

# 第二章

## 手糊成型工艺



手糊成型工艺是手工作业把玻璃纤维织物和树脂交替铺层在模具上，然后固化成型为玻璃钢（FRP）制品的工艺。尽管这种方式比较原始，并且新的工艺方法不断出现，但是，由于手糊成型工艺具有其独特的不可替代的特点，至今仍然作为一种主要的FRP成型工艺被用于加工各种FRP制品，特别是在中国，大多数工厂和产品均采用这种方式生产。



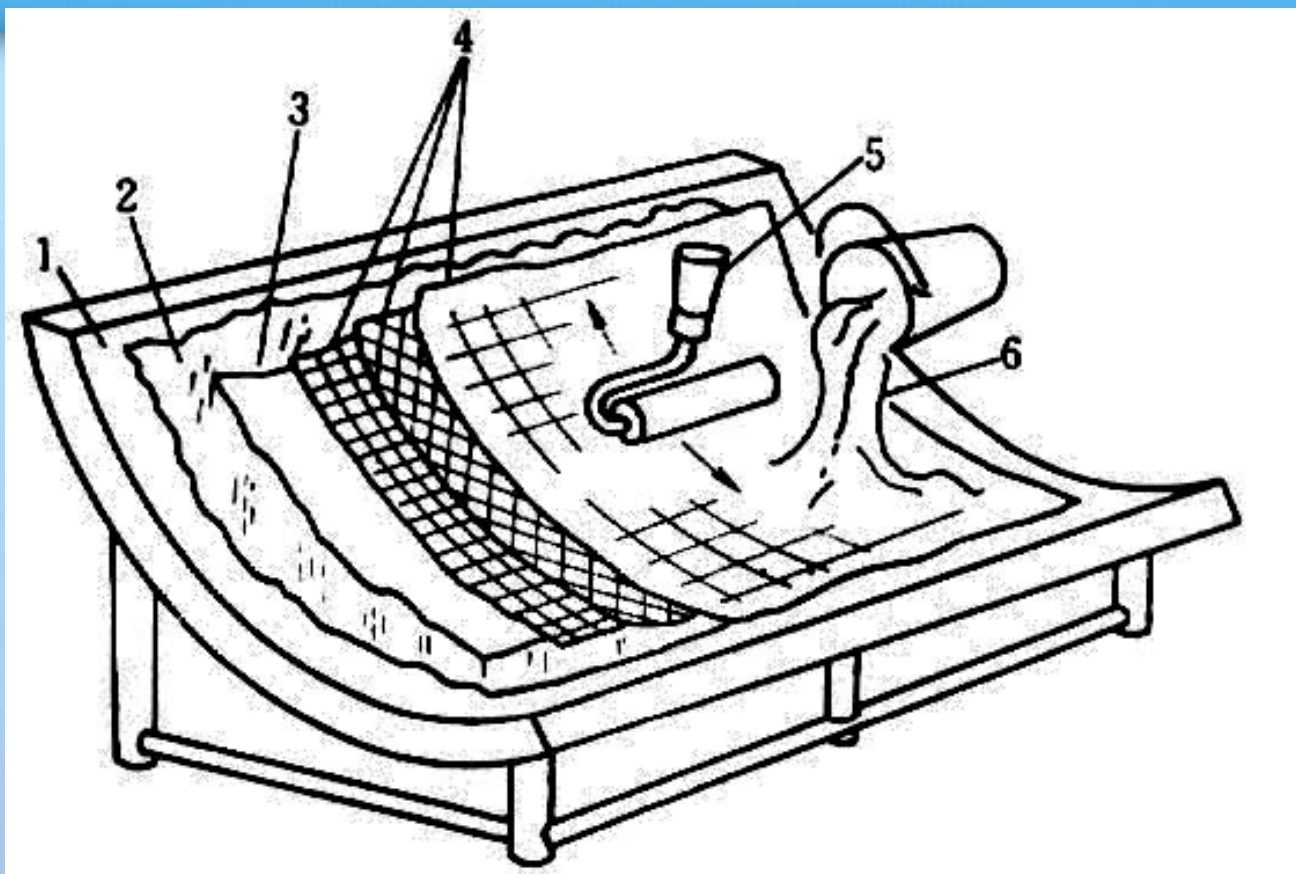


图2-1 手糊成型技术示意图

1模具；2脱模剂；3胶衣层；4玻璃纤维增强材料；5手动压辊；6树脂



# 第一节 手糊工艺的特点和用途

手糊工艺的优点：

1. 不需要复杂的设备，只需简单的模具、工具，投资少；
2. 生产技术容易掌握；
3. 所制作的FRP制品不受尺寸、形状的限制；
4. 可与其他材料（如：金属、木材、泡沫等）同时复合制作成一体；
5. 对一些不易运输的大型制品（如：大罐、大型屋面）皆可现场制作。



