



全国“星火计划”丛书

刘雄亚 周祖福 闻荻江

张 健 王云凯 赵方鸣

玻璃钢实用技术(一)

玻璃钢应用

中国建筑工业出版社

全国“星火计划”丛书

玻璃钢实用技术（一）

玻 璃 钢 应 用

江苏工业学院图书馆
藏书章
张 健 王 凯 赵 鸣

中国建筑工业出版社

玻璃钢作为一种复合材料,已广泛用于国民经济各个领域。本书介绍玻璃钢在建筑工业中作结构、装饰、卫生洁具、门窗等材料,在化学工业中作耐腐蚀设备,在火车、汽车、船舶及其它运输方面,以及在机械、电器、军工、航空、宇航、农业、渔业、食品、文体娱乐用品方面的应用情况及生产技术。内容比较具体实用,供中小玻璃钢企业的生产、科研人员参考。

本书由刘雄亚主编(并编写了第一、二、五章),周祖福编写第六章,闻荻江编写第三章,张健编写第七、八章,王云凯编写第四章,赵方鸣编写第九、十章。

“全国星火计划”丛书

玻璃钢应用技术(一)

玻 璃 钢 应 用

刘雄亚 周祖福 闻荻江

张 健 王云凯 赵方鸣

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092^{1/32} 1/32 印张: 11^{5/8} 插页: 1 字数: 259 千字

1990年3月第七版 1990年3月第一次印刷

印数: 1—3,380册 定价: 8.30元

ISBN7-112-00286-9/TU·188

(5488)

《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员（以姓氏笔划为序）

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委 员（以姓氏笔划为序）

王晓方 向华明 米景九 应日珽

张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖

俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对于《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

前 言

玻璃纤维增强塑料俗称玻璃钢，它是以玻璃纤维为增强材料、合成树脂为基体的塑料基复合材料。除玻璃纤维外，用作塑料基复合材料的增强材料还有碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维及其他有机和无机纤维。用碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维制成的复合材料，具有比玻璃钢更高的技术性能，故称为先进复合材料。本丛书虽然介绍了先进复合材料的一些情况，但主要是介绍玻璃钢（玻璃钢占复合材料总产量的99%以上），故书名仍统称为“玻璃钢”。

玻璃钢在我国已有近30年的发展历史，从原材料的生产和选用、制品成型工艺、产品性能检测及设计、机械装备的设计和制造，直到产品的开发应用等，都取得了很大成绩。特别是十一届三中全会以后，中小玻璃钢厂像雨后春笋，发展十分迅速。据1986年统计，全国从事玻璃钢/复合材料的研究和生产单位已有二千余家，年产量达到6万吨，各种玻璃钢产品已广泛用于国民经济的各个领域，成为发展现代工业不可缺少的新材料。当然，我国与经济发达的国家相比，仍有相当的差距，如产量低，品种少，工艺落后、产品质量不够稳定等。为了振兴我国的玻璃钢工艺，满足中小玻璃钢企业广大职工的学习要求，我们编写了这套玻璃钢实用技术，并列入全国“星火计划”丛书。

玻璃钢实用技术包括《玻璃钢应用》、《玻璃钢原材料》、《玻璃钢结构设计基础》、《玻璃钢成型工艺》、《玻璃钢

成型机械》、《玻璃钢机械加工》、《玻璃钢性能测试及产品检验》共七个分册，由武汉工业大学刘雄亚教授主编。在编写过程中，我们尽量总结国内外的最新实践经验和研究成果。期望本套玻璃钢实用技术能对我国中小玻璃钢企业的发展有所贡献，但限于作者水平，书中难免有不妥之处，希望广大读者批评指正。

编者 1987年8月

目 录

序

前 言

第一章 绪论	1
第二章 玻璃钢在建筑工业中的应用	17
第一节 概述	17
第二节 玻璃钢在建筑承重结构及围护结构中的应用	24
第三节 玻璃钢在建筑装饰及雕塑艺术中的应用	37
第四节 玻璃钢卫生洁具、冷却塔及贮水槽	48
第五节 玻璃钢在其它建筑方面的应用	57
第六节 玻璃钢在水工建筑中的应用	66
第三章 玻璃钢在化学工业中的应用	71
第一节 耐腐蚀玻璃钢用的原材料	72
第二节 玻璃钢化工耐腐蚀设备	82
第三节 玻璃钢化工耐腐蚀设备及装置的检查和安全性问题	110
第四章 玻璃钢在交通运输中的应用	121
第一节 概述	121
第二节 玻璃钢在铁路运输中的应用	124
第三节 玻璃钢在铁路及通讯线路工程中的应用	137
第四节 玻璃钢在汽车运输中的应用	140
第五节 玻璃钢在其它车辆上的应用	153
第六节 玻璃钢桥梁	158
第五章 玻璃钢在船舶工业中的应用	160

