



做出眼镜蛇机动的苏-27

未来空战与航空装备的发展

文 _ 徐邦年

徐邦年，空军指挥学院研究员，教授、博士生导师，北京航空航天大学空气动力学专业委员会委员，中国科学院老科学家科普演讲团成员。





隐形飞机 -F117

◎ 未来空战的特点

我们要了解未来空战特点就要先了解一些名词。在空战中经常使用的，在空中发射打击空中目标的导弹我们称为空空导弹，根据最大发射距离的不同，又分为中远距离空空导弹和近距离空空导弹。最大发射距离小于 15 公里的空空导弹叫做近距离空空导弹，简称空中格斗弹；最大距离大于 15 公里的空空导弹叫做中距离空空导弹，最大发射距离大于 50 公里的空空导弹叫做远距离空空导弹。小于 15 公里的空战叫做空中格斗或者叫做近距离空战。为什么用 15 公里作为界限呢？有一个统计，飞行员在天气好的情况下，看到最远的距离大概只有 15 公里，假如某一次空战发生在 30 公里，飞行员用肉眼能不能发现目标呢？显然不行，这样飞机距离大于 15 公里的空战叫做超视距空战，这时候要发现目标只有靠雷达。

要讲未来的空战特点，就要研究过去的作战。以马岛战争和海湾战争为

例。马岛战争是 1982 年英国为了争夺马尔维纳斯群岛而发动的一次战争，第一次海湾战争发生在 1991 年 1 月。据统计，在马岛战争中，用中远距离导弹打下来的目标占 10%，用近距离导弹打下目标占 80%，用航炮打下来的飞机只占到 10%，我们从中可以得出一个结论：未来的空战所使用的武器很可能主要是空中导弹。在马岛战争中使用近距离导弹打下目标占到 80%，是不是说将来的空战主要是近距离的空战？不是。到了 1991 年的海湾战争中产生了新的特点，当时在空中打下的飞机有 38 架，这 38 架里面有 26 架飞机是由中远距导弹打下来的，这样超视距空战占到比例是 68.4%，有 10 架飞机由近距离导弹打下来了，近距离格斗使用导弹占到 26.6%，还有 2 架飞机是用航炮打下来的，占到 5%。我们可以看出，超视距空战占的比例上升了，已经成为主要的空战形式了。

这样看来空战会有什么特点呢？我认为可能三个阶段。未来的空战很可能在飞行员用肉眼还没有发现目标就开始了，这个时候进入到空战第一个阶段，即以中远距离导弹为主要攻击武器的超视距空战。如果在第一阶段当中，中远距离导弹打光了，可能要进入第二个阶段，以近距离格斗弹为主要攻击武器的近距离空中格斗。这时若是近距离格斗弹也打光了，就将可能进入空战第三个阶段，以航炮或者是火炮为主要的攻击武器。具体到某一次战争不一定三个阶段都齐全，但是从整个战争的过程中来看，三个阶段都会存在，以中远距离导弹攻击是主要的形式。

超视距空战怎么打呢？目前主要是比较谁的武器先进，有先进武器的一方可以先发现目标、先发射导弹。现在导弹技术性能已经大大提高，达到 50 个过载，一旦瞄准了飞机并且发射，对方除了使用干扰以外，极少能够用自身的机动动作来摆脱。因此有

