

軍工科普

戰機健康監控系統——感知戰鷹五臟六腑



人病了，可以去醫院看病檢查。而戰機“健康狀況”出現問題，則要利用健康監控系統，快速將“病情”反饋出來，供技術人員開展維修工作。

20世紀70年代，隨著戰機機載設備越來越複雜，在工作一段時間後，設備故障率也相應增大，這時候戰機健康監控系統應運而生。這個系統能夠最早發現機體的損傷、裂紋、腐蝕等問題，從而對戰機結構壽命進行管理和評估。

戰機像人一樣，也有一套完整的“神經系統”。傳感器將採集設備的“受傷”信號反饋給服務器，服務器作為戰機健康監控系統的“大腦”，生成戰機的健康狀況進行評估，進而生成故障預測和保障決策報告。特別是在油箱、發動機、襟翼等特殊區域，傳感器能夠快速探測出設備問題，大大縮短人工檢測時間。有了健康監控系統的幫助，戰機維修時間可縮短40%。

當前，隨著五代機面世，新型戰機對測試、維修和保障提出了更高要求。在研製新型戰機期間，科研人員都會將戰機健康監控系統作為重要科研項目納入開發體系中。目前，國外一些軍工企業在戰機結構健康檢測架構與策略、結構載荷和損傷監測方法、結構健康儀器及集成等方面取得了顯著進步，部分研究成果在戰機結構地面試驗應用中發揮了重要作用。

未來，戰機健康監控系統還會朝著智能化方向發展，能夠感知“疼痛”，獨立思考決策，更好地為戰機飛行保駕護航。

上圖：修理人員對戰機進行地面檢查。 作者供图

船舶空氣潤滑系統——空氣潤滑提速減排



減少阻力是提高船舶推進效率、降低燃油消耗和延長船舶使用壽命的有效手段之一。如何減少阻力？這時候，船舶空氣潤滑系統派上用場，它能夠在船底與海水之間通過空氣進行潤滑，從而減少船體摩擦阻力。

船舶空氣潤滑系統由空氣釋放單元、壓縮機、系統管道和電纜等組成。工作時，該系統利用壓縮機將空氣輸送至船底各空氣釋放單元，這些通過小孔釋放出的蜂巢狀氣泡會迅速聚合在一起，形成1到2厘米厚的空氣層，完整地覆蓋在船體底部，減少輪船航行時的阻力。

為使船舶在不同速度範圍內保持持續減阻，設計師在船體下方均勻設置振蕩器，通過高效的流動設計，形成一個穩定、均勻的空氣層，完整地覆蓋在船體底部。當船舶向前航行時，附着在船體上的空氣層則會向後移動，最終從船體底部的表面移走。

船舶空氣潤滑系統具有低成本、高適應性等方面優點，起到提速節能減排的效果。有數據顯示，在正常航速下，空氣潤滑系統能夠減少船體與海水之間50%到70%的摩擦力，可以節約8%到12%的燃料，有效減少航運過程中產生的溫室氣體排放。

如今，節能減排越來越被人們重視，一艘普通的液化天然氣運輸船在安裝空氣潤滑系統後，可以將船舶營運強度指數評級從C提高到B。可以預見，隨着船舶技術快速發展，未來船舶空氣潤滑系統會持續升級，為船舶航行提速和節能減排提供更好的保障。

上圖：戰艦海上航行。 作者供图 (石峰、謝潤昌、杭星)

公司談判的可能性。薩博公司對這種“陪跑”方式表示強烈不滿。這不是薩博公司第一次丟掉訂單。近年來，“鷹獅”被F-35、“陣風”等戰機“搶單”的情況屢見不鮮。

遙想當年，“鷹獅”是名副其實的“明星”戰機。自20世紀90年代誕生以來，集輕型、多功能、低成本等優點於一身的“鷹獅”戰機，與“台風”戰機、“陣風”戰

機並稱為“歐洲三雄”，受到捷克、匈牙利、英國等國空軍青睞，銷量超過200架。

今日的“鷹獅”已然風光不再。2021年5月，“鷹獅”戰機在克羅地亞戰機競標中遺憾落選；不到半年時間，“鷹獅”戰機又因不符合芬蘭要求，再次與訂單失之交臂。那麼，曾經擁有耀眼光環的“鷹獅”戰機，命運緣何如此急轉直下？請看解讀。

