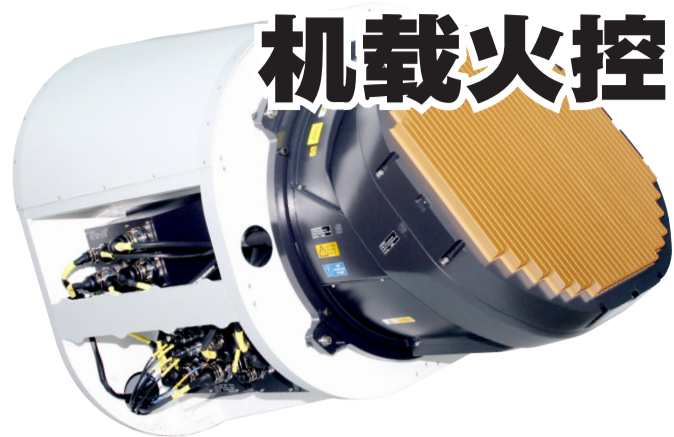


机载火控雷达经济性现状与趋势



| 海涛

航空武器装备全寿命周期费用发展情况

随着航空科学技术的不断发展，航空武器装备项目全寿命周期费用在不断增长，费用构成也在不断变化。研究与研制费用占10%~15%，采购投资费用（生产费用）占20%~25%，使用与维护费用占60%~70%。

以美国为例，传统的第二代战斗机具有研制费用低、采购成本低、采购数量大、使用维护费用高的特点，其研制费用一般为几亿美元，占项目全寿命周期费用的5%左右，而其使用维护费用所占比例高达70%左右；相比二代机，第三代战斗机具有航空电子设备数量增加、性能提升、使用维护性有所提高等特点，其研制费用一般为几十亿美元，占项目全寿命周期费用的10%左右，其使用维护费用所占比例下降至50%~60%；第五代战斗机具有超高速巡航、隐身、超视距攻击、高可靠性、长寿命等典型特征，相应的航空电子设备高度综合、使用维护性能大幅提升，其研制费用高达几百亿美元，占项目全寿命周期费用的20%左右，单机采购成本不低于1亿美元，但其使用维护费用有望控制在全寿命周期费用的30%~40%。

从上述各代飞机发展的脉络、全寿命周期费用构成及变化趋势分析，对于长寿命、反复使用的航空武器装备来讲，使用维护成本占全寿命周期费用的比重很高，因此，提高飞机的使用维护性，控制并降低使用维护成本是有效降低项目全寿命周期费用的关键之一。除了从设计角度提高飞机的使用维护性以促进使用维护费用的下降，另一方面，在使用性、保障性、维修性相辅相成的维修保障体制的优化也能在使用维护费用的下降中发挥重要作用。20世纪90年代，为了满足装备完好性需求，提高装备的机动性和战场生存能力，简化现有航空维修保障体制、减少装备维修中间环节迫在眉睫，为此，美国率先将三级维修保障体制改为二级维修保障体制，将传统的维修保障模式转变为基于性能的维修保障模式。

航空机载设备费用现状 及变化趋势

随着飞机的不断升级换代，作为飞机主要组成部分的机载设备以更快的速度朝着综合化、智能化、小型化方向发展演进，机载设备的技术先进性已成为衡量飞机综合性能的重要指标之一。与此同时，在飞机研制费中机载设备所占的比重也在不断提高，据国外资料统计，从F-4、F/A-18E/F到本世纪最

先进F/A-22战斗机，机载设备（不包括发动机）研制费占整个飞机研制费的比例由10%左右逐步攀升至16%、30%。同时，机载设备在单机成本中所占的比重也在不断提高，典型二代机F-4为12%左右，F-14、F-15A/C、F-16A为20%左右，F/A-18、F-16C及后续新一代机达到30%及以上。

机载火控雷达费用及变化趋势

航空机载雷达的研发难度、技术含量、成本密度均比较高。目前，机载雷达正向着多功能、数字化和综合化方向快速发展，其研制费也和机载设备研制费同步增长，当然这其中除了经济因素的影响以外，技术变革还是推动研制费攀升的主要原因。从上世纪五六十年代到本世纪初，国外雷达研制费由近1亿美元逐步上升到6亿多美元。

