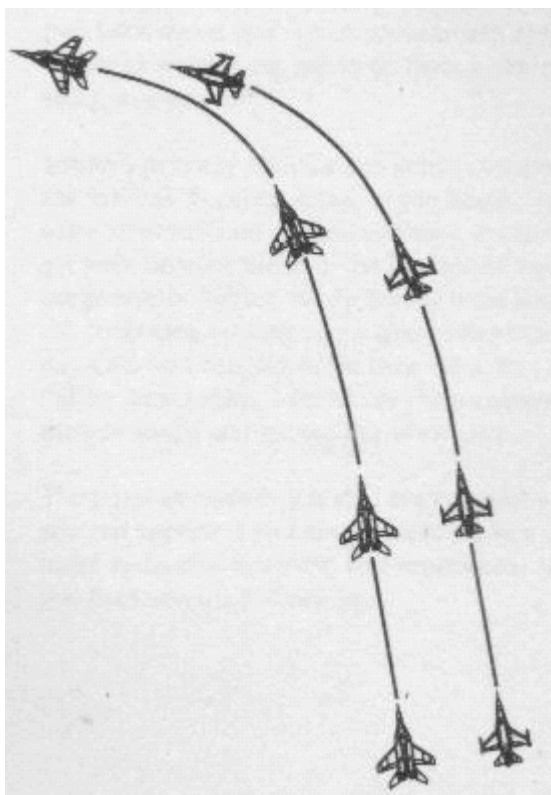


图 2-13

小结

当你第一次浏览这部分时，进攻性 BFM 并不是那么简单易懂的。这一章包括了大量关于转弯，转弯圆环和转弯空间的讨论。在进攻中，你必须经常注意你的位置与敌机转弯圆环的关系。你也必须控制你的速度，因为这是转弯的关键。一架处于角速度的战机拥有最佳的转弯速率/半径性能——更慢或更快的速度将使性能劣化。听起来很简单，在巨大的 G 力下你的身体能忍受，但却因为你消耗了速度而不能转弯。这儿的教训是：控制你的速度，否则你将失去这场战斗。

最后，你必须记住 G 力中的要素。当你拉杆施加 G 力时，你必须把你的机首放在正确的追击路线上。记住，攻击时，保持滞后追逐直至你距离敌机 3,000 英尺，进入领先追逐射击，但要注意不要超越敌机。

第三章防御性 BFM

防御性 BFM

当我在麦克迪尔空军基地作为指导者（IP）飞 F-16A 时，学会了很多关于防御性 BFM 的战术。我在前面提到的麦克迪尔是一个 F-16 训练基地。当飞检验学生课程时，很少在全速下对抗。但当我们对抗其他 IP 时，我们用尽一切可能的方法飞各种不同的战术。指导者之间的比赛是很激烈的，导致了 BFM 的学习进步非常快。

在一场特别的交战中，我学会了当执行一个防御性 BFM，保持你的升力矢量指向敌机这个有价值的技术。这场交战发生在指导者检验课上。正常情况下，在麦克迪尔的指导者检验课上，我们先飞到西南靠近 Ft.Myers 的 Regional 机场，做一个 ILS（仪表降落）和 SPO（模拟无动力降落）接近，然后进入水域上空，做一些 BFM。在完成 BFM 之后，利用 TACAN（塔康导航）接近和 overhead pattern（类似于五边进场）程序返回麦克迪尔。检验飞行员通过各种机动追逐我们，根据我们的执行情况评分。

那个检验飞行员叫 Smitty。Smitty 在轰炸方面是个顶级高手，也是一名很全面的好飞行员。在西南的 Regional 机场完成我们的工作后，进入水域上空，我位于前面建立起 BFM 战斗。Smitty 早已在 7,000 英尺高度，当我们速度都在 450 knot 时，我喊道：“Fight’s on”。然后我向左开始了一个 8G 的防御性转弯，升力矢量指向 Smitty 的机首。

在我接下去描述战斗之前，先说明一些做防御性转弯时所需求的物理条件，可能对你有些帮助。通常情况下，当我描述 BFM 战斗时，我会陷入于描述战斗几何学的细节，而跳过空战的物理方面。由于在这一章你将要读的内容是防御性 BFM，简要地描述一下防御战斗的物理方面或许有用。防御性 BFM 是你所经历的最激烈的物理活动。你必须在做高 G 动作的同时，保持注意 6 点钟方向的敌机。持续的高 G 机动中，你必须与 G 力对抗，避免血液涌往脑部。你通过使用 L—1 动作（通过气管闭合，连续作 2-3 秒的声门发声对抗 G 力的影响）来做到这一点。这个动作能增加你的血压，保证你看到的天空是蓝色（而不是黑色）和大脑工作正常。L—1 动作与以前的 M—1 动作（通过气管开通，作呼噜声对抗 G 力的影响）稍微有些不同。

最困难的任务是执行高 G 动作时检查你的 6 点钟方向。在一架 F-16 上，由于操纵杆位于座舱的右侧，当向右转弯时，检查你的 6 点钟方向更加困难。因为在转弯时，你必须保持右手握在右侧操纵杆上，你不得不把身体向右拧并越过右肩观察后方。你实际上是通过自由的左手拉自己的身体来完成的。（节流阀通常在加力位置，因此你的左手是自由的。）F-16 在座舱两侧各有一个“towel rack（手柄）”，当你的双肩背着沉重的装备时，这些手柄可用来协助转动你的躯体。例如，在向右的防御性转弯中，你用左手抓住座舱右侧的手柄，把自己的身体向右拉，然后越过右肩观察。转向左侧检查 6 点钟方向要容易些。由于你的右手握在右侧操纵杆上，你只需简单的用左手推左侧的手柄，向右侧倾斜躯体，然后越过左肩观察。在和 Smitty 的战斗中，我做了一个左转弯，在左转时，保持目视观察目标要相对容易些。

现在，回到战斗中来。我转向左侧，在转了大约 50 度后，我注意到 Smitty 在我上方稍稍作了个“异面机动”，太好了，我翻滚机身使升力矢量对准他，相反地，他在垂直方向上飞得更高。

驾驶 30,000 磅的战机以很慢的空速进入垂直方向是不能原谅的。在你不小心突破了飞行控制系统的限制时，F-16 战机减速得非常慢。飞行控制系统的限制可避免飞机失去控制。当飞机高速并且机首水平或低于地平线时，工作得很好。实际上，有句 F-16 的格言：“当你的战机慢而高攻角时，不要突破飞行控制系统的限制”。当你的战机慢而机首高时，你可以驾驶战机越过限制，并且最终在一大块有着飞行特征的废铁中被切碎。这并不意味着你不能在 F-16 上做到慢的同时处于高攻角，但当你这样做的时候，你最好把它做正确。

当 Smitty 把战机飞进我的 6 点上方位位置时，我已做出了一个决定。我应该继续作安全的水平转弯还是保持我的升力矢量对准他并且在垂直方向上挑战他？实际上没有选择。如果我仍在水平状态中，他将直接射击我。我已转了 90 度，当我拉起把升力矢量对准 Smitty 时，空速为 320 knot。由于他比我快 100 knot，现在仍牢牢的咬着我，而且这使他有个好的转弯速率（虽然比我好不了多少），但却有个非常大的转弯半径。战机飞行员常说的一句：“Radius overshoots（半径超越）”正发生在 Smitty 身上。当我们都进入垂直方向时，我较小的转弯半径在他较大的转弯半径里，他冲到了我的前面。这时，我唯一的问题就是在速度 130 knot 下，控制住我的机首，但幸运的是，当 Smitty 看到我在他的后面时，他惊慌失措的翻滚脱离并为了获得速度而使机首向下。这使我有机会取消后拉和重新获得对飞机的控制。我从防御状态到机炮射杀 Smitty 大约花费了 15 秒钟时间。

Smitty 的主要错误是在垂直方向上获得转弯空间。转弯空间，是用于解决夹角（angle-off）和方位角（aspect）的问题。通常当对抗高性能战机时，最好在水平方向上获得转弯空间。当 Smitty 进入垂直方向时，他获得了一个双方都可以使用的转弯空间。由于我们的转弯速率不相上下，并且我的转弯半径要比他的紧凑些，所以我比他能更好的利用转弯空间并获得优势。

这个战例的要点是，即使和一名高手对抗，只要你能迫使他犯错误，你就能存活下来，然而，你必须知道怎么做和何时正确无误的执行。

防御性 BFM 介绍

当你发现自己处于防御时，风险是很大的。防御性 BFM 的特征是困难，高 G 战斗，飞行的同时观察后方。由于大多数飞行员在高 G，翻滚旋转的座舱中不能尽力思考，所以最好在发现 6 点位置的敌机之前，心中有个计划。我们在第二章提到过，进攻性 BFM 并不是一个特别的动作而是一系列流畅的动作。同样，当敌机在你后方时，防御性 BFM 也是这样。没有魔法般的动作能使敌机从你的 6 点位移到 12 点位。事实上，如果你完美的执行防御性 BFM，而对手能完美的执行进攻性 BFM，那么你将会被击落。下面关于防御性 BFM 的说明很有意义。

防御性 BFM 非常简单：给敌机制造 BFM 难题，当他执行 BFM 时，设法抵消他的 BFM 来获得更长些的生存时间。通过迫使敌机执行 BFM，你或许可以使他犯一个可以利用的 BFM 错误。如果他不犯错误，他将会进入机炮射程，当发生时，你必须做好准备阻挠他的射击。

侦测攻击

在防御之前，你必须知道自己被攻击，有 3 个方法可以察觉攻击者：

雷达

你的空对空雷达是最好的工具。因为它可以“看”到 40 海里。机载雷达在水平、垂直面上都有探测死角，因此雷达不能万无一失的找出你附近的敌机。

威胁告警器

任何雷达波束扫描到你的飞机，你的威胁告警器就会察觉。

视觉

无论怎样察觉攻击者，最终你要目视找到他并与之交战。这一章将要讨论当你看到攻击的敌机时该怎么做。

导弹防御

不论是否看到敌机，要遵守的原则：“与最紧急的威胁交战”。你会面临许多情况，为了提高生存率，先对付最迫在眉睫的威胁。例如：在你尾部的 MIG-29 发射了红外导弹，此时 MIG-29 不再是最大威胁，导弹才是。必须先应付导弹。

另一原则：“用方位角（aspect angle，注意方位角与你的航向无关）对付导弹”。当导弹飞向你，要尽快转弯，使导弹在你的 3/9 线上，给导弹制造最大的制导难题。导弹要击中你需要按照提前量飞行，而你这样就使导弹的提前量最大。而且你会以最大视线率（line-of-sight rate）穿越导弹的制导头视野。图 3-1 显示了这样的情形。

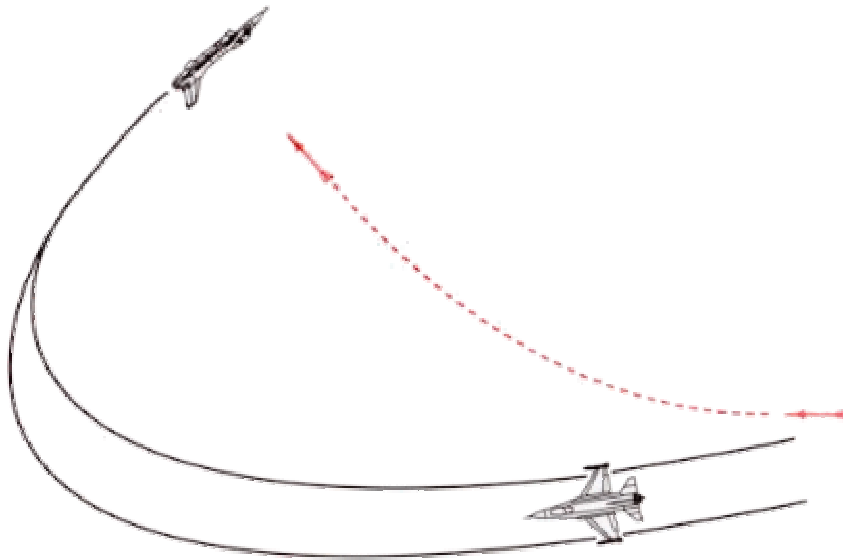


图 3-1

在第二章我们讨论过在角速度时的最高 G 值转弯。关键点是你的最佳转弯速率让导弹最快的移到你的 3/9 线。但是在这里不要企图以小半径转弯迫使导弹错过，因为导弹被设计成与你交错时也会爆炸，如果你在它的杀伤半径内，你将被炸成碎片。另外，在防御导弹的飞行中，别忘记释放箔条和曳光弹干扰导弹。

给敌机制造 BFM 难题

一架敌机在你的 6 点钟方向，你该如何做？如果他发射导弹，先应付导弹。在他发射之前你必须转弯，给敌机制造机动难题。防御性转弯是你能作的最迅速、最聪明的选择。高 G 转弯有机动原因，也有物理原因。一个转向敌机的 8G 转弯表明了你强烈的求生欲和竭尽所能与敌战斗的决心，而一个 4-5G 的转弯则表明你是一个连起飞都发晕的芭比娃娃。

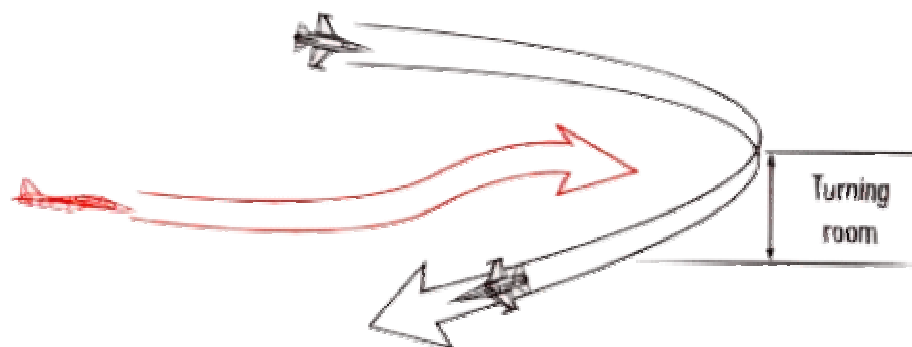


图 3-2

我们已经讲过：为了作最快速、最简捷的转弯，你必须要在角速度下。当你向敌机作防御性转弯，你应当把升力矢量直接对准他。这将给敌机制造最大的夹角（Angle Off）和方位角（Aspect Angle）难题。而且一直把升力矢量对准敌机，将不会给敌机转弯空间可用。很容易理解为什么升力矢量不对准敌机的转弯会给敌机转弯空间：如图 3-2，防御方 F-16 升力矢量指向水平面以下作防御性转弯，由于 F-16 向水平面以下俯冲转弯，攻击方 MIG-29 仅仅呆在水平面内就获得了 F-16 上方的转弯空间。

敌机在你的转弯圆环外部

你正确的滚转机身，使升力矢量对准敌机，作最高 G 值的转弯。接下来怎么办呢？

你必须确定防御转弯是否在起作用，方法是：观察敌机是否被迫从冲向你的 6 点钟方向转变成冲向你的 3/9 点钟方向。如果你作了正确的防御转弯，一架开始时在你的转弯圆环外部的敌机，将被迫在你的 3/9 线前方位置。

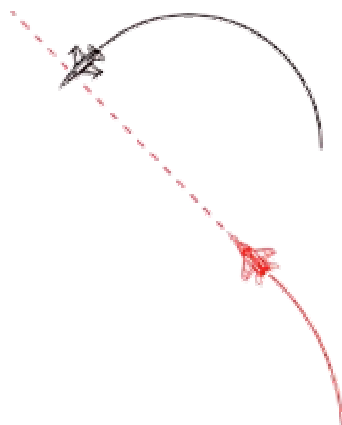


图 3-3

你的防御转弯起作用了,但要注意敌机仍然能开炮射击你。如果敌机飞向你的转弯路径前方,请作好躲避炮弹的准备。要开炮,敌机需达到3个条件:进入机炮射程、和你在相同的机动平面内、机首作领先追逐。因此如果此时敌机机首作领先追逐,小心了!即使他将超越你,也可能在两机交错时开炮。为了防御这种类型的机炮射击,你应该突然急转到“异面”。由于高视线率(line-of-sight)的影响,使敌机在超越之前来不及修正。超越(Overshoot)将在下面作详细的讨论。

敌机在你的转弯圆环内部

如果敌机开始时在1海里以内,怎么办?同样向敌机作最好的防御转弯,并观察敌机反应。当敌机开始靠近你的转弯圆圈,他是一个重大威胁,你的转弯也不能使他飞到你的前面。敌机很可能一直咬住你并击落你,他会作滞后追逐来获得“进入窗口”。因此当敌机在你的转弯圆环内部并作滞后追逐,你的麻烦大了。最好是继续作高G转弯,努力使敌机机首处在滞后状态。另一种说法是你应当释放G力以增加能量,但问题在于:你很难判断保持低的G力直线飞行的时间长短。当你释放G力,敌机会迅速占据更合适的6点钟位置,你将遭到A-11红外导弹的攻击。对付滞后追逐的敌机,最好是持续转弯并注意敌机:如果他的机头指向你,就作好躲避炮弹的准备。

图3-4显示了MIG-29在F-16后面保持良好的滞后追逐。



图3-4

敌机可能不那样飞,如果爬升飞到你上方怎么办?

