

## 军工T型台

前不久，哥伦比亚军方宣布，将重启新战机采购流程，尽早替代日益老化的以色列“幼狮”战机。数据显示，“幼狮”战机的飞行成本比更先进的“阵风”战机还要高出40%。有评论说，性价比不高的“幼狮”战机，目前已成为哥伦比亚空军的负担。

谈起“幼狮”战机，以色列与哥伦比亚缘分不浅：过去30多年来，哥伦比亚空军共采购24架由以色列航空航天工业公司

(英文简称IAI)制造的“幼狮”战机。为了满足国外客户需求，“幼狮”战机经历了多轮升级，目前已经升级为C-60标准。IAI表示，“幼狮”战机性能与美国F-16 Block52基本相当，是南美地区各国现役最先进的战机之一。

奈何“幼狮”战机日渐老迈，退出现役只是早晚的事。这款外销南美的“幼狮”战机，从外表看像极了法国“幻影”系列战

机——有着标准的法式无尾三角翼风格。资料显示，“幼狮”与“幻影”有着千丝万缕的关系。半个世纪前，IAI借鉴“幻影”战机设计，研发出首款国产战机“幼狮”。

“幼狮”战机有着怎样的传奇经历？以色列是如何独立发展航空工业的？后期，IAI为何放弃有人战机研发而发展无人机？请看本期“军工T型台”为您解答。

从“幼狮”到“狮”式战机，从有人战机到无人机，纵观以色列军事航空工业50年——

# “袖珍小邦”的航空梦

■沈业宏 王跃雄 张齐宁

偷师法国“幻影”，催生首款国产战机

“勇气克服了差距”——这是以色列的一句格言。身处特殊的地缘政治环境，以色列人很清楚，先进的武器装备和强大的国防实力，是国家立足的根本。

建国以来，以色列格外重视空军发展，将人力、财力、物力等各种资源向航空工业倾斜。然而，受国内资源匮乏、航空技术基础薄弱等因素制约，以色列空军发展很快遇到瓶颈。

1955年，以色列空军司令陶科夫斯基致信高层领导：“我们必须采取相应措施，否则作战勇气再足，也无法克服技术差距。”面对外部复杂环境，以色列军方不得不花费2亿美元购买法国“幻影”3战机，以解燃眉之急。

武器装备先进与否，直接关系到战争胜负。1967年“六日战争”，以色列空军“幻影”3战机首开纪录，先后击落米格-17和米格-21战机。这场胜利让“幻影”3战机名声大噪，也给法国达索公司带来一大批海外订单。看到“幻影”3的优异表现，以色列军方随即向法国达索公司采购50架“幻影”5。然而，随着中东地区局势愈发紧张，法国决定对以色列实施武器禁运，“幻影”5采购合同成为一纸空文。法国实施武器禁运，对以色列影响是致命的——买不到先进的“幻影”5战机，现役“幻影”3保障维修又缺乏备件，以色列空军处于前所未有的被动局面。

没有独立的航空工业，必然会受制于人。法国釜底抽薪的做法，将以色列逼上了自主研发战机的道路。此前，以色列耗费巨资建立与“幻影”3配套的电子工业生产设施，方便对战机进行改装。如果推倒重来建立本国航空工业体系，至少需要10年时间。

如何突破困境？IAI瞄准了仿制这一捷径。在借鉴“幻影”战机设计的基础上，以色列科研人员依靠本国航空工业能力制造战机零部件，成功研制出“幼狮”战机。

1973年，“幼狮”战机首飞成功，以色列军方随后组织了一场模拟空战。一位项目试飞员回忆说：“当‘幼狮’以最大速度飞行时，测试结果令人惊叹——没有一款战机能比得上‘幼狮’，F-4和‘幻影’3也被甩在后面。”

