

环氧树脂复合材料的分类组成特性以及应用

日期：2008-03-03

复合材料是由基体材料和增强材料复合而成的多相体系固体材料。它充分发挥了各组材料的特点和潜在能力，通过各组分的合理匹配和协同作用，呈现出原来单一材料(均质材料、单相材料)所不具有的优异的新性能，从而达到对材料某些性能的综合要求。复合材料的出现在材料发展史上具有划时代的意义。受到国内外的极大重视。其发展之迅猛在历史上是空前的。已在工业、农业、交通、军事、科学技术和人民生活等各个领域广为应用。尤其是在航空、航天等尖端技术领域已成为不可缺少的重要的结构材料。无怪乎有人认为 21 世纪将进入“复合材料时代”。

热固性树脂基复合材料是目前研究得最多、应用得最广的一种复合材料。它具有质量轻、强度高、模量大、耐腐蚀性好、电性能优异、原料来源广泛，加工成型简便、生产效率高等特点，并具有材料可设计性以及其他一些特殊性能，如减振、消音、透电磁波、隐身、耐烧蚀等特性，已成为国民经济、国防建设和科技发展中无法取代的重要材料。在热固性树脂基复合材料中使用最多的树脂仍然是酚醛树脂、不饱和聚酯树脂和环氧树脂这三大热固性树脂。这三种树脂性能各有特点：酚醛树脂的耐热性较高、耐酸性好、固化速度快，但较脆、需高压成型；不饱和聚酯树脂的工艺性好、价格最低，但性能较差；环氧树脂的粘结强度和内聚强度高，耐腐蚀性及介电性能优异，综合性能最好，但价格较贵。因此，在实际工程中环氧树脂复合材料多用于对使用性能要求高的场合，如用作结构材料、耐腐蚀材料、电绝缘材料及透波材料等。

1、环氧树脂复合材料的分类

环氧树脂复合材料(简称环氧复合材料，也有人称为环氧增强塑料)的品种很多，其名称、含义和分类方法也没有完全统一，但大体上讲可按以下方法分类。(1)按用途可分为环氧结构复合材料、环氧功能复合材料和环氧功能型结构复合材料。结构复合材料是通过组成材料力学性能的复合，使之能用作受力结构材料，并能按受力情况设计和制造材料，以达到材料性能规格的最佳状态。功能复合材料是通过组成材料其他性能(如光、电、热、耐腐蚀等)的复合，以得到具有某种理想功能的材料。例如环氧树脂覆铜板、环氧树脂电子塑封料、雷达罩等。需要指出的是，无论使用的是材料的哪一种功能性，都必须具有必要的力学性能，否则再好的功能材料也没有实用性。已有些功能材料同时还要有很高的强度，如高压绝缘子芯棒，要求绝缘性和强度都很高，是一种绝缘性结构复合材料。

(2)按成型压力可分为高压成型材料(成型压力 5—30MPa)，如环氧工程塑料及

环氧层压塑料；低压成型材料(成型压力 $<2.5\text{MPa}$)，如环氧玻璃钢和高性能环氧复合材料。玻璃钢和高性能复合材料由于制件尺寸较大(可达几个 m^2)、型面通常不是平面，所以不宜用高压成型。否则模具造价太高，压机吨位太大，因而成本太贵。

(3)按环氧复合材料阶性能、成型方法、产品及应用领域的特点，并照顾到习惯上的名称综合考虑可分为：环氧树脂工程塑料、环氧树脂层压塑料、环氧树脂玻璃钢(通用型环氧树脂复合材料)及环氧树脂结构复合材料。

2、环氧树脂复合材料的组成

环氧树脂复合材料是由环氧树脂基体、增强材料及二者的界面层所组成。

(1)环氧树脂基体 它是环氧树脂胶液的固化物。环氧树脂胶液是由环氧树脂、固化剂以及促进剂、改性剂、稀释剂、偶联剂和其他助剂组成。根据不同的使用及工艺要求进行选配。