如果敌机垂直爬升来获得转弯空间,你应保持急转弯,并把升力矢量对准敌机。当你拉起迎向敌机时,一直盯住他:如果他立即俯冲向你作滞后追逐,那他是想缩短距离欲开炮;如果他继续爬升,你将会摆脱劣势,因为你的速度低,转弯半径更小,开始转弯后你应该有足够能量和靠

近角速度的转弯率并以高角度冲向敌机。图 3-5 显示了这种类型的战斗。



图 3-5

这种战斗你们将以剪刀飞行结束。剪刀飞行是当 2 架飞机肩并肩直线飞行、优势相等的情况下发生。双方会互相拉杆飞向对方的尾部，以此交错飞过，然后互相拉杆回飞。胜者是能减慢前冲速度、更迅速指向敌机的一方。图 3-6 显示了剪刀飞行。

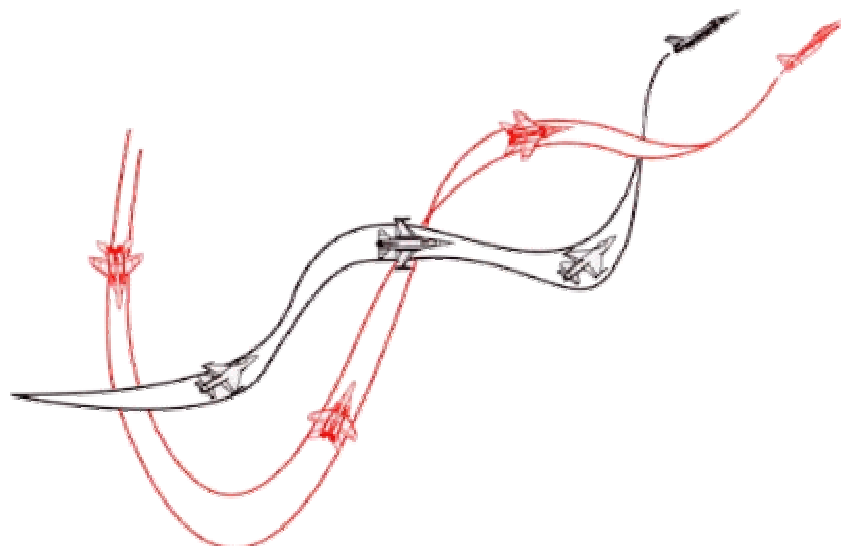


图 3-6

领先追逐是敌机可能采取的另一种进攻追逐路线。如果敌机在你后面 1 海里处，并采取领先追逐路线，他可能会超越你。还记得以前讨论的“距离在 2 海里处”的情况？同样可以在这里采用。迫使敌机超越，但是，你必须作最好的转弯，如果你的速度比角速度高（或低）50knot 以上，或者你没有拉足够的 G 力，敌机将不会超越你。

敌机的最后选择是纯追逐进攻，如果你看到敌机指向你但是没有导弹离开挂架飞向你，那么恭喜你。一架机首指向你超过几秒钟的敌机可以认为是个笨蛋。这类 BFM 叫做“HUDBFM”，HUD BFM 通常导致低劣的超越，并使优势颠倒，也就是说，敌机将飞到你前面而成为靶子。

超越 (overshoot)

有 2 种类型的超越：飞行路径超越 (flight path overshoot) 和 3/9 线超越 (3/9 line overshoot)。3/9 线超越通常具有战术价值，但飞行路径超越则不。图 3-7 显示了一个 3/9 线超越和 2 个飞行

路径超越。图中飞机 A 在 F-16 的飞行路径上稍微超越了，但这并没有什么战术意义。飞机 B 在 F-16 的飞行路径上超越了足够远，他可能会与 F-16 并列，或者如果 F-16 做相反的转弯，飞机 B 将飞到 F-16 的前面。飞机 C 明显有很大麻烦，因为当他经过 F-16 的 3/9 线时犯了大错。所有的超越并不是由相同原因产生的。

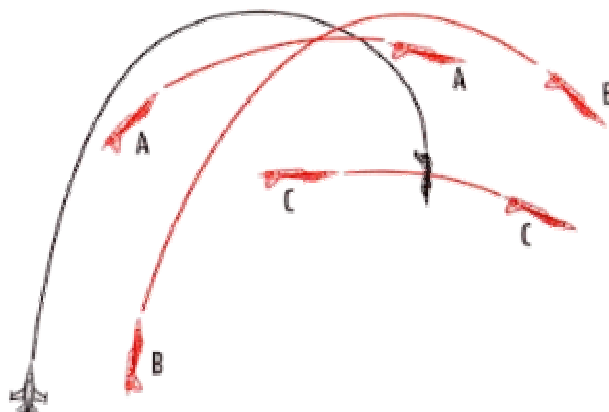


图 3-7

当你预测敌机可能超越，注意距离、夹角（angle-off）、敌机的视线率（line-of-sight rate）。他相对你的位置会指明你应该如何反向转弯。作为一条法则：当他超越时，你和他的距离越大，视线率越慢，你通过反向转弯来迫使他飞到你的 3/9 线前面的机会就越小。

当敌机超越，有 2 种基本方法来反向转弯以获得优势。如果你看到敌机正在以高的视线率超越，你应当执行一个无过载反转（unloaded reversal）。为了执行一个无过载反转，只需简单的放松 G 力，翻滚机身把你的升力矢量指向敌机，然后对着他拉最大 G 力。只有当你确信敌机将超越时，你才能使用这种反向转弯方法。

另一种反向转弯方法是应当小心使用的。被称为过载反转（load reversal）。为了执行这种反转，当你翻滚机身并拉向敌机时，要保持 G 力。这种类型的反向转弯用于“强迫”将要超越的敌机进入超越。图 3-8 显示了这种情形。

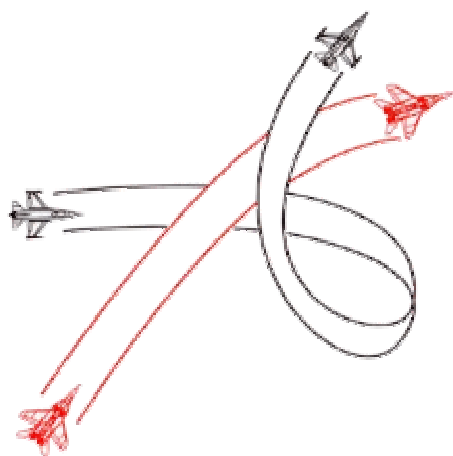


图 3-8

过载反转的问题是，如果你执行了，而敌机没有超越，将有敌机在你的后面近距离处，而你

没有作机动的空速。过载反转如果没有起作用，很不幸，将把你的飞机定格在空中。鉴于这个原因，让我们来复习一下超越的法则：

1. 当拿不准敌机是否超越时，不要反向转弯。
2. 最好的反向转弯时机是当敌机以高视线率正在你的飞行路径上超越时，并距离你 2,000 英尺以内。
3. 3,000 英尺以外，最好不要反向转弯，敌机有足够的空间校正他的超越并继续对你保持 3/9 线优势。

机炮防御

你已经作了完美的防御性 BFM，但敌机也执行了完美的进攻性 BFM，并且现在准备向你射击，你该怎么办？

快速射击和跟踪射击

有两种类型的机炮射击：高视线率的快速射击（snap shot）和稳定的跟踪射击（tracking shot）。这一章已经简短的解释了怎样防守快速射击。当敌机以高视线率作领先追逐逼近你时，可认为是快速射击。快速射击通常是不能完美的飞 BFM 的结果，但它的确能干掉你。为了防御快速射击，你应当急转到另一个机动平面。唯一困难的地方是判断你的“异面”机动时机。早比迟好。如果你急转过早了，敌机可以修正，但当他这么做时，你又可以再次急转到另一个机动平面。如果你急转过迟了，你将会被敌机的机炮切成碎片。

跟踪射击又是怎么样的呢？更难防御，因为敌机不会像快速射击那样快速地把它的机炮扫过你。在跟踪射击中，敌机稳定的在你后面某个位置，并将会做多次射击。由于这个原因，你将不得不作多次的“异面”机动脱离来避免被射中。机炮防守的关键是，做与攻击者的机动平面至少有 70 度夹角的“异面”机动脱离。

蛇形机动（snake）

一个流行的机炮脱离动作，当前正在飞 F-16 的群体中流行，这就是“蛇形机动”。这里是执行的方法：当你看到敌机拉起机首做领先追逐时，快速放松 G 力，翻滚 180 度，反向转弯。保持这个航向，并使敌机把机首拉回进入领先追逐。如果敌机减小推力保持在你的后面，它可能会进入滞后追逐。如果他的机首已进入滞后追逐，把你的升力矢量指向地平线上方并保持转弯。

如果敌机有能量返回他的机首再次进入领先追逐，再次放松 G 力并翻滚 180 度，反向转弯。这一次，减少推力诱惑敌机进入超越。当敌机重新配置又进入领先追逐时，再次放松 G 力并翻滚 180 度，进一步的减少推力。如果你活得足够久，应当能干扰敌机并迫使它做一次超越。无论何时，当你看到敌机将要超越，以加力返回，机翼与地平线平行，并拉最大 G 力。这将有助于使敌机飞到你的 3/9 线前面。

这个机动并不是一个魔法机动，如果敌人是个高手，无论你做蛇形机动还是不做，他都将可能射中你。然而，当对抗一个飞 BFM 像水管工人扳水管那样的飞行员，是值得一试的，几乎每次都能起作用。如果你幸运的话，你可能会获得一个观看对手如何做最好的防御性 BFM 的机会。

战斗机飞行员训练科目：防御性 BFM

当战斗机飞行员练习防御性 BFM 时，重要的是进攻者要减少推力或犯一些明显的 BFM 错误。如果双方能力相同并且都在全速下对抗（没有使用节流阀的限制），当攻击者在 1nm 以内时，防御者除了做机炮脱离动作，将没有机会做任何事情并被干掉。这里有一些防御性 BFM 的训练情景。

在情景 1-4，双方飞行员都将以角速度飞行。

情景#1

进攻者在 2nm 处开始攻击，双方飞行员以全速战斗，但不允许导弹攻击直至双方战机都完成 180 度的转弯。

情景#2

进攻者在 1nm 处开始攻击并立即拉进垂直方向。在机首比防御者的机首高 40 度(nose-high)之后，进攻者才允许自由的机动。

情景#3

进攻者在 1nm 处开始攻击，为获得机炮射击，在各个方向上都使用领先追逐。双方战机都以全速战斗，只是进攻者必须保持领先追逐，直至超越。

情景#4

进攻者在 1nm 处开始攻击，用最好的 BFM 攻击，但要减少推力。

情景#5

进攻者以 300knot 速度在 3,000 英尺处开始攻击。防御者处于角速度状态。进攻者以全速攻击，但不做任何射击，直至防御者执行第一次“异面”机动之后。

使用与第二章中每次战斗开始时相同的“Fight's on”呼叫开始战斗。

小结

防御性 BFM 是简单的。把你的升力矢量指向敌机并以高 G 向他拉，同时观察他在做什么。如果敌人犯了一个错误，利用对手的失误。如果敌机滞后进入窗口，保持战斗，但你可能以进行机炮防御而结束。关键是，当防御时，你要保持求生的愿望。永远不要放弃。一直发挥战机的最大性能。

录影带上的防御性 BFM 理论讲解将会增强对这一章的理解。在观看了录影带之后，你可以用“BFM 课程计划”进行这一部分的测验。

第四章 迎面 BFM

迎面 BFM

这是我和中队的另一名中尉的 BFM 较量。由他的训练成绩册来看，这位不知名的中尉是一个机灵可靠的飞行员。在这个任务中，我们将要飞进攻，防御和迎面 BFM 各一场。中尉在进攻和防御 BFM 方面还可以——不好也不坏。最后的交战是迎面战斗，这才是真正的战斗开始。

在描述这场战斗之前，我最好花点时间叙述一下飞行简报。在和一个新手进行迎面 BFM 时，我通常会在简报中指出我将在战斗中使用标准推力，也就是说，我不会使用加力。这就是我执行这种类型出动的标准方式。

好了，当中尉打断我的简报并提出他的意见时，我正在进行这种类型的简报。通常我们在简报时，没有多少需要讨论的地方。如果长官询问其他人的意见，其他人可以提出。如果不询问，那么其他人应闭上嘴并按简报执行任务。因此，当我给一个刚从训练中返回的新手简报任务时，他打断了我的发言，提出了一个创新的想法。创新的想法是好的，我没有理由反对。奥维尔和威尔伯是有一些讨人喜欢的小伙子，但从那时起就不多了，并且我怀疑现在是否还有人开这种玩笑。很明显我是对的。看上去他并不认为我在战斗中只使用标准推力是个好主意，因为他可以很容易的干掉我，并且没有机会在交战中练习真正的 BFM。我成功的抑制住暴笑并客气地告诉他，无论怎样，把我作为目标，他肯定会获得更多的跟踪射击练习。

有好几种进入迎面 BFM 交战的方法。一种方法是相距 25 英里然后进入拦截战斗。最耗油的迎面 BFM 进入方法是蝶形进入，即两架战机开始并列一字编队飞行，然后互相 45 度转弯脱离。当他们相距大约 4 英里时，返回进入迎面相遇。当他们开始互相转回时，喊道：“Fight's on”，或者当他们迎面相交时喊：“Fight's on”。

在我以前的职业飞行生涯中，已经飞了数百小时的迎面相遇交战，并且正常情形下，并不会太兴奋。然而，由于中尉在简报中的意见，我对此有些兴奋。在过去，我会立即执行一个垂直方向上的移动。正常情况下，我不喜欢首先爬升，但当我被限制只能使用标准推力飞行时，在相遇时执行一个垂直方向上的移动有时能起作用。当我以 7G 爬升时，我转过头朝后看，看到了对手在我下方，我旋转我的升力矢量方向对准他，在顶端向他拉去。他已执行了一个高 G 的倾斜下滑侧转（slice，即机首低于水平线的转弯），当我把飞机朝下拉向他时，他正在转弯处拉向我。他的机首在前，并且当我们接近时，我的机首向下而他的机首向上，他大约占有 40 度的优势。我们迎面高速相遇飞过，看上去在右转方向上将有一个双环战斗。

然而，表面现象是会撒谎的。当我们相遇时，我快速的翻滚了 180 度，并反转我的转弯方向到左边，把交战变成了一个单环战斗。在这以前，中尉所有做的事都是正确的。他已经执行了一个不错的倾斜下滑侧转，并相对于我这架推力受限制的战机获得了角度优势。他认为这是个双环战斗，所以当他进入时保持能量，并试图在相遇时领先转弯。他期望战斗仍是双环战（因为大多数战斗是这样的），他知道使用加力可以拥有更高的速度和更好的维持转弯速率。因此，当我和我相遇时继续保持转向右边。

当他往座舱右边看时，他被看到的景象所震惊，我的战机正以左转穿过圆环向他拉来。我所说的“他被震惊”是指，他在这种情形下所做的是最没有经验的家伙做的事。他只是保持在水平方向上拉向我。这个转弯持续了几秒钟，对他来说已足够长，他开始飞到了我的前面。在这种单环战中，他较大的推力和较高的速度给了他较大的转弯半径，我较小的转弯半径正好在他转弯圆环里面。由于我使用标准推力，因此在这一点上我至少比他慢 100 knot。他尽管还有较大的优势，但他不能把优势转化成杀死对手。当你在空战上是个新手时，常常会掉进自己设的陷阱。现在正发生在他的身上。中尉只是驾驶着装有强大 GE 引擎的战机围绕着一个非常大的水平圆环转圈，也给他的座舱上方带来了非常大的麻烦。我快速的获得了 3/9 线优势，并得到了一个练习我的机炮跟踪射击的机会，很快地结束了战斗。

为什么会这样呢？主要问题是我的对手以前从没有看到过像这样的移动，因此他不知道该怎么办。当我把战机转进一个单环战时，他应当进入垂直方向上。我在能量上相比他要少得多，并且他在我的上方是能获得转弯空间的，然后他可以把转弯空间转化成 3/9 线优势。另一个错误是他太过于自信了，在空战中，是无法预测结果的。甚至当你在开始就拥有优势时，也必须聪明的使用现代战机迎面 BFM 的基本原理来赢得战斗，这就是你将从这一章所学到的。

迎面 BFM 介绍

迎面 BFM 比我们所讨论过的其他任何战斗需要更多的机动。当你迎面接近敌机时，你有两个选择：脱离或进入战斗。当你与敌机迎面相遇时，你必须做出的最大决定是，是否下定决心进入转弯战斗。如果你与敌机迎面相遇进入战斗，你将会耗尽能量和时间。能量对于机动是必需的，时间可被另一架敌机利用来发现你并射击。如果你花费了太多的时间，你可能赢得与第一架敌机的战斗，而失去与第二架看不见的敌机的战斗。

有足够的好理由使你冲向迎面相遇的敌机并脱离。也有许多次你将不得不转弯并进入战斗。这一章将要为帮助你构建一个迎面相遇的战斗计划而提供理论背景。在进入迎面 BFM 之前，你需要理解“脱离窗口”的概念。

脱离窗口

一名战机飞行员进入一场战斗击落敌机并活到下一场的战斗。当你进入战斗时，你必须知道你的脱离窗口位置。脱离窗口表明了你在脱离战斗的路径。换句话说，窗口的延展和缩小是基于飞行几何学和你的能量这两者。如果你飞经一架没有看见你的敌机，你的脱离窗口是巨大的，你可以在任何时候离开战斗。然而如果敌机看到你并开始进攻性转弯，你的脱离窗口就开始缩小了。当窗口缩小时，脱离战斗的可能性就会变小。在一场战斗的某些位置，你的脱离窗口会完全关闭。图 4-1 左半面显示了一场进攻性 BFM，其中攻击者以小夹角（Angle Off）位于敌机转弯圆环里面。脱离窗口是开还是闭的呢？

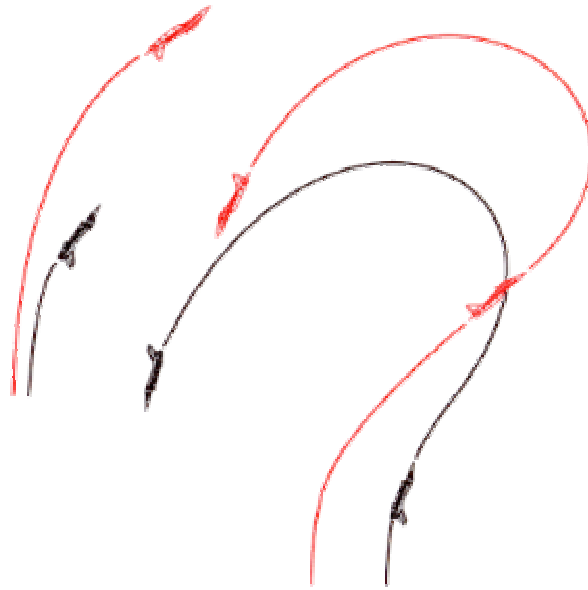


图 4-1

在这场交战中，脱离窗口是关闭的。图 4-1 的右半面显示了为什么。在小夹角时，位于敌机转弯圆环里，攻击者不能脱离战斗。如果他试图离开战斗，敌机仅需反转他的转弯方向并用一枚导弹就能干掉攻击者。脱离窗口对于敌机是明显的关闭着。由于双方战机都不能脱离战斗，最终其中的一方将要被锁定。防御者知道他是不能脱离战斗的，进攻者却可能不知道窗口也是关闭的。很多家伙试图脱离一个关闭的窗口，结果在尝试中被干掉。