个战法叫“先敌发现、先敌攻击”，哪一方能够先发现敌人，先发射导弹，就可能取得空战胜利。

近距离格斗的战法比较多。例如，俄罗斯的飞行员首先在1989年巴黎航空展览会上首次完成的眼镜蛇机动。这个动作的具体情况是：飞行员一拉杆，机头翘起来，翘起来以后，飞机平飘最后又恢复到平飞状态，完成整个动作。有的人说这个战术没有什么价值，因为飞机拉起来2秒钟，平飘4秒钟，放下去2秒钟，来不及发射导弹，敌人已经跑掉了。也有的说这个动作非常有战术价值，因为假如敌人飞机在上方，我这个时候飞机在下方，我就可以把飞机拉起来一下子用机头就对着目标，就可以发射导弹把敌人打下来。俄罗斯的苏-27战斗机可以执行眼镜蛇机动动作，也就是我们国家引进的叫歼-11战斗机，后来俄罗斯又研制了新的飞机苏-35，它比苏-27多了一个小翼，一共有3对机翼，所以这种外形叫做三翼面外形，这个小翼叫做鸭式小翼，有了这个鸭式小翼，就使得主机翼的升力大大提高，飞机转得就快，机动性能就比较好。苏-35战斗机更加有意思的地方是挂点多达14个，能带14枚导弹或者是14枚炸弹，可以同时发射6枚导弹，开展多目标攻击6个目标。另外这架飞机在尾部装了一个后视雷达，可以看后方60公里，同时跟踪8个目标，是传统飞机没有的。过去打仗时，敌人经常从后方偷袭，因此过去打仗往往是两架飞机同时起飞，前面一架专门打击敌人的叫长机，后面一架专门保护的叫僚机，僚机牺牲的情况比较多。比如说我国有名的战斗英雄张积慧，他的僚机飞行员叫单子玉就是为了保护长机而牺牲的，表现出高度的爱国主义精神和集体主义精神，我们要时刻纪念他们。

为了要证明眼镜蛇机动的空战意义，俄罗斯于1993年在迪拜的航空展

览会上进行了一次空战表演，开始的态势是前面的飞机是苏-35，后面是苏-30。空战开始后不久，苏-35战斗机突然做动作，结果苏-30战斗机从主动状态变成了被动状态，跑到了苏-35的前面，苏-35飞机进行反击，苏-30也不甘示弱想迅速绕到苏-35飞机的后方，这样两架飞机在空中你追我赶地在空中转了两圈，正当苏-30战斗机想加速前进，想进一步绕到苏-35飞机的后方的时候，苏-35战斗机又做了一个动作，这样经过了两次机动动作就把苏-30战斗机“打”下来了。这两次机动动作是不一样的，第一次机动动作是传统的眼镜蛇机动，第二次机动动作是在大坡度盘旋的情况下，快速将机头拉起对准了目标，这个动作好像在盘旋状态下做眼镜蛇机动，这个动作被称作“钩子”。讲到这里我们可以说未来的空战，尤其是近距离格斗可能要用到所谓的“眼镜蛇机动”、“钩子”等一系列的机动动作。

俄罗斯继续开展研究，他们的苏-37飞机在1994年做了一个“360度圆周运动”，只花了8秒钟时间就在垂直平面内完成了360度的旋转运动。有点像传统的筋斗但是传统的筋斗上升到几千米的高度才转下来，时间在1分多钟以上，可苏-37飞机做360度圆周运动只花了8秒钟，上升只有100多米，飞机的旋转角速度更大，这样飞机的机动性就大大地提高了，可以使敌对方飞机迅速处于被动状态。这个所谓的360度圆周运动震动了航空界。

美国的飞机也在不断研究改进，例如F-16战斗机，是上世纪70年代装备部队的第三代战斗机，它加了一个边条，使得主翼的升力大大提高，它的作用和鸭式小翼类似，但它是固定的，效率比鸭式小翼差一些。这个飞机还装了一个安全伞，又改进了发动机安装了可旋转的喷口，使之成为

美国波音飞机工厂的第一任总工程师是一名叫王助的中国人，他为波音飞机工厂研制的第一架是B-29水上飞机。因为他是黄种人，美国人在试飞他研制的飞机时不让他到机场，他因此愤而辞职回到祖国，建立了中国第一个飞机制造厂——杭州飞机制造厂。他还参与建立了中国第一个航空研究院。