实际上，国外火控雷达研制过程中也经常出现超支情况，在F/A-22项目中，其配套的AN/APG-77雷达在2002年就已经超支4%，至今累计超支达到15%左右。但是F/A-18E/F配套的APG-73雷达相对较好，这主要是因为其在研制过程中打破了原有封闭式研发体系架构，开始引入螺旋式研发方式（Spiral Development）与开放式的体系架构（Open Systems），不断转型升级，这一做法不但能降低研发风险、缩短研制周期、实现既定战技指标，还能降低研制费用、控制生产成本、减少使用维护费用。图3是F/A-18E/F配套的APG系列雷达采用螺旋式研发方式不断改型升级所发生的研制费用情况。

图3反映的是F/A-18E/F从1990年到2000年间机载设备升级所发生的研制费情况，折线是整个升级过程中发生的研制费累计数，柱状图反映的是升级过程中APG雷达发生的研制费。可以看出，采用螺旋式研发方式的APG雷达的升级费用相对稳定，每次升级维持在2亿美元左右。

总的来讲，国外雷达单机成本呈下降趋势。其中，工时和微波集成电路成本比例不断下降，而涉及软件和信号处理等的成本比例有所增加，这与航电综合化的趋势是一致的。

另一方面，螺旋式研发方式与开放式的体系架构也有利于降低使用维护费用。从雷达装备维修站备件数量的变化趋势可以看出，随着雷达技术的发展，站点维修备件数量不断下降，一方面得益于维修保障体制的改变，另一方面反映了雷达可靠性的增长、故障率的下降，再者，螺旋式研发方式体现出的系列化、通用化使得备件数量最大程度的减少。

