

电缆是武器装备的“血管”与“神经”，它所传输的电能与信息，维持着武器装备各个“器官”的正常运转。遍布武器装备“身体”里的电缆，无论哪条出现技术问题，都可能会造成武器装备的使用故障。

说起电缆的起源，人们会联想到历史上富兰克林在雷电天气所做的“放风筝”实验。在这之后，富兰克林又做了一次大胆尝试，

他把几米长的铁杆，用绝缘材料固定在屋顶，杆上拴着一根金属线，当闪电来袭时，闪电会通过铁杆、金属线直通地下，而房屋建筑完好无损。实验中，那根金属线就是后来人们所说的电缆雏形。

就像打开了神奇的魔盒，一根小小的金属丝，随着科技的不断发展，衍生出多种类型电缆。不同类型的电缆，在武器装备及国防工程建设中发挥的功能不尽相同，起到的作用却不可或缺。

航天科工集团二院某厂设计师张璐趣谈军用电缆——

小小电缆能量大

■杨菲

军工科普

粗有粗的道理，细有细的学问

电缆拥有一个庞大的家族，种类繁多。为了保证电能与信息的传输安全，在不同需求下它们会穿上不同材质的“马甲”。

“马甲”的颜色标识着电缆的种类。为了操作安全，避免事故的发生，线路颜色标识都有严格规定，必须依据国家标准，军工领域电缆还必须符合军用标准。黄色、绿色、红色、淡蓝色、黄/绿双色线、红黑色、棕色……不同颜色的“马甲”对应不同类型的电缆，方便对电缆种类的快速辨认。

按照体量来分，电缆既有纤细苗条的“美娘子”，又有膀大腰圆的“大胖子”。无论是“美娘子”还是“大胖子”，粗有粗的道理，细有细的学问。

纤细苗条的“美娘子”有着特殊能耐。生活中，我们比较常见的是铜线电缆，直径约为0.035毫米，略粗于头发丝。再细的，还有比头发丝还细的光纤电缆。别小看光纤电缆，它是5G的核心技术之一，这样1根电缆可以与上千根铜线电缆叠加起来的信号传输量相当。

如果拿“腰围”作为量化标准，那么2017年国外某科研小组研发的纳米电缆创造了世界纪录。这种电缆的直径仅是3个原子的直径叠加尺寸。

电缆的“腰”是越细越好吗？当然不是。同等材质之下，体型越粗的电缆承受的电流越大，可承载的设备越多。打个比方，越大的水库，越需要更宽的河道放水。然而，电压等级越高、输送容量越大、输电距离越远，就要求支撑电缆的设备越庞大。

中远程弹道导弹和洲际导弹需要具备远距离跨区发射和对多种目标进行精确打击能力，这就需要为导弹提供更多的电流载运量。举个例子，俄罗斯新一代洲际导弹“萨尔马特”威力很大，它需要装配比成年男人大腿还要粗的电缆。

在导弹制造领域，有一种说法：“为减轻每一克重量而奋斗。”导弹载重越轻，负荷就越小。如何让电缆在粗细之间找到完美平衡，是必须面对的技术问题。未来战争对导弹的机动灵活、快速反应提出了更高的要求，因而导弹上的电缆网结构需要高度的集成化、轻量化。

总之，军事应用不同，所用电缆的种类也就不同。需要找准粗细之间的黄金分割比。

上天入海神通广大

“电，这个赫拉克勒斯，当它还在摇篮时就已推翻了迄今为止的一切定律，破坏了一切行之有效的标准……”



质量安全有多重？我的答案是千钧重。去年，我还是一名新上岗的飞机机械师。进外场后，我跟随老师傅虚心学习技术。一次机务保障，老师傅安排我的第一个任务是给战机加油。我一听，心想这还不简单，不就是加



正是这种小小的几乎无法感觉到的电火花——它昨天还只能在莱顿瓶里发出噼里啪啦的声音，产生手指节骨那样一英寸长的电花，如今一下子获得了巨大魔力，能越过陆地、高山和所有的大洲。”

著名作家斯蒂芬·茨威格，在《越过大洋的第一次通话》文章中，将世界上第一条跨越大洋的海底电缆铺设列为决定世界命运的14个历史瞬间之一。茨威格将电比喻为赫拉克勒斯（古希腊神话中的大力神），完成的任务堪称人类壮举。

1858年，美国实业家塞勒斯·韦斯特·菲尔德在欧洲与美国之间成功铺设跨越大西洋的2500英里海底电缆。英国维多利亚女王向时任美国总统詹姆斯·布坎南发出第一条信息，使人类信息传递产生质的飞跃。

如今，100多年过去了，电缆不仅征服了海底，还征服了荒原、沙漠、冰川甚至太空。在军事应用上，电缆更是在很多我们难以想象的领域发挥着巨大作用。

潜艇部队被称为“无声军种”。潜艇上所用的电缆，最基本的两个要求是高度阻燃和高度水密性。前者指在潜艇发生火灾后，主要电缆能保持线路的完整性；为此电缆常常采用特殊材料进行绝缘；后者指在深水区域电缆和插件之间有很好的水密性，以保证电缆能够正常工作。

