

## ★ 军工科普

## 先进陶瓷——

## 武器装备的优质材料



先进陶瓷又称高性能陶瓷、精细陶瓷、高技术陶瓷等,是指采用高纯度、超细人工合成或精选的无机化合物为原料,具有良好的力学性能和热物理性能,以及声、光、电、生物等特性的陶瓷。先进陶瓷在原料、工艺方面有别于传统陶瓷,特定的精细结构使其具有高强度、高硬、耐磨、耐腐蚀、耐高温、绝缘、超导、生物相容等特点。

先进陶瓷广泛应用于军事领域,是优质的武器装备防护材料、制动材料。英国“挑战者2”、法国“勒克莱尔”、俄罗斯“阿玛塔”等主战坦克,均大量装备陶瓷复合装甲,防护能力得以大大提高。

不仅耐高温、强度高、耐腐蚀性强,而且膨胀系数低、化学稳定性好,同时又具有吸波功能,能满足装备隐身的要求,因此,先进陶瓷还被广泛用作吸收剂。据报道,美国用陶瓷基材料制成的吸波材料,加到F-117隐身飞机的机尾管上,可以承受1093℃的高温。

上图:英国“挑战者2”主战坦克。  
资料图片

## 高温合金——

## 航空航天制造的基石



高温合金是指以第三主族元素(铁、钴、镍)为基,加入大量强化元素,能在600℃以上的高温及一定应力作用下长期工作的一类金属材料。

除了具有较高的高温强度,高温合金还有良好的抗氧化、抗热腐蚀、抗疲劳性能,在高温下具有良好的组织稳定性和使用可靠性。因此,也被称为热强合金、耐热合金或超合金。主要可以分为变形高温合金、铸造高温合金、粉末冶金高温合金三大类。

高温合金凭借出色的高温强度、抗氧化性和耐腐蚀性,成为航空航天领域不可或缺的重要材料。例如,高温合金零件因其出色的高温稳定性和机械性能,成为制造航天器核心部件材料。在高温高压的工作环境下,高温合金零件能够保持稳定的结构和性能,确保发动机和燃气轮机的长期稳定运行。

上图:采用镍基超合金金属材料制造的AR-1火箭发动机部件。  
资料图片

## 碳纤维——

## 飞行器减重的关键支撑



碳纤维性能强度高、韧性好,外柔内刚,兼具电学、热学和力学等综合特性。凭借其低密度、高强度、高模量、高稳定性的特点,碳纤维不仅可以运用于工业领域,在航空航天和军事领域也有着广泛应用。

据了解,碳纤维复合材料的应用可大幅减少航天器的重量。因此,碳纤维复合材料成为目前航天飞行器结构应用范围广泛、技术成熟度较高的材料。

对于运载火箭和导弹而言,碳纤维复合材料不但可以实现结构轻量化,而且还是优化功能的关键原材料。在运载火箭和导弹领域,美国的“德尔塔”运载火箭、“三叉戟 II”潜射洲际弹道导弹、MX洲际战略导弹以及俄罗斯“白杨-M”洲际导弹等,均采用了碳纤维复合材料。

上图:俄罗斯“白杨-M”洲际导弹。  
资料图片  
(姚欣彤、安旭整理)

前不久,在英国伦敦举行的2024年国际装甲车辆大会上,莱茵金属BAE系统陆地集团与英国国防设备支持中心宣布,第一辆“挑战者3”原型车P1已从特福德工厂推出。值得关注的是,这款最新型“挑战者”坦克摒弃了英国人一直青睐的L30-A1型120毫米线膛炮,转而采用德国莱茵金属公司研制的Rh-120/L55型滑膛炮。

火炮威力,是当代主战坦克炮的一项重要性能指标。在采用

相同技术水准的发射弹药时,性能更好的火炮更具杀伤力。

同经典的Rh-120/L44型滑膛炮相比,Rh-120/L55型滑膛炮在长度上比前者多出约1米。随着坦克身管的加长和新型DM63尾翼稳定脱壳穿甲弹的采用,其穿甲性能也得到大幅提升。

