军工T型台

前段时间，美国一家军工企业公开亮相首架B-21“突袭者”隐身战略轰炸机。美国空军表示，将在2023年度接收B-21隐身战略轰炸机，并开展重组轰炸机机队工作。目前，俄罗斯也对现役10多架图-160战略轰炸机进行改造升级，并重启生产线。一时间，有关战略轰炸机的新闻引发世人关注。

从执行“堤坝终结者行动”一战成名的“兰开斯特”轰炸机，到“老古董”B-52、图-95战略轰炸机，再到进入新世纪的B-2、B-21隐身战略轰炸机，轰炸机发展至今，已有百余年历史。从一战时期主要承担部分前线对地支援轰炸任务，到二战时期逐渐担负对地、对海定点或大面积轰炸任务，再到如今航程超过8000公里、能够搭载空射核战斗部巡航导弹，轰炸机外形变化和性能提升的同时，战场职能也不断拓展。

纵使轰炸机研制起步早，发展历史悠久，但直到今天，世界上能独立研制并拥有战略轰炸机的只有少数几个国家。研制战略轰炸机有多难？需要攻克哪些技术难关？未来将朝哪个方向发展？本文为您一一解读。

经历半个多世纪“矛”与“盾”的较量——

战略轰炸机飞向何方

■吴玉国　齐呈荣　程春蕾

几经“历史沉浮”，其独特的战场地位难以替代

1945年7月16日5时30分，一声巨响过后，空气在升腾的火光中形成强大的冲击波，美国新墨西哥州沙漠地区，一切目标物瞬间化为乌有，世界上第一颗原子弹试爆成功。自此，人类进入“核时代”。

当人们感叹原子弹的爆炸威力时，一个现实问题摆在面前：通过什么方式运载原子弹实施核打击？

二战时期，运载火箭技术发展尚不成熟，且核武器重量和体积普遍偏大。具有6000公里航程、9吨载弹量的B-29战略轰炸机成为当时的首选。

1945年8月6日，美国飞行员保罗·提贝兹驾驶B-29战略轰炸机飞抵日本广岛上空，原子弹从打开的舱门落入空中，在离地面600米处爆炸，广岛瞬间变成一片火海。3天后，美军又在日本长崎投下另一颗原子弹。两次核打击行动后，日本宣布无条件投降。

此后，世界各军事强国纷纷开展战略轰炸机研制工作，B-52、图-95等如今人们耳熟能详的战略轰炸机相继问世。

然而战略轰炸机的“垄断地位”并没有持续多久。在之后几十年里，核弹头、大推力液体火箭发动机和制导控制技术等取得重大突破，弹道导弹、巡航导弹横空出世，核武器有了新搭档。

战略轰炸机的发展也随之跌落低谷——英国“火神”战略轰炸机、法国“幻影”IV战略轰炸机分别于1993年、1996年退役，美、苏两国也放缓了战略轰炸机的研发进度。

直到21世纪，发展新型战略轰炸机成为美、俄等军事强国的重要战略选择。相比陆基洲际弹道导弹和潜射弹道导弹，战略轰炸机作为“三位一体”核打击中唯一的空基平台，具有独特的战略优势：

一方面，在核战争背景下，战略轰炸机具有难以替代的生存优势，可以临机决断起飞时间、航线选择和滞空区域。另一方面，在展示核威慑力上，战略轰炸机有着导弹不可比拟的灵活性。不同于洲际导弹一旦发射就没有挽回余地，停留在空中的战略轰炸机，既可以发起快速打击，也可以随时中止任务。

除了核威慑作用，战略轰炸机的常规远程精确打击能力也非同凡响。信息技术的应用、精确制导武器的普及对战略轰炸机革命性影响渐渐凸显，其持久作战能力、载弹量、多种弹药同时挂载能力、同时投弹分别命中多目标能力，非多用途战斗机可比。

