

玻璃钢在军事领域的应用

□ 丁知因

人类使用复合材料的历史可以追溯到远古时代。早在六千年前，陕西半坡人就知道用稻草与泥土混合，得到既优于稻草、又优于泥土的筑墙材料；元代的弓是用木材、纤维、牛角几种材料巧妙复合而制成的武器；古埃及人在公元前已经利用把木材重新排列做成与现代胶合板相似的叠层材料；这是原始而古老的复合材料。

作为近代复合材料之一的玻璃钢是从本世纪40年代、第二次世界大战时期发展起来的。玻璃钢是以玻璃纤维(如玻璃纤维织物、短切毡、玻璃纤维毡)为增强材料，以合成树脂(如聚酯树脂、环氧树脂)为基体而制成的一种复合材料。不同树脂和不同玻璃纤维制品复合，可以做成各式各样性能不同的玻璃钢产品。

玻璃钢一经问世，就以其优异的性能向各个领域渗透，在国外许多国家有着迅速、长期、稳固地发展。同其它新材料、新技术一样，它首先用于军事目的，特别是航空、航天领域，随后向民用方面发展。

美国从1935年起，玻璃纤维的制造有了较大的发展，1938年成立欧文斯·康宁玻璃纤维公司，这是世界上第一家玻璃纤维企业；1939年发明了低压不饱和聚酯树脂；1944年，美国空军发展中心设计制造了一架主要构件是玻璃钢的飞机，且试飞成功；美国海军于1946年建造了世界上最早的长8.53米聚酯玻璃钢工作艇，以后又规定长30米以下的船体一律采用玻璃纤维复合材料制造。另外，美国的XM 202型66毫米4管发射器的发射筒，XM73式81毫米反坦克火箭发射筒，M68型105毫米炮管热护套均由玻璃钢制成。

50年代以后，美国开始研制火箭发动机外壳并采用玻璃钢结构。“北极星A 3”潜地导弹的一、二级发动机壳体 and “红石”导弹第一节壳体也是用玻璃钢(聚氰氨)制造的。

英国、法国、德国、意大利、前苏联等相继在飞机、导弹、潜艇、坦克、火炮上采用了这种复合材料。

进入70年代，玻璃钢船舶发展较快，西方各主要工业国都朝大型化方向发展，尤其是玻璃钢扫雷艇，其长度在40米以上的有美国MS0号，前苏联“卓娅”号、“安德留莎”号，意大利“勒里希”号，英国“威尔顿”号和“布莱康”号，其中“布莱康”号则是当代世界上最大的扫雷艇，居世界领先地位。美国的“毕加索”号攻击艇(水翼艇)最高航速可达103节，速度之快令世人惊叹！

中国玻璃钢工业起步较晚，但发展迅猛，在国防建设上越来越显示出强大的生命力。玻璃钢飞机螺旋桨、风叶片，迫击炮座板、送弹器、炮管热护套，弹药引信体上的引信体、击针杆，“长二捆”火箭发动机壳体和碳/石英或碳/碳复合材料制成的洲际导弹端头防热帽、发动机喷管等均采用玻璃钢制造。

玻璃钢在舰船和武器装备中也发挥着重要的作用。中国继1958年在上海首先研制成功聚酯玻璃钢工作艇以来，在玻璃钢扫雷艇、军用冲锋舟、救生艇、巡逻艇、侦察艇，潜艇用声纳导流罩，某护卫舰上的雷达罩，双100毫米、双37毫米舰炮炮塔(见图)，HQ 61B舰对空导弹发射筒盖等均又相继采用这种材料制造。

玻璃钢复合材料有着其它许多材料不可比拟的优点。首先，它的密度在1.4~2.0g/cm³之间，只有钢的1/4~1/5，比铝小1/3左右，比强度超过一般钢材、合金钢、铝合金。因此，在火箭、导弹等要求减轻重量、提高效率的构件及产品中，具有卓越的成效。由“北极星”潜地导弹的一、二级发动机壳体所用材料与射程的关系，不难看到这种材料的优越性。“北极星”A 3一、二级结构比A 1的钢质发动机壳体减轻重量50%~60%。使成本降低了66%，射程增加一倍。而美国航天飞机每减轻结构重量1千克，其发射费用可降低15000美元。对于卫星来说，减少卫星的结构重量所占卫星总重量的比例已成为衡量卫星技术的重要标志之一。

