



螺蛳壳里做道场

早期反潜巡逻机，是依靠雷达大范围扫描海面，从而获取水面潜艇的位置。面对藏在水下的潜艇，往往是束手无策。

二战结束后，随着核动力、AIP（不依赖空气推进装置）等先进技术快速发展，潜艇的自持力、潜深等性能参数得到显著提升。潜艇技术的进步，催生反潜技术更新迭代，尤其是现代声呐浮标的问世，使得反潜巡逻机即使身处“天宫”，也能掌控“龙宫”。

然而，茫茫大洋上，如何精确定位水下潜艇绝非易事。相比雷达发射的电磁波，水声探测的稳定性要差很多，海洋环境复杂多变，水温、盐度、水下噪声等因素都会对浮标的探测性能造成干扰。

针对不同水文条件，工程师需要设计各种用途不同的声呐浮标，例如“默默静听”的被动类浮标、“积极发声”的主动类浮标以及“辨别音色”的辅助类浮标。这些浮标大多使用同样尺寸的外壳封装，依靠反潜巡逻机上的浮标发射筒，将其投向预定海域。

类似钓鱼时“打窝”，浮标水听器要想直达探测效果最佳的水层，必须使用上百米长的悬挂线缆定深，而这将占用浮标内部大量空间。此外，电池、浮囊、减速伞等零部件都要巧妙地“塞”入外壳内，这好比螺蛳壳里做道场。

投放声呐浮标的过程比较复杂，需要经过发射、开伞、入水、展开和激活等多个环节。毫无疑问，系统越复杂，故障率越高，整个过程操作稍有不慎，浮标就会沉入海底，失活失联，反潜巡逻机也就无法接收到浮标的无线电信号。

事实上，声呐浮标搜潜设备的研发是一个复杂又漫长的过程。以美国SSQ系列声呐浮标为例，它的前身——MSS浮标在诞生之初就不是很好用，美国军工企业对其经过数十年的改进升级，研发出几十种类型的浮标。由此可见，研发声呐浮标是一项系统工程，产品诞生只是起点，需要部队和厂家对其反复试验论证，才能最终列装部队。

“花式捕鱼”开天眼

成功找到一艘潜艇，需要动用多少军事力量？

美军的反潜体系给出答案：除了部署遍布全球的军舰、潜艇和反潜巡逻机等传统兵力，还有军事卫星、大型海底声呐基阵等设备作为情报侦察力量。毫不夸张地说，现代反潜作战体系是一张多维空间铺设、各级节点联动的“超级大网”，猎杀潜艇如同“花式捕鱼”。

作为这张“超级大网”里的重要节点，反潜巡逻机具备“眼观六路，耳听八方”的强大态势感知能力，运用“天眼”对潜艇进行广域搜索和精确定位。

“电波眼”——机载搜索雷达。常规潜艇短潜数小时，长则数天要进行上浮充电，通气管、潜望镜等小目标一旦露出水面，机载雷达就会将其锁定。考虑到通气管这类目标往往在复杂海况中若隐若现，机载雷达不仅需要具备很强的抗杂波特性，还要有较强的目标识别分辨率，才能将潜艇特征目标从各种复杂回波中成功筛选出来。

“千里眼”——光电搜索仪。在日常巡逻监视任务中，光电设备是完成对目标拍摄取证的主要设备。与主动辐

射雷达相比，光电搜索仪具有被动隐蔽搜索的能力，可以神不知鬼不觉地对目标进行锁定和跟踪，但它可不只是一个高空摄像头，先进的多功能搜索仪甚至能追踪到浅海中细微的温差变化，以热源特征查找潜艇。

“透视眼”——磁异常探测仪。毫无疑问，打得准的前提是定位准，水下潜艇在什么方位，磁异常探测仪“说了算”。观察反潜巡逻机的外观，你会发现机身上长了一条“尾巴”，这就是磁异常探测仪。不要小看这条“尾巴”，它能够通过测量地球固有磁场的微小变化，精确定位水下目标。不过，研制高精度的磁力计绝非易事，需要运用地球物理、量子力学、磁干扰补偿等学科理论知识，直到如今也仅有少数国家掌握。

脱胎换骨换新颜

自反潜巡逻机等特种机诞生之日起，载机选型就是一个难题：在新增机载设备如此繁多的情况下，是在成熟载机平台上改装稳妥，还是专门设计一型飞机更好？这个问题困扰设计师许久。

