

前 言

21 世纪是海洋的世纪，为适应新形势，进一步加强我国的海洋综合管理力量，维护国家海洋权益，保护海洋环境，促进海洋产业的发展，国家海洋局近期计划建造系列中国海监船。船队规模的发展无疑对整个船队的管理水平和专业技术能力提出了新的要求，为了进一步提高国家海洋局系统船舶管理人员和高级船员在海监船舶建造过程中的管理水平和专业基本技能，加深对现行船级社规范技术要求的理解，熟悉新造船舶在设备订货及验收、设计、审图、施工建造和试航交船等各阶段的具体工作过程和要求，更好地做好上述系列船型的建造和监造管理工作，受国家海洋局的委托，我司承办了这期“新造海监船监造业务知识培训班”。配合这次培训班的教学内容，我司专门组织了一批具有丰富的理论知识及实践经验的船舶设计、建造和监造等方面的专家编著了《国家海洋局新造海监船监造业务知识培训专用系列教材》。本《教材》较系统地阐述了新造船舶在设计、审图、设备订货、验收、施工建造和交船等各个环节全过程的监造内容和注意事项，希望这份《教材》能给国家海洋局从事船舶管理的同志们在今后的船舶监造工作中提供一些帮助和参考。由于时间仓促，教材的编写难免有不足之处，敬请谅解！

目 录

1. 现代船舶简介	22
2. 船舶设计与建造的流程要点	6
3. 监造组职能	6
4. 船舶工程监理（监造）实施的程序及要点	12
5. 船舶船体工程监造及验收概论	28
6. 船舶轮机工程监造及设备验收概论	35
7. 船舶电气工程监造及主要设备概述	19
8. 船舶电气工程工艺要点	11

国家海洋局船舶管理人员及高级船员船舶监造
业务培训教材之一

现 代 船 舶 简 介

一．现代船舶简介

（一）设备(船舶)特点

全世界海洋的总面积占地球总面积的 70.8%，随着人类生活的发展，海洋在人类社会生产中的重要性越来越显得重要，开发海洋，利用海洋，船舶充当着极其重要的角色，研究制造一流的新型船舶为人类服务是船舶行业的重要工作。

船舶既是一座活动的水上钢铁城市，又是大宗货物和乘客安全运输的载体。通常所说的船舶本体是一个大型的钢结构，由于船舶常年累月航行在海(水)上，深受海洋气象、环境、货物和旅客运输特性的影响，这对这大型的钢结构在安全、舒适、经济等各方面都提出了相当高的要求，还包括了一些特殊的要素，以此来满足船舶在航行、运输、储存货物等方面的一些特殊性能。

船舶的主要要素有：

船舶的排水量 Δ 、主尺度（船长 L 、船宽 B 、型深 D 、吃水 T ）、尺度比以及船型系数（方形系数 δ 、棱形系数 Ψ 、水线面系数 α 、舢剖面系数 β ）统称为船舶主要要素，它们是描述船舶几何形状的一些基本的特征数据。这些要素对船舶的技术经济性能，诸如浮性、稳性、快速性、总布置以及船舶经济性都有重大的影响，对船舶质量好坏起着决定性的作用。

民船通用的排水量典型载况是空载和满载，其相应的排水量为：空载排水量、满载排水量、最大排水量(重载排水量)。

船舶的技术性能有：浮性、稳性、抗沉性、快速性、操纵性、耐波性。这些性能的技术参数反映了船舶的航行性能。

海员和旅客生活在这水上钢铁城市，所以人们赖以生活的所有设备船上应有尽有，如电力设备、供水设备、空调设备、甚至餐饮和娱乐设备、废物的焚烧设备等等。

正由于船舶是一个活动的水上城市，所以它还设有动力设备、锚泊设备、导航设备等。

根据船舶的不同功能，每条船上又配备了各种特殊的设备，如各种不同类型的起重设备、挖泥船上的挖泥设备、大型渔船上的捕鱼设备及渔业加工设备等等。

由于船舶这一特殊的设备牵涉到各种不同的专业，因此船舶的监理就显得更为复杂和繁琐。

（二）船舶分类

作为一种水上活动建筑物，船舶的种类很多。根据船舶的用途、结构材料、航行状态和区域、动力装置及推进方式的不同，船舶分类的方式也很多，常用的分类方式有下列几种：

1. 按船舶用途分类

船舶按其用途可分为军用船舶和民用船舶两大类。

民用船舶又可分为：

(1) 运输船

如客船、客货船、货船(杂货船、散货船、集装箱船、滚装船、载驳船、油船、液化气船、化学品船、冷藏船、多用途船等)、旅游船、渡船、驳船等。

(2) 工程船

如挖泥船、打捞救助船、起重船、布缆船、敷管船、打桩船、浮船坞等。

(3) 渔业船

如网类渔船、钓类渔船、渔业加工船、渔政船、渔业调查船、冷藏运输船、特种渔船等。

(4) 海洋开发船

如海洋石油钻井装置、海洋地质勘探船、海底采矿船、海洋能源开发船、生物资源开发船、海洋调查船、深潜器等。

(5) 工作船

如破冰船、消防船、引航船、供应船、交通船、助航工作船、港作拖船、海关艇等。

(6) 其他

如农用船、供电船、环境保护船、游艇等。

2. 按造船材料分类

(1) 非金属船

如木船、玻璃钢船、水泥船、橡皮艇等。

(2) 金属船

如钢质船、铝合金船、玻璃钢等。

3. 按航行状态分类

(1) 水下航行船

如潜水艇。

(2) 水面航行船

一般是指漂浮于水中航行的船。

(3) 水上航行船

如气垫船、水翼艇和掠海效应船(冲翼艇)等，这里指所谓“水上航行”是分别利用空气垫、水动力和地面(水面)效应来支持部分或全部船舶重量，使船舶部分或全部脱离水面而航行的船舶。

4. 按航行区域分类

(1) 海船——航行于沿海、远洋的船。

(2) 内河船——航行于江、河、湖泊的船。

5. 按动力装置分类

(1) 非机动船

主要靠人力划桨和以风为动力(风帆)的船。

(2) 机动船

蒸汽机、汽轮机、内燃机和核动力装置的船，还包括电力推进的船等。

6. 按其他方式分类

(1) 按推进形式分

如明轮船、螺旋桨船、喷水推进器船、直翼推进器船和风帆助航船等。

(2) 按机舱位置分

中机型船、中尾机型船和尾机型船。

(3) 按船主体数目分

单船体、双体船和多体船等。

(三) 民船分类

民用船舶中，运输船舶是最常见数量最庞大的一类，它的种类很多，可分为：

1. 客船、客货船及旅游客船

客船是载运旅客及其行李的船舶。兼运一定数量货物的客船称为客货船，根据航区不同，客船又可分为：远洋客船、近海客船、沿海客船和内河客船。兼有运输与游览观光功能的客船，称为旅游客船。

2. 货船

货船是运送货物的船舶的统称，种类很多。根据装运货物的不同，常见有以下几种：

1) 杂货船

是干货船的一种，一般是运输杂货。

2) 散货船

是指专门运输各种谷物、矿砂、煤炭等大宗散装货物的干货船。

3) 集装箱船

是装载规格统一的标准货箱(称为集装箱)的货船。

4) 滚装船

是将带有拖车底盘的集装箱或装在托盘上的其他货物作为一个货物单元，用拖车或叉车带动直接开进开出船舱的船。

5) 载驳船

又称母子船，由一机动母船运载一批相同规格的驳船(子船)，驳

船作为货运单元可在其中装载各种货物和集装箱。当母船到达港口锚地时，不必靠码头，驳船直接由母船卸下后，由拖船或推船运往目的地，而母船则装卸好另一批驳船后就可开航。

6) 油船

是专门运输石油及植物油类液体货的船舶，油船有原油船和成品油船之分。

7) 液化气船

是用来运载液化气体的船舶。气体液化的方式通常有两种，一种是加压，一种是冷冻。采用加压方式，是将液化气体装载在固定于船上的球形和圆筒形耐压容器中，在常温下运输；采用冷冻方式时，低温下液化的气体装入特别的膜式或球式容器内，在常压下运输。但也有半冷半压式液化汽船。

8) 液体化学品船

专门运输有毒、易挥发，属于危险品的液体化学品的船舶。

9) 冷藏船

冷藏船是专门运输果品和肉类等易腐鲜货的船舶。

3. 渡船

渡船是指用于江河两岸、岛屿之间、海峡、河口或城市与岛屿之间的短途运输的交通船，它可分为旅客渡船、汽车渡船和旅客、汽车兼运渡船。

4. 驳船及驳船队

驳船是指本身无动力，依靠拖船或推船带动的平底船。按装货的方式不同，驳船可分为甲板驳船和舱口驳两种，前者货物装在甲板上，而后者则装在货舱内。现在还有一种半驳，其货舱舱底低于甲板，却又以高于一般的货舱底。驳船按装载的货物种类可分为货驳、油驳、矿砂驳、泥驳、集装箱驳、牲畜驳和化学品驳等。

有多艘驳船组成的编组，人们习惯称它为驳船队。

5. 高性能新型船

随着水上运输的发展，一些超出常规排水型船舶的高性能新型船正在开发制造，有的已经投入使用。如：

(1) 滑艇

滑艇静止及以较慢速度航行于水中时，艇体的重量同排水型船一样由浮力支承。当艇高速行驶时，艇进入滑行状态，艇首在水动力作用下脱离水面，仅部分艇底与水面接触，船的阻力相应减少，提高了船的航速。由于滑艇有很高的航速，故广泛用于运动艇、交通艇、巡逻艇、鱼雷艇、导弹艇等。

(2) 水翼艇

水翼艇是指在艇体下面装有水翼的一种高速快艇。艇体与滑行艇相近，艇底加装水翼，水翼的断面是机翼形状，运动时水翼受外力(即水动力)作用，当外力与排水量相等时，船体完全被抬出水面，只由水翼和支架与水接触，航行时大大降低阻力，提高了船的航速。

水翼种类很多，通常分为两类：割划式水翼和全浸式水翼。

割划式水翼通常为 V 形或阶梯形，也有环形的。全浸式水翼其特点是水翼全部浸没在水中。

(3) 气垫船

气垫船是通过鼓风机把空气送到船底下面，在船底形成空气垫以支持船体重量的一种高速船舶(属空气静力支承型)。

气垫船有两种类型：全垫升式气垫船和侧壁式气垫船。

全垫升式气垫船为船底四周用柔性围裙封闭，用空气螺旋桨推进。

侧壁式气垫船是在两舷侧有刚性的侧壁插入水中，船的首尾端用气幕封闭。采用水动力螺旋桨或喷水推进。

(4) 地效应船

掠海地效应船是利用空气动力的地面效应得到对船体的支持力，在航行时不与水面直接接触，只是贴近水面飞行，飞行区域为水面(或地面)以上。掠海地效应船又称冲翼艇、冲压式气垫船或气翼艇。

(5) 小水线面双体船

小水线面双体船由潜体、上体(包括桥体结构)和支柱三大部分组成。潜体做成鱼雷状，上体是水面以上的平台结构，上体和潜体间由截面为流线型的支柱连接。能在航行时大大降低波浪的扰动力和兴波阻力，具有耐波性好、波浪中失速小、高速航行时阻力小等优点。但它吃水较深，船壳较大，易受航道的限制。

(6) 高速穿浪船

高速穿浪船是一种由高速双体船和小水线面船概念复合而成的新型高性能船舶。它由浮体、支柱及中央艇体三部分组成。

高速穿浪船在静水和小风浪中，中央艇体离开水面，依靠两浮体掠水滑行；在大风浪中，细长浮体穿浪，支柱割划波航行。这种船耐波性能好，技术、结构比小水线面船简单。高速穿浪船发展迅速，是一种具有很大发展潜力的新船型。

(四) 船舶构成

船舶可通俗地认为由船体结构和船舶设备两大部分组成。

1. 船体结构

目前，船体结构采用的船用材料最主要的是钢料，其构件的连接常用的是焊接式。因此，本节只介绍焊接的钢船结构。

船体是浮在水上的一个复杂结构物，根据其结构的特点，通常把它分为上下两部分：上甲板（即船体中最高的一层从首到尾连续的甲板）及其以下的船体称为主船体；上甲板以上的部分笼统地称为上层建筑。

主船体结构一般由船底、舷侧、上甲板、纵横舱壁等组成，而每一部分都是由不同形状的钢板、型材等构件组成。船底结构由船底外板（包括平板龙骨、船底板、舳列板）、中内龙骨（单层底）、旁内龙骨（单层底）或中底桁（双层底）、旁底桁（双层底）及肋板等构成。舷侧结构由舷侧外板（包括舷侧板、舷顶列板）、肋骨、舷侧纵桁等构成。甲板结构由甲板板、横梁、甲板纵桁等构成。舷侧结构由舱壁板和扶强材等构成。肋板、肋骨及横梁一般都布置在同一平面内，并相互连接组成所谓肋骨框架。肋骨之间的距离称为肋距。

船体在船长方向分为首部、中部、尾部。每一部分可分为若干板架结构，其结构形式可分为三种类型。

(1) 纵骨架式

板格的长边沿船长方向，短边沿船宽方向，纵向骨材的间距小而横向桁材的间距大。

(2) 横骨架式

板格的长边沿船宽方向，短边沿船长方向，横向骨材的间距小而纵向桁材的间距大。

(3) 混合骨架式

纵横方向的骨材间距差不多，板格的形状接近正方形。

2. 船舶设备

为了满足船舶在航行和操作过程中的各种要求，船上应配置各种必要的设备，如果把船上的所有装置和系统通称(广义)为船舶设备，那么，船舶设备可粗分为以下几大类：

(1) 为产生动力的设备

如主机、发电机以及配套的锅炉、泵、管系和控制系统等。

(2) 为航行服务的设备

如操纵设备、锚泊设备、通讯导航设备等。

(3) 与船舶功能相应的设备

如货船的起货设备，挖泥船的挖泥设备等。

(4) 为安全服务的设备

如消防设备、救生设备等。

(5) 为生活服务的设备

如空调设备等。

3. 船舶设备举例介绍

(1) 船舶动力装置

船舶动力装置是指船上实现能量转化与分配的全部机械、设备和系统的总称。动力装置的主要工作是带动螺旋桨旋转产生推力，使船克服阻力前进。

船舶动力装置主要由推进装置、辅助装置、动力管路系统、自动控制系统几部分组成。

推进装置是指保证船舶以一定航速航行的各种机械设备，它包括船舶主机、传动设备（离合器、减速齿轮箱等）、船舶轴系、推进器等；辅助装置是指供应其他各种能量的设备，如：船舶电站、辅助锅炉装置、压缩空气装置、制淡装置等，统称为辅助装置；动力管路系统是指为保证动力装置正常工作需要设置的管路系统，如燃油、润滑油、冷却、压缩空气、进排气、废热利用等管路系统；自动控制系统是为实现无人机舱所设置的自动控制系统，包括自动控制和调节系统、自动操纵和集中监测及报警系统等。

1) 船舶动力装置的类型

在船上，把产生推进力的原动机称为船舶主机。船舶动力装置的类型就是以主机的型式来区分的，可分为：

A. 内燃动力装置

以内燃机作为船舶主机的推进装置，称为内燃动力装置。根据内燃机的工作方式和特点，可分为柴油机和燃气轮机两种。

- 柴油机动力装置，船舶推进装置以柴油机作为主机的称为柴油机动力装置。

柴油机的主要技术参数包括功率、转速、耗油率、外形尺寸和重量等，它们对船的使用及技术经济性能有重要影响。

按柴油机转速或活塞平均速度的大小，通常可将柴油机分为高、中、低速三种：

高速机：转速 $n > 1000 \text{ r/min}$ ，活塞平均速度 $c > 9 \text{ m/s}$ ；

中速机：转速 $n = 300 \sim 1000 \text{ r/min}$ ，活塞平均速度 $c = 6 \sim 9 \text{ m/s}$ ；

低速机：转速 $n < 300 \text{ r/min}$ ，活塞平均速度 $c < 6 \text{ m/s}$ 。

- 燃气轮机动力装置。船舶推进装置以燃气轮机作动力的称为燃气轮机动力装置。

燃气轮机是利用燃料在燃烧室内燃烧产生的高温燃气进入燃气轮机推进叶轮运转做功。它主要由三部分组成：压缩机、燃烧室、燃气轮机。

在所有船舶动力装置中，燃气轮机具有单位千瓦重量最轻、体积最小、启动迅速、振动的磨损小、使用可靠、维护方便等优点；但它又有耗油率高，经济性较差、压缩机容易产生失速和

