

风驰电掣，鹰击长空。刚刚闭幕的第十二届中国国际航空航天博览会上，各种战机“盛装”登场，一展雄姿。

速度与激情的背后，离不开战斗机一副“好身板”。很多人以为，战斗机生来就是铜头铁脑一身钢，不怕磕磕碰碰。事实恰恰相反，就算没有受到明显外力撞击，战机也很

容易受伤，需要精心保养。

说起飞机保养，很多人都会联想到汽车4S店的定期保养。与汽车的保养相比，战机保养要复杂得多，仅战机“皮肤”的养护，就有多道工序、需要多层涂装甚至还要实施“整容”手术。今天，我们就来聊聊战机的机体表面材料养护。

战机“护肤”那些事

■李超 谢啸天



战机的“皮肤”也娇嫩

和人的皮肤怕风吹日晒一样，战机的皮肤更怕日晒雨淋。假如不用“护肤品”，战机表面的材料很快就会起斑点和橘皮凹坑，进而大面积“毁容”。

为运载大量载荷上天和便于机动，制造飞机机体时使用的都是强度高、重量轻的材料。这些材料包括钛合金、铝合金以及超高强度的不锈钢等。迄今为止，制造飞机所用的材料中，金属材料仍然占到一半以上。

这类金属材料的优点和缺点都很显著。其优点是强度高，超声速飞行也不会令其折断。其缺点是特别怕腐蚀，自然界中无处不在的水汽、烟雾、雾霾都很容易侵蚀战机材料，不管这些材料是外露的，还是内置的。一旦战机材料生锈或者开裂，即便遇到不太大的载荷也可能发生断裂，进而严重危及战机飞行安全。

高强度铝合金广泛应用于战机体架、桁条、起落架、隔框和蒙皮等部位。在高温、高湿、高盐雾的热带海洋气候中，未加防护的战机暴露8天后，表面就会出现点状腐蚀凹坑。之后，凹坑从外到内迅速扩展。4个月后，材料表面形成鼓包。2年之后，表面出现分层剥离现象。如此一来，战机不仅表面损坏，材料内部也几乎被挖空。

其实，不仅是铝合金，钛合金和钢合金在一定情况下也会发生腐蚀现象。有“航空航天最佳材料”之称的钛

合金，就容易因不同液体浸泡而被腐蚀，或者因不同电位差金属接触造成电化学腐蚀。

钢合金的生锈，更是常见。这些现象充分说明，看似坚固无比的战机，其实也有致命“要穴”和“罩门”，在大自然的风吹雨淋下，照样会加速老化。

所以，一些国家的战机在沿海地区执行完低空任务后，要及时“洗澡”，通过地面上由喷水口组成的水幕，用淡水把机身上下冲个遍。这样做是为了避免机身上残留的盐分对机体表面材料造成腐蚀。

“护肤”，想要达标不容易

人类重视护肤是为了美观，而战机“护肤”很大程度上是为了“生存”。为给战机“延寿”，飞机设计师对战机的“皮肤”格外关照，开出了很多“美容方”加以养护。其中，最常用的方法就是给战机“擦粉”。

当然，飞机擦的“粉”可不简单。具体来说，那就是一层涂层。涂料，就是涂敷到物体表面上，干燥之后能结成坚韧完整的保护薄膜的物质。飞机部件在制造成型之后，大多要涂上多层涂料，比如底漆、面漆、防腐层。此外，还要给飞机敷上一层“面膜”，也就是外层涂装。

对于普通柔性的中低强度铝合金蒙皮，通常做法是在表面覆盖一层非常薄的纯铝作为保护膜。这个时候战机就可以“素颜朝天”，或者涂上客户喜欢

的颜色。假如不涂色，战机的外观就是银色的高反光镜面，很多民航飞机的外表就是这样。

对于强度较高的铝合金材料，大多采取“泡澡”方式处理，即进行阳极氧化处理。经过这道“美容”程序，材料表面会形成致密阳极氧化层。这层膜硬度高、耐磨性好、耐腐蚀能力强，可以使表层材料不太害怕风雨的侵蚀。阳极氧化层形成之后，材料会从热的良导体变成绝缘体，耐热性能大大提高，1500℃的高温都不在话下。同时，这层膜具有很强的吸附能力，可以在上面喷涂各种不同的保护漆，比如底漆或者面漆，会进一步延长材料在腐蚀环境下的寿命。这就是传统的飞机“美容术”。

