

“泥沙入手经传埴，光色便与寻常殊。”这是一首咏叹精美瓷器的诗句。陶瓷，拥有的独特形状、成色、质地，千百年来它不仅成为人们生活中常用的器具，也成为让人赏心悦目的艺术品。

在大家的印象里，陶瓷是脆性的，轻轻一摔，一件价值连城的古瓷瞬间即可“粉身碎骨”。但

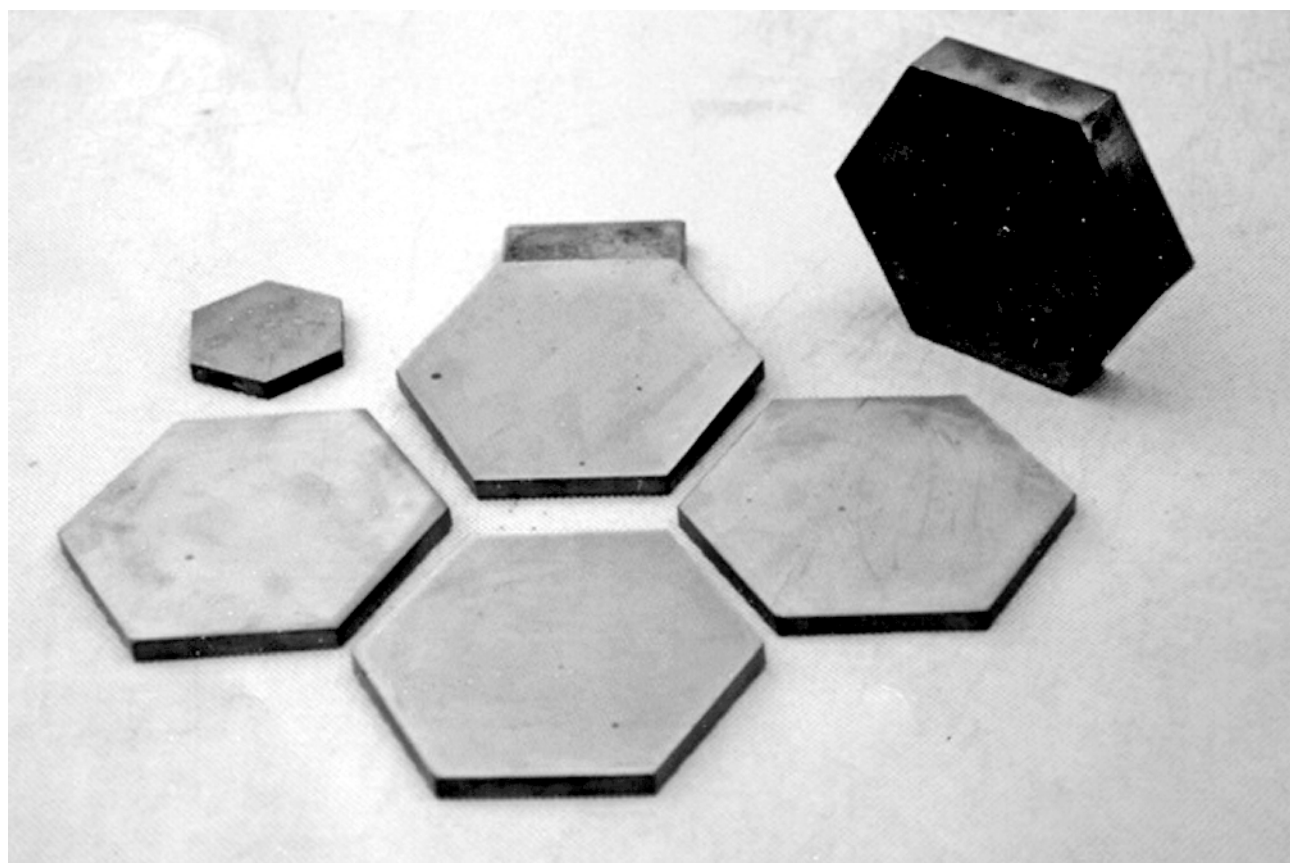
是你知道吗，陶瓷经由现代科技“摇身一变”，因其物理特性竟能充当防弹材料，堪称是防弹领域冉冉升起的一颗“新星”。