## 手糊工艺的缺点：

1. 生产效率低、速度慢、生产周期长，对于批量大的产品不太适合；
2. 产品质量不够稳定。由于操作人员的技术水平不同及制作环境条件的影响，故产品质量稳定性差；
3. 生产环境差、气味大，加工时粉尘多，故需从劳动保护上加以解决。



## 手糊工艺的用途：

1. 建筑制品，如：波形瓦片、采光罩、风机等；
2. 造船业，如渔船、游船、游艇等；
3. 汽车、火车，如：汽车车壳、火车门窗等；
4. 防腐制品，如：各种油罐、管道、管件等；
5. 机械电气设备，如机器罩、配电箱、电池箱、开关盒等；
6. 体育、游乐设备，如：赛艇、冰车、游乐车、碰碰船等



## 第二节 手糊成型工艺的主要原料

不同的工艺方法，对原材料的要求也不尽相同。作为手糊用材料要求增强材料必须具有良好的浸润性、铺覆性。对树脂及固化剂要求粘度小并能在室温或低温下固化。

常用的主要原料有：增强材料、合成树脂、固化剂、脱模剂、填料、颜料糊。



## 一. 增强材料

1. 无捻粗纱布，即方格布，是手糊成型的主要增强材料。
2. 加捻布，该玻璃布是由玻璃纤维单丝合股，加捻后按经纬向编织而成。
3. 短切毡，分为无碱玻纤短切毡和中碱玻纤短切毡两种；
4. 表面毡，用于FRP制品表面，具有光洁表面的作用；
5. 其他纤维制品，如碳纤维和芳纶纤维等。





