

不饱和聚酯短切玻璃纤维复合材料SMC及DMC

哈尔滨绝缘材料厂 张庆生

内 容 提 要

随着科学技术的发展，人们使用了各种各样的材料，从单一材料演变到复合材料，本文着重叙述了复合材料所具有的单一材料本身不可能具备的各种优越性能。在我国复合材料正在发展，而不饱和聚酯短切玻璃纤维复合材料更是处于突飞猛进的阶段。它已作为结构材料在汽车中譬如汽车门及火车中譬如火车窗框等得到广泛应用，作为绝缘结构材料在低压开关及高压电器中的应用刚刚开始，因为它具有连续纤维复合材料的力学特性又更好的模压性能，所以是一种值得推荐的新兴材料。本文从应用的角度介绍了不饱和聚酯短切玻璃纤维复合材料的性能，应用方法及应用范围，并简单叙述了它的制造原理及方法。

一、什么是复合材料

人类和动物的区别之一是使用各种工具，工具是由材料制造的，人类几千年的文明进化史就是各种材料的选择使用史。自从有了人类为了自身生存的需要向大自然进行斗争，首先使用了石器，以后使用了铜器然后再使用了铁器。如果再分细一些，可以从旧石器时代、新石器时代、青铜器时代等等。材料不断在改进，给人类带来了文明，可以说没有材料上的不断改进，就没有文明，也就没有今天的人类。但是尽管材料在进步，绝大部分使用的都是单一的材料，各种单一材料都有它自己独特的优点，也有它不可克服的缺点和弱点，随着使用中不断增长和发展的要求，有时单一材料往往就不能满足使用中功能上的需要，这样就逐步发展出复合型材料。

什么是复合材料？宏观地说两种或两种以上的材料互相以自己固有的单一材料的形状组合在一起，而这种组合只是物理上的结合并没有发生化学反应，这种材料就是复合材料。水泥的发明是人类的一个很大的进步，没有水泥就没有工程的概念，但是单一的水泥本身强度是不高的，只有水泥中加入鹅卵石和砂子并且按一定比例搭配起来，强度才能发挥出来，以后又以定向的钢筋在混凝土中增强，使钢筋混凝土的强度得到了最大的发挥。可以看到它的强度和功能都不是单一水泥、砂子、钢筋本身所能具备的，钢筋混凝土的性能不单继承了原来组分各自材料的优点并且发扬了综合性的组合优点，而这些优

点都不是单一材料本身能达到的，所以钢筋混凝土就是一种复合材料。

另外既称为复合材料，就是由各种不同材料组合在一起，这样各种不同种类的材料选择，选用不同形状，不同数量（即配比），纤维方向的布置以及不同加工方法和工艺的采用就可获得具有各种不同性能，满足不同要求的各种各样的复合材料。可以这样说没有现代多种多样复合材料的出现，就没有现代的科学技术，也就没有现代的文明生活。

二、玻璃纤维增强复合材料

以木粉增强酚醛树脂而得酚醛塑料，以棉布或纤维纸增强酚醛树脂而得酚醛层压布板或层压纸板，都是复合材料，而不饱和聚酯玻璃纤维复合材料是复合材料中的佼佼者。

玻璃纤维的出现给复合材料带来了划时代的跃进，在我国玻璃纤维是在1958年大跃进中产生的，1960年玻璃纤维增强的层压板复合材料就已经生产出来。在我国由于历史上的原因习惯于使用环氧树脂为胶粘剂，而不饱和聚酯树脂价格比环氧树脂便宜，在国际上得到大量采用。60年代不饱和聚酯玻璃纤维增强复合材料得到迅速发展，即所谓玻璃钢在各个工业领域得到广泛的应用。有人统计目前世界上玻璃纤维增强的复合材料制品已多达40,000种左右。从航天用的载人舱到家庭用的彩电，录音机等家用电器，从可装载上百吨甲醛，氨水，盐酸的贮缸到滑雪仗雪橇等都可用玻璃纤维增强复合材料来制造。

在日本1986年玻璃纤维复合材料的产量

(表1)

