据俄媒报道，俄国防部决定，着手为本国战机飞行员配备PPK-20冲锋枪和紧凑型列别杰夫模块化手枪等轻武器，并称此番调整，将有助于增强飞行员野外生存能力及遂行飞行任务的信心。

长期以来，世界各国都有为空军飞行员配枪的传统。这一做法可以使飞行员在所驾战机被击落或失事后，仍保持一定野外生存和自卫能力。

作为空中作战力量最活跃和关键的组成部分，无论哪国的空军飞行员，其培养都相当不容易，需要付出大量经济成本与时间成本。因此，最大限度地保证空军飞行员的安全，成为各国一直关注并努力加以解决的课题。为飞行员配备可随身携带的枪支，就是解决方案之一。

飞行员所配枪支有什么特别要求？它们的更新迭代有什么规律？未来会朝哪些方向发展？请看解读。

自卫枪支：飞行员的“贴身佩剑”

■史 飞

兵器连连看

为飞行员配枪共识未变，但所配枪支用途有所改变

为飞行员配枪，这种做法由来已久。

起初，飞行员所配枪支并非现在这样是在飞行员逃离遭遇故障或被损毁战机后落地时才使用，而是作为空中对战的武器之一，直接在空中射击对方。

当时，专业化的机载航空武器装备还没有研发。一些像手榴弹、手掷炸弹这样的弹药便被搬上了飞机，用来攻击地面目标。面对敌方几乎为同等水平的飞机威胁，手枪、步枪以及一些轻机枪，被搬上了飞机，成为较早的“空战”武器。

虽然这类“空战”武器的效用不太明显，但这一点并没阻挡住当时各国为飞行员配枪做法的延续。

如今，为飞行员配枪已成为各国共识。但配枪用途已随着武器装备的发展和作战需求的不同发生了变化。飞行员所配枪支的功能定位早已从直接用于空战转变为飞行员迫降、坠机、跳伞之后的自卫。不仅如此，部分国家的飞行员配枪已从以前服务于“生存”向当前突出“生存+战斗”功能演变。

手枪是世界各国空军飞行员配枪中的“常青树”。它短小精悍、便携易用。第一次世界大战和第二次世界大战期间，曾经出现过“用手枪进行空战”的战例。此后，手枪一直是各国空军飞行员配枪的首选武器，尤其对驾驶舱空间较为狭小的歼击机来说，手枪一度成为飞行员的不二选择。不过，此后手枪作为飞行员配枪，已经更多地用于飞行员落地后自卫。

对驾驶舱空间相对较大的运输机、轰炸机来说，飞行员有条件选择一些枪身较短的步枪和冲锋枪作为配枪。和手枪相比，冲锋枪等武器更有利于跳伞的飞行员在陌生野外环境中生存。

历史上，一些国家的空军飞行员配备的步枪，曾被要求采用两根枪管的设计，一根枪管用来发射步枪弹，另一根枪管用来发射霰弹。为保证飞行员安全，德国甚至为飞行员配备过M30三管救生枪，其中就包括两根可发射霰弹和独头弹的枪管。

显然，选择这类枪械作为配枪有利于飞行员生存——在落地后能有效地驱赶野兽、打猎充饥，维持一段时间的生存需要。

如今，一些国家为飞行员选择新配枪时开始将战斗功能纳入视野。这一方面是因为在战争中，出现了被俘飞行员遭到敌方虐杀的新情况，更多飞行员开始考虑一旦“落难”将选择顽强抵抗和伺机待援的方式；另一方面，则是因为以前仅能提供“生存”类功能的配枪，已无法满足当前飞行员的一些自卫防身需求，迫切需要在枪弹威力方面有所提升；再一个方面，是因为随着直升机大量使用，飞行员需要更多地直面地面火力威胁。一旦直升机被击落，飞行员即便幸存，也需在营救力量抵达前，尽可能地进行自卫战斗，从而为获救赢得宝贵时间。

图①：PP-2000冲锋枪；图②：PPK-20冲锋枪；图③：马卡洛夫PM手枪；图④：斯捷奇金APS冲锋手枪；图⑤：列别杰夫模块化手枪；图⑥⑦：GAU-5A生存步枪。 资料图片