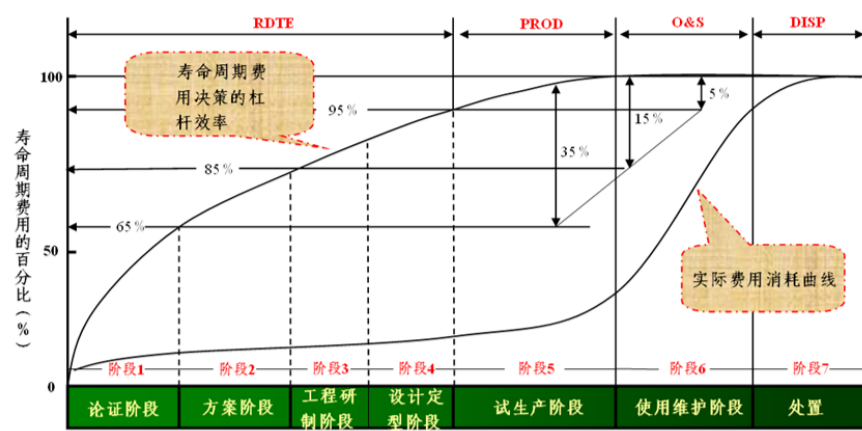


图1 全寿命周期费用分布图。

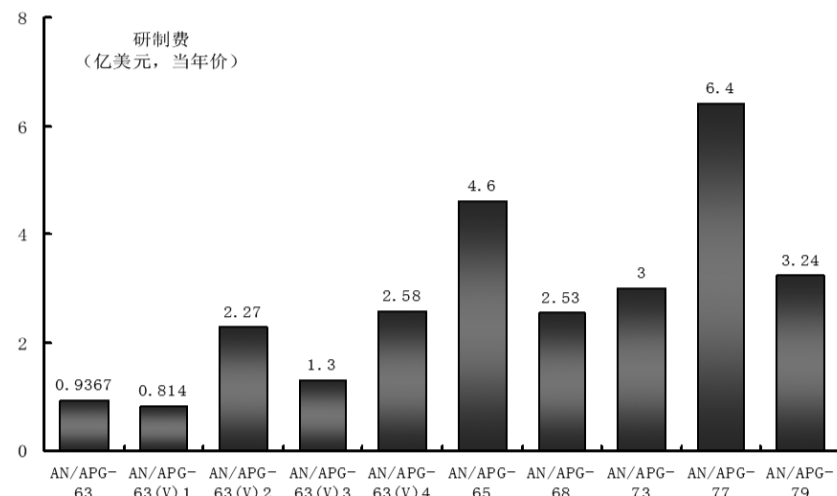


图2 国外主要火控雷达研制费支出情况

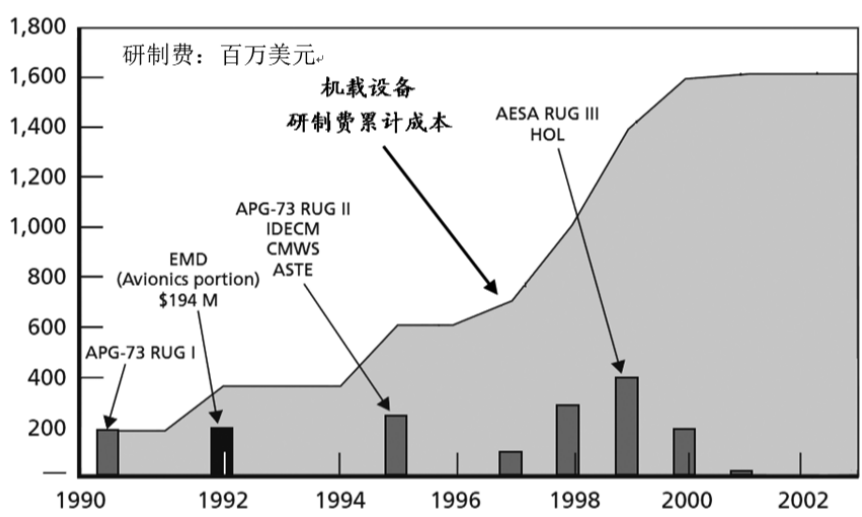


图3 APG-73 雷达螺旋式研发费用支出情况

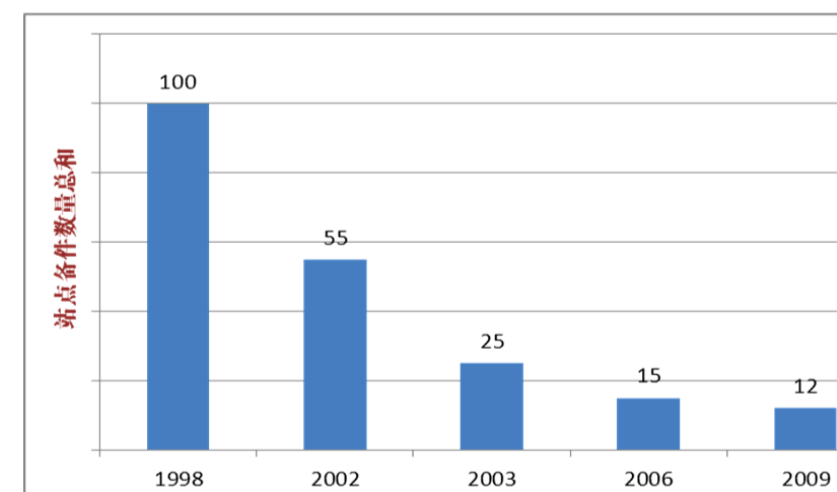


图4 雷达备件变化趋势

俄罗斯推出首架 装备激光雷达的无人机

俄罗斯卡拉什尼科夫综合防御综合体下属Zala公司首次将激光雷达部署在无人机上。光探测与测距系统通常用来创建世界三维模型，激光雷达是大多数无人驾驶车辆设计的重要组成部分。这次事件的不同寻常之处在于，激光雷达系统应用在俄罗斯制造的无人机上，系统本身是无人驾驶，这可能暗示了激光雷达是进口的。

美国海军分析中心的研究分析员塞缪尔·班尼特称，如果是俄罗斯本国的技术，Zala公司应该为其命名。事实上，当某些国内高科技被用于新系统或者升级系统时，俄罗斯军队和工业界会明确表明立场。目前，俄罗斯军工业正处于大规模“进口替代”活动中，主要目的是使国内工业摆脱对进口技术的依赖。

这并不是俄罗斯第一次展示无人机的技术能力。如，“海鹰-10”无人侦察机使用了进口光学器件。对于Zala公司的无人机至少有8个不同的模型，包括固定翼和旋翼设计，可能携带这种激光雷达（距离范围可达14.49千米，长可达144千米）。塔斯社报道称，部署在Zala公司无人机上的激光

雷达可更好地进行基础设施和地形勘察，这种方式是现有地面或载人飞机技术所无法提供。

俄罗斯强调了大型无人机作为ISR资产，在叙利亚行动中的重要性。俄罗斯的无人机在叙利亚被广泛使用，他们为俄罗斯在叙利亚的作战任务服务。通过广泛使用一项技术，便可发现该项技术的局限性。

