

军工科普

战机健康监控系统——感知战鹰五脏六腑



人病了，可以去医院看病检查。而战机“健康状况”出现问题，则要利用健康监控系统，快速将“病情”反馈出来，供技术人员开展维修工作。

20世纪70年代，随着战飞机载设备越来越复杂，在工作一段时间后，设备故障率也相应增大，这时候战机健康监控系统应运而生。这个系统能够尽早发现机体的损伤、裂纹、腐蚀等问题，从而对机体结构寿命进行管理和评估。

战机像人一样，也有一套完整的“神经系统”。传感器将采集设备的“受伤”信号反馈给服务器，服务器作为战机健康监控系统“的大脑”，对战机的健康状况进行评估，进而生成故障预测和保障决策报告。特别是在油箱、发动机、襟翼等特殊区域，传感器能够快速探测出设备问题，大大缩短人工检测时间。有了健康监控系统的帮助，战机维修时间可缩短40%。

当前，随着五代机面世，新型战机对测试、维修和保障提出了更高要求。在研制新型战机期间，科研人员都会将战机健康监控系统作为重要科研项目纳入开发体系中。目前，国外一些军工企业在战机结构健康检测架构与策略、结构载荷和损伤监测方法、结构健康仪器及集成等方面取得了显著进步，部分研究成果在战机结构地面试验应用中发挥了重要作用。

未来，战机健康监控系统还会朝着智能化方向发展，能够感知“疼痛”，独立思考决策，更好地为战机飞行保驾护航。

上图：修理人员对战机进行地面检查。 作者供图

船舶空气润滑系统——空气润滑提速减排



减少阻力是提高船舶推进效率、降低燃油消耗和延长船舶使用寿命的有效手段之一。如何减少阻力？这时候，船舶空气润滑系统派上用场，它能够在船底与海水之间通过空气进行润滑，从而减少船体摩擦阻力。

船舶空气润滑系统由空气释放单元、压缩机、系统管道和电缆等组成。工作时，该系统利用压缩机将空气输送至船底各空气释放单元，这些通过小孔释放出的蜂巢状气泡会迅速聚合在一起，形成1到2厘米厚的空气层，完整地覆盖在船体底部，减少轮船航行时的阻力。

为使船舶在不同速度范围内保持持续减阻，设计师在船体下方均匀设置振荡器，通过高效的流动设计，形成一个稳定、均匀的空气层，完整地覆盖在船体底部。当船舶向前航行时，附着在船体上的空气层则会向后移动，最终从船体底部的表面移走。

船舶空气润滑系统具有低成本、高适配性等方面优点，起到提速节能减排的效果。有数据显示，在正常航速下，空气润滑系统能够减少船舶与海水之间50%到70%的摩擦力，可以节约8%到12%的燃料，有效减少航运过程中产生的温室气体排放。

如今，节能减排越来越被人们重视，一艘普通的液化天然气运输船在安装空气润滑系统后，可以将船舶营运碳强度指数评级从C提高到B。可以预见，随着船舶技术快速发展，未来船舶空气润滑系统会持续升级，为船舶航行提速和节能减排提供更好的保障。

上图：战舰海上航行。 作者供图 (石峰、谢润昌、杭星)

公司谈判的可能性。萨博公司对这种“陪跑”方式表示强烈不满。这不是萨博公司第一次丢掉订单。近年来，“鹰狮”被F-35、“阵风”等战机“抢单”的情况屡见不鲜。

遥想当年，“鹰狮”是名副其实的“明星”战机。自20世纪90年代诞生以来，集轻型、多功能、低成本等优点于一身的“鹰狮”战机，与“台风”战机、“阵风”战

机并称为“欧洲三雄”，受到捷克、匈牙利、英国等国空军青睐，销量超过200架。

今日的“鹰狮”已然风光不再。2021年5月，“鹰狮”战机在克罗地亚战机竞标中遗憾落选；不到半年时间，“鹰狮”战机又因不符合芬兰要求，再次与订单失之交臂。那么，曾经拥有耀眼光环的“鹰狮”战机，命运缘何如此急转直下？请看解读。

被称为“欧洲三雄”之一的“鹰狮”战机接连失去国外订单——

“明星”战机滞销的背后

■付晓伟 吴明宇 赵镜然



克、匈牙利、泰国、南非等多个国家空军。“鹰狮”战机的出口成功主要有3个因素：一是操作成本较低；二是拥有先进的航电系统，并全面兼容北约标准；三是设备维护简单，减少了维护人员一半的工作量。这些突出优势，擦亮了“鹰狮”战机的“金字招牌”，并与“台风”战机、“阵风”战机并称为“欧洲三雄”。

“鹰狮”战机为何不香了

最大的危机往往潜伏在成功登顶的背后。就在2014年的“巴西大单”之后，2015年埃及空军拒绝了萨博公司的推销，选择采购“阵风”战机。紧接着的2018年，在保加利亚空军战机招标中，“鹰狮”战机又输给了F-16战机。