## 二. 合成树脂

在手糊成型工艺中，最常用的是聚酯树脂，环氧树脂次之，酚醛树脂很少单独使用。从价格方面考虑，聚酯树脂最便宜，酚醛树脂次之，环氧树脂最贵。

1. 不饱和聚酯树脂。该类树脂无色透明，可配成各种颜色，价格便宜，种类繁多，应用范围极广。

2. 环氧树脂。由于环氧树脂粘度大，工艺性较差，要满足工艺要求，必须加入稀释剂。

3. 辅助材料。如固化剂、促进剂、填料、着色剂、阻燃剂等等。



## 第三节 玻璃钢手糊工艺

随着时代的发展，对玻璃钢手糊工艺制品质量要求越来越高，外表更加美观。为此，必须设计一套完整的手糊成型工艺流程图。见图2-2

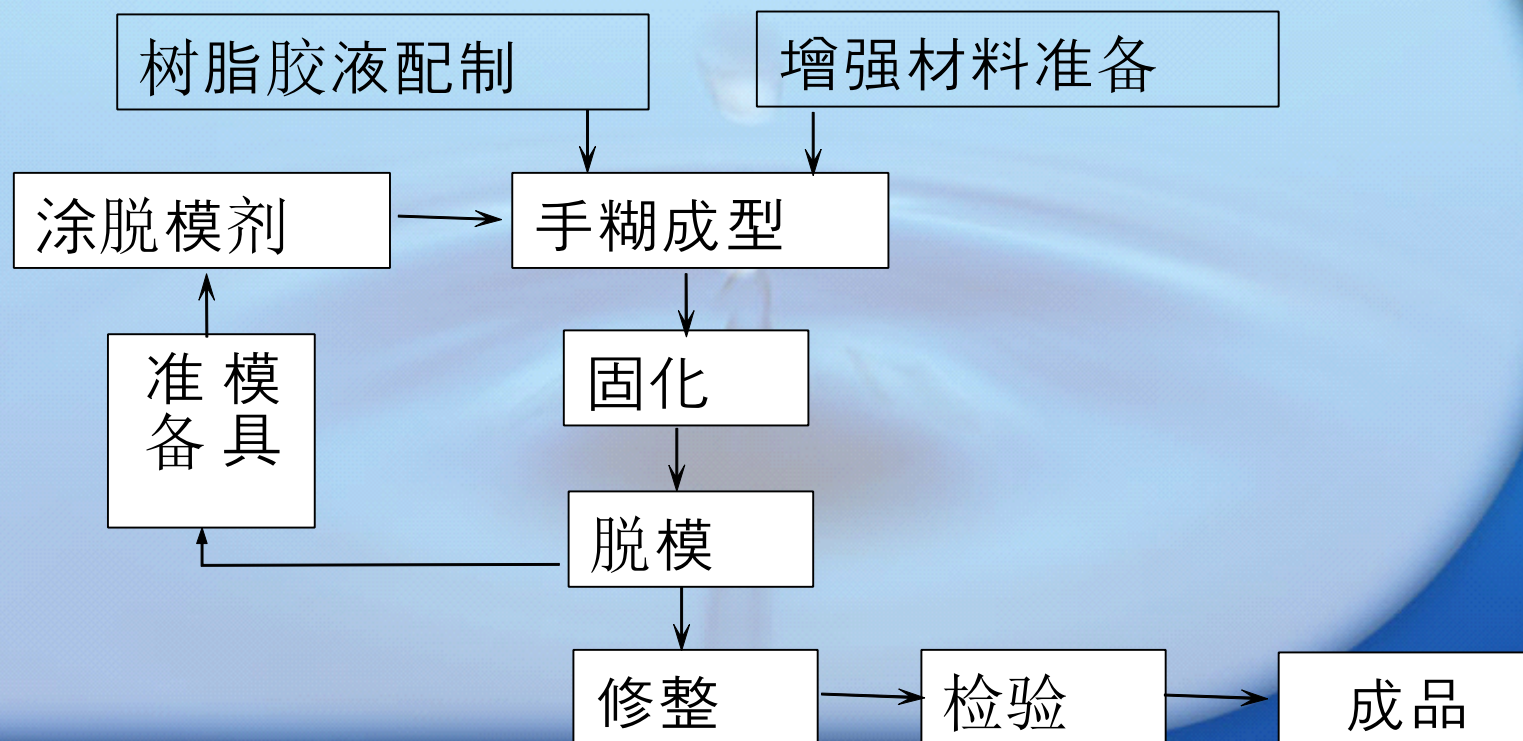


图2-2 糊成型工艺流程图



## 一. 模具的清理

手糊工艺中采用最多的是玻璃钢模具，在糊制前应先检查模具。

1. 模具的补修，如清除破损表面、打磨、抛光等，需要有实践经验才能完成；
2. 模具清理，将模具粘有上次脱模遗留的残胶用扁铲小心铲除，不能损坏表面，然后擦干。
3. 模具组装，要注意组装定位，对模缝不能过大，必要时用胶带贴封，防止流胶粘膜。



## 二. 脱模剂涂刷

手糊工艺常用的脱模剂分为以下三类：

1. 聚乙烯醇类（PVA）脱模剂是聚乙烯醇的水、乙醇溶液配制而成，可在模具上成模；
2. 蜡类脱模剂，目前国内最常用的是美国进口的8号蜡和日本相应的专用脱模蜡；
3. 新型液体脱模剂，是一种不含蜡的高聚物溶液，在模具上成模后，不仅可获得高级光洁表面，而且不影响产品表面喷涂油漆。



