

## 长纤维增强热塑性复合材料

为了满足汽车工业发展的种种要求，与传统金属材料的使用相比，越来越多的非金属材料被广泛地使用到汽车的生产当中，包括工程塑料，橡胶，热固性、热塑性玻璃钢材料等。而由于工程塑料和热塑性玻璃钢材料所具备的可回收性和很高的力学性能，这些材料越来越多的被设计和应用到汽车工业中，目前国际上已把汽车对工程塑料的用量，作为衡量一个国家汽车工业水平的重要标志之一。在汽车机械强度要求高的领域，短纤维增强热塑性复合材料，如短纤维增强PA、ABS等，已经得到很多的应用，但随着对部件强度及生产加工工艺性要求的提高，长纤维增强热塑性复合材料（LFT）愈加广泛地被使用到汽车工业中。

所谓长纤维增强热塑性复合材料（LFT），就是通过利用不同的方法如电缆包覆、在线挤出等方法，和PP、PA、PET等树脂复合，用长纤维代替原来的短纤维，得到复合材料粒料或板材，再通过注射或模压工艺，或者在线混合后直接采用注射或模压成型，生产出机械性能更高的汽车结构件，像前端模块、保险杠、仪表盘、备用轮胎衬板等。LFT与短纤维增强复合材料的主要区别，也就是优点在于采用LFT制备的产品中纤维长度很长，一般为2-3mm，甚至可以达到10mm以上，则与短纤维增强复合材料制备的产品的0.5mm左右的纤维长度有了显著的提高。以电缆包覆生产料粒，然后进行注射或模压加工的，称LFT-G，而以在线混合挤出成为板材半成品，然后模压成型的，称为LFT-S，以在线混合挤出，然后直接注射或模压成型的，称为LFT-D。

### 1. LFT与金属比较

和金属材料相比，LFT材料有非常低的密度和非常高的比强度，制品加工方法较灵活，材料回收率高，相对材料的成本较低，部件的功能性和整体性很高，LFT的部件加工设备如挤出机、注射机或压机、打孔安装设备、模具，相比昂贵的金属冲击设备和模具来说，其成本是很低的，尤其是在生产批量不大的车型时，LFT更体现出优异的经济性。因此，与钢制结构件相比，LFT使产品重量减轻了很多，并拥有部件合并性能，这样可以降低成本。

### 2. LFT与短玻纤增强塑料比较

和传统的短玻纤增强塑料相比，具备特殊的螺杆、模头及切割器设计和浸润剂配方的LFT技术可以得到10mm以上的料粒或片材，纤维长度和料粒长度相当，让玻璃纤维在最终制品中拥有更长的玻璃纤维长度。一般的短纤维增强，在经过螺杆、注射口、模腔内流动这三个过程后，纤维的长度下降的非常厉害，最终制品中的纤维平均长度已经不到1mm，因此对制品的力学性能的帮助非常有限。而注射成型的LFT技术，最终测试制品内的玻璃纤维平均长度仍然不低于2mm，而模压成型的LFT技术，最终测试制品内的玻璃纤维平均长度可以达到10mm或者更高，因此大大提高了制品的机械性能。和短纤维增强的结构件相比，抗冲击、抗蠕变性更好，抗热性能也更优异。

### 3. LFT与GMT比较

一般GMT适合生产结构较简单的产品。采用LFT-G/P进行注射成型，料粒的价格低于GMT片材价格，由于注射模具比模压模具有更高的精确度和完整性，可加工结构复杂、有很多孔、嵌件的部件，同时浪费较少。而采用LFT-B模压成型的方法，模腔内时间一般只有120s甚至更低，LFT-B的预热、流动性优于GMT，需要的压机吨位明显低于GMT，并且LFT-B的价格低于GMT。边角料回收容易，加工成本低，制品的厚度更薄，以及生产效率高，这使得LFT-B的加工比GMT有着更低的成本。

从制品中的纤维分布看，GMT由于纤维和PP的相容性及受压时的流动性原因，玻璃纤维在部件中的分部均匀性不是很高，尤其在制品的边角处，PP的含量非常高而纤维含量非常少，造成局部强度不够，而通常边角处都需要打孔，安装，因此会产生一些后处理的问题。LFT则不存在这些问题，实验证明，采用LFT工艺生产的制品，在烧去PP后，剩下的纤维仍有非常好的分布状态，一些机械性能的测试数据也表明，LFT的机械性能完全优于GMT。