雪上加霜的是，即便萨博公司表示“鹰狮”战机可以先租后送，“老主顾”捷克军方依然不为所动。海外市场节节败退，销量呈断崖式下降，名列“欧洲三雄”的“鹰狮”战机为何不香了？

纵观世界军事装备发展，随着五代机批量列装欧洲空军，各国更倾向于采购优势明显的先进战机，实现对他国军事力量的降维打击。而“鹰狮”作为上一代战机，在竞争态势上明显处于下风。

更糟糕的是，在竞争激烈的国际

军贸市场，“鹰狮”战机既要面对五代机的全面碾压，又要与“后起之秀”进行角逐，生存空间被进一步挤压。2022年，韩国FA-50战机首次进入欧洲市场，便从波兰空军手中收获48架战机订单。为增加对外出口吸引力，2016年，萨博公司对“鹰狮”战机进行全面升级。与上一代战机相比，“鹰狮E”拓展了外挂能力，改进了航电设备，动力更强、火力更猛。即便如此，“鹰狮E”也是“叫好不叫座”，市场上依然难以破冰。

实际上，“鹰狮E”经过全面升级，成本也随之水涨船高，价格优势不复存在。再加上“鹰狮”升级正赶上F-16退役潮，大量F-16退役后低价促销，很多小国可以低价采购二手战机，再投入很少资金对其进行升级，比采购“鹰狮E”要划算得多。此外，“鹰狮E”机身尺寸也有所增加，最大起飞重量从14吨增至16.5吨，导致战机动性有所下降。

对此，萨博公司不惜通过转让技术，降低生产成本来吸引海外客户。面对印度军方发布的战机招标，瑞典方面表示，可以提供“鹰狮E”全部生产技术，并帮助印度在本地建立工厂。结果令人大跌眼镜，印度依然选择采购“阵风”战机。

看似偶然，实则必然。翻看两国军贸历史，一切有迹可循——1978年，萨博公司与印度军方签订“雷”式战机采购协议，美国却横插一手，对“雷”式战

机发动机实施禁运，导致交易最终流产。

与“雷”式战机相比，“鹰狮E”采用的国外技术和零部件更多，生产过程需要多国协同完成。特别是2019年以来，受全球新冠肺炎疫情影响，“鹰狮”战机材料供应受限，生产和交付速度十分缓慢。2014年，萨博公司与巴西空军签订采购协议，直到2022年才开始交付。凡此种种，“鹰狮”战机销量不佳也是意料之中。

下一代战机研制计划前景不明

眼见“鹰狮”战机风光不再，萨博公司很早就对外宣布独立研发五代机FS-2020，希望以瑞典行业“龙头”的优质资源，打造出更加出众的高性能战机。

从立项到首飞，FS-2020项目用时15年。令人无奈的是，试飞过程中，萨博公司发现FS-2020各项指标与五代机相差甚远。在经济复苏乏力的背景下，瑞典军费预算不到80亿美元，萨博公司无力承担资金和技术上的双重压力，只能忍痛中止了FS-2020项目。

过去，萨博公司一直紧跟世界航空技术的发展步伐，先后研发出“雷”式、“鹰狮”等多款“明星”战机。但随着现代战机研发难度越来越高，萨博公司有

些力不从心，无论是“鹰狮E”还是FS-2020，都无法摆脱对国外先进技术的依赖，发动机、雷达等核心部件均是直接购买或者合作研发。

2020年，瑞典加入英国“暴风”六代机项目，希望通过国际合作降低研发成本。当前，欧洲六代机分为英国“暴风”和法国“未来空中作战系统”两个项目。这种“分裂”情况与当年“阵风”战机、“台风”战机研制如出一辙。可以预见，即使“暴风”项目成功投产，也难以遭遇同行恶性竞争，成本提升、销路变窄的局面不可避免。这种情况下，“暴风”六代机项目能否稳步推进，挑战不小。

对此，瑞典似乎也没有下定决心，频频游离在合作边缘。今年8月，萨博公司首席执行官约翰森表示，将暂时退出“暴风”六代机项目，这一决定引发了项目主导者英国的不满。有消息称，英国已邀请日本联合研发“暴风”六代机。换句话说，瑞典已经被英国淘汰出局。

可以看出，不论是单干还是合作，萨博公司的新战机研发工作迟迟未有实质性进展。过去，让“萨博品牌”畅销全球的是机动灵活、价廉质优。一旦失去这个优势，“鹰狮”战机必然会失去核心竞争力，受到海外市场冷遇。面对竞争激烈的国际军贸市场，萨博公司能否重拾昔日荣光，打造更多的优质产品，我们将继续予以关注。

上图：瑞典“鹰狮”战机。 资料照片

“处理难题就是爬坡过程”

■本报特约通讯员 吴东东

上士丁清山也主动站出来：“我们愿意和冯班长一起修。”

