



玻璃钢雕塑人物造型 玻璃钢雕塑动物造型 玻璃钢雕塑植物造型 玻璃钢雕塑工艺品

玻璃钢雕塑 是雕塑的一种**成品**类型，玻璃钢雕塑具有质轻耐腐蚀，成本相对较低的特点。玻璃钢又称 **FRP**，学称纤维增强塑料，国内在习惯上称之为**玻璃钢**。它是以**合成树脂**为**基体材料**，以玻璃纤维及其制品为增强材料组成的**复合材料**。**玻璃钢**制作工艺：成品**制作**前，先将所要制作的产品用特定泥塑材料造出相应要制作的产品，在**泥塑**稿制作完成后，翻制石膏外模，然后将玻璃钢（即树脂和**玻璃丝布**的结合物）涂刷在外模内部。等其干透后打开外模，经过合模的程序，获得玻璃钢雕塑成品。但玻璃钢雕塑在室外经过太阳的暴晒和风蚀，一般 **25** 年以上就开始有变形，基本能满足使用条件。

以**合成树脂**作基体材料的一种复合材料。复合材料的概念是指一种材料不能满足使用要求，需要由两种或两种以上的材料复合在一起，组成另一种能满足人们要求的材料，即复合材料。例如，单一种玻璃纤维，虽然强度很高，但纤维间是松散的，只能承受拉力，不能承受弯曲、剪切和压应力，还不易做成固定的几何形状，是松软体。如果用合成树脂把它们粘合在一起，可以做成各种具有固定形状的坚硬制品，既能承受**拉应力**，又可承受弯曲、压缩和**剪切应力**。这就组成了玻璃纤维增强的塑料基复合材料。由于其强度相当于钢材，又含有玻璃组分，也具有玻璃那样的色泽、形体、耐腐蚀、电绝缘、隔热等性能，象玻璃那样，历史上形成了这个通俗易懂的名称**玻璃钢**，这个名词是由原国家建筑材料工业部部长赖际发同志于**1958** 年提出的，由建材系统扩至全国，玻璃钢的含义就是指玻璃纤维作增强材料、**合成树脂**作粘结剂的**增强塑料**，国外称**玻璃纤维增强塑料**。随着我国玻璃钢事业的发展，作为塑料基的增强材料，已由玻璃纤维扩大到**碳纤维**、**硼纤维**、**芳纶纤维**、**氧化铝纤维**和**碳化硅纤维**等，无疑地这些新型纤维制成的增强塑料，是一些高性能的**纤维增强复合材料**，再用玻璃钢这个俗称就无法概括了。考虑到历史的由来和发展，通常采用玻璃钢复合材料，这样一个名称就较全面了。

玻璃钢制品多年来经过研究试验，终于制出了这样一种复合材料。它就是能与钢铁比肩而立的**玻璃钢**。我们先来看一个试验，了解了解它的性能优良与否。

在一个群山环抱、绿树成荫的山谷里，一次试验正在进行。远在二百米以外的掩体后的人们，眼睛都盯着山谷中央放着一个氧气瓶。**空气压缩机**有节奏地转动着，通过合金钢管道向那氧气瓶不断地充气。压力表上的指针牵动着每个人的心。读数从 **100—200—400—500** 渐渐上升，直到 **700** 公斤 **1** 平方厘米时，只听得一声震天巨响，氧气瓶爆炸了！周围的人们欢呼着跳起来：“成功了！”

氧气瓶是一种耐高压容器。它所承受的工作压力是 **150** 公斤/平方厘米。为了使用安全，制造时要求它能忍受三倍的工作压力，即 **450** 公斤/平方厘米。不爆裂，才算合格。上面试验的氧气瓶，远远超出了设计要求。这是用什么钢材制成的呢？是玻璃钢，更为确切的说，是玻璃与塑料复合在一起制成的。

玻璃是硬而脆的材料，一摔就碎，这带有玻璃名的玻璃钢经得起摔吗？于是又进行了新的试验。

将另一只玻璃钢氧气瓶充气到 **150** 公斤/平方厘米，然后从山顶上滚下山谷。它与嶙峋的岩石碰撞着，一直滚到谷底仍然没有爆裂。玻璃钢氧气瓶经过了质量鉴定考试。