#### 4.LFT与SMC比较

一般SMC可以成型的产品，LFT-B都可以成型。如果在原有的SMC生产设备上加工LFT产品，只需要添置用于LFT-B预热的烘箱设备。SMC由于存在储存时间短，产品不能回收利用的缺点，而LFT-B没有储存期的问题，并且由于原材料为热塑性塑料，可以完全回收利用。通过工艺和配方的改进，LFT-B完全可以在SMC原来的成型压机上进行模压成型复杂零件，如前端 / 水箱框架、仪表板等，简单零件如发动机吸音罩 / 底护板、车身底板的成型更加容易。

由于SMC大量添加了填料，使得其密度一般在1.8左右，而LFT-B的一般密度为1.2左右，相同的产品，采用LFT-B制作的质量更轻，可以减少2/3。SMC制品模压成型时，由于树脂固化的需要，生产周期长，制品的生产成本增加，而采用LFT-B模压成型的方法，模腔内时间一般只有120s甚至更低。SMC的生产环境恶劣，生产现场充满了苯乙烯的刺鼻气味，而LFT-B的生产现场环境良好，没有明显的气味。虽然LFT-B的价格高于SMC，但是综合成本可以和SMC相当。

SMC中大量填料的存在，严重损害了它的韧性，使得SMC产品很脆，而LFT-B采用长纤维增强热塑性塑料，具有良好的韧性。同时，LFT-B的其他力学性能也可以达到SMC的水平。

GMT是玻璃纤维毡增强热塑性复合材料的简称。它采用玻璃纤维针刺毡，形式通俗的讲与棉花胎或者地毯接近。加工时，采用三层PP薄膜两层玻璃纤维毡交替的方式，放入双钢带成型设备中，加热使PP薄膜熔融，同时施加压力使PP熔体渗透进玻璃纤维毡，然后冷却固化制备产品。其主要应用在汽车，还有其他用途，具体有：

**1) 汽车零部件：**保险杠横梁、座椅骨架、前端、仪表板骨架、电瓶托架、发动机罩、踏脚板、护板、行李托架、备用轮胎架等40多种

- 2) **建筑模板**：现浇模板、预制件模板
- 3) **包装箱**：集装箱底板与侧板
- 4) **体育场馆与体育运动器材**：座椅、滑雪板等
- 5) **化工设备**：防腐塔器部件、过滤机、反应器内件等
- 6) **家用电器**：空调户外机罩，电缆栅、架等。

与LFT比较，GMT的主要缺点在于原材料成本高，玻璃纤维毡需要15000元 / 吨左右；生产成本高，PP树脂经过熔融制成薄膜，然后再加热熔融以及冷却，消耗了能量，同时，双钢带成型设备消耗大量的热量；成型压力高，由于玻璃纤维毡采用连续纤维毡，流动能力差，难以成型，采用短切纤维毡的GMT，流动能力有所改善，但是国内的短切纤维毡性能差，会使得GMT的力学性能降低。

SMC是板状模塑料的简称，其为热固性不饱和聚酯树脂和短切玻璃纤维复合而成。由于采用热固性不饱和聚酯为原料，产品具有一定的保质期，一般为3-6个月；同时SMC原料中含有苯乙烯等交联剂，容易散发刺鼻气味，工作环境恶劣；再次，SMC采用了大量的填料来降低成本，韧性低，容易破裂，并且密度大，在 $1.7-1.9\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ；最重要的，SMC不能回收利用，不利于环保。

#### **LFT与SMC比较**

由于浸渍前聚合反应已经完成，因此预浸料稳定、无存放时限，且无特殊的存放条件要求。

生产过程中无化学反应，加工成型短，热量消耗低，人工省，投入少。

边角料可以重新融化利用。

GMT片材储存期长达几年，而玻璃钢原料储存期只有三个月

吸湿率低（小于1%），因此高温、高湿下仍能保持良好的力学性能。

以线性树脂为基材，因而韧性高，比热固性的高10倍以上，提高了强度和拉伸性，有良好的抗冲击性能。

热塑性树脂中的结晶性，增强了复合材料的抗化学腐蚀性和环境适应能力。