

针对目前游艇 FRP 制造工艺，简单的介绍了我们 DNV 对该方面的一些建议：

#### 1. Proper core installation:

目前有两种常用的夹心材- **Closed-cell foam and End -grain balsa core**, 这是两种既便宜又实用的材料，但是轻木夹心须预浸湿，通常做法：在富含树脂的 **CSM** 表面铺上预浸湿的心材。（真空吸附工艺除外）/ 因为游艇有很多 **Curvature**，而且心材都是有锯口，所以怎样避免锯口处的强度不减弱是厂家应该注意的问题，如果仅仅用树脂填满，这样做是很危险的，在实际使用中，一旦受撞击，就会很容易出现裂纹，在正常情况下或者冰冻情况下，水分会渗透入结构层，破坏强度结构。通常采用来避免的方法是：最复杂最好的办法是坡口搭接，另外一个使用填充物和用纤维包裹该锯口的空隙。

尽管 FRP 船体最强调的是：多纤维，高强度 / 但是这个结论对于心材是唯一的除外。

2. 任何 FRP 工艺应避免过多的树脂，正常情况下：如果完全使用 **Mat** 的结构，纤维含量应该在 **28%**重量左右，即树脂含量在 **72%**左右；如果完全使用 **WR**，纤维含量应该在 **45-50%**左右，即树脂和纤维几乎对半；如果使用 **Mat** 和 **WR** 搭配，纤维含量应该在 **35%**左右，即树脂含量在 **65%**，所以可以看出含纤维量最高的是完全 **WR** 结构的船体，第二的是 **Mat** 和 **WR** 结合的船体，但是完全 **WR** 的船体是不可能的，因为 **WR** 之间的空隙高度的不同，造成层与层之间没法很好的粘合。所以 **Mat** 和 **WR** 是目前常用的方法，那么对于一条完成的游艇，纤维和树脂的使用比列（按重量）应该是 **35% - 65%**，可以用燃烧法来测试其结果。结论：高纤维-高强度 -这是游艇设计和制造的指导思想（夹心材的安装除外）

3. 树脂类型：通常的有聚酯（**Polyster**）和乙烯基（**Vinylester**），通常 **Polyster** 已经添加了 **Catelist** 和 **Accelerator**，如果没有添加的，使用 **MEKP** 催化系统时候，要注意添加顺序和使用方法，以防意外。

#### 4. 正确的糊层工艺：

游艇结构是由几部分组成的：

- 表面层（防腐层）- **Surface barrier (anti-corrosion barrier)**
- 结构层 - **structure barrier**
- 加强构件 - **scantling reinforcement**

##### a. 表面层：

- 胶衣：计算出模具的面积，X 厚度（正常 **0.5 - 0.75 mm**）= 得出需要的重量（均匀的喷涂于模具表面，不够或者剩余了，都会造成胶衣层出现问题，过厚- 干燥后易出现裂纹 / 过薄 - 不会出现光滑的外表面，也达不到保护内部结构层的防腐要求。
- 胶衣达到“指干”后，敷设一层表面毡，该表面毡须富含树脂，能达到 **80%**以上。为了防止“**print out**”现象，可以再敷设一层短切毡。
- 等待干燥后，在进行结构层的敷设。（干燥时间在控制的温湿度下 **6-8** 小时应该足够了）

##### B. 结构层：

须 **Mat-WR** 交替敷设，在满足粘合的前提下，尽量使树脂的含量减少。

这段工艺，要控制树脂和纤维在重量的比列上为：**65%-35%**

最后一层-建议使用 **CSM**-短切毡结束，一是为下面的工作打好基础，保证了内表面的光滑

度和防水性能，二是-这是关键的干燥放热层

**c- 加强:**

在结构层完全干燥后，开始加强的敷设，在工作前，应轻微打磨，用 **CSM** 结束的，打磨后，不会影响结构强度，但是用 **WR** 结束的最后层，一旦打磨，会磨断纤维，破坏强度。然后清洁。对于已经放置超过 **3** 个月左右的船底壳，在开始加强前，应使用苯乙烯 **styrene** 软化，不能使用 **Acetone** 丙酮，它有很强的有机物溶解能力。

在实际的操作过程中和具体的工艺里，有更多的注意事项和理论上的指导，由于篇幅有限，无法完整并清楚的表达。建议厂家以理论为基础，来指导操作人员按照制度去完成每一个工艺。没有理论，仅凭实践经验或者估算来建造一条游艇，虽然更简单，但是也会出现更麻烦的问题。