紧凑、易控、实用，是飞行员配枪的共同特征

从当前各国空军飞行员所配枪支状况来看，枪支要最终成为飞行员配枪，一般需要具备紧凑、易控、实用等特征。

能够提供相当火力，威力有所提升。和以前飞行员所配手枪相比，如今各国飞行员所配手枪无论是从初速、射程、精度还是火力强度、杀伤效果上都今非昔比。

在驾驶舱空间相对较大或救生套件与枪支契合度较高的情况下，冲锋枪和突击步枪开始更多地进入战机座舱。各国飞行员配枪已经呈现出枪体由短渐长、火力由弱向强发展的趋势。

其实，这种趋势在很早以前就已露出端倪。美军飞行员在二战时就配发了M1911冲锋手枪。该枪的显著特点是大口径加高射速，在较近距离有着较强杀伤力。

1993年，美军两架黑鹰直升机在索马里被击落。这次战斗表明，MP5型冲锋枪作为其直升机飞行员的自卫武器实际上已力不从心。这最终导致美飞行员的配枪改变为对防弹护具更有威胁性的M4A1卡宾枪。

美空军目前列装的GAU-5A生存步枪射程超过200米。它可与4个弹匣一起塞进救生包，随弹射座椅一起弹射，还取消了全自动射击功能，以降低对子弹的消耗速度。

在提升飞行员配枪火力与威力方面，俄罗斯与美国有一定相似性。

2015年，土耳其在土叙边境地区击落一架俄罗斯苏—24战机、导致一名飞行员身亡后，斯捷奇金APS冲锋手枪就成了俄罗斯飞行员的标配。该型冲锋手枪不仅射速高达600发/分钟，且飞行员可一次性携带5个弹匣、100发子弹，拥有较强的火力持续性。

2019年，有关媒体披露，俄罗斯拟为本国飞行员配备PP-2000冲锋枪。该型冲锋枪威力更大，可发射9×19毫米子弹以及两种高压子弹，使用高压子弹时可击穿轻型防弹衣。

近期亮相的PPK-20冲锋枪射速达到每分钟800发，有助于落入敌方区域的俄军飞行员更好地摆脱敌方武装人员围追堵截。

其他国家也很注重增强飞行员的自卫火力。荷兰空军用MP9冲锋枪代替原先的格洛克手枪；英国则为其直升机飞行员配备了L85突击步枪等，都体现着这一点。

结构紧凑体积小，能很好地契合座舱环境。结构紧凑、体积小、重量较轻一直是飞行员对所配枪支的基本要求。这一要求源于战机相对狭窄的座舱空间和有限载重。只有如此，配枪才能被战机接纳并塞进尺寸有限的弹射救生包里。

可伸缩枪托、可折叠握把、可拆装枪管等设计，近年来被广泛应用在一些新研制的飞行员配枪中。

俄罗斯的PP-2000冲锋枪仅重1.4千克，折叠枪托后枪长只有300多毫米，适合放置在战机应急包中。与先前体积较大的AKS-74U短突击步枪相比，PP-2000冲锋枪兼顾了火力和便携性的双重要求。PPK-20冲锋枪连同装满30发子弹的弹匣一起，其重量也不过3千克。

美国的GAU-5A救生步枪枪托以及小握把等处可伸缩折叠，枪管组件可快速拆解，平时分开储存，使用时则快速组装。该型枪在完全折叠之后，可放入一个体积较小的救生包中。

实用且易于操控，能使飞行员快速进入战斗状态。危急关头，飞行员有时需要在离机的第一时间就展开自卫，这就需要一件称手武器，让其能快速进入并保持良好战斗状态。

当前的飞行员自卫枪支通常会在两个方面增强枪支的易操控性。其一，是使枪支由分解状态到完成组装并射击的过程变得更加简便、迅速。例如一些国家的飞行员救生步枪带有快速锁定系统，枪管能迅速完成安装或拆解，在较短时间内就能组装调试完毕并进行射击。

其二，运用人体工程学原理使枪支的操作更加顺手。PPK-20冲锋枪的设计充分体现出这一点。经改进的侧折式枪托，使飞行员可以单手持枪；枪托长度可以调节，有6个档位可选，飞行员可以选择最合适的抵肩姿势来执行不同任务；枪身两侧的保险开关，无论飞行员习惯用右手还是左手，操作起来都很方便。

“多元”“规范”“可扩展”，新配枪方式部分昭示着发展趋势

在世界各国普遍重视下，飞行员配枪性能在不断提升。总的来说，飞行员配枪今后的发展正呈现出以下趋势：

一是长短搭配，力求优势互补。从美俄等国飞行员配枪的发展来看，当前飞行员所配枪支已呈现出长短搭配、优势互补、整体升级的趋势。美国2019年开始着手为飞行员配发可随身携带的M18紧凑型手枪，取代M9手枪，与此同时，飞行员的救生包内还配有GAU-5A救生步枪，飞行员将同时拥有长、短两种自卫枪支。俄罗斯也开始启用性能更好的PPK-20冲锋枪和列别杰夫模块化手枪，分别取代原先的步枪或冲锋枪以及马卡洛夫手枪。飞行员配枪类型趋向多样化，也许将成为今后各国飞行员配枪的新模式。