### 三. 胶衣层制作

胶衣层的好坏直接影响产品的外观质量，因此，选择高质量的胶衣树脂和颜料糊以及采用正确的涂刷方法是很关键的。目前，常用的方法有：

1. 涂刷法。即用毛刷将配好的胶衣均匀地涂刷在模具表面，这种方法在国内大量使用，在国外则很少；

2. 喷涂法。胶衣喷涂可使胶衣厚度均匀，遮盖率好，色泽均匀，产品质量好。常用设备有胶衣机和胶衣喷壶。



## 四. 表面层制作

FRP制品的表面层是用表面毡铺层制作。表面层可防止胶衣显露布纹，是表面形成富树脂层，从而使产品耐渗透、腐蚀性进一步提高。

将表面毛毡按模具表面大小裁剪，将其铺在胶衣面上，用毛棍上胶，然后用脱泡棍脱泡。若有不易制作的深坑或死角，可用树脂腻子先填平。表面层的胶含量应控制在90%。



## 五. 增强层的制作

增强层是玻璃钢产品的重要承载层，起着保证产品的结构和强度的作用。

1. 增强层的材料的选择；
2. 玻璃布裁剪；
3. 配胶；
4. 铺层糊制。



## 六. 加固件的制作

在玻璃钢手糊制品中，特别是大型制品需要加入各种骨架，以提高受力的能力。此外，还有许多连接件需要预埋在玻璃钢板中，这些件的预埋均糊制在增强层后面。

这些加固件由金属、木材、泡沫塑料制成。其骨架可以是方管、角钢，也可以是木方、木条等。如小型游船壳体的加强筋板的制作，见图2-3。





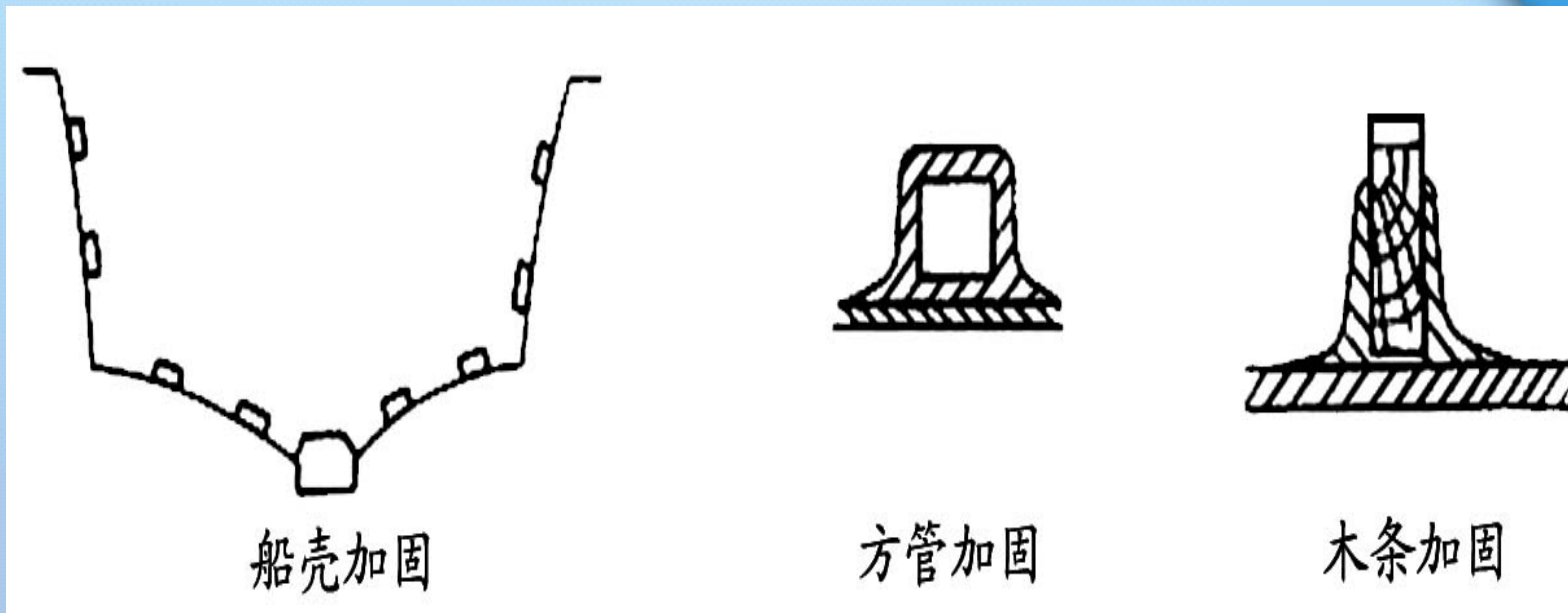


图2-3骨架加固

## 七. 固化

FRP产品要求在室温15-30℃下固化，室温固化8-24h即可，8h后即可脱模。

如果需要提高生产效率，也可将糊制后的产品在60-80℃下固化1-2h再脱模。

产品脱模后进行后处理，在60-80℃加热1-2h也可提高产品的固化度。



## 八. 脱模

脱模是手糊玻璃钢工艺中关键的一道工序。脱模的好坏直接关系到产品的质量和模具的有效利用。

## 九. 手糊玻璃钢制品的切边与加工

## 十. 验收

每个产品的验收条件不一样，但都应该包括外观、尺寸和功能三个方面，都应该满足一定的标准。



## 第四节 手糊玻璃钢产品易生产的缺陷和解决办法

手糊玻璃钢产品的常见缺陷和解决方法见表2-1。

表2-1 手糊玻璃钢制品常见缺陷和解决办法

缺陷	产生原因	解决办法
表面颜色不均	颜料糊质量问题；喷涂、刷涂厚度不均；使用前调配不均	调换颜料糊 喷涂均匀 充分搅拌调匀
表面有裂纹	脱模时用锤敲打；胶衣过厚 脱模后碰撞	不用重物敲打；将胶衣减薄小心存放
表面有气泡	表面层糊制不好，气泡未排除；表面有毛刺	表面层糊制要严格、认真，将毛刺铲平
胶衣层有异物	脱模剂落入异物、灰尘；胶衣中有异物；毛刺的毛掉入	防止异物落入脱模剂表面；过滤胶衣；随时取出
表面小孔	涂脱模剂时有小气泡； 胶衣中混入气泡	脱模剂中加入消泡剂； 胶衣配置后静置



表面起皱	脱模剂未干；涂胶衣的毛刺含水；胶衣吸潮	应充分干燥；用丙酮清洗；胶衣喷完后，防止水溅入
产品厚度不均	铺层数差错；重叠部分集中	严格铺层层数；错开重叠位置
表面缺胶	树脂浸渍不均；树脂流失	严格操作；加快固化速度
背面发粘	固化不完全；空气中有水分	在背层树脂中加蜡；控制环境温度
产品变形	设计不合理；糊制厚度不均；含胶量不均	修改设计；改变厚度；严格控制