第一节	概述	160
第二节	玻璃钢在海军舰艇上的应用	165
第三节	高速艇及救生艇	172
第四节	玻璃钢渔船及游艇	177
第五节	材料及工艺	183
第六章	玻璃钢在电器工业中的应用	188
第一节	概述	188
第二节	玻璃钢层压板和复铜板	190
第三节	玻璃钢绝缘管、槽及其它工具	202
第四节	玻璃钢灯具	206
第五节	玻璃钢锥形杆——新型电杆	211
第六节	玻璃钢电机护环	215
第七节	电机用玻璃钢槽楔及复合绝缘子	219
第八节	其他应用	223
第七章	玻璃钢在机械工业及军械工业中的应用	227
第一节	概述	227
第二节	玻璃钢在机械工业中的应用	228
第三节	玻璃钢在武器装备及其它战备用品上的应用	242
第八章	玻璃钢在航空及宇航工业中的应用	262
第一节	概述	262
第二节	玻璃钢在航空工业中的应用	268
第三节	玻璃钢在宇航工业中的应用	288
第四节	航空和宇航用复合材料的成型方法	296
第五节	航空和宇航用复合材料的发展前景	298
第九章	玻璃钢在农、渔业中的应用	301
第一节	概述	301
第二节	透明玻璃钢在农业温室中的应用	303
第三节	玻璃钢在渔业、水产养殖业中的应用	315
第四节	玻璃钢在农业器具方面的应用	320

第五节	玻璃钢在食品工业中的应用	327
第十章	玻璃钢在体育、娱乐方面的应用	331
第一节	概述	331
第二节	玻璃钢在陆地、空中体育娱乐活动中的应用	333
第三节	玻璃钢在水上体育娱乐项目中的应用	346
第四节	玻璃钢在其它体育娱乐方面的应用	356

第一章 绪 论

一、玻璃钢/复合材料国内外发展概况

玻璃钢/复合材料是指玻璃纤维增强塑料及其它纤维和填料增强或改性的树脂基复合材料。就广义的复合材料而言,它是指两种以上的不同性能材料,经复合改性而成为一种新型材料的总称。因此,除树脂基复合材料外,它还包括金属基和陶瓷基复合材料及其他复合材料。但是,本书所指的复合材料是树脂基复合材料。

由于基体树脂的化学结构及加工性能不同,玻璃钢/复合材料分为热固性和热塑性两大类:前者以热固性树脂为基体材料,称为热固性玻璃钢/复合材料;后者以热塑性树脂为基体材料,称为热塑性玻璃钢/复合材料。从目前世界各国的发展情况来看,产量很大、应用最广的还是热固性玻璃钢/复合材料,但热塑性玻璃钢/复合材料近年来发展很快,是一个不容忽视的方面。表1-1为美国热塑性玻璃钢1982年至1984年的消耗量。从表1-1看出,三年内增长51%。

热固性玻璃纤维增强塑料1932年首先在美国研究成功,经过50多年的发展,现在已经从结构设计、原材料、成型方法、到性能检验及产品种类等方面,形成了较完整的工业体系。据不完全统计,1985年全世界玻璃钢/复合材料的年总产量约为227万吨(表1-2),产品种类达40000多种,其中美国产量最多,产品种类达36000多种。表1-3为美国和日本

1982~1984年美國熱塑性玻璃鋼消耗量 (單位: 千噸)

表 1-1

時間	尼 龍	聚碳酸酯	聚 脂	聚 丙 烯	聚 苯 乙 烯	其 它	合 計
1982	40	7	23	28	11	10	119
1983	48	15	28	40	15	11	157
1984	56	17	31	40	17	13	180

注: 其它栏包括聚氯乙稀, 聚砵, 聚苯氧基, 聚氟等。

1985年世界玻璃鋼產量(萬噸)

表 1-2

美 國	日 本	南 歐	其 它	合 計
103.1	26.8	72.2	24.9	227

1985年美、日玻璃鋼/複合材料的產量和用途(單位: 萬噸)

表 1-3

國 別	用途							
	建築	造船	汽車 製造	防腐 容器	電器工業 (工業材料)	航天宇航 (雜貨)	其它	合計
美國	20.1	14.8	25.9	14.8	9.3	1.6	16.6	103.1
日本	12.13	3.35	0.87	3.57	(3.51)	(1.85)	5.09	26.8