模拟空战大获全胜，加快了“幼狮”战机的服役进程。此后，在与叙利亚米格-21的空战较量中，“幼狮”战机一战成名，受到哥伦比亚、斯里兰卡等国家空军青睐，美国军方也抛出“橄榄枝”，向以色列租借25架“幼狮”战机，作为空战训练假想敌。

美国从中“使绊子”，“狮”式战机项目被迫中止

尝到研发“幼狮”战机的甜头后，以色列加速推动本国航空工业发展，以期研制出一款性能更加优异的战机。1980年，“狮”式战机研发项目



正式启动。起初，“狮”式战机被定位为一款轻型轰炸机，仅需执行次要空战任务。情况很快发生改变，以色列军方对战机性能提出了更高要求：“狮”式战机需要同时胜任空中支援和对空作战任务。为了实现这一目标，IAI对战机气动效率、高机动性等关键技术发起攻关。

6年后，以色列首席试飞员施穆尔驾驶原型机首飞。试飞过程中，施穆尔对“狮”式战机的机动性赞不绝口。经过几十次试飞，原型机飞行速度超过1马赫，迎角达到23度，这让科研人员信心大增，他们认为，“狮”式战机将与F-16媲美，甚至在某些方面更胜一筹。

然而，就在IAI准备改进战机时，以色列国内却通过集体投票，取消了“狮”式战机后续研制任务。以色列为何中途下马“狮”式战机项目？

原因很简单，美国从中“使绊子”。那时，F-16战机在世界军贸市场上没有太多竞争对手。“狮”式战机试飞成功后，美国担心一旦战机量产，将会影响F-16外销，当即宣布停止向以色列提供任何资金和技术援助。

随着“狮”式战机的性能提高，研制成本也水涨船高，从最初的5.7亿美元猛增到20亿美元。雪上加霜的是，彼时以色列国内经济并不景气，短时间内难以投入更多资金填补美国撤资留下的坑。IAI不得不绕开美国政府，以科学交流名义意图获得更多外资和技术支持，结果依旧无功而返。

处处掣肘，使IAI陷入艰难境地。“狮”式战机项目进展不力，以致列国内随即通过投票决定中止项目。

如同流星划过，“狮”式战机还未迎来高光时刻，就已宣布“夭折”。“狮”式战机项目突然中止，不仅让以色列前期投入“打了水漂”，也沉重打击了本国军工企业的信心。尽管IAI极力反对，甚至自掏腰包制造第三架原型机，但依然于事无补。作为补偿，美国同意向以色列出售F-16战机，价格甚至要比“狮”式战机预计投产单价更加便宜。IAI心灰意冷，随即解雇了5000余名工作人员，其中包括1400余名专业工程师。

以色列人并没有看到“幼狮”成

长“狮”。之后，3架原型机迎来不同命运：1号原型机很快报废拆解，2号原型机被送往以色列空军博物馆保存，3号原型机作为IAI技术验证机一直试飞到20世纪90年代。投入经费有限、过度依赖外援，“狮”式战机项目“夭折”其实不足为奇。核心技术、关键技术，是“化缘”化不来的，唯有提升自主创新能力，才能掌握武器装备发展主动权。对以色列而言，失去的不仅是一款国产战机，更错过了追赶世界航空先进水平的机会。

突破“认知茧房”，紧跟作战需求打造先进无人机

世界上唯一不变的，就是变化本身。时代变化催生战争理念的革新，军工企业要想在世界舞台上立足，必须紧跟时代步伐和作战需求。

如果说“狮”式战机项目是高开低走，那么以色列在无人机研发方面则是后来居上。20世纪70年代，世界军事科技快速变革，武器装备信息化日趋凸显，一些IAI科研人员建议分出力量推进无人机研究。然而，不少以色列高层固执地认为，有人战机才是取得胜利的关键，应该集中精力开发。随着“幼狮”战机首飞成功，有关无人机研发计划也被暂时搁置。