试想一下，战场上的一颗小小的子弹，能给士兵带来致命伤害，易碎的陶瓷却能挡住高速飞行的子弹。它的“功力”从何而来？下面，让我们一起走进防弹陶瓷的世界一探究竟。

陶瓷咋成了防弹「新星」

军事科学院系统工程研究院高级工程师马天为您讲述

龙知洲 李伟洋 本报记者 邵龙飞



要功能是吸收剩余弹道冲击能量。为了提高陶瓷的抗多次打击能力，往往还要在陶瓷面板上包覆高强度纤维织物，防止弹击造成的裂纹扩展。高强度陶瓷与刚性背衬的组合，构成现代陶瓷复合装甲的基本结构。

战火洗礼，生命之盾

上世纪60年代，美军在越南丛林中的直升机和乘员经常受到地面轻武器的杀伤。为了降低装备战损和乘员伤亡，1962年，美国一家航空航天公司首次开发出正面为陶瓷的复合装甲，将氧化铝陶瓷块粘到薄约6毫米的韧性铝背板上，用以抵御7.62毫米穿甲弹的射击。也就是在这个时期，美军开启了防弹陶瓷大规模军事应用的先河。

由于同等条件下，陶瓷较金属重量大大降低，在对重量要求非常苛刻的飞机上，陶瓷装甲大量用于机腹、座舱、发动机等关键部位防护。俄罗斯米-28直升机，在座舱周围采用陶瓷装甲加强，能够抵御数次机枪扫射，出色的防护能力，为其赢得了“飞行堡垒”的美誉。对于装甲车辆，陶瓷复合装甲更是提高防护能力的“秘密武器”，英国“挑战者2”、法国“勒克莱尔”、俄罗斯“阿玛塔”等主战坦克，均大量装备这种装甲。有报道称，英军一辆“挑战者2”坦

克，先后被14枚RPG火箭弹和1枚反坦克导弹命中，内部乘员却无一伤亡，足见现代陶瓷复合装甲的“盾牌”功力。当重型装备纷纷披挂上轻质高强度的陶瓷“铠甲”后，人们又将目光转向了穿梭在枪林弹雨中的士兵。其实，早在二战战场上，就出现过钢制防弹胸甲。因过于笨重，它并不受士兵们欢迎。上世纪70年代，美军推出柔软轻便的凯夫拉防弹衣。尽管它在防护低速枪弹和爆炸破片方面有不俗表现，但遇到步枪发射的高速子弹时，防护上往往“力不从心”。其实，所谓的“防弹”并非“刀枪不入”，而是根据防护能力进行分级防护。某个防护等级的装备，只能满足防护该级别和更低级别枪弹的要求。影视剧里那种“金刚不坏”的防弹衣是不存在的。

为了提高防护能力，科学家们想到将防弹陶瓷制成插板，与软体防弹衣配合使用，犹如古代铠甲上的“护心镜”。这样，既能大幅提升人体核心部位的防护能力，又兼顾了穿着者的机动性。刚开始，是利用小块陶瓷拼接成插板。随着技术的进步，人们更多采用整体陶瓷，以消除小块陶瓷片因有拼接缝隙而存在的薄弱点，有的还制成曲面以贴合人体。这也是当前防弹插板的基本样式。目前，防弹陶瓷制备技术已臻成熟，成为保护士兵的“生命之盾”。



科技助力，再作升级

经过数十年的发展，目前广泛应用的防弹陶瓷种类很多，包括氧化铝、碳化硅、碳化硼、氮化硅、硼化钛等。其中，最常见的是氧化铝、碳化硅和碳化硼陶瓷。随着武器系统的升级换代，传统的单相陶瓷已经不能满足现实军事需求，特别是对防弹装备的要求越来越高。因此，防弹陶瓷开始朝着多元化、复合化、功能化方向发展。

功能梯度陶瓷。通过微观组分设计，使得陶瓷性能发生有规律性的连续变化。比如硼化钛与金属钛以及氧化铝、碳化硅、碳化硼、氮化硅与金属铝等金属/陶瓷复合体系，在厚度方向上，形成一种结构变化，确保防弹陶瓷从迎弹面的高硬度过渡到背弹面的高韧性。这样，既可满足装甲抗弹要求，又可增强其抗多弹能力，在防护中小口径穿甲弹时具有较大优势。

纳米复相陶瓷。在单相陶瓷的基础上，添加亚微米级或纳米级分散粒子，构成复相陶瓷。如碳化硅-氧化铝-氧化铝、碳化硼-碳化硅等，可以在一定范围内改善陶瓷的硬度、韧性和强度。有报道称，国外正在探索将纳米尺度的粉体黏结在一起的烧结工艺，能够把陶瓷晶粒尺寸减小到几十纳米，从而提高材料硬度和强度。这是未来先进陶瓷装甲的一个主要发展方向。

