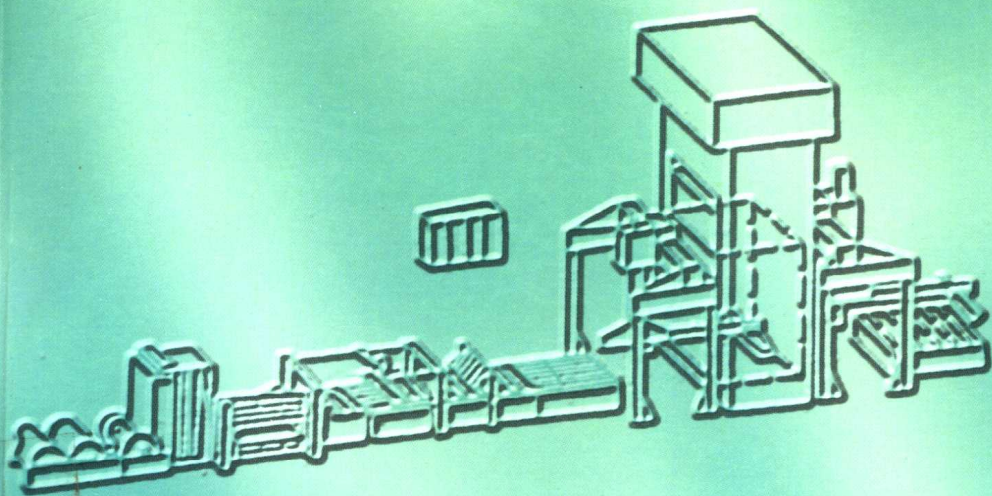


聚酯模塑料生产与 成型技术

黄家康 编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

聚酯模塑料生产与 成型技术

张其海 编著



中国石化出版社

（北京市东城区东直门内大街22号）

聚酯模塑料生产与成型技术

黄家康 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

聚酯模塑料生产与成型技术/黄家康编著. —北京:
化学工业出版社, 2002.8
ISBN 7-5025-3840-2

I. 聚… II. 黄… III. 聚酯模塑料-生产工艺
IV. TQ323.406

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 033084 号

聚酯模塑料生产与成型技术

黄家康 编著

责任编辑: 龚浏澄 王苏平 李晓文

责任校对: 李 林

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市昌平振南印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 20¼ 字数 550 千字
2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3840-2/TQ·1539

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

玻璃钢模塑料及其工艺,在我国已有近 40 年的历史,在 20 世纪 60~80 年代,是以酚醛树脂、环氧树脂为基础的特种功能性模塑料为主。聚酯模塑料虽然早在 60 年代末在我国业已问世,但是,由于原材料及技术等方面的原因,其发展一直比较缓慢,直到 90 年代,才开始有了一定规模的生产,至今,已取代了酚醛模塑料在玻璃钢模塑料中的主导地位。目前,我国已有近百家规模不等,技术、设备状态参差不齐的聚酯模塑料工厂,年生产总量也已达 4 万多吨。像火车窗框、组合式水箱、汽车零件、整体浴室和各种电器开关壳体等工业产品,都已获得了成功的应用。但是,与国外先进水平相比,我国聚酯模塑料工业,无论在产品的品种、质量、生产规模还是在应用方面都存在明显的差距。作者认为,技术差距的存在是产生上述差距的根本原因之一。如果我们不尽快提高本行业现有的技术水平,弥补差距,它必将会成为阻碍市场开发和行业发展的阻力。

面对这种状况,作者根据在本行业近 40 年的研究和生产实践经验,并广泛搜集了国内、外的有关技术资料,编写成本书。书中尽可能完整、全面地介绍了聚酯模塑料的技术、应用现状,既特别注意基础知识的介绍,又尽可能详细地讨论本行业的相关先进技术。作者在编写本书时,特别着重它的实用价值,既面向工厂生产人员,也面向科研、技术人员。本书的许多内容,也可供相关的玻璃钢业界借鉴。对有兴趣采用玻璃钢材料、制品的设计人员和用户,也有一定的参考价值。

由于时间仓促和作者的学识水平所限,本书在编写过程中定会有不足或错误,敬请读者批评指正。尽管如此,本书的出版,就算作一个行业老兵,为进一步提高本行业技术水平所尽的一份绵薄之