矢量推力发动机，用这个飞机完成了对飞眼镜蛇机动的研究。另外，美国与德国联合研制了一架 X-31 飞机，这个飞机上有一个鸭式小翼，还有一个特殊的尾喷口。是一个安装了三个舵面的特殊喷口，这三个舵面叫做燃气舵，可以上下左右转动，这样发动机的喷气流方向也可以改变，因此发动机既可以改变推力的大小，又可以改变推力的方向。这样的发动机叫做矢量推力发动机。美国为什么要研究这样的飞机呢？因为德国一名飞行员在上个世纪 80 年代提出：未来的空战要进行所谓的超机动动作。前面我们说飞机在大迎角飞行时有可能失去控制而进入螺旋，而这个飞行员却提出在大迎角飞行时，利用一些技术也可以控制它让飞机做机动动作，能以很快的角速度转弯，这时转弯的角速度可达每秒钟 70 度，大大超过了传统飞机的机动。这个飞行员叫做赫布斯特。到了 1994 年，美国和德国就用 X-31 验证了赫布斯特的作战思想，完成了这个机动动作，证明飞机可以以很大的角度上升，上升到顶点时突然转弯，机头迅速对准目标并发射导弹，角速度达到每秒钟 70 度。这种机动后来被称为“赫布斯特机动”。未来的近距离空战可能就要用到“眼镜蛇机动”、“钩子”、“赫布斯特机动”等这样的机动动作。

◎ 未来航空装备的发展

未来的空战要用到“赫布斯特机动”、“眼镜蛇机动”、“钩子”等超机动动作，就要求飞机发动机要有新的改进。除了刚才讲三个舵面的燃气舵，还有 F-22 用到的二元喷口。现在的发动机就更先进了。美国在 F-16 战斗机上改进了圆柱体型的轴对称喷口，可以上下左右自由转动，范围上下左右 30 度，转动的角速度每秒钟 30 度。在珠海航空展览上展出的俄罗斯飞机、发动机，也是一个轴对称尾喷口，转动非常独特，是目前最先进的矢量推进发动机。美国在 F-16

飞机上的发动机也改成了具有轴对称尾喷口的矢量推力发动机。

飞机也有了新的改进和发展。如美国的 F-35 战斗机采用了机身融合技术，使机身和机翼融合在一起，过渡得非常平滑，雷达照射时，隐身效果非常好。最有意思的是发动机部分，它前后左右都有一个喷口，采用了矢量推力技术，尾喷口可以向下旋转，使飞机可以垂直起降，起飞、着陆非常稳定。美国海军准备用它作为舰载飞机。它也可以像传统的飞机一样起飞和着陆，而且价格也比较便宜，5 千万美元一架，而美国的 F-22 飞机属于重型战斗机，大概要 1.2 亿美元一架。这样美国空军也准备购买它，与 F-22 搭配使用。

导弹方面也有新的改进。例如美国的中远距离导弹 AIM-120，近距离格斗弹 AIM-9X，俄罗斯的近距离格斗弹 P-73。这三种导弹的共同特点是装了可以转动的尾喷口，使导弹的发射方式发生了革命性的变化。这三种导弹发射以后可以控制尾喷口转动，使导弹发射 3 秒钟后自动转弯攻击后方目标，这种方式叫做越肩式发射。还有一种直接发射方式，飞行时操作导弹转向后方，让导弹直接向后方发射攻击后方的目标。现在的导弹可以全方位攻击目标，而传统导弹只能打前面 90 度方向。

隐身技术。用于减少目标的各种被探测特征量的技术，叫做隐身技术，目前主要采用雷达隐身技术和红外隐身技术两种。

雷达隐身目前大概有几种方法：外形隐身、采用非金属材料、涂敷吸波材料、等离子技术和自适应性阻抗加载技术等。外形隐身，就是从外形上使得雷达波乱反射（散射），使雷达所接收的雷达反射波大大减少，美国的 F-117、F-22 采用了这种方法。第二种隐身办法是在飞机上用透光率很好非金属材料，雷达波照射时就透过去了，也可以达到隐身效果。现在非金属材料如玻璃钢、复合材料等它们的强度和刚度都已经接近或

世界上第一次用机轮撞下飞机的空战，发生在 1914 年 9 月 8 日。法国飞行员罗朗·加罗斯（他也是世界上最早的王牌飞行员）改装了莫拉桑尼埃「型单翼飞机，这是世界上第一架战斗机。1915 年的 4 月一日，他驾驶着战斗机到了空中，把德国一架侦察机打下来，这是世界上第一次用真正的战斗机打下飞机的空战。