图 4-2 左半面显示了另一场进攻性 BFM，在这场战斗中，进攻者的脱离窗口是开还是闭的呢？

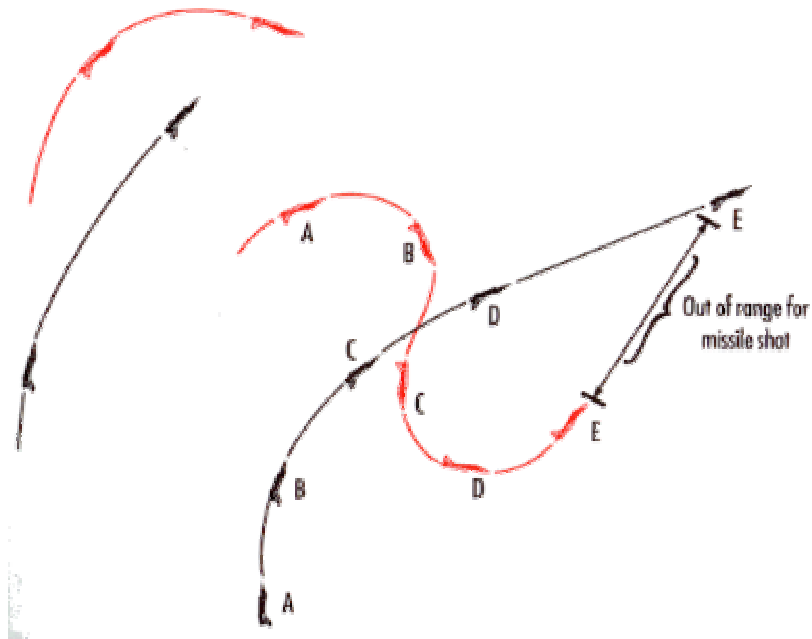


图 4-2

脱离窗口是开的，图 4-2 的右半面表明了为什么。当你在敌机转弯圆环外面时，你能在领先追逐战斗中以大夹角和高速度使你的机首领先得足够多，你也可以迫使敌机在已经转了 180 度与

你大夹角相遇之后，再反转 180 度把机首对着你。由于敌机速度将会减慢，通过这场交战，你的脱离窗口将会是开的。如果攻击者进入滞后追逐，然后再把机首攻击性的对准敌机，将会发生什么呢？脱离窗口将会是关闭的。

在图 4-3 中，两架战机进入了一个我们称之为“Lufbery”的圆环。他们互相穿过对方的圆环，为获得优势拉向对方。他们中任何一架都可以脱离战斗吗？不可以，重复一次，先试图脱离的先死。

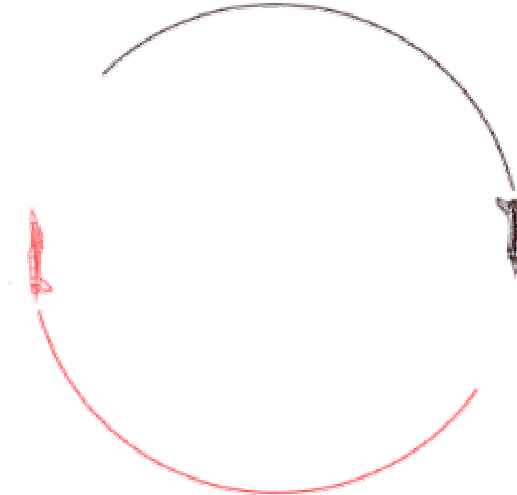


图 4-3

不要从这些把空战的目的看成是飞来飞去和保持你的脱离窗口开放的讨论来作出结论。如果你要真正的安全，你应当呆在地面上，握住可受的玛丽亚的手。如果你坐进战机，为了干掉敌人，在某些场合你将不得不扔掉这些结论。因此当你进入战斗时，你应当知道你的脱离窗口是什么，以保证不会由于试图离开一个关闭的脱离窗口而被干掉。

进入战斗还是脱离

什么影响你的脱离窗口呢？假设战斗中的每个人彼此之间可以互相看见（假设很少是正确的）如下因素将影响脱离窗口的位置：

1. 你和敌机的距离：距离越大，你的脱离窗口也越大。
2. 你和敌机的能量关系：你的能量越大，就越有可能打开你的窗口。
3. 你和敌机的夹角和方位：迎面相遇可以给你打开窗口的最好机会。

当你进入一场迎面相遇的战斗时，你的脱离窗口通常是开放的。在你转弯并关闭窗口前要谨慎地思考。

领先转弯

领先转弯是在通过敌机 3/9 线前就努力减少夹角（angle-off），是基本空战机动中最重要的思想之一。领先转弯可以在任何地方使用，但最多是用于迎面相遇战斗中。领先转弯在空战机动中效率很高，尤其当一方执行、而另一方不执行时，执行领先转弯的一方将会取胜。现在说说如何作领先转弯。

当你迎面接近敌机，注意敌机的视线率（line-of-sight rate）。随着距离越来越近，敌机在你的座舱盖上由前向后移动。当你通过敌机 3/9 线时，相对速度由很高的正速度突变为很高的负速度，此时就是你开始领先转弯的时刻。也就是说，当你接近敌机时， V_c 是很高的。你的飞机正以 1000knot 的相对速度与敌机互相接近， V_c 等于你们各自速度之和。当你如这个例子中经过敌机的 3/9 线时， V_c 迅速的由正 1000knot 变成负 1000knot。 V_c 由正变成负的位置，就是你开始转弯的时候。

但是在座舱里并没有“领先转弯指示灯”，而且当你盯住敌机时，也不能同时盯住 HUD 上的 V_c 。因此判断何时开始领先转弯是很困难的。判断开始领先转弯的最好方法是：透过你的座舱盖观察敌机的视线率，当视线率快速增大时，开始作领先转弯。通常此时视线离你的机首为 30 度角。图 4-4 显示了一架 F-16 领先转弯于一架 MIG-29。

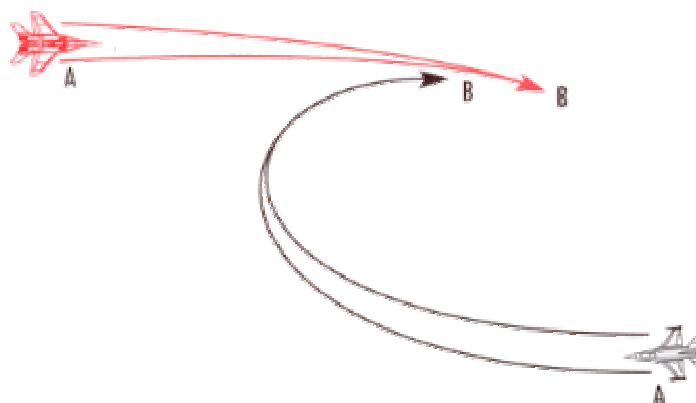


图 4-4

转弯本身如何作？通常领先转弯以最高 G 进行。当你作了领先转弯，你就关闭了你的脱离窗口，把自己带入机动战斗。领先转弯可以在任何方位角（aspect angle）和夹角（angle-off）下实施，但你要预测敌机的航线，注意不要在领先转弯中飞到敌机前面而变成靶子。图 4-5 显示了一个刚开始不久的领先转弯。

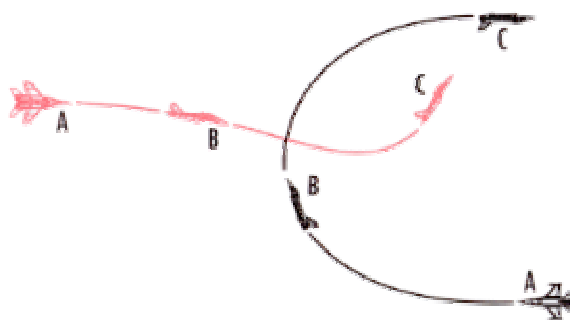


图 4-5

特别的，在高机首对低机首的迎面相遇中（译注：高机首和低机首指机首相对于水平面的高低），如果你以高机首、敌机以低机首迎面相遇交战，这时就应该以最高 G 力作领先转弯，你得到重力的额外帮助，而敌机则不得不与重力抗争。无论你是有意或无意造成这种局面，你都能通过领先转弯而立刻获得 3/9 线优势。图 4-6 显示了高机首对低机首的领先转弯。

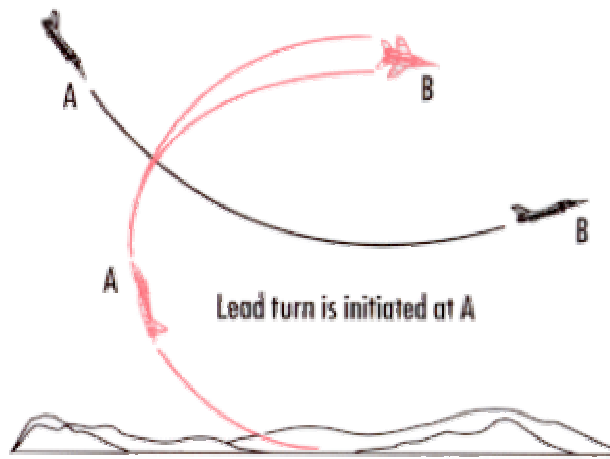


图 4-6

你可能会问：“如果领先转弯好，那么敌机不也会做吗？”答案是：“是的，他也会”。对付敌机的领先转弯，最好的方法是你自己的领先转弯。如果你和另一个你都飞 F-16，都作领先转弯，那么等于都没作。如果你飞 F-16，敌人飞 MIG-29，你将获得优势，因为 F-16 是转弯战斗机。对付领先转弯的方法是你自己的领先转弯。

交会时的选择

当你迎头冲向敌机，你首先想：“怎样尽快结束战斗？”发射红外导弹，同时别忘了机炮。迎头对冲时开炮是危险的，因为即使敌机不同时向你开炮，你们也有空中相撞的危险。除非你想对冲过后就直接脱离。

现在让我们假定不迎头开炮，并且你们都留下来交战。下面是你的 3 个选择：

1. 低机首转弯
2. 水平转弯
3. 进入垂直方向

你也可以有一些其他选择，如 pitch back（高 G 爬升作半筋斗）和 split S（滚转 180 度拉杆向下作半筋斗，即 S 分离）。但如果在一场迎面战斗中你看到这样机动，这多半表明对手作了更加错误的机动。

但是在决定实行何种机动之前，应该记住：“迎面战斗通常容易丢失目标并因而失败”迎头战斗需要许多机动，双方都有很大可能犯错误。最大的错误是丢失目标，一旦在战斗中丢失目标，即使再好的机动也变得毫无意义。其他应该避免的：G 力的不足、对速度的控制力差、对升力矢量的控制力差、失败的领先转弯、和飞 F-14 时试图作 BFM（最后一个玩笑）。下面分别讨论 3 个选择：

低机首：倾斜下滑侧转

使你的机首指向敌机最快的方法是：做压低机首的领先转弯。具体做法：开始时立即作一个

8G 的领先转弯，机头要低于水平面 10 度，这样你会得到重力的帮助，维持你的空速并增加转弯率。（还记得向心 G 力吗？）

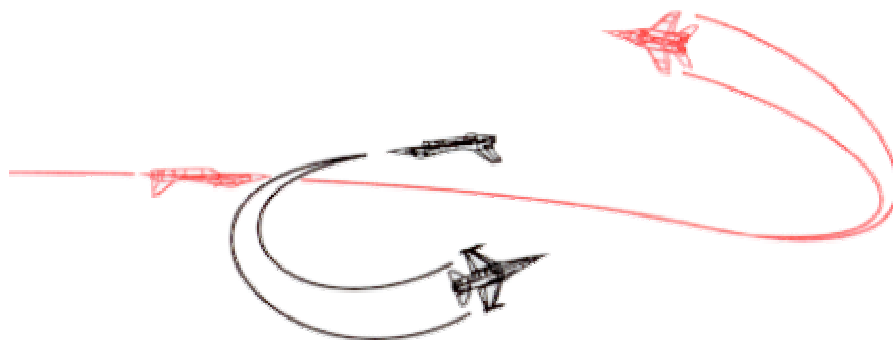


图 4-7

低机首转弯是 F-16 飞行员的最喜爱的动作。原因很简单：F-16 能在空中作出任何转弯。因此低机首领先转弯会对敌机构成威胁。完成低机首领先转弯后，你会获得对敌机的角度优势，而且有足够能量作下一个机动。低机头转弯的缺点：高 G 低机首机动，敌机会最大程度的占据你的 6 点钟位置，你暂时看不到敌机，但如果你转完弯后知道敌机的大致位置并能再次找到敌机，这也无妨。一般来说，当你转完 180 度之后，敌机此时在你的水平面上方，离你的 12 点钟方向不远。图 4-7 显示了一个低机首的倾斜下滑侧转（slice）。

水平转弯

另一个好的选择是水平转弯。这个选择没有前者的机头指向能力强（即转得快），但比前者有个大优势——在转弯时能保持目视目标。执行的方法除了把你的机首在水平面上转弯之外，其余与前者相同。水平转弯的转弯率和空速的下降比前者快。当你执行这个机动时别忘记作领先转弯。

垂直方向战斗

最后选择是向上拉起进入垂直方向。较少采用。当你交战时太阳在头顶上方，你可以考虑向上拉起进入垂直方向。记住：迎面战斗通常容易丢失目标并因而失败。如果你首先移动获得太阳的优势，敌机可能会失去对你的目视跟踪，这通常可以从他的动作看出来：他会作 S 形转弯并摇摆机翼试图找到你，此时他的升力矢量一般不指向你。

另一个优点是可以一直看到敌机。最大的缺点：当你爬升时，开始的转弯速率是很低的，当然在转弯最高点附近，重力也会帮助你，使你转弯速率回升。不幸的是，到那时，敌机将会对你有一些角度优势。另一个缺点是加满油门进入垂直爬升的你，在凉爽天空的衬托下是一个极好的热目标。联系这些事实，敌机可能会获得对你的角度优势，从而最终干掉你。作为一个普遍法则，在第一次机动时不要进入垂直方向。

如果不得不进入垂直方向，与敌机交会后，以 550 knot 或接近 550 knot 的速度开始保持机翼水平的拉起。虽然这不是角速度，但没关系。当 7G 开始拉起后，速度会迅速降低，但会获得高度。图 4-8 显示了在垂直方向上的初始移动，以及当你在垂直向上拉起时，比倾斜拉起的敌机要获得多大的高度优势。

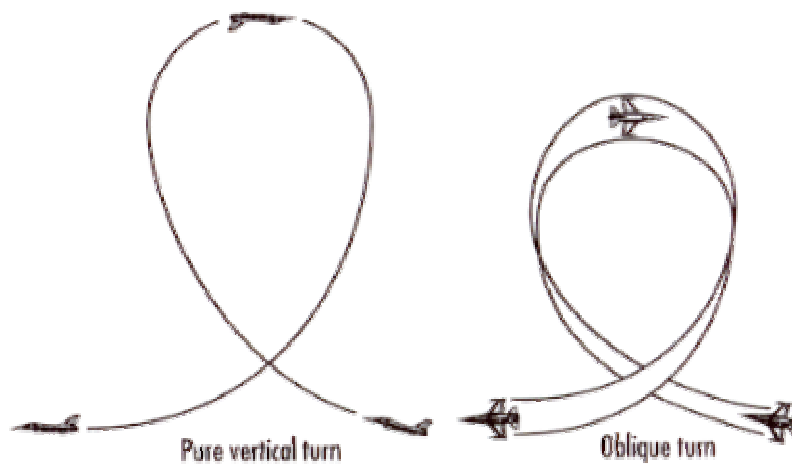


图 4-8

当你进入垂直方向上时，目视找到敌机，滚转使升力矢量指向他，后拉冲下来。如果他也看见你，他会拉起冲向你，此时你处于高机首对低机首的领先转弯中，开始你自己的领先转弯来反击他的领先转弯，完成后继续以水平转弯把你的升力矢量指向敌机。

另一个选择是继续进行垂直战斗。如果你决定这么做，再次拉起，不要等到你获得 550 knot 的速度。当你有 300 knot 的速度并正经过敌机时，拉起进入垂直方向。如果你延迟了拉起，敌机将会获得对你的角度优势。一旦你进入了纯垂直方向，重复竖直旋转和拉升。当看到敌机不再拉起机首指向你时，表明他的能量不足，你将要赢得这场战斗，现在你已掌握敌机上空的转弯空间，使用这个转弯空间并战胜他。

翻滚过顶速度 (over-the-top airspeed)

这个故事可以告诉你一些关于 F-16 的内幕。

被选送到战斗机武器学校的学生是各处战术空军中有经验的指导飞行员。正常情况下，在我们把飞行员派遣到战斗机武器学校之前，我们会给他做一些热身。我是麦克迪尔空军基地的一名武器和战术教官，经常和这些家伙一起飞行，并加速他们技术的提高。麦克迪尔的空军指挥官不希望看到任何一个被送去的学生过早的挟着尾巴回来。因此，在麦克迪尔，我们和他们一起做额外的 BFM 练习科目。BFM 是武器学校里最苛刻的部分，因为这个科目准备使飞行员在名次表中直上直下。

一天，我和一个叫 Butch 的家伙进行战斗。Butch 是个不错的，水平中上的指导飞行员 (IP)。因此我认为战斗将不分胜负。在第一轮较量中，我飞到前面大约 6,000 英尺处，战斗开始了，Butch 飞进窗口并以滞后的位置进入。我战斗得很艰难，在一系列剧烈的机炮脱离动作之后，以被击中而告终。早先时候，我曾简单地提示过 Butch，在冲进转弯圆环时使用垂直机动是危险的，他记在了心上，并在战斗中很快的干掉了我。

当我再次飞到前面大约 2nm 处时开始了下一轮战斗。由于前一次战斗的结果，我的心情并不好。即使学生只是按我教的去做，被别人击中永远也不会是件愉快的事。若有战机飞行员向我

表示不介意被别人击中，我会告诉你，那个人应当去做兽医给小鸡灌肠，而不应该驾驶着 30,000 磅的喷射战机。因为战机飞行员天性好战，大多数在第一次被击败之后和我的感受一样——又气又怒。

当 Butch 在后面 2nm 处时，我们喊道：“Fight’s on” ，我翻滚机身把升力矢量指向 Butch 的机首。这个翻滚动作紧接着一个 8G 的急转，使我眼前佛罗里达州的天空由蓝色变成了黑色。甚至当我的视力减退时，我仍保持拉杆，直至我转回来，我放松 G 力，重新目视获得目标，我发现 Butch 在我的座舱上方快速前移。如果前面的人拉得足够急，2nm 的战斗才是真正的迎面战斗，很明显我拉得足够急，迫使 Butch 进入我的 3/9 线前面。

