

# 一钉一铆一拼一战机

■宋茹

## 军工T型台

### 铆接工艺优点多

战机在高空高速飞行时,常常经历低温、强风等恶劣环境,给机体结构造成很大考验。

与汽车车身整体压铸成型不同,战机的结构部件复杂,需要满足不同结构件的材料、形状、尺寸的连接需求,并保证机体结构紧固。

现代工艺中常见的金属构件连接方式主要为焊接、铆接和螺栓连接,选择哪种连接方式,与金属材料、形状、厚度、受力方向、使用环境等因素有关。其中,铆接工艺凭借独特优势脱颖而出,成为战机上使用最广泛的连接方式。

一方面是轻量化选择。高速度、高性能始终是战机的永恒追求。为了能够轻装上阵,一代代战机制造几乎“每克必争”,努力“瘦身”,不但采用了

飞机在恶劣气候条件下飞行,机翼会发生剧烈抖动,这时候有人会问:“机翼会不会在空中折断?”

事实上,机翼的韧性非常好,安全系数比较高,除了优选材料和设计等方面外,还得益于安全可靠的铆接工艺。此外,战机庞大的机身并非一体成型,同样是通过铆接工艺,将不同尺寸的蒙皮和机体结构紧密“拼

接”起来。

铆接是利用铆钉将多个工件连接起来,小到剪刀、铁锤等生活用品,大到船舶、航天器、桥梁的制造,都采用了铆接工艺。

自战机诞生之日起,铆接工艺被广泛应用于航空工业制造和维修领域。那么,铆接工艺有什么独特优势?又是如何将战机“拼接”起来的?请看本文解读。

铝合金、钛合金等“轻薄款”材料,蒙皮厚度在2到5毫米,这种蒙皮可焊接性能差,极易因焊接受热而破损变形,只能通过物理方式进行固定。

另一方面是飞行环境的要求。战机高速飞行时,受气流影响会产生颠簸,蒙皮受到各个方向上的拉伸、弯曲等作用力,这既要求连接工艺能够紧固各部件,有效分散各方应力,还要具备抗疲劳、抗裂、抗反复振动等特性。

此外,战机在升级维护过程中,需要拆卸蒙皮,检查内部故障问题。焊接技术实现的是永久性连接,一旦蒙皮上发现裂纹,就不得不将其大面积换新,不仅耗时费力,还增加了维修成本。而铆接工艺可以轻松拆装部分蒙皮,维修效率明显提升。

如今,随着航空工业技术发展,铆接工艺从最早单一的手工作业逐步衍生出液压铆接、电磁铆接等新技术,以满足不同材料、不同部位的连接需求。

### 小小铆钉能量大

近距离观察飞机,我们会发现蒙皮上有数不胜数“指甲盖”大小的铆钉。据了解,一架中型客机全身遍布上百万颗铆钉。

航空铆钉的形态各异、种类繁多,常用的有埋头铆钉、凸头铆钉等,根据安装环境、连接方式、尺寸大小不同,铆钉的选择也不尽相同。此外,铆钉本身材料和制造质量关系到铆接工艺可靠性。

早期的铆钉多为木制或骨制的小栓钉。1916年,英国飞机制造公司的一名科学家取得了可以单面铆接的盲铆钉专利,并广泛应用于航空航天、船舶工业等领域。后来,随着战机蒙皮材料升级,铆钉材料经历了从铜制、铝制,到钢、镍等金属材质的变化。

一代材料,一代装备。新型材料的运用,必然会推动武器装备迭代升级。当前,隐形战机、复合材料的出现对铆钉提出了更高要求,以铝合金和钛合金为代表的铆钉逐渐成为“主流”。其中,铝合金铆钉主要用于连接蒙皮,而钛合金的强度更高、耐腐蚀性更好,通常也被委以重任,连接飞机骨架、起落架等部件。