激光雷达的关键要素是具备更好的态势感知和更快的数据收集能力。俄罗斯军队在这方面技术一直落后，直到目前引进了激光雷达技术。

无论某个传感器技术的价值有多大，如果没有办法获得和应用该项技术，那都没意义。如果俄罗斯本国国防工业不生产激光雷达的话，这将引起人们对俄罗斯获得激光雷达途径的好奇。

西方制裁本应限制俄罗斯获得某些技术，但正如这份声明表明的，“领先的国际制造商”很可能是一家设在美国、西欧、以色列，甚至中国的公司。因此，尽管限制了俄罗斯高科技的获取，但在某些关键技术方面，莫斯科似乎仍有选择，可能是通过第三方获得这些技术，以规避制裁。（党亚娟）

增强型数据链导航系统原型 已通过飞行测试

增强型数据链导航系统（ELNS），是一个适用于竞争激烈，且不支持GPS的环境的整体通信和导航系统。L3技术公司和CTS公司的工程师们完成了原型飞行测试。此原型在美国海军与小企业创新研究（SBIR）签订的第三阶段合同（价值870万美元）下建成，于美国马里兰州帕塔克森特河附近的圣玛丽地区机场进行飞行测试。

CTS公司的首席技术官Ian Gallimore表示：“不到18个月，ELNS就投放于飞行测试，而且，无一例外的是，ELNS在囊括152条航线的15架飞机上的测试都通过了。”他还表示，ELNS也提供区域导航服务，可在整个着陆过程中取代GPS，覆盖

范围超过50海里（约92.6千米）。美国海军项目负责人Martin King表示：“从需要高度完整性系统的MO-25无人机，到承重有严格限制的小型无人飞机，ELNS在各种类型的无人驾驶飞机上都可运行。不仅如此，ELNS还是首个将非GPS导航应用于无人机系统（UAS）的技术，是通过与相关领域的重大投资的结合，制造而出的全新通信导航系统。ELNS带领航空器的定位、导航和授时服务（PNT）走上了一条万众瞩目的新道路。”

ELNS使用了L3技术公司的波形，该波形在非通信及不支持GPS的环境中不可或缺，可破坏对手策略以侦测和扰乱其联盟信号。（李健教）

英国进军美国国防工业

英国正寻求建立英美国防承包商之间的合作伙伴关系，开发特种作战人员相关技术。英国国防和安全组织的高级军事顾问杰森·罗兹（Jason Rhodes）上校表示，他所在的部门打算将盟国政府及其国防工业联系起来，为美国特种作战司令部及其海外合作伙伴创造可互操作的能力。他在国防工业协会举办的坦帕年度特种作战部队工业会议上说：“我以前用过的比喻是，我们是一家中间机构，我们必须了解双方。”

罗兹指出，美国及其盟友，包括英国，必须对行动环境中日益增长和不断变化的威胁做出更积极的反应。

英国贸易部高级新闻官员亚当·托马斯（Adam Thomas）说，英国工业界正在提供一系列可能有利于美国特种作战人员的技术，包括水下导航系统、便携式野外监测系统和综合语言

资源。他指出，该组织正在与美国公司讨论合作方式，并将这些技术应用到SOCOM和其他潜在客户身上。

罗兹表示，在为盟军开发能力时，开放架构系统必须是防务企业的头等大事。他说：“在全球范围内，我们不一定都会有足够的开放的架构。”但他补充称，全球国防工业已开始以“持续不断的边际收益”来体现这一需求。尽管业界伙伴已经准备好满足新的、持续的互操作需求，各国政府和军队还是需要制定更加明确的需求，并提供更好的激励措施，以构建该领域所需的系统。

罗兹说：“我能看到业界是如此渴望向导，渴望这类的任务。我认为责任更多地是在于我们军事团体，我们应该为业界制定更加明确的要求……更加主动地参与到他们的设计过程中去。”（宋文文）

美国国防部提出新的技术与采办组织结构方案

| 闫哲 孙兴村

7月13日，美国国防部常务副部长帕特里克·沙纳罕（Patrick Shanahan）签署备忘录，分别列出了国防部采办与保障副部长及研究与工程副部长两个部门的组织架构及职责。这两个办公室成立于2017年2月1日，由原采办、技术与后勤副部长拆分而成。同2017年8月国防部发布的一份组织结构图相比，备忘录中的新版结构图出现了显著变化，特别是研究与工程副部长有关的部分。该备忘录长达17页，已提交国会，并向国防部长吉姆·马蒂斯（Jim Mattis）做了汇报，最终方案有待国会批准，整个改组过程还需要一些时间。

