

机得到了优良的隐身性能,但失去了最佳的气动特性和载弹量.F-117A 隐身飞机的飞行速度最大为 0.8M,只及 F-15 飞机的三分之一(F-15 飞机的最大速度为 2.5M);F-117A 飞机在海湾战争中每次只能携带 907kg 的炸弹二枚,只及 F-15 飞机的四分之一(F-15 飞机的载弹量为 7.3t).另外隐身飞机的昂贵造价使人望而却步.F-117A 隐身飞机在 1992 年价为 1 亿多美元.B-2 隐身飞机的目前价为 10 亿美元.美国洛克希德公司完成了 F-117A 飞机的生产任务后立即关闭了生产线.B-2 隐身飞机至今没有一架服役.另外,由于隐身飞机的灵活机动性差,在它出战时,需要其他飞机护航,从这种意义上说,容易暴露战斗目标.总之,隐身

飞机作为一种新型武器系统受到军方青睐是不言而喻的,但也应看到它的不足之处,要一分为二地看待它.

参 考 文 献

- [1] C. G. Bachman, Radar Targets, Canda, (1982), 55.
- [2] 任济时、俞卞章,隐身技术, No. 3, (1991), 87.
- [3] J. R. Wait, Radio Science, 21-4(1986), 77.
- [4] 刘世才,光辐射测量技术,华东工学院出版社,(1985).
- [5] 陈衡,红外物理学,国防工业出版社,(1983).
- [6] P. L. Huolleston, IEEE Trans Antennas Propagat, AP-35-10(1987), 153.
- [7] J. K. Schindler, R. B. Mack, Proc. of the IEEE, 53 (1965), 125.

从军用新材料看物理学对军事的深远影响*

徐润君 陈心中

(解放军汽车管理学院,蚌埠 233011)

摘 要 通过新材料在军事领域中的应用介绍,分析了军用新材料对改善高技术武器装备物理性能和军事效能的作用,论述了物理学、新材料、军事三者之间相互影响、相互促进的密切关系,从而说明了物理学对现代军事高技术的发展起着举足轻重的作用.

关键词 物理学,新材料,武器装备

随着军事高技术的发展,现代武器装备的物理性能不断提高,对新材料的需求越来越迫切.实践证明,新材料是实现武器装备现代化的重要物质基础.然而,高技术材料的研制离不开物理学的理论依托.

1 现代武器装备要求坚(坚固)、强(威力强)、轻(自重轻),比重小、强度高的新型特殊材料是提高现代武器装备物理性能不可缺少的条件

高强度复合材料既增加了武器装备的抗冲击、防炸裂的性能,也减轻了武器装备的重量.60年代,美国在 F-111 等军用飞机上用硼纤

维增强环氧树脂复合材料作方向舵、水平安定面、机翼后缘等;70年代以后,美国在远程导弹上普遍采用芳香聚酰胺纤维增强复合材料,并将金属基复合材料广泛用于飞机和航天飞机,以提高其坚、强、轻的性能.研究结果表明,发动机的重量每减轻 1kg,飞机就可以减重 4kg,卫星的重量每减小 1kg,运载它的火箭就可减轻 500kg.美国于 1983 年 3 月 16 日开始装备部队.仅供美国陆军使用的“挑战者”主战坦克采用了结构新颖的“乔巴姆”陶瓷复合装甲,能有效地降低空心装药破甲弹的穿透能力.现

* 1996 年 1 月 17 日收到初稿,1996 年 3 月 18 日收到修改稿

代潜艇常采用可承受 5600—6300kg 力的高强度合金钢制的壳体,以使潜航深度达 300m,若使用强度更大的材料,潜深可以达到 600m 以下.因此,高强度复合材料是提高武器装备物理性能的重要途径.