当我们以大夹角接近经过时，我估计 Butch 有足够的速度，而我由于拉杆转向致使速度减慢了。因为我不得不拉杆与他大夹角迎面相遇，而他要做的是飞到我的后面，因此这是正常的。由于我减速到 250knot，所以我放松 G 力并加速了几秒钟。当我有 400knot 速度时，我把升力矢量重新指向 Butch，并开始执行一个 7G 的转弯。当我在加速的同时，Butch 正在做最大 G 力的拉杆，并且他在我的 7:30 方向，距离 1nm 处返回。我快速的转弯使他前移到我的 9 点钟方向。7G 的转弯大约消耗了我 200knot 的速度，并使我和 Butch 进入了一个“Lufbery”环。我们都被限制在这个 3000 英尺的圆环里，无处可逃。当我看 Butch 时，他大约比我慢 50knot。我们转了 180 度还保持原样，除了试图获得角度优势而无效的耗去了另一个 50 节速度。在这种情形下，我做了一个老式的 high-low 欺骗机动，这个机动能把战斗从水平方向转化到垂直方向上。

我为了获得速度放松了 G 力，但仍保持我的机翼假装移动，当我慢慢地把速度加上时，我脱离了圆环，Butch 开始获得了角度优势和进入了我的后面，在他能赶上射击我之前，我已到达了翻滚过顶速度（over the top airspeed，译注：对于 F16 来说，从 250 节的速度进入可以翻筋斗。要是以更小的速度进入的话，就翻不过顶，会掉下来，或在接近顶端的时候失速。），F-16 是 250knot。我突然翻滚机身使机翼水平，并开始一个垂直上拉。当我到达 90 度的位置时，我向后观察 Butch 在做什么。我不能确信他是否知道在这种情形下怎么做。当我目视获得 Butch 时，他仍在拉杆，试图完成转弯并把机首向上对准我。现在，我能确信他并不知道如何在垂直方向上战斗，他死定了。

在到达 90 度这一点之后，我翻滚机身把升力矢量对准他，在顶端保持机翼水平并拉杆，颠倒了机身。我没有拉到机首向下对着他。他仍然没有获得足够的能量跟随我上升，因此，我现在所有要做的就是保持在他的上方，并飞进他的 6 点钟。我在他的上方获得了转弯空间，而他在垂直方向上却没有作机动的能量。转弯空间是属于那个最善于利用的人，因此我是唯一能使用的人。现在，我在战斗中有了优势，我在他的上方飞了几秒钟，然后倾斜下滑侧转（slice down）到他的后面。当我射击时，他的飞机速度大约有 120knot，同时机身正在左右不停的打滚。

Butch 应当怎么做呢？当敌机在垂直方向上机动，而你却没有能量跟随他上升，你是防御方。通常情况下是没有问题的，因为你所有要做的是加速，然后追上他。如果敌机倾斜的上升，有时你无需加速就能保持在他的后面。然而，当敌机直线上升时，他知道他在做什么，你必须到达过顶速度（over the top airspeed），并跟随他上升。如果战斗是在垂直方向上，你能把机首对准敌机。记住，在圆环的顶端领先转弯，在底端滞后转弯。Butch 所有要做的就是取消 G 力加速，然后跟随我上升。

不要太限制于这个垂直战斗的解释。因为它只包括，在迎面战斗中，由于敌机的速度减慢，

你获得优势的情况。当发生时，你可把战斗转化进垂直方向，就像我和 Butch 的战斗，获得敌机不能使用的转弯空间。使用垂直战斗的时机是你与敌机第三次相遇之后，使用最初的两个选择之一。如果你能知道他慢了，你就能进入垂直方向。怎么知道敌机慢了？他不再能转动他的机首。

记住，如果你要进入垂直方向，应翻滚到机翼水平，并开始拉杆直向上飞行。然后翻滚找到敌机，并拉向他。不要倾斜进入，否则你将给敌机转弯空间。一名越战时期的老飞行员说：“在垂直方向上，你会遇到更强的对手。”这句话在今天仍然正确。

基本空战几何学：单环战和双环战（One-circle and Two-circle Fights）

我们讨论过两机相遇时的选择会导致单环战或双环战。如果双方都开始一个领先转弯，战斗将进入双环战，如图 4-9。这意味着产生了两个截然不同的圆环。

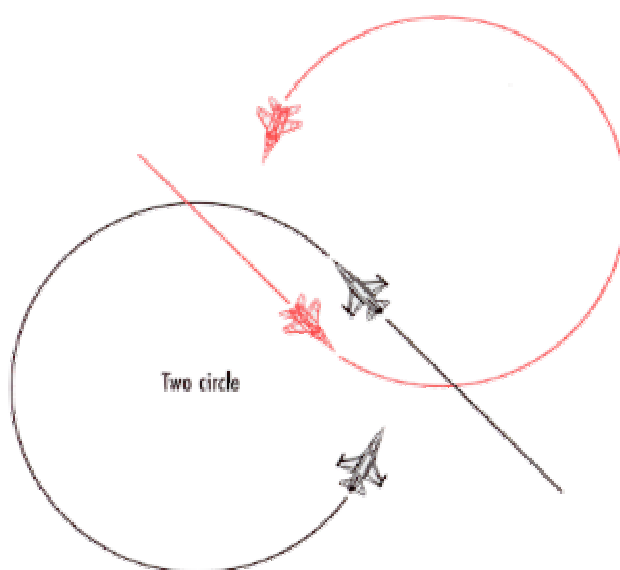


图 4-9

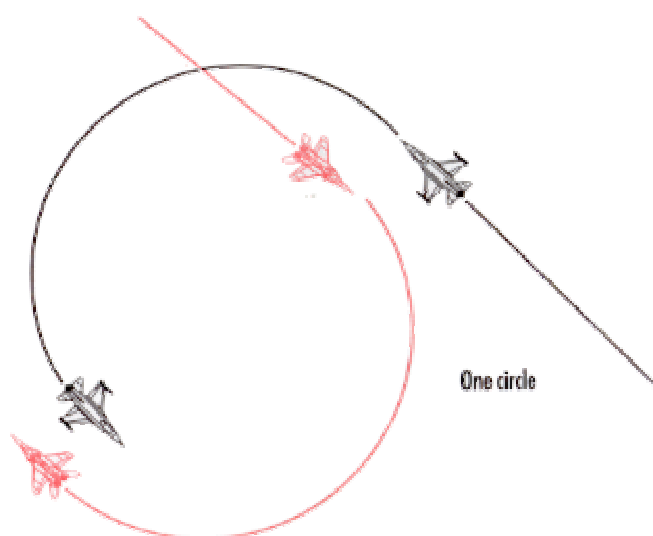


图 4-10

如果其中一架飞机转离，那么战斗将进入单环战，如图 4-10。

记住你或敌机都能使迫使战斗进入一个单环或双环战。一名战机飞行员应当理解每种类型战斗的特性。大多数迎面相遇导致双环战。原因很简单，通常情况下，战机飞行员为了利用转弯空间，互相进行领先转弯，试图减小夹角（angle-off）。如果你避开并转离敌机，你就不能使用转弯空间，但更糟糕的是，你让敌机使用了。图 4-11 显示了一个转离敌机引起麻烦的例子。

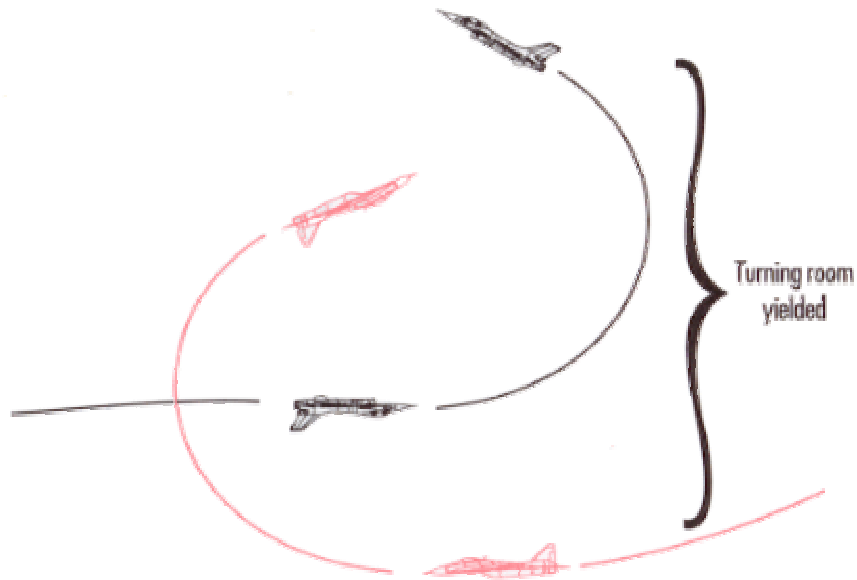


图 4-11

双环战对于一架有着高转弯速率和全方位热追踪导弹的战机有另一个优势。你可以把机首转得足够快，从而获得对敌机的一次射击。相遇后的一个单环战对于热追踪导弹太紧促了。事实上，这就是进入单环战的主要原因。如果你的战机没有全方位热追踪导弹，你应当通过单环战设法干扰敌机发射导弹。

最后要说的是，一旦你开始转弯，不要反转方向。换句话说，如果你要进入双环战，而敌机转离了你，你应继续保持转向。如果你反转方向，由于花费的时间，你将会失去太多的角度。

战斗机飞行员训练科目：迎面 BFM

这些科目将帮助你理解迎面 BFM 的特性。在这些科目中，对手是一些不同种类的战机，这将会有助于你掌握对付各种敌机的方法。在这儿，你将会发现，如果你飞一架有着较好转弯性能的战机，如 F-16，机首水平或机首向下与敌机进入迎面相遇，是把能量转化成射击的最有效方法。

关于训练科目

当使用相同的战机（如两架 F-16）练习迎面 BFM 时，重要的是要有一架战机作为训练辅助方。当使用两架相同的战机训练时，其中一架应以劣势迎战，就如下面科目中的情况。

在下面所有的科目中，练习的战机使用全推力（也就是说没有油门使用限制）。这架战机为

了能在迎面相遇时执行他的计划，无论如何速度是必需的。其他战机的参数设定将在下面和战斗技巧一起讨论。战机飞行员练习迎面 BFM 有两个主要方法，第一个是直至经过 3/9 线，双方才能作机动。另一个方法是一旦互相看见对方就允许作机动。

情景#1

一旦一架战机经过另一架的 3/9 线，就以“Fight's on”开始迎面相遇战斗。一架战机使用全推力，另一架战机限制只能使用标准推力。

情景#2

当双方战机都看到对方，就以“Fight's on”开始迎面相遇战斗。一架战机使用全推力，另一架战机限制只能使用标准推力。

情景#3

一旦经过 3/9 线时，就以“Fight's on”开始迎面相遇战斗。一架战机使用全推力，另一架战机限制只能做 6G 以下的机动。

情景#4

当双方战机都看到对方，就以“Fight's on”开始迎面相遇战斗。被限制的战机只能使用纯追逐对抗全推力战机，并且不能在第一次相遇时进行领先转弯。

小结：

由于需要经过机动获得敌机的 6 点，因此迎面相遇战斗的要求是非常苛刻的。在大多数迎面相遇战斗中，获得射击机会是不容易的。你要耐心地执行你的计划，记住，如果你努力保持以角速度转弯，你将会赢得更多的战斗。

第五章超视距空战介绍

超视距空战介绍

迄今为止，在《空战艺术》这本书中所讨论的都是空战的基础。所有的空战都是立足于 BFM——在视距范围内发生的。BFM 是所有战机飞行员学习的第一科目。一旦战机飞行员学会了怎样与视距内的目标对抗，也就是学习与视距外（BVR）目标对抗的时候了。本书这一部分唯一的主题就是返回到前面稍微提到过的超视距空战，以及在学完基本战斗机动之后，带领你进入下一个科目。

现代战机装备有能检测视距外目标的传感器。最普遍的传感器是雷达。当目标在雷达上被发现时，一系列的战术反应开始运转，对敌人来说是战术拦截。战术拦截由一套详细的程序组成，通过雷达获得对敌机的优势。战术拦截有以下六个基本步骤或阶段：

1. 侦测
2. 分类
3. 瞄准
4. 拦截
5. 交战
6. 脱离

战机飞行员必须理解和执行每个步骤。任何一个步骤的执行失败，都将使你的战术计划崩溃。在你和僚机执行一个任务之前，你应当弄清战术拦截的每个阶段，并知道怎样实施。

侦测（Detection）

在你的雷达发现敌机之前，你什么也不能做。只要扫描一下，似乎就能在显示屏上直接获得敌机的回波点，可没有那么快，雷达有其特定的搜索空间，在高度和方位方面受到限制。现代战机雷达可以进行从左到右 120 度的扫描，如图 5 上半面，这一次扫描就叫做一线，通常为获得雷达的最大性能，飞行员调节的扫描线数为 4-6 线。在图 5 下半面就显示了一个 4 线扫描。

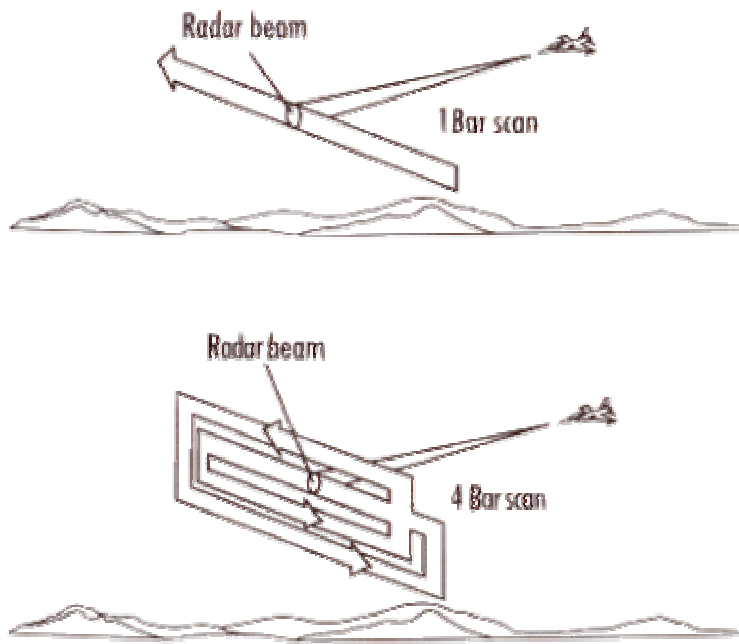


图 5

每根扫描线搜索都要花费一定时间，因此不建议选择最大扫描线数。例如，如果你知道敌机的高度，你就不需要 4 线扫描。如果你使用更少的扫描线数，你可以把更多的雷达能量指向那儿，并增加侦测到目标的可能性。随同所选的扫描线数，飞行员也可以上下调节雷达的扫描圆锥。如果敌机在低空飞行，你就可以将雷达调节到 1 线扫描，并向下调节雷达的扫描圆锥搜索低空目标。使用 1 线扫描搜索感兴趣的空域速度较快，这是因为你不会浪费时间搜索无用的空间。

当你和僚机进入战斗时，你应当有个雷达搜索计划。正常情况下，不会希望你中队的所有飞机都用雷达来搜索同一个区域。在很多战例中，GCI（地面控制拦截）将报告目标位置，让你指向敌人。如果你知道目标的高度，那么你可以选择一个较小的上下扫描范围（更少的扫描线数）。然而，大多数时候，你需要选择最大扫描线数，搜索最大的空间范围。

分类 (Sorting)

一旦你侦测到了敌机，你就要对它们进行分类。分类是处理侦测到的如下信息：

1. 多少敌机？
2. 什么编队？
3. 他们在做什么？

一旦中队的某架战机完成了对敌机的分类，应当立刻把信息传送给中队的其他成员。这个通讯的目的有好几个。首先，把你的 SA（译注：飞行员对周围环境的感知）传送给中队的其他成员，其他成员将建立起他们自己的 SA。第二，你可以比较空战环境的雷达图片，这将帮助你确认你所看到的和你所认为的。这儿有一个在分类中的雷达呼叫例子。

“Falcon 1 has a two ship , line-abreast high-aspect . South target is at angels 22. North is at angels 20.”

“Falcon 2 has a single high-aspect target at angels 22.”