这个难题贯穿于整个特种机发展史。在运输机改装预警机的过程中，苏联等国都曾因为载机的气动外形发生巨大变化，导致机毁人亡的严重事故；在研制P-1反潜巡逻机时，日本决定“另起炉灶”，全新设计一型载机平台，因未掌握发动机关键技术，在新机试飞期间就发生了多台发动机空中停车的事故。

目前，世界上大多数国家并不具备研制大型飞机的能力，而反潜巡逻机技术风险大、生产批次少，更多国家选择在成熟的客机或运输机平台上进行改装，改装过程大致有以下3步：

第一步是“旧屋改造”，对舱内空间进行重新布局。“大海捞针”是一个细致活，反潜巡逻机常常需要进行数小时的搜潜作业。为了给长时间飞行的空勤人员提供良好的工作环境，反潜巡逻机一般会将其机舱划分为驾驶舱、任务舱、设备舱以及休息舱等舱段，设置卫生间、厨房等必要的生活设施，并配备应急救生设施，保证在紧急情况下飞行人员能够顺利逃生。

第二步是“房屋精装”，在机身表面加装设备。改装反潜巡逻机最大的挑战，莫过于重新调整载机的气动布局。加装大量外部设备，不仅改变了飞机的气动外形，还会带来更为复杂的操纵配平问题，这类改装往往有悖于普通飞机的气动设计理念。因此，在改装过程中，设计师会采用隐蔽式、小鼓包等外形设计，避免裸露在机身表面的设备影响飞机飞行气动布局。

第三步是“安装家电”，为飞机加装反潜武器。航空鱼雷、反舰导弹的体积庞大，要想在“寸土寸金”的载机空间内加装武器系统，无疑是一个复杂工程。尤其是武器弹舱的加装，设计师需要重新规划油箱和管路的位置，在机型选型过程中，机身宽大的客机或运输机是首选方案。

“装修”完成后，反潜巡逻机还需开展“宜居性”测试。改装并非只是简单“堆”设备，生产厂家只有经过反复试飞验证，通过电磁兼容测试，直至机载系统能够实现各种复杂环境下正常工作，才能拿到出厂“合格证”。

上图：伊尔-38反潜巡逻机。

资料照片

军工科普

钱学森：航天人永远的楷模

■杜名馨

军工圈

今年12月11日，是钱学森诞辰110周年纪念日。近日，航天科技集团一院举办了“纪念钱学森同志诞辰110周年青年座谈会”。

现场投影屏幕上，当钱学森昔日伟岸的身影再次浮现，在场专家无不动容。

大家一致表示，钱学森精神就像那颗太空里的“钱学森星”，永远是航天人立身做人、治学研修、干事创业的启明星，指引着自己抵达更遥远的星辰大海。

请看航天科技集团一院余梦伦院士、某型号火箭总设计师韩厚健、某型号火箭副总设计师魏其勇、航天特种熔融焊接工高凤林等专家代表结合自身经历，深情讲述钱学森的科研故事。

余梦伦：“搞科学研究就要理论联系实际”

钱学森的话，影响了我的一生。1956年，钱学森第一次来到北京大学讲课。当时，坐在台下的我，有幸聆听钱学森的授课。至今，我还记得他当时讲过的一句话：“我们搞科学研究就要理论联系实际。”

读大学期间，我在数学力学学习，很少有实践机会，还不能完全领悟这句话的真正内涵。

20世纪60年代，大学毕业后，我来到国防部五院一分院（航天科技集团一院前身），从事导弹研究工作，开始从理论走向实践。当时，我国航天事业正从仿制走向独立研制，紧锣密鼓地开展东风二号导弹的研制工作。

然而，不幸的是，东风二号导弹首飞失利。第一次尝到失败的滋味，我内心很失落，有些不知所措。经过故障分析，钱学森认为：“失败的原因，一是没有重视箭体弹性这个实际问题，二是地面试验不充分，更多局限于理论研究。”

后来，在钱学森指导下，经过2年多的研究分析、修改设计和数十次大型地面试验，东风二号导弹发射任务取得成功，翻开了我国导弹发展史上自主研制的崭新一页。

“搞科学研究就要理论联系实际。”与钱学森的这两次见面，让我感受到，钱学森不仅是一位科学家，更是一位理论联系实际的实践家。理论来自实践、指导实践，还要经过实践的检验。

韩厚健：“引领我走上航天路”