2 现代武器装备要求快(快速)、稳(稳定)、精(精确),新型的信息材料使武器的制导、控制性能大大改善

在光电理论、量子物理基础上发展起来的敏感元件大大提高了武器装备的探测性能.例如红外制导方式(包括红外点源制导和成像制导)是通过红外敏感元件把被攻击目标的热辐射转换成反映空间目标位置的电信号,导导弹击中目标.红外点源制导系统的发展经历了三个阶段,探测元件由硫化铅(工作波段为 1—3 μm)改为碲化镉(工作波段为 3—5 μm)以及致冷后工作波段为 4.1—4.4 μm 的碲化镉.后者使导弹不再限于尾追攻击,可以在整个后半球(180°)甚至在 270°内进行攻击.这种红外点源制导方式被用于“响尾蛇”等导弹中.广泛用于各类战略、战术导弹的红外成像系统是通过敏感元件将目标的热辐射用电子方法将其变成热图像,如美国“海尔法”空地导弹制导系统由 32×32(1024)元碲化镉/硅混合焦面阵和一个多模跟踪器组成,能用双波段(3—5 和 8—12 μm)工作,抗干扰能力强.可以说,现代武器装备中所有的传感元件几乎都离不开物理学的力、热、光、电、磁效应.

以半导体材料为主的微电子材料、光学材料,尤其是集成电路技术的发展,既使武器装备小型化,也使计算机的性能更加完美,进一步提高了 C³I 系统¹⁾的指挥能力.1959 年生产集成电路以来,集成度每 10 年增加 250 倍.美国在 80 年代完成的超高速集成电路(VHSIC)计划,已使军用微电子系统进入 0.5 μm 的设计范围.随着集成度的提高,微电子技术的发展逐渐逼近目前的 0.1 μm 的物理极限.在微电子技术方面,日本不仅成功研制了 16 兆位、64 兆位芯片,

而且于 1991 年成功研制出世界上第一个 256 兆位芯片的存储元件,现正与美、德合作研制 256 兆位的超级动态随机存储器芯片.

在微电子技术基础上发展起来的微机电系统(MEMS)技术和纳米技术,将使人类在改造自然方面从微米层次进入原子、分子级的纳米层次,有可能导致制造技术乃至整个军事技术的一场革命.90 年代初,纳米技术刚一问世,立即引起了物理学家和军事家的共同关注.目前美国已经提出了像纳米卫星、微型战场信息传感系统等许多全新的武器系统概念.由此可见,由近代物理学引发的半导体物理、微电子技术和光电技术等,极大地提高了武器装备的智能化程度,而且,随着物理学理论新突破的不断出现,武器装备的现代化程度还将不断得到新的提高.

3 现代武器装备要求抗(抗干扰)、防(防侦察)、隐(隐蔽好),隐身复合材料是提高武器装备隐蔽性能的重要关键

目前,为防止雷达波的探测而采用的隐身复合材料主要分为结构复合材料、有源吸波材料和微波吸波涂料.结构复合材料有石墨/热塑性、硼/碳纤维、碳等复合材料.美国的先进战术战斗机采用的复合材料占全机重量的 50%.由环氧树脂基、碳纤维等复合材料构成的吸波材料,是通过把对方雷达波电能转化为热能而实现隐身目的.吸波涂料有铁氧体、陶瓷磁性吸波涂料、宽带高透磁率磁性吸波涂料介电材料. B-2 轰炸机则采用高度极化的聚合物,它吸波性能好,而重量只及铁氧体材料的 1/10,能吸收照射它上面的微波能量的 80%.此外,为了减少座舱对雷达波的强散射,除在结构上用气泡式外形设计外,还在飞机座舱罩上涂有特殊覆盖

1) C³I 系统又称为自动化指挥系统,是集指挥(command)、控制(control)、通信(communication)和情报(intelligence)为一体,供军事指挥人员在战争中掌握全面情况、迅速作出决策与下达行动命令的大型电子系统.

膜,以防止雷达波的反射.

