

船舶生产计划开始到舾装工事结束流程

1、 生产计划

现在造船厂普遍采用分段建造法造船。由于以前是在船台上使用一台吊机将外板和龙筋等一个一个地组装起来，现在则是在地面上由大型吊机将组装结束的分段搭载起来，船台周期明显缩短。分段建造法的采用带来了搭载吊机的大型化，分段组立工场的出现，和因地面与船台工程分离引起的零部件管理的详细化。

1.1 分段分割的研讨 分段分割（**BLOCK DIVISION PLANNING**），是对设计结束的船（或是设计中的船）按照该工场的设备能力和生产思想划分成制作单位的分段的作业。由于分段划分的好与坏，对船体和舾装，所有作业工种的效率、品质、安全有较大的影响，所以这项工作非常重要。因此，研讨的项目非常之多，各项目互相制约。分段分割由于受各船厂的设备和传统工作方法限制而各异，一般按照以下项目进行研讨：

- ① 分段的尺寸和重量应控制在工场设备能力以内进行划分。重量要考虑舾装品、脚手架的重量。
- ② 外包分段的话要考虑外包工场的设备能力
- ③ 考虑各种作业姿势，尽可能的采用向下的姿势进行焊接。
- ④ 减少搭载工作中的高空作业和脚手作业。
- ⑤ 搬运和翻身时，为了减少大的变形，分割时尽可能保持分段自身的刚性
- ⑥ 分割尽可能保证分段的精度
- ⑦ 分段的形状较易保持船型。
- ⑧ 分段的分割能保持搭载时的稳定性。
- ⑨ 分割应使舱柜和货舱能尽早完工
- ⑩ 分割时要综合考虑预舾装和单元舾装

以上项目必须考虑所有的工种。

而且，最初分段分割时只能根据过去的经验推测尚未决定的设计信息和舾装品信息进行分割，这也是需要熟练和经验的工作。分段分割结束后需要决定在坞内的搭载顺序。搭载顺序由于分段的展开方式和坞内的建造方式不同而各异。一般来讲，作为搭载起点的分段选择机舱前的分段。原因是，船体结构中机舱和船艏部的结构复杂，主机、辅机、管路等舾装工事量较多，以及因为有水密舱壁位置较易决定，和船型形状较易保持等因素。决定分段搭载和搭载顺序的同时作成搭载预定表。还要决定在起工到进水之间分段按照什么样的进度进行搭载。此时，应考虑以下事项：

- ① 确保建造线表中设定的建造工期
- ② 由船体、舾装、油漆、脚手架等数个工程之间的关系决定轴心确定、主机搭载、进水等主要工程节点
- ③ 考虑搭载吊机的作业负荷
- ④ 确定分段的位置，考虑安装、焊接、舾装品搭载等问题，保持适当的搭载间隔

1.2 日程计划的研讨

计划日程的目的是，统一制定各工程间的网络联系、各工程工事量的平均化。工程之间的网络联系不能统一制定的话，分段滞留时间会增加。工事量的不平均会导致作业不能按照计划顺利进行。但分段滞留时间最短化和工事量的最平均化会使日程计划人员无法工作。一般管理量使用焊接长度、重量和部材数。管理量用单位时间内完成的作业量作为标准工时，以达到日程平均化。日程计划以搭载日程为基础，按照预合拢日程、大组立日程、小组立日程，加工日程，钢材采购日程顺序倒推作成。由于钢厂的钢板制作日数的关系，钢材采购安排在加工前 1.5~2 月。这时必须决定全部工程的日期。预合拢日程是由搭载计划、分段舾装、

