

玻璃钢化工设备设计

(译 文)

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

T805

3014

玻璃钢化工设备设计

(译 文)

江苏工业学院图书馆
藏书章

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

一九七四年五月

内 容 提 要

本书共分十五章。较系统地介绍了玻璃钢化工设备及管道的设计、制造、安装、使用等方面的有关问题，并重点介绍了玻璃钢基本应用原则，聚酯管道、环氧管道，复合管道、贮槽，管道连接方式，玻璃钢化工设备的设计方法等。

附录中列出有关推荐成型方法标准。

本书可供广大从事石油化工防腐工作与设计、科研、高等院校等部门有关人员参考。

CHEMICAL PLANT DESIGN
WITH
REINFORCED PLASTICS
JOHN H. MALLINSON
(1969 年版)

玻璃钢化工设备设计

约翰 H. 麦林逊(美)著

上海化工设计院石油化工设备设计建设组

(上海南京西路 1856 号)

上海海峰印刷厂印刷

工本费: 2.00 元

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

备战、备荒、为人民。

洋为中用。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

译者说明

玻璃钢又称玻璃纤维增强塑料，是一种由玻璃纤维与合成树脂组成的新型结构材料。玻璃钢化工设备具有优良的耐酸、碱、油腐蚀性能，重量轻，强度高，成型制造方便等特点。近几年来，玻璃钢用于化工防腐蚀方面发展较快，不仅有效地解决化工设备及管道的腐蚀问题，而且可以节省大量贵重金属材料，它已引起国内外广泛重视。为了适应我国石油化工的迅速发展，为了进一步推广应用玻璃钢化工设备及管道，在有关兄弟单位的大力协助下，我们组织翻译了这本书，供参考。遵照伟大领袖毛主席关于“凡属我们今天用得着的东西，都应该吸收。但是一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”的教导，对于此书必须批判地阅读。

原书于1969年出版，较系统地反映当时国外玻璃钢化工设备及管道在选用、设计、制造、安装、使用等方面的有关情况，内容较全面，有一定的参考价值。但必须指出，原书内容写的比较松散、不紧凑，有关成本估算，统计数字等部分内容作了相应删节，原书第15章(降低成本的探讨)中反映了资本主义经营思想严重，译文从略。原书个别章节欠妥之处，译文酌情予以更动。

本书可供广大从事石油化工防腐蚀工作的工人、技术人员参考，也可供设计、研究、高等院校等有关部门人员参考。

译文沿用了原书的英制单位，为了读者使用方便，书末附有基本单位换算表，以供参考。

玻璃钢是一种新型工程材料，国内尚无统一的译名，不少专业名词不得不由译者自拟，不妥之处一定很多，加上我们水平有限，译文一定存在着很多缺点及错误，我们诚恳地希望广大读者批评指出。

在本书翻译及译校过程中，得到南京化工学院化机系防腐专业教研组、浙江大学化工系、北京化工学院化机系防腐专业教研组、燃化部化工设计院情报组等有关单位的大力支持，表示感谢，在此向关心此书出版的有关同志也表示感谢。

上海四零工业设计院石油化工程设计建设组

1973年10月

目 录

第一章 概 况

一、热塑性树脂	1
二、热固性树脂	1
三、增强材料	2
四、热固性树脂的优点、范围及应用	2
五、常用化工结构材料的相对费用趋向及用途	4

第二章 基本应用原则

一、简述	7
二、常用的制造方法	7
三、六种同系树脂	9
四、增强用玻璃的分级	10
五、耐化学腐蚀层压制品的表面层	10
六、耐化学腐蚀层压制品结构体系	11
七、层压制品的构造	11
八、工业应用指导	12
九、金属腐蚀	18
十、增强聚酯或增强环氧的化学腐蚀——类似金属腐蚀的现象	18
十一、管道系统的实用检验程序	19
十二、管道的选用	21
十三、聚酯胶泥——一种填料	23
十四、推荐的产品基本标准 TS-122C (附说明)	23