被稱為“歐洲三雄”之一的“鷹獅”戰機接連失去國外訂單——

“明星”戰機滯銷的背後

■付曉偉 吳明宇 趙鏡然



克、匈牙利、泰國、南非等多個國家空軍。

“鷹獅”戰機的出口成功主要有3個因素：一是操作成本較低；二是擁有先進的航電系統，並全面兼容北約標準；三是設備維護簡單，減少了維護人員一半的工作量。這些突出優勢，擦亮了“鷹獅”戰機的“金字招牌”，並與“台風”戰機、“陣風”戰機並稱為“歐洲三雄”。

“鷹獅”戰機為何不香了

最大的危機往往潛伏在成功登頂的背後。就在2014年的“巴西大單”之後，2015年埃及空軍拒絕了薩博公司的推銷，選擇採購“陣風”戰機。緊接著的2018年，在保加利亞空軍戰機招標中，“鷹獅”戰機又輸給了F-16戰機。

雪上加霜的是，即便薩博公司表示“鷹獅”戰機可以先租後送，“老主顧”捷克空軍方依然不為所動。海外市場節節敗退，銷量呈斷崖式下降，名列“歐洲三雄”的“鷹獅”戰機為何不香了？

縱觀世界軍事裝備發展，隨着五代機批量列裝歐洲空軍，各國更傾向於採購優勢明顯的先進戰機，實現對他國軍事力量的降維打擊。而“鷹獅”作為上一代戰機，在競爭態勢上明顯處於下風。

更糟糕的是，在競爭激烈的國際

軍貿市場上，“鷹獅”戰機既要面對五代機的全面碾壓，又要與“後起之秀”進行角逐，生存空間被進一步擠壓。

2022年，韓國FA-50戰機首次進入歐洲市場，便從波蘭空軍手中收穫48架戰機訂單。

為增加對外出口吸引力，2016年，薩博公司對“鷹獅”戰機進行全面升級。與上一代戰機相比，“鷹獅E”拓展了外掛能力，改進了航電設備，動力更強、火力更猛。即便如此，“鷹獅E”也是“叫好不叫座”，市場上依然難以破冰。

實際上，“鷹獅E”經過全面升級，成本也隨之水漲船高，價格優勢不復存在。再加上“鷹獅”升級正趕上F-16退役潮，大量F-16退役後低價促銷，很多小國可以低價採購二手戰機，再投入很少資金對其進行升級，比採購“鷹獅E”要划算得多。此外，“鷹獅E”機身尺寸也有所增加，最大起飛重量從14噸增至16.5噸，導致戰機機動性有所下降。

對此，薩博公司不惜通過轉讓技術，降低生產成本來吸引海外客戶。面對印度軍方發布的戰機招標，瑞典方面表示，可以提供“鷹獅E”全部生產技術，並幫助印度在本地建立工廠。結果令人大跌眼鏡，印度依然選擇採購“陣風”戰機。

看似偶然，實則必然。翻看兩國軍貿歷史，一切有迹可循——1978年，薩博公司與印度軍方簽訂“雷”式戰機採購協議，美國卻橫插一手，對“雷”式戰

機發動機實施禁運，導致交易最終流產。

與“雷”式戰機相比，“鷹獅E”採用的國外技術和零部件更多，生產過程需要多國協同完成。特別是2019年以來，受全球新冠肺炎疫情影響，“鷹獅”戰機材料供應受限，生產和交付速度十分緩慢。2014年，薩博公司與巴西空軍簽訂採購協議，直到2022年才開始交付。凡此種種，“鷹獅”戰機銷量不佳也是意料之中。