对于导弹而言，其内部电缆布线不同于卫星、火箭等太空产品，有着自身的特殊性。卫星、火箭等产品的电缆设计通常为一对一连接或一对多连接，这种电缆的线束结构较为简单，敷设设计相对容易。

而导弹上的电缆集成度更高，尤其

是导弹舱体内部的电缆，线路集成现象更为明显。电缆的线束结构有一个主线路，由主线路分出多束电缆分支，这些电缆分支连接各个零部件，形成一个四通八达的网状结构。因此，导弹上电缆线束通常被叫做“弹上电缆网”。这也意味着一枚体积并不大的导弹可能容纳了成千上万根电缆。

作为歼击机的主要武器之一，空空导弹具有反应快、机动性好、尺寸小、重量轻等优点。然而，空空导弹内部的工作环境恶劣，这就要求产品必须特别“抗造”，其电缆网能够承受高低温、高空低气压、振动和冲击等严酷考验。

作为机载武器，空空导弹是导弹界名副其实的“小个子”，内部空间“寸土寸金”，所用电缆只能最大程度地进行“瘦身”，并以最短距离实现立体集成。

5G时代，电缆面临新一轮改进升级

从那个与雷电“亲密接触”被激活的金属线，发展到各式各样纵横交错的电缆网，随着现代科技的迅速发展，电缆也在不断进化，被赋予新的功能与应用。从发展历程看，我国军用电缆主要经历了进口、仿制、自主研发三个阶段。

1897年，光绪年间，清政府第一根地下电缆投入使用。当时国内还没有电缆生产能力，只能从国外进行采购。

1939年，昆明电缆厂制造出第一根小拇指粗的电缆，才开始了国内电缆的仿制历程。

第一代电缆又粗又重，电缆接点间距在3mm以上，耐高低温性能差。

第二代电缆参考国外标准，接点间距一般在2mm以上，电缆体积和重量大幅减小，性能显著提升。

第三代电缆则是自主研发、自建标准，电缆接点间距在1.27mm以上，电缆的轻量化、小型化、集成化等特点更为突出，耐辐射、抗干扰性明显提升，可以满足诸多特殊条件……

总而言之，电缆的更新换代对军工行业的意义尤为重大。电缆接点间距越小，电缆体积与重量就会更小，消耗的能源也就更少。

从装配工艺来说，电缆结构的高度集成化对总体装配的要求更高。国外专家曾提出了一种虚拟现实交互技术，即我们熟知的VR，利用该技术开展装配的可行性验证和效率评估。

据介绍，有的国外军工企业还成功研发了线缆布线工艺规划系统。该系统利用三维布线环境的真实特效，实现了对线缆的装配路径规划，有效提升了线缆的装配效率。

从电缆材质来说，先进的材质工艺已经在不少军工企业投入运用。比如，国外多款战斗机已经大量应用二氧化硅电缆。这种电缆不仅耐高低温、高强度、高抗震，而且电能与信号传输速度更快、稳定性更好。

军用电子设备的先进性是决定战场胜负的一个重要因素。随着5G技术、光纤通信的到来，武器装备的电缆会面临新一轮的改进升级，向更高、更广、更精的目标发展。

上图：该厂电缆车间职工讨论立体集成电缆生产流程。

马帅摄

匠心慧眼

今年，为了应对新冠肺炎疫情，居家“云办公”已成为不少企业选择的新潮工作方式。军工企业性质特殊，居家“云办公”对企业员工的保密工作提出了更高要求。

军工企业不同于普通民企，直接服务于国防和军队建设，其员工接触的资料很多涉密。因此，居家“云办公”，必须有很强的保密意识。

疫情期间，居家工作主要依托计算机进行“云办公”，而“云办公”具有开放性、共享性等特点，失泄密风险可谓无处不在。

这些年，一些失泄密案件的发生，带来的教训惨痛。对于军工企业来说，一方面，要统筹安排工作，搞好员工保密教育。哪些员工可以居家办公，哪些工作可以在家完成，在家办公怎样做好保密工作，相关单位必须要提前做好研判，做好预案，周密安排，不留隐患。企业有关部门应结合居家“云办公”的特点，定期通过视频会议的方式，对居家办公员工进行保密教育，确保员工时时刻刻都要以保密工作为底线，无论遇到再急、再大的事，都不能以牺牲保密为代价。

另一方面，要主动为居家办公的企业员工提供相应帮助。对居家办公员工提出的问题与困难，能解决的要全力帮助解决，不能解决的及时调整工作计划，一切以保密安全为重。

保密就是保胜利、保生命、保战斗力。毛泽东同志曾告诫全党全军：“必须十分注意保守秘密，九分半不行，九分九也不行，非十分不可。”