第三章 聚酯管道

一、层压管的结构	26
二、产品标准和推荐选用规格	28
三、真空用的聚酯管	34
四、典型尺寸配备	36
五、质量评定与成本估算表	36
六、聚酯管和管件的价格范围	42
七、损坏管子的修复技术	43
八、热绝缘值	44
九、可靠性——预期使用期限	44
十、压头损失和流速的关系	46
十一、对紫外线的光稳定性	47
十二、脱模膜和它的检查	47

十三、手糊法聚酯管系比机制聚酯或环氧管系的优越性评述	48
第四章 环氧管道	
一、简述	49
二、环氧管道的基本结构	50
三、环氧管道的基本特性	51
四、环氧管件的综述	52
五、管子和管件的制造方法	53
六、安装环氧管道的技术要点	55
七、环氧管道的修理	56
八、增强环氧管——管件的当量长度	57
九、环氧管系的安装费用	57
十、环氧管道使用介绍	60
十一、机制环氧管系比手糊聚酯管系的优越性	63
第五章 复合管道、贮槽和结构件	
一、简述	64
二、ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)及玻璃钢聚合物	65
三、双酚和间苯二甲酸玻璃纤维体系	66
四、环氧和聚酯玻璃钢	66
五、呋喃和聚酯玻璃钢	67
六、玻璃和聚酯玻璃钢	67
七、聚氟烃和增强聚酯	68
八、衬聚丙烯的增强聚酯	68
九、聚氯乙烯和增强聚酯复合物	68
十、聚酯和环氧玻璃钢	69
第六章 工厂中的玻璃钢车间	
第七章 玻璃钢管道连接	
一、玻璃钢管道的连接方法	74
二、连接成本的比较	79
三、接头爆破试验	80
四、螺栓和垫片的规格	81
五、聚酯包缠接头——人工与尺寸的关系	82
六、玻璃钢管道悬挂、螺栓联接和钻孔的估计数据	83
七、环氧粘合接头——人工与尺寸的关系	83
八、聚酯和环氧复合管	85
九、法兰系统	85
十、接头损坏的原因	88
第八章 玻璃钢管的支撑与固定	
一、概述	90
二、推荐的聚酯管安装法	91

三、增强环氧管的支撑	92
四、热膨胀及其措施	93
五、环氧玻璃钢管的固定力	97
六、玻璃钢管的转矩	97
七、压力冲击	98
八、消除玻璃钢管系的脉冲式流动	101
九、速闭阀产生的水力冲击	101
十、水压试验	102
十一、玻璃钢管的固定、支撑、保温的设计要点	102
第九章 工业用玻璃钢排水管及下水管道	
一、概述	104
二、标准连接方法	104
三、挖掘与开管沟	105
四、下水管及排水管的型式	105
五、人孔及排水管道的设计	109
六、安装玻璃钢管注意事项	110
第十章 操作要求及安全措施	
一、操作要求	112
二、聚酯树脂的安全措施	112
三、聚酯树脂的工业卫生	115
四、敲击碰撞的危害性	117
五、环氧树脂的安全措施	118
第十一章 导管系统	
一、概述	120
二、玻璃钢导管系及附件的推荐产品标准	122
三、聚酯导管计算	124
四、导管系统的设计	135
五、导管系统的膨胀接头	138
六、导管的支撑	138
七、玻璃钢导管、通风罩及烟道的制作要点	141
八、导管系统的修理	142
九、导管的交替结构——未来的导管作业	142
十、导管火灾的防止、原因及蔓延	143
十一、氯化聚酯的火焰和燃烧理论	145
十二、玻璃钢蒸气储运结构件的防火装置	146
十三、蝶形阀及汽闸	147
十四、导管系统的成本估计	147
第十二章 贮罐	
一、玻璃钢贮罐设计	149