航空产品,质量第一。铆钉的制造质量同样关键,看似尺寸只有几毫米大小的铆钉,加工精度甚至达到微米级,如何标准化批量制造出合格铆钉,从设计、制造到检验必须步步严格。

目前,不同国家和行业根据实际需求,采用不同的制造标准,如国际标准化组织的ISO 15983、美国航空航天工业协会标准NAS等。此外,一些航空公司也有自己的铆钉制造标准,比如波音公司的BACR。无论哪一种标准,都对铆钉的材料、尺寸、完好性、力学性能、耐腐蚀性进行了明确要求。

实际加工阶段,一枚铆钉的生产工艺包含了材料准备、钉杆控制、锻造成型、表面处理、头部加工、淬火回火等一系列工序,加工精度要求极高,并通过特定的字母和数字,给铆钉编上“身份证号”,便于识别和后期追溯。

检验是确保质量合格的重要关口。这一阶段,铆钉需要进行外观尺寸、拉伸强度、扭矩等方面检验,必要时还会对部分关键指标进行测试,如断裂载荷、耐盐雾等。经过层层筛选后,铆钉才能够“上岗”。

严苛的制造条件赋予铆钉强大能量。据测算,铆钉的比强度高达1100兆帕,相当于每平方米的面积要承受10辆小轿车的重量。可以说,小小的铆钉凭借其过硬的能力,成为战机飞行安全的重要保证。

### 每道工序皆学问

战机制造是一项复杂工程,需要耗费很多工时。其中,装配工序占比达到总工时的40%到50%,而装配工序30%以上的劳动量,都花费在铆接上。

之所以耗时长,是因为铆钉数量多,且铆接工艺十分复杂,在铆接过程中要经历大量的设计与计算。可以说,每道工序皆学问。

以先进的五代机铆接为例,为了满足隐身性和气动外形要求,五代机蒙皮大多采用埋头铆钉,与蒙皮共同形成整个光滑的机体表面,以减少气动阻力。这种方式对铆接工序有着极高要求。

第一步定位。铆接前,需要一系列准备工作,根据铆接位置,对铆钉进行排列布局。设计师会依据材料力学的原理,针对载荷分布和传递规律进行科学计算,设计合理的铆钉形状和间距。对于机翼等关键部位,还要以铆钉阵列的形式设计,确保有足够的强度和硬度支撑连接部位。

第二步钻孔。在前期布局定位的结构件上进行钻孔,钻孔位置必须准确无误,单个孔距不到1毫米的偏差都可能导致整个零件加工失败。为此,设计师采用了直接在蒙皮上投影方法,甚至使用AI技术定位,以保证打孔位置的精准度。

实际操作时,装配工人需要在连接件表面加工出一个凹槽,大小与钉帽尺寸一致,使铆钉完全嵌入蒙皮,随后在结构件内侧进行打孔备用。

第三步铆接整形。在做好定位、钻孔等准备工作后,才正式进入铆接工序,装配工人会将合适的铆钉插入之前打孔位置,用铆枪将铆钉压紧压实压入形成连接,并对铆接件表面的凸起部分整形,使其与其他部件平整连接。

铆接工作结束后,检验人员还将对铆钉的外观进行严格检验,确保钉头整齐、表面美观,没有歪斜、磕伤和裂纹等缺陷,同时对铆接件进行检验,检查强度是否符合要求,是否有松动问题,确保其质量合格后才会最终交付。

交付后就可以了吗?当然不是,“售后服务”也必须完备。

当一架战机经过长时间“风吹日晒”后,难免会出现“金属疲劳”、“皮肤”上的划伤裂纹难以避免,铆钉也会有一定程度的磨损。在维护保养阶段,维修人员要系统检查战机的整体状态,对松动、断裂、损伤的铆钉进行更换,并对机身出现的裂纹、腐蚀再次进行铆接修理,在保证战机整体的强度和气动外形要求的前提下,尽量控制结构重量。