振动、需庞大的进排气管、布置困难等缺点，而且它不能直接倒车，需要另设倒车设备，使装置复杂化，它作为单一机组发展较慢，它却适宜在采用联合动力装置的军用舰艇中担任加速装置的任务。

B. 蒸汽动力装置

蒸汽轮机动力装置主要由蒸汽轮机和蒸汽锅炉组成，现常见的一般是旋转式蒸汽机，亦称为蒸汽轮机。蒸汽锅炉是利用燃料在锅炉腔内燃烧所产生的热量，使水加热并蒸发成为具有一定温度和压力的蒸汽的设备，而蒸汽轮机则是将蒸汽的热能转换成机械功的动力机。

蒸汽轮机动力装置具有单机功率大、工作可靠、振动和噪声小、磨损小、使用寿命长、能燃用劣质燃料等优点。但热效率低、耗油率较高、经济性较差，所以近年来民用船舶基本上不选用。而且蒸汽轮机动力装置附属设备较多，体积庞大，起动慢，不能适用军用舰艇战斗作用。因此向着联合动力装置的方向发展。

C. 联合动力装置

联合动力装置由两种不同型式的推进装置组成，它主要用在舰艇上，目前主要有以下三类：

- 蒸汽-燃气联合动力装置。这是一种以小型蒸汽轮机作为巡航装置，燃气轮机作为加速装置的联合动力装置。
- 燃气-燃气联合动力装置。这种装置的巡航机及加速机均为燃气轮机；
- 柴油-燃气联合动力装置，这种装置把柴油机作为巡航机组，燃气轮机作为加速机组。

D. 核动力装置

核动力装置是以原子核的裂变反应所产生的巨大能量通过介质(蒸汽或燃气)推动汽轮机或燃气轮机工作的一种装置。这种装置造价昂贵，操纵管理系统复杂，技术要求高，一般常用于大中型潜艇、航空母舰及破冰船等，一般民用船舶应用较少。

2) 船舶动力装置的传动方式

将主机发出的功率传递给推进器的方式称为传动方式，所采用的设备称为传动设备，传动设备包括减速齿轮箱、倒顺车齿轮箱、离合器、弹性联轴节、可变螺距螺旋桨等。传动方式有以下几种：

A. 直接传动

直接传动方式没有复杂的传动设备，直接用轴系将主机输出轴与螺旋桨联接起来。

B. 间接传动

在主机与螺旋桨之间，除了传动轴系外，还设有减速齿轮箱和离合器等装置的传动方式称为间接传动方式。齿轮箱起着降低主机传给螺旋桨轴转速的作用，离合器主要是用来脱开或接通主机与传动轴系的联接，有的还有倒车的功能，根据控制离合的方法不同，可分为机械式、液压式和电磁式等。

C. 电力传动

电力传动由发电装置和推进装置两部分组成。发电装置由主机和主发电机等组成，推进装置由推进电动机和螺旋桨等组成。主机带动主发电机，所发出的电能经配电板供给推进电动机，用以驱动螺旋桨旋转。这种传动方式可不设中间轴。

电力传动能量转换过程复杂，损失多，传动效率低，重量和体积大，造价和维修费用较高，因此其发展受到一定限制。

D. Z 型传动

Z 型传动装置分为功率传递和螺旋桨绕轴的回转两部分。功率传递是指主机发较小的功率经联轴器、带有万向节的传动轴、上锥齿轮、竖向传动轴、下锥齿轮，传给螺旋桨，推动船舶航行。螺旋桨回转部分由电动螺杆通过蜗轮使旋转套管在支架中回转，同时可使螺旋桨绕传动轴的轴线在 360° 范围内作平面旋转运动，用以控制船的转向。舵叶起着辅助控制船舶转向的作用。这种装置可以使船舶原地回转、紧急停止、急速转弯、快速进退、横向移动等。

E. 可调桨传动

这种装置的结构特点是把螺旋桨的桨叶和桨毂分开制成，通过一套调距机构使桨叶转动，调节螺距，从而改变螺旋桨推力的大小。可调螺距的螺旋桨简称可调桨。

3) 船舶轴系

船舶轴系的主要功能是将主机的功率传递给螺旋桨，同时又将螺旋桨产生的推力传递给船舶，从而实现推进船舶航行。所谓轴系是指由主机的曲轴输出法兰到螺旋桨之间，包括传递主机功率的传动轴（推力轴、中间轴、尾轴、联轴器）、支承传动轴用的轴承（中间轴承、推力轴承及尾轴承）以及其他附件的总称。有的轴系中还带有传动设备，如离合器、弹性联轴节和减速齿轮箱等部件。

4) 船舶动力管路系统

在船舶动力装置中，专门用来输送液体（或气体），为保证船舶动力装置正常工作而设置的设备、管路、检测仪表等，称为船舶动力管系。

不同的动力装置具有不同的动力管系。例如，在汽轮机动力装置中配有蒸汽系统、泄放系统、凝、给水系统、冷却水系统、润滑油系统、燃油系统等。在柴油机动力装置中配有燃油、润滑油、冷却水、压缩空气等系统。

5) 机舱辅助机械

如船用泵、气体压送机械、辅助锅炉、制冷装置、制淡装置等等。

随着电子技术的发展和电子计算机技术在船上的应用及检测系统的完善，动力装置自动化已在船上有了很大的发展和应用，这对节省航行开支，降低船员工作强度，改善船员工作条件是非常有益的。

(2) 锚泊设备

锚泊设备的主要作用是利用锚使船停泊在水面上，有时还可以利用锚来帮助船舶回转和靠离码头。

系泊设备是将船舶牢靠地系在码头、岸边、相邻船旁或带缆浮筒上的专用设备。

锚设备是由锚、锚链、连接环、掣链器、掣链索、弃锚器、锚链管、锚链舱和起锚机等组成。

锚及锚链规格和数量是根据规范规定的舳装数来选配，锚的型式根据船舶用途和航区特点选择，同时，应满足技术规格书中对锚设备的要求。

系泊设备通常由系泊索、系缆桩、导缆孔、导缆钳、导缆滚筒、导向轮、绞缆机及缆索卷车等组成。

系船索、拖索的规格和数量是根据规范规定的舳装数选定。系泊设备的舳装数与同船的锚设备舳装数相同，都是根据规范规定的舳装数公式计算所得，同时，应满足技术规格书中的对系泊设备的要求。

(3) 救生设备

当船舶在航行中万一发生各种海损事故时，为了保障船上乘员的生命安全，除针对各种海损事故采取相应的抢救措施和通过电讯设备请求救援外，在船上还须配有足够数量的和多种的救生设备。

船舶的救生设备常用的有救生艇、救生筏、救生浮、救生圈、救生衣和保温救生服等。

救生设备的定额，依据规范由船舶类型、航区、人数（船员、旅客的总人数）等由船长来选定。

(4) 消防设备

船舶在航行中除了因强度不够造成船体断裂，稳性不好导致翻沉

或触礁碰撞等事故外，不慎起火也是非常危险的，为了人命和财产安全，船上必须设有消防设备。

船舶的消防设备有固定消防系统（如水灭火系统、空气泡沫灭火装置、二氧化碳灭火装置等）和消防用品（如各种灭火器、消防水桶、砂箱等）。

固定消防系统和消防用品的配备应根据规范的规定配置。

(5) 操纵设备

船舶常规的操纵设备主要是舵，舵是由舵机来驱动的。舵机又根据其动力种类不同分为人力舵、电动舵机、电动液压舵机。常见的舵的形式多为平板式舵叶结构，但有的船采用船舶推进装置的某一组成部分（如转动导流管），或推进器本身（直翼式推进器，各种喷水推进装置）作为操纵设备，还有的船配备了辅助操纵设备——转向装置（侧推装置）。

舵的种类很多，依舵面沿舵轴前后分布不同分为平衡舵、半平衡舵、非平衡舵；依舵在船尾的支承形式不同分为双支承舵、悬挂舵和半悬挂舵；依舵的翼型不同分为平板舵、普通流线型舵和反应舵。

(6) 起货设备

起货设备是船舶装卸货物的专用设备，常用的有吊杆装置和起重机两大类。吊杆装置又分轻型和重型吊杆。起重机有固定式、移动式、伸出式、桥式等多种，都能在荷重下回转并改变幅度或使货物移动。

船用起重机（或称为起货机）具有操作简便，机动灵活，作业前无繁琐准备工作等优点。其类型也较多，用得最普遍的是电动液压回转式起重机。

对于一些专用船舶，也有安装专用卸船机设备的情况，如皮带式卸煤机、链斗式卸矿机等专用设备、压力管路式水泥装卸设备。

(7) 船舶通信与导航系统

船舶通信与导航设备是提供船舶内外联系、提供船舶对外观察和识别的手段，是保证船舶正常运行和准确而安全航行的重要设备。船舶通信包括外部通信和内部通信两个方面，外部通信常用无线电通信手段，内部通信主要采用有线通信手段，导航设备主要包括雷达、声纳、定位仪、测向仪、计程仪和罗经（磁罗经与电罗经）等。

导航系统所属的各种仪器分为无线电导航仪器和电航仪器两大类。

无线电导航仪器包括无线电测向仪、无线电定位和雷达等。

电航仪器包括电罗经、计程仪和测深仪等。

(8) 船舶电气系统

随着船舶电气化程度的提高，船舶自动化的应用，电气系统成为船舶现代化的一个不可分割的部分。按照在系统中电气装置的作用和负载性质，通常可分为：

1) 船舶电力系统

船舶电力系统主要包括船舶电站和船舶电力网两大部分，即包括了从产生电能等电源装置，到对电能进行控制、检测、分配、传输，以及向负载供电的整个系统，船舶电站由原动机、发电机以及由开关电器、保护装置、测量仪表、控制设备等构成的配电板组成，还包括蓄电池组等。

2) 船舶机械电力拖动系统

船舶机械电力拖动系统是由电动机、中间传动机构和电动机的控制设备所组成的，用来拖动各类船舶辅助机械进行工作。

用于船舶的电力拖动系统最常见的有三种方式：

- A. 电动机通过联轴装置或者直接与工作机械连接，如各种泵及通风机等；
- B. 电动机通过中间传动机构或通过减速装置与工作机械相连，锚机、绞盘等；
- C. 电动机带动油泵，再由油泵通过液压传动机械，如电动液压舵机、起重机等。

船舶电力拖动系统包括以下几类：

- A. 船舶电力推进系统。船舶电力推进就是采用电动机驱动螺旋桨来推进船舶运行的一种推进方式。它主要组成部分是螺旋桨、电动机、供电装置(发电机、蓄电池)、原动机及其控制调节装置。可分为直流、交流及交直流电力推进三类。
- B. 船舶照明系统。船舶的电气照明，从使用意义上说，有照明和信号识别及灯光通信两大用途。从装置的性质说，有灯具和附具两大类。为照明用，船上有各种形式的照明灯，如舱顶灯、高压水银灯、强光灯、探照灯、白炽挂灯、海图灯等。为夜间航行、作业或停泊安全，船上必须设置各种号灯，如舷灯、桅灯、桅顶灯、尾灯等。

船舶各类设备和系统很多，这里不再一一介绍。

船舶设计与建造的流程要点

船舶的设计与建造的流程要点

船舶工程极为复杂，具有作业面广、工作量大、工种多、安装复杂、设计和制造周期长等特点。

一. 船舶设计程序

一条船从拟定设计任务书开始，直到船舶建造完毕、绘制与制订出完工技术文件为止，要分阶段（程序）进行。按照一般的造船惯例，船舶设计大体上划分以下几个阶段（程序）：

编制设计技术任务书—（报价设计或方案设计）—初步设计（合同设计、基本设计）—详细（技术）设计—生产设计—完工文件。

目前，我国的船舶设计阶段的具体划分尚不尽相同，但一般主要体现在以下两种方法：

第一种方法是传统的划法，俗称“老三段”，即方案设计（或初步设计）、技术设计和施工设计。在“老三段”的设计阶段划分中，在方案设计（或初步设计）前和施工设计阶段后各有一个延伸段，即在前期还有一个方案论证阶段（包括船型方案尺度的分析论证和确定以及设计任务书的论证和确定），在施工设计后尚有一个工艺设计（主要是船厂自行承担，主要是施工工艺性文件和计划的编制，一些施工设计图纸的进一步厂化，如加注工艺符号、信息及工厂的施工标准等等）。

“老三段”侧重于船型的技术指标和方案的先进性，以及使用的可靠性。在上世纪八十年代中期以前，船东委托的设计项目以及目前国家的投资项目、军辅船以及船东委托的、国内船厂制造的项目多采用这种办法，一般由船东（或主管部门）直接委托设计单位。

第二种方法是目前比较流行的划法，俗称“新三段”，即基本设计、详细设计和生产设计。其中在基本设计前有一个延伸段，即有一个报

价设计和合同设计。“新三段”除了要保证船舶的技术指标外，更侧重于项目成本的控制及项目的可操作性（主要指施工建造工艺性和建造周期），出口船设计多采用此法，一般由船东或船厂及外贸公司委托设计单位。生产设计往往船厂自行承担。

特别提一下，目前国家投资项目或船东委托的国内造船项目的设计委托，往往还采用“混合法”，即前期采用方案论证和方案设计的形式，中期采用详细设计的形式，后期采用生产设计形式（船厂负责）。

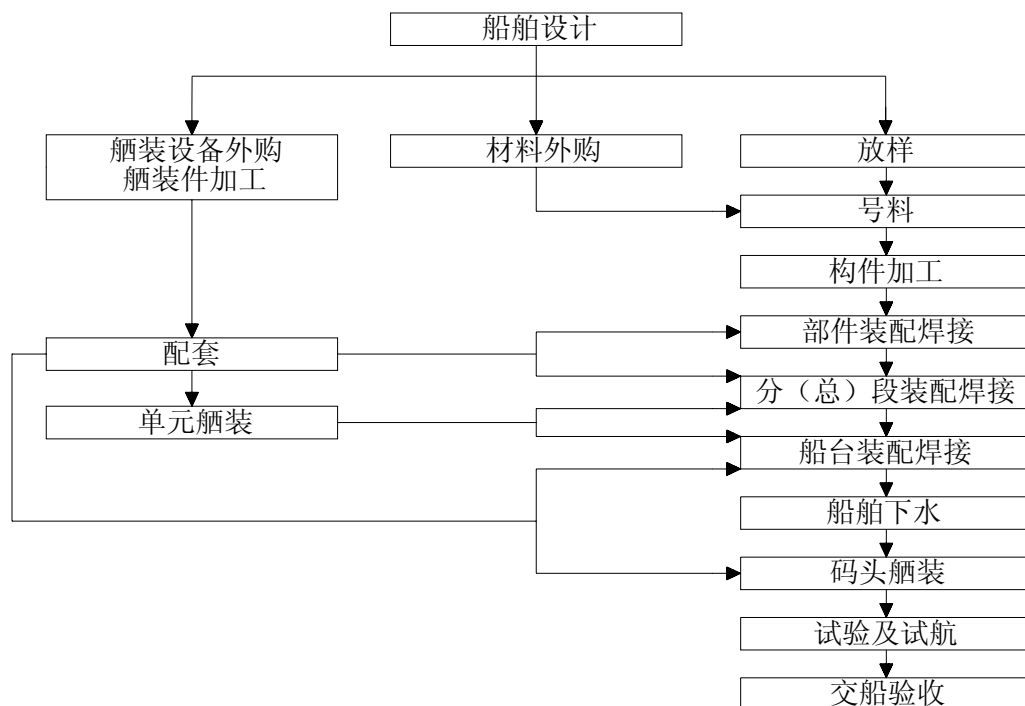
二．船舶建造程序

船舶建造是大型综合型工程，技术密集，配套复杂，多工种立体作业，因此船舶制造技术与一般机械产品的制造有很大不同。船舶建造的一般工艺流程和方法介绍如下：

1. 造船工艺流程

船舶建造的生产过程复杂，包括多种材料和设备的规格，材料的成形加工，船体的装配焊接，各种系统、机械设备、仪表等的制造和安装调试，以及舱室绝缘、装饰、家具等的制作和安装，最后还要进行整体性的试验与交船工作。

