

玻璃钢技工系列教材

玻璃钢概论

冷兴武 主编



武汉工业大学出版社

全国玻璃钢技工系列教材

玻璃钢概论

冷兴武 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

武汉工业大学出版社

(鄂)新登字 13 号

图书在版编目(CIP)数据

玻璃钢概论/冷兴武编. —武汉:武汉工业大学出版社 1995.5

玻璃钢技工系列教材

ISBN 7-5629-0955-5/TQ · 101

I. 玻… II. 冷… III. 玻璃钢-基础理论-技工学校-教材 IV. TQ327.11

武汉工业大学出版社出版

(武汉市武昌珞狮路 14 号 邮编 430070)

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销

武汉工业大学出版社中南三〇九印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/32 印张:3.75 字数:76千字

1995年5月第1版 1995年5月第1次印刷

印数:1—3000 定价:5.50元

ISBN 7-5629-0955-5/TQ · 101

出版序言

当前,我国国民经济正以高速度向前发展,建材工业作为基础工业之一,在国民经济发展中占有举足轻重的地位。邓小平同志指出:“科学技术是第一生产力”。建材工业要大发展,科技教育工作必须走在前面,培养具有较高科学文化知识和生产技能的社会主义劳动者,乃是百年大计。

我国玻璃钢(即指玻璃纤维增强塑料)工业起步于本世纪50年代,到目前已发展到有数千家企业、数千种产品的富有旺盛生命力的一个行业,玻璃钢产品已在我国石油、化工、交通、建筑、机械、电气、环保、农业、国防等许多领域得到应用。然而,为数众多的玻璃钢企业的职工文化素质和技术水平相对较低,这严重制约着整个行业的技术进步和发展。为此,我们组织编写了这套“全国玻璃钢技工系列教材”,其中包括:《玻璃钢概论》、《纤维增强材料》、《合成树脂》、《手糊成型工艺》、《压制成型工艺》、《缠绕成型工艺》、《玻璃钢检验》、《玻璃钢物化性能试验》、《玻璃钢力学性能试验》共9种。

本系列教材是按1987年5月国家建材局人才开发司颁布的“玻璃钢企业技术培训教学计划、教学大纲”进行编写的。并结合1990年2月国家建材局颁布的“纤维增强材料工人技术等级标准”有关玻璃钢各工种应知应会条款,进行了修改,补充了一些初学者入门知识,照顾到了乡镇企业适用的教学内容。

本系列教材以玻璃钢企业具有初中以上文化程度的中级技工为主要对象,兼顾到初级、高级技工层次,取材全面、内容丰富,文字通俗易懂,并配有习题。

本系列教材为国家建材局指定的玻璃钢教材,可作为技工学校玻璃钢专业和玻璃钢企业技术培训教材。请各使用单位根据教学和培训的实际需要,选择相应的内容进行教学。

本系列教材的问世,得到编者、审稿人、出版社有关同志的大力支持,在此表示衷心的感谢。

各单位在使用本教材的过程中,有何建议和要求,请及时反馈到国家建材局教材办公室和武汉工业大学出版社,以便再版时修改,使这套教材日臻完善。

国家建材工业局教材办公室

1994年8月

全国玻璃钢技工系列教材总编组 成员名单:

总 编 冷兴武 (国家建材工业局哈尔滨玻璃钢研究所)
副总编 (按姓氏笔划为序)

王月新 (常州建材二五三厂)
朱 培 (国家建材工业局玻璃钢研究设计院)
陆全法 (国家建材工业局上海玻璃钢研究所)
贾玉英 (中国无机非金属材料科技实业公司)
蔡绍彭 (兵器工业总公司五七二七厂)

前 言

本书是一本有关玻璃钢/复合材料基本知识的普及读物。

全书共分七章，分别介绍了玻璃钢/复合材料的基本概念、性能特点、国内外应用状况、现有的成型工艺方法、典型制品生产实例、制品的一般设计原则、新产品的开发和玻璃钢的连接、机械加工、安全卫生、劳动保护等。本书除了普及玻璃钢/复合材料一般知识、对推广应用玻璃钢制品起促进作用外，还将为人们指出这种新材料的发展前景，给读者以创新和开拓性的启迪。