二、产品标准 TS-122C 介绍	152
三、玻璃钢罐的壁厚	154
四、壁厚分段递减以节省制造费用	154
五、现场制造的纤维缠绕贮罐	156
六、Kabe-o-Rap 式贮罐	157
七、进出口管	158
八、人孔	160
九、拐角部分	161
十、内挡板	162
十一、附件联结突耳	162
十二、吊耳	162
十三、贮罐通气管	162
十四、贮罐排液管	163
十五、罐体外部设计	164
十六、玻璃钢罐的支撑	165
十七、在玻璃钢罐内工作的安全措施	167
十八、玻璃钢罐内的加热	167
十九、玻璃钢罐的保温	168
二十、可燃液体的贮存	168
二十一、盛水试验和后固化	169
二十二、贮罐损坏的形式和原因	169
二十三、用于食品工业的贮罐	169
二十四、层压物试样的保存	170
二十五、贮罐的加强筋	170
二十六、玻璃钢罐的基本设计计算	170
二十七、耐腐蚀贮罐的成本	173
二十八、玻璃钢贮罐的注意事项	173
第十三章 玻璃钢系统的电气接地	
一、静电的积聚	175
二、一个爆炸事例	175
三、减少爆炸危险的基本原则	176
四、接地的方法和技术	177
第十四章 玻璃钢化工设备设计	
一、简述	181
二、空气污染控制设备	181
三、气压冷凝器	184
四、冷却塔	186
五、修正差错的简易方法	187
六、结晶器	187

七、玻璃钢作为维修材料·····	189
八、玻璃钢结构的修理·····	190
九、费用高昂的玻璃钢装置·····	191
十、玻璃钢泵·····	192
十一、玻璃钢旋转干燥器·····	193
十二、分段式贮罐·····	194
十三、空中吊装可降低玻璃钢导管装配费 80% ·····	195
十四、纺丝排气系统·····	199
十五、地下汽油贮罐·····	200
十六、离子交换法回收锌·····	201
十七、实例十则·····	201
第十五章 后记	
一、注意产品质量·····	203
二、环烷酸钴·····	203
三、喷射成型系统·····	203
四、设计参数的细节·····	206
五、聚酯制作的带法兰管件的现状·····	207
六、增强材料和防护层·····	209
七、超聚酯树脂·····	211
八、增强聚酯胶泥管——(Flextran) ·····	211
附录一 TS-122C 标准摘录	
A. 手糊法成型聚酯玻璃钢化工设备推荐的产品标准——耐化学腐蚀部分·····	213
B. 手糊法成型聚酯玻璃钢化工设备推荐的产品标准——试验方法部分·····	215
C. 长纤维缠绕玻璃钢管道标准草案·····	217
D. 轻化学品级和重化学品级纤维缠绕玻璃钢贮罐·····	226
E. 正在拟定中的玻璃钢标准·····	231
附录二 单位换算	

第一章 概 况

一、热塑性树脂

很难确切地说出合成聚合物的领域是什么时候诞生的，自然界中存在着丰富的天然聚合物，但是，人类的技术智慧必须发展到一定水平才能认识到。在自然界中已存在了许多对将来极其重要的材料。1800 年末期在实验室中合成了一些聚合物，如纤维素和酚醛塑料。但是，只有从二十世纪开始，当先进的新型研究仪器如：电子显微镜、X 光绕射仪和超速离心机出现时，聚合物的研究才有了真正进展。经过了许多年来，发现了一系列热塑性树脂，如：氯化聚醚、聚苯乙烯、氟化烃、聚氯乙烯、聚酰胺、亚乙烯基树脂、聚乙烯、乙烯基树脂。

许多早期热塑性树脂的抗拉强度较低，耐热性能有一定局限，研究工作在继续进行。

二、热固性树脂

另一类令人关心的物质就是热固性化合物。当室温时开始是液体，然后加催化剂或促进剂使它们变成一种固体物质，固化成最后的形状。典型的热固性树脂有：邻苯二甲酸二丙烯酯、酚醛、环氧、聚酯、呋喃、聚氨酯。

今天我们所熟知的玻璃钢工业是在第二次世界大战后才真正开始，当时曾制造过雷达罩。首先造船工业大规模地使用和生产玻璃钢，若不是造船工业对这种材料广泛采用的话，玻璃钢工业就不会有今天的面貌。当初，分层起壳现象是一个严重的问题，第一批船舶往往因分层而毁掉；这是因为没有真正掌握技术资料，最后由于船舶制造厂提供了许多有用的设计数据，为玻璃钢工业的发展打下了基础。