航空工业技术快速发展,带来了铆接技术的日趋成熟。相信随着自动铆接、电磁铆接等先进技术诞生,势必会提升战机制造和维修效率,为战机飞行安全提供可靠保证。

下图:在中国人民革命军事博物馆兵器馆里,陈列着一架编号为079的米格-15歼击机,机身遍布铆钉。

周乐供图

## 新疆军区某团火炮修理技师侯焦阳——

# “金牌教练”带出“冠军徒弟”

■宋美洋 高路航



夏日,新疆军区某团岗位练兵比武竞赛闭幕,几名战士簇拥着一名老兵尽情欢呼。老兵名叫侯焦阳,是该团修理连的一名二级军士长。这次比武,侯焦阳带领战友们创破3项纪录,夺得全团近一半修理课目的冠军。

“金牌教练”带出“冠军徒弟”。从事火炮修理专业20余年来,侯焦阳带出一批批技术骨干、多次完成抢修任务,并在比武赛场上摘得多个金牌。

鲜为人知的是,这名“金牌教练”初次接触火炮修理专业时,曾遇到人生低谷期,学历低的他,面对复杂的电路图如同面对“天书”。前所未有的困难,并未让他低头,而是选择迎难而上。侯焦阳将整幅电路图拆分成30余幅简图,并在每张图上备注电器元件的工作原理,用不同颜色的笔把

相关电路符号标注出来,笔记本记了厚厚一摞。那段时间,他鼓足劲头向困难发起挑战:白天,他铆在修理间研究装备,熟悉电路流程;晚上,各类资料摆满了他的书桌,灯一直亮到半夜。

功夫不负有心人。在持续的攻关学习中,侯焦阳的维修能力得到快速提升,对火炮的数百个零件能够做到“一口清”“一摸准”。一年后,他被团里任命为维修专业的教练员。

高炮专业训练一直是该团组训难题。担任教练员以来,侯焦阳不断优化教学模式,改进方式方法。他以考核数据为支撑,分课目、分类别为学员绘制训练考评走势图,逐人、逐课目精准施训,让文化基础好、进步快的官兵“吃得饱”,底子弱、进步慢的官兵“跟得上”,对训练不达标的官兵及时补

训,有效提高了教学质量。

2018年,经过层层选拔,侯焦阳成为国际军事比赛“军械能手”参赛队的教练员。为了帮助队员们尽快提升火炮分解成绩,他结合以往教学经验,把火炮分解技巧制作成卡片,发给队员随身携带,方便学习背记、实践应用。一段时间后,队员们训练成绩明显提升。比赛期间,他所在小组一举拿下“军械能手”高炮班组专业第一名,侯焦阳也从此成了官兵口中的“金牌教练”。

“金牌银牌,要想不被取代,就要有过硬的底牌。”虽然成为“金牌教练”,但侯焦阳始终保持一股学习劲头,不断提升专业能力。几年前,某新装备列装部队,侯焦阳带领攻关小组铆在车炮厂,拆零件熟悉构造,钻研专业理论知识,仅用1个多月时间,他们便熟练掌握新装备技战术性能,梳理出一套高效操作检修流程,提高了装备的自保障能力。

“铁必须自身硬,一流的教练员才能带出一流的战斗员。”如今,侯焦阳所在团队在执行演训保障任务。他勇挑重担,担任集训队教练员,带领大家加班加点采集训练数据,破解高炮故障维修难题,为遂行任务提供有力保障。

左上图:侯焦阳正在调试设备。  
许银娟摄



# 自动步枪如何抛出弹壳

■杜炜坤

## 军工科普

自动步枪在连续射击时,弹壳会自动弹出。那么,自动步枪是如何实现抛壳的?