本书适用于具有初中以上文化程度的技术工人及管理人员学习和阅读参考。

本书由冷兴武编著，贾玉瑛主审，蔡绍彭、马福柱参审。

编者

1994年8月

目 录

绪 论	1
第一节 玻璃钢的含义	3
第二节 玻璃钢与复合材料之间的关系	4
复习题	9
第一章 ② 玻璃钢的基本特性	10
第一节 力学性能	10
第二节 物理性能	18
第三节 化学性能	22
第四节 制品形成的特殊性	24
第五节 可设计性	25
第六节 玻璃钢与钢材、木材的比较	27
复习题	28
第二章 玻璃钢的应用	29
第一节 石油化工方面	30
第二节 交通运输方面	30
第三节 电气工业方面	32
第四节 建筑工业方面	32
第五节 机械工业方面	33
第六节 军械与装备方面	33
复习题	34
第三章 玻璃钢成型工艺	35

第一节	手糊成型工艺	35
第二节	层压成型工艺	36
第三节	模压成型工艺	38
第四节	缠绕成型工艺	39
第五节	喷射成型工艺	40
第六节	注射成型工艺	41
第七节	拉挤成型工艺	43
第八节	连续成型工艺	45
第九节	片状模压塑料(SMC)生产工艺	47
第十节	纤维增强热塑性复合材料 及其制品生产工艺	48
第十一节	各种工艺组合及其它	50
	复习题	52
第四章	玻璃钢制品实例	53
第一节	波形瓦	53
第二节	微波无线反射面	56
第三节	大型圆顶薄壳结构	61
第四节	压力容器与管道	65
第五节	地面贮罐	67
第六节	SMC 高位水箱	71
	复习题	74
第五章	玻璃钢的一般设计原则	76
第一节	全面分析产品的技术要求	77
第二节	合理选择原材料	77
第三节	充分掌握和利用玻璃钢的可设计性	78
第四节	设计理论和数据确定的试验依据	79
第五节	确定合理的结构形式	79

第六节 尽量降低制品的造价	80
复习题	81
第六章 玻璃钢工业技术开发	82
第一节 什么是玻璃钢技术开发	82
第二节 玻璃钢技术开发设计的原则	85
第三节 如何接受玻璃钢技术转让	87
复习题	92
第七章 玻璃钢制品的连接、加工及劳动保护	94
第一节 机械连接与胶粘接	94
第二节 机械加工	101
第三节 玻璃钢的维修	102
第四节 劳动保护	104
复习题	108
参考文献	109

绪 论

玻璃钢是玻璃纤维增强塑料的通俗叫法。它是用玻璃纤维(包括玻璃布、毡等制品)作增强“筋”，用合成树脂作为粘舍材料，用一定的方法成型把“筋”粘结在一起，而制成的一种复合材料。

这种复合材料，不是现在才突然出现在人们面前的，它有一定的历史发展过程。人类的祖先早在远古时代就懂得采用这种材料，如运用稻草增强泥坯作墙体材料就是最原始的复合材料。我国元代所制造的箭弓，已经是当时比较先进的复合材料结构物了。它是用木材作夹芯，在受拉面弓背粘上平行纤维，如棉、麻、绢丝等，在受压面弓里粘上牛角，这在当时已是强有力的战斗武器，无论在设计和材料选择上都可称为当时较先进的技术。

作为近代复合材料的玻璃钢，是从本世纪40年代第二次世界大战时发展起来的。当时的美国已经有了发展玻璃钢的物质基础，一是从1935年起，连续玻璃纤维已有了较大发展，二是1939年发明了常温常压下成型的不饱和聚酯树脂。当时的玻璃钢首先用在航空工业方面，如飞机的雷达罩、副油箱等。50年代以后，美国开始研制玻璃钢火箭发动机外壳。1957年回收的红石导弹第一节就是用三聚氰氨玻璃钢制造的。1967年在美国的得克萨斯州试飞了用环氧树脂制造的第一架全玻璃钢结构飞机。进入70年代，玻璃钢船舶发展较快，

