热点追踪

不久前，歼-10B战斗机在中国国际航空航天博览会上艳惊四座。它表演的赫伯斯特机动和眼镜蛇机动等高难度动作，令在场观众激动不已。

作为我国首款单发推力矢量验证机，歼-10B在“吸粉”无数的同时，也在客观上成为“应用推力矢量技术的武器家族”中的一员。

纵观武器装备发展史不难发现，推力矢量技术从理论到应用的每次突破与进步，都与一些武器装备的诞生与发展有所关联。正因为有了在这些武器装备上的一再验证，人类对推力矢量技术的掌握和运用，才一步步走向成熟。

本期，我们就邀请“小火箭”联合会创始人邢强博士和大家一起聊聊，盘点一下曾经应用过推力矢量技术的武器装备。

“推力矢量技术”一直在进化

■邢 强

“呆萌”立族 旁系壮大

从德尔塔飞艇到鹞式战机

谈起推力矢量技术的应用，很多人第一反应肯定是飞机，具体一点说，是拥有过失速机动能力的现代战斗机。但是，实际上，这项技术最早应用是在飞艇上。

早在100多年前，英国就在“呆萌”的德尔塔飞艇上尝试过可以调节方向的推进式螺旋桨设计。可以说，这是推力矢量技术的萌芽。

“一战”期间，英国制造了兼具侦察和轰炸功能的新式武器——九号飞艇。作为英国的首款硬式飞艇，它能够以69千米/小时的速度飞行。

这艘飞艇由4台180马力的活塞式发动机提供推力。硬式控制室通过转轴操控发动机，发动机则连接着硕大的螺旋桨。通过旋转转轴，控制室就能够操控螺旋桨的法线方向，最终实现推力矢量操控。

当时的传统飞艇，控制起降绝大部分是通过调节充气量来实现，有的甚至还在采取抛沙袋、扔绳索的方法。九号飞艇则有所不同。在起飞阶段，它能让硕大的螺旋桨对地送风，加速起飞；在着陆阶段，还可以通过对天空吹气快速降高（这对飞艇来说至关重要，可以尽量减少暴露在对方防空火力中的时间）。这种能力，让飞艇能够在高空中稳住艇身，成为空中“航空母舰”。

不幸的是，九号飞艇命运多舛，英国军方后来放弃了采购计划。因为，英国军方认为“一战”最晚到1915年就会结束，而九号飞艇要到1916年初才能具备战斗力。

九号飞艇采购计划虽然中止，但幸运的是，这种推力矢量技术被沿用了下来。不过，这次接棒的已不是飞艇“宗室”，而是飞艇的旁系“亲戚”——飞机。

随着罗尔斯·罗伊斯公司研制出飞马座推力矢量喷气式发动机，战斗机的发展便进入了一个新纪元。推力矢量技术第一次成功应用，是在英国研制的鹞式短距/垂直起降战斗机上。从此，推力矢量技术开始真正发扬光大，逐步推及鹞、海鹞、AV-8B等多个系列和类型。

该飞机家族的喷气式发动机有共同的特点：拥有4个可以旋转的喷口，前面2个喷出从压气机引出来的冷气，后面2个喷出从燃烧室引出来的热气。在起降阶段，喷口转而向下；在平飞巡航阶段，转而向后。其基本原理，和“一战”时期的九号飞艇如出一辙。

在此之前，美国面对苏联的压力，也曾着手研发能够垂直起降的战斗机，还一度尝试过把飞机竖起来、给飞机捆绑固体火箭助推器等多种方法，但终究未能如愿。

苏联则是在1971年，也就是鹞式飞机首飞成功4年后，其海军首款实用型舰载固定翼战斗机雅克-38试飞成功。1987年，苏联研制成功了能够超声速飞行的雅克-141垂直起降战斗机。

接“二”连“三” 加速发展

从V-2导弹到F-16战机

推力矢量技术在垂直/短距起降战斗机领域的应用得到一致认同。这时，有工程师提出了新的理念：既然推力矢量技术能够在起降阶段帮助战斗机快速升空或者顺利着陆，那么在其他方面也应该能发挥作用。

