

非金属材料标准手册系列

复合材料 标准手册

石定杜 / 主编



 中国标准出版社

非金属材料标准手册系列

复合材料 标准手册

石定杜 主编

中国标准出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

复合材料标准手册/石定杜主编. —北京: 中国标准出版社, 2008

(非金属材料标准手册系列)

ISBN 978-7-5066-5022-9

I. 复… II. 石… III. 复合材料-标准-技术手册
IV. TB33-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 140138 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

网址 www.spc.net.cn

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/32 印张 12.875 字数 378 千字

2008 年 10 月第一版 2008 年 10 月第一次印刷

*

定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010)68533533

编委会名单

主编 石定杜

编委 沈超 唐邦铭 洪旭辉 蔡鲜龄

历蕾 陈祥宝 甘长茂

前 言

复合材料是由粘结材料(基体)与增强材料通过复合工艺组合而成的新型材料,它既能保留原组成材料的特性,又通过复合效应获得原组分材料所不具备的性能。由于复合材料的各组分性能是互相补充,彼此关联的,因而能获得一些新的优越性能,与一般材料的简单混合有本质的区别。复合材料可以通过选择不同的增强材料、基体材料及各组分的含量比、各种铺层形式和结构类型等进行材料性能设计来得到比强度、比刚度高于铝合金的材料;也可获得具有耐热、耐疲劳、抗蠕变、耐腐蚀、耐湿、绝缘、透微波、阻尼减振等具特性的材料。另外,复合材料结构部件还可充分利用复合材料的性能具有方向性、结构性能的可设计性和大型构件整体成型等特点实现效率、性能、功能与成本的综合优化;如在航空、航天器的重要结构部位(如机身、机翼)采用复合材料件后,带来了突出的减重效果和综合性能的显著提高。由于复合材料这些特性,使其在航空、航天、船舶、汽车、化工、建材和农业等部门获得广泛的与重要的应用。现今已生产应用的复合材料类型很多,有聚合物基复合材料、金属基复合材料、陶瓷基复合材料、玻璃与玻璃陶瓷基复合材料、碳与石墨基复合材料 and 水泥基复合材料等。在各类复合材料中,

以聚合物(树脂)为基体、纤维及其制品为增强体的复合材料(亦称树脂基纤维增强塑料)应用最为广泛,适用的标准较为齐全,故本手册主要收编有关纤维增强聚合物基的复合材料标准。

当今,各复合材料生产国研制工作的重点之一就是如何更准确掌控影响复合材料性能的各种关键因素,发展各式各样的先进检测手段,制定与完善适用的标准。上世纪60年代起,我国在聚合物基复合材料标准的研究制定工作方面一直紧跟国际步伐,引进国外先进标准和世界上在复合材料方面有权威性的标准,如国际标准 ISO、美国标准 ASTM、英国标准 BS、法国标准 NF、德国标准 DIN、日本标准 JIS、俄罗斯标准 GOCT 等。另一方面,根据国内具体情况制定相应的适用的标准。目前,标准已基本覆盖国内通用型玻璃纤维复合材料产品与相关性能测试方法。先进复合材料正逐步建立从原材料(包括原材料的原材料)、中间产品、成型工艺、成品生产的质量控制到各项性能检测的严格标准。本手册选择国内重要的复合材料制品,通过以典型产品为主线,介绍现行的相关的国家标准、国家军用标准及行业标准,以供复合材料研制、应用、生产、设计者了解和参考。由于有些产品可同时采用几种树脂基体材料制造,本手册按目前使用最多的树脂类型作为归类的依据。本手册主要采用图表方式,并将类似的几种产品标准编集在一起对照,目的是方便使用。标准是控制生产质量的依据,一般仅在生产鉴定完成后定稿公布,有一定的滞后性,加上专利等原

因有些标准暂不对外公布,因而不可能全面及时获得全部国内现行标准,例如国防工业领域应用的某些先进复合材料、汽车领域应用的一些纤维增强热塑性树脂复合材料方面的部分标准仅限内部使用,故本手册无法涵盖这部分重要的内容。