## 第五节 手糊工艺用模具的制作

手糊工艺没有复杂的设备，模具制作却占有重要地位。所以模具的设计、选材和制作必须注意以下事项。

### 一. 模具的设计

1. 产品要求外面光洁，应制作成阳模；
2. 考虑到玻璃钢产品的收缩，在制作模具时应按公差制作；
3. 模具的拐角，不管是内角、外角一般不易做成，直角和夹角都应改成圆角；
4. 按脱模的方向，模具面应有斜度，一般为 $3-6^\circ$ 才容易脱模。



## 二. 模具的选材

制作手糊模具的材料有多种，应根据具体产品尺寸大小、形状和使用次数加以选定。

1. 金属模。手糊工艺一般不用金属模，因为金属模加工困难，造价较高。
2. 木模。木模常用于翻制玻璃钢模时的母模（样模）。
3. 石膏、水泥和泥模。适用于一次成型的大型曲面制品和雕塑品。
4. 橡胶模。一般采用硅橡胶，聚氨酯树脂制作，用于制作造型复杂的浮雕。



5. 蜡模。用石蜡也可做成模具，糊制完成后，加热将石蜡熔化倒出来，即可完成。
6. 玻璃钢模。玻璃钢模是手糊工艺中应用最多的模具，其特点如下：
  - (1) 表面光洁，制作出来的产品美观、光亮；
  - (2) 强度高，可应用数百次而不坏；
  - (3) 尺寸较为准确，造形稳定，不易变形；
  - (4) 制作较易，造价适中，技术比较成熟。





### 三. 玻璃钢的制作

制作玻璃钢模的第一步是制作原模（母模），然后在原模上翻制成型用的玻璃钢模。样模可以用木模制作，也可用石膏制作。

#### 1. 木原模的制作

木原模的制作工序：先制作一加工平台，以利于各点尺寸的测量；制作木骨架，按图纸放样，作出多块筋板组装的骨架上，骨架固定在平台上；在骨架、筋板上包覆三合板，贴面板；按产品图纸造型，在贴面上补加石膏，用样板刮制，是木模做成产品式样。



## 2. 石膏原模的制作

石膏原模的制作与木模基本相似，只是有些产品形状复杂，曲面较多，无法用胶合板包覆而改为钢丝网包覆，然后用石膏抹制。采用石膏模时应注意以下几点：

(1) 应采用特级石膏或工艺石膏。普通石膏强度低，不易使用。

(2) 配制石膏的方法即1kg石膏加入0.42kg水，首先将称好的石膏逐渐放入水中，并不断搅拌，不能将水加入石膏中，因易结于团；

(3) 调均石膏后要静止2-3min，使石膏糊增稠，立即使用；



- (4) 涂抹石膏层分两次进行，第一次粗抹，石膏中加入碎麻以增加强度。第二次细抹，石膏中不加纤维；
- (5) 第一道涂抹可用样板刮平，使之低于样品，第二道也可用样板刮制；
- (6) 刮制和涂抹需控制好时间，不能等石膏完全凝固后再进行；
- (7) 石膏模刮制后，内部含有大量水分，室温干燥需十多天；
- (8) 石膏板的表面处理与木模相同。



### 3. 玻璃钢的翻制

玻璃钢模的翻制工艺与玻璃钢手糊成型工艺基本相同，不同之处在于工艺更加严格，其操作程序如下：

- (1) 分模面安装，分模的位置应易于脱模和组模；
- (2) 安装脱模件，脱模气嘴、顶块安装时应固定在样模上；
- (3) 涂刷脱模剂；
- (4) 涂胶衣，要求采用模具专用胶衣；



(5) 表面层糊制，糊制后待固化、修整后再进行增强层的糊制；

(6) 增强层糊制，增强层要求采用短切毡或短切毡与方格布混合使用；

(7) 模具的加固，以防止模具变形；

(8) 模具的表面处理。模具打磨后，抛光是模具处理的最后一道工序，第一次是粗抛光膏，第二次是细抛光膏，经过反复抛光后模具即可达到镜面效应。



## 第六节 对模成型和对模模具的制作

对模成型可制作出两面光洁的产品，其成型工艺方法与手糊方法相似。

1. 对模成型工艺包括下列几项：

- (1) 阴模的制作；
- (2) 阳模的制作；
- (3) 加入树脂腻子，流动胶液；
- (4) 合模组装；
- (5) 固化脱模。



## 对模成型注意事项:

- (1) 阳模、阴模糊制的总厚度不得超过产品厚，否则无法合模；
- (2) 合模在未固化状态下进行，以保证排除空气；
- (3) 中间树脂胶液用量要计算好，合模后有少量胶挤出为好，太少会出现空气；
- (4) 模具上应具有排气孔，流胶槽；
- (5) 模具上应具有定位机构，保证对模准确，产品厚度均匀。