性能	E玻璃	碳纤维	硼纤维	不锈钢	铝
ρ 比重	2.54	1.74	2.52	7.9	2.71
S抗张强度 Mpa	3450	2240	3450	2400	290
S/ρ 强度 10^3 m	135.8	129	136.9	30.3	10.7
E杨氏模量 Mpa	73,000	250,000	400,000	207,000	73,000
E/ρ 比刚度	2.87	14.3	15.8	2.62	2.69

从上表中可知碳纤维与硼纤维是比玻璃纤维更好的材料，但由于价格太贵只局限于少量特殊用途的产品中。

3.自由的可设计性，复合材料是由各种单一材料组成的，可通过选择玻璃纤维的种类，玻璃纤维的用量以及它在复合材料中配置的位置和方向来适应产品独特要求，复合材料根据需要可做到各向异性或均匀一致的产品。这一点是复合材料最突出之点。

4.尺寸稳定性，以复合材料制造的零部件及绝缘结构件在各种机械及环境条件下形状尺寸能相当稳定的保持不变。复合材料可以根据需要设计不同的收缩率。

中等收缩率 0.15-0.25%

低收缩率 0.07-0.1%

无收缩率 <0.05%

5.卓越的耐潮及耐腐蚀性，这种材料的吸水性一般在20mg以下，可以做盛水的容器，可在水中长期使用，浸水后机械及电气性能几乎不变。

6.足够的阻燃性与防霉性，电气产品的安全要求材料有足够的阻燃或滞燃性，现在已经可以做到符合UL标准V₀级，(阻燃最高级)，氧指数可以控制在35%以上，如添加特殊阻燃剂可以做到不低于40%。

电工产品出口到东南亚，要求产品在潮湿温热地区不长霉，不饱和聚酯玻璃纤维复合材料是不长霉的。

7.可着色性，不饱和聚酯玻璃纤维复合材料本身是白色，可以根据需要染成各种颜色，并且这种颜色事先调配在复合材料中，成型后经久耐用而不变色，省却了表面涂漆的事后处理。

是300,000吨，而在我国从1980年到1986年中每年递增约29%，1986年总产量是67,000吨，大致可在七个部门得到应用：

1.建材工业：屋面板及隔板、瓦楞板、波纹板、简易活动房、汽车库。浴池、浴盆、洗手盆、窗户框及门、冷却水塔、风扇叶片、喷水池、灯罩、塑雕、护棚及冷藏间等。

2.电讯工业：立柱及支撑梁、各种规格的天线及雷达罩、各种通讯器材及仪表等。

3.海运工业：渔船、各种作业船、海边养殖船及设施、救生船及气垫船等。

4.化学工业：各种需要防腐蚀的管路及配件、过滤器、耐酸贮罐、各种固定用容器及运输罐、耐酸阀门及排污烟窗等。

5.交通运输工业：汽车车身、运输卡车的车厢、冷藏车、火车车厢中的配件如椅子、桌子、窗户框、铁路上的天桥及信号站等。

6.能源工业：风扇叶片、轴流风机叶片、煤矿中各种工具及支撑件、安全帽、高原地区的太阳能罩等。

7.电器工业：汽轮发电机的支撑环、扩环、槽楔、槽衬、垫条。干式变压器中的骨架、隔条。高压开关中的提升杆、灭弧室、隔弧片、开关柜。低压开关中的外壳、线圈架、框架、接线柱。输电线路上的高压绝缘子等。