在聚合物基复合材料发展的几十年中,由于不同增强体与不同基体组合成名目繁多、性能各异的复合材料,出现了许多分类方法。有按纤维类型分类(如玻璃纤维复合材料、碳纤维复合材料等),有按基体类型分类(如不饱和聚酯树脂复合材料、环氧树脂复合材料等);有按制造成型工艺分类(如手糊成型复合材料、模压成型复合材料等);有按中间产品分类(如预浸料型复合材料、片状模塑料型复合材料、预混料型复合材料等);有按使用目的分类(如结构复合材料、功能复合材料等);有按性能高低分类(如先进复合材料、通用复合材料等);有按制品类型分类(如层压复合材料、模压复合材料等)。考虑到在国内大量生产应用情况,通用型玻璃纤维复合材料主要是不饱和聚酯树脂、环氧和酚醛玻璃纤维复合材料,而在航空、航天、舰船等部门主要使用环氧、双马来酰亚胺等高性能复合材料。为了突出实用性,本手册选择首先按基体类型分类,其次加上纤维及其制品类型进行分类,如不饱和聚酯树脂玻璃纤维增强塑料型材、环氧玻璃纤维缠绕成型复合材料压力容器、阻燃酚醛玻璃纤维预浸料及其复合材料、受力构件用环氧树脂碳纤维预浸料及其复合材料等。

由于目前在国内,复合材料术语未完全统一,例如

将玻璃纤维复合材料习惯上称作玻璃纤维增强塑料,或俗称玻璃钢,将碳、芳纶等纤维增强塑料称作复合材料,这些名称是等同的,而且在各标准中是按编制者的习惯应用的。本手册编者为兼顾这几种名称的沿用习惯,每章的大标题统一称为复合材料,而在谈及具体标准内容时,根据具体情况使用纤维增强塑料或复合材料或玻璃钢等名称。另外,本手册将所引用的各标准中使用过的术语汇编成“聚合物复合材料术语”,表中给出了中英文对照和国内常使用的几种名称,并附有含义,为方便检索,又按材料、组分、中间成品、成型工艺、理化与力学性能细分为6个表。

由于编者的信息量不足,加上水平所限,难免有疏漏和错误,真诚地希望各位专家和朋友们对我的错误和疏漏一一指正,以便适时加以改正。

编者

2008.6

目 录

第 1 章 不饱和聚酯树脂玻璃纤维复合材料	
1.1	纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂 1
1.2	通用型片状模塑料(SMC) 4
1.3	片状模塑料(SMC)制品 6
1.3.1	整体卫浴间与玻璃纤维增强塑料浴缸 6
1.3.2	玻璃纤维增强塑料水箱(SMC 组合式水箱) 11
1.3.3	彩喷片状模塑料(SMC)瓦 14
1.4	不饱和聚酯树脂玻璃纤维增强塑料大、中小型冷却塔 16
1.5	不饱和聚酯树脂玻璃纤维增强塑料管道 20
1.5.1	玻璃纤维增强塑料夹砂管 20
1.5.2	纤维缠绕压力管 32
1.5.3	电缆用玻璃纤维增强塑料保护管 37
1.5.4	聚丙烯-玻璃纤维增强塑料复合管和管件 44
1.5.5	玻璃纤维增强塑料外护层聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管 49
1.6	不饱和聚酯树脂玻璃纤维增强塑料容器 53
1.6.1	玻璃纤维增强塑料不饱和聚酯树脂食品容器 53
1.6.2	水处理用玻璃钢罐与玻璃纤维增强塑料水箱 57
1.6.3	纤维缠绕增强塑料贮罐 62
1.6.4	玻璃纤维增强聚酯树脂耐腐蚀卧式容器 67
1.7	不饱和聚酯树脂玻璃纤维增强塑料型材 71
1.7.1	门、窗用玻璃纤维增强塑料拉挤中空型材与成品 71
1.7.2	玻璃纤维增强聚酯波纹板 75

1.8	救生艇与小艇用玻璃纤维增强塑料	78
1.9	玻璃纤维增强塑料复合检查井盖	83
1.10	公路用玻璃纤维增强塑料产品	86
1.10.1	公路用玻璃纤维增强塑料产品通则	86
1.10.2	公路用玻璃纤维增强塑料管箱	89
1.10.3	公路用玻璃纤维增强塑料管道	91
1.10.4	公路用玻璃纤维增强塑料防眩板	92
1.11	接触轨玻璃纤维增强塑料防护罩	94