## 对模成型制作工序：

- (1) 制作木模或石膏样模；
- (2) 翻制玻璃钢模；
- (3) 在玻璃钢模上按产品厚度贴蜡片；
- (4) 在蜡片上翻制另一半玻璃钢模；
- (5) 在阴阳模上安装组合件，或加固螺孔及定位件等；
- (6) 固化脱模，作表面处理。





## 第七节 泡沫夹层与蜂窝夹层结构

夹层结构的特点即为：质量轻、强度高、刚度好、隔音、保温性好，所以，被广泛应用。

泡沫夹层主要用来制作冷藏车、冷库、活动房屋、船、车隔板等。

蜂窝夹层主要用来制作雷达罩、飞机机翼、螺旋桨等。



## 一. 泡沫夹层

泡沫夹层由玻璃钢上下面板、泡沫芯材构成。上下面板的厚度、芯材的高度，决定夹层结构的力学性能和保温性能。对此，应根据产品要求，通过力学计算来确定。

泡沫芯材的品种很多，材质、密度也不相同。在手糊工艺中最常用的夹层结构有聚氨酯泡沫、聚苯乙烯（PS）泡沫及聚氯乙烯硬质泡沫。



夹层泡沫的制作可分为干法和湿法两种。

### 1. 干法成型

干法成型工序分为：玻璃钢面板的预制；泡沫芯材的预制；面板和芯材的粘结。

面板的预制可采用手糊工艺制作；芯材的预制可想泡沫厂家订购，关键是粘结工艺需注意以下事项：

- (1) 泡沫芯材表面不光洁，需在粘结剂中加入填料或增稠，或中间加一层毡才能粘牢；



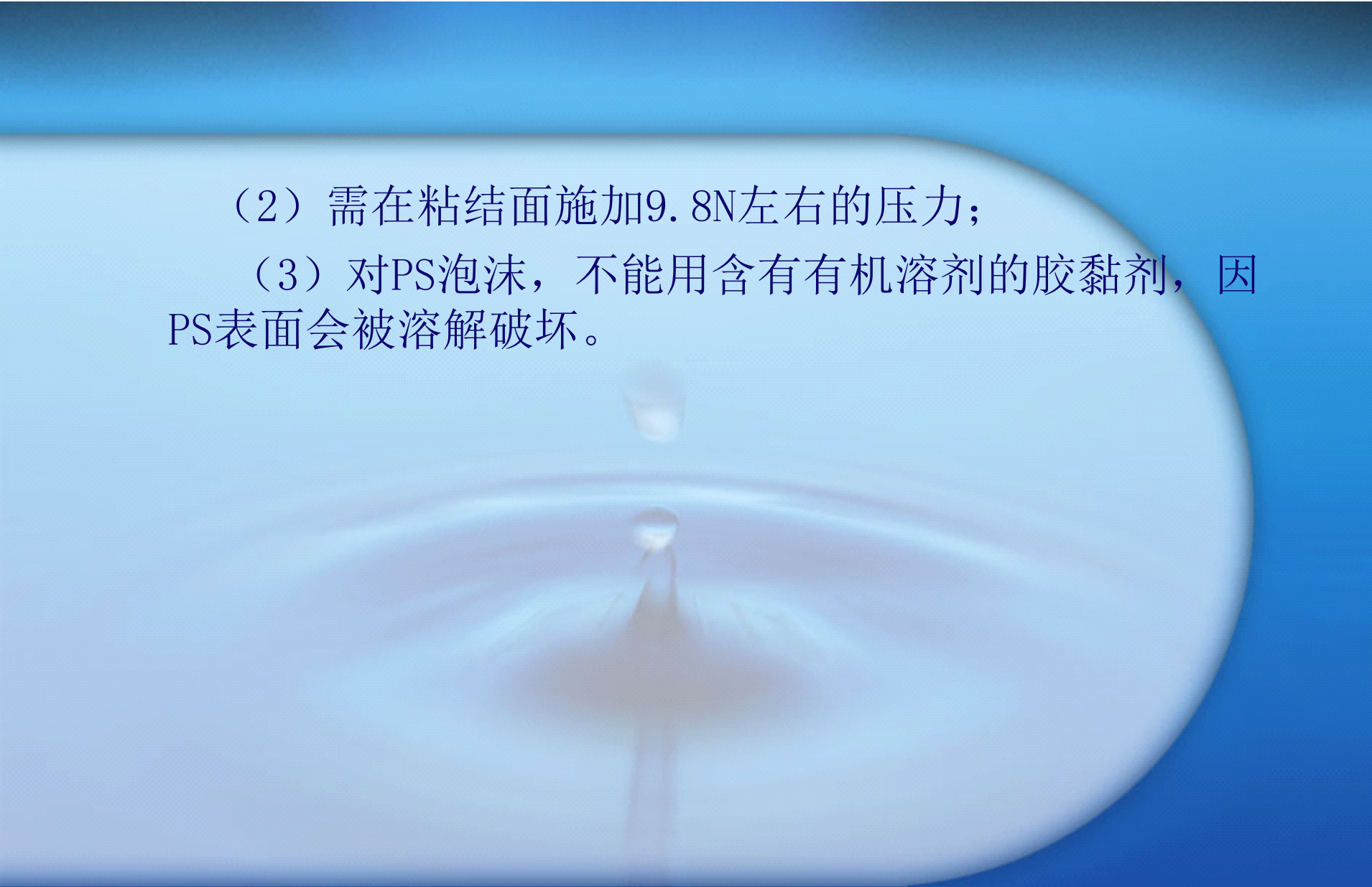
- 
- (2) 需在粘结面施加9.8N左右的压力；
- (3) 对PS泡沫，不能用含有有机溶剂的胶黏剂，因PS表面会被溶解破坏。