翻看钱老的历史照片和工作笔记，往事历历在目。钱学森不仅有着非凡的智慧和卓越的贡献，更有着超凡的人格魅力。

了解钱学森越多，就越能感受到

他的大师风骨，钱老一直是我的楷模。有三件事，令我终身难忘。

第一件事发生在1956年。我那时候15岁，有幸被选派去北京参加全国“航空爱好者夏令营”。课程接近尾声时，夏令营老师用钱学森的话作为结束语：“明天是人类文化的另一个时代，是人造卫星、星际飞行的时代。”这个预言比世界上首颗人造卫星上天还要早，我内心激动不已，在日记本上工整地抄下了这段话。

第二件事发生在1963年7月14日。我第一次见到仰慕已久的科学家钱学森，他当时是国防部五院副院长。那一天，我正在一分院某总装车间分解某型导弹。分院领导还没来，钱学森就提前赶到现场。碰巧的是，那一天是周末，管鞋的师傅不在，一时取不出白色工作鞋。我远远看见一位领导脱掉皮鞋，径直走到我的面前，竟然是钱学森！他认真地查看产品，问我：“贮箱为什么产生回坑？”

我回答说：“抽瘪了，很可能是负压失稳。”

钱学森赞许地点了点头。尽管这件事过去了50多年，但钱学森深入一线、尊重青年人才的一面，给我留下深刻印象。每次回想起钱老，我的眼前就会浮现他穿着白袜子走过黑胶泥地的身影。

第三件事发生在1985年7月31日。那一天，我参加会议作报告时，有幸再次见到钱学森。当时，我是第二个作报告。午饭期间，钱学森与我剖析了第一位报告人作报告时存在的问题，他还讲述了在美国的工作经历，并教我如何作报告。钱学森对我说：“作报告既要看场合和对象，也要注意逻辑和条理。”

按照钱学森指导，我调整了报告内容，反响很好。他的这句话，我牢记于心，终身为用。

魏其勇：“从失败中得出的教训，往往比成功的经验更可贵”

我是第一批来到国防部五院一分

魏其勇：“从失败中得出的教训，往往比成功的经验更可贵”

我是第一批来到国防部五院一分



下图：“纪念钱学森同志诞辰110周年青年座谈会”现场，老中青专家发言交流。 贾峰摄

装在螺旋桨还是机鼻处？二者都不现实。一名士兵巧妙地将机枪安装在直升机舱门的旋转金属架上——

直升机机枪诞生记

■魏帆 李双吉

把机枪安装在直升机哪个位置最合适？80年前，科学家冥思苦想，将机枪设计在很多令人意想不到的位置。

20世纪30年代末，法国设计师多兰在G.20直升机的机枪设计上做过大胆尝试——将直升机旋翼轴放大，制成空心结构，容纳一名机枪射手实现360°全方位射击。

这种设计以失败告终，原因是旋翼轴中空则必须搭载更大螺旋桨，当时尚未出现能够驱动巨大螺旋桨的发动机。

那么，将机枪安装在直升机哪个位

置最合适？

“固定翼战机将机枪安装在机鼻处，直升机应该也可以。”为解决驾驶员视野受限问题，多兰借鉴轰炸机设计经验，采用多棱面的大风挡玻璃制成直升机机头。

1940年6月，法国战败投降，多兰被迫仍处于设计阶段的G.20直升机藏匿在法国边境。世事难料，德军士兵在一次巡逻中，无意间发现了这架神秘的直升机。

德国设计师弗莱特借鉴G.20直升机的设计经验，在“蜂鸟”直升机机鼻处加装了一挺MG15机枪，机枪尾部安装转盘装置，驾驶员可以根据战场需要，改变机枪射击角度，世界第一架武装直升机由此诞生。

二战时期，苏联军队兵临城下，5架德军“蜂鸟”直升机腾空而起，射出一束束红色火光，枪口所指之处，士兵应声倒下。

一时间，在机鼻处安装机枪成为武装直升机设计主流。不过，这一设计在不久后暴露出致命问题——直升机执

行悬停降任务时，极易受到地面火力攻击，而机枪难以对机身两侧敌人进行反击，直升机迫切需要一种自卫武器，舱门机枪应运而生。

起初，仅用一个简易金属挂钩将机枪挂在舱门处，机枪手在后方进行射击。这种安装方式稳定性差，子弹散布面积大，无法有效压制敌人。后来，一名美军士兵对其进行改进，将机枪固定在一个可旋转的金属架上。

随着科技快速发展，法国设计师在之前舱门机枪基础上进行创新，设计出“超级美洲豹”直升机。这款直升机安装了旋转底座、机枪手座椅、弹链弹箱和弹壳收集器等一整套舱门机枪套件，有效提升直升机防御反击能力。

左图：搭载舱门机枪的法国“超级美洲豹”直升机。 资料照片

军工档案