一般玻璃的耐拉强度只有**普通钢材**的八分之一。把玻璃融化，拉成只有头发直径的十几分之一那么细的玻璃纤维，原来又硬又易碎的玻璃就变成了又软又耐拉的玻璃纤维，其耐拉强度可增加十几倍。

水泥块耐压，钢材耐拉。用钢材作筋骨，水泥砂石作肌肉，让它们凝为一体，互相取长补短，变得坚强无比，这就是**钢筋混凝土**。同样，如我们用玻璃纤维作筋骨，用**合成树脂**（**酚醛塑料**、环氧树脂及**聚酯树脂**）作肌肉，让它们凝为一体，制成的材料，其**抗拉强度**可与钢材相媲美，因此得名叫玻璃钢

玻璃钢雕塑石膏模



石膏模特点是耐热、价廉、导热系数小、复印性好。一般用于制作母模。制造方便，适于大型制品。但是不耐用，怕冲击，干燥慢。多用于单一产品以及线型复杂的产品，如浮雕、中小型尺寸圆雕等。所用的石膏多为半水石膏即熟石膏。与水泥模一样，可用砖头、木材做骨架基础，再覆以石膏层造型。为了提高刚度，防止裂纹，可在石膏中加入足够的填料，如加入石英，可减少收缩和裂纹，加入水泥(石膏:水泥=7:3)增加强度。也有人提出用石膏加入适量乳胶，用水稀释来制模，强度好，不起粉等。

石膏模可用作低熔点合金模的母模，在热态下浇铸合金。用石膏母模翻制石膏铸型(子模)时，母模表面要涂以分离剂，如钾皂溶液、变压器油、食用油、20%硬脂酸+80%煤油，或汽油+凡士林等。石膏模可用带水笔蘸取石膏粉进行修补。石膏模烘干工艺是:(60~120)℃/(4~5)L，自然冷却后用金相砂纸轻轻抛光，然后再以(100~150)℃/(8~10)L，(200~230)℃/(20~24)L 烘干

玻璃钢雕塑石蜡膜

石蜡膜用于数量不多或者线型复杂、不易脱模的产品。比如，要制造一个整体式弯管，包括90°弯管，可用两个弯头哈夫作母模，在内90°腔注满石蜡后，脱去哈夫母模后，将石蜡模芯稍加修整，然后在外壁包覆玻璃钢，固化后加热，使石蜡熔化流出，即可得到一个整体的玻璃钢产品。

为了减少收缩变形，提高刚度，可在石蜡中加入5%左右的硬脂酸。制造方便，脱模容易，石蜡可反复利用。但精度不高。另一种用法:湿法卷管时，可将钢管浸到70~80℃熔化的石蜡中，提起来冷却后再浸，反复进行，直到所需厚度时，表面稍加修整，即可包覆玻璃钢，为防止石蜡开裂，可在蜡中加入少量黄油。也可在蜡的外面包覆一层薄的玻璃纸，以此作为模芯，玻璃钢固化后，加热钢管石蜡熔化即可脱模。

混凝土模

混凝土模多用于线型规则和重复使用次数少的产品，如螺旋形、波形、圆形、拱形或立体槽状产品。成本低，刚性好，可用砖头砌成基础，再覆以水泥砂浆，进行打磨、上腻子，再经过打磨、抛光、喷漆等措施。这种水泥模可直接用于生产玻璃钢制品，也可用于翻制玻璃钢模具的母模。水泥模干燥慢，即使在正常条件下，也要一周以上才能进行涂漆等表面施工。 [2]

玻璃钢雕塑木模

木模主要用于线形较平直的大型产品。木模可以直接用来作为玻璃钢产品的成型模具，也可作为翻制玻璃钢模具的过渡母模。用于制作模具的木材有红松、银杏、杉木等，要求含水量达15%，并且不易收缩变形，无节。木模制作后，可涂上0.2~0.3 毫米厚度的树脂(表面腻子)，再用水砂纸由粗到细打磨四次，最后一次用800#或1000#砂纸打光，再涂上抛光膏用抛光器抛光，再打上石蜡，木模即成。也可直接在木模上刷油漆、罩光来制造木模。 [2]