玻璃钢不仅具有电绝缘性能好，在高频作用下仍能保持良好的介电性能，而且具有不受电磁作用，不反射无线电波，微波透过性好等优点。

对于飞机、舰船、地面雷达站的天线罩来说，要求所用材料既要有良好的电磁波透波率(一般要求透波率在75%~95%以上)，又不影响信号的接收或反射，同时还要有高的强度，耐腐蚀、老化等性能，而玻璃钢正是具有这些优良性能的佼佼者。近代复合材料的第一个产品就是1940年制造的军用飞机的雷达天线罩。中国生产的雷达罩，最大的直径达44米，它能抵御45米/秒的风速，透波率为95%以上。

玻璃钢的导热系数相当低，只有金属的1/100~1/1000，有些玻璃钢的耐瞬时高温性能十分突出，是一种很好的耐烧蚀隔热材料。如美国“发现者”号航天飞机使用尼龙/酚醛或玻璃钢蜂窝加强的低密度烧蚀材料。它可起到有效保护航天飞机在穿越大气层时能够承受5000~10000K的高温高速气流的作用。

玻璃钢具有轻质高强、绝缘、耐蚀、耐热、隔音、防振等优点，成型工艺简单、方便，生产周期短，是一种功能和结构特性兼具的新型材料。但是，玻璃钢也同其它材料一样，有一些缺陷和不足。其一是弹性模量小，只有钢的1/10，即比模量小。因此，在玻璃钢结构中，常感刚性不足而出现较大的变形。在工程上，为了满足结构刚度的需要，可以采用曲面结构、夹层、加强肋的形式，或使用高强度、高模量的纤维，如石墨、克夫拉。这是近年来研究、开发的一些新型高性能纤维复合材料。法国“幻影”2000尾翼及操纵面是用硼和石墨复合材料制成的，美国“三叉戟”潜对地远程导弹的一、二、三级固体结构采用克夫拉替代玻璃纤维的复合材料后，重量减轻了35%以上，此一项使射程增加了500千米。值得一提的是8客座“里尔·芳”2100小型客机几乎全部用石墨增强复合材料制造，80客座波音767大型客机也用高性能纤维复合材料作主承力件，这极大地推动了复合材料在重要构件上的应用。

另外，玻璃钢长期耐高温性与金属相比，相差甚远，它的机械强度会有明显下降。即使耐高温玻璃钢如脂族环氧玻璃钢、双马来聚酰亚胺玻璃钢，长期工作温度只能在200~300℃之内。但玻璃钢的低温性能是良好的。它不会像金属材料那样出现低温脆性，有试验表明-70℃左右玻璃钢层板的冲击韧性有随温度下降而上升的趋

势。

玻璃钢作为结构材料具有轻质高强等一系列的优良性能是在正确的设计、合理的成型工艺条件下才能确立的。

玻璃钢的突出特点是各向异性，在不同的方向上有不同的力学性能，它的材料和产品是在同一工艺流程中同时形成的。它更适用于整体成型及对形状复杂、不必定型的产品，使之减少零件数目，避免接头过多，降低应力集中。

玻璃钢产品的力学、物理性能除了取决于纤维、树脂的种类及体积含量外，它的成型方法也是决定的因素。在设计上，根据玻璃钢的性能可设计性，人们可以通过合理的铺层设计(纤维排列方向、铺层次序、层次)，得到强度和刚度较为合理的结构。因为大多数构件所承受的不只是一个方向的应力。在铺贴工艺中，一般来说， 0° 层纤维主要承受主方向的正载荷， $\pm 45^\circ$ 层承受相对于该轴的扭矩， 90° 层承受横向载荷，使之满足产品的技术要求，实现产品的优化设计。

玻璃钢作为现代复合材料的开路先锋，从20世纪中叶开始兴起，已经走过了半个世纪的路程，成为极其重要的工程材料。从发展情况来看，与高性能复合材料相比，玻璃钢的材料来源广泛，价格低廉，工艺日趋完善，使玻璃钢在复合材料大家庭中所占的地位显得更加重要，并将得到进一步的发展。展望未来，复合材料将会是21世纪材料世界的主宰，人类正在迎接复合材料的时代。

[选择本期文章题目](#)



MSEO