力吧。

本书在编写过程中，曾得到陈博、张思成、游宇斐、沈际康等同志的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

作者

2002 年 4 月

内 容 提 要

本书针对国内聚酯模塑料 (SMC/BMC) 行业现状, 力求跟踪国际先进水平, 对聚酯模塑料所采用的原材料、配方和生产工艺、成型工艺、二次加工工艺、喷涂工艺及相关设备作了全面的介绍。对聚酯模塑料制品的设计、成型模具的设计进行了专门的讨论。介绍了聚酯模塑料制品主要的应用领域, 以及聚酯模塑料生产废料和制品的再生利用技术。

本书特别注重基础知识的介绍、技术的实用性和先进性。适合于从事聚酯模塑料科研、生产的技术人员阅读, 可供其他玻璃钢行业的技术人员借鉴。本书对有兴趣采用玻璃钢制品的设计人员和用户, 也有一定的参考价值。

目 录

第一章 绪论	1
一、复合材料的发展现状	1
二、复合材料的性能特点	6
三、SMC/BMC 在复合材料工艺中的地位	7
四、玻璃钢模塑料 (SMC/BMC) 的发展、现状和未来	16
第二章 聚酯模塑料的基本组成	22
第一节 不饱和聚酯树脂	22
一、聚酯生产用原材料	23
二、聚酯树脂的生产	33
三、聚酯树脂的生产设备	41
四、几种典型的不饱和聚酯型 SMC 配方	44
五、乙烯基酯树脂	49
第二节 填料	54
一、填料的性质	56
二、填料的作用	63
三、填料的选用	76
第三节 增强材料	96
一、玻璃的分类、组成及性能	98
二、玻璃纤维的制造过程及浸润剂	101
三、玻璃纤维的参数对性能的影响	104
四、无捻粗纱的加工性能和质量特性	108
第四节 其他组分和添加剂	121
一、引发剂和阻聚剂	122
二、化学增稠剂	142
三、低收缩/低波纹度添加剂	154
四、内脱模剂	177
五、着色剂	180

六、其他添加剂	183
第三章 片状模塑料生产设备与工艺技术	199
第一节 片状模塑料生产设备	204
一、配糊设备	205
二、制片设备	206
第二节 片状模塑料的生产配方	217
一、标准的 SMC 配方	217
二、具有不同材料性能的 SMC 配方	217
三、根据 SMC 最终产品用途而设计的配方	218
第三节 片状模塑料生产工艺	220
一、片状模塑料生产工艺过程	220
二、片状模塑料生产过程常见弊病及解决方法	225
第四节 片状模塑料生产过程质量管理	227
一、原材料的质量管理	228
二、片状模塑料生产过程的质量管理	234
三、片状模塑料产品的质量管理的	237
第四章 团（散）状模塑料生产设备与工艺技术	241
第一节 概述	241
一、团（散）状模塑料的类型	241
二、团（散）状模塑料的发展	245
第二节 团（散）状模塑料（BMC）生产设备	255
一、双轴（桨）式混合器	256
二、团状模塑料挤出机	258
三、其他类型的设备	258
第三节 团状模塑料生产配方	264
一、团状模塑料的主要原材料	265
二、团状模塑料的通用配方	276
三、团状模塑料的配方实例	278
第四节 团状模塑料生产工艺	281
一、团状模塑料的混合程序	281
二、混料工艺中的若干问题	282
第五节 团状模塑料生产过程质量管理	287
一、团状模塑料的质量管理项目	288