超过金属材料，目前飞机上用到的非金属材料大概只占 10% 左右，将来的飞机用非金属材料可能达到 70% ~ 80%。第三种隐身方法是在飞机上使用吸波材料，即在飞机表面上涂敷吸波材料可以吸收许多雷达波，减少雷达反射波。第四种方法是用等离子隐身技术，即飞机上装一个等离子发生器，使得飞机表面上产生薄薄的一层可以吸收雷达波或者是改变雷达波频率的等离子体，以此达到隐身目的。还有一种办法是自适应阻抗加载技术。这是通过在纯导体表面刻槽留缝并接腔体，改变目标表面的电流分布，使其产生与雷达回波频率、振幅相等但相位相反的附加辐射波，该附加雷达波在雷达接收天线方向上与雷达回波相抵消，从而减小雷达反射波。在阻抗加载技术中，如能自动地根据目标接收到的雷达波的方向、频率来调整自身产生的电磁波，这便是自适应阻抗加载技术。目前后面两种方法还不是很成熟，因为离子发生器本身不能隐身，降低了等离子隐身技术的作用。自适应阻抗加载技术的主要问题是要知道对方的频率才可以抵消雷达波达到隐身的目的，但是如何知道对方的频率却是一个很大的难题。

红外隐身，主要是使飞机上面能够发热的一些设备，比如发动机、无线电等设备降低发热量。目前战斗机上的发动机，都有所谓的加力燃烧室，即在燃烧室后部的发动机中部加装了一个燃料喷口，喷出燃料再进行一次燃烧，有的也叫二次燃烧室。将来的发动机可以把这种燃烧室取消掉，这样热量就减少了。还有一种可能是把发动机进气道和尾喷口都做成 S 形，或者在尾喷口进行隐身设计，有人曾经提出在尾喷口里面装一个空调，让发动机喷出来的气流温度降低，发出来的红外线就可以减少。还有就是减少无线电发射机等设备发出的热量。

除了隐身技术，反隐身技术也在发展，最典型的代表是多 / 双基地雷达。



美国第四代战机 F-35

飞机各个方向的隐身效果是不一样的，如果只用一个雷达，在一个方向可能发现不了，如果在几个方向都装雷达并连接在一起，就更容易发现目标。还有相控阵雷达、超宽带雷达、激光雷达、米波雷达、合成孔径雷达和高频超视距后向散射雷达等都使反隐身技术获得了极大的发展空间。

最后介绍精确打击技术的发展。目前可以用雷达引导、红外引导、激光引导使导弹可以非常规地攻击目标。在第一次海湾战争时，萨达姆在一栋大楼下建了地下指挥部，美国派了两架飞机，第一架飞机瞄准大楼炸出一个窟窿，第二架飞机瞄准炸出的窟窿发射导弹，然后起爆，把地下指挥部给炸毁了。激光可以发射到很远，其能量可以非常集中，使导弹攻击效果大大提高，达到精确攻击。还有的在导弹上面装载数字地图，导弹飞到目标上空利用拍到的数码照片，与数字地图进行对比，吻合以后，导弹就按照指令飞向目标，这个指令可以精确到度、分、秒，甚至到毫秒，精确度非常高。

这样我们可以总结出，未来的战斗机大概应该具有五大功能：一个是具有隐身功能；二是能够完成超机动动作，具有做超机动动作的能力；三是能够打超视距空战，具有超视距空战能力；四是具有多目标攻击和精确打击能力；五是能够长时间作超音速飞行，具有超音速巡航能力。■

1915 年，法国飞行员罗朗·加罗斯连续打下了五架飞机，成为世界上第一个王牌飞行员。现在世界上的王牌飞行员占全世界飞行员的比例不多，大概有 5% 左右，而这 5% 的飞行员打下的飞机占整个被打下飞机总数的 70% 以上。