二是统一标准，提升适用范围。随着各国飞行员配枪实践的增多以及现实需求的拉动，尤其是对以往教训的汲取，当前越来越多的国家正努力对飞行员配枪进行统一规范，以从根本上解决以往配枪火力不足、种类较杂、适用范围较窄等问题。在这方面，美空军起步较早。20世纪80年代，美国为飞行员统一配备的是M9手枪。然而，飞行员对该枪的评价不高。2018年，GAU-5A生存步枪列装后，这种局面才得以扭转。原因之一，就是GAU-5A生存步枪体现出较强的适用性，成为多种机型飞行员的配枪。尽管如此，该型生存步枪还是没能覆盖美军所有机型的飞行员。但它多少体现出一个趋势，那就是：今后各国飞行员的配枪，标准化程度将越来越高。

三是不断优化，持续拓展功能。一方面，考虑到经济成本、研发效率等因素，飞行员新型配枪很多源于对老一代配枪优点的继承与优化。例如，GAU-5A部分继承了M4的枪身和可伸缩枪托设计，PPK-20冲锋枪以AK突击步枪为基础研制而成。这预示着今后飞行员配枪的发展，大概率会继续沿着这条路走下去。另一方面，随着作战理念的变化和营救手段的增多，飞行员配枪已呈现出突出作战功能的趋势。飞行员能否在绝境中逢生，在相当程度上取决于能否在一定时段凭借手中的武器保持足够的战斗力。随着相关需求的增多，今后飞行员配枪将会更加注重可扩展性。当下出现的几款飞行员新配枪都预留了导轨，以便加装激光指示器、红点瞄准镜等配件。

供图：李 想

版式设计：梁 晨

本版投稿邮箱：jfjbbqdg@163.com

战机将拥有“智慧心脏”

■李承霖 王思博 刘若璇

航空航天，动力为先。航空发动机被称作战机的“心脏”，它的功能直接关系到战机的作战性能。

目前国内外战机最常用的发动机是涡轮喷气（涡喷）发动机和涡轮风扇（涡扇）发动机，两者各有其优缺点。

涡喷发动机通过尾喷管向外高速喷射燃气产生动力，具有推力大、高空高速机动性好等优点，但同时也存在油耗高、对燃油利用率低等弊端，在一定程度上限制了战机作战半径。苏制战机米格-25是世界上最早突破3马赫的高空高速战斗机，它装载的就是两台涡喷发动机。

海湾战争中，在伊拉克指挥枢纽被摧毁的情况下，飞行员达伍德驾驶米格-25PD战机起飞“单刀赴会”，击落美军一架F/A-18战机并安全返航。他所凭借的，就是该机高空高速的优异性能。但是，由于搭载着两台带加力的涡喷发动机，米格-25成为不折不扣的“油老虎”，限制了其作战半径。

涡扇发动机赋予战机的推力来自喷管喷射出的燃气与风扇排出的空气共同产生的反作用力。风扇将吸入的气流一部分送入压气机（称作“内涵道”），另一部分则直接从发动机机壳外围向后排出（称作“外涵道”）。与涡喷发动机相比，涡扇发动机比前者多了一个外涵道，能耗较低、效率更高，但是高空高速性能不如以涡喷发动机为动力的战斗机。

随着现代战争对战机作战性能要求提高，战机既需要具备高速高机动性的近距格斗能力，同时也需要兼顾长航时、大半径的远程作战能力。传统的航空发动机难以同时满足这两种能力需求。因此，变循环发动机应运而生。

变循环发动机，是指通过改变传统发动机部分部件的几何形状、尺寸或者位置，来实现不同热力循环的燃气涡轮发动机。外涵道与内涵道空气流量的比值通常被定义为涵道比。一般来说，无论是涡喷发动机还是涡扇发动机，这种比值是固定的。变循环发动机的一大不同，就是能视情改变发动机的涵道比，根据需要在小推力、低油耗的“涡扇”模式和大推力、高油耗的“涡喷”模式之间自由转换，使战机达到最佳的作战飞行效果。

在变循环技术的基础上，近年来航空发动机研发领域又出现了自适应变循环概念。与传统控制技术不同，自适应控制可以看作是一个能根据环境变化智能调节自身特性的反馈控制系统。自适应变循环发动机被认为具备智能调节能力，即能通过多种传感器来自动识别发动机的状态，根据实际任务需求，在发动机工作边界内，自动做出判断并调整发动机部件，从而改变发动机的状态，实现更实用和高效的飞行。

