

石油化工设备防腐蚀资料汇编

玻 璃 钢

上海石化设计院石油化工设备设计建造组

说 明

在毛主席革命路线指引下，为了进一步贯彻全国计划会议精神，加强企业管理，搞好石油、化工设备防腐蚀工作，有力地促进石油、化工生产的迅速发展。燃化部于1972年5月在上海召开了一次石油、化工设备防腐蚀会议，并举办了小型展览会。

为了及时交流各地区，各单位开展防蚀腐工作的经验，互通情报，共同提高，现将石油、化工设备防腐蚀方面有关资料集中汇编成册，供各单位参考。

“石油、化工设备防腐蚀资料汇编”共分八册。

内容如下：（一）涂料；（二）塑料；（三）玻璃钢；（四）砖、板衬里，耐酸混凝土；（五）不透性石墨；（六）硅酸盐材料；（七）耐腐蚀用钢；（八）各厂防腐情况。

上海化学工业设计院石油化工设备设计建设组

1972年8月

目

玻璃钢衬里技术的讨论	兰州化工机械研究所 (1)
玻璃钢储油罐、酸洗槽的试制小结	天津石油公司、天津玻璃纤维厂 (24)
玻璃钢用于大型槽体防腐小结	株洲冶炼厂 (37)
玻璃钢在氯碱生产中的应用	天津化工厂 (53)
玻璃钢小结	南京化肥厂 (60)
玻璃钢施工小结	大连化工厂 (69)
玻璃钢应用情况	天津大沽化工厂 (73)
玻璃钢设备的制作及应用	天津市新新制药厂 (75)
酚醛树脂夹心玻璃钢的应用	武汉市葛店化工厂 (82)
环氧玻璃钢的应用点滴	天津市染化六厂 (86)
玻璃钢的应用	兰化公司化肥厂 (88)
玻璃钢在氯碱生产中的应用	上海燎原化工厂 (93)
玻璃钢在乙二醇生产中的应用	济南石油化工二厂 (97)
玻璃钢在染料生产中的应用	北京染料厂 (103)
玻璃钢在制药生产中的应用	南京制药厂 (119)
玻璃钢在化纤生产中的应用	南京化学纤维厂 (127)
玻璃钢在尿素生产中的应用	泸州天然气化工厂 (129)
玻璃钢在涤纶生产中的应用	南京有机化工厂、南京无线电绝缘材料厂 (132)
环氧玻璃钢在甲醛吸收塔中的应用	北京化工三厂 (136)
玻璃钢波纹填料在气体分馏塔的应用	兰州炼油厂 (139)
页岩干馏副产硫酸铵系统玻璃钢防腐情况	茂名石油公司 (142)

玻璃钢增强玻璃的性能研究	兰州化工机械研究所 (146)
耐醋酸的玻璃钢及胶泥	秦皇岛工业技术玻璃厂 (154)
淀粉沉淀斜槽防腐	石家庄华北药厂 (161)
二苯醚玻璃钢使用情况	上海第十四制药厂 (164)
新型防腐材料——丁苯树脂玻璃钢	上海化工学院 (168)
烃化器玻璃钢衬里	
.....	兰州化工机械研究所、兰州合成橡胶厂 (171)
碳化氨水槽的玻璃钢衬里	
.....	上海化工研究院第二试验厂、兰州化工机械研究所 (183)
手糊法成型的玻璃钢施工	上海第三人造纤维厂 (189)
缠绕法成型的玻璃钢施工	哈尔滨玻璃钢研究所 (208)
玻璃钢衬里的施工	北京染料厂 (213)
环氧玻璃钢管施工简介	天津染料厂 (220)
300 米 ³ 磷酸玻璃钢贮槽施工	南京化肥厂 (224)
整体玻璃钢盐酸脱吸塔施工	扬州化工厂 (230)
50 米 ³ 整体玻璃钢汽油贮罐	扬州化工厂 (233)
糠酮酚醛环氧玻璃钢管道	扬州化工厂 (236)
糠醇玻璃钢在硫酸冷却排管防海水腐蚀中的应用	
.....	湛江化工厂 (240)
玻璃钢管件制品介绍	扬州化工厂 (243)
玻璃钢球阀	天津战斗旋木厂、天津五金交电公司水暖批发部 (245)
聚酯玻璃钢制造工艺及性能介绍	
.....	天津市东郊农牧场综合加工厂 (251)
玻璃钢酸洗滚筒制造	山东南定玻璃厂 (263)
聚酯玻璃钢通风管道	青岛模型厂 (278)
国外耐腐蚀玻璃钢管道的分级和机械性能	
.....	天津石油公司、天津玻璃纤维厂 (282)
石油化工防腐的新材料——玻璃钢	兰州化工机械研究所 (286)

