

 化工工人技术理论培训教材

化工防腐玻璃钢

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

化工防腐玻璃钢

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社
· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工防腐玻璃钢/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写. —北京: 化学工业出版社, 1997
化工工人技术理论培训教材
ISBN 7-5025-1934-3

I. 化… II. ①化… ②化… III. 化学工业-耐蚀材料-玻璃钢-基本知识 IV. TQ327.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 21475 号

化工工人技术理论培训教材

化工防腐玻璃钢

化学工业部人事教育司 组织编写

化学工业部教育培训中心

责任编辑: 王 青

责任校对: 关雅君

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 4 1/4 字数 117 千字
1997 年 11 月第 1 版 1997 年 11 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-1934-3/G · 540

定 价: 8.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共7册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共43册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材6册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共11册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共20册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写作》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

目 录

化工防腐玻璃钢 (专 010)	1
第一章 概论	2
第一节 玻璃钢的定义、分类和品种	2
第二节 玻璃钢的特性	2
第三节 玻璃钢在化工防腐蚀工程中的应用	5
复习题	7
第二章 玻璃钢施工材料	8
第一节 合成树脂	8
第二节 增强材料	19
第三节 固化剂	40
第四节 辅助材料	48
第五节 脱模剂	52
复习题	54
第三章 玻璃钢的固化	56
第一节 常温固化	56
第二节 热固化	57
第三节 固化的工艺条件及影响因素	58
复习题	59
第四章 玻璃钢施工工艺	60
第一节 胶料的成分与配制	60
第二节 施工工艺与成型方法	65
第三节 施工机械设备与工器具	103
复习题	112
第五章 玻璃钢的质量检验	113
第一节 常用玻璃钢的质量标准及检查	113
第二节 常见玻璃钢的缺陷及处理	116
复习题	122

第六章 玻璃钢施工安全与劳动保护	123
第一节 原材料的毒性	123
第二节 安全技术及劳动保护	124
复习题	126
参考文献	126

化工防腐玻璃钢

(专 010)

大化集团公司机电安装公司防腐公司 李鼎奎 编
劳添长 审

第一章 概 论

化工防腐玻璃钢是化工防腐玻璃钢工必须学习的一门专业课，其任务是在全面学习本工种教学计划所设置课程的基础上，对玻璃钢的基本性能、原材料选择、施工工艺及方法、质量检验、施工安全与劳动保护等方面进行较系统的学习。

第一节 玻璃钢的定义、分类和品种

玻璃纤维增强塑料俗称玻璃钢。它是以合成树脂作为粘合剂，以玻璃纤维及其制品（玻璃纤维布、带、毡等）作增强材料制成的一种复合材料，外文简称FRP或GRP。

玻璃钢的分类有几种不同方法。根据合成树脂的化学结构及加工热性能不同，玻璃钢分为热固性玻璃钢和热塑性玻璃钢两大类。在防腐工程中由于首要考虑的是耐腐蚀性，而玻璃钢的耐蚀性能基本上取决于合成树脂，所以一般按合成树脂的种类来划分玻璃钢，如环氧玻璃钢、酚醛玻璃钢、呋喃玻璃钢和聚酯玻璃钢等。此外，为改善玻璃钢的性能，降低成本，适应各种用途需要，还可采用两种或更多种树脂进行相互改性的方法，制成改性玻璃钢，使其兼有多种树脂的性能，如环氧酚醛玻璃钢、环氧沥青玻璃钢等。

第二节 玻璃钢的特性

玻璃钢集中了玻璃纤维及合成树脂的优点，具有质量轻，强度高，耐化学腐蚀，传热慢，电绝缘性能好，透过电磁波，隔声、减震和耐瞬时高温烧蚀，成型工艺、产品设计和制品加工均比较方便等特点。

1. 轻质高强

玻璃钢的相对密度约为1.4~2.2，只有普通碳钢的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}$ ，比轻

金属铝还要轻 $1/3$ 左右,而机械强度却能达到或超过普通碳钢的水平。例如某些环氧玻璃钢的拉伸、弯曲和压缩强度均能达到 392MPa 以上。若按比强度(抗拉强度/相对密度)计算,玻璃钢不仅大大超过普通碳钢,而且可达到和超过某些特殊合金钢。几种玻璃钢与某些金属的相对密度、拉伸强度和比强度的比较见表 1-1。