这一层层的“粉”既“贵”又“重”，以民用的波音747飞机为例，装饰整机至少需要250千克涂料，对一架飞机进行彩色喷漆的费用最多可达20万美元。

“整容”，只为战场求生

随着高新科学技术的发展与投入运用，战斗机的“护肤”技术也在大步跟进。为提升战场生存率，战机甚至经历了从“护肤”到“整容”的巨变。

20世纪80年代，美军开始列装F-117“夜鹰”战机。“夜鹰”打开了战机隐身技术的大门，也把新的“护肤”方式呈现在世人面前。海湾战争中，“夜鹰”飞到了防守严密的伊拉克首都巴格达核心区域进行投弹，而伊拉克的雷达居

然毫无反应。之所以能实现“隐身”，是因为“夜鹰”成功进行了“整容”。

隐身飞机和普通飞机相比，机翼和机身做了特别的“剪裁”，大部分表面或者边缘都是倾斜而且相互平行的。这一设计，可以将前方的敌人雷达波反射到远离原方向的无害位置，而且飞机的雷达反射截面可缩减到未“剪裁”时的1%左右，使雷达发现距离极大缩短。

不仅如此，隐身飞机还运用了新型“护肤品”——隐身涂料。涂料在飞机隐身中起到的作用仅次于飞机的外形结构。常见的飞机隐身涂料包括雷达吸波涂料、红外吸波涂料、可见光吸波涂料、激光吸波涂料、声呐吸波涂料和多功能吸波涂料。

正常使用雷达隐身涂层，能使反射信号显著降低。美军的F-22“猛禽”战斗机使用的隐身材料多达6层。在与F-15“鹰”战斗机进行的空中模拟对抗中，即便“猛禽”飞到了目视距离，“鹰”的雷达仍然难以锁定它。这就是“整容”的威力。

但是，“猛禽”为此付出的代价也不小——其表面隐身涂层经常“掉粉”开裂。美军机务维护人员每天一半工作量都在给战机“补妆”，非常麻烦。为此机务人员调侃“猛禽”是“娇滴滴的机库皇后”。近年来，F-35“闪电”战斗机使用的涂层变得牢固而结实，不再需要经常给机身“补妆”。这也为各国“养护”战机提供了新的思路和借鉴。

上图：F-35战机采用了新一代隐身涂料技术，不再担心涂层的脱落问题。徐小丹摄影
本版投稿邮箱：jfbqbdq@163.com

兵器观察

近期，据德国媒体报道，去年新交付给德国联邦国防军(下文简称德军)的97件大型设备中，能使用的仅有38件，不足总数的40%。其中，71辆“美洲狮”装甲战车中只有27辆可用，8架A-400M运输机中只有4架可用，7架“虎”式攻击直升机中只有2架可用，4架“台风”战斗机中只有1架可用。这些数据不禁令人瞠目结舌——这还是那支在欧洲大陆数一数二的军队吗？德军的新兵器如此不中用，原因究竟何在？

德国军工质量急剧下降，造成武器装备整体质量堪忧。众所周知，无论是在民用还是军用领域，德国向来以精密的制造业闻名于世，很多经典的兵器均曾以“德国制造”为荣。然而，近年来“德国制造”这一光环却大为失色。去年年底，德国造船联合体制造的“巴登·符腾堡”号护卫舰遭德军退货返厂，原因令人啼笑皆非：该舰在长达1年的服役测试中暴露出的软硬件“重大缺陷”令德军“难以接受”。更为严重的是，在阿富汗作战期间，德军装备的G36突击步枪在高温环境下射击精度大幅下降，造成3名士兵阵亡。为此，德国国防部甚至与制造该枪械的黑科勒·科赫公司对簿公堂，要彻底淘汰掉G36突击步枪。2015年秋，德国军事历史与社会科学中心发表的一份调研报告指出，参加北约“三叉戟接点”演习的约800名德军士兵中，只有8名士兵完全信任自己的武器，高达43%的士兵对自己的武器“不完全信任”或“不是很相信”。由此可见，德军兵器质量问题的严重程度。