下一代戰機研制定制前景不明

眼見“鷹獅”戰機風光不再，薩博公司很早就對外宣布獨立研發五代機FS-2020，希望以瑞典行業“龍頭”的優質資源，打造出更加出色的高性能戰機。

從立項到首飛，FS-2020項目用時15年。令人無奈的是，試飛過程中，薩博公司發現FS-2020各項指標與五代機相差甚遠。在經濟復蘇乏力的背景下，瑞典軍費預算不到80億美元，薩博公司無力承擔資金和技術上的雙重壓力，只能忍痛中止了FS-2020項目。

過去，薩博公司一直緊跟世界航空技術的發展步伐，先後研發出“雷”式、“鷹獅”等多款“明星”戰機。但隨着現代戰機研發難度越來越高，薩博公司有

些力不從心，無論是“鷹獅E”還是FS-2020，都無法擺脫對國外先進技術的依賴，發動機、雷達等核心部件均是直接購買或者合作研發。

2020年，瑞典加入英國“暴風”六代機項目，希望通過國際合作降低研發成本。當前，歐洲六代機分為英國“暴風”和法國“未來空中作戰系統”兩個項目。這種“分裂”情況與當年“陣風”戰機、“台風”戰機研制定制如出一轍。可以預見，即使“暴風”項目成功投產，也難免遭遇同行惡性競爭，成本提升、銷路變窄的局面不可避免。這種情況下，“暴風”六代機項目能否穩步推進，挑戰不小。

對此，瑞典似乎也沒有下定決心，頻頻游离在合作邊緣。今年8月，薩博公司首席執行官約翰森表示，將暫時退出“暴風”六代機項目，這一決定引發了項目主導者英國的不滿。有消息稱，英國已邀請日本聯合研發“暴風”六代機。換句話說，瑞典已經被英國淘汰出局。

可以看出，不論是單干還是合作，薩博公司的新戰機研發工作遲遲未有實質性進展。過去，讓“薩博品牌”暢銷全球的是機動靈活、價廉物美。一旦失去這個優勢，“鷹獅”戰機必然會失去核心竞争力，受到海外市場冷遇。面對競爭激烈的國際軍貿市場，薩博公司能否重拾昔日榮光，打造更多的優質產品，我們將繼續予以關注。

上圖：瑞典“鷹獅”戰機。 資料照片

“處理難題就是爬坡過程”

■本報特約通訊員 吳東東

上士丁清山也主動站出來說：“我們願意和馮班長一起修。”

當天下午，經上級批准後，由3名技術骨干組成維修小組隨即開展維修工作。功能檢測、器件拆卸、電路分析……3個人從早忙到晚，困在了操作台上趴一會兒，餓了吃碗面湊合一頓，可部件故障點始終難以精確定位。

“咱們是兵，科研人員研製出的裝備，兵怎麼可能修得好，去找領導解釋一下，別再熬了！”看到3人一籌莫展，其他战友“善意”勸道。

“處理難題就是爬坡過程。不怕坡陡坡大，就怕爬坡的人放棄努力。”說罷，3個人又鑽進了操作方艙。

苦心人天不負。經過連續奮戰，他們終於成功定位並排除元器件故障

點。隨後，他們將維修過程與經驗進行總結，撰寫出一份該型裝備原理分析教材和維修手冊。

“這一次，你們不僅修好了裝備，還積累了維修經驗。為你們的創新點贊！”上級領導聽聞此事後，給予肯定。

關鍵時候挺身而出，處置問題快速精準。這得益於該部始終堅持為人才隊伍“搭台子”“壓担子”，充分發揮基層官兵對科學技術的理解力、運用力、創新力。這些年，該部制訂相關計劃，從普及前沿科學知識、加強日常科技運用、厚實創新土壤等方面入手，着重提升軍士隊伍科技素養。