西方各主要工业国都趋向于大型化,尤其是玻璃钢扫雷艇,其长度在10m以上。近年来,玻璃钢渔船发展很快,日本的中小型渔船中,玻璃钢渔船已占40%。

我国玻璃钢发展于1958年,当时着重于国防军工方面研究工作。60年代初期研制成功了超厚尺寸的层压玻璃钢部件,为我国的尖端科研作出了贡献。1965年举办了全国第一次玻璃钢展览会,这是对我国玻璃钢工业战线的首次大检阅。当时,展品有几百种,除军工产品外,还有不少民品,而且已经实现了纤维缠绕工艺的机械化生产。但是,玻璃钢工业的真正发展壮大并形成生产能力,还是在70年代之后。

我国玻璃钢产品试制的进展速度还是很快的。例如,1959年试航了9m长的游艇;1965年试用了玻璃钢飞机螺旋桨;1966年试飞了全玻璃钢水上飞机浮筒和解放7型滑翔机;1968年安装了第一台直径15m的大型玻璃钢风洞螺旋桨;1971年安装了直径为44m的大型全玻璃钢蜂窝夹层结构的地面雷达罩;1974年颁布了0.4m³铝内衬玻璃钢气瓶规范,同年,我国第一艘长度为39.8m的大型玻璃钢船舶下水;1975年第一个直径18.6m玻璃钢高山雷达防风罩正式服役;1976年定型了直径8m的玻璃钢风机叶片,同年,第一座大型钢筋混凝土断桥用玻璃钢修补成功并通车使用。此后,每年都有新的玻璃钢产品研制成功,如冷却塔、化工贮罐、波形瓦、活动房屋、风力发电机叶片、大型电机护环、管道、体育器材及文娱用品都相继投产。目前玻璃钢产品已在我国石油化工、交通运输、建筑、机械、电气、环保、农业以及国防工程等诸多领域得到了推广应用。

据不完全统计,我国到1989年已有近2000个大小玻璃

钢厂家，有玻璃钢产品几千种，玻璃钢年产量约 7.4 万吨，这说明玻璃钢作为一种新型材料有着旺盛的生命力，今后它必将为我国四化建设增添光彩。

第一节 玻璃钢的含义

玻璃钢学名玻璃纤维增强塑料。它是以玻璃纤维及其制品(玻璃布、带、毡、纱等)作为增强材料，以合成树脂作基体材料的一种复合材料。复合材料的概念是指一种材料不能满足使用要求，需要由两种或两种以上的材料复合在一起，组成另一种能满足人们要求的材料，即复合材料。

例如，单一种玻璃纤维，虽然强度很高，但纤维间是松散的，只能承受拉力，不能承受弯曲、剪切和压应力，还不易做成固定的几何形状，是松软体。如果用合成树脂把它们粘合在一起，可以做成各种具有固定形状的坚硬制品，既能承受拉应力，又可承受弯曲、压缩和剪切应力。这就组成了玻璃纤维增强的塑料基复合材料。由于其强度相当于钢材，又含有玻璃组分，也具有玻璃那样的色泽、形体、耐腐蚀、电绝缘、隔热等性能，象玻璃那样，历史上形成了这个通俗易懂的名称“玻璃钢”，这个名词是由原国家建筑材料工业部部长赖际发同志于 1958 年提出的，由建材系统扩至全国，现在还普遍地采用着。

这样看来，玻璃钢的含义就是指玻璃纤维作增强材料、合成树脂作粘结剂的增强塑料，国外称玻璃纤维增强塑料。随着我国玻璃钢事业的发展，作为塑料基的增强材料，已由玻璃纤维扩大到碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、氧化铝纤维和碳