在完成一次击发后,枪机受到复进簧收缩的拉力向枪膛后方运动,弹壳便可以退出枪膛。为了让弹壳与枪机一同运动,枪机头部安装了拉壳钩,子弹上膛时,拉壳钩钩住弹壳底部的一圈凹槽,枪机复位时可以拉回弹壳。但拉回弹壳并不能完成抛壳,还需要抛壳挺将其抛出枪膛。目前常见的抛壳挺有两种:弹性抛壳挺和固定抛壳挺。

弹性抛壳挺一般在枪机内,由抛壳弹簧保持弹性。子弹上膛后,弹壳顶在弹性抛壳挺上使其被下压。击发后,抛壳弹簧将弹性抛壳挺弹出,这时抛壳挺、弹壳底面和拉壳钩与底面的触点便形成一个杠杆,在枪机的后向作用下以拉壳钩为支点将弹壳弹出枪管。弹性抛壳挺结构紧凑、碰撞损伤小,在国外自动枪械中十分常见,如美国M16突击步枪。

不过,弹性抛壳挺工艺要求高,抛壳弹簧寿命很难保证,在污垢较多时容易失效。因此,一些枪械采用的是

固定抛壳挺设计。固定抛壳挺的原理更简单:在枪机上开出一个对应抛壳挺的凹槽,使其后退时不会碰到抛壳挺,弹壳后退出壳位置时,撞上固定的抛壳挺弹出。固定抛壳挺不仅可靠,而且制造简单,可以直接加工在机匣上。俄罗斯AKM突击步枪采用的就是固定抛壳挺。

无论采用固定抛壳挺还是弹性抛壳挺,抛壳系统在机匣中的位置都要满

足一点:枪械需要向哪个方向抛壳,抛壳挺就在这一方向的对侧,拉壳钩则会在这一方向的同侧。

近年来,随着科技快速发展,一些新枪采用了如击针抛壳、一体化抛壳等新一代设计技术。正在研发的无弹壳技术,甚至尝试让抛壳问题不复存在。

下图:沈阳联保中心某仓库组织实弹射击训练。图为弹壳飞出瞬间。  
黄华宇摄



# 少些过度设计 多些恰到好处

■张西成

意大利军事思想家杜黑曾说:“一个想要制造一件好的战争工具的人,必须首先问问自己下次战争将是什么样的。”从一定意义上讲,设计武器装备就是在设计未来战争。今天,面对复杂的军事斗争准备,武器装备设计并不是一件轻松的事情。这其中,过度设计是一个值得关注的课题。

所谓武器装备的过度设计,是指设计出来的产品比恰到好处要复杂臃肿,最终导致实际体验和实际效果下降。设计的目的是引领装备发展、解决战场所需、取得制胜优势,可有些武器装备设计却是为了设计而设计,甚至为了“炫技”而设计——方案越奇特越好,功能越炫酷越好,装饰越华丽越好。“科学简单让伞降兵在高速坠落中,只需轻轻一按就可以随心所欲地开伞,自如地决定伞落的时间和位置。如果哪位设计

者别出心裁把开关复杂到一般人都打不开的程度,天上还不如会落下多少个屈死的冤鬼。”一位西方军事家简短的讥讽话,道出了武器装备过度设计、过于繁琐带来的严重后果。从历史经验看,一些额外的元素、多余的挂件、繁琐的规程充斥于武器装备设计中,不仅脱离了作战需要,还增加了生产和使用成本。

未来打什么仗就研发什么武器。作战需求是推动武器装备发展的首要因素,对武器装备发展具有统领和牵引作用,按需备战才能有的放矢,增强武器装备创新质效。现代战争作为一个庞大的系统越来越复杂,但真正用于直接作战的指控系统、打击力量依然遵循简单实用的原则。实践证明,在构想与设计武器装备上,只有瞄准科技前沿、找准创新靶标,尽可能把精力聚焦

到核心性能、主体功能上,在最短时间内达成对主要目标的作战效果,才是真正管用好用的战场利器。

对武器装备设计而言,贪大求全往往导致全面平庸,面面俱到也意味着哪方面都没兼顾好。守少则固,力专则强。当前,正值新一轮科技革命、军事革命质变期,各种新技术百花齐放,在“乱花渐欲迷人眼”的态势下,武器装备设计者应善于“剪枝去蔓”,不搞“添枝加叶”;善于“画龙点睛”,不搞“画蛇添足”;善于“精挑细选”,不搞“多益善”,努力推动武器装备更加适应未来战争需要,向着更高、更快、更精、更强的方向发展。