三、玻璃纤维增强复合材料的特点

1.突出的电气绝缘性，由于玻璃纤维有很好的介电性能，配合以适当的树脂就可得到电击穿水平很高的复合材料，并且损耗因数很低因此特别适用于高电压工程中。

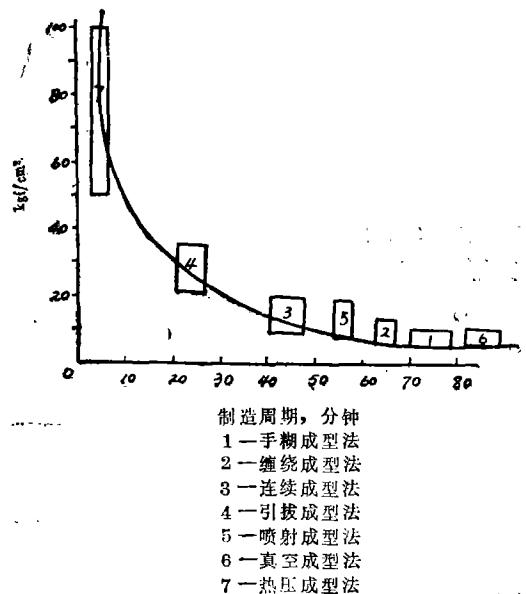
2.高超的机械强度，作为电工中绝缘结构用的复合材料，比强度和比刚度特高是其主要的特点，不是一般金属或金属复合材料所具备的(见表1)，这是各种不同材料的纤维机械性能的对比，从表中可以看出，硼纤维，碳纤维和玻璃纤维的比强度 S/ρ 和比刚度 E/ρ 要比铝及不锈钢丝等金属丝高得多。

机械强度对绝缘结构显得特别重要，因为电工产品无非是由导电材料、导磁和绝缘材料三大部份组成，绝缘结构材料为考虑强度加大尺寸势必影响导电材料和导磁材料的尺寸，就会影响电工产品的功率和容量。

8. 成型加工方法简单，并且成型温度低压力小。复合材料的成型加工方法是根据产品的特性来选择的。对于单件的生产可以采用最简单的手糊玻璃钢法，对于圆筒形的长管或容器可以用玻璃纤维缠绕法，对于瓦楞板，波纹板等建筑材料可以连续成型法，而结构用的型材适用的方法是引拔成型法，喷射树脂成型法是对手糊玻璃钢方法的一种改进，在喷射过程中将树脂及玻璃纤维同时喷到开口模中成型固化。对于型状不复杂的产品可以将玻璃纤维毡事先放入模中，抽真空将树脂吸入模中的真空浇注法。而对于要求机械强度很高的产品莫过于采用封闭模热压成型法。根据日本1986年统计，各种成型方法所占比重如下：

玻璃纤维复合材料成型方法	占有比重
1) 手糊玻璃钢法	34%
2) 缠绕成型法	6
3) 连续成型法	11
4) 引拔成型法	4
5) 喷射树脂成型法	15
6) 真空浇注成型法	4
7) 封闭模热压成型法	26

玻璃纤维复合材料成型温度可以是室温也可以在高温 140—150 ℃下，成型压力可以是接触压力，最高也不超过 50—100 kgf/cm²。各种成型方法的时间与压力是不相同的可以从下图中得出其关系。



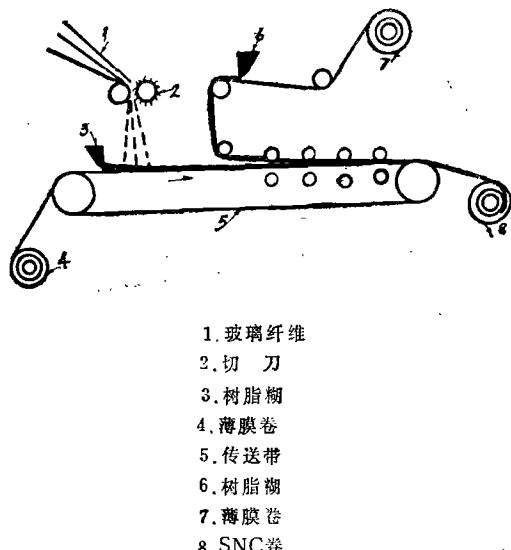
四、短切玻璃纤维增强复合材料 SMC及DMC

最早的玻璃纤维增强复合材料选用的是单向连续纤维，它的显著特点是在平行纤维方向，材料具有相当高的强度与模量，但是在垂直纤维的方向，材料的强度特别是抗张强度却很低劣。如果绝缘结构件在以后的使用中无法预知其受力状态，因此若只使用单向连续纤维来制造，既不能满足材料各向同性的要求，加工方法也复杂，价格昂贵而不经济。并且成型加工操作也很困难，材料在模具内流动性也不好，不易制造性能好外观满意的绝缘结构件。这就促使制造者发展短切玻璃增强复合材料，主要代表产品是片状模塑料 SMC (sheet moulding compound) 及团状模塑料 DMC(Dough moulding compound)。