由这个呼叫,你就可以知道 2 号机没有检测到另一架敌机。2 号机也知道了还有一架在那儿,他将寻找另一架。长机关于目标 high-aspect 的呼叫是回答他们在做什么。high-aspect 的意思是说敌机机首对着你。

瞄准 (Targeting)

在瞄准阶段,中队的职责是捕获某个特定的目标。一个瞄准计划必须在执行任务前被简报和分类后被执行。

拦截 (Intercept)

实际上这是个接近敌机的阶段。拦截就是让飞行中队进入武器参数包线。一旦你已经瞄准了敌机,就是进入射击位置的时机了。如果你有超视距导弹,如 AIM-120 先进中距空对空导弹,那么你的拦截计划就是飞进导弹的武器包线。如果你只有 AIM-9M 响尾蛇导弹,你的计划就是飞进这种短程导弹开火的最佳位置。拦截计划还有一个目的,在你进入武器参数包线的时候保持在敌机的武器参数包线之外。

交战 (Engagement)

在交战阶段,队员(你的中队)与敌机进入视距内战斗。如果运气好的话,对敌人而言是无情的埋伏。大多数时候,你没有这么好的运气。当你在雷达上找到敌机的同时,他们也发现了你。当你们一起进入迎面相遇时,你的队员进入了对抗敌机编队的战斗,或空战机动,这是另一个主题——但基础是你与敌机作 1V1 的 BFM 战斗。在 2 对多的环境中,永远不要做你在 1V1 的环境中也不愿做的事。

脱离 (Separate)

当你与敌机作 BFM 战斗时,你应当记住你的队友位置和脱离窗口。甚至当你把所有瞄准的敌机转变成废铁时,你仍需要注意脱离这些火球,空中巨大明亮的火光将会引起其他敌人的注意。

合在一起

说明如何执行战术拦截任务的最好方法是举一个从开始到结束的 BVR 战斗实例。这个战例是一架 F-16 对抗两架 MIG-29。战斗将会以 MIG-29 战机位于左方位角 (aspect) 160 度,距离 30 英里外开始。出于讨论的缘故,我们将假定没有超视距导弹被发射,直至目标进入视距内。

侦测阶段

在这里,一架 F-16 试图要发现敌机。很明显,我们在越远处看到敌机,形势就越好。AWACS 或 GCI (地基雷达) 能帮助我们在正确的方向上获得目标,但当敌机进入视距内时,为了最终能

够使用导弹攻击敌机，我们必须使用自己的雷达找到敌机。一旦我们使用自己的雷达获得目标，我们需要分析拦截几何学，确保我们飞向正确的目标。例如，没有必要试图拦截 0 度方位角（aspect）距离 30 英里的目标——我们永远也追不上他。AWACS 指示目标，然后我们转向并把雷达指向正确的方向，最终我们发现目标在左方位角（aspect）160 度，距离 30 英里处。

分类和瞄准阶段

下一步不得不做的是分类敌机。在分类阶段，我们将试图确定有多少架敌机在那儿，他们是什么编队。由下面图 5-1 所显示的雷达图片，我们可以确定有两架并列的双机编队。

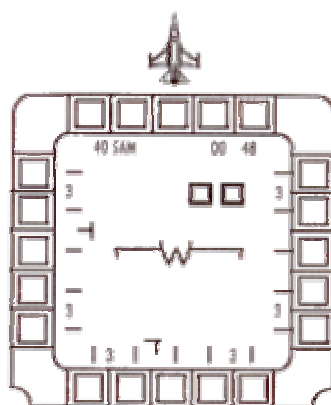


图 5-1

我们已分类了敌机，现在是瞄准阶段。在瞄准阶段，我们指定并锁定其中一个目标。由于敌机的编队将进入视距内，我们只要记住已瞄准的那架敌机，就能锁定其中任何一架。

拦截阶段

现在我们要完成拦截，获得目视确定并干掉他。由于我们需要获得目视确定来射击这些目标，因此最好的拦截是一个航向变换飞行。通过转到敌机的 6 点钟，我们将有时间获得目视敌机并射击。如果我们与敌机迎面飞行，我们有可能看不到敌机直至进入导弹的最小射程。

什么是航向变换飞行？航向变换飞行就是图 5-2 所示。

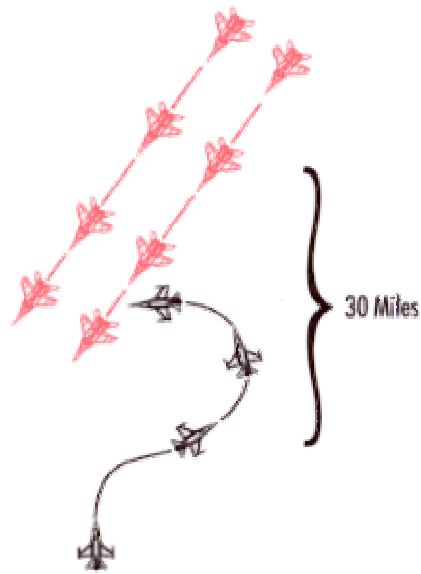


图 5-2

航向变换拦截有如下几个步骤：

1. 切换到 SA (环境意识) 或 STT (单目标跟踪) 雷达模式，获得敌机编队的方位角 (aspect angle)。图 5-3 显示了已标定目标的方位角。

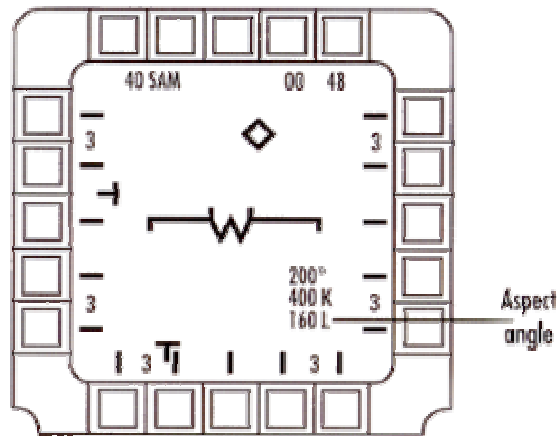


图 5-3

2. 适当的转弯，获得对目标的转弯空间。或者说，如果方位角是左 160 度，那么你需要向右转把目标移到雷达显示屏的左侧，**不要把目标转出雷达显示屏**。在雷达显示屏上只需转到大约 40 度就足够了，图 5-4 显示了怎么做这个转弯。注意图片有包括了俯视和雷达视角。你在飞机中所得到的是雷达视角。下面轮到你在头脑中把拦截的雷达视角转化成俯视视角了。

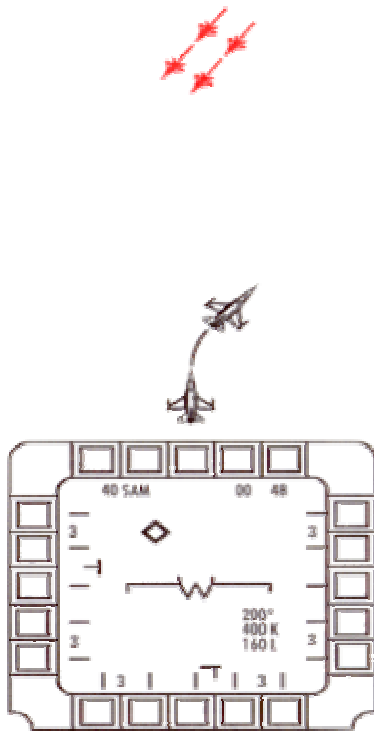


图 5-4

现在说明如果你没有正确地分析方位角，并错误的转向将会发生什么。假设方位角是左 160 度，你转向左侧，有效吗？答案是无效，图 5-5 显示了为什么。如果你转向错误的方向，你实际上是在减小你的转弯空间而不是增大。如果仅观察雷达显示屏上的目标位置是不很明显的。

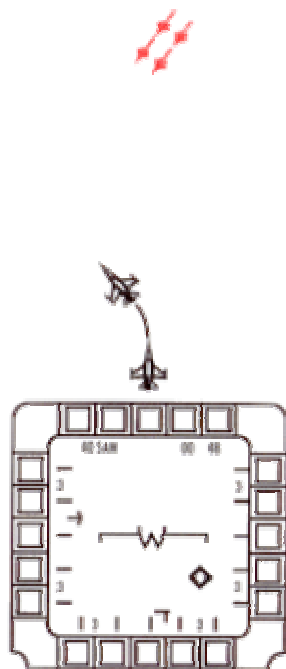


图 5-5

3. 下一步是保持目标在雷达显示屏的 40 度方位。为了保持目标在 40 度方位，你可能不得不偶尔转向敌机。关于这个的解释有些超出本书的范围，但可以简单的认为——不在碰撞路线上的目

标将会飞离你。可以用驾驶术语来解释一下，假设你在双向高速公路上行驶，你将会注意那些从挡风玻璃外一闪而过的迎面车辆。迎面车辆永远不会停留在挡风玻璃外的某一点，除非你打算不要命的撞上它。同样的事情将会发生在空战中，在拦截时，你为了获得转弯空间从碰撞角度处脱离目标，这意味着目标将会更加远离你，除非你为了保持一个特定的角度而转向它。

为了执行一次拦截，所有你要做的就是依照程序执行，就像烤蛋糕，你并不需要知道化学反应过程，只需按照程序做就行了。

4. 当你距离敌机 10 英里时，进入 STT（单目标跟踪）模式并转向把锁定的敌机置于 HUD 中。这是拦截阶段最重要的部分。在 10 英里处把目标放到机首方位有两个原因，第一个原因是，由此我们可以获得对敌机的目视。当目标在 HUD 中时，我们可以获得一个目标指定框（TD box）。图 5-6 显示了 HUD 中的目标指定框。

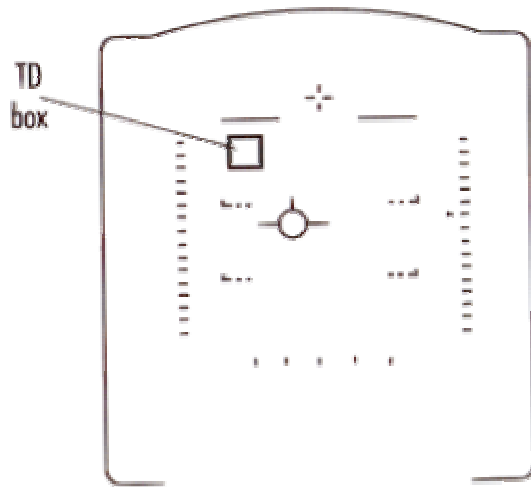


图 5-6

在 10 英里处把目标放到机首方位的另一个原因是获得较小的被观察面积，观察一架正指向你的飞机要更困难些，因为可观察面积缩小了。

当我们获得对敌机的目视后，拦截阶段结束了，是使用 BFM 的时候了。记住，在战斗中，我们只能获得两架敌机其中一架的目标指定框，一旦在 HUD 中看见一架敌机，我们需要寻找另一架。不要犯无规则乱观察的错误。如果敌机保持一个视距内编队（90%的情况是这样），那么当你看到目标指定框里的敌机时，另一架就在 HUD 外边不远处。

交战阶段

现在我们看到了两架 MIG-29，我们必须尽快的干掉目标指定框中的敌机，然后和另一架敌机进入 1V1 的战斗。如果你不能尽快的让目标指定框中的敌机冒烟起火，那么你将会击败。由于这个原因，一旦你能目视确定目标就准备射击。一击必杀，如果你没打中，那么先休息一下，做个简·方达健身体操或什么的。在你离开的时候，要与 MiG29 保持大夹角高速脱离。此外，你必须抵抗住进入转弯战斗的诱惑。

假设在相遇时干掉了其中的一架 MIG-29——现在该怎么做？

当你驾驶 F-16 对抗另一架高机动性战机并进入一场动态转弯战斗时，你要记住一个概念——领先转弯。我的战斗计划是在相遇时使用低机首的倾斜下滑侧转，并且抓住每个机会进行领先转弯。一旦你转过了 180 度，脱离窗口就被关闭了，除非发生不可思议的事情（比如像米格机被流星击中之类），为了能在战斗中生存下来，你必须干掉敌机。在领先转弯战斗中，你必须在经过他的 3/9 线之前开始你的转弯。另外，在初始转弯时努力保持角速度。

当你以领先转弯与 MIG-29 战斗时，考虑一下使用什么武器。一枚响尾蛇导弹能比你飞出更好的 BFM，因此如果你获得一个射击机会，发射它。然而要记住，当你把大夹角的 MIG-29 放进你的武器包线时，敌机也可能把你放进他的武器包线。一旦你进入一场转弯战斗，你就必须努力战斗，因为这是一场你死我活的战斗。

全面交战

最后要叙述的战斗是在我返回“Red Flag”战斗机武器学校不久后发生的。交战的说明很简短，但阐明了怎样把 BFM 原理应用于空战环境中去完成战斗任务并存活下来。

一次“Red Flag”任务的出动总是拥挤杂乱的，这次也不例外。我所在的 F-16 四机编队已经转到塔台的地面控制频道，通过嘈杂的无线电彼此问候，其他飞行编队也正试图做同样的事。肯定是有人滑行迟了点，把整个流程搞得一团糟。一旦“Red Flag”出动的某个流程开始出错，最好等到它结束。

“Red Flag”任务是从内华达州，拉斯维加斯以北的尼尔斯空军基地起飞。尼尔斯空军基地有两条平行的长跑道供起飞，但当有 50 架战机要做“快速检查”和挂载武器时，仍然会出问题。一架战机总是载满了保险的武器和装备滑行，也就是说在训练中，炸弹，箔条，闪光弹的安全销已插上，避免无意的触发。在跑道尽头，两组地勤人员为你起飞作准备。其中一组作“快速检查”。他们的检查是很值得的，执行检查轮胎，飞行控制面等等诸如此类的工作。另一组挂载各种装备：炸弹，箔条，闪光弹。因此，当你不得不带着一个大包裹起飞时，你应当有一个滑行和挂载计划。

他们常说：“God is in the details.”。负责的人必须设法制定一个“Red Flag”的出动计划。计划应考虑所有的“可能情况”，例如象飞行中队里某架战机出了问题导致滑行迟了，某架战机在挂载区中止任务并且不得不滑行回去，挂载装备组开始运作的时间落后了，使你滞留在滑行道上。有些事情经常会出错，因此，成功的出动依赖于所有人对“可能情况”作出什么反应。

A-10,F-16,F-15,F-4,海军 F/A-18 以及英国龙旋风战机沿着滑行道隆隆的经过我身边，当我坐在那儿转动燃料旋钮时出现了杂音，我不能确信这是什么问题，但我知道轮到我滑行时，决不能滑行。好了，我花了足够的时间终于弄清了问题，这个问题由于夹在杂乱的“Red Flag”出动中而被蒙骗了，这与夜间舞会上鼻子出个小痘的可能性相同——这是不可避免的。你不得不耐心的等待直至轮到你滑行，这就是我目前所能做的。

在这个任务中，作为红方，我们的任务是阻止蓝方轰炸祖国。计划要求我们在蓝方战斗机群的后面滑行，然后挂载装备，起飞并向位于尼尔斯区域西部上空的加油机飞去。在我们之前起飞的蓝方则飞往位于尼尔斯区域东北部上空的加油机。我坐在那儿一直等到所有的人都经过我们，

直到最后，我的四机编队才开始滑跑，快速检查，挂载武器并在 15 分钟之后起飞。一旦滑跑控制塔把我们传交给 Buzzsaw（AWACS 的呼号），我就询问是否错过战斗（由于起飞太迟，落在了其他人的后面），Buzzsaw 回答道：“Negative”，这是因为我知道起飞太迟已经使我们付出了代价。我把速度加到略低于 1 马赫并开始追赶加油机，希望它还有多余的燃料。

由于加油机将提供我们额外的燃料，所以我们没有挂载副油箱。这些加油机飞行员们是很伟大的，通常他们会为任何人提供燃油。如果他认为能帮上你的忙，这些飞行员会驾驶那架大飞机上下移动。在这次任务中，驾驶加油机的这些家伙们来自北卡罗莱纳州的一支空军预备部队，我们按规定时间接驳和脱离加油机。

不幸的是，离我们的规定时间只剩下 4 分钟。我带领四机编队转向东，并使用标准推力尽可能快的飞行。作为红方，我们的任务很明确，在 Tolicha 空军基地上方进行空战巡逻（CAP）。Tolicha 空军基地是位于尼尔斯区域西部的一个目标机场，在肮脏的跑道和滑行道上有一些废弃的飞机残骸，经常被用作蓝方的目标。当我的飞行编队接近 Tolicha 时，我调到红方的主频道并询问 Buzzsaw（AWACS）周围环境的情况（picture）。当 AWACS 不得不提供数量很多的战机信息时，一般他们使用一种被称为“bull’s-eye”的方法，即他们将指出目标相对于某地理参考点的位置。今天，我们使用的地理位置参考点是 Quartzite 山。

当我调到红方的主频道时，传来一阵阵的噪音，这是由于红方的其他飞行中队正在请求目标并开始实行 CAP。一些红方的战机起飞太迟了，以致错过了加油机，他们直接飞往 CAP 点。这些家伙现在正投入与“敌人”的战斗并执行红方的计划。我们的计划是派遣一半的力量前往对付首轮侦测到的“敌人”大型编队，在“敌人”完成任务前瓦解他们。另一半将保留作为备用。一旦首轮相遇交战发生，备用力量将以双机编队拦截首轮相遇交战的蓝方幸存者。

在无线电的喧哗声中，我听到一些来自于 Buzzsaw 的 bull’s-eye 呼叫，获知一个 gorilla 正从 Student Gap 鞍部向西推进。gorilla 是一个空军术语，是指大型编队，通常是密集型尾随编队。一个典型的 gorilla 最少由 6 架战机组成，以战机间距为 1-2 英里的某种视距内编队排列。我无法断定来自于 bull’s-eye 呼叫的信息，但我知道是我亮相的时候了。Student Gap 是尼尔斯东部边界的一座南北走向山脉的鞍部，Student Gap 很容易被发现，因此当飞行员从东边飞往西边的目标时，常常把它作为一个起点。

当我的四机编队到达 Tolicha 机场时，事情很快地变得清晰起来。我们没有足够的时间实施我曾简报过的 CAP 计划，因此我呼喊道“audible（改变打法）”。我指挥 3 号机和 4 号机在 Tolicha 机场上空盘旋并收听 Buzzsaw 的新信息。有一种可能性是，位于 Student Gap 鞍部的战机只是护航战机，携带炸弹的战机还没有到达。防守地面某区域的诀窍是找到携带炸弹的哪些家伙并干掉他们，尽可能的避开护航战机。这并不是件容易的事，因为当 AWACS 指出目标时，你并不知道正在指向你的是何种类型的战机。假如你不去追逐他们，而他们却有可能携带炸弹——事实上，根据 Murphy 法则推论可知，如果你不去对付他们，那么他们将携有炸弹。关键点是不要把全部力量用在对付第一次发现的大型敌机编队上。始终保留一些作为备用，以防万一，就好比准备用棍子去打一只幼海豹，结果却遇上了一只北极熊。

我和僚机向东飞行，不久就在我们的雷达上获得了多个目标。无线电里现在充满“kill”呼叫声，首批红方编队与敌机编队相遇了。我们仔细收听所涉及到的飞机是什么种类，红方都是以 F/A-18 编队的，因此其他任何战机都是蓝方的。蓝方的龙旋风战机和 F-111 携有炸弹，F-15 作

为护航战机。A-10 通常尾随在大规模对地打击之后并沿着前线区域 (FEBA) 执行近距空中支援 (CAS)。所有 “tally” 的呼叫都是关于 F-15 的，我没有听到一次是关于龙旋风战机或 F-111 的 “tally” 或 “kill” 呼叫，但直到现在，我的双机编队与处在右方位角 120 度左右的另一个双机编队仍相距 10 英里。我们已飞得够远，是调转机首亲自看看的时候了。当我逼近到 5 英里时，我目视观察到两架一字并列编队的 F-15。我无法使用响尾蛇导弹锁定，因此我继续推进并转过他们的 3/9 线，进入他们的后面。正当我在距离 1.5 英里获得大约 50 度右方位角时，他们看到了我，立即散开转向我。在僚机清除我的 6 点钟方向的同时，我立刻向外翻滚飞出转弯然后飞进窗口。