目前，摆在化工设计人员面前的艰巨工作，就是要降低因腐蚀破坏而造成的材料消耗。估计现在美国工业因腐蚀而每年耗费六千万到一亿美元。美国钢铁工业产量的 60% 用于设备维修。当然，期望用单独一种结构材料来解决这个问题是不合理的。但是，近十年来使用适当增强材料(如玻璃纤维或其他增强物质)的高聚物工业，对其他各方面的腐蚀问题，提供了有效的解决方法。

例如我们拟订一张简单的表格，如表 1-1，将某几种玻璃纤维增强的高聚物与化学加工工业中其他四种普通结构材料的若干性质作一比较，那末，使用玻璃钢的应用范围就比较明

显。因为考虑到强度，所以玻璃钢工业中现在所用的多数树脂，性质上皆是热固性的。根据化学工业中使用玻璃钢设备的结构来看，聚酯、环氧和呋喃得到最广泛的采用。除此以外，酚醛和邻苯二甲酸二丙烯酯(DAP)也得到一定程度的使用。

通常用环氧或聚酯树脂制造玻璃钢管子，在较大型的管子制造中主要选用聚酯树脂。一般说来，贮槽、导管及构件是采用耐化学腐蚀性的高级增强聚酯制造的。其原因是聚酯很易于操作，易于修补和造价便宜，在许多化学介质条件下，它们也具有耐腐蚀性能。

三、增强材料

为了增强聚酯、环氧和呋喃这样一些热固性材料，广泛选用的增强材料是玻璃纤维(E、C、R和S级*)，其次是石棉。除了这几种以外，其他增强材料也得到使用，如：一氮化硼、改性丙烯酸纤维、陶瓷纤维、聚酯纤维、石墨、聚丙烯纤维、黄麻、石英、金属丝或金属片、兰宝石晶须等。

硼、石墨、石英和兰宝石晶须主要用于宇宙飞行的研究中，尽管这些增强材料很重要，但是因为价格比较高，所以在化学工业防腐蚀项目中用得有限。英国研究并生产了用一种金属丝网作为增强材料来制造管道。有机纤维薄纱常用于玻璃纤维—树脂层压制品中，以保证在某些应用中具有优良的耐磨性和耐化学腐蚀性。改性丙烯酸、聚酯和聚丙烯纤维薄纱适用于碱介质中。

在玻璃钢的构件中，聚丙烯纤维已用作器壁增强材料。若树脂和增强材料能承受使用条件的侵蚀，则整个层压制品就是完全耐蚀的。尽管聚丙烯纤维的强度不如玻璃纤维，但是它已有效地应用在玻璃钢贮槽和构件中。

黄麻织物用作增强材料，特别在亚洲国家中是相当重要的。通常，黄麻层压布的价格约为短切玻璃纤维毡片的 $\frac{2}{3}$ 。此外，黄麻聚酯层压制品重量比玻璃纤维聚酯层压制品轻25%。一般，黄麻织物连同短切玻璃纤维毡片增强材料作为蜂窝结构芯板的增强材料，这将使芯板具有必要的刚度。在层压板表面复置的那一层必须使用玻璃纤维层压物以保护黄麻芯板。目前美国化学工业中没有广泛地使用黄麻作为玻璃钢的增强材料，但是它很有可能被用于机器挡板、槽、车用面板等制造。

四、热固性树脂的优点、范围及应用

更动特定制件中增强材料的含量，设计者就能够任意改变制品的物理性能和化学性能。高玻璃含量制件的物理强度最大，而高树脂含量制件的耐化学腐蚀性最大。显然设计者能以新颖的复合制件型式将这两个因素结合起来，使之成为最佳的设计产品。随着一系列新材料的产生，设计人员已在很短时间内完成了先辈们认为难以实现的理想。这类材料的特点如下：