玻璃钢的制造及应用	九江化工厂 (308)
耐腐蚀玻璃钢管	苏州煤渣砖瓦厂 (326)
呋喃玻璃钢在“涤纶生产”中的施工小结	兰州化工机械研究所、甘肃油漆厂 (331)
防腐蚀玻璃钢产品情况介绍	山东南定玻璃厂 (337)

玻璃钢衬里技术的讨论

化工机械研究所

一、前言

玻璃钢作为防腐蚀衬里，愈来愈引起重视。它的最大的优点是：施工方便，技术容易掌握，衬里强度高，整体性好，其次是成本低，使用温度高，对金属粘结力强等等，都使它可与传统的砖板衬里、橡胶衬里、聚氯乙烯衬里相比美。

将迄今为止国内玻璃钢衬里技术的水平与较早发展的砖板衬里、橡胶衬里、搪瓷衬里、石墨衬里、聚氯乙烯塑料衬里列成表 1 相比较，可以预见，作为一种新兴的防腐施工，它将以迅速的步伐赶上和超过其他衬里。

国内，六十年代以后开始有了玻璃钢衬里，经过无产阶级文化大革命，特别是 1968 年在兰州、1970 年在南京召开的防腐蚀会议以来，各化工厂就象雨后春笋一样普遍的进行了推广。他们成功的解决了许多腐蚀问题，节省了大量的不锈钢、铅、铜等贵重金属，为我国的社会主义建设作出了重大贡献。

二、衬里的基本原理

所谓玻璃钢防腐衬里就是用玻璃纤维增强塑料作为金属或者水泥等设备基体的内衬，利用增强塑料的化学稳定性来达到防腐蚀的目的。玻璃纤维增强塑料是一种用合成树脂作为粘结剂，玻璃纤维制品(如：丝、带、布、毡等)作为增强料而获得的材料。合成树脂有热固性、热塑性之分，常用热固树脂制成

的玻璃纤维增强塑料，由于其强度可接近钢铁，所以人们俗称它为玻璃钢。我国防腐衬里常用树脂的次序为环氧、酚醛、呋喃、聚酯，增强料是玻璃布，也有用棉布、麻布、合成纤维布来代用的。

由于玻璃钢衬里设备是二种材料的复合，所以衬里的主要矛盾也就是二种材料物理机械性能的差异。衬里缺陷的表现大

表1 国内各种非金属防

技术 指标 衬里 类型	玻 璃 钢 衬 里			砖 板 衬 里	
	环 氧	酚 醛	呋 喃	水 玻 璃 泥	酚 醛 胶 泥
施 工 周 期		快			慢
技 术 要 求	低	高	高 ²		高
耐 酸 性 能 ³	良	优 ⁴	优 ⁴	优 ⁵	优
耐 碱 性 能	良	差	优	差	差
耐 溶 剂 性 能	优	优	优	优	优
传 热 性 能		差		最	差
使 用 温 度		~150℃ ⁷			150~180℃
粘 结 金 属		强			中
经 受 冲 击		强			中
施 工 毒 性 程 度		大		小	大
原 料 来 源	尚		易		易
经 济 成 本		低 ⁶			高
施 工 规 范 ¹⁰		无			有
主 要 缺 陷	起泡但衬里整体性不破坏			胶泥勾缝开裂	