注: 括號內的數字對應括號內的应用。

1985年玻璃鋼/複合材料的產量和用途。

國外玻璃鋼/複合材料總產量中, 85%以上的產量是用聚醃玻璃鋼。

碳纖維複合材料國外近年來發展很快, 1985年世界碳纖維的需要量比1981年增長了三倍, 消費量達3240噸, 其中美國為1500噸, 主要用于飛機製造; 日本600噸, 主要用于體育

器材。

在技术交流方面，有世界性国际复合材料学术会议，每两年召开一次，各产量大的国家，都成立了相应的复合材料学会或协会，定期交流技术。如美国的SPI增强塑料分会、日本的增强塑料协会、复合材料学会等，对玻璃钢/复合材料的发展，起到了推动作用。近年来，还制订了很多国际通用的复合材料标准。国外各生产厂也都有自己的企业标准，为了竞争，其技术指标往往高于国家或国际标准。

我国玻璃钢研究始于1958年，当时进行这项研究的单位有好多家，重点研究航天、航空、军械等军工产品，但也进行了民用品的研究，如哈尔滨研究过玻璃钢钢筋混凝土楼板和梁，天津搞过汽车外壳，北京研制过公园游艇等。但收效大的是军工产品。六十年代国民经济调整时期，国家投资建设了一批研究和生产单位，引进了国外技术，为我国玻璃钢/复合材料的发展打下了坚实基础。据中国玻璃钢协会统计，1984年我国玻璃钢的总产量为60172吨，产品种类达1000多种，大小工厂1100多家（不包括台湾省1984年产量30000吨）。我国玻璃钢/复合材料主要产量如下：

冷却塔：11520.58吨

波形瓦：11763.90吨（折合560万张）

浴盆：743.72吨（约5万只）

活动房：658.91吨

槽罐：6406.21吨

各种管道：3983.9吨

我国碳纤维复合材料在军工和民用方面都有较大的发展。七五计划国家将此项技术列为重点攻关项目。近年来人造大理石装饰材料发展很快，目前国内从联邦德国、法国、

美国、意大利等国家引进的生产线不下十几条，已投产的生产线有九条。

在技术交流方面，1975年我国首次召开了玻璃钢/复合材料技术交流会，成立中国硅酸盐学会玻璃钢/复合材料专业委员会。此外，由中国航空学会、宇航学会和力学学会联合主办的复合材料学术会议，从1980年起每两年开一次年会。中国机械工程学会也于1982年成立了复合材料专业委员会（包括其它非金属材料）。国内公开发行的专业期刊有“玻璃钢/复合材料”和“复合材料学报”。

为了培养复合材料方面的技术人材，国家于1972年分别在武汉工业大学，华东化工学院和哈尔滨建工学院创办了复合材料专业。此后，北京航空学院、西北工业大学、国防科技大学、哈尔滨工业大学等高等院校也先后设立了复合材料专业或从事复合材料方面的研究。

二、玻璃钢/复合材料的特性

玻璃钢/复合材料的特点，主要表现在它集中了合成树脂和增强（改性）材料的优点，具有强度高、比重小、耐化学腐蚀、电绝缘性好、能透过电磁波、耐瞬时高温烧蚀、易成型以及材料和结构的可设计性等。

（一）轻质高强

玻璃钢/复合材料的比重为 $1.4\sim 2.2$ （表1-4），它只相当于普通钢材的 $1/4\sim 1/5$ 、铝合金的 $1/2\sim 2/3$ 。而其机械强度却能达到普通碳钢的水平。例如环氧玻璃钢的拉伸、弯曲强度均能达到400兆帕以上。如按比强度计算（强度与比重之比），玻璃钢大大超过普通碳钢，碳纤维复合材料的比强度和比模量均超过高级合金钢的水平。因此在航空、宇航、汽

玻璃钢/复合材料与其它材料的性能比较 **表 1-4**

材料名称	比重	拉伸强度 (兆帕)	比强度 (强度/比重)	拉伸模量 (兆帕)	比 模 量 (模量/比重)
碳纤维/环氧树脂	1.5	1600	1067	135000	90000
玻璃纤维/环氧树脂	2.0	1100	550	42000	21000
高强度合金钢	7.8	2000	807	210000	26920
普通碳钢	7.8	400	51	180000	23077
铝	2.8	170	61	70000	25000
钛 合 金	4.4	1000	227	110000	25000