当天下午，经上级批准后，由3名技术骨干组成维修小组随即开展维修工作。功能检测、器件拆卸、电路分析……3个人从早忙到晚，困在了操作台上趴一会儿，饿了吃碗面凑合一下，可部件故障点始终难以精确定位。

“咱们是兵，科研人员研制出的装备，兵怎么能够修得好，去找领导解释一下，别再熬了！”看到3人一筹莫展，其他战友“善意”劝道。

“处理难题就是爬坡过程。不怕爬坡陡大，就怕爬坡的人放弃努力。”说罢，3个人又钻进了操作方舱。

苦心人天不负。经过连续奋战，他们终于成功定位并排除元器件故障

点。随后，他们将维修过程与经验进行总结，撰写出一份该型装备原理分析教材和维修手册。

“这一次，你们不仅修好了装备，还积累了维修经验。为你们的创新点赞！”上级领导听闻此事后，给予肯定。

关键时刻挺身而出，处置问题快速精准。这得益于该部始终坚持为人才队伍“搭台子”“压担子”，充分发挥基层官兵对科学技术的理解力、运用力、创新力。这些年，该部制订相关计划，从普及前沿科学知识、加强日常科技运用、厚实创新土壤等方面入手，着重提升军士队伍科技素养。

科技素养稳步提升，创新型军士拔节成长。去年，某新装备列装该部，机关第一时间公布“新装备维修技术”课

军工T型台

名列“欧洲三雄”的“明星”战机

2014年，巴西空军豪掷54亿美元采购36架“鹰狮”战机，再次刷新萨博公司的外销纪录。

“鹰狮”战机为何备受青睐？

20世纪80年代，正值冷战两大阵营“斗法”的关键阶段。彼时，一架挪威反潜巡逻机在巴伦支海上空执行侦察任务。突然，一架苏-27从挪威战机下方高速掠过，像手术刀般在发动机上划出一道口子，挪威战机险些坠海。

苏-27大量服役，给西方国家防空系统造成极大压力。1979年，瑞典军方决定研制一款先进战机，取代老旧的“雷”式战机，瑞典航空“龙头”企业萨博公司敏锐地嗅到了商机。

项目设计初期，瑞典军方对新战机提出了苛刻要求：高性能、低成本、“一机多用”。当时，世界战机大多功能专一，“一机多用”是一个不小的研发难题，而瑞典军方要求新战机能够执行对空、对地战斗和侦察任务。

“鹰狮”战机项目总监伊瓦尔松选择另辟蹊径：采用鸭翼布局，将机翼和前翼的前缘后掠角设定为45°和43°，使战机在所有高度上均能实现超音速飞行；广泛使用复合材料，降低维护成本，减轻战机重量，挂载更多武器和雷达。

然而在1989年和1993年，“鹰狮”原型机在两次试飞中接连发生坠机事故。特别是第二次坠机，发生在斯德哥尔摩水节的公开表演中，成千上万的民众目睹了飞机在做翻滚动作时突然失控、试飞员弹射逃生的全过程。这给“鹰狮”项目推进蒙上一层阴影。不过，萨博公司在“鹰狮”项目上保持开放态度，几小时后向国人公开宣布了这起事故细节。

鉴于“鹰狮”项目对瑞典的重要性，瑞典政府一周内发起了两次民意调查，结果显示大多数民众赞成完成战机研制。公众支持给予科研人员莫大信心，“鹰狮”大难不死，项目得以继续。

又一年后，萨博公司制造出5架原型机和2架生产型战机，“鹰狮”进入全面试飞和评估阶段。其飞控软件问题在升级后，也得到彻底解决。瑞典一位试飞员回忆道：“‘鹰狮’战机性能令人印象深刻——它是如此可控，如此敏捷，气动和操纵系统协调一致，迷你操纵杆也备受飞行员的青睐，不仅易于飞行，降落也变得简单容易。”

很快，瑞典空军凭借一种机型、一套备件和一种培训计划，快速建立了一支多用途战机中队。除瑞典空军外，“鹰狮”战机外销颇为成功，列装到捷



“某型装备发生故障，经排查是一个部件损坏。”

“申请返厂维修吧！这是新装备，我们没有维修经验。”

“返厂维修一来二去时间不短，可能会耽误后续任务。”

临近年底，战略支援部队某部组织装备换季保养工作。检修中，战友们发现一台新装备发生故障，一时间难住众人。

“我来试试吧！”一级上士冯磊了解情况后，向领导主动请缨，开展自主维修工作。

“虽然他是‘维修大拿’，但新装备修坏了怎么办？”“到头来还得返厂维修，更耽误时间。”……官兵不同声音接连不断，让领导也犯了难。

“战场上装备发生故障，还能返厂维修吗？想要当尖兵、打胜仗，就得敢啃‘硬骨头’。”二级上士卢煜龙和一级

保障亲历

赵国庆