注：1. 本表仅相对的比较各种设备衬里的性能。

2. 高温下使用纯酚醛、纯呋喃玻璃钢衬里技术要求比较高。

3. 对各种介质的耐腐蚀性能表现不一，表列为一般概念。

4. 对强氧化性酸差。

5. 水玻璃耐浓酸及氧化性酸，但对稀酸较差。

部分是“起泡”或与基体脱离，就是因为玻璃钢的热膨胀系数不同于金属或者水泥等基体材料。当衬里在温度变化的时候，由热变形引起的应力就将显现，一旦应力超过了二者的结合力，衬里就将“起泡”。此外，玻璃钢本身在固化时会发生体积收缩，这残留的收缩应力也削弱了二者的结合。

下面我们看一个“各种树脂与金属间热应力性状”的实验：

腐衬里的技术指标比较¹

橡 胶 衬 里 (天然橡胶)	搪 瓷 衬 里	石 墨 衬 里 (酚醛浸渍)	硬 聚 氯 乙 烯 衬 里	
			螺 栓 固 定	粘 贴 法
快	中	慢	中	慢
低	高	高	低	高
良	最优	优 ⁴		优
优	差	差		优
差	优	优		中
差	中 ⁶	优		差
<75℃	<250℃	<130℃		~60℃ ⁸
强	中	中	不 粘	强
强	最弱	中	弱	中
大	小	大	小	大
难	易	难		尚 易
低	高	高		低
有	有	有		无
老 化	裂纹针眼及 法兰面易碎	胶泥勾缝开裂		焊缝处易开裂

6. 搪瓷本身不导热，但衬里层薄仍可传热。

7. 本文第四节讨论，其他衬里按规范标准列出。

8. 粘贴法较螺栓法高。

9. 玻璃钢衬里由于厚度较小，一般为2~3毫米以下，成本约20~30元/米²。

10. 现有化工部有关衬里的标准和规程。

方法：①环氧②酚醛③呋喃④环氧-酚醛⑤环氧-呋喃⑥酚醛-呋喃，六种树脂浇注到已经喷砂的金属铁板上；

采用塑料框条等使固化后形成六条长 240 毫米宽 38 毫米厚 3~4 毫米的树脂层；

将树脂-金属试板放入 100℃ 烘箱恒温 1 小时后迅速取出冷却至 10℃，观察树脂层有无开裂脱落；

继之再将它依次放入 120℃、150℃烘箱迅速取出冷却观察其变化；

二块试板同时实验，以取得结果一致。

表 2 各种树脂与金属间热应力性状

温差急变	环氧树脂	酚醛树脂	呋喃树脂	环氧-酚醛树脂	环氧-呋喃树脂	酚醛-呋喃树脂
100℃ ↓ 10℃	无变化	少量细裂纹	大量裂纹	无变化	无变化	二条裂纹
120℃ ↓ 10℃	无变化	裂纹增多，与铁板已无粘合力	大量龟裂，与铁板已无粘合力	少量弧形细裂纹	少量弧形细裂纹	裂纹增多
150℃ ↓ 10℃	一端角上出现二条细裂纹，易从铁板上敲下	自动剥落	自动剥落	裂纹增多，但与铁板粘结很好	裂纹增多，但与铁板粘结很好	自动剥落

从表 2 可以看到：

1. 当树脂-钢板复合试样处于温度变化的时候，由于二者膨胀系数不同而引起的热应力得到了显示。这种热应力对于金属基体是微不足道的，但对于树脂就不同，它们加上了树脂固化时的残留收缩应力可能超过树脂本身的强度而造成破裂。这种现象温度愈高愈明显。

2. 各种树脂又表现不同，其中环氧树脂最优，以环氧为基

的环-呋、环-酚次之，酚-呋、酚醛不好，呋喃最劣。这主要是因为液态的树脂硬化为固态时，它们的体积收缩率：呋喃>酚醛>环氧。其次这几种树脂的粘结力也不同，环氧>酚醛>呋喃。

然而如果上述实验将树脂层改成玻璃钢层，或者将树脂层厚度减薄一半，结果我们将看到它们都不破裂。前者由于玻璃布的加入而降低了膨胀系数、增加了强度；后者则由于厚度的减薄，衬里截面上的总力得到了减小。