车、造船及高压容器方面得到广泛应用，并取得了显著的技术经济效益。

(二) 耐腐蚀性

玻璃钢/复合材料是一种良好的耐腐蚀材料，它能耐海水和微生物的作用，适宜作船艇壳体。不同种类的复合材料，对各类酸、碱、盐、有机溶剂及油类具有稳定性。因此，广泛地用于石油化工管道、贮槽、压力容器、泵、阀及有色冶金等防腐工程。复合材料在防腐工程中代替木材、钢、不锈钢、有色金属等，可大大地延长使用寿命，降低工程造价，减少设备维修等，具有很高的技术经济效益。

(三) 热性能

玻璃钢/复合材料在室温条件下的导热系数为 $0.23 \sim 0.46$ 瓦特/米²·K，相当于金属材料的 $1/100 \sim 1/1000$ 。玻璃钢在高温下能吸收大量的热能，产生大量的气体，加之导热系数小，故能耐瞬间高温。它可以作为热防护和耐烧蚀材料，广泛用于火箭、导弹、宇航等方面，承受 2000°C 以上高速气流的冲刷作用。

(四) 电性能

玻璃钢/复合材料具有优良的电绝缘性能，广泛地应用于制造仪表、电机及电器产品中的绝缘部件，能提高电器设备的可靠性和使用寿命。其另一特点是透微波性能好，目前普遍用来制造飞机、舰艇、导弹及地面雷达站的雷达罩，可以说是制造雷达罩的理想材料。

(五) 材料性能的可设计性

玻璃钢/复合材料性能的可设计性体现在两个方面：一是强度设计；二是功能设计。例如，选择不同树脂、纤维及不同含量比例，可以得到不同强度的复合材料；在设计产品时，还可以根据各部位的受力状态，合理的分布增强材料，充分发挥其易成型的特点。玻璃钢/复合材料的功能可设计性，能适应多种用途的要求。例如要获得耐腐蚀性，可以通过选择耐腐蚀的树脂和纤维（或填料）来实现。总之，玻璃钢/复合材料的性能由其组成中的纤维含量、分布及性能，树脂的性能、含量，以及两者之间的界面粘接状态所决定。玻璃钢/复合材料的产品设计，必需从材料选择，结构形式以及成型工艺等方面全面考虑，充分发挥其复合功能之特点。

(六) 工艺功能

玻璃钢/复合材料的性能，可以在成型过程中复合，可以根据制品的尺寸，形状，技术要求、数量等选择适宜的成型工艺。玻璃钢/复合材料最适合于整体成型，一次能成型形状复杂的产品，对于批量少的异型产品，经济效果更为显著。

玻璃钢/复合材料的缺点主要表现在弹性模量低，比钢材小10倍，但比木材大2倍，这会造成玻璃钢/复合材料结构变形过大；玻璃钢/复合材料的耐热性较差，通用玻璃钢

的使用温度为50℃，耐热型玻璃钢的使用温度也只能在200~300℃内长期使用；玻璃钢/复合材料的另一缺点是耐久性差，长期使用会产生老化。这些弱点，在使用玻璃钢时，必需特别注意。有关玻璃钢/复合材料的基本性能，将在性能测试一书中详细介绍。

三、玻璃钢/复合材料的原材料

玻璃钢/复合材料的原材料主要是合成树脂和增强或改性的填料。纤维或粉状填料起着骨架作用，合成树脂则起着将各种填料粘结成整体的作用。

玻璃钢/复合材料用的合成树脂种类很多，按其工艺性能分为热固性和热塑性两大类。属于热固性树脂的有：环氧，不饱和聚酯，酚醛、呋喃、聚酰亚胺，聚苯并噻唑等。其中酚醛树脂价格最低，应用历史也最早，环氧、聚酰亚胺性能好，粘接强度大，但价贵。不饱和聚酯树脂种类很多，工艺性能好，产量也最大，目前世界玻璃钢/复合材料总产量的85%是用不饱和聚酯树脂。属于热塑性树脂的有：聚丙烯，聚碳酸酯，尼龙等。热塑性树脂用于玻璃钢/复合材料始于60年代，但其发展速度较快。

玻璃钢/复合材料用的增强材料主要是玻璃纤维及其制品。玻璃纤维种类很多：分为中碱、无碱、高强、高模量及耐化学腐蚀纤维等。其直径4~30微米，近年来粗直径纤维发展很快。玻璃纤维制品有布、毡、带、粗纱及三向织物等。玻璃纤维布又分为单向布、方格布、斜纹布、缎纹布等。除玻璃纤维外，碳纤维、硼纤维、芳纶（Kevlar）纤维等增强材料近年来也得到发展，碳纤维增强材料主要用于生产高强度，高模量的复合材料。由于其价格较贵，目前主要