第二次世界大战期间，以“复仇女神”为名的V-2弹道导弹，成为首次在实战中广泛应用推力矢量技术的武器。

4片燃气舵在导弹的液体火箭发动机工作时，浸润在喷流中。来自自动驾驶仪的控制指令能够让这些燃气舵偏转至合适的角度，从而改变发动机喷流的推力方向。这种推力矢量技术，使V-2导弹能够在高速飞行状态下调整飞行方向。至今，燃气舵加推力矢量技术的配置依然在一些先进武器装备上发挥着重要作用。

这项技术能否在水平方向上为战斗机提供加力呢？美国工程师率先进行了尝试。

1975年，美国兰利计算中心启动二元推力矢量喷嘴项目。两年后麦克唐纳·道格拉斯公司加入，提供了2架F-15战斗机作为研究项目的飞行载体。其中1架，是该公司生产的第1架双座型F-15战斗机。

在美国空军携大量投资加入的情况下，带有二元推力矢量喷嘴的F-15战斗机很快完成首飞。

随后，美国宇航局NASA将项目更名为F-15短距起降/机动能力验证项目。随着具备调节俯仰和偏航机动性的三元推力矢量喷嘴技术的突破，一架全新版本的F-15战斗机成功首飞。

这架F-15战斗机换掉了二元推力矢量喷嘴，在两台推力巨大的喷气式发动机尾部，加装了两部普拉特·惠特尼P/YBBN三元矢量喷管。此外，它还拥有一对全动鸭翼，以及能够配合鸭翼动作的尾翼。这种可以在20° 范围内任意调节推力方向的喷管和这些独特设计，让这架F-15战斗机拥有了超强机动性。

这架F-15验证机的实用可控攻角为85.7° ，在当时可以说难以想象。在大攻角飞行状态下，传统空气舵面已经心有余力不足，此时推力矢量喷管的强势助力起到了雪中送炭的效果。

受F-15验证机成功的鼓舞，通用动力、洛克希德·马丁与美国空军一起，启动了基于F-16机体的推力矢量验证机项目，并于1992年4月首飞成功。

此后，美国宇航局NASA的阿姆斯特朗飞行试验中心，又对带有三元矢量喷管的F/A-18大攻角飞行验证机进行了飞行测试。这架F/A-18大黄蜂验证机，能够以70° 的攻角持续稳定飞行，同时能够维持65° 的攻角持续滚转，而量产版本的大黄蜂，只能达到35° 。

科技助推 超常“机动”

从X-31验证机到未来战机

应用推力矢量技术的战斗机引人注目，但一位德国工程师提出的概念，让一个新词语进入人们的视野——过失速机动。

20世纪70年代，梅塞施密特集团的工程师赫伯斯特博士提出：未来，实施近距离格斗的战斗机，如果能够掌握这样一种能力，将会在格斗中占据优势地位。这种能力正是基于可以随意调节发动机推力方向的装置。

当战斗机的实际瞬时攻角大于失速攻角，其飞行速度远低于巡航速度的时候，如果整机依然具备实用的操控能力，那么就可以在无须耗费巨大能量、无须忍受巨大过载的前提下，实现战斗机的快速转弯，使其机头或者武器装备迅速对准待射击方向。这种机动能力，出现在失速速度和失速攻角之后，所以叫作：过失速机动。

赫伯斯特博士还给出了若干机动范例，其中最为有名的就是赫伯斯特转弯。但是当时，军方并不买账，不少飞行员认为这种构想过于外行。

不过，赫伯斯特并未放弃。他得到了和美国宇航局NASA的合作机会。于是，X-31推力矢量技术验证机横空出世，并以70° 的攻角进行了可控飞行。

这款飞机拥有3块巨大的燃气扰流板，能够通过协同配合，让发动机的喷流实现在俯仰和偏航方向的迅速偏转。但实际上，整架X-31技术验证机，除了尾部的扰流板和机内专门用于大攻角和过失速机动的制导控制算法之外，其他的零部件和分系统大多数用已有零件拼凑而成。