船体建造工艺流程框程如图所示。



2. 船体放样

船体放样就是将型线图进行放样，消除图中的误差，光顺船体型线，补充型线图中无法表示的构件，依此求取船体构件的真实形状和尺寸。船体放样包括船体型线放样、肋骨型线放样、结构线放样、结构展开、制作放样等工作内容。

3. 号料

号料就是根据放样后提供的资料，把船体构件的形状和有关的施工要求画在钢板或型钢上，作为后续工序施工的依据。

4. 船体钢料加工

船体钢料加工分为钢材预处理、构件边缘加工和构件成型加工。

钢材预处理是指钢材在号料之前需要进行矫正、表面清理及防护处理。

构件边缘加工主要是依据放样提供的信息将钢材进行切割分离和焊接坡口加工。

构件成型加工主要是将非平直的船体构件经过边缘加工后再进行加工。常见的加工方法有压弯、辊弯及水火弯板等。

5. 船体装配与焊接

船体钢材经预处理、号料并加工成船体零件后，即可开始进行船体装配与焊接工作。

船体装配与焊接根据工艺流程分为部件装配焊接（俗称小合拢）、分（总）段装配焊接（俗称中合拢）、船台装配焊接（俗称大合拢）。

部件装配焊接是指船体零件进行预先装焊成部件。

分（总）段装配焊接是将船体零部件预先装焊成分段。分段是指将整艘船划分成若干个不同形式的部分，以便于施工。

船台装配焊接是指将结构的零件、部件、分段或总段在船台上进行组装成整条船。

6. 船体密性试验

在船体的装配焊接和火工矫正工作结束后，即可进行船体的密性试验。

密性试验的目的是检查外板、舱壁等的焊接有无渗漏现象，以保证船舶的航行安全。密性试验常用的方法有：水压试验、冲水试验、气压试验和冲气试验等。

7. 船舶下水

将装配焊接好的整艘船从岸上移入水域的工艺过程称为船舶下水。

船舶下水的方法很多，按下水的原理来分，通常有重力方式下水、漂浮式下水、机械式下水等。

8. 船舶试验

船舶在整个建造过程中，除对各个工程项目进行严格的检验与验

收外，还要在船体主体工程和动力装置等安装完工后进行全面的试验工作。通常试验分为系泊试验与航行试验两个阶段。

系泊试验是将船系泊于船厂码头上进行。其目的是检查船体、机械设备、动力装置、电气装置等质量和安装的可靠性，使船舶达到具备试航的条件。

航行试验是将船在航行中进行试验。其目的是对船舶全面的、综合性的试验，是否满足合同、设计技术任务书及规范的要求。

9. 验收和交船

船舶在系泊试验和航行试验合格后，承造厂即可向船主交船。当业主认为所建造船舶已符合和满足委托建造时所订的协议、合同和有关技术任务书的要求时，即签署验收，承造厂就完成了交船任务。

船舶监造组的职能

一、 船舶监造的必要性：

船舶建造是按照买卖双方签订的合同进行的，建造合同法律形式明确了船舶技术性能要求，买卖双方的义务和有关商务法律问题。

但是造船生产过程本身是一个庞大的系统工程，从下料到交船一般需要 1 年左右时间，小型船舶相应要短一些。因此，对船舶的建造质量全面评价就不但通过试航，而且需要在建造中不断地检查，发现问题并及时解决，为此，船东和船级社都派了自己的驻厂监造代表，在船舶建造的整个过程中负责检查船厂执行合同的情况及船舶建造质量，与厂方协商解决生产中出现的问题。这就是船舶监造工作。

船级社的驻厂代表（简称验船师）与船东的驻厂代表（简称监造师）的工作目的不同之处是：验船师是以保证航行安全和使用可靠方面着眼对船舶进行检验和入级的；而监造师除了要关注以上问题外，还需要解决《船舶入级和建造规范》中未作规定的问题，如涉及营运和船舶经济性问题，操作和维修方便及居住舒适等方面的问题。

二、 监造组组成：

监造组是买方检查合同执行的全权代表，监造组的工作通常是在船舶建造合同签字生效后，并在新造船舶开工后驻厂，直至交船结束。监造组工作是保证船舶建造过程中的重要一环。

1. 监造组的组成

通常，驻厂监造组组成有以下几种：

（1） 船东直接组建监造组，驻厂监造，设组长 1 人（兼职）和若干名各专业的监造师。

（2） 船东全权委托监理公司监造师代表船东驻厂监造。

(3) 船东委派监造组组长，聘请监理公司的各专业的监造师组成监造组驻厂监造。

(4) 船东组建监造组，同时也聘请监理公司派出监理人员，对造船质量进行监理。

上述四种监造组组成形式目前最常用的是(1)和(4)两种形式，当船东自己有监造专职人员时，均采用第一种形式，当船东缺少专职监造师时，通常用联合组组成的形式，这样便于监造组与船东的联系，有利于监造工作的顺利开展。

在监造正式驻厂前，船东应按照合同要求，以买方身份向船厂发出监造组驻厂通知授权书，确认监造组的合法地位。

2. 监造组职责：

(1) 监造组应接受船东主管部门的直接领导。

(2) 监造组应严格按照船舶建造合同、技术说明书、规范与法规和其它有关标准及双方认可的图纸进行监造。

(3) 船舶建造过程中，监造组原则上不应对技术说明书和图纸做修改，如必须修改的，应事先上报船东主管部门。经批准后方可进行。对修改项目，船厂提出加帐的，也应及时向上级通报，并得到批准确认后，由监造组组成和船厂有关部门双方签字确认。

(4) 监造组应认真负责地做好造船图纸的审核、认可工作，对跨专业需要协调的，应互相配合积极地进行讨论和交流。

(5) 监造师应深入现场了解造船进度和检查质量情况，发现和解决问题，并及时汇报，保证船舶的建造质量。

(6) 监造师按合同有权进入与本船舶建造有关的一切场所。对于船厂向监造组提交的检验项目，监造师只有在船厂质检部门检验合格，并收到厂方书面检验通知后方可正式验收，在各自职权范围内，监造师具有接受或不接受检验结果的权利。

(7) 监造组应根据船舶系泊试验和试航日程向船东主管部门提供接船船员到厂时间，接船船员到厂后工厂接受监造组领导，监造组要领导好船员做好接船工作。

(8) 监造组应严格执行报告制度，每月写出监造报告，上报船东主管部门。

三、监造组和各方面的关系

船舶建造是工程量大，涉及面广，技术复杂的系统工程。因此，作为买方全权派出机构的监造组将不可避免地同许多方面打交道。实践证明：搞好和各方面关系，则常常可以为船东争取得到更多的利益，相反，就会事违意愿，失去双方协商机会。所以，正确处理好各方面关系是搞好监造工作的重要内容。

(1) 监造组与船厂的关系：

船厂是所监船舶的直接承建者，也是船舶建造合同的直接执行者，如何处理同船厂的关系将对监造工作产生直接影响。同船厂打交道的部门主要有：船厂的经营、生产、质检、技术等部门同经营部门通常处理船舶建造过程中的加减帐等商务问题，由于利益上的不同和职责分工，一般来讲与他们的分歧较多，所以，同他们交往中一定要坚持原则，据理力争，使在加帐项目有利用船东。

1) 监造组与设计部门关系：

船厂设计部门主要负责船舶开发设计到施工工艺全过程的技术问题，他们的分工很细，并长期从事自己的工作，经验丰富。因此，在同他们的交往中应多听取他们的意见，同他们讨论问题，

并在分析的基础上吸收有益的见解，从而丰富自己的经验，要做到从技术上说服对方领悟我方的观点，使船舶在技术方面打下良好的基础。总之要做到既坚持原则，又虚心学习来充实自己。

2) 监造组与质检部门关系：

船厂的质量控制部门全面负责全船施工质量的控制和检查，从大局上讲，他们的目的同监造组是一致的，就是保证建造质量，当然，由于各代表的利益不同，有的在处理问题时，可能意见不一致，另外，还存在质检员的责任心的问题。这正是需要监造起监督作用的原因之一。对质检部门，一方面要监督质检员的工作，另一面监造组还应利用自己的有利地位，支持质检员积极开展工作，对于认真负责的质检员，监造师应该信任他，应当看到面对庞大的造船工程，光靠几个监造师的力量是有限的，必须依靠工厂质检部门的力量，监造组在检验中的作用，不是单单看几个项目，更重要的是通过检查发现问题，处理问题，督促船厂遵守一系列的质量保证体系，使船舶在高标准、有秩序的条件下建造。

3) 监造组与工人的关系

船厂工人是船舶建造的最终实施人，监造组与工人的关系是间接的，在检查中严格要求，一丝不苟，不怕脏，不怕苦，不怕累，尽量接近他们，使他们感到监造组和他们一样都是在为建造一条高质量的船舶而共同努力。

(2) 监造组与船级社验船师的关系：

在建造合同中，船东必须从国际公认的主要船级社中经过比较，并根据其他条件，指定一个船级社的建造规范，作为本船的建造规范，船厂根据船东的要求与该船级社签订监造合同，并由该船级社派出监造组对所建造船舶进行驻厂监造。

由于验船机构的规范是船舶买卖双方及国际有关组织认可的，所以，验船师根据其建造入级。规范所作出的行动决定，对船舶买卖双

方都具有约束力，它是一种技术仲裁，为了使验船机构在图纸设计审定和作出技术决定，只能充分了解船东的意见和希望，监造组应及时同验船师保持联系尊重 and 了解他们的意见、积极同他们讨论，在满足规范的前提下使船东有利。

（3）船东监造与监理间的关系

监理公司接受船东的聘请，和船东组成联合监造组，对所建造船舶部分或全权委托监理公司进行全面质量控制，监理公司派出监造人员应得到船东的认可，监造组应都是监理公司所派出的人员在船舶监造方面具有丰富的现场经验，船东应尊重他们的意见，使他们在监造过程中充分发挥技术能量，共同把监造工作搞好，当然作为监理公司派出的监造人员在处理各方面关系时应把船东利益放在首位，深入现场加强现场巡检，坚持质量标准，严格检查，发现问题，解决问题并做到及时向船东汇报。

船舶工程监理（监造）实施的程序及要点

工程监理实施的程序及要点

船舶工程监理与船舶设计和制造一样，具有作业面广、工作量大、工种多、安装复杂、周期长等特点。船舶监理是一项技术密集型的服务工作。

一. 船舶设计的监理要点

船舶设计贯穿整个船舶工程，而船舶工程综合了船的经济性、技术性能、使用性能、安全性能等，同时又要根据船的不同用途和航区来满足有关规范、规则、公约、标准、船旗国政府的规定，等等。因此，船舶设计涉及到方方面面，船舶设计的监理内容也相当繁琐，各个设计阶段的监理内容也不同。国内船舶设计监理要点如下：

1. 船的设计技术任务书是船舶设计的依据，编制设计技术任务书是船舶工程的早期工作之一，一般由用船单位编制，监理不参与。

2. 船的报价设计是设计单位或船厂根据用船单位要求而进行的，其主要内容为初步确定新船的技术条件和形状、总布置图、产品简要规格说明书（含主要设备规格）、估算造价。由于这一阶段合同未签，许多因素未确定等，故监理一般也不参与。

3. 初步设计监理的依据是设计技术任务书，对产品的总体方案进行监理。初步设计这一阶段设计的技术文件应满足船东和验船部门的审查，当初步设计结束时，一般进行一次方案的审查工作。协助用船单位审查船舶主体性能和主要技术指标、装置和各种系统原理设计、理论计算和必要的试验结果，确定产品的基本技术形态、工作原理、主要参数、主要结构、主要设备、造型等重大技术问题是否满足要求。

4. 详细设计监理的依据是造船合同及其技术文件和经审查修改后的初步设计技术文件。这个阶段的监理工作主要是协助用船单位对详细设计的图纸及技术文件进行审议，对各个局部问题进行深入分析，并进行各个项目的详细查阅，最终确定船舶全部技术性能、船体结构、主要材料、设备选型、订货要求等各项技术参数和标准是否满足要求。同时要协调设计进度。

5. 生产设计监理的依据同详细设计监理依据。这个阶段的监理工作主要是协助用船单位在详细设计的基础上，审查生产设计的图纸和技术文件是否满足上述依据和是否符合生产厂生产工艺技术装备条件、工艺阶段、施工区域和组装单元等有关工艺要求和生产管理指标的要求。同时要协调设计进度。

6. 完工文件是产品设计的最后阶段。完工文件供船舶使用者指导营运操作和维修管理之用。监理根据造船单位对该产品的实际施工结果和试验结果来审核完工图纸和技术文件，审核完工文件是否符合反映船舶设计和建造的实际。

二. 船舶建造的监理要点

为把船舶建造的监理要点陈述清楚，特以 **10000kw** 远洋救助拖轮建造监理为例，进行深入介绍。

1. 监理项目的背景

(1) 该船的用途和特点

10000kw 远洋救助拖轮，能用于海上长途拖曳遇难船舶，包括遇难的海上钻井平台、搁浅触礁船舶和失去机动能力船舶；对遇难船舶进行堵漏，排水和消防灭火；也可作为工作船，为海上钻井平台进行起抛锚、拖曳钻井平台，具有对钻井平台供应水泥、燃料和水的能力；

甲板上可装运钻管及其他设备，具有对海上油污进行清除的能力。

(2) 项目的获取

为提高我国的远洋救助能力，国家投资建造三艘 10000kw 远洋救助拖轮。这么大功率的远洋救助拖轮在我国还是第一次建造，业主在这方面更是缺乏经验和能力，所以决定请监理公司帮助监理。

2. 该远洋救助拖轮技术参数和装备

(1) 主尺度及参数

总 长:	93.93m
垂线间长:	84.00m
型 宽:	15.60 m
型 深:	8.40 m
设计吃水:	6.50 m
最大吃水(供应状态):	6.80 m
系柱拖力(最大系柱拖力):	1500Kn
航速(设计吃水时):	20n mile
续 航 力:	≦15 000n mile
自 持 力:	≦60d

(2) 船舶动力装置及其他主要设备

为保证达到总体性能的技术要求，本船的双机双桨功率为 10560kW，全船总功率为 11970kW。

主推进系统：双机、双减速箱、双可调桨、双导流管、双舵（电子同步），主机采用 Wartsila 公司的 8L38 柴油机，额定功率 5 280kW，额定转速 600r/min，齿轮箱采用 Wichmann 公司的 SCV85-PC69/PC72 单输入三输出船用齿轮箱，由主机厂配套。

1) 主推进系统

带离合器，速比为 3.33r/min，输出转速为 1 800r/min，配可调桨 $\Phi 3500$ 。

2) 轴带发电机

2 台，速比 2.55，输出转速 1 530r/min，输出功率为 1 350kW。

3) 轴带消防泵系统

2 套，速比 3.00，输出转速为 1 800r/min，输出功率为 930kW，带离合器及变速箱，消防泵排量为 1 700m³/h，压头 150MLC，配消防炮射高大于 50m，射远 145m，俯仰角 $-15^{\circ} \sim +75^{\circ}$ ，回转角 350°，由 KVAERNER 公司配套供应，本系统兼有全船水雾保护功能。

4) 发电机系统

除两台主机轴带发电机外，尚有下列发电设备：

A. 柴油发电机组

镇江柴油发电机厂 6T25LH-4E 型发电机两套，功率 560kW，750r/min，400V，50Hz，与两台轴带发电机组成自动电站。

B. 应急柴油发电机组

上海中船亨通电站有限公司 CCFJ90Y 机组一套，功率 90kW，1500r/min，400V，50Hz 配自启动装置。

5) 侧推装置

日本 KAWASAKI 公司的 KT-88B 型侧推装置，推力 85kN，515kW，三套（艏部设两套，艉部设一套），以驾驶室前控制台作主控点，也可在前后驾驶台和驾驶室两翼四个地点操纵，增加了本船的操纵性能。

6) 水泥输送系统

ULSTEIN 公司的 BHS411 灰罐，容积 45m³，设计压力 5.6bar，两只一组分别装在前、后灰罐舱内，共四只，Atlascoopco 公司的灰罐

压缩机组 GA132W 型,最大压力 6bar,132kW 两套。本船能转载 160m^3 水泥,排高达 50m,水平输送距离 95m 时,排放量达 50t/h,配有软启动、模拟监控和遥控操纵功能。