玻璃钢雕塑金属模

金属模特别是钢模，一般用于尺寸小、批量大的模压产品。如制作玻璃钢平板时表面光洁的不锈钢板；制作型材时用角钢、槽钢。因为模压产品不仅要加压，还要加热。也有用于外形不复杂的大型产品。黄铜虽是常见金属，但因易受树脂辅助剂侵蚀，并会对树脂固化产生不利影响，除非在工作面已镀铬或其他金属的场合，否则不宜采用。金属模具的制造加工很困难、成本高。另有低熔点合金模其成分是:Zn 93%、Al4%、Cu3%、Mg 0.5%，当温度为50~80℃时，合金硬度(HB)为100左右。其流动性好，耐磨性差，适于制造形状复杂、花纹精细的塑料成型模腔，使用温度一般>80℃。另一种低熔点金属是58%铋，42%锡，熔点135℃。低熔点合金模的优点是制模周期短、工艺简单，可重复使用。

玻璃钢轻质高强：相对密度在1.5~2.0之间，只有碳钢的1/4~1/5，可是拉伸强度却接近，甚至超过碳素钢，而比强度可以与高级合金钢相比。因此，在航空、火箭、宇宙飞行器、高压容器以及在其他需要减轻



自重的制品应用中，都具有卓越成效。某些环氧 **FRP** 的拉伸、弯曲和**压缩强度**均能达到 **400Mpa** 以上。部分材料的密度、强度和比强度见表 1-1。

玻璃钢耐腐蚀性能好：**FRP** 是良好的耐腐材料，对大气、水和一般浓度的酸、碱、盐以及多种油类和溶剂都有较好的抵抗能力。已应用到化工防腐的各个方面，正在取代碳钢、不锈钢、木材、有色金属等。

玻璃钢电性能好：是优良的绝缘材料，用来制造绝缘体。高频下仍能保护良好**介电性**。微波透过性良好，已广泛用于雷达天线罩。

玻璃钢热性能良好：**FRP** **热导率**低，室温下为 $1.25\sim 1.67\text{kJ}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{K})$ ，只有金属的 $1/100\sim 1/1000$ ，是优良的**绝热材料**。在瞬时超高温情况下，是理想的**热防护**和耐**烧蚀材料**，能保护宇宙飞行器在 2000°C 以上承受**高速气流**的冲刷。

可设计性好：

①可以根据需要，灵活地设计出各种结构产品，来满足使用要求，可以使产品有很好的整体性。

②可以充分选择材料来满足产品的性能，如：可以设计出耐腐的，耐瞬时高温的、产品某方向上有特别高强度的、**介电性**好的，等等。

工艺性优良：

①可以根据产品的形状、技术要求、用途及数量来灵活地选择成型工艺。

②工艺简单，可以一次成型，经济效果突出，尤其对形状复杂、不易成型的数量少的产品，更突出它的工艺优越性。

玻璃钢的不足有以下几点：

弹性模量低，**FRP** 的弹性模量比木材大两倍，但比钢 ($E=2.1\times 10^6$) 小 **10** 倍，因此在产品结构中常感到刚性不足，容易变形。可以做成**薄壳结构**、夹层结构，也可通过高**模量**纤维或者做**加强筋**等形式来弥补。

长期耐温性差，一般 **FRP** 不能在高温下长期使用，通用聚酯 **FRP** 在 50°C 以上强度就明显下降，一般只在 100°C 以下使用；通用型环氧 **FRP** 在 60°C 以上，强度有明显下降。但可以选择**耐高温树脂**，使长期工作温度在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 是可能的。