- 价格比不锈钢低

*虽然3,000年以前已经使用玻璃，但玻璃纤维还是一种新的发现。1920年德国和美国对此产品曾作了一些工作，但是，实际上在1930年末于纽约世界博览会上展出以前，玻璃纤维还没有商品化。玻璃纤维可用很多种不同的方法制造，如熔融物的拉丝法或从玻璃球拉丝的方法。现在主要应用的有E玻璃和C玻璃，但是也在研究一些其他品种的玻璃，使价格接近E玻璃，而在性能上兼有E玻璃的强度和C玻璃的耐腐蚀性。为了改善玻璃纤维与树脂间的粘附力，发展了各种粘剂，最常用的粘剂是硅烷。

- 和铝一样轻
- 具有特出的强度
- 易于买到
- 易于修补
- 具有特殊的耐化学腐蚀性
- 在某些地方具有海氏合金的性能，而价格比不锈钢低
- 不需要涂油漆
- 比强度超过钢
- 易于制成各种形状
- 维修费用低
- 分子中加氯后，可制成一种优良的阻滞燃烧材料，利用这种材料可以设计出能接触腐蚀性气体的全部导管系统。

设计者还可以设想用这类独特材料广泛地应用到很多领域中去。用玻璃钢制造的战术直升飞机的紧急着陆缓冲器已取得成效。北极星潜艇和民兵式导弹都由于使用了玻璃钢而得到改进。近代潜艇中应用玻璃钢制造流线型舰桥和司令塔已使用了十一年多。若干轻巡航舰的舰身都是采用玻璃钢的。许多卡车装配着玻璃钢的司机室和防护板。在体育用品领域中，它也产生了很大的影响：游泳池、钓鱼竿、游艇等都使用了玻璃钢，并广泛地证实了它的高比强度。美国海军目前所建造的 PGM 炮艇和长 165 呎的战舰，都是用增强聚酯制造的，适用于吃水必须浅的沿海浅水航行。

玻璃钢在化工工艺装置的范围内应用于：管道、贮槽、泵、导管、搅拌器、结晶槽、洗涤器、罩盖、风扇、烟囱、热压机、长槽、分配盘、过滤器、蒸发器配件、冷凝器、斜槽、加热器、槽车、软水器、喷水管、贮槽盖及压力瓶等。

玻璃钢制品具有很高的比强度，在相同重量基础上它的比强度较大多数金属高。关于与一些普通材料的对比可参考表 1-1。在表中可以看到钢的比强度为 230,000，而玻璃毡片层压制品的比强度则为 300,000。在相同的基础上，一些纤维丝缠绕制品的比强度可高达

表 1-1 金属和玻璃钢物理性质的比较（室温）

项 目	碳 钢 (1020)	不 锈 钢 (316)	哈 斯 特 C 合 金	铝	玻璃毡片 层压制品	玻璃毡片无 捻粗纱织物 复 合 结 构	玻璃纤维 缠绕增强 环氧制品
密度，磅/时 ³	0.283	0.286	0.324	0.098	0.050	0.065	0.065
热膨胀系数，时/(时)(°F)(10 ⁻⁶)	6.5	9.2	6.3	13.2	17	13	9~12
弹性模数，磅/时 ² ×10(杨氏模数)	30.0	28.0	26.0	10.0	0.7~1.0†	0.8~1.5	4.0~4.5
抗张强度，磅/时 ² ×10 ³	66	85	80	12	9~15†	12~20	100
屈服强度，磅/时 ² ×10 ³	33	35	50	4	9~15†	12~20	100
导热系数							
英国热单位/(时)(呎) ² (°F/呎)	28.0	9.4	6.5	135	1.5	1.5	1.5~2.0
比强度(强度重量比)，10 ⁵	230	300	250	122	300	308	1,500

注：此处采用的玻璃钢层压制品的物理性能数字很保守。例如：一些纤维缠绕环氧制品抗张强度可达 300,000 磅，纤维缠绕环氧制品可获得 4,500×10³ 的惊人强度。