7) 甲板拖缆机

ULSTEIN 公司的 2L270/BSL270 双滚筒液压拖缆机一套,滚筒容绳量 $\Phi 75 \times 1200\text{m}$,配有两台一组的四台三腔自动控制片式油马达,实现有级与无级相组合的调速系统,配有驾驶室和机旁遥控、自动收放、距离设定、张力控制、刹车力、离合器、应急释放、状态指示和报警等电脑控制和显示功能。

8) 电动液压舵机

ULSTEIN 公司的 SR622, 280 推舵装置,配两套油泵机组,可实现二舵机分别操纵和电子同步操纵。

9) 鲨鱼钳装置

KARMOY 公司的索叉能承受极限负荷 500t,拖桩能承受拖力为 240t 时的侧向力,该装置具有驾驶室和艏甲板遥控操纵功能,索叉不仅能卡住钢索,也能卡住锚链。

该船除电站自动化外,还有燃油、滑油、冷却水、压缩空气、辅锅炉、舱底水、液体舱液位遥测自动报警、显示和替换功能。

特殊的艏轴装置:由于船体线型的关系,艏轴特别长,从艏轴连接法兰到螺旋桨中心线长为 24.515m,将艏轴分成两段采用液压连接方法,不仅降低了造价,而且解决了储运、安装上的难题。

该船还配备了一些特殊设施,如对外泡沫灭火、喷淋消油装置和水泥浆系统等。

3. 委托监理的范围和监理依据

（1）监理范围

根据与业主签定的“10000kW 远洋救助拖轮建造监理服务合同”，业主委托监理的范围为制造监理，且不包括费用控制。

监理人员参加业主对部分施工图、工艺文件和部分进口设备资料的审查和确认。

根据设计施工图和有关标准、规范，对制造过程的各个环节进行监理，及时指出各种缺陷，并要求建造方按期改进。对建造过程中的重大技术变更和重大质量事故，必须及时汇报。以保证船体、主辅机械、电气设备以及其他各种设备完全符合建造合同技术条款、规范标准和图纸的要求。

及时通报建造进度，并提出须采取措施的详细建议，督促建造厂按时竣工。

（2）监理依据

- 1) 委托监理合同；
- 2) 建造合同及技术规格书；
- 3) 船东核准的图纸，以及图纸审查意见书；
- 4) 船东核准的各种试验大纲；
- 5) 交通部船舶建造标准（六厂标准）；
- 6) 中国船级社规范；
- 7) 在设计、制造、安装、试验等各方面应用的质量标准和工艺；
- 8) 船东核准的船厂建造进度计划。

4. 监理的实施

（1）编制本项目的监理实施细则

监理实施细则规定了监理人员在现场监理过程中的职责、工

作范围、工作方法和内容，明确现场工作中除重点项目报验外，必须将重点放在巡回检查上，规定向业主定期汇报（周报、月报等）制度及重大问题报告制度。监理实施细则，是监理师在监理工作中的重要指导性文件。

（2）人员派驻

根据监理范围的要求和本项目的特点，选定项目总监和各专业监理师，成立驻厂监理组。组织监理师参加开工前的培训，了解本项目的要求，学习监理实施细则。根据项目的进展，派出经验丰富的船体、轮机、电气专业监理师各一名长驻船厂现场，实行全过程的制造监理。船体监理师兼项目总监。

（3）质量控制

1) 开工前检查

为了保证船舶建造全过程质量的有效控制，监理组在进驻船厂后，做了船舶开工前的检查工作，召开有船厂各相关部门人员参加的检前会，向船厂明确监理组对开工前的要求，具体内容如下：

- A. 查明船厂已具有经审查同意的开工必须的图纸；
- B. 确认焊工及无损检测人员的资格，并将名单存留监理组备查；
- C. 确认船厂的材料管理及检验制度，焊接材料的保管、烘焙、发放、使用控制制度；
- D. 确认经船级社认可的船体焊接工艺；
- E. 确认经船级社认可的船体、轮机及电气建造的重要工艺；

F. 查明船厂在对船体板材、型材、重要机械及电气等设备，在
定

货时已明确由中国船级社检验并签发证书；

G. 进厂的钢材检验确认使用在本监理项目上，并进行实物钢印
核查。

2) 监理的主要项目及其内容

监理师在船舶建造过程中，对各主要项目进行检验，具体内容详见“10000kW 远洋救助拖轮质量检查项目表”。

3) 监理过程

本船是一艘高难度、高技术、高附加值的船舶，在监理过程中，监理组本着对船东和船厂负责的精神，让船厂造出更好的产品，让船东接到质量可靠的船舶，让投资尽快产生经济效益。以预防为主，消除产品隐患，尽量减少返工，对本船的建造实施了全面的质量控制。监理组多次要求厂方提前一天用书面的检验通知单通知，以便安排好工作，更好地配合厂方进行交验检查。同时，监理深入现场，加强巡回检查，按照施工图纸和建造规范，坚持质量标准，对每个项目，每道工序，每个施工工艺环节进行严密检查，使问题尽早发现，及时解决。对于重大问题的处理做到先提出改进意见，并督促整改，达到要求，不使遗留问题给以后带来麻烦。

(4) 时间管理

1) 时间管理范围

A. 船舶建造总进度计划；

B. 船体、轮机、电气各专业制造安装进度计划；

C. 修订的建造进度计划；

D. 上述进度计划间的相互协调和衔接；

2) 时间管理包括对下列各项的确认和监督

A. 总进度计划符合合同要求，并留有足够余地。

B. 各分部工程建造进度计划与总进度计划相协调。

C. 所使用的人力、施工设备、施工场地、材料的配备和供应能满足各类进度计划的要求。

D. 确认的图纸、技术文件、工艺标准的提供应满足各类进度计划的要求。

E. 采购及外协部件供应计划满足各类进度计划的要求。

3) 进度控制实施

监理方在执行监理中采取了如下措施以确保进度控制的实施：

A. 对船厂提出的施工总进度计划对照合同要求进行审阅，并提出书面意见报船东审阅批准；

B. 施工中按制造厂季、月计划认真复核作业工作量，对实际进度与计划进度予以对比和进行监督，实际进度如有延误即以书面通知船厂并抄报船东；

C. 在制造过程中如发现因制造厂所采取工艺、工序或制造方法不当，将会导致严重偏离进度计划时，书面向船厂提出，并立即报告船东；

D. 要时召开制造厂生产、质量等有关部门例会，例会的主要内容之一系对制造工程进度进行检查并对存在的问题及时提出改进措施，会议纪录及时报告船东；

E. 对于发生有关进度的重大问题且将导致总工程拖延时应立即向船东提供专题报告。报告中对进度延误的情况及原因进行分析并提出处理意见和建议，在获得船东同意后执行。

(5) 监理报告及会议制度

- 1) 在驻厂期间，监理人员应每日将工作情况填入监理日志，监理日志存放在驻厂办公室，随时提供查阅；
- 2) 监理周报反映监理过程中，每周的制造质量和技术问题的处理，报验项目和巡回检查项目的结果，以及工程进展情况和监理对工程进度的意见；
- 3) 编写监理月报，反映每月建造进展状况、质量状况，发现的重大质量问题及处理结果，检查造船进度与合同要求是否一致，如发生延迟则说明原因，下月造船的工作计划，并附上详细资料和照片；
- 4) 一般情况下，对在现场监造中发现质量上的缺陷和技术问题，监理师均应以书面监理通知单的形式通知船厂有关部门；
- 5) 监理师对重大技术变更和重大质量事故，在发现后立即以重大事故报告的形式报告船东，并商讨处理意见；
- 6) 工厂提交的检验项目在经检验合格后，执行监理师在工厂的验收文件上签字；
- 7) 在监造期间，由项目总监定期召集船东、监造、船厂质检及生产部门人员参加的质量工作例会，会议内容及结果填写会议纪要；
- 8) 全部竣工后，监理方向船东提交“监造工作总结报告”、“监造鉴定书”等有关技术文件。

(6) 监理与船东、验船师的关系

- 1) 本项目制造过程中，船东（业主）始终派代表驻现场监造，

并于监理方组成监造组，共同进行质量和进度控制，这种形式在造船监理时经常运用；

- 2) 该船入 CCS 级。所以，中国船级社的验船师根据 CCS 的规范对该船进行检验。监理师和验船师共同一起工作，但验船师仅按规范规定的要求对某些结果进行检验，监理师的检查范围将大大超过验船师的检查范围，而且应该注重过程而不单是结果，以避免不必要的损失和进度脱期。

国家海洋局船舶管理人员及高级船员船舶监造
业务培训教材之五

船舶船体工程监造及验收概论

一. 审图工作要点及监造前施工图纸的消化

（一）审图工作要点：

船厂将买船方船舶设计图纸及文件制作完成后，有一个必要环节，即将有关的图纸文件送交船东认可。船东可组织本公司的专业人员进行审图，也可委托有审图力量的设计监造公司（或监理公司）代为审图。船厂首先将送审图纸目录提交船东认可，船东对此目录审查，认为某些图纸、文件需要增加的，则要求船厂增加。船厂将根据船东认可的送审图纸目录发送有关图纸、文件给船东审查认可。

哪些图纸、文件需要送审；哪些又是参考图纸，通常是没有明确规定的，在“中国造船质量标准”中列出了送审图纸的主要项目可供参考，船东可根据本方船舶的特殊性及不同需要作必要的增减。

审图工作是专业性较强的工作，审图人员应当具有一定的本专业知识，较为丰富的实践经验。审图可依据以下几个方面进行：

1. 依据规格说明书的要求核对文件图纸是否有差错：规格说明书不仅是船厂船舶设计的最重要依据，同时也是审图的最重要依据，审图时必须根据所审的图纸对照说明书有关章节进行校对，查一查有否设计与说明书的叙述不一致的地方，核对一下图纸中所选用的设备主要规格数据和说明书是否一致。特别应指出的是，该船的规格说明书在合同谈判时对照母型船或许作了一些特别的修改或补充，对于这些修改或补充就要查相应的送审图是否均作了修改，而设计人员常会在设计时遗漏了这些修改。

当然审图人员也常会碰到审图时自己的修改意见和规格说明书不一致或比规格说明书要求得高，如果自己的意见正确或对船东是有利

的，则应坚持自己的修改意见。

2. 依据本行业某些研究成果、论文介绍、事故处理、警告等材料修改图纸文件中的一些设计：例如散货船货舱下座墩内结构常产生问题，有的船舶研究单位对此作了专门的研究并提出下座墩内结构改进设计的建议，审图人员依据该研究成果对有关设计进行修改。有的论文提到散货船的货舱舱壁下部前后的泻谷板如果高度一致则在槽型舱壁腹板处引成交叉点，此交叉点是结构的硬点容易产生裂缝，建议前后泻谷板要有高低不要交叉，这也是审图时应该核对的，使这种结构设计上的缺陷尽量避免。

3. 根据以往类似船舶或母型船出现过的问题及缺陷提出修改：

用船单位最了解以往已营运船舶在营运过程中船舶出现的故障和问题，这些故障及问题有的就是和设计不当有关系，这就应在审图时提出修改，避免类似问题在新建船上重复出现，同时也提高了船舶建造质量。例如：较大型船舶纵向舱口围板在两端和甲板的焊接经常产生裂缝，这在审图审到舱口围板时应特别注意，该区域围板要加厚，同时和甲板的角焊缝应是全熔透的。压载水舱的抽、排水吸口处内底板因水流的冲刷易掉漆腐蚀，此处也应作特殊考虑，吸口下面的底板上再焊上一块园型钢板，使局部腐蚀不影响外底板。

4. 根据监造积累的经验及方便船员操作使用方面的考虑作好审图工作：

船舶规格说明书是设计人员编制出来的，同时通过船舶不断建造不断改进，规格说明书也作了很多的修改和改进。由于受到设计人员本身设计水平的限制及厂方为节省船舶造价的考虑，规格说明书及设计图纸、文件中会有很多能简则简，好省就省的说明及设计，审图人员就要从监造过程中积累的经验及方便船员操作、生活等方面考虑作

好审图。例如：散货船的货舱内一般都有货物装载高度标记，而有的船厂规格说明书及设计图纸中均没有此标记，而此标记是需设置的，审图时就应提出；很多外舾装设备都有底座，底座下的结构加强是容易被设计人员遗漏的，审图时应注意；有些船舶对储物室、船员生活室的设计布置不当，例如油漆间设计得很小，放不了多少保养船舶用的油漆，有的船员生活舱室设计的不太合理，这些都应在审图时加以提出改进。

用船方应该重视审图工作，在审图阶段发现船舶设计中的不足提出修改，船厂容易接受，就是在规格说明书中没有提及的，而在审图中提出要求增加一些项目，如果涉及的费用不大，厂方也不会提出加帐要求而同意修改。如果在船舶建造过程中对某些设计、施工提出修改，厂方会以项目已进行施工，修改困难或如修改会影响造船进度等种种理由不予修改，因而修改难度要比审图阶段大得多。在审图阶段尽可能将设计图纸、文件存在的不足找出来及时修改是船舶建造开工前船东方面不可缺少的重要工作。

（二） 监造前施工图纸的消化：

船舶是船厂依据设计图纸、文件及相关船舶建造工艺文件等制造出来的，因此监造工作离不开施工图纸及其文件资料。监造人员必须会读图、识图，就是说拿到某份分段结构图、外舾装的某设备布置图、制造商的某设备图应该做到看得懂，看得明白，这是监造的基本条件，但这还不够，监造人员还必须熟悉、消化施工图纸及文件从而明了监造验收要点及着重点。

在分段结构及船台总装检验时应熟悉各分段图，特别是各分段的节点细节及电焊施焊要点等。在检查某一分段前，可根据此分段的结

构特点，熟悉图纸上特殊结构的处理，以便对某一分段更好地检验。一般来讲常规的结构布局、通常的结构设计在建造上出现的差错或问题要比特殊结构设计及处理少得多，因而在图纸消化过程中主要精力放在特殊结构设计上，熟悉它们并消化之，这样到现场检验时就能心中有数。例如散货船的顶边压载水舱分段检验时就应熟悉其分段图，该分段图部分是常规结构设计，但甲板与舷顶列板的角接缝、舷顶列板的自由边、甲板板在货舱口四角圆弧处等节点的设计是特殊设计，角接缝要求开有坡口焊接，舷顶列板自由边及甲板板圆弧处等需要特殊打磨处理，这些特殊要求通过图纸的消化能帮助监造人员在检验时不被疏忽，到了现场就可以检查这些特殊设计、特殊要求是否在施工中给予满足。

在外舾装设备验收时应熟悉验收设备系统的图纸，包括布置图、设备图及试验大纲。设备验收主要是对演示设备功能效果的认可。例如在救生艇效用试验时，船厂将完成下列试验：

- 1) 将救生艇从艇架固定状态松开至待放状态，放艇至艇甲板；
- 2) 压重，将救生艇压重至试验重量；
- 3) 放艇至水面，包括机旁操作，遥控操作及艇上遥控操作；
- 4) 脱钩试验；
- 5) 去除救生艇内多余重量，起艇至艇架旁；
- 6) 艇在艇架上就位固定。

在救生艇演示上述功能做试验前，如果监造人员不明了试验的全过程就要熟悉救生艇系统的有关图纸包括：

- 1) 救生艇图纸及救生艇布置图，熟悉救生艇主要技术数据、规格、救生艇内主要装备等；
- 2) 救生艇试验大纲，熟悉试验顺序与内容，特别试验艇重、放

艇、收艇速度要求等细节。

通过对上述图纸文件的消化可以顺利进行救生艇的试验验收工作。

对其它设备、设施的验收也应先熟悉相关的图纸，特别是试验大纲更应该熟悉，有什么不了解或不明确的还可以向船厂质检人员询问，力争做到心中有数，这样在现场验收时才能做到不遗漏该验收的项目，使设备在操作使用上尽可能安全可靠。

二. 船厂造船船体方面的一般过程

（一）放样：

1. 线型放样：提供外板、甲板、肋骨及其它结构件尺寸数据亦为造船胎架提供数据。

2. 管系放样：提供各类管系所需管子的形状、尺寸数据。

3. 局部疑难部位的木模制造：例如锚、锚链筒、锚眼是否相互贴合，船厂在造船时制作相对应的木模以指导实船制造。小型船厂造船时将首柱板、船舶首尾变化较大的肋骨制成模板，在上述构件加工时校对。