老化现象，老化现象是塑料的共同缺陷，**FRP** 也不例外，在紫外线、风沙雨雪、化学介质、**机械应力**等作用下容易导致性能下降。

层间剪切强度低，层间剪切强度是靠树脂来承担的，所以很低。可以通过选择工艺、使用**偶联剂**等方法来提高层间**粘结力**，最主要的是在产品的设计时，尽量避免使层间受剪。

玻璃钢基本上分两大类，即湿法接触型和干法加压成型。如按工艺特点来分，有**手糊成型**、**层压成型**、**RTM** 法、挤拉法、**模压成型**、**缠绕成型**等。手糊成型又包括手糊法、袋压法、喷射法、湿糊低压法和无模手糊法。

世界上使用最多的成型方法有以下四种。①手糊法：主要使用国家有挪威、日本、英国、丹麦等。

②喷射法：主要使用国家有瑞典、美国、挪威等。

③**模压法**：主要使用国家有德国等。



④RTM 法（树脂传递模塑）：主要使用国家有欧美各国、日本。

还有：纤维缠绕成型法 拉挤成型法 和 热压灌成型法 等等

我国有 90% 以上的 FRP 产品是手糊法生产的，其他有模压法、缠绕法、层压法等。日本的手糊法仍占 50%。从世界各国来看，手糊法仍占相当比重，说明它仍有生命力。手糊法的特点是用湿态树脂成型，设备简单，费用少，一次能糊 10m 以上的整体产品。缺点是机械化程度低，生产周期长，质量不稳定，我国从国外引进了挤拉、喷涂、缠绕等工艺设备，随着 FRP 工业的发展，新的工艺方法将会不断出现。

1、是裁料。一般所用工具是电剪刀，它可裁 2mm 以下的薄板，但裁出后平整程度不好。还有裁板机，厚板、薄板均可裁出，但只能裁直线，遇到弧线就无能为力了。要让不锈钢板料裁下既平整又多种形状的话，就要用等离子切割机了。等离子切割机利用高等离子去切割用普通氧气切割法难以切割的金属。由于将电流和气体通入用水冷却的特种喷嘴内，造成强烈的压缩电弧而形成温度极高（一万度以上）等离子流，所以切割出来的不锈钢板料即整齐又不变形。注意，下料时手一定要稳，否则就会把料割坏。材料切割完毕后，就要根据作品所要求的形体进行刨制。不要让板面留有硬伤，以免在作品抛光后留下缺憾。

2、是制作碳钢板雕塑、不锈钢板雕塑的一种方法。碳钢板、不锈钢板不拿到模具上实打实地去敲，而是根据石膏模型每个部分不同的形状把料下出，依照其起伏变化，进行有意识地敲打，该弯的地方敲弯，该棱的地方敲棱，可在任何有形的结实的物体上进行敲打，然后把敲好的不锈钢板拿到模具上去比较，认为形体正确并完全可以与模型合上，再把这些零散的碳钢板、不锈钢板从上至下一块块焊接起来，每接上一块都要对着模具进行调整，每块不锈钢板表面的肌理效果都要保持相同，这须在做形的同时锻制上去。也可以先把点锻好再下料。锻点时要用铁锤的圆头均匀地有规律地一排排锻上，宽窄距离、用力大小都要一致，不要乱敲，否则会破坏雕塑的整体感。

3、形体锻造正确后，就要依照作品要求把它们焊接到一起（有电焊和氩弧焊）。电焊要准备电焊机、焊把、焊条。由于焊接时产生高度的光，对眼睛有强刺激，所以要戴好防护罩，避免被强光打伤。用电焊焊接，不锈钢板遇热变形程度较大，因此要采取一些措施，如可先进行点焊或一边焊一边进行冷却等。氩弧焊相对电焊就要优越一些，它是一种气保护电弧焊接法，用氩气保护连接处受电弧熔化的金属，避免空气中的氧和氮的有害作用。氩弧焊按所用电极材料不同，又可分为有熔化极氩弧焊和非熔化极氩弧焊或钨极氩弧焊，在不锈钢雕塑焊接中，常用钨极氩弧焊，可得到优良焊接质量。由于它不易导热，所以不锈钢变形较上。