二、团状模塑料几种重要性能的测定方法	290
第五章 聚酯模塑料 (SMC/BMC) 成型设备及工艺技术	303
第一节 概述	303
第二节 聚酯模塑料的成型设备	307
一、液压机	308
二、注射成型机	317
第三节 聚酯模塑料成型工艺	326
一、模压成型工艺	326
二、BMC 注射成型工艺	348
第四节 成型过程中模塑料的流动	359
一、成型过程中模塑料的流动行为	359
二、聚酯模塑料的流变学评价	364
第五节 其他模压工艺	375
一、模压成型工艺的定义及类型	375
二、吸附预成型坯的制备及成型工艺	381
第六章 聚酯模塑料的二次加工	407
第一节 聚酯模塑料的机械加工	409
一、毛刺的清除和孔洞的加工	409
二、聚酯模塑料二次加工工装	412
三、常用的二次加工工艺	413
第二节 聚酯模塑料的连接	420
一、聚酯模塑料的机械连接	422
二、聚酯模塑料的粘接	428
三、粘接-机械连接的复合连接	434
四、修补工艺	434
第七章 聚酯模塑料制品的表面涂装	436
第一节 片状模塑料制品的表面涂装工艺	436
一、涂料分类及其组成	438
二、喷涂前的表面准备	443
三、喷涂工艺	456
四、其他涂装技术	464
五、喷涂工艺常见缺陷及解决途径	469
第二节 喷涂设备	473

一、喷涂设备简介	473
二、典型的 SMC 汽车件喷涂生产线及相关设备	479
第八章 模压制品的设计	484
第一节 模压制品设计的基本要求	485
一、模压制品的尺寸精度	485
二、玻璃钢模压制品的表面粗糙度	488
三、模压料的技术性能	489
四、模压制品的基础设计	489
五、不同类型聚酯模塑料的制品设计要点	504
第二节 片状模塑料 A 级表面制品的设计	517
一、A 级表面的基本设计细节	518
二、相关结构的设计	521
三、和制造过程相关的设计	526
第九章 模具设计	535
第一节 模压成型模具的基本结构和设计要点	536
一、模压成型模具的基本结构	536
二、模压成型模具的设计要点	543
第二节 SMC 模具的简化设计	562
第十章 聚酯模塑料的应用及再生利用	564
第一节 聚酯模塑料的应用	564
一、概述	564
二、在汽车工业中的应用	568
三、在铁路车辆中的应用	580
四、在建筑/住宅方面的应用	584
五、在电气领域中的应用	592
六、SMC/BMC 典型应用实例	595
第二节 玻璃钢及片状模塑料的再生	602
一、概述	602
二、塑料回收的基本途径	606
三、FRP/SMC 的再生利用	608
参考文献	629

第一章 绪 论

一、复合材料的发展现状

树脂基复合材料（以下简称复合材料）自第二次世界大战期间第一个玻璃钢飞机辅油箱投入使用以来，经过半个多世纪的发展，技术已日臻成熟，在各经济领域中如建筑、交通运输、防腐、船舶、电子电器、甚至在休闲娱乐等方面由于其优良的价格性能比已逐渐为广大用户所认可，从而获得越来越广泛的应用。据资料报道，在 1991~1998 年 7 年间，全球复合材料市场（含欧洲 15 国、北美、南美和亚洲地区）平均年增长率为 5.6%，几乎是工业化国家的年 GDP 的两倍。1999 年预计增长率仍为 3.1%。预期在 2000 年以后，亚洲复合材料市场得以复苏，年增长率会有 5%~10% 之间强的增长势态，而在北美和欧洲，由于该工业走向成熟，会以较低的速度（约 5% 的年增长率）继续增长。

1998 年全球的复合材料产量约为 550 万 t，其中北美洲占 50%，欧洲占 27%，亚洲占 20%，南美洲和其他地区约占 3%。复合材料在各地区的发展程度不仅与该地区的经济状况有关，而且与该地区复合材料应用的成熟程度有关。

北美洲特别是美国，无论是按人均消耗量还是按年消耗总量统计，都是全球复合材料最大的用户和市场。据美国 CFA 统计，美国历年来的复合材料发展情况见图 1-1。

按用途分类，美国近年的复合材料产量及未来预测见表 1-1 和图 1-2。

美国复合材料市场规模最大和发展最快的是陆地运输、建筑、防腐领域，而休闲娱乐、船舶、电子电器领域也具有相当的发展规模，据美国 Freedonia 集团公司预测美国增强塑料的市场需求量从 1996 年到 2001 年的年增长率为 3.3%，也就是说到 2001 年美国增