化碳纤维等，无疑地，这些新型纤维制成的增强塑料，是一些高性能的纤维增强复合材料，再用玻璃钢这个俗称就无法概括了。考虑到历史的由来和发展，通常采用玻璃钢/复合材料，这样一个名称就较全面了。

第二节 玻璃钢与复合材料之间的关系

一、玻璃钢的两大组成材料

谈到玻璃钢与复合材料之间关系，我们先来看看玻璃钢的两大组成材料。

(1) 玻璃纤维 一般认为它主要起承载作用。

(2) 树脂 目前主要指合成树脂，它起粘结纤维，把松散纤维粘拢在一起，形成整体的作用。

由玻璃纤维和合成树脂两种组分构成玻璃钢。这两种组分关系十分密切，缺一不可。它们之间就好象人体上骨骼和肉的关系。

玻璃钢是复合材料的一种，我们把玻璃钢扩大到复合材料范围来看，复合材料也至少有两种组分。下面我们先从一般概念来谈复合材料。

1. 广义复合材料

广义复合材料由填料和基体组成。

填料——骨料，如粒状、块状、线状、片状等。

基体——胶粘剂，如有机、天然合成树脂；天然、人工无机胶粘剂等。

混凝土就属于这种广义的复合材料。这里，砂粒、石子均属于填料，基体是无机材料水泥作胶粘剂，可称为无机复

合材料。

与玻璃钢接近的树脂混凝土有人造大理石等。这种复合材料，填料有细粉状无机填料、颜料，基体胶粘剂是合成树脂，属有机材料，亦称有机复合材料。

2. 增强复合材料

增强复合材料由增强材料和基体组成。

增强材料——填料为增强材料，如片、线状的有一定强度的材料。

基体——胶粘剂，有机或无机材料。

象钢筋混凝土，钢筋为增强材料，水泥为粘结材料，两种组分形成整体，是一种无机增强复合材料。

而和玻璃钢很接近的天然生成的增强复合材料有木材和竹材等。它的增强材料是木纤维和竹纤维，有方向性，粘接材料是植物本身的一种胶接细胞，把纤维连接成整体，形成有机增强复合材料。

3. 纤维增强复合材料

纤维增强复合材料由纤维增强材料和基体组成。

纤维增强材料——如连续纤维、短切纤维、纤维织物或毡等。

基体——胶粘剂包括有机或无机非金属以及金属等。

象用玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维等作增强材料，合成树脂作胶粘材料制成的复合材料，称为非金属基或树脂基纤维增强复合材料，也有人称为塑料基纤维增强复合材料。

而用碳化硅、氧化铝、陶瓷纤维等作增强材料，金属作基体制成的纤维增强复合材料称为金属基纤维增强复合材料。

料。

综上所述，玻璃钢只是树脂基纤维增强复合材料的一部分。

二、玻璃钢/复合材料的三大要素

玻璃钢是由玻璃纤维和合成树脂两大组分构成整体的，那么树脂作为粘结剂它是怎样把松散的玻璃纤维连成坚硬的玻璃钢体呢？玻璃钢在成型制作过程中，呈液体状的树脂液包围和浸渍了玻璃纤维，然后树脂固化，形成固定形状的坚硬体。如果玻璃纤维表面和树脂不亲合，就不能做成强度高的整体，增强材料的作用就无法发挥。由此可见，玻璃纤维表面，即玻璃纤维和树脂的交界面称为界面，是极其重要的部分。所以把玻璃纤维、合成树脂及界面称为复合材料的三大要素。

三、三大要素的作用和相互关系

1. 玻璃纤维

玻璃纤维是玻璃钢中的主要承力部分，它不仅能够提高玻璃钢的强度和弹性模量，而且能够减少收缩变形，提高热变形温度和低温冲击强度等。例如 306# 聚酯树脂浇铸体，在加入 50% 的玻璃布后，拉伸强度可由 50MPa 提高到 200MPa，拉伸模量可由 3.9GPa 提高到 14GPa。