假设上面实验为单向变形，作数学分析如下：

当温度从 T_1 变化至 T_2 时：

在金属基体上长向变化为：

$$\Delta l_{\text{钢}} = \alpha_{\text{钢}} l (T_2 - T_1)$$

在衬里层上长向变化为：

$$\Delta l_{\text{衬}} = \alpha_{\text{衬}} l (T_2 - T_1)$$

由于碳钢的弹性模量 E 远大于树脂，所以只考虑树脂的变形：

$$\varepsilon_{\text{热}} = \frac{\Delta l_{\text{衬}} - \Delta l_{\text{钢}}}{l} = (\alpha_{\text{衬}} - \alpha_{\text{钢}})(T_2 - T_1) \dots\dots\dots (1)$$

按照虎克定律，应力—应变关系为：

$$\sigma = E\varepsilon$$

故有温度变化而引起的热应力

$$\sigma_{\text{热}} = E_{\text{衬}} \varepsilon_{\text{热}} = E_{\text{衬}} (\alpha_{\text{衬}} - \alpha_{\text{钢}})(T_2 - T_1) \dots\dots\dots (2)$$

由固化收缩而引起的应力

$$\sigma_{\text{收}} = E_{\text{衬}} S \dots\dots\dots (3)$$

衬里的内应力就可看成二者的叠加

$$\sigma_{\text{内}} = \sigma_{\text{热}} \pm \sigma_{\text{收}} \dots\dots\dots (4)$$

当内应力大于衬里的强度时：

$$\sigma_{\text{内}} > [\sigma_{\text{衬}}], \text{衬里层就将破裂}$$

当内应力小于衬里的强度时:

$$\sigma_{\text{内}} < (\sigma_{\text{衬}}), \text{衬里层不会破裂}$$

以上: $\alpha_{\text{钢}}$ ——碳钢的热胀系数;

$\alpha_{\text{衬}}$ ——衬里的热胀系数;

$E_{\text{钢}}$ ——碳钢的弹性模量;

$E_{\text{衬}}$ ——衬里的弹性模量;

$\varepsilon_{\text{热}}$ ——衬里的热变形;

S ——衬里的单向固化收缩率。

根据资料(1)将各物理数据列成表 3, 可见各种树脂当加入玻璃布成为玻璃钢时, 它们的膨胀系数就大大降低, 从而比较纯树脂接近碳钢, 这是因为玻璃的热胀系数很小之故。同时随着玻璃布的加入, 强度和弹性模量也急剧增加。

如果将表中环氧、酚醛的 α 、 E 、 S 分别取上限, $(\sigma)_{\text{拉}}$ 取下限代入式(4), 当温度从 150°C 冷却到 10°C 时, 由于钢板冷却收缩慢, 树脂层冷收缩快而受拉伸应力, 比较树脂的抗拉强度,

表 3 各种树脂与玻璃钢的物理机械性能

项 目	树 脂			玻 璃 钢			碳 钢 (1021~4340)
	环 氧	酚 醛	聚 酯	环 氧	酚 醛	聚 酯	
$\alpha: \times 10^{-5}$ (厘米/厘米/°C)	4.5~ 6.5	2.5~ 6.0	5.5~ 10.0	1.0~ 1.5	1.5~ 2.5	2.0~ 4.2*	1.14
$E: \times 10^4$ (公斤/厘米 ²)	2.46	5.27~ 7.03	2.11~ 4.50	14.60~ 24.60	8.44~ 17.58	7.03~ 20.9	211
S : (厘米/厘米)	0.001~ 0.004	0.010~ 0.012	—	—	—	—	—
$(\sigma)_{\text{拉}}: **$ (公斤/厘米 ²)	282~ 914	492~ 562	422~ 914	2460~ 5970	632~ 3520	1270~ 4570	4220~11,500