科技素養穩步提升，創新型軍士拔節成長。去年，某新裝備列裝該部，機關第一時間公布“新裝備維修技術”課

軍工T型台

名列“歐洲三雄”的“明星”戰機

2014年，巴西空軍豪擲54億美元採購36架“鷹獅”戰機，再次刷新薩博公司的外銷紀錄。

“鷹獅”戰機為何備受青睞？

20世紀80年代，正值冷戰兩大陣營“斗法”的關鍵階段。彼時，一架挪威反潛巡邏機在巴倫支海上空執行偵察任務。突然，一架蘇-27從挪威戰機下方高速掠過，像手術刀般在發動機上划出一道口子，挪威戰機險些墜海。

蘇-27大量服役，給西方國家防空系統造成極大壓力。1979年，瑞典軍方決定研製一款先進戰機，取代老舊的“雷”式戰機，瑞典航空“龍頭”企業薩博公司敏銳地嗅到了商機。

項目設計初期，瑞典軍方對新戰機提出了苛刻要求：高性能、低成本、“一機多用”。當時，世界戰機大多功能專一，“一機多用”是一個不小的研發難題，而瑞典軍方要求新戰機能夠執行對空、對地戰鬥和偵察任務。

“鷹獅”戰機項目總監伊瓦爾松選擇另辟蹊徑：採用鴨翼布局，將機翼和前翼的前緣後掠角設定為45°和43°，使戰機在所有高度上均能實現超音速飛行；廣泛使用複合材料，降低維護成本，減輕戰機重量，掛載更多武器和雷達。

然而在1989年和1993年，“鷹獅”原型機在兩次試飛中接連發生墜機事故。特別是第二次墜機，發生在斯德哥爾摩水節的公開表演中，成千上萬的民眾目睹了飛機在做翻滾動作時突然失控、試飛員彈射逃生的全過程。這給“鷹獅”項目推進蒙上一層陰影。不過，薩博公司在“鷹獅”項目上保持開放態度，幾小時後向國人公開宣布了這起事故細節。

鑒於“鷹獅”項目對瑞典的重要性，瑞典政府一周內發起了兩次民意調查，結果顯示大多數民眾贊成完成戰機研製。公眾支持給予科研人員莫大信心，“鷹獅”大難不死，項目得以繼續。

又一年後，薩博公司製造出5架原型機和2架生產型戰機，“鷹獅”進入全面試飛和評估階段。其飛控軟件問題在升級後，也得到徹底解決。瑞典一位試飛員回憶道：“‘鷹獅’戰機性能令人印象深刻——它是如此可控，如此敏捷，氣動和操縱系統協調一致，迷你操縱杆也備受飛行員的青睞，不僅易於飛行，降落也變得簡單容易。”

很快，瑞典空軍憑借一種機型、一套備件和一種培訓計劃，快速建立了一支多用途戰機機隊。除瑞典空軍外，“鷹獅”戰機外銷頗為成功，列裝到捷



“某型裝備發生故障，經排查是一個部件損壞。”

“申請返廠維修吧！這是新裝備，我們沒有維修經驗。”

“返廠維修一來二去時間不短，可能會耽誤後續任務。”

臨近年底，戰略支援部隊某部組織裝備換季保養工作。檢修中，戰友們發現一台新裝備發生故障，一時間難住眾人。

“我來試試吧！”一級上士馮磊了解情況後，向領導主動請纓，開展自主維修工作。

“雖然他是‘維修大拿’，但新裝備修壞了怎麼辦？”“到頭來還得返廠維修，更耽誤時間。”……官兵不同聲音接連不斷，讓領導也犯了難。

“戰場上裝備發生故障，還能返廠維修嗎？想要當尖兵、打勝仗，就得敢啃‘硬骨頭’。”二級上士盧煜龍和一級

保障親歷

上圖：戰艦海上航行。 作者供图 (石峰、謝潤昌、杭星)