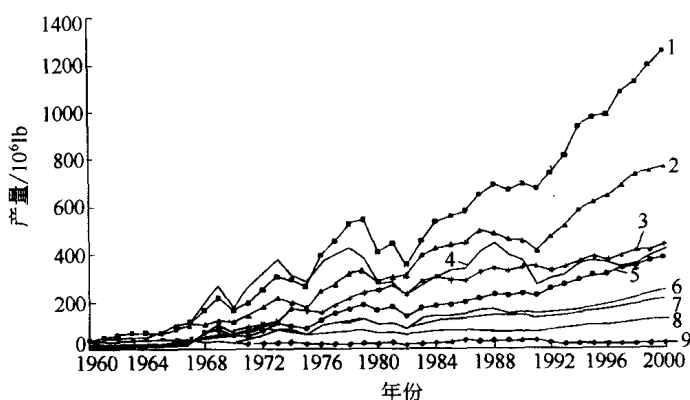


图 1-1 美国历年来复合材料发展情况

1—陆地运输；2—建筑；3—耐腐蚀；4—休闲/消费；5—电器/电子；

6—船舶；7—家电/商务机器；8—其他；9—航空

(1lb=0.453592kg)

强塑料的需求量将接近 180 万 t，价值超过 50 亿美元。其中热固性增强塑料年增长率为 3%，占 62.2%，而热塑性增强塑料年增长率为 3.8%，占 37.8%。热固性增强塑料的增长来自建筑、汽车和船舶市场的增加，增强塑料低廉的价格和良好的性能为其在汽车车身零件、贮罐、管道和船壳体的制造提供了良好的机会。

表 1-1 美国近几年复合材料产量

应 用	1997 年		1998 年		1999 年	
	产量/万 t	1996~ 1997 年 增长率/%	产量/万 t	1997~ 1998 年 增长率/%	产量/万 t	1998~ 1999 年 增长率/%
陆地运输	49.3	9.7	51.3	4.0	54.8	6.8
建筑	31.5	6.8	33.8	7.2	34.5	2.1
耐腐蚀	17.8	3.9	19.1	7.1	19.1	0.0
船舶	16.0	-4.0	16.4	3.1	18.2	11.0
电器/电子	19.7	9.2	16.2	3.5	17.0	4.9
休闲/消费	9.5	8.0	10.1	7.3	11.0	8.9
家电/商务机器	8.3	4.6	8.9	6.9	9.3	4.5
航空/航天	1.1	0.8	1.0	-5.0	1.0	0.0
其他	5.0	3.3	5.3	6.0	5.5	3.8
合 计	153.6	6.1	162.0	5.5	170.6	5.3

续表

应 用	2000 年			2003 年	
	预测产量 /万 t	1999~ 2000 年 增长率/%	所占比例 /%	估计产量 /万 t	所占比例 /%
陆地运输	(57.7)	(5.0)	(32.5)	(74.6)	(36.3)
建筑	(35.2)	(2.0)	(19.8)	(45.4)	(22.1)
耐腐蚀	(20.0)	(5.2)	(11.3)	(19.2)	(9.3)
船舶	(19.2)	(5.2)	(10.8)	(17.9)	(8.7)
电器/电子	(17.7)	(4.0)	(10.0)	(19.1)	(9.3)
休闲/消费	(11.5)	(4.1)	(6.5)	(14.1)	(6.9)
家电/商务机器	(9.5)	(2.2)	(5.4)	(8.7)	(4.2)
航空/航天	(1.1)	(2.6)	(0.6)	(1.3)	(0.6)
其他	(5.7)	(2.5)	(3.2)	(5.4)	(2.6)
合 计	(177.5)	(4.0)	(100.0)	(205.7)	(100.0)

注：1. 表中括号内数字为预测值和以该值为基的计算值。

2. 表中 1997 年和 1998 年的数值来自 SPI/CI 发表的数据；1999 年和 2000 年的数值来自 CFA2000 年 10 月发表的数据；2003 年数据估计值来自“Materials Technology Publications”。