作为莱茵金属公司的招牌产品,Rh-120系列滑膛炮被美、法、意、韩等多国引进。饱受青睐的背后,它究竟有何特别之处?未来又将迎来怎样的发展?请看本期解读。

## 莱茵战车的“火炮进化史”

■周韵 詹乾坤 马鹏飞



## ★ 军工T型台

## 后来居上,力争成为新一代“经典之炮”

战场上,火炮曾被誉为“战争之神”。如今,战争形态发生了翻天覆地的变化。那么,作为工业化时代象征的铁甲巨炮,还能在多大程度上影响今天的战场?其实,从加农炮到火箭炮,从迫击炮到坦克炮,火炮从未在现代战场上缺席。

对坦克而言,火炮是其强大战力的体现,也是坦克最重要的部分。得益于火炮的加持,坦克从发明初期的“移动碉堡”逐步发展成“移动炮台”,在战场上更具杀伤力。

坦克炮不同于常规火炮,其更强调穿甲能力,精度要求高,尤其注重首发命中率。英国军事专家詹森·弗莱明说:“一个国家只有拥有世界顶尖的工业水平,才能造出一门合格的坦克炮。”坦克炮锻造流程复杂,技术难度大,是相关工业制造领域的“天花板”。其研制不仅考验军工水平,更对一个国家的重工业水准有着严苛要求。目前,世界上只有少数几个国家具备独立研制坦克炮的能力。

作为坦克的发明国,英国曾是坦克炮领域的先行者。英国皇家兵工厂出品的L7系列105毫米线膛炮是公认的“经典之炮”,西方多数国家的主战坦克都曾装备过这款火炮。相比英国,在坦克炮的研制上,德国起步稍晚但后来居上。超越“经典之炮”的,就是莱茵金属公司的Rh-120/L44型滑膛炮。

二战后,德国被一分为二,西德正好处于冷战双方对抗的最前线。为此,西德迫切需要用一种极具进攻性的主战坦克,用以对抗苏联的重型装甲。“如何让坦克变成真正的进攻武器?”这成了当时西德军工企业亟待解决的问题。凭借研制“卡尔”重型臼炮的成功经验,莱茵金属公司最终挑起了这副重担。

1958年,莱茵金属公司获得了英国的L7A3型105毫米线膛炮的生产授权。莱茵金属公司在L7A3的基础上大胆创新——加大身管直径,去掉膛线、后移火炮抽气孔……在“德国炮匠”的巧手之下,Rh-120/L44型滑膛炮的性能赶超,被外界评价为“欧洲最强坦克炮”。

Rh-120/L44型滑膛炮的弹道性能要比L7A3提高约60%,但它的炮弹尺寸、后坐力与L7A3相差无几。在同时代的120毫米口径坦克炮中,L44身管最短、全重最轻、药室最小,杀伤威力却丝毫不减。该炮还可发射弹芯为贫铀合金的尾翼稳定脱壳穿甲弹,能够击穿当时所有现役坦克前装甲。

Rh-120/L44型滑膛炮一经问世,便创造了一系列新纪录,成为国外客户竞相购买的“爆款”产品。到了20世纪90年代初,莱茵金属公司的Rh-120/L44型滑膛炮已成为继L7A3之后,西方世界新一代标准坦克炮。

## 与时俱进,追求更大威力从未停歇

时代在发展,对手同样在进步。1990年,苏联基洛夫工厂和莫洛佐夫设计局联合研制的T-80U主战坦克亮相红场阅兵。T-80U装备的2A46M-1型125毫米滑膛炮不仅射击精度高,还能发射新一代125毫米穿甲弹,穿甲性能出色。

苏联在坦克炮领域取得的突破进展,让莱茵金属公司深感压力。莱茵金属公司决定开发性能与之抗衡的新坦克炮。起初,他们在“口径即正义”的理念影响下,计划研制140毫米滑膛炮。受制于当时的技术水平,再考虑到大口径火炮对发射后坐力、备弹数量和坦克结构等方面的影响,只好改为折中方案。基于Rh-120/L44型滑膛炮升级改进的L55型滑膛炮应运而生。