注: 本表数据均从英制换成公制单位

* 此数据是玻璃纤维增强料

** 指材料的抗拉强度

可以发现:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{环氧}} &= E_{\text{环}}(\alpha_{\text{环}} - \alpha_{\text{钢}})(T_2 - T_1) + E_{\text{环}}S_{\text{环}} \\ &= 2.46 \times 10^4(6.5 \times 10^{-5} - 1.14 \times 10^{-5})(150 - 10) \\ &\quad + 2.46 \times 10^4 \times 0.004 \\ &= 284 \approx 282\end{aligned}$$

故

$$\sigma_{\text{环}} = (\sigma_{\text{环}})_{\text{拉衬里层临界}}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{酚醛}} &= E_{\text{酚}}(\alpha_{\text{酚}} - \alpha_{\text{钢}})(T_2 - T_1) + E_{\text{酚}}S_{\text{酚}} \\ &= 7.03 \times 10^4(6 \times 10^{-5} - 1.14 \times 10^{-5})(150 - 10) \\ &\quad + 7.03 \times 10^4 \times 0.012 \\ &= 1330 > 492\end{aligned}$$

故

$$\sigma_{\text{酚}} > (\sigma_{\text{酚}})_{\text{拉}}, \text{衬里层开裂}$$

玻璃钢的固化收缩数据表 3 没有, 但可以想象它必定小于树脂, 当将它们用式(4)估算, $\sigma_{\text{内}}$ 会远小于 (σ) , 玻璃钢材料本身不会破坏。

至于呋喃树脂的数据, 从资料 [2] 可知: 铸塑环氧树脂的体积收缩率为 0.5~2.3%, 铸塑酚醛树脂的体积收缩率为 5~20%, 以无机填料填充的酚醛胶泥体积收缩率为 0.4~0.65%, 而以无机填料填充的呋喃胶泥体积收缩率为 0.3~2%。所以呋喃的收缩率大于酚醛大于环氧。

以上就是衬里层中内应力与本身强度间的关系。

但是“变形”还将在衬里的粘结面上引起剪切力, 这个剪切力就与衬里的粘结力构成为一对矛盾。当剪切力 τ 大于粘结力 $(\tau)_{\text{剪}}$, 衬里就将脱层; 当剪切力 τ 小于粘结力 $(\tau)_{\text{剪}}$, 衬里复合完好。

有关剪切力的计算比较复杂, 但它与 α 、 E 、 T 的关系也同式(2)相似。例如资料(3)介绍:

$$\tau = 0.7\varepsilon\sqrt{E \cdot G} \dots\dots\dots (5)$$

以上： G ——衬里横向弹性模量；

τ ——衬里粘结面上的剪切力；

$(\tau)_{\text{剪}}$ ——衬里层与金属的粘结剪切强度。

这些在衬里施工的实践中都可以看到：玻璃钢衬里，由于其本身强度的提高，它们不会破裂，常见的缺陷是“起泡”，“起泡”的严重程度，则同样是呋喃>酚醛>环氧；

树脂衬里或者粉状填料的胶泥衬里，常见的缺陷就是“开裂”；

此外，在其他搪瓷衬里、砖板衬里、石墨衬里中也可以看到，缺陷多为“开裂”（或胶泥勾缝开裂）。而橡胶衬里由于其内应力小，缺陷也较少。

至此，基于上述的假设，我们就可以从理论上探讨配方设计以及结构施工等的改进：

1. 降低弹性模量 E ：这在配方中可加入增塑剂、橡胶弹性体以及树脂来改性（砖板衬里则是用整体的橡胶衬里作为中间层，硬聚氯乙烯衬里国外也有用软聚氯乙烯作为中间层以达到这目的）；

2. 减小热膨胀系数 α ：即增加玻璃钢中填料的比例。在实际施工中，可以尽量减少玻璃布的用胶量或者加入粉状填料（但是树脂胶液的用量又不能过少而“缺胶”，粉状填料也不能过多而影响层间粘结），以及尽可能的连续铺贴玻布（即多层连续铺设法）。而逐层干燥后的铺布（即分层间断铺设法）其树脂含量显然更高；