你也许会问，为什么要做翻滚脱离？记住，我们曾在进攻性 BFM 中讨论过，我们需要一个转弯空间来执行一次转弯并解决敌机制造的 BFM 难题。在 F-15 开始转弯的那一点，我没有足够的转弯空间来完成转弯，因此我为了增大与敌机的侧向距离并飞进窗口，不得不立即向外翻滚飞出去。如果我继续保持转弯，我将消耗掉自己的转弯空间，并与 F-15 近距擦过。我原来的转弯是基于 F-15 的直线飞行，当它转弯时，我也应对此执行一些进攻性 BFM 机动。

我在哪儿呢，噢——正在追踪的 F-15 位于 HUD 的 30 度方向上，同时我的速度有 450knot，我开始执行一个经典的进攻性 BFM 机动。我以 8G 转向 F-15，而他把升力矢量对准我，继续保持转向我。他的僚机现在处于他的前面并飞到上方。当我与下方的那架 F-15 战斗时，我的僚机喊道：“Stripped”，并与那架处于上方甚至从未看到过他的 F-15 开始交战。在我击落 F-15 之前，我的僚机已经对上方的那架 F-15 发动了一次不易察觉的 AIM-9 攻击，并且呼喊道 F-15 已被干掉。这时我距离下方的 F-15 大约 3000 英尺，拉杆进入领先追逐，并在 F-15 作脱离动作之前机炮射杀了他。这时我的速度减慢到 280knot，在这个速度下，我感到自己就像光着身子毫无保护，极易受到攻击。在无法预知的坏事发生之前，应该尽快地离开这儿。当战斗结束时，我们都指向东南方向，需要转向飞往西方。在转向西方之前，我压低机首尽可能快地加速到 450knot，然后向西转向，飞向 Tolicha 机场，重新进入 CAP 巡逻。

你也许会问，为什么不在速度 280knot 时转弯？记住：尽可能以角速度转弯。转弯中的你是最易受攻击的。除非你在进行防御，否则最好在转弯前花几秒钟时间加速恢复到角速度。

在 50 架战机参与的大型战斗中，任何事情都有可能发生。两个大型编队相遇到一起，并且分布在 50 英里交战区域周围的 100 英里范围内。如果他们是均衡的分布，那到没什么问题。不幸地是，情况并不是这样。挂载炸弹的攻击机冲向目标，红方战机紧跟在它们的后面，蓝方的护航战机设法帮助攻击机完成任务，因此也向相同的目标区域逼近。

在这次战斗中，来自 Student Gap 鞍部的制空 F-15 机群是典型的佯攻。龙卷风，F-111 攻击机和少量的 F-15 护航机大约在两分钟后由该地点的南方远处进攻。我的第二个双机编队一直在 Tolicha 机场上空盘旋，很快在雷达上发现了他们。飞向目标的攻击机现在位于一个叫做 Gold Flats 的区域。我的第二个双机编队在与两架 F-15 交战前已经消灭了两架龙卷风战机。所有这一切发生在我们向西飞行的途中。由于在我们飞向 Tolicha 机场的路途上不得不经 Gold Flats 区域附近，同时也在雷达上侦测到一场大型战斗正发生在这个区域，所以我们决定加入战斗。我们由高处进入，我立即目视捕获到两架高速低空飞行的 F-111。实际上此时空中充满了各种类型的战机，但这时我只关心和注意 HUD 中的那两架 F-111。我打开加力并很快加速到 750knot。当我翻滚转向那两架 F-111 时，我发现逼近得不够快。我看到雷达上显示他们的空速为 650 knot。天哪，我可能没有足够的燃料追上并击落这些家伙。

当我思考这个进退两难的问题时，我被耳机里喧闹的声音所干扰，同时我的僚机也在大声跟我说什么。我记得当时在想：“我希望所有人都闭嘴，好让我计算出是否有足够的燃料追上并击落那两架 F-111。”等一下，“Say again , two .”僚机以一种加重的语气重复道，“Come hard left —hard left ,Eagle in your deep 6 for two miles.”凭着自己的感觉，我快速切断油门到空转以减慢到角速度，同时以 8G 转弯寻找那架敌机。我目视捕捉到一架 F-15 正位于我的 6 点方向，我认为 Buzzsaw 将会宣判我被“kill”了，但 Buzzsaw 保持静默，因此我继续进行战斗。我在保持油门空转的同时转弯四秒钟之后，我猛地把油门推到全加力位置，并保持我的升力矢量对着那架 F-15。它开始在垂直方向上做一个大角度的爬升，因此我继续保持将升力矢量对着它，并跟着它向上。

即使空中布满了敌机，你也应当与最紧急的威胁战斗。在这种环境中，除了保持将升力矢量对着敌机并挑战它，我真的没有其他选择，即使我的速度在不断地被消耗。当敌机上升时，如果我仍然保持水平，它将会向下倾斜侧滑到我的后面并干掉我。

他立即明白这个垂直爬升将会使他被射杀，因此他又向我拉过来，我们以大约 150 度的夹角擦肩而过。与多个目标进行转弯战斗时，你需要两样东西——环境意识（SA）和燃料。尽管那样，你有时也会被击败。然而如果你连这两样也不具备，那么你的生存机率是很低的。因此当你的环境意识（SA）和燃料都不充分时，最好快点成为一名和平使者。当我近距经过 F-15 时，我决定是考虑和平而不是战斗的时候了。在分开时，我向后看到那架 F-15 也无心恋战并转离了我，因此我们两者都各自转向相反的方向并加速脱离。这个时候我那愚蠢的大脑才意识到我丢掉了僚机——我呼喊道：“Position ,two .”他回答此时正在我的战斗上方攻击另一架 F-15。我告诉他，最好尽快的干掉对手或结束战斗，因为我将要脱离战斗并飞向西边的加油机。在这次战斗中，地面上围绕山脉的那些宿营者都可能比我有更好的环境意识（SA）。是离开的时候了，不久我的僚机就呼叫到以快速射击（snapshot）击中那架 F-15，但不是“kill”，然后僚机与我集合，并跟随在我的后面一起向西飞行。

好了，当我们找到加油机并抽取了 2 千磅的燃料时，又一个美好的工作日将要结束了。如果没有额外的燃料，我们将不能返回尼尔斯，但当你知道还有其他 50 架战机也要返回相同的机场时，拥有额外的燃料总是件好事。

红方成功地执行了任务是虚夸的，实际的情况是我们执行 CAP 的距离不够远，没有在攻击机丢下炸弹之前追上他们。F-111 和龙卷风战机没有被攻击直至他们离开目标， Buzzsaw 对第二个（更重要的）大型编队的通报慢了些。

由 BFM 的立场来看，许多的 F-15 在保护攻击机的同时被机炮射落。我的飞行中队做得不错，干掉了好几架敌机并且在交战中生存下来。

总结

空战艺术 极好的介绍了基本空战机动，下面是战机飞行员训练的正常进程。

1. BFM 几何学
2. 进攻性 BFM
3. 防御性 BFM
4. 迎面相遇 BFM

同时也简要地讲解了战斗机课程中的两个科目：

1. 拦截几何学
2. 战术拦截

指导者使用这些“模块”来传授战机飞行员技术基础。没有 BFM，战机飞行员将不能掌控其他任何空战状态。现在你有非常好的 BFM 基础了，你应当准备转移到学习更高级的空战科目。

在此之前，你应当努力的学习飞行和射击技术。

后记

空战艺术 和“战斗机空战教练员”极好的介绍了基本空战机动。下一本 空战艺术 系列将会详述超视距空战的战术、机动，并且将包括两架或更多架战机对抗多架敌机的“Element（空军双机编队）”和“Flight（空军四机编队）”战术机动。

这个系列的第三本将对世界级的“对手”——MiG-29 支点战机阐明独特的观点。由少数西方战机飞行员飞过的 MiG-29 战机，由于其独特的飞行动力学和武器系统，使得驾驶它飞行和战斗的技巧也很独特。

对于进一步学习现代空战科目感兴趣的人，希望能去读一读 Robert Shaw 所著的 *Fighter Combat: Tactics and Maneuvering*（海军学院出版社）和 Mike Spick 所著的 *The Ace Factor: Air Combat and the Role of Situational Awareness*（海军学院出版社）。

BFM 课程学习计划

这一部分内容的要点是如何使用 *Art of the Kill* 这本书，就像战机飞行员使用空军教材那样。每一章相应的课程包括课程的学习目标和测验，测验答案在这一部分的最后。

第一课：空战几何学

这一课是设计用来介绍空战的基本术语和定义。因为术语和定义是组成基本空战机动（BFM）内容的基础，因此这些术语和定义很重要的。这一部分，我们将描述战斗中飞机之间的角度关系，追逐选项，和武器包线。

学习目标

一旦你读完第一章，你应当能达到以下目标：

1. 描述 1V1 空战的几何关系
 - 确定两架飞机之间的角度关系。
 - 理解方位角（aspect angle）
2. 描述进攻追逐路线
 - 理解进攻方使用的每一种追逐路线
 - 理解异面（out of plane）机动如何影响追逐路线
3. 描述武器包线
 - 定义最大射程（Rmax）和最小射程（Rmin）
 - 描述影响最大射程（Rmax）和最小射程（Rmin）的因素

测验

1. 什么追逐路线大多数情况下用于向敌机发射导弹？在整个进攻过程中，保持机首使用这种追逐路线会导致超越。
 - a. 滞后追逐
 - b. 纯追逐
 - c. 领先追逐
2. 当敌机异面拉起时，你应使用什么进攻追逐路线？
 - a. 滞后追逐
 - b. 纯追逐
 - c. 领先追逐
3. 如果你把 HUD 上的飞行路径指示符（FPM）直接对准低机。你用的是那种追逐路线呢？
 - a. 滞后追逐
 - b. 纯追逐
 - c. 领先追逐

4. 如果你进入了机炮参数，为了射击需要哪种追逐路线？
 - a. 滞后追逐
 - b. 纯追逐
 - c. 领先追逐

5. 如果你飞向敌机，当你逼近时，他能够转离你，哪种追逐路线最有可能使你保持在滞后状态中？
 - a. 滞后追逐
 - b. 纯追逐
 - c. 领先追逐

6. 如果问题 5 中敌机转离你的情况正在发生，你的 HUD 上飞行路径指示符（FPM）应指向哪儿呢？
 - a. 指向敌机前面
 - b. 直接指向敌机
 - c. 指向敌机后面

7. 当你获得两架飞机的速度矢量和两者之间的夹角时，你得到的是哪个位置几何学参数？
 - a. 方位角（Aspect angle）
 - b. 夹角（Angle-off）
 - c. 碰撞延长线夹角

8. 当你获得飞机相对于敌机尾部的角度时，你得到的是哪个位置几何学参数？
 - a. 方位角（Aspect angle）
 - b. 夹角（Angle-off）
 - c. 碰撞延长线夹角

9. 你在敌机的 6 点钟方向，他以高 G 转向你，敌机的急转是怎样影响你的导弹射击？
 - a. 最大射程和最小射程都将增大，最小射程的延展可能会干扰你的导弹射击。
 - b. 最大射程和最小射程都将缩短，最小射程的缩短将给你更多的时间来射击。
 - c. 武器参数不受目标 G 力的影响。

10. 目标 G 力对机炮的最大和最小射程有什么影响？
 - a. 最小射程增大
 - b. 最大射程缩短
 - c. 机炮是没有最小射程的全方位武器

第二课：进攻性 BFM

这一课是设计用来讲授现代空战的进攻性 BFM。进攻性 BFM 可以使你保持在一架正在转弯敌机的后面并击落他。粗看一下，似乎很简单，一开始时就位于敌机的后面比在敌机的前面要轻松的多。不幸运的是，情形并不是这样的。进攻性 BFM 比防御性 BFM 要更复杂，精通进攻性 BFM 比精通其他任何 1 对 1 的战术机动要难得多。好消息是，一旦你理解了进攻性 BFM 中的战术机动，你也就解决了空战难题中的很大一部分。

学习目标

在你读完第二章之后，应当能达到以下目标：

1. 描述 BFM 构成
 - 理解转弯速率和转弯半径
 - 理解垂直转弯
2. 描述转弯空间的概念
 - 定义转弯圆环
 - 描述侧向或水平转弯空间
 - 描述垂直转弯空间
3. 描述怎样解决 BFM 难题
 - 判断战机是在转弯圆环内还是转弯圆环外
 - 确定进攻性 BFM 的进入窗口
 - 描述进入控制位置的程序
4. 描述机炮射击的程序

测验

1. 保持 G 力不变的情况下，速度对转弯半径有什么影响？
 - a. 速度越快，转弯半径越小
 - b. 速度越快，转弯半径越大
 - c. 无法判断，因为这取决于飞机的种类
2. 速度高于或低于角速度对转弯速率由什么影响？
 - a. 转弯速率将会减慢
 - b. 转弯速率将会减慢，直至你获得角速度，然后保持一个定值
 - c. 无法判断，因为这取决于飞机的种类
3. 你和一架 MiG-29 进入一场转弯战斗，你以 9G 做水平转弯。你突然注意到你的机首在当前速率下再也不能被拉动，怎么办？
 - a. 加速，你太慢了
 - b. 减速，你太快了
 - c. 可能是你的飞行控制计算机失去对俯仰轴的作用，弹射解决问题。
4. 在 HUD 上显示敌机距离为 1nm 时，你突然对敌机发动攻击。你发射了一枚 AIM-9，但导弹

- 错过了目标打在水面上。敌机发现了你，并开始执行防御，为防备你的第二次导弹攻击，他以最大 G 值的转弯来逃脱你的导弹攻击，在这种情形下你该怎么办？
- 为获得转弯空间，立即开始爬升
 - 以纯追逐指向敌机
 - 飞进敌机开始转弯的那一点，这将会使你进入窗口
5. 在问题 4 的情形下，当对抗高 G 转弯的敌机时，什么是获得转弯空间的最好方法？
- 进入垂直方向，爬升到一架急转的敌机上方永远都不会错。
 - 飞进战斗开始的地点，你将会在敌机转弯圆环里获得水平转弯空间。在 1nm 的情况下，敌机通常不能夺取或利用你的水平转弯空间。
 - 在这种情形下，转弯空间并不重要，因为你与敌机只有 1nm 的距离。无论你做什么都会起作用。
6. 关于垂直转弯的叙述，下面哪句是正确的？
- 当你把机首拉向地面时，转弯速率和转弯半径都将增大
 - 当你把机首拉向地面时，转弯速率和转弯半径都将减小
 - 重力对转弯速率和转弯半径的影响可以忽略不计
7. 你在一架 MiG-29 的后方 2nm 处进入战术拦截，他立即看到了你，在释放闪光弹的同时以角速度向你作 8G 的急转，下面哪句叙述是正确的？
- 由于爬升总是能起作用的，立即开始在垂直方向上爬升。
 - 这种情形下，一个高速的 wiffer-shnauntz 能用来减少方位角和夹角。
 - 你在敌机的转弯圆环外面，做好飞迎面相遇 BFM 的准备。任何为转弯空间作的大移动都有可能使你付出代价。
8. 当你进入一场与多目标交战的环境时，发现一架 MiG-29 脱离了战斗。当你接近那个脱离者时，他发现了你，开始释放闪光弹的同时转向你，你在距敌机 2nm 处注意到他不能对你形成很大的角度，你该怎么办？
- 做与你在问题 7 中同样的动作，在 2nm 处的敌机与前面情况相同，因此相同的事情将发生。
 - 根据你所看到的进行战斗，MiG 可能由于速度变慢而成为你的一顿美餐。你在他的转弯圆环里，应飞进窗口进行战斗。
 - 这是个陷阱，在还不算太晚前脱离战斗。
9. 当你执行进攻性 BFM 时，怎么判断是否已进入窗口？
- 距离小于 4,500 英尺。
 - 当敌机与你机首成 30 度夹角时，你已经进入窗口，立即开始你的战斗了。
 - 座舱内的进入窗口指示灯将闪亮。
10. 在进攻性 BFM 中，你应当在距离敌机多远时，从滞后追逐进入领先追逐？
- 3,000 英尺。
 - 4,500 英尺。
 - 不能把这个生搬硬套在现代空战上，每种情况都是不同的，因此凭感觉去做。

第三课：防御性 BFM

防御性 BFM 在概念上是很简单的，从理论角度来看，远比进攻性 BFM 简单。当敌机出现在你的 6 点位置时，你只需给他制造 BFM 难题。在第二章里，我们讨论过如何解决方位角，夹角和距离的 BFM 问题，在这一章，我们将讨论如何给攻击的敌机制造相同的 BFM 问题。我们也讨论当执行防御性 BFM 使得敌机犯了进攻性 BFM 错误时，该怎么做。防御性 BFM 的原理是如此的简单易懂，但驾驶现代战机执行防御性 BFM 却并不容易。这是因为防御性 BFM 需要在保持目视 6 点位敌机的同时进行高 G 机动，对你的体能和忍耐力有着更高的要求。这一课将构建你的防御性 BFM 理论基础。

学习目标

一旦你读完第三章，你应当能达到以下目标：

1. 描述侦测攻击的三种途径。
2. 理解使用方位角防御导弹攻击
3. 理解怎样给攻击中的敌机创造 BFM 问题
 - 描述执行一次防御性转弯的程序
 - 描述当你在执行防御性转弯时，你所看到的暗示着什么
4. 描述机炮防御的程序

测验

1. 你的僚机呼叫你立即向左急转，当你以 7G 的转弯回应僚机的呼叫时，发现一枚拖着尾烟的导弹正对你做领先追逐，你该怎么办？
 - a. 立即转到把导弹置到你的 3/9 线上，同时释放闪光弹和箔条。
 - b. 做 S 分离面对来袭导弹并低空飞行，同时释放闪光弹和箔条。
 - c. 继续以高 G 转向导弹来袭方向，同时释放闪光弹和箔条。
2. 你试图以超过一马赫的速度从一场战斗中脱离，但你做的并不很彻底。一架 MiG-29 向你发射了一枚导弹，你不想用生命打赌敌人是否在射程外，你应当怎样转弯并规避那枚导弹呢？
 - a. 当你转弯时保持速度在一马赫，你永远不能有太快的速度。
 - b. 你必须快速的减慢到角速度，这样你就能以最佳转弯速率进行转弯了。
 - c. 当转弯时，尽可能的减慢到最小空速，这将会使你拥有最小的转弯半径，从而使导弹冲到你的前面。
3. 下面关于防御性转弯的叙述，哪句是正确的？
 - a. 为保存能量，总是把你的升力矢量指向地平线以下。
 - b. 总是做水平转弯，这样你将不会迷失方向。
 - c. 不要过多考虑地平线，在防御性转弯中把你的升力矢量直接对准敌机。如果你做其他的动作，你就把转弯空间让给了敌机。
4. 你看到一架 MiG-29 在你 7 点钟方向，距离 2nm，向你逼近。你做了一个 8G 的防御性转弯，当你转过来时，你发现敌机并没有冲到你的 3/9 线前面，他仍然保持在你的 7 点钟方向。假