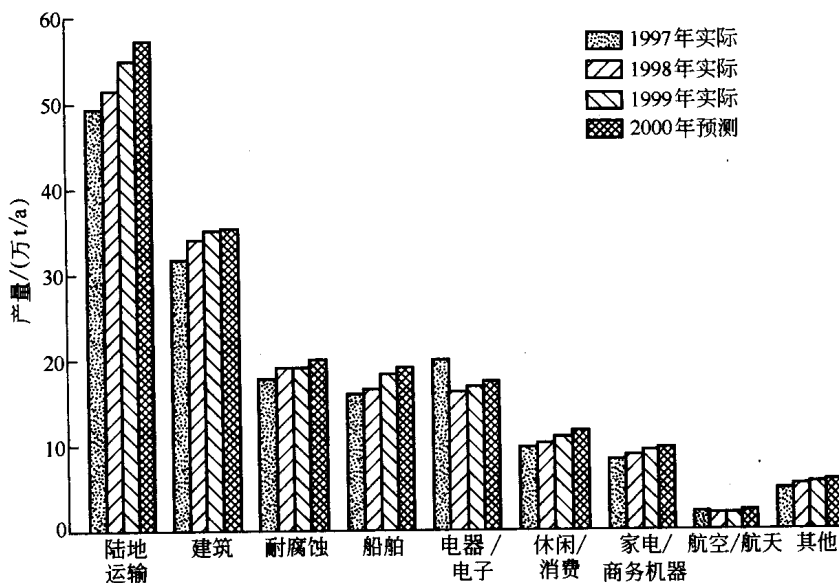


图 1-2 美国复合材料产量

欧洲为世界第二大复合材料生产地区和消费市场，在 1991～1998 年期间年平均增长率为 4.7%，在此期间的 1993 年和 1996 年出现一个发展低谷，这和全球复合材料在该期间的增长规律相同。1993 年形成的发展低谷与当年欧洲整体经济状况、通货膨胀的水平、下跌的价格、消费不旺、出口削弱等原因有关，但从当年末季开始复苏到 1995 年一直保持着强劲的增长势头。1996 年低谷的形成据分析与前面的高速发展期所产生的库存的利用有关。自 1997 年后至今整个欧洲复合材料市场保持着相对稳定的增长势头，1999 年的增长率预计为 3.1%。以 1998 年为例，欧洲各国在欧洲复合材料市场上所占份额大致为：德国、奥地利占 33%；意大利占 19%；法国占 14%；比利时、荷兰、卢森堡占 13%；英国占 9%；西班牙、葡萄牙占 8%；瑞典、挪威、丹麦和芬兰占 4%。另据报道，欧洲 1999 年复合材料产量达 94.6 万 t 以上，年增长 5.9%，预计在 2000 年会突破 100 万 t 大关。在 1999 年，纤维缠绕仅增长 1.7%，而用于污水处理的离心浇铸管道却有高达 20% 的增长。由于风力发电工业的增长导致手糊工艺有 8.2% 的增长（全球几乎 80% 的风力发电厂都是在丹麦），片状模塑料（SMC）工艺由于汽车工业和电器工业的需求增长率为 6.5%。其他像玻璃纤维毡增强热塑性片状模塑料（GMT）和长纤维增强热塑性塑料（LFT）工艺大约增长 8.8%。

亚洲-太平洋地区的复合材料市场虽然在全球市场中仅占 20%～24%，但该地区却是全球最具发展潜力的市场。分析家认为亚太地区复合材料工业将会在较长的时期内继续增长，到 2000 年产量可达 145 万 t，预计到 2005 年复合材料增长到 189 万 t。

日本是该地区最大的复合材料生产国，尽管在 1998 年由于银行倒闭及国家化严重影响了日本的经济，从而使其在 1998 年和 1999 年复合材料的产量略低于 1997 年的产量，但总产量均高于 60 万 t 的水平。人均占有量高于该地区大多数其他国家达到 5.29kg 左右（我国人均复合材料占有量仅为 0.22kg）。日本近几年复合材料发展情况见表 1-2。