事实证明，这架由轰炸机、预研项目战斗机、现役战斗机、拆解的战斗机、公务机等多种机型零部件组合而成的X-31推力矢量技术验证机，飞出了人类第一个赫伯斯特机动。这宣示着：过失速机动的时代到来了。

但是仍有飞行员认为，这种布局的飞行器偏航稳定性根本保证不了。在大攻角飞行状态下，一旦偏航失稳，飞机就有坠毁的危险。在进行了一系列改良后，赫伯斯特和他的团队把用于维持X-31验证机偏航稳定性的垂直尾翼虚拟屏蔽了，飞机依旧起飞成功。即便是没有了垂直尾翼，仅仅依靠推力矢量技术，单发喷气式飞机依然具有偏航稳定性。

在拆除推力矢量扰流板的情况下，X-31验证机与F/A-18“大黄蜂”的交换比为2.38∶1，这意味着X-31验证机平均以己方2.38架的代价，才能击毁一架大黄蜂。但装回扰流板，恢复过失速机动能力的X-31验证机与F/A-18的交换比变为1∶9.51。这次，是一架拥有推力矢量和过失速机动能力的X-31，能够击毁将近10架F/A-18。

如此明显的数据让各国再次把目光聚焦在推力矢量技术上。推力矢量技术也因此再次超常“机动”，在兵器研发方面走向两大方向：一是先进的战斗机机动能力。二是可靠的运载火箭、弹道导弹控制能力以及深空探测的自主着陆和起飞能力。

未来的推力矢量系统绝不会只局限于这两大方向。它还会随着该技术的不断突破，变身为更多种类的武器装备。

（整理：杨季鑫）

上图：歼-10B推力矢量验证机（左 徐小丹摄）；AV-8B“鹞式”攻击机（右上）；F-16“战隼”战斗机（右下）

制图：谢啸天

本版投稿邮箱：jfjbbqdg@163.com

兵器控

品味有故事的兵器

■本期观察：刘建元 慕佩洲 蒋德红

长期以来，坦克以其厚实的防护、傲人的机动性和超强火力，在地面战场纵横驰骋。尤其是其凶猛的火力，更是为它赢得“陆战之王”美誉加分不少。为击破目标，坦克会使用相应的弹种，其中有三种最为常见和管用。

穿甲弹

以硬碰硬 至刚至猛

冷兵器时代，十石之弓配上精铁长箭便可扬威沙场，穿甲破敌。当今战场上，高速度、高强度的坦克穿甲弹完美演绎着“玄铁重剑”的角色。

穿甲弹是一种典型的动能弹。发射时，在膛内高温高压气体作用下，弹体被赋予巨大动能。凭借这种巨大的动能和比标准装甲硬得多的高密度合金钢、碳化钨弹头，能有效击穿装甲。

常见的尾翼稳定脱壳穿甲弹击穿装甲之后，会形成高速飞溅的装甲碎片和穿甲弹弹芯碎片，直接对装甲目标中的人员、装备形成致命毁伤。

为追求更高作战效能，一些国家研制出了贫铀穿甲弹。贫铀穿甲弹继承了传统穿甲弹的优点，且因铀易氧化，其在命中目标后还会自行燃烧，能显著降低装甲局部强度。这就会给装甲目标内的人员和装备带来更大的毁伤。

破甲弹

射流奔涌 聚能杀伤

有人曾如此形容破甲弹，说其毁伤原理就如同把火山喷发的局部能量汇聚于一点。尽管这种说法略有夸张，但也从一个侧面彰显出破甲弹强大的威力。

如果说穿甲弹是“物理攻击”，那破甲弹则为“法术伤害”。破甲弹又称空心装药破甲弹，是以聚能装药爆炸后形成的金属射流穿透装甲的炸弹。在击中目标之后，破甲弹能产生高速、高温、高压的金属射流，在“三高”射流的持续侵彻下，可穿透几十厘米厚的装甲。更可怕的是，金属射流进入装甲内部后，还可引燃油料和弹药，造成殉爆。此外，破甲弹的攻击效能受其初速、射程影响不大，只要够得着并能保持好一定距离，就能使这种化学能弹种发挥出最大威力。

杀伤爆破弹

破片击杀 以波毙敌

倘若每个弹种都有“座右铭”，那么杀伤爆破弹的“座右铭”一定是“我能，我还能。”