玻璃纤维缠绕增强环氧制品的数值是从各方面收集的，一般说来，不管是聚酯，或是环氧，纤维缠绕法皆能获得很高的物理强度。

† 这些数值引自美国材料试验学会“接触模塑法增强塑料耐腐蚀化学设备的推荐产品标准”TS-122C, 1968.9.18。

1,500,000。要使其兼有最佳耐腐蚀性和高强度，那末适中的比强度约在 500,000 左右。(玻璃毡片—纤维丝缠绕复合层压制品将具有优良的耐化学腐蚀性和高的强度)。玻璃毡片和无捻粗纱织物复合制品的比强度为 300,000 或更高一些。

对设计人员特别重要的一项就是要了解玻璃钢如何断裂的，玻璃钢的断裂和金属完全不同，它不象金属通常那样弯曲或变形，但是一达到极限张力值时就立即断裂，这是因为玻璃钢的屈服强度和抗拉强度相同，而金属的屈服强度只是抗张强度的一部分。

设计人员也必须特别注意到弹性模数的差别。金属材料比玻璃钢硬得多，例如：钢比玻璃钢硬 8~12 倍。这种情况既有利也有弊，因此对待每一个具体设计问题都必须妥善处理。低的弹性模数实际上可取消使用膨胀接头，而对金属则通常是需要使用膨胀接头的。另一方面，必须随时记住由于低的弹性模数，它将降低大型制件的应力上限。对于大的贮槽可用金属丝缠绕贮槽外部便之得到额外的增强。必须记住，玻璃钢是遵循虎克定律的，即应力和应变成比例。

用玻璃纤维增强的目的是保障强度和形稳性，而在单独采用树脂时是不可能的。另外较大利益之一是节约了绝缘材料费，因为它本身就是绝缘体。在低温时也不会发脆。实际上，层压制品在 0°F 时比在室温下的强度还要大。

人们按照预期的目的不断地专门合成所需要的分子，抗张强度将增加，所需弹性将予增加，熔点和软化点将提高，耐化学腐蚀性(尤其在高温下)将得到提高。含有极性基团的聚合物结晶通常能提供强度高、耐热性好的材料。长链的化学交联是有机聚合物增强和增韧另一个方法。正在研究的第三个方法是生产高度抗挠曲性的长韧性链。在这方面，目前正在研究次苯基的情况。完全可以相信：结晶、交联和韧性链的结合将提供进一步的结果。

目前，大部是生产玻璃纤维增强的复合材料。玻璃钢的一个主要优点是：纤维大部分保持完整无损；在室温常压下可使液态树脂流经纤维周围。大件增强聚酯可以一层层地制成任何所需的形式和尺寸。在超过 400°C 的温度下，玻璃本身不再有什么强度了；因此在 400°C 以上时，将需要添加其它类型的增强材料，如：硼、碳和碳化硅。碳纤维增强的环氧可作轻级喷气式发动机装置中的压缩机叶片，硼纤维增强的环氧可用于高速旋转的直升飞机转子叶片。增强材料的优点也可扩大到金属方面，以致可用钨纤维来增强钴和镍。

五、常用化工结构材料的相对费用趋向及用途

一个需要着重研究的方面就是金属管道对玻璃钢管道的相对费用趋势；在用户选择的任一时期内，金属管道的更换价格比值(Replacement cost ratios)是可以得出的。为此，我们追溯到 1955 年，并制订一张更换价格比表(表 1-2)。因为玻璃钢管道仅在近七年才被大量采用，把金属管道和增强聚酯、增强环氧管道的相对费用趋势作一比较是有益的。我们选定一些不锈钢管、黑铁管、铅管、衬铅管、衬橡胶管和铜管把它们混在一起算。这些金属管道是许多化工厂作为各种用途的一般金属材料。在这些管道系统中，这些金属的综合性一般趋势如表 1-2 所示。在同一表中，我们也列出了从 1961 年开始的整整七年中的玻璃钢管道的更换价格比(1961 年是这种管道在大量供应下被采用的第一年)。我们可以立即得出一些明显的结论，例如：在 1961 年装设一个金属管系须化费 1,000 美元，在 1967 年同样的管系就需化费 1,340 美元；而在 1961 年一个价值 1,000 美元的玻璃钢管系，到 1967 年只需要 770 美元就能购置