表 1-1 玻璃钢与几种金属的某些性能表

材料名称	拉伸强度/MPa	相对密度	比强度/MPa
环氧玻璃钢	490	1.73	283
酚醛玻璃钢	284	1.80	158
聚酯玻璃钢	284	1.80	158
呋喃玻璃钢	206	1.70	121
高级合金钢	1255	8.00	156
铝合金	412	2.80	147
普通碳钢	392	7.85	50
铸铁	235	7.40	32

2. 耐腐蚀性好

玻璃钢具有耐一般浓度的酸、碱、盐及耐多种油类和有机溶剂的性能,是一种优良的耐腐蚀材料。采用不同树脂制成的玻璃钢制品其耐腐蚀性能也各不相同,如酚醛玻璃钢的耐酸性好,呋喃玻璃钢耐酸、碱性好。各类玻璃钢具体的耐腐蚀性能数据可查阅有关腐蚀手册。

3. 热性能良好

玻璃钢导热系数低,一般室温状态下为 $0.35\sim 0.47\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,只有金属的 $1/100\sim 1/1000$,是一种优良的绝热材料。热膨胀系数也较小,不易产生热变形。在高温作用下,它能吸收大量的热量,因而在某些特殊情况下,可作为一种理想的热防护和耐烧蚀材料。

热固性玻璃钢的耐热性较好,通常耐蚀型聚酯玻璃钢可在 70C 以下长期使用,环氧玻璃钢可在 $100\sim 120\text{C}$ 范围内长期使用,酚醛玻璃钢可在 $120\sim 130\text{C}$ 长期使用,呋喃玻璃钢可在 $120\sim 150\text{C}$ 范围内长期使用。

4. 电性能良好

玻璃钢是一种优良的电气绝缘材料。用它制造电器仪表中的绝缘零部件，不但可提高电气设备的可靠性，而且能延长使用寿命。在高频作用下仍能保持良好的介电性能。微波透过性良好，这是一般金属材料所不具备的。

5. 可设计性好

玻璃钢制品的质量好坏，不仅与选用材料的性能和配比、成型工艺及条件有关，而且和产品设计的合理性紧密相关。

玻璃钢的可设计性因其灵活而适应多方面的用途要求。例如耐腐蚀性可以从选择合适的树脂及纤维来适应，对综合性能的要求可通过调整和处理好玻璃纤维的分布与含量、树脂的含量以及它们之间的界面结构和粘结状态等因素予以满足。

6. 工艺性优良

玻璃钢工艺性能良好，可从制品的几何形状、尺寸大小、技术要求、用途和数量去选择成型方法。玻璃钢适合整体成型，对于形状复杂、数量少、不易定型的制品效果尤为明显。

同其他材料一样，玻璃钢也有一些缺点和不足之处。

1. 弹性模量低

玻璃钢的弹性模量比木材大2倍，但比一般结构钢小10倍，因此在玻璃钢结构中，尤其是大型整体玻璃钢设备，常感刚性不足，在负荷增大时，会出现较大的变形。为改善这一弊病，可应用一些高模量或空心玻璃纤维来弥补或结构上采用预制骨架、薄壳结构和夹层结构进行改进。

2. 长期耐温性差

一般玻璃钢都不能在高温下长期使用，如通用型聚酯玻璃钢在50℃以上，其机械强度就明显下降。近年来出现了一些耐高温的玻璃钢，但它们的长期工作温度也不超过200~300℃，远较金属的长期使用温度为低。