(2)增强材料 多采用纤维及其织物，以及微粒状(粉状)材料。增强效果一般随增强材料长径比的增大而增大。微粒材料的增强效果较低，多用于功能性的复合，如 SiO_2 粉用于绝缘料，胶体石墨用于塑料轴承等。但是，随着当前纳米级材料的迅速开发与应用，预计其增强效果和功能性复合效果将会有大幅度提高。大量采用的纤维材料是玻璃纤维及其织物。早期曾用过棉织物，因来源的限制，现在除特殊需要外已很少应用。也可采用化学纤维如聚酯纤维等。在环氧工程塑料中多采用短玻璃纤维，也可使用石棉纤维、棉纤维等。在高性能环氧复合材料中主要采用碳纤维，以及它与芳纶纤维、高强玻璃纤维的混杂纤维。在雷达罩中除了采用E—玻璃纤维和D—玻璃纤维外，还可采用介电性能更好的石英纤维。

(3)环氧树脂基体与增强材料的界面层 在环氧树脂与增强材料复合的过程中，在它们之间形成了界面层。界面层的结构及性能与环氧树脂基体及增强材料都不相同。高质量的界面层性能保证了基体和纤维潜在能力的高度发挥和复合效应的充分实现。

3、环氧树脂复合材料的特性

(1)密度小，比强度和比模量高。高模量碳纤维环氧复合材料的比强度为钢的5倍、铝合金的4倍，钻合金的3.2倍。其比模量是钢、铝合金、钛合金的5.5—6倍。因此，在强度和刚度相同的情况下碳纤维环氧复合材料构件的重量可以大大减轻。这在节省能源、提高构件的使用性能方面，是现有任何金属材料所不能相比的。

(2)疲劳强度高，破损安全特性好。环氧复合材料在静载荷或疲劳载荷作用下，首先在最薄弱处出现损伤，如横向裂纹、界面脱胶、分层、纤维断裂等。然而众多的纤维和界面会阻止或延缓裂纹的扩展，基体会迅速把载荷重新分配并通过界面传递到未断纤维上，使整个构件能继续承载，不会立即整体断裂。在疲

劳过程中裂纹扩展很慢，直到疲劳寿命的 90% 左右才迅速断裂。整体断裂前有明显预兆，所以破损安全特性好。而金属材料在疲劳载荷下常常是没有明显预兆的突发性破坏。

(3) 减振性能好。结构的自振频率除了与结构本身形状有关外，还与材料的比模量的平方根成正比。环氧复合材料具有高的比模量，因此也具有高的自振频率。高的自振频率不易引起工作时的共振，这就可以避免因共振而产生的早期破损。同时，复合材料中纤维与基体间的界面具有吸振能力，因此它的振动阻尼很高。对形状和尺寸相同的轻金属合金梁及碳纤维复合材料梁进行振动试验，轻合金梁需 9s 才能停止振动，而复合材料梁只需 2.5s 就静止了。

(4) 耐腐蚀性能、介电性能、透电磁波性能及综合性能好。耐热性亦较好。

(5) 可用模具一次成型整体构件，从而减少了零部件、紧固件和接头数目，改善了受力状态，节省了原材料，减轻了构件的重量。所用工装简单，生产周期短，成本可大大降低。

(6) 各向异性及材料性能的可设计性。这是复合材料，尤其是高性能复合材料的突出特点。可根据工程结构的载荷分布及使用条件进行复合材料的配方设计和铺层设计。合理地、有效地发挥各组成材料的作用和潜在性能，满足材料性能的预定要求，实现构件的优化设计，做到安全可靠、经济合理。

(7) 环氧复合材料的主要缺点是：材料性能的分散性较大，耐老化性较差，耐湿热性不很高，横向性能和层间剪切强度不够好。

4、环氧树脂复合材料的应用

环氧树脂工程塑料主要用于要求强度高、冲击韧性好、具有一定耐热性等综合性能的工程塑料零部件。如火箭尾翼片、穿甲弹弹托、声纳鳍板等。还用作功能性塑料，如电子元件的塑封材料、水润滑塑料轴承等。

环氧树脂层压塑料主要用作电机、电器的绝缘结构件。其中环氧覆铜板的用量极大。环氧树脂玻璃钢主要用作耐腐蚀容器，如贮罐、槽车、电解槽、酸洗塔等，也用作雷达罩。

高性能环氧复合材料主要用作飞机、卫星、航天器等的结构件，固体火箭发动机壳体，以及高级体育用品如球拍、球棒、钓鱼杆、赛艇等。