了。目前，玻璃钢的价格比 1961 年便宜 23%，并且购得的管道和管件完全是优质产品。玻璃钢相对费用一般趋势是“下降”；而金属材料则一般是“上升”。管道系统中其它配件材料，如：固定件的价格稍有下降，近十年来可能降低了 10%；而垫圈材料的价格稍为上升，粗略地估计一下，在近十年来大致升高了 10%。

1960 年初，有一家腐蚀严重的大型化工厂，在耐腐蚀管道和管件方面在玻璃钢上的费用极少；而现在管道和管件材料费用的 27% 耗费在玻璃钢上。耐腐蚀玻璃钢导管在 1960 年几乎没有，而到 1967 年却超过了 80%。玻璃钢贮槽和贮存容器在 1960 年实际上等于零，而到 1967 年则超过了 50%。

金属管子和管件的价格是近 10 年至 12 年上升得最迅速的，甚至超过了机械零件的价格上升速度。有关人员在大工厂中对攻克高昂费用方面很少注意到挑选管道和管件是一个可以减少大量投资的潜力所在。要把许多装置归纳起来是很困难的，因为每一种装置的本身就是一项单独的费用研究对象；但是，有一种在许多化工厂装置中被广泛地研究的典型装置，研究一下这个 6 吋管道的特定装置，在安装费用的基础上显示下列的相对费用指数：

钢管	1.0
增强聚酯管	1.43
增强环氧管	1.94
304 不锈钢管	2.23
衬铅管	2.67
316 不锈钢管	3.08

在研究各种结构材料中之一时，显示出设计者只要对结构材料作一定的编排，就有权左右这种系统的费用。在第三章和第四章中我们将详细探讨有关因数。包括 304 型不锈钢在内的上述编排，其合适性确是有疑问的，因为它即使用于最不严厉的条件下，甚至也会均匀地锈蚀。

如果在 10 或 12 呎高空处安装一节 10 吋衬胶或衬铅钢管，就必须准备手动葫芦、索具，而且要费很大力气才能安装就位。而对一节 10 吋两端带法兰的玻璃钢管道，只要竖起两把梯子，让一个人抓住管道的一头，几分钟内就可以将一整段管道安装好。在二小时或不到二小时以前通知，就能够准备好几节完整的玻璃钢管道，并且迅速地安装完毕。把复杂的化工过程停车时间降低到最小限度这一点是极为重要的，因为当安装时生产上损失的价值算起来可以购买好几倍的管子。必须要有长远的观点：即不仅要考虑现有的管道或设备的价值和安装工资，而且还要考虑由于机械停车所造成的生产上损失；尽可能提高设备利用率是获得较高利润的关键。设备的停止运转是很大的浪费；设备的高度可靠性、连续运转、易于修理和合理的生产成本就是判断设备性能的标准。

现在已经具备可供设计人员任意选用的材料，而几年前这些材料仅在试管中得到或仅是

表 1-2

投资年份	更 换 价 格 比	
	金	属 材 料
1955	1.76	
1956	1.55	
1957	1.37	
1958	1.29	
1959	1.22	
1960	1.23	
1961	1.34	0.77
1962	1.20	0.75
1963	1.25	0.86
1964	1.23	0.85
1965	1.16	0.88
1966	1.03	0.99
1967	1.00	1.00

例：1967 年购买并安装一小段金属管道系统需费 120 美元，而在 1962 年只要 100 美元；1962 年值 100 美元的玻璃钢管系，在 1967 年花费 75 美元就可以安装了。

想像中的东西，某些技术突破包括玻璃钢设备及伴随出现的其他新材料，使设备的制造费用降低了一半，而生产率却增加了两倍，并且只需十年前所费的一半时间，就可使设备运转，而且操作费用低，维修费用也较低，更具有高度的操作可靠性。