近年来，世界各军事强国纷纷认识到战略轰炸机地位不可替代，但其研发难度大、投入资金多、风险系数高，令大部分国家望而却步。可以说，能否独立研制战略轰炸机是一个国家国防工业实力的重要体现。

“矛”与“盾”的较量，催生低空高速突防新战法

执行轰炸任务风险有多大？

“后卫二号”行动给出答案：越南战争期间，为迫使对手恢复和谈，美军派出129架B-52战略轰炸机执行轰炸任务，不料其中15架被越军C-75防空导弹击落，战损率高达11%。

防空导弹具有自重小、反应速度快、机动灵活等特点，一度成为战略轰炸机的“梦魇”。也正是从那时起，战略轰炸机与防空导弹进行了长达半个多世纪“矛”与“盾”的较量。

鉴于早期高炮与防空导弹性能一般，军工科研人员基于轰炸机最初的“强化高空高速能力”设计理念进行改进。“越高、越快、越安全”成为军工科研人员的目标，并带动一批新型战略轰炸机项目诞生：美国XB-70战略轰炸机、苏联T-4战略轰炸机持续飞行速度可达2至3马赫。

飞行速度提升，引起压力和阻力成倍增加，致使轰炸机只能在20000米高空才能持续保持超声速飞行。为此，大尺寸轻质耐热材料和大推力喷气发动机成为军工科研的重点。

“矛”的变化，带动“盾”的升级。为有效遏制战略轰炸机高空高速来袭，军工科研人员只能将防空导弹射程设计得更高、速度提升得更快。冷战时期，苏联S-200、美国“波马克”等防空导弹的诞生，给高空高速战略轰炸机造成致命威胁。

高空战场，“矛”与“盾”的较量，以“盾”的胜利给出阶段性结果，高空高速战略轰炸机黯然退场。但是，对战略轰炸机的改进研制并没有停止，有的国家开始转变技术攻关方向，探索低空高速战略轰炸机。

与高空突防相比，低空突防有着天然优势。地面杂波、复杂地形等因素会对雷达探测产生干扰，可以有效降低战略轰炸机被探测概率。军工科研人员通过翼身融合设计实现低空高速突防。采用变后掠翼布局，战略轰炸机可以根据战场任务需要，通过调整机翼后掠角度改变空气阻力大小，实现高空亚声速、低空亚声速和高空超声速3种突防手段，完成战略轰炸任务。

“矛”与“盾”的较量再度上演。针对低空高速战略轰炸机作战特点，军工科研人员找到应对之策——脉冲多普勒雷达被广泛应用于机载预警、导航、导弹制导、武器火控等设备，通过发射波与回波之间的频率差，能轻易捕捉到高速移动目标，进而有效削弱“矛”的优势。而另一方面，为了使“矛”变得更加锋利，军工科研人员为战略轰炸机加装电子对抗系统“欺骗”多普勒雷达的探测，通过模拟各种辐射源信号，增强战略轰炸机防探测能力。

穿上隐身“外衣”，告别“硬突防”实现“软潜入”

在长达半个多世纪“矛”与“盾”的较量中，隐身技术的出现，给战略轰炸机研发带来新思路。

1982年10月15日，美军飞行员奥尔顿·惠特利驾驶F-117A隐身战斗机首飞成功。隐身技术在战斗机上的应用，为“军刀穿透者”计划顺利推进提供有力支撑——7年后，全球首架隐身战略轰炸机B-2首飞成功。

与常规战略轰炸机通过高速“硬突防”不同，采用隐身化设计的战略轰炸机可以巧妙地避开雷达探测，实现“软潜入”。

在涉及陆、海、空、天、网络、电磁等技术手段的现代战争中，隐身技术是最有效的突防手段之一。B-2隐身战略轰炸机雷达反射截面积很小，就像天空飞过一只小鸟，雷达很难探测到，配合电子战技术与自然环境掩护，实战生存能力远高于其他技术手段。然而，战略轰炸机这一庞然大物想要实现隐身，需要攻克多重难关：