为防止红外探测出现了反红外隐身燃料和反红外侦察涂料.反红外隐身燃料是通过在燃油中加入添加剂和在喷焰中加入吸收剂改变红外辐射频率的.除此之外,美国还在用分子重组技术研制吸热燃料,它吸热而不是放热,从而实现反红外探测目的.反红外侦察涂料包括红外反射涂层、漫散射伪装涂料、隔热泡沫塑料和中远红外伪装涂层等,如 B-1 隐身轰炸机、F-117 隐身攻击机都采用了相应的隐身材料.

为了防止对方的声纳探测,必须降低发动机的噪声.目前美、英、法国已研制出诸如玻璃纤维双层薄板、聚氨脂、聚硫橡胶等高性能消声材料,因而下一代潜艇将普遍敷设这种效果更好的消声瓦.

现代潜艇本身是一个巨大的磁性体,在一定的深度范围内,极易被对方的磁探测装置发现,为此,采用非磁材料制造艇体,采用强度更大的材料制成潜艇壳体,以增大下潜深度,是减少磁探测危险性的主要发展方向.

由此可见,以光、电、磁为主的物理效应成了现代武器装备隐身自卫的关键因素.当然,某一种吸波材料的使用,往往可以同时对几种不同的侦察波起着防护作用.

4 现代武器的能源装置要求高(高效能)、小(小体积)、新(新颖),新的能源材料不仅可以提高能源利用效率,而且可以提高武器装备的生存力

例如,喷气发动机的工作温度每提高 100 $^{\circ}\text{C}$,推力可提高 15%.储氢合金、光电转换材料等新能源材料将会引起军事能源的重大变革.例如,现役鱼雷的主要动力广泛采用银锌电池,其次是银镁电池,银锌电池比能为 55kW/kg,银镁电池比能为 110kW/kg,国际上认为最有前途的鱼雷电池是锂-亚硫酰(LI/SOCL₂)电池,该电池理论比能量约为银锌电池的 20 倍(目前可实现 8 倍左右),而成本仅为银锌电池的 1/5,把它用到鱼雷上,可比采用“奥

托”燃料的热动力鱼雷航速提高 70%,突破 100 节¹⁾,美国研究该种电池已进入实用阶段.美海军还在研究一种可充电的锂电池,用以代替氧化银/锌电池,最有希望的是锂/氧化钴电池.为了减少潜艇浮到水面给蓄电池充电而暴露目标的危险性,德国正在研制的燃料电池已接近实用阶段.燃料电池的特点是使用储存在潜艇中的低温金属氢化物所释放的氢与绝热罐中的液态氧进行化学反应产生的直流电推动潜艇在水下航行.目前,德国正在建造的 212 型潜艇将首次安装带有燃料电池的混合推进系统.

超导材料的使用将使武器装备达到一个新的飞跃.用超导材料制成的超导电机,单位重量比能大,效率达 98% 以上.美国人曾把 110kW 的超导电机装到 MK37 鱼雷上,雷速提高 80% (达 80 节),将它实际应用到鱼雷上,会使鱼雷推进有一个新的飞跃.潜艇的推进装置是其最大的噪声源,随着超导技术的突破和超导磁体材料的研制成功,人们可以使用一块巨型超导磁铁,通过磁场和电流的相互作用,对海水产生一个强大的作用力,将海水向船后快速排出,从而推动船只前进,由于它没有马达,没有齿轮和驱动轴,也不安装螺旋桨,因而几乎不产生噪声.目前,美、日已在水面船只上进行了多次成功的试验.当然,超导材料的实际应用还依赖于物理学的进一步发展.不难看出,物理学的发展正孕育着新能源的开拓和利用.

5 现代后勤装备要求广(适用范围广)、简(携带简便)、齐(功能齐备),新材料的发展也为改善军队的后勤装备提供了美好的前景

据报道,国外现在已经研制成功一种超薄型的铝涂层纺织品.这种铝纺织品的保温隔热性能特别好,用它制成的衣服既能防热又能防寒.当衣服的金属衬里朝外时,可以阻挡灼人的

1) 节为国际通用的航海速度单位.每小时航行 1 海里(约合 1.852km)称为 1 节.