第2章 环氧树脂复合材料

2.1	双酚-A型环氧树脂	97
2.2	环氧树脂玻璃纤维复合材料	99
2.2.1	受力构件用环氧树脂玻璃布预浸料及其复合材料I	99
2.2.2	受力构件用环氧树脂玻璃纤维复合材料II	107
2.2.3	环氧玻璃纤维缠绕成型复合材料构件	111
2.2.4	雷达罩用环氧玻璃纤维复合材料	127
2.2.5	环氧玻璃布层压板与覆铜箔环氧玻璃布层压板	135
2.2.6	环氧玻璃纤维网格	146
2.3	环氧树脂碳纤维复合材料	148
2.3.1	受力构件用环氧树脂碳纤维预浸料及其复合材料I	148
2.3.2	受力构件用环氧树脂碳纤维预浸料及其复合材料II	158
2.4	环氧树脂芳纶纤维复合材料	162
2.4.1	中温固化阻燃环氧树脂芳纶布预浸料	163
2.4.2	芳纶夹层板	167

第3章 双马来酰亚胺树脂复合材料

3.1	双马来酰亚胺碳纤维预浸料及其复合材料	170
3.2	压注成型(RTM)双马来酰亚胺树脂	176
3.3	雷达罩用双马来酰亚胺玻璃纤维预浸料及其复合材料	180
3.3.1	双马来酰亚胺树脂玻璃布预浸料	180

3.3.2	人工介质雷达罩用双马树脂及其复合材料	182
第4章 聚酰亚胺树脂复合材料		
4.1	聚酰亚胺碳纤维复合材料	186
4.2	聚酰亚胺玻璃纤维复合材料	190
第5章 酚醛树脂玻璃纤维复合材料		
5.1	酚醛模塑料	197
5.1.1	通用酚醛模塑料	198
5.1.2	FX系列酚醛玻璃纤维模塑料	199
5.1.3	酚醛玻璃纤维增强塑料球阀	206
5.2	耐烧蚀酚醛树脂及其玻璃纤维复合材料	209
5.3	阻燃酚醛玻璃纤维预浸料及其复合材料	211
5.4	透电磁波结构件用酚醛树脂玻璃纤维复合材料	216
5.5	机械和电气层压棒用酚醛树脂及其复合材料	218
第6章 蜂窝芯材及其夹层结构		
6.1	芳纶纸基蜂窝芯材	220
6.2	玻璃布蜂窝芯材	224
6.3	玻璃纤维增强塑料蜂窝夹层结构通用规范	227
6.4	复合材料蜂窝夹层结构件缺陷评定	230
第7章 其他树脂复合材料		
7.1	热塑性树脂复合材料	235
7.2	有机硅树脂复合材料	241
7.3	涤纶增强丙烯酸酯树脂复合材料	245
7.4	再生聚合物基复合材料	246
第8章 玻璃纤维增强体		
8.1	无碱玻璃纤维布	250

8.2	玻璃纤维短切原丝毡和连续原丝毡	256
8.3	玻璃纤维无捻粗纱	261
8.4	玻璃纤维无捻粗纱布	263
8.5	连续玻璃纤维纱	267
8.6	缠绕用高强度玻璃纤维无捻纱	270
8.7	高硅氧玻璃纤维定长纱	272

第9章 复合材料成型与工艺质量控制

9.1	复合材料制件工艺质量控制	274
9.2	复合材料成型剪裁铺贴工艺	285
9.3	复合材料成型工艺组合	291
9.4	复合材料热压罐成型工艺	296
9.5	复合材料模压成型工艺	299
9.6	复合材料树脂传递模塑(压注)成型工艺	305
9.7	碳纤维复合材料构件制孔	311
9.8	碳纤维环氧树脂复合材料构件应力波铆接	316
9.9	复合材料构件固化模设计与制造	319
9.10	复合材料结构机械连接设计要求	324
9.11	复合材料件的一般公差	329

附录 聚合物复合材料术语

附表 1	复合材料的类型及相关词组	338
附表 2	复合材料的组分(树脂基体、增强体、添加剂)类型及其特性表征	349
附表 3	预浸料和模塑料的类型、理化特性表征与分析方法及辅料	359
附表 4	复合材料的成形工艺方法、工序与工艺参数名称、工装与工艺辅助材料及机械加工	366
附表 5	复合材料的理化性能表征、显微检测及无损检测	379
附表 6	复合材料力学性能概念性名词及性能表征	388