1973年“赎罪日战争”，以色列禁锢于前几次战争的成功经验，在思想上弱化、低估对手，对埃及和叙利亚的突然袭击毫无防备，造成战场失利。比击败顽敌更难的，是克服自身认知上的顽疾。要防范对手战胜对手，必须树立求异思维，在思想和行动上突破“认知茧房”。战争结束后，以色列军方吸取教训，专门成立了一个特殊机构，用来质疑军队高层做出的决定——不管决定多么正确、想法多么一致，机构必须提出不同意见，把风险和隐患降到最低。受此影响，IAI收到了来自以色列国防部的多份订单：研发具备侦察、干扰等方面功能

的先进无人机。

1982年6月，第五次中东战争爆发，一辆辆载着萨姆-6导弹的叙利亚履带车，伏卧在贝卡谷地严阵以待。以色列空军先后出动“侦察兵”“猛犬”等无人机侦察战场，诱导叙军发射导弹，并跟随有人战机实施电子干扰和协同攻击。短短几分钟后，叙利亚19个防空导弹阵地被“一锅端”，而以色列空军毫发无损。

这场胜利奠定了无人机在以色列装备发展中的优势地位，也让世界各国看到了无人机在现代战场上的巨大作用，“侦察兵”等无人机很快成为世界军贸市场的“香饽饽”。

嗅到无人机的商机后，IAI果断加大资金和技术投入。伴随“狮”式战机项目“难产”，以色列航空工业研发中心也开始转向民用公务机和军用无人机领域，一大批工程师涌入无人机制造业，推动“哈比”“苍鹭”等一系列畅销海外的“明星”产品问世。

时至今日，以色列已成为全球无人机领域的“翘楚”。1992年至2019年，以色列共出口700多架无人机。

不过，以色列并没有完全放弃有人战机研发，一名以色列官员曾表示：“毫无疑问，无人机的角色将越来越重要，10多年后，它们可能会承担一半作战任务，但仍要清楚认识到，有些任务必须由有人战机来执行。”

在此期间，IAI还成功推出米格-21改进型。有报道称，改进后的米格-21作战性能可提升数倍；将“狮”式战机部分研发技术，融入以色列空军F-16机队中，给F-16配备了大量国产航电设备。

此外，以色列将无人机研发获得的技术成果和丰厚利润，“反哺”到了新一代武器装备研制上。目前，以色列空军F-16机队中，给F-16配备了大量国产航电设备。

半个多世纪以来，以色列在艰难的探索中不断寻求改变、校准发展方向，在强手如林的国际军贸市场中“杀”出重围。以色列航空工业的发展之路，也启示着我们：唯有主动适应时代，才能在变化中求生存。

上图：“幼狮”战机。

资料照片



## 军工世界观

一架CH-47“支奴干”直升机冒着浓烟冲向跑道，火光瞬间冲天而起。这不是CH-47“支奴干”直升机第一次发生事故。去年以来，该型直升机频繁发生起火事故，为了安全起见，美军不得不宣布停飞整支“支奴干”直升机机队。

谈及CH-47直升机频繁漏油起火现象，发动机制造商霍尼韦尔国际公司发表声明：维护、修理和航材管理不当等人为原因可能是直升机起火的重要原因。随后，美国陆军工程师发现，在出现事故的CH-47直升机上，发动机安装了不符合设计标准的密封圈，这些密封圈导致燃油泄漏和起火。目前，美国陆军至少有70架CH-47直升机存在这种严重隐患。