透明陶瓷。以单晶氧化铝（蓝宝石）、氮化铝和镁铝尖晶石为代表的透明陶瓷，因为具有很高的强度和硬度，同时兼具良好的光学性能，所以能替代防弹玻璃，在单兵防弹面罩、导弹探测窗口、车辆观察窗、潜艇潜望镜等军事装备上加以应用。由于能低成本制造大尺寸、复杂形状透明部件，这样的陶瓷，已被不少军事强国列为21世纪重点发展的光功能透明材料之一。

目前，无论是在军事上，还是在民用技术领域，陶瓷应用都极其广泛。可以预见，古老的矛与盾的故事，仍将在未来战场上演精彩的强强对决。

上图：防弹陶瓷块。左图：典型防弹陶瓷破坏倒锥。

坚定创新自信

军事科学院 张映辉 雷帅

论见

习主席5月29日给袁隆平、钟南山、叶培建等25位科技工作者代表回信时指出，要“弘扬优良传统，坚定创新自信”。谆谆嘱托、殷殷期望，给广大科技工作者以极大鼓舞。

爱因斯坦有句名言：“自信是迈向成功的第一步。”军事科研领域向来竞争激烈，充满挑战性、对抗性、风险性，只有时刻保持创新自信，才有可能抢占科技制高点。1955年10月，钱学森排除万难从美国回到祖国。有人问他：“中国人搞导弹行不行？”钱学森回答：“外国人能搞的，难道中国人不能搞？中国人比他们矮一截？”5年后，我国第一枚弹道导弹“东风一号”发射成功。时隔6年，我国第一枚导弹核武器试验成功。这就是中华民族优秀儿女的创新自信。

我们倡导的创新自信，既源自优良传统、深厚经验，更是一种崇高的精神品格。几十年来，从“两弹一星”、人工合成牛胰岛素，到高温超导、中微子震荡、载人航天、探月工程，我国的一些重要科研领域，瞄准国际一流科研水平，从“跟踪”到“并行”、再到“引领”，这一过程就是一个不断树立自信、巩固自信、实

现自信的过程。

经过多年努力，我国军事科研事业取得大的进步，一些重大创新成果竞相涌现。同时，也存在不少瓶颈和短板，制约着新质战斗力的生成和提升。直面差距、承认不足，知弱而图强、知耻而后勇，才是真正的清醒和自信。只要我们坚定信心、奋起直追，就没有什么能阻挡住我们自主创新的步伐。所谓的难点、痛点也完全可以转化为创新点、增长点。

袁隆平从事杂交水稻研究数十年，造福神州大地。如今，年届九旬的他仍怀一个“禾下乘凉梦”：水稻长得有高粱那么高……创新，要有目标，要有自信。今天，我们已经拥有坚固的科研“底盘”、健全的制度体制、独特的资源禀赋、过硬的人才队伍，这就积攒了敢于自信的底气，关键看有没有敢当当头、凤舞鹏翔的勇气。

真正的自信是一步步干出来的。当前，国防科技创新环境已经发生重大变化，正处在一个需要创新、必须创新的重要历史时期。难关当道，如果总想着这个有难度、那个有风险，遇事先露三分怯，则“终无收效之期”。只有树立“干大事”的信心，精神上挺直腰杆，实践中扑下身子，切实把心血灌注于复杂科学命题上，才能迎来重大科技突破的功成之日。

“走进”智能化战场

吴明曦 薛占峰



科普笔记·AI与军事

智能化战争时代，由于人工智能、大数据、云计算、无人系统、战争仿真等新技术新装备的大量应用，智能化战场的作战要素与生态系统将会完全重构，由“AI脑体系、分布式云、认知网、协同群、虚实端”等构成作战体系、集群系统和人机系统，各要素间融合、关联、交互特征明显。

AI脑体系。智能化战场由于各种军事需求和作战系统都需要AI模型与算法来决策或支撑，AI在军事中的应用将成为一个与作战平台和作战任务相生相伴、如影随形的体系。按能力，可分为小脑、群脑、中脑、混合脑和大脑等；按作战环节，可分为传感器AI、任务规划和决策AI、精确打击AI、智能防御AI和综合保障AI等；按形态，可分为嵌入式AI、云端AI和平行系统AI等。