坦克炮,就是杀伤威力要大、射速要快、射击要准。在口径不变的情况下,L55比L44身管长1.32米,从而赋予炮弹更长的加速时间,使其初速更快、射程更远、精度也更高。相较L44,该炮的特别之处在于可发射新型DM63尾翼稳定脱壳穿甲弹,在2000米的距离上可以轻松穿透770至800毫米的垂直钢装甲,战场杀伤能力得到显著提升。引人注意的是,Rh-120/L55型滑膛炮采用身管自紧、电渣重熔和膛膛镀铬等技术,让该炮得以充分延寿,能经得住多达650发炮弹的发射,使用寿命远超普通坦克炮。

坦克炮,就是杀伤威力要大、射速要快、射击要准。在口径不变的情况下,L55比L44身管长1.32米,从而赋予炮弹更长的加速时间,使其初速更快、射程更远、精度也更高。相较L44,该炮的特别之处在于可发射新型DM63尾翼稳定脱壳穿甲弹,在2000米的距离上可以轻松穿透770至800毫米的垂直钢装甲,战场杀伤能力得到显著提升。引人注意的是,Rh-120/L55型滑膛炮采用身管自紧、电渣重熔和膛膛镀铬等技术,让该炮得以充分延寿,能经得住多达650发炮弹的发射,使用寿命远超普通坦克炮。

2022年6月,欧洲萨托利防务展上,德国新一代坦克KF51“黑豹”惊艳亮相,其装备的Rh-130/L51型滑膛炮,让全世界将目光再次投向了其研发公司莱茵金属。

从120毫米升级到130毫米,可不只是将炮管造得更粗那么简单。为了提升新坦克炮的威力,莱茵金属公司采用新的高强度钢、改进的内膛镀铬技术、数字化控制技术、更大的发射药室空间,让Rh-130/L51型滑膛炮获得更高的炮口速度、更远的发射距离和更出色的装甲穿透力。该炮还带有垂直滑动式炮尾机构,配备隔热套筒,得以承受880兆帕的高膛压。此外,该炮配备了炮口校准参考系统,可为坦克连续射击提供更高的精度。

相比Rh-120/L55型滑膛炮,Rh-130/L51型滑膛炮的威力提高了近50%,其配备的穿甲弹,采用半可燃药筒技术,发射时炮膛动能大幅提升,穿甲威力是Rh-120/L55型滑膛炮的1.5倍左右。

从Rh-120/L44到Rh-120/L55,再到Rh-130/L51,莱茵金属公司紧跟时代步伐的一次次推陈出新,虽未达到尽善尽美,但其在追求火炮更大威力上孜孜以求、精益求精的工匠精神,值得世人品读。

## 另辟蹊径,管窥坦克炮发展新趋势

纵观世界坦克发展史,线膛炮和滑膛炮相互替代、口径不断增大,是传统

坦克炮的主要发展趋势。随着作战样式、战场环境和目标特性的不断改变,现代战争对坦克炮的性能要求也越来越高。因此,下一代坦克炮如何发展,成了包括莱茵金属公司在内的诸多军工企业必须面对和解决的难题。

坦克拥有火力、机动、防护三位一体的优势,同时其发展也受制于这三个要素的互相牵制。虽然说想要提升坦克火力打击效能,增大坦克炮口径是技术最简单、成本最低的思路。但是,更大口径坦克炮无疑会带来更大重量,也会明显挤占坦克的防护和机动空间,减少坦克的弹药搭载量,影响其火力持续性。据分析,美国的M1A2“艾布拉姆斯”主战坦克一旦换装莱茵金属公司的Rh-130/L51型滑膛炮,吨位将超过70吨,其在战场上的灵活机动性就将大打折扣。

由此可见,换装更大口径的坦克炮并不是提升坦克火力打击效能的最好解决方案。

未来战争中,新概念坦克炮或将夺取战争主动权。各军工企业纷纷对新概念坦克炮进行了研究。

一是电磁坦克炮。它是利用电磁发射技术制成的一种先进动能杀伤武器。与传统大炮将火药燃气压力作用于弹丸不同,电磁坦克炮是利用电磁系统中电磁场产生的安培力来对金属炮弹进行加速,使其达到打击目标所需的动能。与传统火药推动的坦克炮相比,电磁坦克炮初速高,可大大提高坦克射程,且能通过改变电流大小精准控制弹丸速度和射程;其弹丸小而轻,既容易实现装填自动化,又便于减轻后期供应

