



图为苏-57隐形战机。  
(作者供图)

# 苏-57：会“跳舞”的隐形战机

□ 马永旺

动机，最大推力约为12吨，但这种发动机的推力与美制先进发动机相比仍然存在差距，无法满足苏-57超音速巡航的要求。因此，苏-57的发动机进行了一次升级，改为Saturn-30新型发动机，推力达到了17-19吨，这次升级使得它的最大飞行速度超过了2马赫（约680米/秒）。同时，这种新型发动机采用了矢量推力技术。

俄罗斯在矢量推力技术的研究和探索过程中，没有照搬照抄美国的技术模式，而是另辟蹊径采用了喷口转向技术。这种独特的技术使喷口转向产生矢量推力的效能比较高，为战斗机提供了气动控制面外的一种控制方式，可以提高飞机低速、高攻角范围的机动性能，极大地改善了发动机的性能，让苏-57可在300-400米的较短距离内起飞，且能在极低速状态下做出一般飞机做不出的超机动动作。“落叶飘”就是俄罗斯战机特技飞行表演中非常知名的动作，它的正式名称为“无半径下降转弯”，是一种小半径甚至零半径的转弯动作，飞机就像树叶一样在空中慢慢“飘落”。

## 不被发现还能干扰敌机

作为俄罗斯目前最先进的隐身战斗机，苏-57采用了多种隐身技术，包括减少雷达截面积、使用隐身材料和涂料，以及采用特殊的气动布局和结构设计。苏-57的机头、机舱、进气道都采用了独特的形状设计，确保了对雷达波的

低可探测性。为了增强隐身效果，其武器舱采用了内置的方式。机尾保留了大尾锥，主要目的就是减少阻力，机翼和尾翼的前、后缘平行，雷达的反射信号只向几乎垂直于侧面的方向反射。两个垂直尾翼向外倾斜，避免侧向发生镜面反射，从而降低了整机的雷达反射面积。

苏-57是目前世界上唯一上过战场并经过实战检验的隐形战机。据俄罗斯媒体报道，在俄乌冲突中，苏-57隐蔽突破乌克兰的爱国者防空反导系统，连续击落14架乌克兰空军战斗机，并安全返回俄罗斯。

此外，苏-57还装备了N036雷达，该雷达有5套有源电子扫描阵列(AESA)天线，系统与机载电脑相结合，能够发现400千米之外的目标，同时可跟踪30个空中目标并对其中的8个目标发起攻击。除了先进的雷达系统之外，苏-57还装备了新型无线电侦察和对抗系统，可以在不暴露自己、不开雷达的情况下，发现敌机并对其实施干扰。

总体来看，苏-57具有超音速巡航、隐身性能及优越的机动性等特点，是一款较为先进的五代隐形战斗机。随着苏-57机载设备功能的不断拓展和升级，包括人工智能的嵌入及其作战能力在实战中的不断验证，苏-57将会成为一款在世界范围具有重要影响的五代隐形战机。

(作者单位：武警高岭训练基地)

## 装备前沿

“落叶飘”“眼镜蛇机动”，这些光听名字就难度极高的飞行表演动作，在第十五届中国国际航空航天博览会上演。62岁的俄罗斯飞行员谢尔盖·博格丹驾驶隐形战机苏-57亮相表演现场，震撼了众多军迷。观众在惊叹飞行员高超技术能力的同时，也纷纷点赞苏-57的卓越性能。

这是苏-57首次参加中国航展，也是首次在俄罗斯境外进行飞行表演，但这款战斗机一经亮相便大放异彩，给人们留下了深刻的印象。美国《军事观察》杂志刊文称，俄罗斯的第五代战机苏-57融合了其他国家同代机所不具备的技术和性能，是一款独特的新型战机。据俄罗斯媒体报道，苏-57曾飞往叙利亚、乌克兰等国参加过实战。

苏-57属于单座双发隐形多功能重型战斗机，是由俄罗斯联合航空制造公司UAC的子公司苏霍伊航空集团研制的一款第五代战斗机。苏-57由俄罗斯“PAK FA”计划发展而来，前身为T-50战斗机，2010年1月29日开始首飞，2017年8月被正式命名为苏-57，2021年1月29日俄罗斯国防部正式接收首架量产苏-57。

苏-57的最大起飞重量为35000千克，超音速巡航速度可达1450千米/小时，最高时速2140-2600千米，作战半径为1200千米，内有4个武器舱，总携带弹药重量可达10吨，能实现飞行性能和隐身性能的良好结合，具备空中格斗、对地攻击和超视距作战能力，具有起降距离短、隐身性能好、超音速巡航、机动性能强等特点。

## 如落叶在空中“飞舞”

最初，苏-57配置的是AL-41F1发

# 歼-35A喷出的马赫环是啥

□ 甘天龙

赫，也是由于发生该现象时气体速度需达到音速(马赫作为速度单位时指一倍音速)。

当高压高速的气体从发动机喷管中喷出，这时气体比外界压力低，会被外界的空气压缩。气体被压缩到一定程度时，压力将高于外界压力，就会发生膨胀。因此，气体喷出的过程其实就是膨胀-压缩重复循环的过程。在这个过程中，超音速喷流内会产生一系列复杂的波。这些波交汇后，会导致喷流在膨胀和压缩段交界处温度急剧升高，达到一定的温度时再次点燃

未完全燃烧的燃油，使其燃烧发光，出现马赫环现象。

此次飞行表演中，歼-35A喷出的是橘色尾焰。实际上，尾焰的颜色是根据气体温度与燃料的不同而变化的。如英国皇家空军常使用的梅林火箭发动机，一般采用液氧-煤油燃料组合，这种组合燃烧后生产二氧化碳和水，所以火箭尾焰会有白色羽流。

如果燃料在燃烧过程中出现固态碳颗粒物质，这种物质的燃烧会散发橘色的光，造成橘色的光亮尾焰。而作为下一代火箭发动机的猛禽火箭发动机，为了提高燃烧效率，减少微量碳颗粒，采用液态甲烷和液氧作为推进剂，生成的尾焰是蓝色，但带有淡淡的橘色光。我国长征二号运载火箭采用的推进剂是偏二甲肼(jīng)和四氧化二氮混合物，这种推进剂与甲烷类似，只会生成极微量的碳颗粒，燃烧效率极高，所以尾焰呈蓝色的比例较高。

(作者单位：中国人民解放军92326部队)



## 瞭望塔

战机尾焰为什么可以形成有规律的等距形状火焰？在第十五届中国国际航空航天博览会上，歼-35A进行了“飞龙”啸九天飞行表演，引发现场观众连连称赞。

歼-35A喷出的火焰叫作马赫环，也称马赫盘，是一种在超音速气流中形成的视觉现象，常呈现为一系列环状或者钻石形状，多见于火箭发动机或喷气发动机的排气羽流中。这里的马赫，既是取名于自然哲学家、物理学家恩斯特·马



图为歼-35A飞行表演时喷出的马赫环。

新华社发  
陶冉 摄

## 军营风采

# “铸盾科技行”进军营

□ 刘湘 王紫晋



(作者供图)

近日，“铸盾科技行”——科普进军营系列活动走进南部战区海军某电子对抗旅，为官兵带来一场科普盛宴。专家围绕“大模型的军事应用探索”“人工智能与未来战争发展”等主题，讲述大模型与人工智能发展现状，及在未来战争认知攻防领域的运用实践。活动中，现场官兵体验了情绪识别系统并检测心理健康情况。本次活动还向该旅赠送书籍、报刊等科普资料，让前沿科技和科普知识走近基层官兵。

(作者单位：中国人民解放军91715部队)