第 1 章

不饱和聚酯树脂

玻璃纤维复合材料

不饱和聚酯树脂是一种在聚合物分子链上具有碳-碳不饱和双键的、能与不饱和单体或预聚体发生交联的一类热固性树脂。因其具有100%反应能力,即在引发剂作用下全部变为固态聚合物,没有副产品析出,因此不饱和聚酯树脂复合材料可以低压成型,适合于手糊、模压、缠绕、拉挤、压注等成型工艺,还可制成片状模塑料(SMC)、散(团)状模塑料(BMC、DMC)等半成品后,再成型各种制件。固化后的制品具有良好的力学、介电性能,耐候性、耐腐蚀、价格较低廉等优点。目前,不饱和聚酯树脂玻璃纤维复合材料是国内生产量最大的一个复合材料品种。

1.1 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂

液体不饱和聚酯树脂主要是由不饱和二元酸(或酐)、饱和二元酸(或酐)与二元醇通过缩聚反应合成的热固性树脂,供应状态主要是线性不饱和聚酯与有聚合能力的单体混合物。液体不饱和聚酯树脂的性质是与聚酯和单体的化学组成、各反应组分的配比、聚酯合成的工艺条件、引发剂和促进剂的类型和用量等因素有关。

本节主要根据 GB/T 8237—2005《纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂》编写。

1.1.1 特点及适用范围

特点:复合材料用液体不饱和聚酯树脂分为五大类、十种类型,对所

用树脂的质量控制是通过液体树脂的性能检验、树脂浇铸体的性能检验和树脂玻璃纤维增强塑料性能检验来实现的。由于液体不饱和聚酯树脂为易燃品,应贮存在 25℃ 以下阴凉处,避免火种,远离热源和辐射源。产品自生产之日起,贮存期 6 个月,含促进剂的树脂贮存期 3 个月。

适用范围:适用于以苯乙烯为主要交联单体的纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂。

1.1.2 分类(表 1.1-1)

表 1.1-1 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂分类

类 型	简 要 说 明
通用	G 型 一般的力学强度
	IG 型 一般的力学强度,但耐热性比 G 型好
耐热	HE 型 高耐热性和一般的力学强度
	HM 型 中等耐热性和一般的力学强度
耐化学	CEE 型 最好的耐化学性和一般的力学强度
	CE 型 好的耐化学性和一般的力学强度
	CM 型 中等的耐化学性和一般的力学强度
耐燃	SE 型 高阻燃性和一般的力学强度
	SM 型 自熄性和一般的力学强度
软质	F 型 软质树脂和一般的力学强度

1.1.3 技术要求(表 1.1-2~表 1.1-4)

表 1.1-2 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂的技术要求

项 目	允许范围	试验方法
外观	无杂物、液体分层等异状	比色管目测
酸值/(mgKOH/g)	±4.0	GB/T 2859
黏度/(25℃)	±25%	GB/T 7193.1
凝胶时间	±30%	常温凝胶时间 GB/T 7193.6; 高温凝胶时间 GB/T 7193.4
固体含量 ^注 /%	±3.0	GB/T 7193.3
* 一种牌号的树脂只允许有一个指定值。		

注:本书中凡是以“%”表示含量、配比、化学成分等,除特殊说明外,均指质量分数。

1.1 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂

表 1.1-3 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂浇铸体的技术要求

项 目	指 标										试验方法
	通用 G 型	通用 IG 型	耐热 HE 型	耐热 HM 型	耐化学 CEE 型	耐化学 CE 型	耐化学 CM 型	耐燃 SE 型	耐燃 SM 型	软质 F 型	
巴柯尔硬度	≥35	≥35	≥40	≥40	≥35	≥35	≥35	≥35	≥35	—	GB/T 3854
热变形温度/℃	≥55	≥70	≥110	≥90	≥100	≥100	≥80	—	—	—	GB/T 1634
弯曲强度/MPa	≥80	≥80	≥80	≥80	≥80	≥80	≥80	—	—	—	GB/T 2570
弯曲弹性模量/MPa	≥2700	≥2700	≥2700	≥2700	≥2700	≥2700	≥2700	—	—	—	—
破坏伸长率/%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	>10	GB/T 2568
耐燃性	—	—	—	—	—	—	—	—	高阻燃 性(I类)	自熄性 (II类)	GB/T 2408
耐碱性	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	100h	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50 h	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10 h	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	GB/T 7194

表 1.1-4 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂玻璃钢纤维增强塑料(玻璃钢)的技术要求