本书对费用进行了多种对比，使设计人员对各种结构材料的相对费用具有精确概念。

图 1-1 表明 12 吋导管系统的制造价格。在耐腐蚀设备的应用中，玻璃钢是一种费用最低的材料。

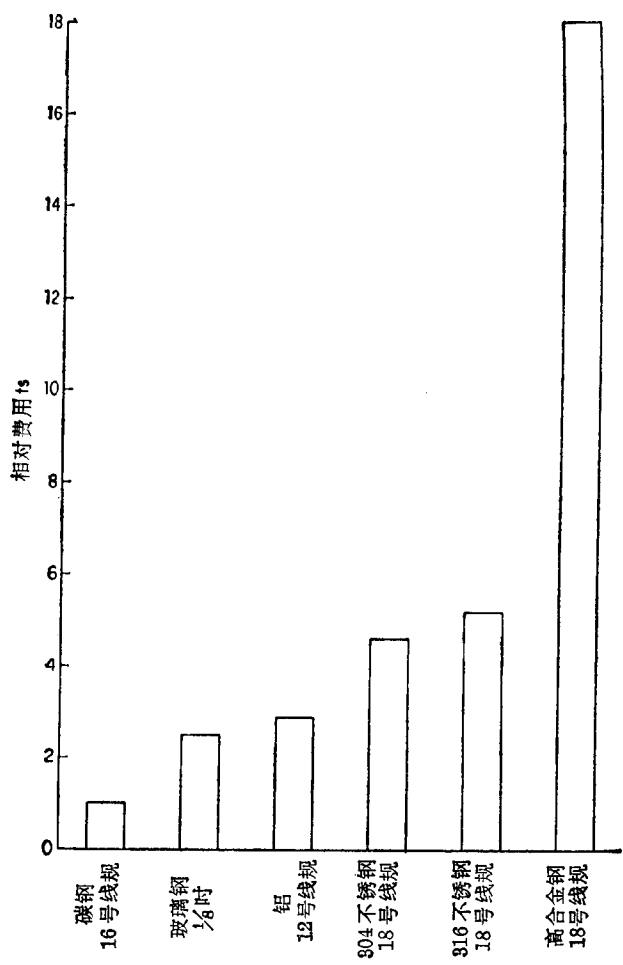


图 1-1 耐腐蚀导管系统 12 吋导管系统制造价格的比较

第二章

基本应用原则

一、简 述

要有效地使用耐腐蚀材料，首先必须对所要解决的问题有全面正确的理解。为了考虑用什么材料可能解决问题，必须完全熟悉所用的材料，并要知道这种材料的优点和缺点，尤其是需要知道它的有效使用范围。因此必须首先确定目前常用的玻璃钢能够有效地用在哪些地方，以及必须避免用在哪些地方。

目前国内外已生产许多不同类型耐化学腐蚀的聚酯和环氧树脂(以及呋喃、乙烯酯)，有时也会提到一种特殊的树脂。

通常，常用的树脂系具有下列特性：

- 在湿态条件下，使用温度的上限约为 212°F，或者可能稍高一些(250°F)。
- 在干燥条件下，使用温度上限可能达 350°F。
- 能显著地耐许多氧化性酸(直到很高浓度)的侵蚀。
- 可能具有优良的耐碱性。
- 在某些情况下具有良好的耐溶剂性，但是在其他情况下耐溶剂性却有限。
- 能制作各种形状，在低压或真空条件下应用。
- 能提供在较高操作压力下的整套管道系统，多数常用尺寸的管道能达到 150 磅/时²(表压)。
- 能在短期高温的烧蚀条件下使用。
- 低的导热率和导电率。

增强材料通常为玻璃纤维、石棉或合成纤维。

二、常用的制造方法

接触成型——手糊法 手糊法接触成型是广泛使用的方法，现以贮槽的制造为例。通常，先制备一个钢模，将它抛光，然后将脱模剂涂到芯模上，或用聚酯膜、或用玻璃纸膜将芯模包起来，这对于保障有一个良好的被加工表面是重要的。接着涂敷一层 10 英丝厚未增强的树脂胶层。再在胶层中加入薄的 C 级面层毡片，待它凝胶后，再用浸透树脂的 1½ 呎毡片连续铺上几