表2-2 几种泡沫塑料的基本性能

材料 性能	聚氨酯泡沫塑料		PS泡沫		PVC泡沫	
	容重 $\text{g/cm}^3$	0.024—0.05	0.1—0.19	0.2—0.3	0.08	0.3
拉伸强度 MPa	0.16—0.67	0.16—0.32	3.3—3.9	0.08		0.4—3.5
压缩强度 MPa	0.11—0.42	2.2—3.9	4.5—7.7	0.7	3.0	0.32—1.8
热导率 $\text{mW}/(\text{m}\cdot\text{k})$	16—19	46—80	51	35	44	20—30
使用温度 $^{\circ}\text{C}$	—90 +120	—90 +120	—90 +120	—20 +70	—20 +80	—50 +95
阻燃效果	阻燃		不阻燃		阻燃	

## 2. 湿法成型

湿法成型是先糊制内外模，再将内外模组合起来，然后在模腔中灌注泡沫塑料，发泡固化，最后脱模即为泡沫夹层产品。湿法成型可制成平板，也可制成各种形状的夹层结构。

湿法灌注泡沫夹层结构时，应严格注意以下关键技术：

- (1) 泡沫料的选择 硬质聚氨酯泡沫料品种很多，一般厂家都配成A、B两种出售，A为异氰酸酯类，B为聚醚或聚酯与辅助材料的混合物。



(2) 灌注泡沫的用量及灌注的速度 用泡沫机灌注时，一般配比是A:B=1:1 泡沫总用量是以泡沫的密度、模具空腔的体积计算出，用量过大会造成溢出或胀坏模具，过少会出现中空或缺料。

由于泡沫料的起泡速度和固化速度的关系，灌注速度应掌握适当，避免发生泡沫烧心或崩塌现象。



- (3) 灌注现场 应在20-30℃最好，因速度太低，难以起泡，需进行模具或料液预热。
- (4) 模具的要求 因发泡时产生很大的压力，所以要求模具加厚，并有足够的刚度，同时应有定位和组装机构。
- (5) 灌注口、排气口的设计 灌注口应让料液自上灌入底部，从底起泡。出气口，溢料口设在上部。
- (6) 模具上应涂有脱模剂。





## 二. 蜂窝夹层

蜂窝夹层结构面板的材料和厚度，芯材的材料和尺寸都应根据产品的技术要求通过力学计算来确定。其制作工艺如下：

1. 面板的制作 玻璃钢面板可用手糊工艺方法制作；
2. 芯材的制作 芯材都用蜂窝成型机制作，使用时再拉伸定型；
3. 面板和蜂窝芯的粘结 由于粘结面很小，故蜂窝粘结要求很高。