一是外形关。研究表明，垂尾设计直接影响到轰炸机隐身性能。军工科研人员选择形似鳐鱼的无尾飞翼布局和平行锯齿化设计，将雷达波集中反射到指定4个方向，降低被截获概率。

二是材料关。吸波涂料是决定轰炸机隐身性能的重要因素。B-2隐身战略轰炸机采用多层吸波涂料，先通过机器喷涂，再由人工打磨至0.3毫米。早期的吸波涂料是铁氧体，通过将电磁波转化为热能，降低反射波强度来实现隐身，但维护费用非常高。随着科技发展，羟基隐身涂料、陶瓷基隐身涂料等新材料相继诞生，给隐身战略轰炸机换上“新皮肤”，提升隐身性能。

三是武器关。战略轰炸机具有航程远、载弹量大等特点，无尾飞翼布局摒弃了传统外挂式武器塔架，而是采用内埋式弹舱。为此，军工科研人员设计出可旋转悬挂装置、梯形塔架来提升空间利用率。

攻克以上重重难关后，才算拿到战略轰炸机俱乐部的“入场券”。入役后，战略轰炸机能否形成战斗力还有很长一段路要走。以B-21隐身战略轰炸机为例：原计划2021年实现首飞，但受制于供应链不齐全等问题，入役时间屡次推迟，能否在未来几年内列装美军，还要打上一个问号。

当前，美、俄等军事强国正加紧研制新型隐身战略轰炸机，提升技战术能力，从而更好地担负起战略威慑任务。随着大数据、人工智能技术的发展和应用，无人战略轰炸机也会在将来面世，并改变未来空战模式。俄空军表示，计划在2040年前研制出第六代远程无人战略轰炸机。在科技的助攻下，未来战略轰炸机会向更智能、更高效的方向发展。

上图：图-160战略轰炸机。

资料照片

匠心慧眼

设计武器不妨多些用户思维

■张西成

从前，有一个秀才去买柴，他对卖柴的人说：“荷薪者过来！”卖柴的人听不懂“荷薪者”（担柴的人）三个字，但是听得懂“过来”两个字，于是把柴担到秀才面前。秀才又问：“其价如何？”卖柴人尽管听不懂全意，但听得懂“价”字，于是说出了价钱。秀才接着说：“外实而内虚，烟多而焰少，请损之。”卖柴的人听不懂秀才的话，于是担着柴走了。

由秀才和卖柴人的对话想到一个名词术语——知识祸因，即人们忽视了自己拥有的知识，别人并不具备，此时知识带来的可能是麻烦而不是福音。其实，错不在知识本身，也不在知识占有量的差异，而在于双方对同一问题认知的差异、理解的差异、思维的差异，导致二者说不到一块、想不到一块、干不到一块。这种“知识祸因”，在武器装备研发使用方面也时有体现——军工科研人员不理解作战需求，部队官兵看不懂技术指标。一些人喜欢站在自己的角度去度量别人的感受，以为自己知道的，别人肯定也了解；以为自己喜欢的，别人肯定也爱不释手；以为自己设计出的产品，别人没有理由不接受。但事实绝非如此。

军工领域不乏这样的事例，有些武器尽管被军工厂商贴上各种“先进”标签，装备部队后却遭遇各种吐槽；有些武器，问世以来虽默默无闻，实战中却常有惊人之举。有些人评价一种武器时，往往只注重其射程、射速、精度等指标，并以此定优劣。但事实上，武器的可靠性、简便性、舒适性同样不可忽视。

美国前国防部长拉姆斯菲尔德曾说过：“我们的新装备研制一度堪称科幻级，新编陆军作战手册也对未来作战充满了不着边际的遐想。当然，这一切在巴格达小巷和托拉博拉山洞的枪声里破灭了，实战总是打破梦幻最可靠、最直接的办法，还是士兵对新装备研发的褒奖更靠谱。”这也在提示我们，一种武器从理论上讲无论多么先进、多么科幻，最终都要体现在一线官兵的认可度和满意度上。原因很简单，“战争最终决定因素是现场拿着枪的人，这个人就是战争的最后武力。他才是支配者。”