目前，电子计算机技术已广泛使用在造船领域，很多船厂已无需放样台进行手工放样，依靠计算机的运作可以给出船厂所需的一切数据资料。

（二）造船材料、设施、设备的准备：

造船一旦开始，船体结构制造、船上设施设备的安装、调试等将是一个连续不间断的生产过程。造船开始前就要有开工船舶一定比例

的钢板、型材、管子、安装较早的设施设备等进厂待用，其余的也应根据造船进度安排进厂。

船厂对造船所使用的船厂材料、设备需要有充分的准备，这包括钢板、型材处理设备、电焊设备、板材型材切割加工设备、管子加工设备、机加工设备的完好无故障。例如电焊设备需要逐台检验使之处于安全、适用状态以保证使用正常。在上述准备的同时，船厂均应有新开工船舶的分段等堆放场地。

（三）钢材、型材的预处理：

船用的钢板、型材均需要表面预处理并喷涂保养底漆才能使用，没有经过预处理的型材、钢材其表面布满氧化层，有的有轻度的锈坑、点腐蚀、油渍等，其表面不经过处理用到船上将对制成的半成品或成品造成除锈处理上的困难，如处理不当将直接影响到造船的质量和交船后的营运使用。

钢材、型材预处理的方法大致有两种：用抛丸预处理机或手工冲砂处理。前者在大、中型造船厂广泛采用，其优点是日处理量大，钢材、型材处理的表面较好；后者在小型船厂采用，由于手工冲砂，日处理量少，其处理表面的质量也视操作者的水平而有高低。抛丸、冲砂所用的材料有钢丸、钢丝头、铜矿砂等。

钢板等表面预处理后应立即喷涂防锈保养底漆，此底漆的厚度较薄，一般在 0.015 毫米左右，可在三个月内防止处理过的钢板、型材生锈。

对钢管等材料，进厂前已作了镀锌处理的可直接用上船。表面没有处理的，应除锈处理后上船。少数管子没有经处理的上船后，则在打磨除锈阶段对此表面进行除锈处理。

（四）钢板、型材的下料、切割和加工：

制造船体结构所用的钢板、型材均需要下料及切割加工，这就像做衣服需要对布料裁剪一样。

大中型造船厂大多有数控自动切割机，将需钢板的数据、资料输入切割机的程序后，切割机可以自动切割钢板，制成造船所需的不同形状结构构件。对于型材亦可用自动切割机开设通气孔、流水孔及其它切割任务。对于大中型船厂而言，上述工作大多在生产流水线上完成。半自动切割机广泛使用在造船厂，对钢板进行直线切割或板边开设坡口等，此切割机速度快，效率很高。小型船厂的下料切割大多采用半自动切割机、手工氧气乙炔切割枪进行切割。

（五）部件拼装：

钢板的长度、宽度有限，分段所需的甲板板、船底板等面积都很大，需要几块钢板拼装；分段中的某一部位，例如一个强框架，是由框架板、减轻孔上的面板、框架上的加强材等很多小构件组成的，将这些构件先拼装焊接成一个完整的部件，由这些部件再行拼装成分段。

部件拼装的程度越高，越能节省分段制造的工作量，同时提高分段制造的精度与质量。

（六）电焊和焊接工艺：

电焊在船厂中广泛采用的有如下几种：

1. 自动焊：自动焊中分成单面自动焊、双面成型、垂直自动焊（亦双面成型）。

2. 半自动焊：半自动焊中主要用于板与板对接焊的半自动化埋弧

焊，这种焊接单面成型，另一面还要焊接。有的船厂用此半自动焊进行甲板、内底板等对接焊缝的盖面。

3. 手工焊：手工焊中有使用焊条焊接及二氧化碳保护的焊接两种。目前在船厂中特别是大中型船厂已广泛采用二氧化碳保护焊，这种焊接的质量要优于使用焊条的焊接。在国内中小型的船厂大多仍采用焊条的手工焊接。焊条有碱性及酸性之分，船厂应尽可能采用碱性焊条。

（七）分段装配：

建造船体结构，分段装配是重要一环。将已拼装好的部件在胎架上进行装配，最终制成符合分段图的分段。视分段不同，胎架有平面及立体之分。大船的分段胎架大多是平面胎架，而小船可能大多是立体胎架。

分段的装配及焊接应根据分段图及有关船厂造船工艺进行。例如一个带有顶边压载水舱的甲板分段（立体段），先装甲板板还是外板，里面的构件先安装什么后装什么，都有先后顺序要求，都应按设计好的程序进行。装配好以后的结构焊接亦有焊接程序的要求，特别对甲板、外板等在分段上进行的拼装焊接更有严格的施焊顺序。违反施焊顺序的焊接往往会产生过大的焊接应力，使分段的构件内应力过大而对船体结构不利，严重的会产生焊接裂缝。

在分段结构装配，焊接接近完工时，船厂会对分段中应安装的管系进行预安装，特别在机舱段、上层建筑段分段中的管子安装更多一些。分段中管系安装程度的高低说明一个船厂造船的水平，一般而言，管系在分段中安装要比船体下水后再安装的质量要高得多。

（八）船体结构总装：

结构总装是在船体结构分段制作到一定数量后进行的，特别是大型船厂，总装速度相当快，一般一艘 70000 多吨级的船舶，分段量要超过 200 个，每天要吊装好几对分段上船台或船坞总装，没有分段储备量将会延缓总装速度。对于小型船厂，分段可能仅分几个，船厂会视分段、总装建造的速度决定合适的时间开始总装。

船体结构总装通常在船台或船坞内进行。在高架车的配合下，按船厂事先编制的总装顺序将分段一个个吊上船台和相邻分段进行合拢装配和焊接。

对于大中型船厂，船体结构总装往往采用无余量装配，分段的四周板和型材是没有余量的，分段与分段间无需进行定位后切割余量而是直接进行对接定位后的装配焊接，这种分段无余量装配法大大地缩短了结构总装的周期，同时也保证了大节头装配、焊接质量。当然，全船也不是全部分段都是没有余量，船厂的造船工艺中也事先排定了几个分段有余量，以保证全船的总装后主要尺度控制在所要求的范围内。

主体结构总装到一定程度后，船厂会安排管系、外舾装设施、上层建筑结构及内部的部分内舾装、机电部分设施进行安装。下水前螺旋桨及舵是应安装完毕，主机要视船厂而定，大中型船舶下水前主机大多已吊装就绪，小型船厂的主机常在水下后安装。

（九）船舶下水：

当船舶主体结构已完工，水下部位需密性试验的在船台上或干船坞内亦全部进行完毕并通过验收，船舶处在下水状态则船舶可以下水。船舶建造到什么程度，处于什么状态可以下水是没有严格规定的，不同的船厂视船台、船坞的需要，造船周期安排等有不同的习惯，但下

水应具备的必要条件有主船体结构装配、电焊、船体外板等水下部位的密性、船体水下主要附件、舾装件，例如螺旋桨、舵、舳龙骨、保护锌板等等全部完工，并通过验收。

（十）全船的油漆涂装：

钢板、型材预处理后应涂保养底漆。

分段结构作业完成并验收通过后利用机械冲砂或人工打磨，对需涂装的结构表面除锈并喷相应的油漆，该漆通常是底漆。对于压载水舱内部的涂装在分段阶段可基本上完工，所涂油漆厚度达标。分段机械冲砂一般在冲砂房内进行，该房可调节温度及湿度，因而不受天气影响，同时冲砂的结构表面粗糙度大，所涂油漆和本体的结合较好，而手工打磨往往在露天进行，除了受天气影响外，其质量有时也不如冲砂好，特别就表面粗糙度而言。

船舶下水前后在主体结构完成后，船中的各压载水舱、货舱、上层建筑内部、机舱分段等作修补打磨及涂装，主要是针对在总装阶段形成的分段对接合拢缝，总装装配时火工校正区域及其它因素将油漆破坏的结构表面进行除锈及喷涂油漆，同时将分段中涂装油漆没有达到标准的进行统喷油漆，与此同时，对全船喷涂油漆的舱室逐一检查，消除油漆存在的各种缺陷直至整个舱室涂装油漆合格为止。

通常船舶在交船前需要进坞，坞内的主要工作是对船体外板进行最后的涂装油漆作业，其工作量的大小视船厂的不同而不尽相同。

（十一）码头施工并试验：

在船台、船坞内主要进行的是船体结构的施工，下水后船舶停靠在码头边，主要进行的是内、外舾装、管系、轮机、电气等设施设备

的安装和试验。船体方面主要有锚系泊系统、舷梯、克令吊及其它小吊、救生艇、舱口盖及水密门窗、上层建筑内很多设施特别是船员生活设施、驾驶设备的安装、调试、试验及验收。

（十二）船舶试航和交船：

船厂对船舶的船、机、电三大项目的建造施工已基本完成，船东验收结束，根据船厂的安排，船舶可以试航。建造施工基本完成是指保留了一些不影响试航结果的零星小项目没有完工，例如船上的供应品、备品没有供船及航行前没有时间进行修改的项目等等，而其它的船、机、电施工项目则均已完工。

船舶试航是按照船厂提出的试航大纲进行的，通过试航验证船舶是否符合建造合同及规格说明书的要求，船舶的主体结构、内外舾装、所有设备、设施是否完好并符合有关要求处于适航状态。

船东派出的试航验收组认为船舶试航已达到要求，船舶处于正常适航状态，则试航可以结束，验收组同时应编制试航时发现的问题及意见提交船厂要求修改。验收组通常由监造人员及公司派出的接船干部船员组成。

当船厂所交船舶的船上所有施工项目均已完工，要求修改的项目和意见均进行了修改并达到要求，船舶已处于适航状态，则船厂可以向船东交船，完成了船舶开工制造直至交船的全过程。

三. 船体建造过程中对监造的一般要求

（一）船舶开工阶段、监造开始初期的检查：

1. 钢板、型材堆放场地的检查：检查堆放的钢板、型材是否分门别类按不同材质、不同规格堆放整齐，钢板、型材上的船级符号、规格尺寸是否标识清楚，钢板、型材表面质量如何、腐蚀情况等作初步了解，通过上述检查明了船厂使用的钢板、型材大致情况。

2. 钢板、型材预处理设备的检查：听取有关人员的介绍，检查此设备能否正常运作，当到预处理车间时，车间内很干净，空气尘埃较少，工人们各就各位，钢板、型材预处理表面较好，说明设备营运正常。

3. 船体车间的切割设备、电焊设备及其它设备的检查：主要由船厂应有有关人员陪同，由他们作介绍，并实地进行了解及检查。

4. 焊接环节中的检查要点：电焊条、焊丝的存放，特别是现场电焊条的保温、存放、焊工等级标志的标识及施焊范围的划分、实施情况。在检查过程中一方面听取有关人员的介绍，另一方面需作现场的调查了解。也可以在日后监造过程中采用突然抽查的方法，检查在建船舶的施焊焊工是否具有船级社颁发的焊工证书及是否带齐焊工必备的工具物品，例如保温桶、钢刷、榔头等。

（二）钢板、型材预处理的检查：

钢板、型材预处理不属于验收项目，但在监造中应以重视，出现问题主要有：

1. 氧化皮去除不净；
2. 日班工人操作正常、夜班的加快预处理的速度，影响冲砂质量，需夜间抽查，有否违反操作行为。
3. 钢板抛丸后，自动扫丸不净，部分钢丸残留在钢板上，后经喷

涂底漆使钢丸粘在钢板上，经钢板的堆放，加工等因素可能将钢丸压进钢板形成弹坑。

4. 防锈底漆不符合要求，钢板很快生锈；

5. 人工冲砂的钢板预处理注意给气压力，压力过小，使铜矿砂打在钢板表面无力，氧化皮不易去除。

（三）钢板下料、切割及部件拼装检查：

1. 检查下料、切割的流程中用料，如何控制运作以防止用料规格上出现差错。

2. 检查机械切割、手工切割是否符合要求，例如板材、型材上的人孔、流水孔、气孔、减轻孔等开孔的切割有否“爆边”形成小缺口、割痕等缺陷，切割的焊接坡口是否符合要求。

3. 拼板焊接是否符合要求，检查中主要思考的是拼接的板是否熔透。拼板采用焊接的方法很多，有自动的衬垫单面焊、双面成型；半自动埋弧焊的单边成型，需翻身再行焊接；有衬垫的 CO_2 保护手工焊接及开有不同型式坡口的手工焊条焊接及 CO_2 保护焊接。值得注意的是不管拼接板缝采用什么坡口形式（单边、双边、单面、双面等），焊接工艺如何，都是为了对接材料焊接的全熔透。手工用焊条、焊丝焊接，一般对焊接本体的熔深仅 2-3 毫米，也就是说 5 毫米以上的钢板对接，用手工焊接至少一边应开坡口。自动焊机对接钢板本体的焊接熔深可达 12 毫米左右，而半自动焊机对钢板本体的焊接熔深在 6 毫米至 12 毫米范围内。

4. 部件拼装焊接主要检查是否符合船厂的造船工艺要求，是否有不规范的施工作业，例如角焊缝一般不需要开坡口即可直接焊接，但有的部位焊脚达不到要求时也应开坡口焊接，手工焊接过程中，焊缝

每一道施焊前焊渣是否除尽，否则将引起夹渣、气孔等焊接缺陷；拼装的部件用料上是否标志清楚，是否有分段号、部位编号、规格等；有否零部件乱拿行为，这些都是在巡回检查中应该注意的要点。

（四）分段的检查：

船厂提交船体结构的正规检查验收是从分段开始的，监造人员可在验收前熟悉分段图纸，在检查分段时发现问题可用粉笔直接在结构上作出修改标记，也可在船厂报检单的回复意见中作出书面返修的要求。分段检查主要有：

1. 分段的尺度、构件的尺寸是否符合分段图：一般来讲，船厂不会在分段的尺度、构件尺寸上产生很大偏差，但也偶有发生，例如有一条船的首楼锚铰机区域的加厚板没有加厚，分段中实用板厚 10 毫米，分段图纸板厚 10 毫米，但一查基本结构图纸上都标了 14 毫米，板用错了，这是由于在绘制分段图时出现了差错。

2. 船厂对分段的各级检查是否健全，作出的修改标记是否都作了认真的修改，一般分段建造好，分段施工者应有自查，先将分段缺陷自行修正好，自查完成后提交厂质检部由船体质检人员检查并给予修正，通过这两级检查并完成修改后才能提交给监造人员验收。因此监造人员在检查分段时通常会有两种不同颜色的修改符号。如果检查分段发现的问题很多，而厂方的自查、质检员所查的标记又不全不多，这说明自查是有问题的，应向船厂提出加强自查的力度要求。

3. 分段的各种缺陷：检查分段时注意构件特别是切割的构件边口是否光滑，检查构件自由边，人孔边、气孔、流水孔边口有否缺口、毛刺、割痕等，对接焊、角焊的焊缝均应打磨光顺，特别是手工焊接的焊缝，表面成型大多毛糙，这就需打磨，以利以后的涂装油漆。检

查角焊缝焊脚高度是否足够，焊缝有否咬边，注意型材与型材连接的焊缝有没有问题；型材穿过分段的水密、油密舱壁，型材是否开有止流孔等。

4. 分段的焊接质量检查：焊接质量体现在焊接顺序工艺是否符合要求，焊缝是否符合标准。前者问题的发现依靠监造人员的巡回检查，一旦焊接完成，事后再查较为困难，后者依靠常规检查，如有疑问的可以用超声波等无损探伤方法对焊缝进行内在质量的检查，主要检查有否裂纹、气孔、夹渣等。分段装配完成后焊接工艺、焊接顺序是否正确是至关重要的，监造人员在现场应常检查在建分段在这方面的情况。例如有时一个分段装配完毕，在翻身焊接外板拼装接缝竟有七、八位焊工在同时手工施焊，这肯定是违反焊接工艺顺序的，应及时制止并堵绝此类问题的再次发生。

5. 分段总体变形、局部变形的检查：分段产生总体变形的概率较小，而局部变形较多。局部变形容易发生在外板的肋骨间凹形变形（俗称“瘦马型”）。这类变形在船中部的外板平直部份、机舱段、首尾部的外板线型变化较大的部份都可能发生。上层建筑、机舱棚包括烟囱的外板也会变形较大，上层建筑的各层甲板在施焊过程中不注意变形的控制常会产生相当大的变形。上述部份的分段在检查时应注意变形量的控制，变形大的一般用火工进行矫正。

6. 分段验收的再次确认：当检查分段查出的问题比较多时，就需要对分段复查并再次确认。在日常检查中作出的修改标记及提出的返修意见是否得到施工者的重视并认真修改是监造人员需要考察的。有些船厂的船体分段是分包给包工队的，不同的包工队，有的建造质量好，有的则差；有的对问题的修改较认真，有的较为马虎，监造人员就要在日常的分段检查中分辨出包工队的优劣，把检查的重点放在建