研究与工程副部长

根据备忘录，研究与工程副部长的任务是聚焦未来，“作为国防部首席技术官，主要负责推进技术和创新。”该副部长下设一名副部长帮办，直接向其汇报工作，而其他所有下属机构均向副部长帮办汇报工作并受其监督；

不设助理部长或助理部长帮办，所有下属机构均为局级。目前，研究与工程副部长由迈克尔·格里芬（Michael Griffin）担任。

直接向副部长帮办汇报的独立机构包括国防创新试验机构（DIUx）、战略能力办公室（SCO）、战略情报分析小组、导弹防御局和国防预先研究计划局（DARPA）。这份备忘录新设两个国防研究与工程局，分别负责研究与技术和先进能力，它们等同于助理部长级

别，但官员任命不需要得到参议院的批准。这一细节反映了研究与工程副部长对高端技术的关注。研究与技术局下设5名助理主管，分别负责微电子、赛博、量子科学、定向能和机器学习；先进能力局下设4名助理主管，分别负责网络化指控与通信、太空、自主和高超声速。

在这个框架下，格里芬作为一名监督者，确保项目成果不会过时，并把握长期的挑战和能力需求。他需要开展

“技术风险评估”并向国防部长提出有关未来潜在问题的建议，包括在武器装备采办项目进行里程碑A和里程碑B决策前提出互操作性和赛博能力方面的建议。需要时研究与工程副部长也会对项目进行独立评估，判断其“在投资变化的威胁、技术嵌入和互操作性，并在必要时进行部署。”

采办与保障副部长

采办与保障副部长保持原采办、技术与后勤副部长的大部分职能，组织架构也类似，该职位目前由艾琳·劳德（Allen Lord）担任。该副部长同样下设一名副部长帮办，直接向副部长汇报工作，并负责监督其他所有下属办公室；而且设三个助理部长职位，分别负责采办、保障和核生化，这三条管理线下的具体机构已发生变化，其中最值得注意的是采办助理部长凯文·费伊（Kevin Fahey）。7月16日，他遗漏自己管理的部门将聚焦成为“赋能器”，而新设立的采办与保障副部长似

乎也正朝这个方向发展。

该部门组织架构的另一个重大变化是工业政策助理部长帮办之前一直向采办助理部长汇报工作，现在改为直接向副部长帮办汇报，反映出工业基础对于国防部的重要性。该办公室名称将从目前的“制造与工业基础政策助理部长帮办”变为“工业基础助理部长帮办”，制造部分将转移到研究与工程副部长。小企业计划局未来将向工业基础助理部长帮办汇报工作。担任工业基础助理部长帮办的埃里克·钱宁（Eric Chewning）透露，他的办公室将更程度地关注工业基础问题。“我们真的需要回过头来关注国防部工业政策的真正功能，解决未来将要面临的各种问题。”此外，能源、设施与环境助理部长已从图表中消失，之前向该助理部长汇报工作的三个助理部长帮办改为向保障助理部长汇报。

在新组织架构图中，有四个机构直接向副部长帮办汇报工作，分别是联合快速采办小组、特殊项目局、战略/数据和设计局、国际合作局。目前存在的问题是国际合作局的部分职能

是否会落在研究与工程副部长那边，但备忘录指出劳德将负责监督国际技术的开发。备忘录还指出采办与保障副部长和政策副部长一起建立和管理“合作研发项目，并推动符合国家安全利益的国际合作研发项目的设立”。它还指示采办与保障副部长负责与北约的国际技术合作。

备忘录列出的采办与保障副部长的权力与职责与之前预想的较为一致——监督现有重大事项。此外也列出一项新任务，即建立和维护“国防部建模与仿真管理和行政架构”，以及领导建模与仿真执行委员会，该委员会负责制定政策、计划和项目，以协调、调和并理顺国防部建模与仿真工作，包括国防部建模与仿真总体规划和投资计划。

这份备忘录明确指出采办与保障副部长的组织架构在工业领域与大国竞争对手对抗和竞争的作用。备忘录称其“支持《国家国防战略》设定的目标，进行地缘经济分析和评估，以促进工业政策的发展，从而最大限度地提高美国在大国竞争时代的优势，优化竞争策略。”