的负担;无火焰、烟雾、声响和后坐力,

利于隐蔽作战,并能以较大动能直接撞击目标,杀伤威力大。二战时期,莱茵金属公司就曾对电磁炮技术进行过探索,但因为当时技术的局限,并未能取得突破性进展。

二是电热化学炮。它是由电弧放电产生的高温高压等离子体与适当选择的工质作用,产生急速膨胀气体,加速弹丸发射,实际上是电磁发射技术与传统发射技术相结合的一种发展思路。它的优点是初速高、射程远、炮口能量高;采用传统坦克炮的身管技术,技术较为成熟,便于在现有坦克炮的基础上加以推广应用;利用了电磁炮的电源技术,具有多种形式可供选择的电源系统,同时输入电能水平的要求比电磁炮低,便于供能系统的小型化。

三是激光炮。它可利用强大的定向发射激光束直接毁伤目标或使之失效。激光炮的威力特别大,称得上是“炮中王”。激光炮在一秒内能发射1000发“光弹”,光弹就是威力无比的“强光束”。2013年初,莱茵金属公司研发了一款“天空卫士”激光炮。这款激光炮能切断1000米外的钢梁,是当时研发的功率最大的激光武器。若想在坦克炮发展上实现更大超越,激光炮或许会是一种较为先进的技术思路。

总的来看,坦克作为现代陆军的重要武器装备,仍将在很长一段时间内存在。战场瞬息万变,坦克炮只有不断升级,才能再铸新锋。无论是莱茵金属公司抑或是其他军工企业,谁能在激烈的竞争中不断革新,谁才有望锻造出下一代超越经典的“火力铁拳”。

上图:装备Rh-120/L55型滑膛炮的韩国K2坦克。  
资料图片

## ★ 保障达人

雷达守望广袤疆土,也有人在默默守护雷达。

厂外大雨倾盆,厂内热火朝天。南部战区空军某地面装备维修厂油机车间内,工具的轻微碰撞声和窗外的雨声此起彼伏。油机发电机组即将出厂,油机技师李伦川正在进行最后一次检修工作。随着油机各项数据显示正常,李伦川挂满汗珠的脸上,终于露出了笑容。现代战争中,雷达作为不可或缺的武器装备,是名副其实的“千里眼”。油机发电,则是确保雷达正常运行的重要组成部分。“如果说发射接收端是雷达的脑,那油机就是雷达的心脏。”李伦川的工作,便是保障“雷达心脏”的安全。刚到油机车间时,晦涩难懂的理论

## 南部战区空军某地面装备维修厂油机技师李伦川——

## 将难事做好,把易事做精

■宋宜勇 本报记者 范思达

知识和精细复杂的设备原理图一度让李伦川无所适从。很长一段时间里,李伦川像其他人一样,白天在车间实践操作,晚上进行理论学习。一天深夜,当李伦川一个人在车间对着油机苦思冥想时,听着油机的嗡鸣,他突然读懂了雷达的心跳。那一刻,李伦川从心里爱上了这份工作。

“将难事做好,把易事做精。”这是李伦川的工作原则。

一次,工厂接到上级指示,某雷达站出现漏电现象,导致该雷达站无法正常运行,需要工厂提供技术支持。面临着漏电的风险,李伦川迎难而上,主动受领任务。凭借着过硬的业务技能,他很快排除了安全隐患。

任务归来后,李伦川仔细地将这次任务情况记录下来。床头“破破烂烂”的工具书,密密麻麻记录着他从业多年遇到的各种情况分析。复盘检修每一

次任务,已经成为他的习惯。这,也是他自信的来源。“每一次检修和故障排除,对我来说,都是一场实打实的战斗;每一次回顾情况记录,都让我对之后的检修有了更为全面的判断。”李伦川说。

“不忽视任何细节,不留下任何隐患。”李伦川这样对徒弟们说,更严格要求自己。油机保障工作,看似简单平凡,实则干系重大。一次,李伦川在复检一台已经检修完毕准备出厂的油机