随着人工智能技术的发展，自适应变循环发动机有着相当大的进步空间。当前，一些国家已研制成功全尺寸自适应变循环发动机，并开始测试。根据研制预期，自适应变循环发动机投入使用后，现役战机的推力、航程、燃油效率都将明显提高。此外，自适应变循环发动机的一些新设计也可提高战机的红外隐身性能和整机热控能力。这些综合性能，将使自适应变循环发动机有望成为战机未来的“智慧心脏”。

上图为米格-25战机及其使用的涡喷发动机。

（作者单位：航天工程大学）

装备动态

豹2A7V主战坦克：

带着惯性再次升级

■梁 铎 程志强

新装备展台

当前，世界各国主战坦克的发展趋势较为明晰。其一，是着手研发下一代坦克，比如俄罗斯的T-14第四代阿玛塔坦克及法德计划推出的下一代新型陆地战车系统；其二，是在现役坦克的基础上不断升级改造，推出技战术水平更高的新型坦克。在这方面，德国克劳斯-玛菲·韦格曼公司（KMW）的豹2系列主战坦克较有代表性。

今年9月，德国联邦国防军开始接收首批14辆豹2A7V主战坦克。在此之前，丹麦也列装了该型坦克，一些外媒对该款装备评价颇高。从某种程度上说，豹2A7V主战坦克只是带着惯性再次升级的新型豹2坦克。

自从豹2坦克问世以来，对该型坦克的升级改造就从未中断过。从豹2A4到豹2A5再到豹2A6、豹2A7，各种升级款的豹2坦克机动性能、火力和防护能力一步步提升，体重也逐渐由50多吨跃升至近70吨。朝着战场需求的方向不断挖潜，在主要技战术能力方面不断寻求新突破，这种豹2系列坦克研发上的特有惯性，如今造就了豹2A7V主战坦克。

对传统坦克来讲，机动性、火力和防护力至关重要。如果说豹2A7有一颗“大心脏”的话，那么作为其改进型的豹2A7V主战坦克则有一颗更年轻的“大心脏”，新发动机赋予了该型坦克澎湃动力，其机动性与前者相比有过之而无不及。火力方面，仅以坦克炮为例，和豹2A4型44倍口径的身管相比，豹2A7主战坦克采用的是55倍口径的身管，炮管更长、射程更远、精度更高。而豹2A7V主战坦克采用了L55A1型火炮，其火力和攻击性进一步提升。这种变化，不仅使其120毫米的滑膛炮可像“前辈”那样发射尾翼稳定脱壳穿甲弹、多用途破甲弹、可编程榴弹等弹种，也使其发射新型可编程炮弹的条件更加完备。防护力方面，除炮塔前部及车体正面有复合装甲及一些重点部位有楔形附加装甲外，豹2A7V主战坦克据称还针对先前一些型号暴露出的炮塔防护力不足和防雷能力差等问题，在车体底盘增加防雷组件，在上层炮塔增加了模块化防护装甲。

当然，这种升级改造惯性的形成，有多方面的原因。其一是克劳斯-玛菲·韦格曼公司对坦克品质的追求已成为其公司的独特文化，进而滋生出源源不断的内在动力。其二则来自经济方面的考虑。“精打细算”，是豹2系列坦克畅销的原因之一。这一点，从2017年的一份合同上就可以管窥一二。根据该合同，作为总承包商的KMW与莱茵金属集团，既需要把一定数量的豹2A6和豹2A7主战坦克升级为豹2A7V主战坦克，也需要把大量的豹2A4主战坦克升级成豹2A7V主战坦克。这意味着，豹2A7V主战坦克的可改造对象车型较多。这种布局对德国来说显然有利，一方面通过改造，可以使德军在较短时间内获得大量先进主战坦克，地面陆战力量显著提升；另一方面，随着相关改装套件的研发试用与成熟定型，这些改装套件将销往更多装备豹2系列主战坦克的国家，为德国再增一笔可观的收入。

从火控系统与感知能力上讲，豹2A7V坦克在车载网络信息化作战系统、车炮长观瞄火控系统等方面同样进行了升级，这使它的作战距离、打击精度及全天候作战能力进一步提升。但有关专家认为，与下一代坦克大量使用新型材料、强调智能化和信息化、突出无人化、隐蔽性的要求相比，豹2A7V主战坦克也只是一款更加“接近于未来坦克”的第三代坦克。

可以预见的是，在德国参与研发的下一代陆地作战系统问世之前，豹2A7V型坦克这款经过最新改进的新型豹2坦克数量将会继续增加，以其既可用于传统装甲力量作战也可用于城市作战的优势，继续服役较长时间。