3. 减小固化收缩 S ：固化收缩率的降低也同上可由改变配方、加入填料和降低固化放热来达到；

4. 提高粘结力 (τ) ：采用高粘结强度的胶液作为玻璃钢衬里底层或过渡层是十分重要的。另外可以机械的螺栓排点固定作为阻碍衬里变形的中心。

综上所述，我们讨论了衬里的原理，缺陷的原因，但这种理论分析可以说是非常简单的，它把许多因素都简化或者舍去了(如热变形或固化收缩将是三向的)，因此它只能作为大家讨论的参考。

实际上，在衬里施工中还有各种因素影响质量。例如：手工糊贴的树脂厚度不均匀；热处理烘房的温度不均匀；固化过程中“小分子”释放的速度，溶剂挥发的速度与聚合速度的关系；以及设备形状结构的应力集中等等。

三、施工技术中的几个问题

玻璃钢衬里施工的过程，大体分以下几个步骤：基体除锈——涂刷底漆——嵌刮腻子——固化处理——衬贴玻布——涂刷面漆——固化处理——检查质量。这里讨论四个问题。

衬里的底漆应如何选择？

上节已述，粘结力对于衬里是十分重要的。而底漆实际上在衬里中相当于粘结剂的作用，所以底漆应该选择高粘结强度的胶液。

目前玻璃钢衬里的底漆大部分是同玻璃钢配方相似的胶液，我们将各种常用衬里的底漆作为粘结剂以粘结碳钢与不同的玻璃钢进行比较，按化工部标准 HG2-151-65 进行粘结剪切强度试验，结果列于表 4。

从表 4 可见：酚醛、呋喃、酚-呋玻璃钢对碳钢的粘结性很差，这是因为它们配方中的酸性硬化剂对金属产生腐蚀的缘故。但倘若用环氧树脂为粘结剂，则对于无论那一种玻璃钢都具有较高的粘结力。

因此我们建议不论那一种玻璃钢衬里都宜采用环氧底漆，或者以环氧为基的酚醛、呋喃改性底漆。腻子胶液的选择也可相同。(耐温问题见下节)

表 4 各种玻璃钢与碳钢的粘结力(公斤/厘米²)

粘 结 剂*	环 氧	酚 醛	呋 喃	环-酚	环-呋	酚-呋
	粘 结 强 度					
环 氧	107.2	112.5	108.5	91.5	118.4	51.8
酚 醛	—	38.5	—	—	—	—
呋 喃	—	—	7.0	—	—	—
环氧-酚醛	—	—	—	143.4	—	—
环氧-呋喃	—	—	—	—	99.0	—
酚醛-呋喃	—	—	—	—	—	9.3

* 本实验采用的粘结剂就是常用玻璃钢配方的胶液，粘结强度的分散度较大，上述数据为平均值。

衬里的玻璃布是“有碱”好，还是“无碱”好？其规格又有何影响？

大家知道玻璃布分“有碱”与“无碱”二种，这是玻璃纤维中含碱量的高低（指成份中含 Na_2O 、 K_2O 的含量）来区分的。含碱量 10% 以上者称为“有碱”，含碱量 2~6% 以下者称为“低碱”或“无碱”（国外定义“无碱”应为 1% 以下）。无碱纤维由于其抗潮性好，所以电气绝缘性能好，在电工绝缘制品上十分需要，然而其成本也较高。

至于作为衬里和防腐的目的，究竟采用“无碱”布好，还是“有碱”布好，我们用腐蚀试验来对比二者，结果将发现有碱玻璃布的耐酸性比无碱玻璃布为好。

方法是玻璃布截成约 120×25 的布条，室温下浸入各种化学介质，30 天后测取抗拉强度变化。为数据的重现性，布条二端采用树脂硬化定形，并取三个数据作平均值。

表 5 指出了有碱玻璃布在各种介质中的抗拉强度下降都较小，（原始强度低是因为厚度为无碱布的 $1/4$ ）因此就玻璃布的成份来说，选用有碱布是好的，从而成本得到降低，来源丰富。

本实验的结果也说明了这一点：玻璃纤维制品的耐蚀性基

表 5 玻璃布的耐腐蚀性能(室温 30 天)