造质量较差、问题较多的承包队的分段，同时对这些承包队应采用“敲打”政策，促使他们提高分段的建造质量，“敲打”政策的武器之一就是拒绝验收。

（五）除锈涂装的检查：

1. 除锈的等级要求：按照船体不同的部份，除锈的要求也有不同。一般而言将除锈的等级分成三类，第一类为非露天部位，日后腐蚀不严重的，例如机舱、上层建筑、首楼、各油舱等内部的舱室，这些部位的打磨可差一些，焊缝上可以保留一些锈痕，大面积的除锈面不能有浮锈存在。第二类露天部位或非露天但有腐蚀的部位，例如各层露天甲板部位，货舱内部部位，上层建筑的外围壁等等，这些部位的打磨、冲砂在焊缝上不能有生锈，大面积的除锈面可以保留较多的保养底漆，除锈比较彻底。第三类为腐蚀严重的部位，例如各压载水舱、水下部份的外板、船底板等等，这些部位的打磨冲砂除锈要求较高，钢板、型钢需要到“出白”程度，保养底漆基本上不予保留。值得提出的是各个船厂对这三类区域的打磨、冲砂除锈要求不一样，上述的三类除锈标准是最低的也是必须达到的。有的船厂较严格地执行上述三类的不同打磨、冲砂除锈要求，例如是二类区域的不愿打磨、冲砂到三类标准，更不愿意将一类区域打磨到三类标准。而有的船厂不那么严格，除燃油舱以外，不管那个区域、冲砂、打磨都做到钢板几乎出白的程度，打磨除锈验收时应根据船厂原有的习惯采取相对应的策略。

2. 分段冲砂的检查：分段冲砂完成后经自查缺陷消除即可提交船东验收，在船东验收的同时可与油漆厂派出的技术服务代表一起验收。在验收时主要检查氧化皮有否冲干净；开口、切口、结构边角处的锈

迹是否冲干净；通过冲砂会暴露出结构焊缝上的缺陷，例如冲出表面气孔，夹渣等需要处理；检查除锈表面有否油渍、灰尘等影响涂装质量的问题存在。油漆统喷前构件表面一定要干净，没有灰尘，这也没有什么标准可言，一般可以用手抹一段结构表面没有明显的积灰即可通过。

3. 分段人工打磨除锈的检查：分段可以用人工打磨的方法进行除锈，一般来讲，人工打磨除锈的质量没有机械冲砂的好，因而在检查时需要更仔细一些。例如氧化皮有否打净；结构边角处、各类开口、开孔的边口常常除锈不尽，应该用砂轮头进行打磨。人工打磨常常存在大面积除锈不彻底的缺陷，俗话说“没有打透”即对防锈底漆没有较彻底打磨，特别对压载水舱内部、水下外板等部位，上述缺陷是不允许存在的。人工打磨是非常辛苦的工作，特别在夏季更为突出，因而在比较难打或难打磨到的区域往往也是打磨不好的地方，需要认真检查，对打磨不好的要求重新打磨，如受天气影响还可以取消验收。人工打磨时常出现打磨表面打得很亮很滑，这样会影响油漆和钢板面的结合力，应用新的砂轮对表面重打一遍以保证粗糙度。

4. 分段涂装的要求及其检查：分段涂装是相当重要的，分段冲砂或打磨除锈、表面清洁完工后即进行涂装作业，有的部位喷涂底漆再复涂面漆达到涂装完工程度，有的部位仅喷涂底漆或一度漆，待交船前再复涂面漆等。分段涂装验收的要求有以下几条：

- 1) 露天作业时大气湿度不能高于 **85%**；
- 2) 夏季喷涂油漆应尽量避免中午高温时段；
- 3) 冬季喷涂环氧型漆，大气温度低于摄氏 **10° C** 时应用冬用型，
丙烯类、醇酸类油漆也不能在温度很低的环境中喷漆，一般应
大于摄氏 **5° C**；

4) 涂装表面不应有油渍、水气、尘埃等，表面应清洁；

5) 两度以上的喷漆，油漆应有颜色差别，以使第二度不易漏喷；

对分段所有的电焊缝、人孔边、气孔、流水孔等开口边缘、结构的自由边等均需手工预涂，最好两度至少一度。可以在大面积统喷前进行，也可以在两度统喷之间进行。预涂是必要的，因为上述部位统喷往往难以喷到，喷到的漆膜厚度也难以保证，经验表明结构腐蚀往往先从这些部位开始，同时若干年后也是这些部位的腐蚀最严重。

油漆喷漆前应对分段还需对接焊的外板边缘、型材端头等用胶水纸封好，避免油漆喷上去，同时当油漆全部完工后应将胶水纸及时撕掉，不及时撕掉会使胶水纸发脆，日后处理困难，胶水纸的胶长期粘在钢材上，如处理不好会使油漆的结合力下降，有的船厂就有这方面的教训。

分段喷漆如在车间内封闭进行，则喷涂的质量易于保证，如在露天进行除应对温度、湿度事先进行测量外应对周围环境作出判断，如大风天气有否尘土飞扬，灰尘很多的环境下是不适宜喷漆的，另周围有没有分段在打磨，如有则打磨应停止或分段移走等等。

5. 分段涂装完成后的检验有以下几条：

1) 预涂是否到位，检查人孔边、各结构开孔边缘、自由边等油漆是否饱满、光滑；各道电焊缝上特别是角焊缝、手工焊的板对接缝等涂漆是否到位；

2) 漆膜表面有否流挂、漆污、底面不洁造成的油漆表面破坏、油漆表面起皱等；

3) 漆膜厚度是否达到标准，注意检查较难喷涂的结构面，例如型材面板的反面等。

5) 测量漆膜厚度用测膜仪。

（六）总装的检查：

船体结构在船台或船坞内总装，分段一段段对接，除常规的对接大接头、密性焊缝、密性舱柜需要检查外，监造人员还需在现场巡回检查，因为很多问题只有在现场建造过程中去检查才能发现，当结构装配、焊缝成型后就很难发现问题。因此在船体总装期间，应该是经常巡回检查和船厂提交验收的检查相结合以提高船体结构的总装水平，同时减少结构缺陷及内在隐患。

总装阶段巡回检查和正常验收应注意以下几条：

1) 总装大接头对接焊缝坡口的成型：为总装大接头对接的板材、型材有效焊接，所有船厂对总装大接头均开有坡口，有的在拼板阶段就切割成型，有的在总装时用半自动或手工切割开设坡口，碳刨刨出坡口在船厂中也广泛应用。很多船厂的总装大接头对接焊广泛采用开好坡口衬垫焊接，包括手工的 CO_2 保护焊、手工的 CO_2 保护焊打底、半自动埋弧焊盖面等，它的焊接特点是单面焊接，另一面也能焊接成型，因为省去了仰焊，因而速度快、质量好，一般而言仰焊的质量总难以保证。坡口的检查相当重要，检查时应看坡口的形状、角度是否符合要求，坡口表面有否锈渍、割痕、油漆、杂质等，坡口上面如有上述缺陷存在，施焊后将在焊缝内产生气孔、夹渣，严重的产生裂纹等。严禁不开坡口就对大接头施焊，就是坡口开得不到位，对接焊没有将构件熔透也是船体结构上的重大隐患。例如国内某船运公司向国外购的船舶，营运十年不到在一次坞修中检查船底时发现船底板的横向对接缝有深沟型的腐蚀，深度在 5 毫米以上且连续，这是由于板对接焊时坡口开得不深或未开坡口进行焊接，使接头未能溶透所造成的，幸运的是发现及时没有产生严重后果。

2) 复杂部位的多面对接焊应注意操作者是否采用正确的焊接顺

序。

3) 船台、船坞内总装焊接的焊工均应有三类焊工的资质证书，总装的对接焊缝某些部位的焊接常采用单面开坡口手工焊，另一面用碳刨刨出坡口再行焊接，此类检查的重点是碳刨是否刨到位，将板缝及焊渣刨清楚。例如有的船厂刨缝、开坡口、对坡口的打磨、焊接再对焊缝的打磨这一整套作业均由一人连续工作完成，质量如何控制就要抽查，查一下这一连串的作业中有否问题，可以在作业人不知情的情况下对他的工作进行连续跟踪以确认质量控制的情况。

4) 总装大多在露天作业，雨天时应检查有否焊工在焊接；风大时焊接有否挡风措施；

5) 巡回检查时应注意有否不规范的装配及焊接，有些交叉焊缝的焊接在焊前应开好通焊孔，以保证焊缝能正常施焊及密性，例如外板、底边舱斜板与舳肘板的焊接就应注意在舳肘板上开好通焊孔。总装的焊缝焊接成型常常需要多道焊接，每道之间应清渣干净；大接头对接尺寸有误差会产生大小头现象，不能乱开刀及过度火工；有的用加大焊缝的间隙来借，但不能超标，防止焊缝间隙过大情况下焊接；有时船体线型不佳或有变形等需将扶强材割开，再行焊接时注意割开的焊脚是否清除及打磨；对有疑问的焊缝可以抽拍 X 光片以检查内部有否缺陷。

(七) 船舶下水后码头内外舾装的检查：

对船体监造而言，船舶下水后的检查工作主要是外舾装设施、设备的试验验收；内舾装施工的检查及上层建筑内部完工后的整体房间检查。

今天与会的各位对船体内外舾装的检查、使用很熟悉，相对的验

收也有所了解，因此在这里无需详述，但应注意：

1. 锚系泊系统是否好用，主要带缆、出缆是否方便，为缆绳和船体相关部位安置的导缆滚轮、导缆孔、带缆桩等位置是否合适，舷边的缆绳防摩擦设施是否实用有效。

2. 外舾装设备：例如锚绞机、止链器、救生艇艇架、带缆桩都有底座，在验收这些设备的同时也应检查底座下面相对应的结构是否有加强，当然事先在安装底座时检查下面的结构加强及底座和结构加强是否对准等问题更好一些。

（八）船体结构总装后直至交船涂装油漆的检查：

分段涂装油漆后直至交船前涂装油漆的检查主要有全船结构大接头部位的打磨涂装；全船施工过程中破坏油漆后的打磨涂装的修补；对某些舱室未除锈打磨的完整涂装检查；对某些舱需统喷油漆、补喷面漆的检查；交船前进坞外板等涂装作业的检查。

分段特别是总装后直至交船的涂装油漆是相当重要的，涂装的好坏直接影响油漆防腐蚀性能及漆膜的防腐蚀使用寿命。就拿远洋船舶顶边压载水舱为例，水舱内打磨除锈喷涂油漆包括舱内大接头的作业质量好的，船舶营运七、八年以上，打开压载水舱，里面的船体结构几乎没有腐蚀，只有在人孔边、板材的自由边等处出现局部不严重腐蚀；而打磨、予涂、涂装作业处理不好的船舶营运三、四年后压载水舱内部就会出现不同程度的腐蚀，腐蚀出现在拼接板的焊缝上、型材的面板，腹板上、板材的自由边，各种结构开口、切口处，甚至斜底板的板面上也会出现面积较大的腐蚀，对这些腐蚀区域进行返修处理，代价是相当大的。

总装完成后涂装的检查要点主要有：

1) 结构大接头部位的打磨、涂装应注意已油漆及未油漆交界区域对油漆的“拉毛”，对环氧型漆涂装有间隔期，超过间隔期需对油漆表面拉毛后才能喷漆；注意拉毛的同时使油漆漆膜过渡均顺，由厚至薄，直至打光，以使新喷上去的油漆和原有的油漆很好地过渡结合。这在检查外板涂装尤为重要，外板大接头或油漆被碰坏的区域打磨修补不注意交界面的过渡，以至交界面非常明显，大多呈没有修补油漆面的漆膜厚，新修补面薄的现象，这样破坏了整个船舶外板面的美观。

2) 压载水舱内大接头的打磨油漆应给予高度重视，这些部位处理不好最容易出问题。大接头的打磨应注意打磨面、结构边角、通焊孔边缘等除锈是否彻底，统喷油漆前应注意喷涂面是否用清洁剂擦过比较清洁；检查舱内的温度、湿度、钢板露点等是否达到要求；特别船舶下水后对水下部位压载水舱内统喷油漆前的露点检查相当重要，露点达不到要求时喷涂油漆，将使漆膜与钢板结合不好，日后造成漆膜脱落的严重后果。

3) 船舶在坞内，外板涂装作业检查应注意水下部位原有油漆有否缺陷，例如自抛光油漆有否起泡、开裂、大面积脱落等现象，特别起泡发生的频率较高，其产生的原因不很清楚。如果此类问题发生了，目前所采用的方法是对起泡的区域表面进行打磨，将起泡及周围松动的漆膜全部打掉，再补喷油漆，实践证明这种缺陷只要处理得好并不影响日后油漆正常功能的发挥。外板油漆可能被码头的靠把、系泊的钢缆碰擦坏，这些区域应打磨修补，如果钢板已暴露，则钢板应出白，然后进行一度一度地补漆。船舶吃水线处一般会有油污带，这条油污带在船体外板统喷前应用钢丝盘轻磨、清洁剂洗擦，直至清洁为止。需要统喷的水下部份外板及底板要用高压水冲洗，对于环氧型油漆或自抛光油漆还要用钢丝盘对其表面进行处理，其作用是去除油漆表面

的杂质、积垢等并增加统喷油漆的结合力。对于丙烯类及氯化橡胶油漆无需用钢丝盘处理，仅用高压水冲洗及清洁剂洗擦表面即可。

四. 监造人员的监造艺术

监造人员是代表船东在造船的现场为提高船舶的建造质量、为船东的利益而工作，监造人员在船厂里的言行举动都会在船厂中造成很大的影响。为了搞好现场的监造工作，使船舶交船后在营运过程中少出质量问题，少一些返修，监造人员就需要在现场的检验中不断提高自己的监造水平和监造艺术。

监造人员在监造期间应注意以下几点：

1. 根据船厂造船的进展，在造船的每一个阶段掌握好轻重缓急、统筹兼顾：

一个监造人员在船厂中面对的是整个船厂，监造人员每天需要查看图纸文件、在现场巡回检查、常规的验收、处理一些监造中发现的问题等等，因而监造人员的工作是相当繁忙的。但一个好的监造人员应明了造船到某个阶段，这个阶段施工中容易发生的问题是什么，监造的重点是什么，那些是必须检查的，那些又是可以放一放的，心中要有数。只能应付船厂事先确定的常规检查，而不能在船厂造船的过程中去发现问题并督促船厂解决问题，这样的监造人员仅是一个合格的监造人员，而不能称为优秀的监造人员。例如在分段制造阶段，首要关心的是分段的装配质量如何，就要查一查各个结构节点是否按图施工，对容易遗漏的问题例如止流孔，通焊孔等建造者是否都开设了；在分段焊接时去查一查焊工焊接是否规范，焊接需开的坡口是否标准；下雨时有没有露天在焊接等等，等到分段建好向监造人员报验，自己心中有数，这个分段有没有什么问题。在船体总装过程中，常规的验收很忙，但监造人员首要关心的是各个大接头的坡口开得怎么样，有

没有间隙过大的？查到间隙过大的，焊工要施焊的就应立即叫停；船台上有工人在碳刨，也应经常查一查碳刨都刨透了没有。在总装过程中，外板线型不好的或其它原因需要对外板换板的就要引起格外的重视，查一查有否问题，这些应该说比常规的总装检查更重要。例如较大船都有风暴舱，可以在中部一个货舱内压水，这个舱要做强度试验，舱内压水并进行压水后的强度变形及密性检查。当这些都查了，没有大问题，那还要检查大舱排完水后的其它结构，例如舱内泻谷板是否有渗漏等检查。在以往的检查过程中，就有因为检查得及时，发现过结构存在裂缝的重大隐患。