油漆计划汇总以后作成的。预合拢日程必须与搭载工程同期化。这是因为预合拢分段巨大，不太好决定施工区域，到搭载时滞留的时间长且长期占用空间，搬运较困难等因素。大组立预定根据搭载计划、预合拢计划、分段舾装计划、油漆计划作成。大组立定盘分流水线定盘和固定定盘，根据定盘不同预定的作成方法也不同。流水线定盘要考虑进行有效的周转。在流水线内的工程不能停滞，尽可能让同一类型分段连续制作，作业量大的分段与作业量少的分段交替制作。固定定盘的话，要充分利用有限的定盘面积，减少人员配置数量的变动。小组立预定基于大组立预定作成。小组立作业一般在通用定盘上进行。考虑作业量的负荷与到大组立的滞留时间，尽可能使预定平均化。小组立也采用流水线定盘的话，预定制作方法与大组立一样。加工预定根据小组立预定按照切割机的类别不同制作。

2、放样图

设计图表示的是最后的完工状态，对于如何制作不进行指示。在详细设计阶段设计的图纸中，融入制造信息的图纸，就是工作图（施工图）。根据作业顺序，注明分段名、部材名、部材编号等。同时，以装配图为单位将所有需要的零部件以分段名、部材名为别进行汇总，形成部材表。部材表是非常重要的表格，在钢板切割时作为部材制作的管理表来使用，还用于小组或大组中部材的集结；在放样作业中用作单位零件的注销表，也用于焊接长度、重量管理量的计算。施工图（工作图）一般不将所有的部材表示出来，尺寸、形状也不准确。将部材一个一个地准确画出来的工作就是放样。放样作业一般有如下内容：

- ① 将性能设计中画出的船体线图放大、光顺，决定船型的最终形状。进行肋骨的嵌入，接缝、纵骨的连接。
- ② 将每个部材形状准确画出。船的前部和后部复杂的弯曲面也是用平板加工而成的。将弯曲面展开成平面也属于放样工作。
- ③ 为了便于施工，对模具、尺的制作要进行工作指示。弯曲加工时要用的靠模制作，也属于放样工作。
- ④ 绘制将已定义形状的部材如何一个一个地从钢板中切割出来的套料图。为了尽量减少钢材的使用量，将组立时间相同的部材集中在一起（一般以分段为单位），进行钢板的套料。该图作为钢板订购、NC 切割机的数据来使用。

关于放样作业的系统化，很早以前就已经开始了。输入详细设计的图纸数据，输出详细图，设计光顺、外板的连接，绘制放样零件图、切割图。另外，还可以 NC 切割机、焊接机器人的动作数据的编制、焊接长度及分段重量等管理量的计算。

3、船体工事

船体工事主要指从钢材到货到进水为止的工事。一般分加工、小组、大组、搭载等 4 个阶段。

3.1 钢材到货

造船厂采购的钢板从钢铁厂用小型船运送。放置在钢材堆场已验收的钢板根据加工顺序进行堆放。此时，如果由于日程发生变更而导致加工顺序变化要调整钢板顺序时，应避免大量的钢板来回倒转。

3.2 加工开始

从钢材堆场搬入到内业车间的钢板用抛丸机除去表面的氧化皮，并涂上一层车间底漆。抛丸是用 1~2 毫米钢球抛打钢板。车间底漆是为了防止建造中钢板的腐蚀和提高下一道油漆与钢板的密实性。在涂好车间底漆的钢板画上切断线和文字标记。画线分自动画线和手工画线，自动画线中最典型的是 NC 画线机。切断作业根据钢板上连接好的部材形状决定切断机种类，这些工作基本上已机械化了。典型的有 NC 等离子切割机，与以前的气体切割相比具有速度快且变形小的优点。最近，使用激光切割机的造船厂也出现了。切断作业量是由切割机的能力决定的，所以最近受增产体制的影响，出现了 2 班、甚至 3 班倒的造船厂。弯

曲加工分冷加工和热加工。冷加工是利用油压机或弯辊机使钢板产生塑性变形。舭部外板的 R 弯曲和 ??? 的弯曲热加工是交替使用火焰加热器加热水管冷却使所加工的面达到弯曲要求的作业。船体前后漂亮的外板弯曲形状就是这样制造出来的。这也是被称为经验产业的造船业中最依赖于作业人员诀窍的一项工作。