4、碳钢板、不锈钢抛光首先用砂轮片把制作作品的焊缝和多余的地方磨平，然后用软轮（布轮）进行抛制，抛光时作品涂上抛光膏增加润滑，使作品抛出来更光亮，从而给人一种良好的视觉美感。

5、较大型的造型简易的不锈钢雕塑，也可不用焊接。可根据作品的形体比例直接做好钢筋骨架，用电钻在设计好的位置上打眼，把不锈钢板用铆钉固定在骨架上就可以了。这种方法要求骨架比例尺寸计算得非常准确，接缝要对的很准，否则就会产生差异，达不到预期的效果。

玻璃钢是近五十多年来发展迅速的一种复合材料。玻璃纤维的产量的 70% 都是用来制造玻璃钢。玻璃钢硬度高，比钢材轻得多。喷气式飞机上用它作油箱和管道，可减轻飞机的重量。登上月球的宇航员们，他们身上背着微型氧气瓶，也是用玻璃钢制成的。玻璃钢加工容易，不锈不烂，不需油漆。我国已广泛采用玻璃钢制造各种小型汽艇、救生艇、游艇，以及汽车制造业等，节约了不少钢材。

可制作玻璃钢瓦，又称透明瓦。是和钢结构配套使用的采光材料，其主要由高性能上膜、强化聚脂和玻璃纤维组成，其中上膜要起到很好的抗紫外线抗静电的作用，抗紫外线是为了保护 FRP 采光板的聚酯不发黄老化，过早失透光特性。抗静电是为了保证表面的灰尘轻易被雨水冲走或被风吹走，维持清洁美观



的表面。由于其稳定的质量、经久耐用的特点，深受顾客的欢迎，产品可广泛使用在工业/商业/民用建筑额屋面和墙面

电影界用来做道具，既方便快捷，又省成本。可以仿制很多种材料效果。受到人们的欢迎。化工厂也采用**酚醛树脂**的**玻璃钢**代替不锈钢做各种耐腐蚀设备，大大延长了设备寿命。玻璃钢无磁性，不阻挡电磁波通过。用它来做导弹的雷达罩，就好比给导弹戴上了一副**防护眼镜**，既不阻挡雷达的“视线”，又起到防护作用。许多导弹和地面雷达站的**雷达罩**都是玻璃钢制造的。进入 21 世纪，根据玻璃钢的良好的透波性，这个方面的性能，随着手机通讯的广泛流行，玻璃钢广泛被应用于制造 2G 和 3G 天线外罩，玻璃钢以其良好的可成形性能，外观的可美化性，起到了很好的小区美化作用，这方面的产品有方柱线罩，仿真石，野外应用的美化树等玻璃钢还为提高体育运动的水乎立下了汗马功劳。自从有**撑竿跳高**这项运动以来，运动员使用木制撑竿创造的最高纪录是 3.05 米。后来使用了竹竿。到一九四二年，把纪录提高到了 4.77 米。竹竿的优点是轻而富有弹性，欠缺之处是下端粗而上端细，再要提高记录有很大困难，于是人们又用铝合金竿代替竹竿，它虽然轻而牢固，但弹性不足。这样，从一九四二年到一九五七年，十五年时间，撑竿跳高的最高纪录仅仅提高了 1 厘米。但自从新的玻璃钢撑竿出现以后，由于它轻而富于弹性，纪录飞速上升，如今的撑杆跳高纪录已经超过了 6 米大关。在今天，**玻璃钢**也被大量应用在人们的生活方面，人们亲切地把它叫“玻璃钢”，由于它的某些特殊品种仍能保留许多玻璃的优点，如透明性，于是人们用它作为窗户玻璃，既能遮挡阳光中的紫外线，又能使居室明亮。人们还把它用来制作各种坚固耐用的生活日常用品。如浴具、厨房用具、梳洗用具等。 [4]