介 质	有 碱 玻 璃 布		无 碱 玻 璃 布	
	抗 拉 值 (公斤)	变 化 (%)	抗 拉 值 (公斤)	变 化 (%)
未 经 腐 蚀	39.3	—	102.4	—
盐 酸	34.2	-13.0	23.6	-85.5
硫 酸 98%	25.0	-36.3	125.0	-23.1
硝 酸 98%	31.8	-19.1	114.0	-29.8
醋 酸	34.4	-12.5	83.6	-48.5
氢氧化铵28%	37.4	- 4.8	—	—
苯	54.2	+37.8	—	—

注：1. 有碱玻璃布：天津玻纤厂 6007# 铸模网布 0.1 毫米厚平纹，布条 29×100 经向 30 根纱。

2. 无碱玻璃布：常州 253 厂无捻粗纱方格布 0.4 毫米厚平纹，布条 23×120 经向 14 根纱。

本上可看成与玻璃相似，但由于玻璃纤维的毛细现象，其介质渗透的程度大大加剧，因而耐蚀性要比玻璃制品降低许多。

玻璃布在规格上还有织法、密度、厚度等的差别。对于这些将主要影响树脂对玻璃布的浸润。

织法有平纹、斜纹、缎纹以及无捻、有捻等之分，经纬密度则是指每平方厘米中经纬纱的根数，一般层压板用的经纬密度平纹为 16×16、18×18、20×20，但对于手工糊贴希望组织疏松，有利于树脂的浸润。当经纬密度在 10×10 以下时，根据经验，厚度增加对浸润的影响不太大，但却有利于手糊玻璃钢中树脂含量的减少。

我们对比 6007# 铸模网布与 6008# 管道包扎布，后者就由于太致密而不适宜衬里。无捻粗纱布则由于其经纬密度 8×8 或 6×6，所以即使厚度从 0.1 增加到 0.5 毫米，仍然可以用于衬

里。采用无捻粗纱布 0.2 毫米厚的手糊玻璃钢其抗拉强度为纵向：2096 公斤/厘米²；采用无捻粗纱布 0.4 毫米厚的手糊玻璃钢其抗拉强度为横向：2241 公斤/厘米²。这是因为同样的手工糊贴实际上将使厚玻璃布中的含胶量下降，此外由于是平纹，即使横向抗拉也仍高于薄玻璃布。一种厚度达到 0.65 毫米的交织玻璃棉(75/米 $\times$ 2 $\times$ 7 $\times$ 5.5 $\times$ 85天津玻纤厂)在我们衬里的施工中也同样使用良好。

关于玻璃布的脱腊，是由于一般玻璃抽成单丝时都采用石腊乳剂作为润滑剂，以防止单丝的粘合。所以必须除去以利于树脂与玻璃纤维的粘结。但如果抽丝时的润滑剂为：聚醋酸乙烯或 A1100 等，则它们与树脂也能亲和，所以就不必“脱腊”了。

无捻粗纱方格布(即织束)由于是专为接触压力成型用，所以其编织时不加捻，润滑剂醋酸乙烯型，经纬密度 8 $\times$ 8 (或 6 $\times$ 6)，非常适于手工糊贴的防腐衬里。

衬里常用玻璃钢的机械强度以及环氧的改性：

衬里的玻璃钢由于是手糊法成型的，所以其强度总要比层压板等压力成型者为低。我们将环氧、酚醛、呋喃等国内常用的最基本配方制成手糊玻璃钢，按化工部标准 HG2-148-65 和 HG2-164-65 进行抗拉强度及抗弯强度的性能测定，列于表 6。它们的拉伸应力——应变图绘于图。

从表 6 可以看到：由于手糊法制成的玻璃钢属于接触压力成型，它们的含胶量约为 60% 左右，比起一般压力成型玻璃钢的含胶量 40% 左右要高得多，所以它们的强度也就要低得多。实际上衬里施工时的手工糊贴其含胶量可能更高，尤其是分层铺贴，因而强度还可能更低。

下图则指出了手糊玻璃钢的拉伸应力——应变曲线，同样没有屈服点，最大拉伸强度就是断裂强度。材料在断裂前，应力与应变近似直线关系。