- 设你最初的距离估计是正确的，这是什么原因？
- 敌人非常厉害，他必定很精通进攻性 BFM。
 - 你可能太快了，从而达不到最佳转弯速率，因此，敌机在你的转弯圆环里，并与你那可怜的转弯速率相匹配。
 - 加速，你的转弯速率太小了。
5. 在问题 4 的情形中，当你对后方 2nm 处的敌机执行正确的防御性转弯时，一般会出现什么情况？
- 你将使敌机飞到你的 3/9 线前面去。
 - 在空战环境中任何情况都会发生，你无法预测会发生什么。
 - 敌机为了保持他的位置被迫进入了垂直方向。
6. 你为了射击一架 MiG-29 而把速度减慢，当你完成射击时，你发现另一架 MiG-29 正从 6 点方向，距离 2nm 处向你逼近，而你只有 300knot 速度，怎么办？
- 放松 G 力并尽快地加速到角速度，在获得角速度之后，急转向 MiG-29。
 - 在 MiG-29 进入你的转弯圆环之前，尽最大努力转弯，这将给敌机制造最大的 BFM 难题。
 - 乞求上帝保佑你，在这种情形下，这是唯一能做的。
7. 一架 MiG-29 在 1nm 处进入了你的 6 点钟方向，你执行了最好的防御性转弯，他立即向上进入垂直方向，你该怎么办？
- 绝对可怕，这是个可怕的高 yo-yo 机动，你将要参加一场残酷的格斗。
 - 你很走运，敌机给了你可以利用的转弯空间。旋转升力矢量方向对准敌机，使他为这个可笑的动作付出代价。
 - 倾斜向下侧滑，使他的机首偏离你。这是对垂直机动敌机的唯一方法。
8. 情形与问题 7 一样，但这次，MiG-29 在整个过程中保持机首对着你。没有导弹被发射，这种纯追逐路线暗示了敌机的什么问题？
- 他在飞 HUD BFM，他将在逼近你的同时失去转弯空间，最终导致超越。
 - 他在飞完美的 BFM，敌机将骑上你的 6 点并做一次稳定的跟踪射击（track shoot）。
 - 敌机的机首位置是不重要的，你永远也不需要真正知道他将要干什么，尤其在这样的高压力环境下。
9. 一架 MiG-29 在 1nm 处进入了你的 6 点钟方向，当你转向他时，他把机首指向你的前方进行领先追逐，在 3,000 英尺处，你看到领先追逐的他将要超越你，你该怎么做？
- MiG-29 可能准备进行快速射击（snapshoot），立即急转到另一个机动平面上，阻挠他的射击。
 - 继续保持将升力矢量对准敌机并拉杆。
 - 放松 G 力到 1G，迫使敌机作更大的超越。
10. 一架 MiG-29 咬住了你的 6 点，并以良好的射击角度进入机炮射程，你该怎么办？
- 把升力矢量对准敌机并直接转向他，这将给敌机制造 BFM 难题。
 - 转向他的同时放下起落架和打开减速板，这个电影中非常著名的动作，总能使敌机超越你。

- c. 立即执行你计划好的机炮脱离动作，你必须脱离敌机的机动平面，不要期待有奇迹发生，为了生存必须保持作猛烈的机炮脱离动作。

第四课：迎面相遇 BFM

没有空战是均等的。战斗是不平等的，除非你和驾驶着同样战机的自我克隆体战斗。这一课将讲述迎面相遇或高攻角 BFM 战斗的基础。当你与敌机迎面相遇接近时，你只需要考虑一件事——如何通过各种机动把这次高攻角相遇转化成击落对手。机动需要能量，因此，在大多数的迎面相遇战斗中，随着战斗的进行，你的速度会越来越低。这一课将告诉你，当你进入一场迎面相遇战斗时，为了能击落敌机，如何合理的使用能量和执行最有效的机动。

学习目标

一旦你读完第四章，你应当能达到以下目标：

1. 理解脱离窗口的概念
2. 描述影响决定继续战斗还是脱离战斗的因素
3. 理解领先转弯概念
4. 描述相遇时的选项
 - 确定低机首，水平和垂直转弯的优势和劣势
 - 理解过顶翻滚速度（over-the-top airspeed）的概念以及如何在垂直战斗中使用
5. 理解基本的迎面相遇 BFM 几何学
 - 描述单环战斗的优点和缺点
 - 描述双环战斗的优点和缺点

测验

1. 你与一架 MiG-29 战机进入迎面相遇战斗，在第三次相遇之后，你发现自己处于 Lufbery 圆环中。你与对手滞留在一个直径 2,000 英尺的圆环里互相追逐，在这种情形下，你的脱离窗口在哪儿？
 - a. 你的脱离窗口是打开的，这是因为你和敌机的夹角很大，你可以在任何时候翻滚机翼至水平状态并加速脱离战斗。
 - b. 你的脱离窗口是关闭的，这是因为你处于低能量状态，如果你试图翻滚脱离战斗，敌机将会继续转向你，然后踢你的屁股。
 - c. 脱离窗口既是关闭又是打开的，取决于你如何增加战机的速度，一个训练有素的飞行员总是能脱离转弯战斗的。
2. 你进入了一场对抗 MiG-29 的进攻性战斗，并以完美的滞后追逐处于他的转弯圆环里，准备进入领先追逐并射击。突然，你的 bingo（低油量告警）和 Betty（告警系统发出的声音）提醒你脱离战斗的时间了，你会选择什么？
 - a. 你应保持转弯并干掉那个家伙。你的脱离窗口是关闭的，脱离这场战斗的唯一方法是把敌人撕成碎片。
 - b. 由于你处于进攻性状态，所以你的脱离窗口是打开的。你的燃料不多了，因此俯冲脱离窗口并离开战斗。

- c. 这是个复杂的情况，你应当保持在滞后追逐中并仔细考虑一下。战斗中的飞行员身心承受极大的压力，有时，需要安静的思考一会儿。
3. 你干掉了一架敌机，正加速远离那团火球。当你检查 12 点钟方向时，你发现了一架 MiG-29 位于 2nm 外，并正向你转来，你会选择什么？
- 你必须转弯进入战斗，你的脱离窗口是关闭的，因为 MiG-29 已经目视可见。
 - 你可以与那架敌机进入迎面相遇战斗，或者脱离，选择是自由的。
 - 在这种情况下立即进入垂直方向总是有效的。
4. 你将要进入一场迎面相遇战斗，下面关于领先转弯的说法，哪句是正确的？
- 只能在水平方向上作领先转弯。
 - 当进入迎面相遇战斗时，你应当总是试图作领先转弯。领先转弯是为了获得控制位置而进行能量交换时最有效的方法。
 - 领先转弯只能用于敌机退出转弯时。
5. 你正在接近一架迎面而来的 MiG-29，你已决定进入战斗。你的计划是执行一个倾斜下滑侧转的领先转弯(slicing lead turn)，当执行一个倾斜下滑侧转的领先转弯时，下面哪句是正确的？
- 应当以角速度执行倾斜下滑侧转 (slice)，机首低于水平线大约 10 度。
 - 倾斜下滑侧转 (slice) 的最大优点是能保持目视敌机。
 - 执行倾斜下滑侧转 (slice) 时应当尽可能的慢，这样可获得最小转弯半径。
6. 与一架 MiG-29 迎面相交之后，你执行了一个倾斜下滑侧转 (slice)，敌机转离你，把升力矢量对准你并开始向你拉过来，你认为这是一场什么样的战斗？
- 由于在相交时你向他转，而他转离你，所以你进入了一场双环战。你有一次迎面发射 AIM-9M 的机会。
 - 敌机将会对你有角度优势，因为在迎面相遇时转离其他战机是执行领先转弯的最好方法。
 - 由于敌机转离你并给了你转弯空间，所以你对敌机具有一定的角度优势。然而，这是一个单环战斗，有可能对于发射 AIM-9M 导弹太紧促了。
7. 在与 MiG-29 迎面相交之后，你以 7G 的水平转弯拉向敌机，在迎面相遇时，下面哪句关于水平转弯的叙述是正确的？
- 水平转弯时机首的移动比做其他任何机动都要快。
 - 水平转弯并不是很有效的 BFM 机动，但水平转弯能使你保持目视敌机并很容易执行(这一点很重要，因为大多数的迎面相遇战斗是由于丢失目标而失败的)。
 - 在迎面相遇时，执行水平转弯的一个缺点是有可能失去对敌机的目视。
8. 你将要与一架敌机迎面相遇，但你发现自己位于敌机的上方，当你接近敌机时，他处于高机首状态而你处于低机首状态（译注：高机首和低机首是指机首相对于水平面的高低），敌机可能怎么做，而你又怎么反击？
- 敌机处于一个完美的高机首对低机首的领先转弯位置。无论何时当你与一架以高机首向上转向你的敌机相遇时，你必须以你的领先转弯来反击这个大的领先转弯。
 - 与你迎面相遇时，敌机的最佳移动是通过保持爬升来获得高度优势。为了反击敌机在垂直方向上的移动，你应当继续下降到角速度，然后急速上升。

- c. 在这种情形下，敌机以劣势进入一场迎面相遇战斗，因此转离敌机，迫使他进入单环战。
9. 在迎面相遇战斗中，关于进入垂直方向的说法哪句是正确的？
- 所有在垂直方向上的爬升应当以角速度或更高的速度进入，这可能需要你在与敌机相遇之后，直线飞行以获得能量。
 - 总是以升力矢量指向敌机开始进入垂直方向，这将会使最初作倾斜拉起。
 - 一般情况下，最好从机翼水平状态开始爬升进入垂直方向。当你拉到 90 度位置时，翻滚并把升力矢量指向敌机。
10. 你与一架 MiG-29 迎面相遇并进入一个单环战斗。你的导弹已用完，当你转过去第二次与敌机相交时，你最应关注的是什么？
- 在双环战中，有时你有机会发射一枚全方位热追踪导弹。但现在你的导弹已用尽，而对手没有用完，因此要小心！
 - 在这种情形下，你唯一要考虑的是领先转弯，因为双环战对于导弹攻击总是太紧促。
 - 由于双环战原本就比单环战紧凑，因此准备进入一场剪刀机动。

测验答案

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Lesson 1: Geometry | 1. b | 2. a | 3. b | 4. c | 5. a | 6. c | 7. b | 8. a | 9. a | 10. c |
| Lesson 2: Offensive | 1. b | 2. a | 3. b | 4. c | 5. b | 6. b | 7. c | 8. b | 9. b | 10. a |
| Lesson 3: Defensive | 1. a | 2. b | 3. c | 4. b | 5. a | 6. b | 7. b | 8. a | 9. a | 10. c |
| Lesson 4: Head-on | 1. b | 2. a | 3. b | 4. b | 5. a | 6. c | 7. b | 8. a | 9. c | 10. a |

附录

引言

1972年6月2日，13:30左右，越南首府河内东北方向大约30英里处，Brenda 01（由 Phil Handley 上校驾驶的 F-4E 战机，机尾编号 68210）战机使用 20mm 机炮击落了一架 MiG-19。在这次猎杀中，粗略估计的飞行数据如下：F-4 的速度超过 1.2 马赫（800kts）；MiG-19 的速度为 0.77 马赫（500kts）；距地面高度 500 英尺；直线距离 200-300 英尺；飞行路径夹角 90 度。在这场东南亚战争中，这是唯一的一次使用机炮击落 MiG-19，相信这也是世界空战史上最高速度的机炮射杀。

越南上空 F-4E 和 MIG-19 的机炮战

Brenda（一个由 F-4E 组成的四机编队）在河内北方（接近 NE/SW 轴线）上空，Gia Lam 和 Kep 机场之间执行 CAP 任务。

CAP——空战巡逻

当巡逻到最南端的 CAP 点时，在 Brenda 编队执行交叉转弯的同时，他们受到了欺骗性地 SAM 攻击。

交叉转弯——编队中的其中两架与另两机互相转向对方。

欺骗性 SAM 攻击——SAM 操作员电子模拟导弹发射以迫使 Brenda 作出防御性反应。

在这个时候，双机编队（Element）中的 03 脱离了编队，油量 Bingo 位，并开始向东飞去。

Element——四架或更多架飞机组成的飞行编队中双机战术单位。

Bingo——飞行专业用语，指低油量，Bingo 油量只够返回基地。

大约在同一时刻，两架米格机（被 Brenda 编队的“Red Crown”控制塔称为“Worm”）从 Gia Lam 机场起飞拦截 Brenda 01。

控制塔——地基或舰载控制塔，使用雷达提供飞行员战场战术情报。

Red Crown——位于东京（越南北部地区的旧称）湾的美国海军巡洋舰上的控制塔。

Brenda 01 转弯与敌机迎面飞行，但 Brenda 02 呼叫 Bingo。

然后 Brenda 01 和 02 一起以一字编队，航向 100 度，高度 15,000 英尺和速度 500KCAS 前进，Brenda02 位于右侧位，距离长机 1,000 英尺以外。

一字编队——两架战机并肩成一线的战术编队。

在前进中，Brenda 01 透过云隙在 10,000 英尺高度，3 点钟方位捕捉到一个太阳的反光，并错误的认为是一架米格 21。

Brenda 01 继续徒劳无用的观察了几秒钟而没有任何结果，直至他的 RHAW 上 4 点位出现一个微弱的雷达信号引起 Brenda 01 做进一步的搜索，这时，他看到两架呈 Sharp bearing 编队的米格 19 从 4-5 点钟方位以曲线追击逼近。

Golf-band one-ringer——G 波段频率范围内的微弱的雷达信号。

RHAW——雷达归向和告警装置

Sharp bearing formation——第二架米格 19 尾随长机，并与长机尾部成 30-45 度夹角，距离 200-400 英尺。

Brenda 01 告诉 02 继续前进的同时开始进入战斗，打开完全加力，执行了一个高 G 的 135 度的 slice（低机首的倾斜侧转）进入攻击位。

Brenda 01 在接近 90 度的转弯后，感到 F-4 冲破了音速（Supersonic）。

Supersonic——冲破音速（当 F-4 冲破音速时，飞行员能感受到机翼上中心升力的空气动力学变化）

米格 19 开始以向左下方转弯并指向南方代替继续逼近 Brenda 01，从而避免消耗转弯空间。

Brenda 01 在低机首的倾斜侧转中没有让视线离开米格机。

然而，在 Brenda 01 转过 300 度的那一点，他发现自己距离被跟踪米格机的大约 2 英里... 在这个位置上，米格机从 Brenda 01 的眼中完全消失了。

Brenda 01 放松 G 力以便滞后于转弯圆环外面，并几乎立刻捕获到米格机，他们继续进行向右下方的转弯，如显示的 Top view 视图。

Handley 把机首拉进纯追逐并请求后座飞行员 Smallwood 设置雷达和 HUD 模式为 5 mile boresight 模式。

当准星压在被跟踪的米格机上时，获得了“自动捕获”雷达锁定。

经过了 4 秒钟的 settling 时间，Brenda 01 发射了两枚 AIM-7 麻雀导弹。

Settling time——允许雷达和导弹完成稳定锁定的时间。

第一枚导弹的火箭发动机没能点燃，第二枚制导失败。

米格长机显然看到了第二枚 AIM-7 导弹的尾烟，两架米格机都以非常紧凑的转弯进行规避，在潮湿的东南亚空气中，米格机的发动机后面拖着一条明显的水汽尾迹。

Brenda 01 观察到这个现象后，选择红外制导导弹并执行滞后追逐以减小夹角。

Brenda 01 获得了标准的 AIM-4 背景音调，当他把准星对准被跟踪的米格机时，捕捉的音调声增大，他 Uncage 了制导头，并发射了余下的两枚 AIM-4E 导弹。

AIM-4E——早期的红外制导导弹。

Uncaged——解禁制导头，使导弹能依靠自身的制导头捕捉目标。

第一枚导弹没有捕捉到目标，像子弹一样直飞出去。第二枚导弹一直没能从右侧挂架上发射出去。

到这时为止，战斗高度已经降低到离地面大约 5,000 英尺左右，Brenda 01 和米格机的直线距离很快的减少到大约只有 3,000 英尺，夹角接近 90 度。

Brenda 01 切换到机炮模式，把机首拉进领先追逐（把米格机置于风档玻璃左侧四分之一处，以保持目标在视野内），在最后一刻，轻轻的向左翻滚并进入同一机动平面，压下了扳机。

一进入同一机动平面，Brenda 01 的视线就被 F-4E 的长机鼻挡住了，使他不能看到米格机，不久后，被跟踪的米格机在距 200-300 英尺处，以 90-100 度的夹角直角转弯经过 Brenda 01 前面，这时，他看到有多发炮弹击中了 MiG 机身的中央。

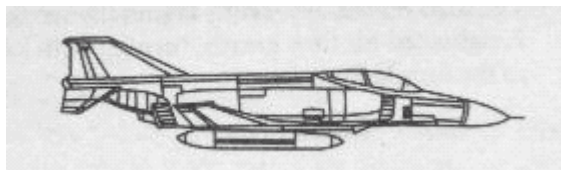
Brenda 01 执行了四分之一圈翻滚和 Zoom 机动，继续观察米格机。这时米格机已经起火，机翼严重颤抖，机首朝下，机体碎片开始脱落，燃油从右翼根处流出。

Zoomed——转换速度到高度的机动

米格机继续下坠，近乎垂直的坠毁在草地上，被 Brenda 01 击中后大约过了 10 秒，爆炸成一团巨大的黄色火球。

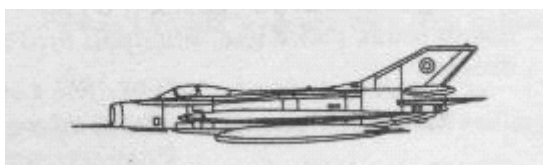
Brenda 01 的四分之一圈翻滚和 Zoom 机动以猛烈地下推结束，战机从垂直方向上转化到水平方向，向东方飞行，高度在 15,000 英尺以上，同时仍有超过 700knot 的指示空速。