片状模塑料及团状模塑料的制造原材料主要是不饱和聚酯树脂，玻璃纤维，无机填料，固化剂，促进剂等五种，如需要具有颜色及阻燃性能，在配方中要另加颜料及阻燃剂。

DMC 制造时只是将上述各种材料按一定配比放入特种混合机中混合均匀，混合后就形成均匀一致的团状模型复合材料。

SMC 制造比较复杂，首先要将除玻璃纤维以外的各种材料配制成树脂糊，然后在 SMC 专用机上与玻璃纤维复合。生产示意图如下：



SMC 机器的下部有一付循环传送带在左下侧有一卷薄膜，把薄膜卷打开，通过传送带可使薄膜自左向右运动前进。在 SMC 机器的上部另有一卷薄膜，打开后通过导向辊可与下层薄膜复合在一起，在复合前通过料斗在两层薄膜上都涂有一定量的树脂糊，此时在 SMC 机器的左上侧有一对剪刀，将送来的连续玻璃纤维剪切成一定长度的短切玻璃纤维并使之自由落在下层薄膜的树脂糊上。这样复合后就形成薄膜—树脂糊—短切玻璃纤维—树脂糊—薄膜五层夹心的复合材料，随着传送带从左向右移动，经过许多挤压辊以促进树脂糊向玻璃纤维中渗透扩散浸渍，最后收卷成一卷，在经过适当处理就是 SMC 成品。

成型固化后的 SMC 及 DMC 具有卓越的电气及机械性能，典型数据见下表：

固化后 SMC 及 DMC 的物理电气机械性能

	SMC	DMC
1. 比重	1.75~1.95	1.75~1.95
2. 吸水量 mg.	10~20	10~20
3. 收缩率 %	0.1~0.25	0.1~0.25
4. 热变形温度，不小于 °C	220	200
5. 弯曲强度 kgf/cm²	1300~2500	800~1200
6. 冲击强度，缺口 kg·cm/cm²	80~150	20~25
7. 绝缘电阻，常态，不小于 Ω·cm.	10^{14}	10^{14}
水中24h后	10^{12}	10^{12}
沸水中2h后	$10^{11} \sim 10^{12}$	$10^{11} \sim 10^{12}$
8. 电气强度，90°C油中 kV/mm	9~15	9~10
9. 损耗因数 10^6 Hz.	0.007~0.015	0.012~0.03
10. 介电常数， 10^6 Hz.	8~4	4~5
11. 耐漏电起痕指数 V.	KC-700	KC-700
12. 耐弧性 s.	850~190	185~195
13. 阻燃性，UL标准	V.	V.
14. 氧指数，不小于 %	35	35

五、SMC 及 DMC 的加工成型方法

SMC 及 DMC 的最适合加工成型方法是采用封闭模热压成型。

SMC 是片状成卷供应的，厚度约

3 mm，使用时在工作台上将 SMC 推开，按制品的形状及重量，产品厚度等将 SMC 裁剪成块，称取一定重量，在压制前撕去 SMC 两面的薄膜，放入已加热到规定温度的钢模中，迅速合模并立即施加压力。加热加压保持一定时间使之成型固化即可脱模取出制品件。SMC 适于压制大面积强度要求较高的制品件。

DMC 是团状供应的，只要按制品的重量，严格称取规定重量的 DMC，用手捏成团料，放入已加热到规定温度的钢模中，迅速合模，并立即施加压力。加热加压保持一定时间使之成型固化，即可脱模取出制品件。DMC 由于流动较好，适于压制形状复杂的尺寸较小的制品件。

热压温度 140~160°C

热压压力 50~100 kgf/cm²

热压时间 30~45 秒/mm 厚度

压制 SMC 及 DMC 的模具同一般的塑料模工作面必须抛光，保证光洁度，如果表面能镀铬，不单制品件外观好，脱模效果好并且能延长模具使用寿命。

DMC 也可以用注塑成型法来加工，但是注塑机必须配以强制喂料器。

SMC 及 DMC 因具有低温快速固化的特点，所以贮存期受到一定的影响，贮存期与贮存温度有直接关系，要求贮存在 25°C 以下的库房中，在 25°C 条件下贮存期为三个月，贮存温度越低，贮存时间越长，若在 5°C 以下贮存，贮存期将大大延长。贮存室应绝对避免阳光直接照射。