杀伤爆破弹也许有人不熟悉，但很多人对它的“父辈”榴弹应该是耳熟能详。杀伤爆破弹兼具传统杀伤弹与爆破弹的优点，战场应用广泛。由于坦克的滑膛炮不能发射靠旋转来保持稳定姿态的榴弹，所以就配备了用长体式尾翼来保持稳定的杀伤爆破弹。一般来说，该弹壳体较薄，内部装填有炸药，“一肚子的杀意”。爆炸后，可在形成大量破片毁伤目标的同时，还能依靠爆炸所形成的冲击波来毙敌。目前，该弹种正朝着使用可编程电子时间引信的方向发展，以用来打击从地面步兵、轻型装甲、防御工事到低空直升机等多种目标，真正实现“一弹多用”。

宫崎骏的『兵器』世界

■李政阳

兵器漫谈

经典的艺术作品往往会历久弥新，宫崎骏的动漫作品就是如此。当我们细心观看他的作品时会惊讶地发现，除了秀美的景色、生动的人物形象和感人的剧情外，还有很多近现代兵器，给人们带来巨大视觉震撼和冲击。

喷着黑烟的蒸汽战舰，智能化程度很高的大型机器人……宫崎骏作品中的很多兵器在现实世界中都有原型。《天空之城》中出现的铁甲列车，19世纪便诞生在战场上。在第一次世界大战中，很多国家均装备有一定数量的铁甲列车。我国观众熟悉的影视作品《铁道游击队》里，游击队员们依靠智慧和勇气顽强地抵抗着这些狰狞巨兽，最终赶走了侵略者。

一些没能在现实世界中大展身手的武器，却在动画世界找到了舞台。飞艇是人类最早发明的飞行器之一。《天空之城》中，翱翔蓝天的大型飞船跟“齐柏林”飞艇类似。当飞机被发明、运用之后，飞艇便逐渐淡出历史舞台。体积庞大、行驶缓慢的飞艇的确不适合危机四伏的战场，但是动漫的天空，最适合它们飞翔。

除了我们熟悉的装备，还有很多兵器由于技术不成熟、设计理念太超前等诸多原因，并未被真正发明和运用。但在宫崎骏的动漫世界里，它们获得了生命。比如可以搭载小型飞行器的空天母舰，在动漫中得到了淋漓尽致的体现和运用。实际上，有很多国家正在对空天母舰进行研究。未来的空天母舰，很可能和动漫中一样，具有高超声速、远航程、大载荷等特征。如今影片里经常出现在太空战场上厮杀的各类战舰、飞机，可能就是未来战争舞台上的“明星”。这些装备了动能武器、激光武器和无人机的武器平台将驰骋在更加广袤的天空。

值得一提的是，宫崎骏的动漫世界里，冷热兵器同时存在，甚至还有魔法之类的神秘武器。《风之谷》中，类似于现代大型运输机的飞船打开舱门，鱼跃而出的有我们熟悉的坦克、穿着现代装具、荷枪实弹的步兵，也有挥着古代刀剑前进的士兵。这些既现代又复古，既梦幻又现实的画面，带着我们在虚拟和现实中不断穿梭，而诸如“飞行石”等“装备”，也为作品本身增添了神秘色彩。

绘图：徐金鑫

“纵有疾风起，人生不言弃。”宫崎骏对兵器的热衷来源于他的成长环境。尽管从宫崎骏的作品里可以看出他并不喜欢战争，但他对兵器的喜欢无比赤诚。

驾驶着一架红色战机，在海上单挑劫匪。宫崎骏的好友曾透露，动漫作品《红猪》中，主人公布鲁克就是宫崎骏的化身。

热爱武器，反对战争。兵器元素为宫崎骏的作品赋予了一种酷酷的浪漫：动漫世界除了蓝天白云之外，也有战火和厮杀。动漫里的人物，也会因利益纠葛而刀枪相向。这种与现实世界相似的画面不断地提醒我们反思一些东西，关于和平，关于战争，关于人性……宫崎骏的动漫作品带给我们无尽的想象和思考空间。