玻璃钢是复合材料的一种，玻璃钢材料因其独特的性能优势，已在航空航天、铁道铁路、装饰建筑、家居家具、广告展示、工艺礼品、建材卫浴、游艇泊船、体育用材、环卫工程等等相关十多个行业中广泛应用，并深受赞誉，成为材料行业中新时代商家的需求宠儿。**玻璃钢制品**也不同于**传统材料**制品，在性能、用途、寿命属性上大大优于传统制品。其易造型、可定制、色彩随意调配的特点，深受商家和销售者的青睐，占有越来越大的市场比分，前景广阔！

具体有如下这些行业：黑色冶金业、有色冶金业、电力行业、煤炭业、石油化工、化学工业、机电工业、纺织工业、汽车及摩托车制造业、铁路业、船舶工业、建筑业、轻工业、食品工业、电子工业、邮电业、文化、体育及娱乐业、农业、商业、医药卫生业，及军工及民用应用等各个方面的应用领域。

涉及这些产业部门应用的主要玻璃钢产品类别，有：矿山通风设备、**炼焦**及相关设备、稀土冶炼及**铁合金冶炼**相关设备、冷轧及**电镀设备**，输变电设备、**风力发电**设备、火力发电用水管、冷却水设备、电力管理及维修工器具，煤矿风筒、**隔爆水袋**、防爆装置，**石油开采**相关部件及设备、石油化工设备，化工设备、化工建筑用材、矿山通风设备，电动机部件、零配件、电镀设备、**风力发电机**及部件，纺织印染设备、设施及部件，汽车制造用材及部件、汽车维修用材、摩托车制造用材及部件，铁路机车车辆用材及相关设施、**铁路信号**系统用材及相关部件，各种各类江河湖海船艇、大型钢船艇配套零部件及附属设施，建筑设施及用材、卫生间、厨房、门窗、波形瓦、冷却塔、建筑通风空调设施、**建筑模板**等，轻工日用化学及造纸业用的相关设施、家用电器、酒类、制革、家俱用材，食品贮罐用途，电子工业用设备、生活消费品用材及电子设备配件，邮电电信器材配套设施，体育器械、游乐器材及相关设施，农业**喷灌设备**、暖房温室、农机具配件、冷库、水产养殖，商业柜台、商业包装箱、商用**冷藏库**，医药工业设施及医疗卫生用途等等。

玻璃钢雕塑工艺品

玻璃钢雕塑 是雕塑的一种**成品**类型，玻璃钢雕塑具有质轻，耐腐蚀，成本相对较低的特点。玻璃钢又称 **FRP**，学称纤维增强塑料，国内在习惯上称之为**玻璃钢**。它是以**合成树脂**为**基体材料**，以玻璃纤维及其制品为增强材料组成的**复合材料**。**玻璃钢**制作工艺：成品**制作**前，先将所要制作的产品用特定泥塑材料造



出相应要制作的产品，在泥塑稿制作完成后，翻制石膏外模，然后将玻璃钢（即树脂和玻璃丝布的结合物）涂刷在外模内部。等其干透后打开外模，经过合模的程序，获得玻璃钢雕塑成品。但玻璃钢雕塑在室外经过太阳的暴晒和风蚀，一般五年以上就开始有变形，脆弱易裂的缺点。

玻璃钢雕塑是雕塑的一种成品类型。具有质轻，耐腐蚀，成本相对较低的特点。玻璃钢又称 FRP，学称纤维增强塑料，国内在习惯上称之为玻璃钢。它是以合成树脂为基体材料，以玻璃纤维及其制品为增强材料组成的复合材料。玻璃钢学名玻璃纤维增强塑料。它是以玻璃纤维及其制品（玻璃布、带、毡、纱等）作为增强材料。以合成树脂作基体材料的一种复合材料。复合材料的概念是指一种材料不能满足使用要求，需要由两种或两种以上的材料复合在一起，组成另一种能满足人们要求的材料，即复合材料。例如，单一一种玻璃纤维，虽然强度很高，但纤维间是松散的，只能承受拉力，不能承受弯曲、剪切和压应力，还不易做成固定的几何形状，是松软体。如果用合成树脂把它们粘合在一起，可以做成各种具有固定形状的坚硬制品，既能承受拉应力，又可承受弯曲、压缩和剪切应力。这就组成了玻璃纤维增强的塑料基复合材料。由于其强度相当于钢材，又含有玻璃组分，也具有玻璃那样的色泽、形体、耐腐蚀、电绝缘、隔热等性能，象玻璃那样，历史上形成了这个通俗易懂的名称“玻璃钢”，这个名词是由原国家建筑材料工业部部长赖际发同志于 1958 年提出的，由建材系统扩至全国，玻璃钢的含义就是指玻璃纤维作增强材料、合成树脂作粘结剂的增强塑料，国外称玻璃纤维增强塑料。随着我国玻璃钢事业的发展，作为塑料基的增强材料，已由玻璃纤维扩大到碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、氧化铝纤维和碳化硅纤维等，无疑地，这些新型纤维制成的增强塑料，是一些高性能的纤维增强复合材料，再用玻璃钢这个俗称就无法概括了。考虑到历史的由来和发展，通常采用玻璃钢复合材料，这样一个名称就较全面了。