小脑，主要指装备平台的嵌入式AI。重点执行战场环境探测、目标识别、精确打击、可控毁伤、装备自身维修和保障等任务。

群脑，主要指地面、空中、海上、水下、太空中，有人/无人协同、自主集群等系统的智能控制AI。重点执行战场环境协同感知、集群机动、集群打击和集群防御等任务。

中脑，主要指战场前沿一线分队指挥中心、数据中心、边缘计算的AI系统。在线和离线条件下，重点执行战术分队作战任务动态规划、自主决策与辅助决策。

混合脑，主要指成建制部队作战中人类指挥员与机器AI协同指挥和混合决策的系统。

中心的各类模型库和算法库。

分布式云。智能化战场需要建立分布式军事云系统，以便对战场信息进行搜索、采集、汇总、分析、计算、存储、分发和管理。

它主要有两大功能：一是为构建智能化作战的AI脑体系提供数据和计算支撑；二是为各类作战人员和武器平台提供战场信息、计算和数据保障。

认知网。智能化战场还需要建立在干扰条件下自动探测可用信道、自主组网认知网络通信系统，以实现多平台自动互联互通互操作。认知通信网络，主要利用天基通信网、军用移动通信网、数据链、新型通信网、民用通信网等动态、柔性组建。

协同群。该群将是未来智能化战场的主导力量。单一作战平台，无论战技性能多高、功能多强，也无法形成群体、数量规模上的优势。简单数量的堆积和规模的扩展，如果没有自主、协同、有序的智能元素，也是“一盘散沙”。为此，形成高效的协同群至关重要。

它主要包括三个方面：一是依托现有平台智能化改造，形成有人/无人协同群，其中以大中型作战平台为主构建；二是形成低成本、同质化、功能单一、种类不同的作战蜂群，其中以小型作战平台和弹药为主构建；三是形成人机融合、兼具生物和机器智能的仿生集群，其中以具有高度自主能力的仿人、仿爬行动物、仿飞禽动物、仿海洋生物为主构建。

虚实端。智能化战场的作战平台和人员等终端，都是与“云”“网”链接的节点。他们除了自身具备前端智能外，大量信息和决策建议都要靠后台云端来支撑，前端与云端互动成为一个虚实结构的系统，因而被称作虚实端。

大脑，主要指战区指挥中心、数据

新看点

高速磁浮工程技术取得突破

王威澄 本报特约通讯员 仲崇岭

乘坐以600公里/小时速度奔驰的列车是啥感觉？

前不久，就有这样一节高速磁浮试验样车，在上海同济大学磁浮试验线上风驰电掣般行驶。结果显示：快而平稳，试跑成功。这标志着我国高速磁浮工程技术取得重要突破。

据研发负责人披露，此次高速磁浮试验样车成功试跑，实现了从静态到动态运行的突破，获取大量关键数据；高

速磁浮系统及核心部件的关键性能得到初步验证，为后续高速磁浮工程样车的研制优化提供了重要技术支持。高速磁浮工程技术，是科技部国家重点研发计划“先进轨道交通”专项课题，汇聚了国内高铁、磁浮领域优势资源，联合30余家企业、高校、科研院所，

进行了近4年的科研攻关。

试验样车首次展开系统联合调试及多种工况下的动态运行试验，包括不同轨道梁以及道岔、小曲线、坡道、分区切换等，完成7大项200多个试验项目，对诸多关键性能进行了全面测试。从中可以看出，在多种工况试验条件下，车辆悬浮导向稳定，运行状态良好，各项关键技术指标符合设计要求，达到了设计预期。

作为一种新兴高速交通模式，高速磁浮列车具有高速快捷、安全可靠、运输力强、绿色环保、维护成本低等优点。它既可用于长途运输，在大型枢纽城市之间或城市群之间形成高速走廊；又适合于中短途客运，用于大城市通勤或城市群内相邻城市的连接。

从目前看，我国高铁最高运营速度为350公里/小时，民航客机巡航速度为

800~900公里/小时。高速磁浮列车以600公里/小时的速度，正好填补二者之间时速的空白点，形成梯度更加合理、高效、灵活便捷的多维交通架构，以满足不同人群的出行需求。

业内有关人士介绍，高速磁浮列车没有传统的“车轮”，采用的是“抱轨”运行方式，利用电磁力让车体悬浮在车道的导轨面上，无轮轨之间的摩擦，从而实现高速、脱轨和追尾的风险更低。

据了解，目前高速磁浮项目研发顺利，在试验样车成功试跑的同时，5节编组的工程样车研制也在稳步推进中。按照计划，高速磁浮工程样车预计在2020年底下线，届时将形成高速磁浮全套技术和工程化能力。

左图：高速磁浮试验样车。