阳光,当衣服的金属衬里朝内时,就能保温.这种衣服特别轻巧,野外作战的士兵用这种涂铝层纺织品制作的衣服、毯子、帐篷装备起来,可大大减轻装备的重量.例如,捷克斯洛伐克生产了一种有涂铝层的毯子,只有55g重,可以叠放在一个香烟盒里.美国于80年代开发出了一种“高尔泰克斯”军服新材料,这种材料是采用独特的拉膜技术将聚四氟乙烯塑料拉制成微孔薄膜,这些微孔的直径只有0.5—3.0 μm ,而人体蒸发的汗、雾、毛毛雨、中雨、大雨的水滴直径分别为0.0004,100,500,2000,3000 μm ,所以外界的水进不去,而人体蒸发的汗则可顺利地排出.“高尔泰克斯”材料技术被誉为“当今世界军服业的一项最新技术”,解决了冬服减重和提高冬服防风、防水、排汗、保暖性能的问题.日本陆军采用65%的芳族聚酰胺和35%的耐热处理棉纤维混纺织物研制的新型耐热迷彩作战服,12s内能承受800℃的高温,可大大减少战场烧伤伤员的发生.近20年来,外国军队相继开发出了“凯夫拉”纤维、高强度尼龙纤维、仿蜘蛛丝纤维、陶瓷材料等多种防弹材料,为单个士兵及武器装备的防护提供了重要条件.

随着新型医用材料的发展,将来几乎可以用各种新材料制造人体上的各种器官、组织,制造人造血液和皮肤,这可使战场上伤员的救活

率和治愈率大大提高.生物陶瓷、生物玻璃、碳素等无机材料的强度和耐磨性高,化学稳定性、持久性和生物相容性好,可用来制作各种人体植入器件,目前外国军队已试图利用生物陶瓷为后方医院的伤员进行器官置换.医用金属材料(特别是镍钛形状记忆合金)是一种具有特殊性能的新材料,可作为骨科和矫形外科的整形材料,美军快反部队战区已经试用.显而易见,在物理学、化学基础上研制出来的特种功能材料和生物分子材料,将在军事后勤中作出新的贡献.

综上所述,物理学、新材料、军事之间相互联系、交叉、制约、互补的关系日趋紧密.物理学的成果推动着新材料的研制,新材料的出现不断改变着现代武器装备的物理性能.高技术武器装备的发展,既得益于新材料与物理学的最新成果,也推动着现代物理学及新材料科学的发展.

参 考 文 献

- [1] 张延泉,现代军事,10(1995),17.
- [2] 陈心中、徐润君、刘海,军事高技术教程,解放军出版社,(1995).

(上接第704页)子趋向质子后引起体积收缩,在照射后6—9 μs 内产生超声振荡.在溶液中加入多L赖氨酸后超声振荡减弱,原因是质子被螺旋多聚体结合了.

5. 电荷注入器件(CID)

CID是一种和CCD类似的Si基阵列器件,它对200—800nm的光也有30%左右—50%左右的量子效率,因此适合在光谱仪上使用.CCD的一次读出过程使每个像素中的电荷全都消失,而CID读出时电荷可以保持不变,成为一种无损过程,它还可以根据需要选定

某些像素读出.这样,在CCD中强弱信号的信噪比差异很大,而CID中弱信号可以在更长时间积累后读出,也就是说CID的像素可以作为分开的探测器使用,因此强弱信号的信噪比可以相同.弱信号谱仪如Raman散射谱等对这种探测器特别有兴趣.1995年有一个小组将CID用于多毛细管电泳实验,显著缩短了DNA中基因排序的探测时间,获得了出色的结果.目前提供CCD的厂家很多,但能制造CID的目前只有一家.

(吴自勤 根据Laser Focus World 1996年3月号S5—S38上5篇文章编译)