优点：轻质高强

相对密度在 1.5~2.0 之间，只有碳钢的 1/4~1/5，可是拉伸强度却接近，甚至超过碳素钢，而比强度可以与高级合金钢相比。因此，在航空、火箭、宇宙飞行器、高压容器以及其他需要减轻自重的制品应用中，都具有卓越成效。某些环氧 FRP 的拉伸、弯曲和压缩强度均能达到 400Mpa 以上。部分材料的密度、强度和比强度见表 1-1。

耐腐蚀性能好

FRP 是良好的耐腐材料，对大气、水和一般浓度的酸、碱、盐以及多种油类和溶剂都有较好的抵抗能力。已应用到化工防腐的各个方面，正在取代碳钢、不锈钢、木材、有色金属等。

电性能好

是优良的绝缘材料，用来制造绝缘体。高频下仍能保护良好介电性。微波透过性良好，已广泛用于雷达天线罩。

热性能良好



FRP 热导率低，室温下为 $1.25\sim 1.67\text{kJ}/(\text{m}\cdot\text{h}\cdot\text{K})$ ，只有金属的 $1/100\sim 1/1000$ ，是优良的绝热材料。在瞬时超高温情况下，是理想的热防护和耐烧蚀材料，能保护宇宙飞行器在 2000°C 以上承受高速气流的冲刷。

可设计性好

①可以根据需要，灵活地设计出各种结构产品，来满足使用要求，可以使产品有很好的整体性。

②可以充分选择材料来满足产品的性能，如：可以设计出耐腐的，耐瞬时高温的、产品某方向上有特别高强度的、介电性好的，等等。

工艺性优良

①可以根据产品的形状、技术要求、用途及数量来灵活地选择成型工艺。

②工艺简单，可以一次成型，经济效果突出，尤其对形状复杂、不易成型的数量少的产品，更突出它的工艺优越性。

生产方法

基本上分两大类，即湿法接触型和干法加压成型。如按工艺特点来分，有手糊成型、层压成型、RTM法、挤拉法、模压成型、缠绕成型等。手糊成型又包括手糊法、袋压法、喷射法、湿糊低压法和无模手糊法。

世界上使用最多的成型方法有以下四种。①手糊法：主要使用国家有挪威、日本、英国、丹麦等。

②喷射法：主要使用国家有瑞典、美国、挪威等。

③模压法：主要使用国家有德国等。

④RTM法（树脂传递模塑）：主要使用国家有欧美各国、日本。

还有：纤维缠绕成型法 拉挤成型法 和 热压灌成型法 等等

我国有 90%以上的 FRP 产品是手糊法生产的，其他有模压法、缠绕法、层压法等。日本的手糊法仍占 50%。从世界各国来看，手糊法仍占相当比重，说明它仍有生命力。手糊法的特点是用湿态树脂成型，设备简单，费用少，一次能糊 10m 以上的整体产品。缺点是机械化程度低，生产周期长，质量不稳定，我国从国外引进了挤拉、喷涂、缠绕等工艺设备，随着 FRP 工业的发展，新的工艺方法将会不断出现。