在今后一段时间内，疫情防控将成为常态化，居家“云办公”的情况也会常态化。军工企业居家办公的员工要高度重视保密工作，不能因为离开单位时间久了就产生麻痹思想，工作与生活分不清，资料乱放乱传，甚至对家人口无遮拦，说了不该说的话。

保密安全是一项基础性、全局性、长期性工作。对于军工企业员工来说，越是长时间居家办公，越要在保密上严格要求自己。

“机不密，事不成。”保密必须

「云办公」更要绷紧保密弦

■曹晓燕

坚持满分制，因为保密上丢掉的任何一分，都有可能损害国家和军队利益。军工企业只有锲而不舍、常抓不懈，时时紧绷思想之弦，事事把牢保密关口，才能真正做到万无一失。

成都某航修厂高级技师刘尚明——

幸运是努力置换的财富

■罗娟



工匠心语：“越努力越幸运，偶然就会变成必然。”

——刘尚明

“全国技术能手”“四川工匠”“成都市技能大师”……摆在书柜里的荣誉证书，浓缩着刘尚明走过的职业生涯。

工友认为他足够幸运，但刘尚明心里明白，所谓人生的“锦鲤”不过是不断努力的积淀。从事铣工24年，刘尚明像“老黄牛”一样在自己的岗位上默默耕耘，将半辈子的光阴融入到铣工事业中。

众所周知，铣工是一个“不受欢迎”的工种，满身油污、吃苦受累是日常写照。不少青年工匠因吃了这种苦，选择了放弃，刘尚明却在这个艰苦岗位上慢慢扎下了根。

1996年，大学毕业后的刘尚明，选择来到成都一家航修厂，成为一名初级铣工。那时候，航修厂能够招到大学生是一件新鲜事。不少工友好奇地问他：“铣工是份苦差事，你不懂实际操作，能干多久？”刘尚明没有过多解释，转过身默默地走到铣床前，开始熟悉设备、练习技术。

普通的铣床没有任何防护，加工零件时铁屑、火花四处飞溅。最初练

习时，刘尚明的手经常会飞进火花烫伤。但骨子里天生要强的刘尚明渴望证明自己，操作台上，他常常一站就是一上午，有时连吃饭都顾不上。每天下班后，他有一时间就钻进图书馆学习专业知识，第二天再上机实践。

凭借这股吃苦劲头，刘尚明先后掌握了“卧铣”“立铣”“工具铣”等多种铣工技术。半年后，他就拿到了铣工操作证。从此，刘尚明在工厂铣工岗位上开始崭露头角。

2007年，工厂引进了一批新的数控加工设备。刘尚明主动请缨，成为第一批上手操作数控加工设备的青年技术骨干。在普通铣工岗位上摸爬滚打了11年，刘尚明早已成为行家里手，而在数控铣工领域，他完全是一名新人。

刚开始，刘尚明遇到了不小的挑战。数控加工的每项技术都需要有相关的理论基础和丰富的操作经验，要想学懂弄通并不容易。

“你之前完全没有接触过，这事难度有点大。”有的工友持质疑态度。刘尚明拍着胸脯自信地说：“不懂就学嘛！”为了尽快掌握数控加工的关键技术，他对照着教学视频，一点点学习数控加工设备的操作原理，再到数控加工设备上反复模拟训练。

苦心人天不负。经过3个月艰苦攻关，刘尚明熟练掌握了数控加工技术。当年，在工厂职业技能竞赛中，他获得了数控铣工第一名的好成绩。

2019年，47岁的刘尚明经过层层选拔，获得了第二届“四川工匠”的荣誉称号。站上星光熠熠的领奖台，刘尚明坦言：“其实没有什么天注定，所有看似幸运和巧合的事，都源于不懈的努力。”事实如他所言，在铣工岗位上默默耕耘24年，刘尚明凭着日拱一卒的不懈努力，书写了一份平凡而精彩的人生答卷。

照片提供：杜毅

常怀一颗敬畏之心

■乔良/口述 唐俊/整理

油嘛。

完成相关准备工作后，我拎起油管，就准备为战机加油。

这时，老师傅突然打断我：“你应该加多少油？”

我自信地说出了自己的答案。

老师傅反问我：“等一下！油量是你这样计算的？”

当时，我就愣住了。随即，我立刻反应过来，“自己算多了”。

这是老师傅专门“考”我是否细心

的一道岗前培训题。

后来，老师傅语重心长地对我说：“质量安全是我们机务人员的底线，只有常怀一颗敬畏之心，才能守护好战机的飞行安全。”

听完老师傅的话，我重重地点了点头。晚上，我在工作笔记里，写下这样两句话：不熟悉或长时间未干的工作，必须先重温学习后再上手操作。有些数据不能只记下数字，还要记录相关的计量单位。

如今，一年过去了。我对老师傅的“突然考试”至今记忆犹新。对我个人而言，那不仅是一次教育警示，也是质量工作把关的醒目“路标”。

左图：乔良给战机加油。

王翰摄

质量微故事

大国工匠