从深层来看，德军兵器出现的一系列问题，有装备本身设计制造的原因，更多的则是兵器以外的因素。

军队缺乏明确的任务牵引导致德军发展建设的迷茫。冷战结束后，德军经历了数次战略调整，逐步由处于冷战前沿的国土防御型军队，转变为更多参与国际事务的对外干预型军队。目前，德军一共参与了13项海外任务。其中，既有在联合国框架下的马里地区维和行动，也有在北约框架下的阿富汗地区国际反恐行动，还有欧盟框架下的欧洲集体防御任务。与过去专注于国土防御任务不同，这些多样化的海外任务目的不同、性质不同、行动样式不同，对军队建设的需求也

兵器不中用 板子该打谁

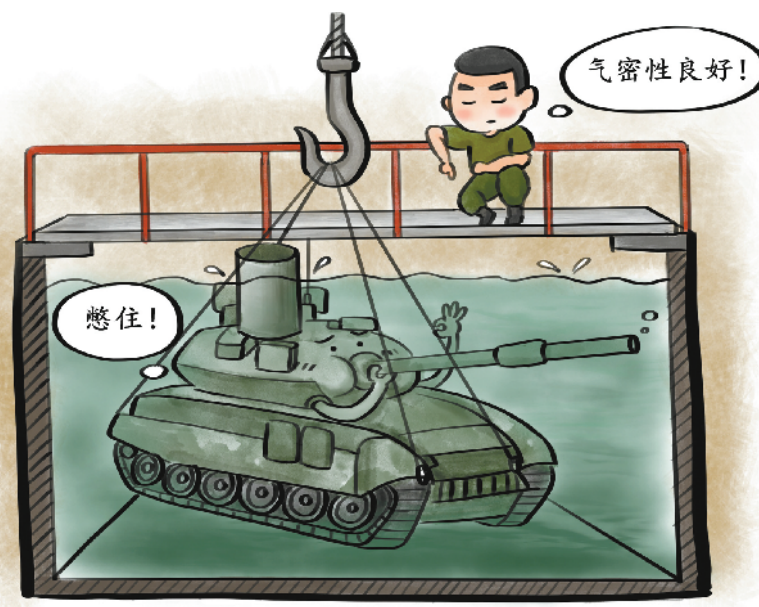
王鹏

不同。与多样化任务日益增多形成鲜明对比的是，德国在军事建设上始终没有明确的指向和目标，浪费了大量的军费。《德国之声》的一篇报道称，德国联邦审计署指责德军，由于多个武器装备合同中糟糕的项目管理，犯下严重错误，造成数千万欧元的损失。

德军内部导向偏差严重影响装备水平。除了兵器本身质量水平的高低，更值得关注的是使用和维修这些武器装备的官兵。2016年德军参加了北约在挪威举行的一次军事演习。在这场为期4周的演习中，部分德国士兵因为工作时间超过了规定的加班时间上限而离开。人员短缺和精神动力不足使德军的军事训练水平出现下滑。据德国联邦审计署统计，德军去年有900个已支付费用的模拟器飞行小时无人参训。

(作者单位：空军工程大学)

兵器沙龙



绘图：姜晨

给“钢甲巨兽”做试验

■刘建元 董佳亮

前不久，俄罗斯红星电视台采访了批量生产T-90坦克的乌拉尔车辆厂，并首次展示了该坦克整体密封防水试验的场景。电视画面显示，整只“钢甲巨兽”潜入水底，只露出通气管用于“呼吸”。试验过程中，平静的水面没有产生一丝气泡，标志着T-90顺利通过了气密性检测这一关。