3.3 分段组立

分段组立分为小组立、大组立、预合拢。小组立、大组立在车间内进行，预合拢一般在坞侧的露天定盘上进行。小组立是将小部材配置在 PANEL 等构造比较简单的结构上。重量一般在 40 吨左右。由于有较多的下向焊接可以大范围的使用简易自动焊接设备，且开放区域多作业条件好，所以作业效率较高。根据部材的构造、大小、形状，可以使作业场所专业化。大组立是一艘船中占作业时间比例最大的，对建造成本影响较大的作业。因此，组立作业是一个特别需要推进机械化、自动化的阶段。大组立的分段中，平面分段与曲面分段区别很大。平面分段是构成船体中央大部分平行部位的分段。工作方法有预装龙筋法、框组法、单板法等，需要根据造船厂的作业方针选择。但无论什么方法，均要推行板缝焊接机，角焊接机，焊接机器人等自动化、联合化的设备。曲面部分主要是构成船体艏艉的分段。一般在装有根据船体分段弯曲的形状的伸缩柱的固定定盘上组装。每一个曲面分段的形状都不同，而且复杂，比平面分段推行自动化困难。但是，可以通过使用弯曲外板自动焊机、支撑杆用数控方式自动调整高度。预合拢是将大组立分段在坞侧的定盘上合拢，是更大的分段搭载作业。预合拢一般在车间外面进行，也有造船厂在坞侧建活动房屋以改善作业环境的。分段组立焊接时产生热量会使部材发生热变形。这称之为翘曲。翘曲使部材之间的结合精度变差，破坏上层建筑和外板的美观。矫正翘曲可以使用加压塑性变形或利用热变形的方法来消除。塑性变形可以使用加压或辊子，热变形用加热与水冷使部材热收缩来去除翘曲。由于热变形使仅用割枪和水管，比较简单，从加工到坞内都可以使用。但是，如果不能很好的加热的话翘曲不但没有消除，会使加热过分的部材收缩过度，也会引起其他部分的翘曲。加热的顺序、加热的地方、加热的量都需要作业者的诀窍。

3.4 搭载

大组立和预合拢结束的分段使用大型吊机吊装至坞内固定位置称为搭载。第一个分段搭载称为铺龙骨。一般船东参加铺龙骨仪式。铺龙骨时需要支付第二笔进度款。坞内的船体作业以定位、安装、焊接为主。定位就是决定分段搭载时的位置，使船型按照正确的方法建造。根据定位会发生较大的错位、间隙，会带来后续大量的修正工作。应在保证船型的基础上，尽可能减小修正作业量，定位需要作业者的手段高明。安装是将定位结束分段的错位、间隙修正达到能焊接程度的工作。焊接是将安装好的分段按照即定的焊接顺序、焊接方法进行焊接。焊接顺序、焊接方法的决定需要根据钢板的种类和减小残留应力来决定。坞内作业的自动化成为焊接工作的中心，外板的立向对接焊机，双层底、上甲板的单面自动焊机都是经常用到的。而且大范围的采用高空作业车可以减少脚手架板。

3.5 进水

船体从船台或者坞内进入海或江水中称为进水。船台进水是指在进水台上的船体利用船台的倾斜一下子滑到水中的过程。由于是在很短的时间内移动至水中，船体本身的负载变化很大需要事前作周密的计划。一般大型船舶在坞内建造，在坞内进水。坞内进水是将海水、江水注入到坞内使船体浮起。当坞内水位与潮水等高时打开坞门，将船体拖出。船体如不能水平浮起的话，与坞底接触的一部分船体将集中承受船体重量，这部分就有受损的可能。因此，需要对压载舱或货舱注入压载水调整进水重量。通常，船东参加进水仪式，这时支付第三笔进度款。进水后，拖出的船靠在码头，舾装作业替代船体作业成为主要作业。