从外观上看，CH-47采用纵列双旋翼布局。采用此种布局，是为了取消用于保持飞行平衡的尾桨，减少功率消耗，具有重心变化宽容性好、悬停控制能力突出等特点。

当然，纵列双旋翼布局的劣势也十分明显：一是结构设计复杂。给后续机务人员的操作、维护、修理带来一定挑战。二是操控难度大。从气动力学上来看，前旋翼尾流对后旋翼会产生气动干扰，后旋翼总是处在非常不利的气动环境中。为减少气动干扰，设计师将后旋翼装得高一些，然而，这种设计俯仰惯性和旋转惯性较大，机身气动扭矩又极不稳定，不利于飞行员操控飞机。三是市场认可度低。纵列双旋翼直升机有着设计门槛高、通用程度低等缺点，服役以来饱受诟病。也正因此，纵列双旋翼直升机非常依赖军贸订单，市场需求量十分有限，后续型号改进工作同样进展不利。

其实，从最初的CH-47A到如今CH-47F，“支奴干”直升机经历多轮升级，但设计本身问题很难解决，导致美国波音公司的升级改进工作“换汤不换药”，故障率高、事故多发等问题依然存在。

纵观世界直升机发展，纵列双旋翼直升机不仅要与传统常规型直升机竞争，还面临倾转旋翼机的挑战。俄罗斯卡莫夫设计局的共轴式旋翼设计是将两副桨叶上下反向旋转，从而获得更快飞行速度。值得关注的是，共轴式布局的旋翼尺寸相对较短，更适用于中小型直升机，有着不错的海外市场。

此外，以V-22“鱼鹰”为代表的倾转旋翼机，虽然在重心变化范围和复杂地形悬停上存在较多不足，但V-22“鱼鹰”倾转旋翼机具有一般直升机无法企及的飞行速度和航程优势，已被多个直升机研发和制造商确定为未来

# 纵列双旋翼布局饱受诟病

■李东洋 冯文星 李娜

「支奴干」直升机因起火事故紧急停飞

直升机发展的重点方向。

也许在不久的将来，随着航空设计师在动力系统方面实现突破，高效率四旋翼布局将会应用到新式直升机上，那么纵列双旋翼直升机被无情淘汰在所难免。

上图：CH-47“支奴干”直升机。资料照片

# 机载电子设备如何“和谐共处”

■胡勇华

## 军工科普

生活中，我们有这样的经历：手机来电时，附近的收音机或音响会发出“滋滋”的杂音；遇到雷雨天气，电视画面有时会出现“花屏”……这些都是典型的电磁干扰现象。

电子设备每时每刻都会受到外界电磁能量的干扰。飞机飞行过程中，其内部机载电子设备很多，工作时更容易受到电磁干扰。如果不能快速有效处理好电磁干扰问题，很可能引发飞行安全事故。

那么，如何让这些机载电子设备“和谐相处”呢？

回答这个问题之前，我们先了解一下机载电子设备的工作原理。电子设备受到干扰的过程，离不开干扰源、传播路径和敏感设备3个要素。干扰源设备工作时，会通过空间辐射、传导耦合等方式，将电磁能量传输到机载电子设备工作环境中。当敏感设备受到的电磁能量超过自身抗干扰能力时，其工

作运转就会受到影响。为了实现机载电子设备“和谐共处”，航空设计师通常会采取有效的抗干扰方式，也就是我们常说的“电磁兼容”。

飞机设计初期，航空设计师会对电磁能量传输过程中的传输线和空间传输媒介进行综合性分析，对机载电子设备无线频率所有波段进行一体化管理，从而提升机载设备的抗干扰能力。

详细设计阶段，飞机设计师的一项重要工作就是精准找到潜在的干扰源，让它不要那么“嚣张”；找出敏感设备，让它不要那么“脆弱”。此外，还会通过搭接、屏蔽、抑制等方式，让电磁能量正常传输而不随意扩散。

最后，分层次完成电磁兼容试验验证工作。设计师会对机载设备开展无数次电磁兼容试验验证，确保设备之间的电磁兼容性。当前，我国飞机电磁兼容设计标准覆盖全面，仿真技术发展迅速，测试能力也迈上了新高度。随着电磁兼容技术快速发展，机载电子设备运行更加稳定，相处也会更加和谐。