实际上，所有战车在列装之前都要进行一系列性能试验，考察其各项参数指标是否符合作战需求。给“钢甲巨兽”做试验绝非易事。气密性测试属于能在试验室中完成的静态测量检验，只不过是一项非常常规的试验操作。为打造好用、管用、耐用、实用的战车，深度挖掘装备的极限性能，还要把战车扔到“战场”上，让它们实地跑起来——

寒冬腊月，战车冲入茫茫雪原，这是寒区试验，极寒条件是战车的“砺剑石”；炎炎夏日，战车疾驰在南国雨林，这是湿热试验，高温是战车的“炼

丹炉”；风沙肆虐，战车征战在雪域高原，这是高原试验，险远之地成为战车的“赛车场”。总之，只有饱尝苦辣酸，战车才能直面血雨腥风。参训人员则要常年陪着战车过“反候鸟式”的生活，称得上是不折不扣的“逆徒族”。

此外，工作人员还要对战车进行极限射击试验，来考察炮管的寿命；要对战车进行极限驾驶试验，来考察底盘的性能……各类试验轮番“开考”，哪一项成绩不合格，战车都无法拿到“准生证”，也就不能从试验场走向练兵场，进而走向未来战场。

随着科技的进步，试验技术也有了日新月异的发展，为进一步探索装备的性能边界提供了更多高技术支持。

当前，试验模式已逐渐从单维度测试升级为作战全要素检验。展望未来，虚拟试验、逻辑试验等新概念试验也指日可待，给“钢甲巨兽”做试验，将会更加全面严格、贴近实战。

兵器连连问

近日，一张图片在网上流传甚广——空军新型战机打开内埋弹舱，展示挂弹，彰显出中国空军的开放和自信。

兴奋之余，有读者疑惑，以前只听说过枪械和高射炮上有“弹仓”，还不知道战斗机上有“弹舱”一说。其实，“弹舱”与“弹仓”都属于军语，但使用场合不同。今天，我们就这个问题进行简要解答。

先说说“弹舱”。不少读者认为，“舱”带“舟”字旁，是船舶专用字。这样理解是片面的。《现代汉语词典》对

兵器中的“弹舱”与“弹仓”

■丁麒文 张风强

“舱”的解释是“船、飞机等内部载人或装东西的部分”。可见，“舱”不仅用于船舶，也用于飞机，如军用航空器上的驾驶舱、发动机舱、阻力伞舱、弹舱等，这些都被收录在《国防科技名词大典》中。

核潜艇内部有导弹舱，同样，在飞机上也有弹舱。弹舱又称武器舱，在早先的军用航空器中主要是指轰炸机专门用来装炸弹的舱。现代战斗机多采用专用的武器舱，把原先通常挂在机翼和机身外挂架上的弹药装在舱内，以提高隐身性能。设

计在机身内部靠近飞机重心处的弹舱，专业术语叫内埋弹舱。F-22等隐身战机的主弹舱和侧弹舱就采用了这种内埋设计。

那么，战斗机上的“弹舱”可以写作“弹仓”吗？近日，笔者咨询了多名航空专家，他们从专业角度分析认为，写作“弹舱”是规范的。另外，笔者了解到，航空兵部队飞行人员和机务人员的教材中使用的也是“弹舱”。

再说说“弹仓”。从《中国大百科全书》“轻武器”词条中，我们了解到

“19世纪下半叶出现弹仓”。《军事大辞典》专门对“弹仓”进行了解释：枪械上用于容纳射击备用枪弹，并能以其弹簧力将枪弹逐发输送到预备进膛位置的容器。弹仓一般分为固定式和分离式两种。

简言之，“弹仓”主要用于潜艇、战斗机等，而“弹仓”多用于枪械和榴弹炮等。广大军迷有所疑惑情有可原，但官兵们一定要规范使用军事语言。

要知道，战场上一字之差就可能贻误战机。