2. 监造人员要有高度的责任性：在现场监造过程中，责任性是相当重要的，特别在重要项目的验收上。例如在一次检查双层底结构中，在双层底内部连续检查了一个多小时，最后剩下的一个舱，只有三、四档扶强材的空间。当时船厂的检验人员说剩下一点点，里面都查过了，没什么问题，但监造人员一想该小舱内结构较复杂，还得查查，下舱去查也没有查到什么问题，后来查到最里面的一格结构内，里面的装配、电焊剩余的垃圾仍在地上没有搞干净，有一段外板焊缝正好被一些垃圾盖掉了，用手一抹发现有一段焊缝封底焊焊好，但上面应有的二至三道盖面焊却没有施焊，如果当时不坚持检查，或许这一焊接隐患也就留下来了。有一次对外板大接头垂直焊缝的例行检查中，偶然发现焊缝上面有一个小的气孔，当时就引起了警觉，这是垂直自动焊，按理不会有什么气孔，于是立即叫船厂将这气孔区域刨开检查，发现这不是孤立的气孔，而是线状的连续气孔。这一条垂直自动焊有问题，那其它的包括已验收过的是否也有类似的问题呢？后经超声波、无损拍片检查其它焊缝，有多条焊缝也存在连续性的气孔，后来将有问题的焊接缝均找出来，刨透焊好消除隐患。经船厂调查，由于垂直

自动焊机的本身出了故障，导致焊接气孔的产生。另外，在一条船的双层底里做密性试验，首要关心的是油舱、压载水舱相隔的这道油密舱壁的密性，下到双层底里一查，船厂自检的角焊缝有几处漏气已排漏，但有个别的没有焊好仍有漏气，同时又发现其它几处也有漏气现象。为保证这道油密舱壁的密性，要求船厂将这一段角焊缝全部刨掉重新焊接，焊妥后再做密性试验一点也不漏了。原来的这段角焊缝焊接质量不好，只有严格要求刨掉重焊才能消除隐患。

3. 监造人员在船厂中要有所依靠、有所防备：

监造人员在船厂中如果不信任船厂任何人，采用单打独斗的办法搞检查验收，其实很难取得很好的效果。实际上监造人员在日常项目验收、巡回检查中会发现船厂某些检验人员对项目的自查比较认真，注意船舶的建造质量和建造人员配合比较友好，对这些人员就要信任，在日常的检查中可以依靠他们，在一些非重要的验收项目中监造人员和他们相互结合共同检查，加快验收速度，缩短验收时间，这样可以挤出更多的时间用在比较重要项目验收上，当然在一些中、小型船厂造船速度不是很快，监造人员在厂内的监造工作不是很忙，在这种情况下就不一定与厂内人员共同参加验收，但信任他们，让他们多提供造船质量方面的信息及问题，这也有利于提高船舶的建造质量，有利于监造工作。

在监造人员有所依靠的同时也要识别及防备一些不负责任的船厂质检员或油漆厂派驻的代表，对可能影响船舶建造质量的要毫不犹豫的提出调整。例如在某一船厂监造时，油漆厂派驻了技术服务代表，发觉该代表工作上不很负责，于是向油漆厂提出调换人员的要求。这位技术服务代表后来在其它船上作油漆涂装的检查服务，该船营运后一年内发现压载水舱内大接头油漆大面积脱落，这一严重问题的发生

是和这位服务代表不尽职有很大关系。

4. 监造人员要做到大事精明果断，小事免于纠缠：

监造人员在检查中发现问题或有疑问时一定要认真地思考，进行正确的判断，作出果断的决定，使船厂感到你是一个精明能干的监造者，这对以后监造工作的正常开展是很有作用的。例如某家船厂将几个分段中组成一个大的立体分段，在巡回检查时发现船体底边舱的斜板与外板焊接的坡口不明显，按要求这个节点是要开坡口的，没有坡口的焊接是有隐患的，于是要求这些分段的中组此类焊缝焊前必须施刨，刨出坡口后才能焊接。在检查底部压载水舱密性时，肥皂水打到肋骨舳肘板的下部，按理舳肘板的下半部是焊在斜底板的整板上，不会漏气，但也冒泡漏气，仔细一想原因是简单的，斜底板和外板的焊缝在舳肘板处没有焊透，从这儿漏气又通过舳肘板的角焊缝间漏到舳肘板的下部，只要角焊缝焊得不好就会漏气，于是要求此节点的外板与斜底板焊缝上的舳肘板处全部重开通焊孔，重新施焊。此工作结束后，重做密性就没有发现舳肘板有漏气现象。有一次在对双层底压载水舱的油漆作完工检验及封舱时，首先检查压载水舱内污水井底部、侧部油漆情况，一查就发现货舱污水井的底部竟还有一个临时开孔，开孔上打上了一个木塞子。油漆完工、封舱检查时查出这类问题，船厂觉得问题很大，对此作了严肃处理。

在日常监造中，如碰到的或发现的问题、缺陷并不是大问题，也不是全需要船厂进行返修的。如果和船厂经常纠缠在一些小事上，你要求他们改，他们就是不想改，或口头上同意改但拖着不办等，这样既分散我们监造的注意力也消耗我们的精力。在日常检查中我们经常会碰到一些存在在船上 20 年也无大关系的缺陷，那这些缺陷就让它保留着，看见可以当没有看到或者向船厂有关人员讲一下就好了，不必

作过多的计较和纠缠。例如在检查压载水舱舱内油漆时会突然发现多焊了一块无用的角钢，没有及时割去；分段结构检查时角焊缝上有不深的咬口；结构构件上某些通焊孔开大了；压载水舱内焊缝焊得高了，焊缝成型差些等等，这些问题也是船厂建造船舶过程中常会存在的缺陷，但并不重要，保留在船上也无碍船舶长期地安全营运。

船舶轮机工程监造及设备验收概论

一．轮机部分简述

船舶建造是一项技术性很强，而且又很复杂的综合性的工程，涉及到很多学科方面的知识和科学技术。一条船的建造，在船厂一般分开工（制造）、上船台（或落坞墩）、下水（出坞）、系泊试验、试航、交船六个阶段。其中在每个阶段又有很多复杂的作业项目。按工程作业性质分类又可分为船体、轮机（包括管子、通风）电气、涂装、机械配套、通讯导航等。对于轮机来讲，船体开工下料，分段制造，管子内场就要同步进行管子制造。我国造船业从 70 年代中期就开始学习国外造船的先进技术，在船体分段中实施预装管子、通风管和设备。又为了缩短船台周期和减轻劳动强度，在 80 年代中期又实行了主机底脚螺孔在分段中预钻工艺。各分段逐步吊上船台或坞内进行大合拢，当机舱前壁以后的所有船体结构、舱室、密性结束后，就进入轴舵系的拉线照光和主机吊入阶段，轴舵系的拉线照光结束后按装“三大件”即轴、桨、舵。在这期间同时进行的还有海底门及水下附件的安装和密性、甲板锚机、系泊绞车、舵机的安装以及下水前的检查，海底阀的封闭，舵的灵活性和舵叶的零位确定等。国内较先进的船厂在下水前管子系统的完整性已达 65~70%。船舶下水后，进入了系泊试验阶段，在这期间随着动力管系和船舶管系的密性、完整性验收逐步结束就要与船舶电气配合进行各种设备的性能试验，例如柴油发电机组、应急发电机负荷试验，各类泵的效用、各种设备的试验、主机系泊试验，舵机、锚机、甲板机械、救生消防、安全设施的试验和检查等（油轮还有很多特殊设备项目），配合船体做空船测量和倾斜（仅首制船）试验。由于受到各种条件限制有的系泊试验项目要在试航时完成。试航期间的主要项目是做主机的负荷试验、操舵试验、抛锚试验、测速试验、通讯导航效用试验，另外还有测噪音、震动等等。试航结束后

就进入最后交船前的准备工作。例如主机拆验和缺陷修补，设备移交、备品清点，直到船体、涂装、电气、轮机、房舱移交等所有工作经船东验收确认结束后，择日交船。在交船时，工厂的完工文件、图纸资料、产品设备合格证书等必须具全。

二. 舵系安装检验

（一）舵系中心线检验

1. 条件：

1) 舵系中心拉线应与轴系中心线照光或拉线同时进行。照光设备应准确、良好。应在船体不受阳光曝晒的情况下(一般选在清晨、傍晚或阴天)进行。

2) 船体艏部结构装焊应完整（区域范围内按技术文件规定），并且要经验收合格。

3) 舵系的基准点必须经船东验船师检验确认。

2. 方法：

1) 在舵各道轴承销孔的上、下，放入照光或拉线靶架。

2) 准直照光仪应在上舵承及下舵销基准点中心调整。

3) 按准直照光仪十字线中心，调整舵各道轴承的照光靶根据中心按图纸要求检查孔的加工余量是否在范围内。

4) 按照光靶中心划出各道轴承的加工圆和检验圆。

5) 敲上圆冲标记，作为镗孔和校验镗孔中心的依据并且须经船东和验船师的认可。

3. 镗孔要求：

镗孔后的镗孔圆、圆度、锥体及表面粗糙度应符合图纸要求（精度以 98CSQS 为依据，厂家也有标准）测量的尺寸数据须经船东、

验船师认可。

4. 舵承衬套安装检验：

1) 舵系各道衬套加工后的外径尺寸、圆度、锥体及表面粗糙度应符合图纸要求和标准，也须经船东、验船师检验合格、认可。

2) 舵系上、下衬套安装一般采用液压装配，压入的力以船厂技术部门提供计算书为依据，压入力应符合技术要求，另一种方法是用于赛龙（非金属）衬套的冷冻安装法（用干冰或液体氮）将加工检验合格后的衬套放入特殊材料制成的容器内，当冷冻缩小到一定尺寸后迅速放入舵上、下轴承孔内，当膨胀到常温后，轴承就紧固在被安装的孔内，检查轴承孔径是否符合图纸技术要求。

5. 舵杆与舵叶安装：

L 型舵杆与舵叶安装是平面接触型，螺栓连接全部为铰制螺栓，小型船采用锤击法安装。中、大型船采用干冰或液态氮冷冻法安装。螺母应在螺栓安装后，待到温度恢复到外界温度时再敲紧。用 0.03 mm 厚的塞尺检查接触平面，应该是插不进。并装上保险装置，择日再用水泥封死。直舵杆与舵叶的安装则采用是专用液压螺母，压入安装由技术部门根据计算书提供压入量，对准好拂配线然后用二组油泵分别作扩张和轴向推进，使舵杆达到规定的压入量，在安装过程中零位的起始点和整个压入过程必须作好记录，并经船东和验船师认可合格。

6. 舵柄安装：

舵杆与舵柄的结构分类有两种，一种是有键连结（即两半连结）另一种是无键连接。前一种连接，舵杆与舵柄之间有键相连结。用液压拉伸法来紧固予紧力。按照要求分两次均匀地将螺栓紧固（力按技术要求）检查两半之间的间隙要求相等，装好保险。另一种方法是专用液压螺母压入安装。技术部门根据计算书提供压入量的数值，对准

好装配基准线，安装好百分表然后用二组油泵分别作扩张和轴向力，使舵柄达到规定的压入量，在安装过程中零位的起始点和整个压进的过程中必须作好记录，并经船东和验船师认可合格。

7.舵机安装检验：

1) 检查舵机垫片，用 0.05 mm 厚塞尺检查，应插不进去。如局部插入深度不大于 10mm，应用色油检验舵机与基座垫片接触每 $25 \times 25 \text{mm}^2$ 面积上应达 2~3 点，相当于接触面 70%。基座四个（前、后、左、右）侧面焊有止推塞铁，此塞铁带有斜度。检验要求同基座垫片。检验合格后在侧向塞铁上点焊以免松脱。

2) 检查舵机中心尺寸，用样棒测量舵杆中心到各个油缸基准平面的中心是否相等（偏差应在 0.5 mm 之内），检查舵柄叉口内的滚柱的间隙上、下、前、后是否基本相等（根据设备商提供的资料型号来核对）。同时还要检查油缸柱塞的直线性（为了保证长期可靠的工作）。

3) 检查舵机的水平度。

三．锚机和系泊绞车

1.锚机和系泊绞车安装：

有浇环氧垫片和钢垫片二种：

1) 垫片用厚 0.05 mm 塞尺应插不进去，钢质垫片厚度 $> 15 \text{ mm}$ ，铸铁厚度 $> 25 \text{ mm}$ ，塞尺局部插入深度不大于 10 mm，垫片平面油接触应不小于 60%， $25 \times 25 \text{ mm}^2$ 内有 1~2 点。前后撑塞铁须带斜度。接触面要求一样，斜铁块敲紧后点焊以免震松、脱落。

2) 环氧垫片在浇铸前必须先打磨掉要浇环氧垫片部位的油漆和残留物，清洁基座及面板后须经船东认可，用铁片围成浇铸区域，此区域内垫片的厚度以及垫片的大小都应符合图纸要求。在服务工程

师参与的情况下进行浇铸。在寒冷季节浇注环氧，首先要给被施工的设备搭个保温棚，用加热设备加温，使得浇铸环氧垫片的设备基座面板和设备底脚的温度都必须达到浇环氧垫片时最低的许可温度值，并且在整个浇铸和 24 小时保温过程中不能低于许可要求温度，否则会出现严重的质量问题。并且做好垫片的大小样块取样工作，24 小时固化后，进行环氧垫片的硬度测量检验以及挤压试验。试验结果应该符合环氧垫片的各种技术标准。

3) 设备安装检验合格后，应校对离合器中心，要求离合器平面偏差及外圆偏差均不大于 0.1 mm，打开支架轴承上盖，用塞尺检查轴承两侧间隙是否基本相同，底部应 0.03 mm 塞尺插不进。

4) 检查设备的手动刹车抱箍是否在轮壳的中心，抱箍闸是否平整。

四. 轴系拉线照光和安装

主机轴系定位，目前经常使用的有轴系拉线和照光法以确定轴系中心，确定艉轴管镗孔加工余量及主机定位，确定主机垫片、中间轴承垫片、减速齿轮箱的垫片厚度。

1. 拉线照光的条件

1) 机舱前舱壁以后和上甲板以下的船体结构的主要焊接工作和火工矫正工作应结束。

2) 船体艉部区域的双层底、艉尖舱、机舱内的油舱、淡水舱、隔离空舱等的密性试验结束，固定压载安装结束。机舱二甲板、三甲板较大设备应到位，如没有到位可用临时压铁替代。

(1) 拆去艉部区域所有的临时支撑。

(2) 主船体尤其是机舱部位不受阳光曝晒，在温差小的状态下，如晚上、早晨或阴天。停止一切带震动，冲击有严重噪声的作

业。

2. 方法

有二种：1) 拉钢丝 2) 照光（又分投影、探照、激光）

拉钢丝用Φ0.8 mm的钢丝，轴系拉钢丝与舵系拉钢丝应同时进行，在机舱内前部设一基准靶与艉部设一基准靶，靶芯与船体中心线平行或重合允许偏差准点均需船东、验船师确认。

3. 检验要求

1) 轴系中心线与舵系中心线相交度不大于 3 mm，两线垂直度不大于 1 mm，。根据轴系钢丝线确定艉轴管中心（注意要经挠度修正）再根据钢丝线用直尺在艉轴管平面划出双十字线，然后在艉轴管内放入中心木架上。按挠度修正值，借高定出中心点。按此中心点在艉轴管端面划出加工圆及检验圆。并打上圆冲眼。请船东、验船师确认挠度修正值可按下式计算：

$$Y=g \times X(L-X)/0.99 \times 2G$$

Y——挠度修正值（m）

g——钢丝线单位重量（N/m）

L——钢丝两基准点间的距离（m）

X——所求：挠度到基准点距离（m）

G——钢丝拉紧力（N）

钢丝线重量、拉紧力表

钢丝直径（mm）	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
钢丝线单位重量（N/m）	0.0154	0.0222	0.0302	0.0395	0.0499	0.0617
推荐拉紧力 N	196.0～	294.2～	392.3～	539.4～	686.5～	833.6～

	294.2	392.3	490.4	637.5	784.6	931.7
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

2) 探照仪照光（还有投影仪照光和先进的激光照光）

探照照光找正轴系中心的最大优点是准确度高,且操作方便，目前我国各大船厂与国外造船均采用此方法，深受船东欢迎。

- a. 照光前应具备的条件与前所述相同。
- b. 确认由应船体提供的已被认可的首、艏基准点，以及舵系的船体纵向中心线。
- c. 以调整好的光学仪中心为基准点，逐渐调整艏轴管承前、后 端面外的光靶中心，再复验首、艏基准靶与光学仪中心是否重合。
- d. 按照光靶中心划出艏轴管的镗孔加工圆及检验圆，敲上圆冲眼，经船东和验船师确认。
- e. 艏轴管内孔镗孔完后对镗孔质量进行检验，孔的加工尺寸和表面粗糙度应符合和达到图纸要求，孔的圆度、锥体应符合 CSQS 的标准，有经验的大厂例如沪东造船厂控制的圆度、锥体比 CSQS 还要高，为了得到孔径的正确尺寸，测量应在内外温差小的时候进行。例如早晨、傍晚、阴天，同时艏管镗孔尺寸与艏管衬套尺寸测量时要使用同一测量工具和同一人来测量，以免工具本身精度误差和人为测量手势不同所造成的误差。