3. 有老化现象

玻璃钢与各种塑料一样，也存在老化问题，在自然条件下，由于

各种机械应力及化学侵蚀的作用，导致玻璃钢性能变差。

此外，玻璃钢没有屈服点，在受力过程中有分层现象，超负荷时容易突然断裂，某些原材料有毒，成型时会污染工作环境，影响施工人员身体健康。

各种玻璃钢的一般性能比较见表 1-2。

表 1-2 各种玻璃钢的一般性能比较

性能	环氧玻璃钢	酚醛玻璃钢	呋喃玻璃钢	聚酯玻璃钢
制品性能	机械强度高，韧性好，粘结性能优良，耐腐蚀性能良好，耐碱性能优于酚醛与聚酯玻璃钢，耐酸一般，收缩率低，吸水性小，耐热性较好 ($<100^{\circ}\text{C}$)	机械性能一般，较脆，耐酸性好，耐碱差，收缩率大，吸水性小，耐热性较高 ($<150^{\circ}\text{C}$)	机械性能一般，较脆，耐酸性能良好，耐碱和耐酸交替腐蚀性能突出，收缩率大，吸水性较大，耐热性高 ($<180^{\circ}\text{C}$)	机械性能较好，耐腐蚀性能较差，收缩率大，吸水性大，耐热性差 ($<90^{\circ}\text{C}$)
工艺性能	工艺性能良好，易改性，可常压或加压成型和常温或加热固化。粘结强度高，脱模困难	工艺性能比环氧树脂差，固化时有挥发物放出，适合干法成型，常压成型性能较差	工艺性能差，对基层和玻璃纤维浸润性差，粘附力差，固化养护期较长	工艺性能最好，胶液粘度低，对玻璃纤维浸润性好，固化无挥发物放出，能常温常压成型
原材料毒性	胺类、酸酐类固化剂均有毒性和刺激性	苯磺酰氯、对甲苯磺酰氯固化剂均有毒性及较强刺激性	苯磺酰氯固化剂有毒性和较强刺激性	苯乙烯交联剂有毒性

第三节 玻璃钢在化工防腐蚀工程中的应用

玻璃钢作为一种新型的非金属耐腐蚀材料，由于它具有比较突出的优良性能，因此它的应用范围、成型工艺技术和设备有很大的改进

和发展，从大量的手工操作发展成为半机械化直到全机械、全自动成型；从单个成型发展到多个和连续成型；从小型制品发展到体积达数千立方米的大型贮罐；从军工到民用；从尖端到一般，在国民经济和国防建设的各个领域，发挥着重要的作用，在化工防腐中也获得广泛的应用。

1. 用于耐腐蚀衬里层和隔离层

玻璃钢衬里是玻璃钢在防腐蚀工程中最常用的一种形式，用它贴在钢铁、水泥、混凝土基层表面形成保护层，比防腐涂料形成的涂层强度高、整体性好、抗冲击、耐磨和耐腐蚀，使用寿命较长。也比橡胶衬里和砖板衬里施工简便、质量轻、适应性强，而且成本较低。

当胶泥、砖板衬里应用在较苛刻的腐蚀环境时，设置不透性隔离层组成复合衬里结构非常有必要，用玻璃钢作隔离层的效果并不亚于衬铅、衬橡胶、粘贴耐酸石棉板等传统性隔离层。

2. 用来制造整体设备、管道和零部件

玻璃钢具有突出的耐酸、碱、油、有机溶剂等介质腐蚀性能，用它作石油化工设备、管道、零部件的结构材料，制作方便，轻而坚固，某些情况下还大大优于不锈钢、铝、铜、橡胶，在不同的介质、温度和压力条件下，延长使用寿命，获得良好效果。

3. 用来增强各种脆性材料

硬聚氯乙烯塑料、玻璃、陶瓷等非金属材料用玻璃钢增强可免遭因碰撞、震动和冲击等外部作用造成的破坏，提高耐压能力，扩大应用范围，延长使用寿命。

4. 用来修补其他防腐保护层

涂层、橡胶、胶泥或搪瓷衬里层发现局部缺陷可采用玻璃钢修补。

5. 用于临时性补漏

化工生产设备、管道发生泄漏或建筑物、构筑物发生腐蚀，可用玻璃钢贴衬方法作临时性补漏和应急处理。

复 习 题

1. 什么叫玻璃钢？玻璃钢的分类有哪些方法？
2. 玻璃钢有哪些特性？
3. 玻璃钢在化工防腐蚀工程中的应用范围有哪些。

第二章 玻璃钢施工材料

合成树脂与玻璃纤维是组成玻璃钢的两个主要原材料。在玻璃钢中玻璃纤维起着增强作用,是增强材料,而以各种合成树脂为主加有相应辅助材料配制而成的粘结剂、胶料则是基体材料,树脂的含量约为20%~60%。在玻璃钢成型过程中增强材料几乎没有变化,而合成树脂则要经过一系列复杂的物理化学变化,把增强材料粘结成一个整体。