SMC 及 DMC 中含有活性溶剂，是挥发性的，在使用前不要过早拆除包装物，否则将材料暴露于空气中会过早发生化学反应而引起缓慢固化，流动性下降而造成废品。因此没有用完的 SMC 及 DMC 也要求重新密封好，以利于下次再用。

六、SMC 及 DMC 的适用范围

不饱和聚酯玻璃纤维复合材料具有迄今为止热固性塑料中最佳的机械强度与电性能，特别是耐弧性与阻燃性非一般复合材料可比，因此广泛用于电机、开关、变压器、仪器仪表等电工产品作为绝缘结构件。

在电机中可用作槽模、接线板、防爆电机的耐弧接线柱、电机滑环、电刷保持架、

槽村、垫条，绝缘螺杆螺帽等。

在变压器中可作有载调压分接开关导向盘、线圈骨架、固定垫条等。

在高压开关中可作为相间隔板、灭弧筒、灭弧片、对地保护板、提升杆、触头支架等。

在低压开关中可作为交流接触器的接线柱、开关底板、外壳、空气开关的塑壳、框架、骨架等。

家用电器安全可靠是第一位的，必须要求阻燃，为家用电器中的烘炉、微波烤炉、电视机的外壳、洗衣机的转轮、盖板、电机基座、水槽、各种滞燃支撑绝缘件。

SMC及DMC在电工行业以外应用范围更广、数量也比在电工行业要大得多。可用于代替金属板制造汽车车身、汽车及拖拉机驾驶楼外壳、挡泥板，汽车前保险杠，汽车冷却水箱前栅板、汽车灯座、汽车后尾裙，汽车侧门及后峰门，汽车发动机的汽门室盖等。

火车车厢的窗框，茶桌座椅等。

民用建筑中的活动浴室、浴盆、洗脸池、坐便器的盖板，以及办公楼中的装饰板，隔板等。

由于SMC及DMC在我国刚刚投入生产，在各行各业各个领域中都会得到广泛的应用，由于SMC及DMC具有很好的防腐蚀性能，在井下、油田、矿井、化工腐蚀地区必将得到采用，更多的使用范围和部位有待我们进一步的开发。

本文的目的是向读者介绍新型的玻璃纤维复合材料，以期得到更广泛的应用。

参考文献

1. 顾震隆，短纤维复合材料力学
2. Tsuyoshi Hayashi, Brief status of polymer matrix composites in the National R&D project of advanced composites.
3. Tetsuya Takamatsu, present status on Japan's FRP—its uses and accents in recent years.
4. Don Wildman, polyester Resins for the manufacture of automotive components.
5. 哈尔滨绝缘材料厂 SMC与DMC产品说明书

优质电工层压板胶粘剂述评

哈尔滨绝缘材料厂 金松生

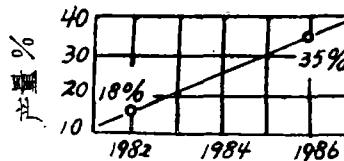
内 容 摘 要

说明FR—4型玻璃布层压板胶粘剂的基本成份是：二酚基环氧树脂+二酚基溴环氧树脂+双氰胺。指出了该树脂体系制板所显示的质量缺陷；优质玻璃布层压板尚应提高的性能；对所用过的几种胶粘剂体系作了述评并列举专利实例说明FR—4型板的改进途径。

优质电工层压板是制造印刷电路的基板，其性能与印刷电路的质量密切相关。为提高印刷电路制品装配的可靠性，近10—15年来以半加成和加成法代替酸洗法蚀刻电路新工艺的急剧发展，使FR—4型玻璃布层压板的产量大大提高，如下图所示。

FR—4型板是印刷电路基板中性能最好的一种，其产量占美国玻璃布层压板总量的46%，产品的质量以改进胶粘剂为中心，在不断提高中。

FR—4型板的胶粘剂的基本成份是：二酚基环氧树脂+二酚基溴环氧树脂+双氰



FR—4、G—10型玻璃布层压板以加成法工艺制造印刷电路板的发展远景图示

胺。现就这一树脂体系制板所显示的质量缺陷；优质板尚应提高的性能；对所用过的几种胶粘剂体系的述评和从专利看FR—4型