(1) 在手糊成型面板湿态下，将芯材夹在中间合模固化，也称湿法成型（注意：防止上面板的布层下塌），粘结效果良好。

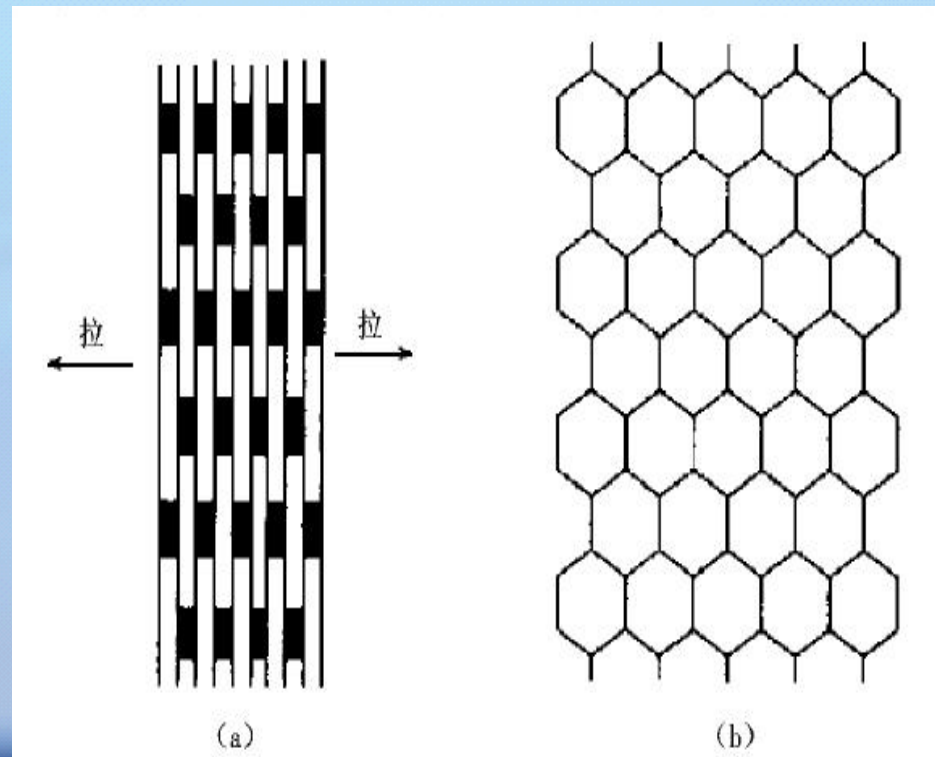


图2-4 展开法制造蜂窝芯子 (a) 蜂窝芯子条 (b) 展开的蜂窝

- (2) 面板和芯材预制好，在面板和芯材之间夹上胶膜或放上毡片浸胶，称为干法成型。
- (3) 粘结成型时，必须施加外压，压力控制在78-98kPa为好，也可用袋压法成型。
- (4) 蜂窝芯材有多快拼接时，要保证接头的粘接和蜂窝的强度一致，否则将影响产品强度。



# 第八节 无机玻璃钢的制作与安全

## 一. 无机玻璃钢的制作

以方格布为增强材料，菱苦土（ $MgO$ ）和卤水（ $MgCl_2$ ）为粘结剂所制作的复合材料称作无机玻璃钢。

该材料的特点：不燃烧、无毒、价格便宜、耐热、耐腐蚀、保温性好等。特别是防火效果更好，所以，被大量应用来制作通风管道制品。

### 1. 无机玻璃钢主要原材料

菱苦土（ $MgO$ ），也称轻烧镁，我国山东莱州、辽宁抚顺生产，要求高细度产品，含量 $>70\%$ 。卤水作氧化镁的固化剂，方格布作为辅助材料。



## 2. 无机玻璃钢制作工艺

- (1) 配料 将菱苦土、卤水按比例混合均匀，加入辅料，搅拌均匀，静置几分钟即可使用。
- (2) 模具 采用玻璃钢模，加油脂类脱模剂或贴薄膜。
- (3) 糊制 将玻璃布边铺层边加入料液，刮平，并排除气泡，铺到设计厚度，30min可凝固，室温固化，5h即可脱模。养护20天后方可使用。



### 3. 无机玻璃钢的性能特点和应用前景

特性：耐火，500℃不龟裂、不破坏、不燃烧；

压缩强度 $>10\text{MPa}$ ；

冲击强度 $>5.5\text{MPa}$ ；

抗冻融： $-35\sim-40\text{℃}$ ，259个循环无变化。

无机玻璃钢的突出特点是不燃烧，这是玻璃钢所不及的。所以，目前大量被用于大型建筑的空调系统、通风管道。这种管道还有保温、隔热、耐腐蚀、消音等优势，已逐步替代镀锌铁皮风道。



## 二. 手糊工艺的劳动保护和安全卫生

糊成型的劳动条件比较差，所用的原料多为易燃、易爆和有毒的化学制品。所以，在工作中加强劳动保护和安全卫生措施，具体要求如下：

1. 操作人员要进行上岗培训，并学习有关知识；
2. 操作人员进车间应穿工作服，戴工作帽，口罩、手套等防护用具；
3. 手糊车间应采光，通风良好，并经常通风换气，将少车间气味；



4. 车间内不进食，不打闹和从事非生产活动；
5. 车间内应设置相应的灭火设备，器械；
6. 车间内严禁吸烟，不得动用明火；
7. 要经常打扫、冲洗，保持车间卫生；
8. 车间材料要存放整齐，玻璃布放干燥处，要远离水源，树脂放在阴凉处，促进剂和催化剂要分别存放，防止相混燃烧和爆炸；
9. 若遇树脂或粉尘溅入眼内，应立即用清水冲洗，然后治疗；





10. 工作完毕离开车间时，应切断水源、电源；
11. 工作完毕应将手清洗干净，要经常洗澡和定期检查身体。



本章结束