第一节 合 成 树 脂

合成树脂是以煤、电石、石油、天然气以及农副产品为主要原料,通过一系列化学、物理过程合成的各种高分子聚合物或其预聚体的通称,是20世纪30年代发展起来的一种新型有机材料。就其加工时热性能的不同,可以区分为热固性树脂和热塑性树脂两大类。

热固性树脂是指在热或固化剂等的作用下,能发生交联而变成不溶不熔状态的树脂。这种树脂在制造或加工过程中的某些阶段常常是液体,一旦固化就不能通过加热再次软化,强烈作用则分解破坏。环氧、酚醛、不饱和聚酯、呋喃、有机硅树脂等都属于这一类树脂。

热塑性树脂是指加热后能软化(或熔化),冷却后又能回复到原来状态的树脂。这类树脂的典型代表有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯及其共聚物(如ABS等)、聚酰胺、聚酯等等。

化工防腐玻璃钢施工在众多的合成树脂中大多选用环氧、酚醛、呋喃、不饱和聚酯等热固性树脂。树脂的特性和它对玻璃纤维的粘结性能直接影响着玻璃钢的成品性能,而树脂的工艺性能,尤其是固化性能又直接决定玻璃钢成型方法和工艺参数的选择。

一、树脂的基本性能

(一) 力学性能

树脂的力学性能与玻璃纤维相比,无论是强度或弹性模量都差得

多，见表 2-1。

表 2-1 常用热固性树脂的力学性能

性 能	酚醛树脂	聚酯树脂	环氧树脂	呋喃树脂	无碱玻璃 纤维
相对密度	1.30~1.32	1.10~1.46	1.11~1.23	1.15~1.25	约 2.54
拉伸强度/MPa	41.2~62.8	41.2~69.6	约 83.5	14.7~24.5	约 3432.3
拉伸弹性模量/MPa	约 3×10^3	2~4.4 $\times 10^3$	约 3×10^3	1.9~2.01 $\times 10^3$	约 7×10^3
伸长率,%	1.5~2.0	1.3	1.7	1	2.5~3.5
压缩强度/MPa	86.3~107.9	90.2~186.3	约 107.9	51~88.3	—
弯曲强度/MPa	76.5~117.7	58.8~117.7	约 127.5	39.2~58.8	—

一般认为玻璃钢的强度来源于玻璃纤维，但不够全面。玻璃钢的拉伸强度依靠玻璃纤维，但也不能完全忽视树脂的作用，因为树脂把玻璃纤维粘结成一个整体，起着传递和均衡载荷的作用，树脂这一作用影响着玻璃纤维的整体强度。此外，树脂的断裂伸长率和玻璃纤维不一致，当受外力作用时，由于树脂的伸长率低而首先开裂破坏，从而导致整个玻璃钢结构的破坏，这说明树脂断裂伸长率的大小将直接影响玻璃纤维拉伸强度的充分发挥。

如一根绳子可以承受相当大的拉力，但不能承受很小的一点压力。同样玻璃钢的压缩强度也是如此，虽然玻璃纤维也可以承受很大的拉力，但它不能单独承受压力，只能在树脂的支撑下承受压力。

玻璃钢的层间剪切强度，并不取决于玻璃纤维的强度，而主要取决于树脂的强度和界面的粘结性能。

(二) 耐热性能

合成树脂的耐热性能通常有两个涵义，一个是指树脂在一定温度条件下仍保留其作为基体材料的机械强度，即通常所说的耐温性。另一个则是指树脂发生热老化现象的那个温度范围，在此温度条件下，树脂发生交联、降解、氧化等化学反应而导致树脂性能迅速变坏，即通常所说的耐热性。

合成树脂的耐温性和耐热性都比玻璃纤维差得多，一般玻璃纤维