2. 合成树脂

合成树脂是玻璃钢的基体，松散的玻璃纤维靠它粘接成整体。

树脂主要起传递应力作用，因此树脂对玻璃钢的强度起重要作用，尤其是抗压、弯曲、扭转、剪切强度更为显著。

由于树脂是基体材料，它对玻璃钢的弹性模量、耐热性、

电绝缘性、透电磁波性、耐化学腐蚀性、耐气候性、耐老化性等都有影响。例如玻璃钢的耐化学液体浸蚀性和耐水性，主要取决于树脂基体的性能。通常不饱和聚酯树脂 197[#] 耐化学腐蚀较好，而 189[#] 耐水较好。不同类型、不同牌号树脂其性能是不相同的。

树脂含量对玻璃钢性能也有影响，通常树脂含量为 20%~35%，这和成型方法、增强材料品种有关。例如，缠绕和模压成型，树脂含量偏低，而手糊成型，树脂含量则稍高。强度层树脂含量稍低，通常可在 25%~40% 之间；耐腐蚀、防渗层树脂含量较高，一般要超过 50%；用玻璃布作增强材料，树脂含量低于用玻璃毡。用玻璃纤维表面毡作增强材料时，可达 85% 以上的富树脂含量。

3. 界面

所谓界面就是任何两相物质间的分界面。

玻璃钢的性能不仅与所用的增强材料、合成树脂有关，同时，很大程度上还和纤维与树脂之间界面粘合的好坏及耐久性有关。

众所周知，玻璃纤维是一种圆柱状玻璃，表面也象玻璃那样光滑，而且表面还常牢固地吸附着一层薄的水膜，这当然要影响玻璃纤维和树脂的粘接性能。尤其是玻璃纤维在拉丝纺织过程中，为了达到集束、润滑、消除静电等目的，常涂上一层浸润剂，这种浸润剂多数是石蜡类物质，它们存留在玻璃纤维表面上，对合成树脂与玻璃纤维起隔离作用，妨碍两者粘接。可见界面对玻璃钢的性能影响很大。

界面有问题就需要处理。如在玻璃纤维表面覆盖一层表面处理剂，从而使玻璃纤维和树脂可以牢固地粘接在一起。这

种方法是提高玻璃钢基本性能很有效的途径，国内外都在大力研究和采用。实践证明，玻璃纤维及其织物，在经过表面处理剂处理后，不仅改善了玻璃纤维的耐磨、耐水、电绝缘性能，对玻璃钢的强度，特别是潮湿情况下的强度提高更为显著。

此外，玻璃钢与其它材料或玻璃钢本身多次铺层粘贴等也都有界面问题。例如往金属罐里层做玻璃钢防腐贴衬，就需要把金属罐内表面处理干净，如去掉污垢、油污、水分和锈蚀层等，常采用喷砂、酸洗等处理办法。如果金属表面处理不好，玻璃钢贴衬就会失败。有时，还会遇到固化了的玻璃钢层，再行粘接玻璃钢，也会有界面问题。如采用分层固化工艺或者玻璃钢破损维修等，都需要把玻璃钢层表面进行处理，除去掉污垢、油、水等外，还需要把表面用砂纸打毛以增大粘贴面积，否则，就会出现分层疵病。

由此可见，影响玻璃钢及其制品质量的因素，除了玻璃纤维和树脂这两大组分之外，界面也是非常重要的。这三大要素，缺一不可，它们之间是密切关联的，不可分割。我们所以称它们为三大要素，这是长期实践总结出来的。

经验告诉我们，纤维、树脂和界面这是玻璃钢制品成败的三项要素。可以说，凡是玻璃钢制品出现事故时，人们皆可从三大要素上找原因。例如某啤酒厂的钢筋混凝土发酵池，原系沥青贴衬，短期用后脱落失效。采用玻璃钢贴衬，由于原混凝土池表面没有清洗干净，糊后脱落失效，经济损失巨大。还有一些玻璃钢厂为降低造价追求高利润，竟采用陶土坩埚生产的玻璃纤维，生产的玻璃钢波形瓦不到半年树脂便脱落。因为陶土坩埚拉出的纤维表面未经处理，玻璃纤维外