据美国《财富》杂志对全球500强企业跟踪调查发现，顾客满意度每提升1%，5年后平均资产收益率将提高11.3%。以此类推，对于武器装备的操作性能而言，官兵满意率越高，那么到了战场其战斗力增值也就越大。作为军工人，只有多一些用户思维，多倾听一线官兵呼声，多以一线官兵的视角开展论证设计，才能打造出接地气、有威力的武器，为部队战斗力提升源源不断注入动力。

印度海军卡尔瓦里级潜艇将使用法国第二代AIP系统——

印度潜艇升级面临重重困难

■李　伦　陈新杰

军工世界观

前不久，有外媒报道，印度国防研究与发展组织和法国海军集团签署一项协议，双方就AIP系统开展系列合作。外界普遍认为，印度海军6艘卡尔瓦里级潜艇有可能在下一轮改装升级中使用法国海军集团生产的第二代AIP系统。

AIP系统是现代柴电潜艇的先进动力系统之一，其特点是能使潜艇潜航时间更长，隐蔽性更好。因其具有技术难度大、制造成本高等特点，当前全球能独立设计制造的国家屈指可数。拥有国产AIP潜艇，是印度海军梦寐以求的目标。

长期以来，印度国防工业基础薄弱，无法独立改装升级卡尔瓦里级潜艇。尽管印度之前宣布国产AIP系统研制取得新突破，并成功实施陆基试验，但印度海军依然无法确定国产AIP系统能够在卡尔瓦里级潜艇上顺利运行。

事实上，印度海军早在2021年新型常规潜艇采购方案中，就明确要求国产AIP系统必须先通过验证，但印度本国军工企业推进工作缓慢。这时，法国海军集团抛出“橄榄枝”。法国目前拥有核潜艇制造技术，对于向印度出口AIP系统持较为开放的态度，并对AIP系统印度本土生产、关键技术输出、知识产权转让以及后续责任归属等方面做出了让步。

可以说，法国的技术援助加快了印度卡尔瓦里级潜艇改装升级的步伐，但印度依然面临不少难题。

一是新的AIP系统有待检验。装配新的AIP系统需要在卡尔瓦里级潜艇上额外增加长度，对潜艇结构设计将是一个挑战。此外，去年法国因AIP系统技术问题曾退出竞标印度新型常规潜艇采购计划，而此次新的AIP系统转换技术是否成熟，电池工作寿命能否达标，实装检验评估能否顺利通过等问题，将给印法双方提出不小考验。

二是印法潜艇合作并不顺利。自2005年印法开始合作研制潜艇以来，首艘卡尔瓦里级潜艇于2017年12月才正式服役，这比最初规划的时间足足延迟了5年多。有媒体报道，由于印度造船厂工作效率低、安全管理漏洞百出等问题，屡屡被法国研制团队和印度海军要求返工，致使卡尔瓦里级潜艇服役时间一拖再拖。

近年来，印度海军现役潜艇老化现象严重。原计划到2030年拥有24艘潜艇，包括18艘常规潜艇和6艘核动力潜艇，但当前仅有10余艘潜艇正在服役，俄制基洛级潜艇也面临改装升级的情况。

一直以来，印度加速推进武器装备本土化、工业化进程，成效并不明显。此次卡尔瓦里级潜艇改装升级，从基础燃料供应到AIP系统建造均由印度主导，法国予以协助。但从过去印法共同建造卡尔瓦里级潜艇的不愉快合作上看，此次改装升级过程也不会太顺利。

（作者单位：国防科技大学）

下图：印度卡尔瓦里级潜艇正在进行巡航。

资料照片