4、舾装作业

4.1 舾装作业的分类

舾装作业按照工种分三类，船体舾装、机舱舾装、电器舾装，工程上分预舾装、船内舾装。船体舾装指除机舱、电气方面主要指除机舱以外全部安装作业。包含舵机、系泊装置、装卸货装置、灭火、救生装置、交通装置、各种管路、通风管道。货船的装卸货装置、舱口盖工事，油轮的货油管路、加热管路的配管工事都较多。居住区的舾装包含在船体舾装作业中。居住舾装指船舶运行所必须的通信装置、航海仪器以外，船员生活必须的设备如食堂、冷藏库、床、浴室等工事的施工。机舱舾装主要指主机、透平机、锅炉、螺旋桨、发电机、泵等机器的安装工事和各种机器连接的仪表配管工事作业。LNG 船等的工期较长，内部需要充分注意防锈。电气舾装指船舶全体的电气配线，电气机器的安装作业。还包含照明、雷达、通信设备等，以及装卸货控制、运行自动化方面的系统连接机器。

4.2 预舾装

预舾装分为分段舾装和单元舾装。分段舾装是指与船体作业平行对在地面上的分段安装舾装品的作业。无论是小组、大组或是坞侧，尽可能将舾装品的配材和安装安排在便利的阶段。但是由于按照安装阶段配送途径多，舾装品的采购和作业指示困难。因此，需要出一品图和安装图。安装图添附有管理表，依据管理表将舾装品配齐，并运送至进行分段舾装的场所。分段舾装量多的场所是机舱的二重底、油轮泵房的分段，作为舾装品管子较多。进行分段舾装使作业场所从搭载后的船内移至地面，部品的配材变得容易，且向下的作业姿势变多。这样使得效率得到提高、工期得以缩短。而且在船上的高空作业变为地面上的低空作业，在安全上有好处。单元舾装是将数个舾装品在地面上组装起来安装到船体或分段上。这样的单元既可以在坞内搭载到船体上，也可以作为分段舾装的一部分组装起来。一般单元在专用的定盘或工场制作。单元的种类有，将泵等辅机与管子、阀门组装起来的辅机单元；管子与阀门组装起来的管子单元。主要进行单元舾装的有舾装品多的机舱二重底，油轮上甲板的货油管子，泵房等。单元舾装与分段舾装同样，由于使船内作业陆地化，提高了效率、缩短了工期、安全性提高。居住区如前面提到的通信装置、航海仪器、食堂设备、冷藏库、床、浴室等舾装品的种类繁多，作业量大。但由于居住区在机舱的上面，搭载必然较晚，工期急迫，作业量的平均化困难。所以在坞侧的定盘上将居住区的 5~6 层预合拢形成大分段，在搭载前进行预舾装，以达到作业量平均化的目的。将居住区分段的合拢与舾装全部外包的也有。

4.3 船内舾装

船内舾装是在仍在坞内或下水后靠泊在码头上船上进行的舾装。船内舾装包括主机、螺旋桨、舵板的安装、预舾装管子在分段结合部位的合拢，以及其他装卸作业、配线作业、木工作业、装潢作业等。近年来船内舾装按照区域舾装方式进行。这是按照在船上舾装品数量管理方便，作业量容易把握等观点，将船内划分成若干个区域，以区域为进行作业的方法。以前是按照功能区别推进作业，如油管与海水管的作业者同时在一个区域，作业就会相互干涉。而区域作业是同一区域内由同一作业组施工，效率得到了提高。

5、油漆

油漆分为搭载前分段油漆和搭载后区域油漆。不同的油漆施工状态会对航行以后锈蚀的

产生有影响，对维护费用也有很大的关系。油漆是船东监造检查时最注意的一个项目。分段油漆是对大组立和预合拢结束的分段在地面上进行油漆。首先分段进入油漆车间，对焊缝和底漆受到损伤的地方用喷砂进行表面处理，以去处表面的锈蚀和污迹。这之后再油漆。区域油漆是对在地面上油漆结束的分段在坞内搭载并与邻近的分段焊接结束后，将焊接缝进行表面处理并油漆。区域油漆由于仅是对搭载分段之间四周结合部位油漆，面积较小。下水前必须完成外板的油漆，下水前油漆作业非常忙。船体焊接的完成日期和下水日期，更要考虑天气的好坏的同时进行作业。