项 目	指 标										试验方法
	通用 G 型	通用 IG 型	耐热 HE 型	耐热 HM 型	耐化学 CEE 型	耐化学 CE 型	耐化学 CM 型	耐化学 CM 型	耐燃 SE 型	耐燃 SM 型	
树脂含量/%	48~52										GB/T 2577
弯曲强度/MPa	221	230	250	250	250	250	250	250	160	160	GB/T 1449
弯曲模量/MPa	1.0×10 ⁴										—

1.1.4 标志、包装、运输和贮存要求(表 1.1-5)

表 1.1-5 纤维增强塑料用液体不饱和聚酯树脂的标志、包装、运输和贮存要求

项 目	液 体 不 饱 和 聚 酯 树 脂
标 志	应在产品所附合格证上注明产品名称、牌号、类型、商标、批号、净质量、生产日期、生产厂名和地址
包 装	包装容器上应明显标示“易燃”字样。 包装容器应清洁、干燥,不影响质量和安全,包装后密封桶口
运 输	运输过程中,应符合有关危险、易燃品贮运的规定,并禁止在阳光下曝晒
贮 存	应贮存在 25℃ 以下阴凉处,避免火种,远离热源和辐射源。在符合上述包装、运输和贮存要求的前提下,产品从生产之日起,贮存期为 6 个月,含促进剂的树脂贮存期为 3 个月;若贮存温度超过 30℃,则贮存期不得超过 3 个月
生产单位	常州天马集团有限公司、天津合成材料厂、秦皇岛玻璃钢复合材料公司等

1.2 通用型片状模塑料(SMC)

片状模塑料(SMC)是一种由可增稠的树脂、短切(和/或连续的)玻璃纤维增强材料、填料、助剂等材料组成,上下两面覆盖承载薄膜的片状复合物。通用片状模塑料是一种以不饱和聚酯树脂和玻璃纤维为主要原材料的 SMC。片状模塑料能在加热、加压模塑条件下固化成型,成型加工时如筋、台、嵌件、螺纹等件可同时一起,适合于批量自动化、机械化生产成型复合材料制件。

本节主要根据 GB/T 15568—2008《通用型片状模塑料(SMC)》编写。

1.2.1 特点及适用范围

特点:通用型片状模塑料按力学性能分为三种类型(M_1 型、 M_2 型、 M_3 型),三种类型的片状模塑料有相同的模塑收缩率要求;未启封的片状模塑料贮存期为 60 天。按收缩性能分为 S_1 型、 S_2 型、 S_3 型、 S_4 型;按燃烧性能分为 F_1 型、 F_2 型、 F_3 型、 F_4 型。

适用范围:适用于用短切玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂的通用型片状模塑料。

1.2 通用型片状模塑料(SMC)

1.2.2 技术要求(表 1.2-1)

项 目		指 标			试验方法
		M ₁ 型	M ₂ 型	M ₃ 型	
外观		应平整、颜色均匀、纤维浸渍良好、无杂质,覆盖薄膜完整无破损			目视检测
玻璃纤维含量允许偏差/%		±3			GB/T 15568
单位面积质量允许偏差/%		±7			
力学性能	弯曲强度/MPa	≥170	≥135	≥100	GB/T 1449
	弯曲模量/GPa	≥10.0	≥8.0	≥7.0	
	冲击韧性/(kJ/m ²)	≥60	≥45	≥35	GB/T 1451
模塑收缩率/%		S ₁ 型(零收缩)		<0	GB/T 15568
		S ₂ 型(低轮廓)		0~0.05	
		S ₃ 型(低收缩)		>0.05~0.1	
		S ₄ 型(普通)		>0.1~0.2	
		分 类	燃烧等级	氧指数/%	
燃烧性能		F ₁ 型	FV-0	≥36	GB/T 4609
		F ₂ 型	FV-1	≥32	
		F ₃ 型	FV-2	≥28	GB/T 8924
		F ₄ 型	HB	≥20	

1.2.3 标记、标志、包装、运输和贮存(表 1.2-2)

表 1.2-2 通用型片状模塑料(SMC)的分类、标志、包装、运输和贮存

项 目	通用型片状模塑料(SMC)
标 记	产品按力学性能、收缩性能、燃烧性能、SMC 代号和标准号进行标记。示例:力学性能为 M ₁ 型,收缩性能为 S ₂ 型,燃烧性能为 F ₃ 型,SMC 标记为: M ₁ S ₂ F ₃ S GB/T 15568—2008
标 志	应在产品所附合格证上注明产品名称、生产厂名和商标、标准号、种类和颜色、批号、生产日期、玻璃纤维含量、单位面积质量、毛重、净重、贮存期