表 1-2 日本近几年复合材料发展情况

应 用	1997 年		1998 年		1999 年		2000 年	
	产量/t	所占比例/%	产量/t	所占比例/%	产量/t	所占比例/%	产量/t	所占比例/%
建筑	48200	10.5	45400	11.5	47900	12.3	53500	14.0
浴缸/盒子间	123100	26.7	100200	25.4	101670	26.0	102200	26.8
污水处理	94800	20.6	74600	18.9	76160	19.5	65300	17.1
船舶	23000	5.0	18900	4.8	16690	4.3	15400	4.0
陆地运输	23500	5.1	23200	5.9	23960	6.1	23100	6.1
罐/容器	41400	9.0	35800	9.1	33190	8.5	32300	8.5
工业设备	51500	11.2	49700	12.6	48260	12.4	46800	12.3
休闲/消费	44300	9.6	38200	9.6	36150	9.3	34900	9.1
其他	11200	2.4	8700	2.2	6780	1.7	8000	2.1
合 计	461000	100.0	394700	100.0	390760	100.0	381500	100.0
聚酯玻璃钢	461000	63.2	394700	61.3	390760		381500	
玻璃纤维增强热塑性塑料	268000	36.8	253800	38.7				
总 计	729000	100.0	648500	100.0				

我国是亚太地区第二大复合材料生产国，我国近 10 年聚酯玻璃钢复合材料的产量见表 1-3（资料来源：中国玻璃钢协会资料）。从表中资料可以看出，我国自 1958 年开始研制玻璃钢复合材料以来，到 20 世纪 90 年代初的 30 多年期间玻璃钢发展速度异常缓慢，到了 90 年代初产量才达到 10 万 t 左右的水平，但到 90 年代后期，也就是近 5 年来有了极为可观的增长。1999 年树脂基复合材料产量已达 30 万 t，玻璃纤维增强热塑性塑料的产量达 8 万 t。

表 1-3 我国近 10 年聚酯玻璃钢复合材料的产量/万 t

年 代 产 品	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
玻璃纤维(GF)	8.68	9.69	12.08	13.4	15	16	17	17.5	18	20
不饱和聚酯(UP)	4.5	6	8	11	13	15	16	20	25	32
玻璃钢(FRP)	9.5	11	13.3	14.5	15	15	17	22	25	30
(GF/UP)										

亚太地区其他国家和地区 2000 年复合材料预测产量及其相互比较见图 1-3。

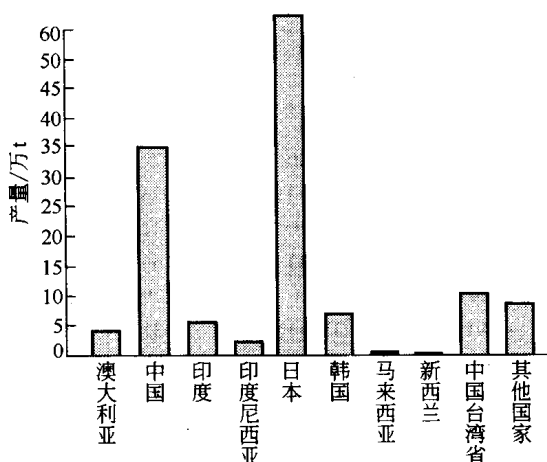


图 1-3 亚太地区其他国家和地区 2000 年复合材料预测产量

二、复合材料的性能特点

复合材料由于其独具的价格、性能、效率的优势，在与其他传统材料的激烈竞争中，已经在新材料领域占有了重要的甚至是不可替代的位置。1998 年全球复合材料的总产量约为 550 万 t，其中，热固性复合材料占有绝大部分的比例（约为 75%），而热塑性复合材料仅占 25% 左右。但从年增长率来看，热固性复合材料在 1991~1998 年 7 年间的年平均增长率约为 4.4%，而热塑性复合材料的年平均增长率却高达 10.5%，约为前者的 2.5 倍。其原因与热塑性复合材料有一系列优点有关，如：良好的机械性能；耐高温；适宜的介电常数和良好的可再生利用性；既可小批量生产也可适合规模化大生产及结构复杂且有高度功能复合的零件的生产。尽管本书不涉及这类材料的相关内容，但值得一提的是，从发展的观点看，热塑性复合材料有着良好的发展前景。其中，汽车工业的应用尤其是引擎盖下的应用无疑对其发展会产生一种无可争议的驱动力，电子、电器方面的应用也会更加广泛。它很明显地被用于取代金属零件，在某种程度上也在替代某些热固性复合材料。

热固性复合材料之所以发展速度较慢，其主要原因是经过几十