F-4E

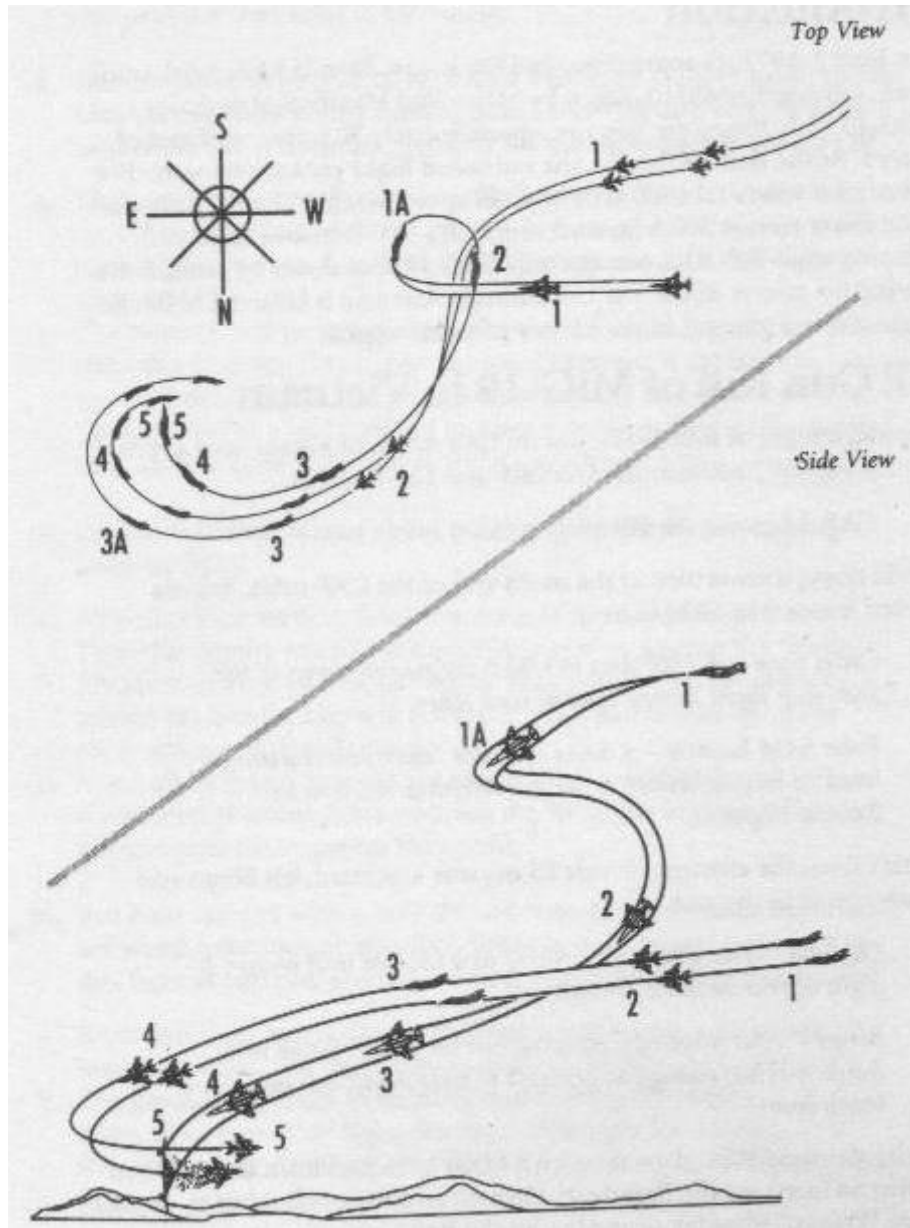


| 飞行参数 | 1 | 1A | 2 | 3 | 3A | 4 | 5 |
|--------------|--------|--------|--------|-------|-----|-------|-------|
| 空速 (指示) | 450 | 550 | 722 | 751 | N/A | 818 | 818 |
| 高度 (英尺) | 15,000 | 10,000 | 5,000 | 3,000 | N/A | 500 | 500 |
| 倾角 (度) | 0 | 135 | 60 | 75 | N/A | 82 | 82 |
| 转弯时平均 G 值 | N/A | 7 | 2 | 4 | N/A | 7 | 7 |
| 真实空速 (knots) | 565 | 640 | 780 | 785 | N/A | 825 | 825 |
| 马赫数 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | N/A | 1.25 | 1.25 |
| 水平转弯半径 (英尺) | N/A | 3,400 | 26,400 | 1,400 | N/A | 9,800 | 9,800 |

MiG-19



| 飞行参数 | 1 | 1A | 2 | 3 | 3A | 4 | 5 |
|--------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 空速 (指示) | 585 | 602 | 602 | 629 | 620 | 596 | 500 |
| 高度 (英尺) | 5,000 | 5,000 | 5,000 | 3,000 | 1,000 | 500 | 500 |
| 倾角 (度) | 80 | N/A | 60 | N/A | 83 | 83 | 83 |
| 转弯时平均 G 值 | 6 | N/A | 2 | N/A | 8 | 8 | 8 |
| 真实空速 (knots) | 631 | 650 | 650 | 655 | 632 | 601 | 504 |
| 马赫数 | 0.97 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.96 | 0.91 | 0.77 |
| 水平转弯半径 (英尺) | 5,700 | N/A | 18,000 | N/A | 4,400 | 3,900 | 2,800 |



无线电抄本

Brenda Flight

Brenda 01: Handley and Smallwood

Brenda 02: Green and Eden

Brenda 03: Downey and Leach

Brenda 04: Ellis and White

Other Players

Red Crown: control agency from U.S. Navy cruiser in gulf

Worm: controller on Red Crown

Tea Ball: “black” (highly classified) control agency

Fletch: another F-4 MiG CAP in the area

Milo: photo reconnaissance flight

任务录音带

Time: 0+00

Handley: “Brenda reverse”

Time: 0+07

E-SAM high tone

Handley: “Brenda has the E-SAM high”

E-SAM high tone——SA-2 导弹的发射有四个阶段。1) 当 SA-2 雷达开始获得锁定时 (E-SAM Low), F-4 的 RHAW 将发出 “喳喳声”, 听起来像响尾蛇的声音。2) 当 SA-2 雷达增加能量和脉冲频率时, F-4 的 RHAW 的音调和音量将增大 (E-SAM high tone)。3) 当 SA-2 导弹发射时, F-4 的 RHAW 将发出刺耳的, 持续不断的 1000 赫兹频率的音调, 并照亮座舱内红色的 “Launch” 告警灯。4) 当 SA-2 (飞行中) 开始收到控制雷达的制导指令时, F-4 的 RHAW 照亮座舱内黄色的 “A.S.” 告警灯一秒钟, 代表所在的方位。(然而大多数飞行员宁愿把这个看成是 “Ah shit” 灯, 即明确的意味着你已是目标了。)

Time: 0+21

1000Hz launch tone

Handley: “Launch”

Smallwood: “Launch”

Handley: “OK ,we’ve got a launch light... Brenda ,let’s turn into it...”

Time: 0+30

“Fletch ,this is Bing .You have a possible bandit 058 Bull’s-eye 15”

Time: 0+35

Handley: “Brenda ,pods on”

Handley: "I don't see that fucker"
Smallwood: "I don't either"
Downey: "Brenda ,3's going to turn eastbound... I lost you in that break ."
Handley: "OK ,Brenda ,let's reverse course back to east ."

Pod—ECM 吊舱

Time: 0+57

Tea Ball: "[garble]...Bull's-eye... 060 ,20 nautical"
Red Crown: "Brenda ,Worm... Bandit will be on your 167 at 8... possible 167 at 8"
Handley: "Copy that"
Handley: "OK ,ten thousand pounds"
Downey: "[garble]... Brenda 4... Roger... [garble]"

Time: 1+20

Red Crown: "Brenda ,you're in the dark ,bandit 047 bull's-eye 14 ."
Handley: "Roger"
Downey: "Brenda 4 ,copy ,blower ."

Blower—打开加力的俚语。

Time: 1+38

Handley: "Red Crown ,Brenda 1 ,where's the bandit?"
Green: "Brenda 2's bingo ."
Red Crown: "Stand by ,you're in the dark ,estimate..."
Handley: "OK ,give me egress heading ."
Unknown flight: "You've got friendlies up there to the left ,boys ."

Time: 1+48

Red Crown: "Brenda ,this is Worm .Estimating the bandit 039...[garble]"
Green: "Brenda 2 is bingo ."
Handley: "OK ,2 ,Bre...let's bug out...bug out"
Downey: [garble]

Time: 2+06

Handley: "Turn the pod off ."
AAA RHAW tone
Handley: "Pod off ."
Smallwood: "It's off ."
Handley: " ` Off ` I mean ."
Smallwood: "It's off ,we need about a zero nine zero...uh ,one zero zero ."
Handley: "one zero zero ,roger ."

Time: 2+21

Ellis: "Brenda 4's bingo ."

Downey: "OK ,Brenda and stay line abreast...[garble]"

Ellis: "Brenda 4 ."

Unknown flight: "Take it around to the right ."

Time: 2+30

E-SAM high tone

Unknown flight: "Jay ,check my 6 o'clock back there ."

Unknown flight member: "Rog ,we've got two-F-4s going back there ."

Unknown flight leader: "All right ."

Downey: "Brenda 4 ,move it up line abreast ."

Time: 2+40

Handley: "OK ,Fletch ,Brenda is coming out ."

Fletch leader: "Roger ,we're on station ."

AAA RHAW tone

Downey: "Move it out ,another thousand feet ,Brenda 4 ."

Ellis: "OK ."

Multiple AAA and SAM RHAW tones

Unknown flight: "Bingo ."

Time: 3+15

Smallwood: "E-SAM high at five ."

Handley: "Roger ."

Time: 3+19

Handley: "OK ,I've got a MiG-21 at our 3 o'clock down there ,Brenda 2...cross to the other wing; he may try to pop up on us ."

Green: "Roger ."

Faint golf-band one ring strobe at 4 o'clock ,moving aft

Handley: "We've got 95 fuel ."

Smallwood: "Roger ."

Time: 3+40

Handley: "OK ,I'm going to take one quick run at him . 2 ,you continue on out..."

Green: "I'll stay with you ."

Unknown: "Brenda 1...[garble]"

Unknown: "Was that Brenda 1 exiting the area ?"

Handley: "Negative ,Brenda 1's on a Mig-19 ."

Time: 4+02

Handley: "Give me 5 mile boresight ."

Garbled transmissions , RHAW tones ,Smallwood straining against G forces

Smallwood: "You've got it ."

Milo flight: "Milo 2's on ."

Handley: "Fucker won't fire...there it goes.."

Garbled transmissions

Time: 4+21

Handley: "OK ,I'm going heat."

Smallwood: "OK ."

Green: "It went ballistic ,lead ."

AIM-4E select tone

Unknown: "Say again ."

Unknown: "Say your position ,4 ."

AIM-4E track tone

Time: 4+36

Handley: "Going guns ."

Smallwood: "OK ."

Sound of M-61 Gatling gun spooling up and down while firing under heavy G loading

Garbled transmissions

Time: 4+48

Handley: "He's going down...you got him ?"

Smallwood: "Yeah ."

Handley: "I got him...I got him...He hit the ground ."

Every fighter pilot on frequency: [lots of shouting at the same time]

Downey: "Way to go ."

Green: "Let's get out of here ."

Time: 4+58

Handley: "I got him ."

Garbled transmissions... "Let's get out of here ."

Handley: "That's the gun ,baby ."

Green: "Let's get out of here ,Brenda...he's...uh ,closing at six right now ."

Straining under Gs during pull down to the east from vertical quarter-roll and zoom maneuver

术语表

1V 1——1 对 1

3/9 line——从一侧机翼到另一侧机翼的一根线，飞行员使用它来判断另一架飞机位于他的前方还是后方。

AB——加力

ACM——空战机动

ACT——空战战术

AI——空中拦截

Angles——用千英尺表示高度的快捷方式，例如，“Angles 20”表示高度 20,000 英尺。

Angle-off——敌机航向和你的航向之间的角度差，也称为航向交叉角或 HCA

Armour star hands——肥厚,笨拙的手，驾驶飞机时容易出错

Aspect angle——你的飞机相对于敌机尾部的角度

Attack geometry——进攻战机的追击路径

Bar——雷达波的一次扫描

Basic Fighter Maneuvers (BFM) ——在一对一空战环境中的基本空战机动

Belly check——执行 180 度的翻滚，检查机身下方空间

Boresight mode——雷达束固定指向机首前方，第一个进入雷达束区域的目标将被自动锁定

Butterfly setup——一个战斗训练进入计划，两架战机开始以一字并列编队飞行，然后互相转离 45 度。在距离 4 英里之后，两架战机互相返回进入迎面相遇。

BVR——超视距

Corner velocity——飞机具有最快的转弯速率和最小转弯半径时的速度

Crawl back up in the cockpit——有时，飞行员会遇到一种称为“任务饱和”的现象，即瞬间发生了太多的事情，而飞行员的能力无法处理应付如此之多的事情，导致他发生智力上的退化。

Dissimilar Air Combat Tactics (DACT) ——在多架对抗多架的空战环境中，两方的战机种类不同（如，F-16 对 F-14）。

Drag——不大于 60 度方位角的机动

Energy——BFM 中，飞机执行机动的潜能

Enhanced Envelope Gun Sight (EEGS) ——一种新的 F-16 和 F-15 机炮准星，最显著的特征是具有机炮漏斗。

Escape window——脱离战斗的安全路径，代表从战斗中安全脱离的机会

Flight path marker——飞行路径指示符

Food fight——一场令人兴奋的多机空中缠斗

Fox2——发射 AIM-9P 导弹的雷达呼叫

G force——地心引力，1G 相当于重力

GCI——地面控制拦截

Gun cross——机炮准星

Heading crossing angle (HCA) ——敌机航向和你的航向之间的角度差，也称为 Angle-off。

HEI——高爆燃烧弹，F-16 战机上 M61A1 机炮的弹药种类

High alpha——高攻角

High yo-yo——执行异面机动的经典空战动作

Highway style——迎面高速飞过

HUD——平板显示仪

Hurt locker——处于麻烦中

ILS——仪表降落系统

IP——指导飞行员 ‘

IR——红外线

Jink——剧烈的来回机动，用来摆脱敌机

Kinetic energy——动能

Knock it off——停止交战，在训练中停止交战的命令

L-1 maneuver——机动时，通过气管闭合（用声门发声）对抗 G 力对人体的影响，

Lag pursuit——滞后追逐

Lead pursuit——领先追逐

Lead turn——领先转弯

Level turn——水平转弯

Lift vector——升力矢量

Lufbery——Lufbery 圆环

M-1 maneuver——机动时，通过气管开通（作呼噜声）对抗 G 力对人体的影响

Mach——马赫，即音速（海平面 760 英尺/秒）

Magellan Act——迷路

Magic move——某个能在各种环境下都有效的机动或战术，但这是不可能的，因为空战中不存在魔术般的移动

Merge——迎面飞行的战机互相经过的那一点

Military power——100%油门，不使用加力

Missile engagement zone——敌机周围你能有效使用导弹的区域

Mud Hen——F-15E

Offensive perch setup——一个 BFM 训练计划，在同一高度下，以一方位于另一方的前面开始

One-circle fight——单环战斗

Out of plane——异面机动

Overshoot——使战机冲到目标的前方(3/9 线 overshoot)或路径在目标后方(飞行路径 overshoot)

Perch——在敌机后面可以发动攻击的位置

Positional geometry——位置几何学，包括三个因素：夹角，距离和方位角

Potential energy——势能，能够转化成动能，高度越高，势能越大，并且势能总是能转化成速度

Pucker factor——忧虑程度

Pure vertical——垂直向上

Radial gravity (GR)——向心 G 力，通常情况下，1G 的向心 G 力等同于 3-4 度/秒的转弯速率。

Range——敌机和你之间的距离

Rope-a-dope——任何欺骗敌机的机动

SFO——模拟无动力降落（关闭引擎）

Shark killer——导弹错过目标打在水面上

Situational awareness (SA)——空战中，飞行员对周围环境的注意和感知能力

Slave mode——武器“隶属”于某个传感器，比如雷达，这时武器聚焦于雷达注意的同一块区域

Slice——一个机首向下的最大性能的转弯

Smash——空速

Snake——对付后方机炮射击的防御性机动，包括减速，一系列的反复转弯，翻滚 180 度，希望

能引起敌机超越

Snapshot——快速拉进领先追逐，对敌机做一次急射

Snot locker——机首

Spike——雷达接触

Spit out——脱离战斗而不管是否主动，被动还是超越

Square a corner——执行最大 G 值的机动，看上去像一个完全直角的转弯

TACAN——塔康导航

Tactical intercept——战术拦截，战机使用雷达获得对敌机的优势

Tally——目视

Threat Warning System (TWS) ——威胁告警系统

TOF——飞行时间

Tower rack——F-16 座舱内两侧的手柄，帮助飞行员转动身体

Tracking gun shot——保持在敌机后面的稳定位置并作多次射击

Turkey——F-14 的昵称

Turn circle——转弯圆环

Turn radius——转弯半径

Turn rate——转弯速率

Turning room——转弯空间

Two-circle fight——双环战斗

Uncage——依靠导弹搜索头捕捉目标

Vertical——垂直水平面向上

VID——目视确定

Weapons envelope——武器包线

Winchester——武器用尽

关于作者



Pete Bonanni 毕业于美国空军学院。毕业后，他参加了飞行员训练课程并被指派飞行 F-4E 战机，然后转飞 F-16A 战机。作为一名 F-16 战机飞行员，Pete Bonanni 参加了 USAF 战斗机武器指导课程的培训。在他的空军职业生涯中，他指导飞行中队的行动和训练，当前飞 F-16C 战机。最后七年中，Pete Bonanni 潜心于对计算机飞行模拟器的研究，并撰写了如下书籍：Falcon Air Combat, F-19 Stealth Air Combat, The Flight Simulator Handbook 和 JetFighter II: The Official Strategy Guide。



Handley 上校在 1959 年通过飞行员学习课程获得任命和飞行翼章。他以优异的成绩从飞行员训练和战斗机指挥课程中毕业。在他 26 年的职业飞行生涯中，除去 11 个月的时间，他一直在飞行，从老式的 F-86 战机到现代的 F-15 战机，积累了超过 7,000 小时的飞行时间。在东南亚，他飞了 RF-4D 和 F-4E 两个战斗科目。Handley 上校也是红河谷战斗机飞行员协会成员和米格战机杀手，在 1984 年退休时，他的奖章包括有 21 枚空军勋章，3 枚引人注目的飞行十字勋章和银星勋章。