4. 艏轴管轴承安装

1) 艏轴管前后轴承安装和检验：

彻底清洁排除艏轴管内残留的铁屑、毛刺、焊接飞溅以及油污等等，用清洁的布沾丙酮再将要安装的部位擦干净。轴承与艏轴管为过盈配合，轴承安装普遍采用液压法安装，在安装前应测量环境温度。测量艏轴管及艏轴承温度，使其温差尽可能一致的情况下安装，两者

温度差一般不大于 2°C 。在安装的过程中要注意在轴承的外表面喷上二硫化钼润活剂。开始压的时候每进 50 mm 应记录一次液压油压力,到 50 mm 时每 10 mm 记录一次油压,最后还剩 10mm 时每 5mm 记录一次,特别要注意的是在压的过程中要密切观察液压油压力与压入距离有什么异常变化。如瞬时压入力超过或低于设计值过多时,应及时停止压入,待查出原因排除故障后方可再压入。在压入结束时突然压力升高,此压力升高前的压力值为最终压入压力,工厂一般再在最终压力的基础上再加压 $20\sim 30\text{kg}/\text{cm}^2$ 的力结束轴承安装。

轴承压入力根据液压拉伸器的活塞面积与油压力计算出并应控制在轴承压入计算书上所标的压入力范围内。

2) 艏轴安装:

艏前、后轴承安装合格后,就要安装螺旋桨轴。在安装前,首先要进行前后密封润滑油管及轴承温度传感器安装(安装前必须先经校对确认合格)。润滑油管的密性试验检验、润滑油管、温度传感器的支架烧焊、保险安装、打磨以及清洁须经船东确认后方能安装螺旋桨轴。在安装前停止机舱和艏部的打磨、电焊工作,清洁艏管轴承内孔和轴表面并用面粉团沾粘清除掉所有杂物、垃圾、灰尘、飞溅。在轴承及轴表面均匀地涂上润滑油缓缓地将艏轴塞入轴承内,在安装过程中,必须避免碰坏轴承合金。轴安装到位置后,用塞尺检查两端轴承面的上、下、左、右四个位置的间隙基本相等,并作出测量记录,随后即可安装前后密封装置。密封安装时,注意要把油孔上的保护罩拆除,以免油路不通,造成重大损失。

3) 螺旋桨安装和检验:

螺旋桨安装在轴上有二种,一种是有键安装,另一种是无键安装。

在安装之前首先要清洁螺旋桨毂、轴锥部,有键的还要清洁键槽。

测量桨叶与桨轴的温度，要求温度基本上相同。安装应按工厂技术部门提供被认可的螺旋桨安装工艺进行，此安装工艺亦作为螺旋桨验收时的检验标准。

(1) 有键安装：

是用一组手掀油泵产生油压至液压螺母方法，使螺旋桨压入螺旋桨轴，检验方法是：

a. 在螺旋桨端面安装两只百分表，表头应垂直桨毂 BOSS 端面。在机舱艉轴法兰的端面放百分表一只（检查和监控螺旋桨轴轴向移动时修正用）以检查螺旋桨压进量。

b. 手掀泵向液压螺母泵压，当压力表读数为 5Mpa 时将百分表调至零再泵至 10Mpa，15Mpa，20Mpa 记下压入量，根据油压及百分表上压进量，用坐标纸绘制相应的 X、Y 坐标图，并将线延长到 X 轴相交某一点 a、则 a 点为实际压进量的起始点，当压入量达到设计要求，经船东船检认可后，注意缓缓地放掉液压轴向螺母的油压观察 15 分钟，检查百分表是否有变化。如无变化，拆掉百分表装上螺母，用专用扳手，用锤撞击敲紧，船东、验船师认可好后安装好止动块，穿好保险。螺旋桨导流帽安装后，用 0.05Mpa 空气进行气密试验，检验合格后然后用牛油泵将油脂压入导流帽内，安装好闷头螺栓，即告结束。

(2) 无键安装：

无键螺旋桨叶安装要有二台手掀泵，一台为轴向推力油泵另一台为扩张桨毂油泵，在安装上要检查和对齐桨叶与轴的拂配记号线，在螺旋桨端面安装二只百分表，表头应垂直桨毂 BOSS 端面。在机舱艉轴端面上放一只百分表（检查和监控螺旋桨轴，轴向移动时修正用）以检查螺旋桨压进量。其压进量为两个阶段，第一阶段干压仅用轴向油泵压进螺旋桨，压入 5Mpa 将百分表读数调至零点，然后再施压

10Mpa、15Mpa、20Mpa 记录每次的压入量。根据压入量与油压的之间关系，用坐标纸绘制出相应的 X、Y 曲线图，将点连起来延长到与 X 轴相交，求出实际压入量的起始点作为压入零位值。第二阶段就是扩张油泵与轴向油泵同时打开，使液压螺母轴向产生推力，此时螺旋锥体部分建立起压力使桨毂径向膨胀，无论是有键还是无键安装，每压入 1 mm 就记录油压一次直至推进到规定的压进量。无键安装时，先泄放掉扩张油压力，保持 15~20 分钟，待桨毂压紧轴颈，稳定后再放掉轴向油压。检查百分表有否变化，在确认螺旋桨无滑动时卸下液压拉伸器油泵，换上螺母随后扳紧螺母，用重锤冲击扳手使螺母紧固，经船东、验船师认可后，再装焊止动块穿好保险，导流帽做气密结束后。压入牛油脂。必须注意的是由于螺旋桨结合面用于手工加工，其加工精度会使压入力与压进量之间出现较大差异，若压进量已达到规定值，而其压紧力比规定值小得多，应根据现场情况由技术人员、船东、验船师共同商量适当增加压进量，反之若压进量未到，但压紧力已达到要求，这时经商量可以适当增加压紧力。

4) 艏管前后密封装置安装检验：

(1) 艏轴管密封装置结构形成可分为两类：一类用海水润滑的螺旋桨轴铁梨木轴承，艏轴管前端采用填料函牛油麻绳密封装置，另一类是用油润滑的螺旋桨轴合金轴承，采用金属环式密封装置或橡胶密封环式（simplex）密封装置，目前建造的万吨级以上的船舶基本上均采用橡胶密封环式密封装置。橡胶密封环式密封装置是较为理想的一种密封装置。前后密封安装后要进行防蚀衬套安装后的同轴度检查，要求同轴度不超过 0.10 mm（或根据制造厂说明书的要求进行）。

(2) 密性试验，前后密封装置安装后，应做密性试验。根据 艏管滑油管路系统图，高压腔的油压应与高位重力油柜油位高度相同，

进行静态 12 小时密性试验,打开第一道油封橡胶环后面下部的放油旋塞不允许泄漏,然后关闭此油塞。灌满第二道油腔高度同高位重力柜,静态 2 小时。不允许泄漏,向第三道油腔灌油高度为轴系中心 300~500 mm 允许有少量泄漏,以每分钟 6~10 滴,不成线为标准。密封泄漏检验合格后进行下沉量检验。测量螺旋桨轴的下沉量。使用配套厂供应的测量工具,记录上部和下部的读数,记录在专用的木盒或特制金属板上,写明日期、数据、桨叶的位置或主机的 NO1 缸活塞位置。以供船舶运行一段时间后进坞时复测对照。判断艉管轴承磨损的情况,测量结束在此腔内注满润滑油,扳紧泄放塞,穿好保险。

5) 轴系找中:

合理找中计算是按照主机及轴系的重量与位置而进行的。它依据轴系在热态工作时轴承负荷应在设计允许范围之内,从而计算出轴系各连接法兰处的位移和缝差值,按此要求进行轴承的定位安装。轴承找中前主机应该安装验收结束,包括环氧垫片,硬度和挤压试验应已合格,认可、主机底脚螺栓泵紧。

- (1) 轴系找中,应在水面波动尽可能小的情况下进行。
- (2) 根据技术部门定的要求,在艉轴法兰向下加压(左、右也有加压)。
- (3) 检查临时轴系支撑的布置与尺寸是否符合计算图。
- (4) 按计算书要求检查验收每对法兰的位移和裂面。

6) 轴系连接:

在主机轴系找中完成后,应对中间轴法兰与主机输出法兰螺栓孔进行加工。此项加工一般在现场用专用工具进行。

- (1) 法兰校中调整两个外圆的同轴度。要求偏移不大于 0.03 mm 调整量要尽可能地小。

(2) 螺栓孔加工尺寸、圆度、锥体、孔表面粗糙度应符合图纸要求。

(3) 螺栓与孔的配合过盈量尺寸、圆度、锥体、表面粗糙度应符合图纸要求。

(4) 冷冻法，其介质可以用干冰或液氮（氮的温度可达 -100°C 干冰的温度可达 $-70^{\circ}\text{C}\sim-80^{\circ}\text{C}$ ）在螺栓未安装前先将螺栓和螺孔表面清洁干净，然后将螺栓放入冷冻桶内，达到要求后放入已喷上二硫化钼的螺孔内。等到螺栓温度回升到室温后（一般要 8~12 小时）用扳手敲紧螺母，穿好开口销。

7) 中间轴承负荷测量检验：

(1) 条件：中间轴承垫片安装验收合格结束、机座拂螺栓安装结束、艉轴与中间轴法兰螺栓（中间轴与齿轮箱法兰螺栓、齿轮箱与主机螺栓）全部连结结束。主机安装结束（如有旁撑、端撑也应全部安装验收结束），在主机滑油管系未投油前或投油后冷态下进行，严禁周围有震动的作业。

(2) 方法：根据轴系找中工艺，按图纸要求在中间轴承的某一位置下部放一液压千斤顶，作用点必须通过轴的中心，在这同一横断面上放一只百分表，测量前先作顶升，放下动作各 1~2 次，看看百分表是否能归零。一切正常后再进行正式测量用手掀泵给液压千斤顶施压。先使百分表压缩 0.05 mm，0.10 mm 记录下相应的油压然后每压缩 0.02 mm 记录一次油压，当压到某一位置后停止施压，然后开始缓慢地放压，当百分表伸长 0.02 mm 就记录一下油压施放到 0.10 mm 后油压已下降很多。最后全部放压完，根据油压百分表的垂直位移量绘制出座标图，求出上升压力和降压力及中间轴承负荷值曲线。

中间轴承的实际负荷由下式计算

$$W = (p_d + p_u) / 2 \times S_a \times R_c$$

W—中间轴承的实际负荷 (kg)

S_a—千斤顶的活塞面积 (cm²)

P_d—千斤顶下降油压 (kg/cm²)

P_u—千斤顶上升油压 (kg/cm²)

R_c—千斤顶与中间轴承的位置修正系数 (由设计确定)

五. 柴油主机安装检验

船用小型柴油机，通常采用整机吊装工艺进行安装。目前大多数船厂由于受到起重能力，运输和码头条件等方面的限制，对大型柴油主机大多采用组装吊运办法，将主机拆成若干个大部件，经油封保养后装箱发往造船厂，船厂再按工艺阶段将部件吊上船进行组装。

1. 机座平面平面检验：

大型柴油主机吊装首先将油底壳带机座（带曲轴、主轴瓦、飞轮）吊到主机机座上，采用拉钢丝来调整机座平面平面度。方法是在机架的左右两侧各安装一根Φ0.3～Φ1.0 钢丝，调整钢丝的拉紧力和零位，调节主机机座下部的调整螺丝，然后用专用测量仪来测机座平面与钢丝之间的高低。根据主机制造厂提供的主机机座平面度参数进行调整挠度和倾斜度直至在范围内，一般此项调整均有主机制造厂的技术人员参与下进行。此项工作完成后才能进行 A 架和缸头部件的吊装。

2. 主机的贯穿螺栓安装检验：

柴油机的主要固定件，如机座、机架、汽缸体等部件是贯穿螺栓将它们连接在一起，成为坚固的柴油机结构。对贯穿螺栓的拉紧要进行检验。

1) 贯穿螺栓必须有船检部门的钢印和证书。

2) 使用主机厂提供的专用配套油泵拉伸器和油泵。

3) 拉紧螺栓的顺序有三种，一种是从中间一对贯穿螺栓开始拉紧，然后向两边交错延伸拉紧，另一种方法是由艏第一对开始拉紧，然后向艏顺序延伸拉紧，最后一种方法是由艏部第一对开始拉紧，然后向艏顺序延伸拉紧。通常均采用中间向两端交叉延伸拉紧。拉紧通常分两步第一步从零拉至额定值的 50%~60% 力，第二步仍从零开始将螺栓拉紧到 100% 的力，主机贯穿螺丝液压泵紧时，必须用百分表测量并记录螺丝的拉伸长度，以检验因拉伸泵故障产生泵紧的“假象”。泵紧后用塞尺检查螺母平面应无间隙。

六. 主机垫片的安装

主机垫片的材料常用二种，一种是铸铁，另一种是环氧垫片。垫片的厚度在轴系照光中已初步确定。正常的垫片厚度为 50 mm 左右，最厚不超过 80 mm，最薄不低于 20 mm。在垫片安装前，要预先进行轴系找中。先要在艏轴法兰上施加向下的力（此力的大小由技术部门根据计算提供），然后以艏轴法兰作基准面，按照主机找中的要求在轴系上安装临时支撑轴承，用以调正中间轴与艏轴的位移和曲折，初步调正好后，再调正中间轴与主机之间的位移和曲折，这样经过反复多次调正各档位置的位移和曲折，同时要测量和观察主机的各缸曲臂差是否在允许范围内（尽量接近出厂数据，不能做出反方向开口），这样基本上完成了第一步。如果采用铸铁垫片的话就用卡尺测出每块垫片的厚度，并且做好记录。铸铁垫片均是带斜度的，拂配好的垫片应露出机脚边沿 5~10 mm，而不允许缩陷进机脚内，垫片的接触面用 0.05 mm 塞尺插入深度不大于 10 mm，用色油点检查 $25 \times 25 \text{ mm}^2$ 有 3 点，接触比 $\geq 70\%$ 而且点子要分布均匀。如果是采用浇铸环氧垫片的话，在主机油

底壳机架没有吊到位之前预先在主机机座面板的左右内侧各焊一道拦板（可用铁皮或扁铁皮高度大于垫片的厚度 2~3 mm）在浇环氧前必须清洁主机机座面板和机脚平面，清除油污，垃圾和电焊飞溅杂物等，经船东认可清洁后，用海绵填料分隔各垫片区域，用涂上防粘润滑剂的海绵棒塞入各底脚螺栓孔，用铁皮焊围板前再仔细地清洁一下面板。在机座面板的前后左右焊 6 只用于测量下沉量的桩。在每块要浇铸垫片的部位上下喷上专用的脱化剂。然后由环氧垫片厂商服务工程师进行垫片的浇铸工作。值得提一下的是在浇铸环氧垫片前主机轴系对中必须经过 24 小时的稳定，由工厂检验员记下所有数据，在浇铸环氧垫片前再认真仔细复校主机甩档和核校对中数据，如有较大差异，停止浇铸，找出原因，排除故障，改日再进行。如遇到严寒季节要在主机机座面板、机脚、环氧材料以及整个浇铸区域周围搭棚。并使用加热器

加温和保温，使得浇铸环氧垫片区域在整个过程中（包括凝固后保温）温度不能低于最低的浇铸温度 13℃，否则会出现硬度达不到要求，垫片开裂等严重后果，造成经济损失。在浇铸过程中要注意搅拌的质量，控制灌入的速度，同时现场做好环氧垫片样块的取样，以供做硬度和挤压试验用，特别提醒是在预先调正轴系对中时要考虑到环氧垫片的收缩性，否则会造成对中的超差不合格。

七. 柴油发电机组和辅机安装检验

1. 柴油发电机组必须具有验船部门的检验钢印和合格证书

1) 钢质垫片检验要求是在底脚螺栓未紧固前进行。垫片厚度 > 15 mm 要求 0.05 mm 塞尺插不进去，局部插进深部不超过 10 mm，色油接触面积应大于 70% 且分布均匀。

2) 减震器垫片安装检验, 尽量使相邻两块的压缩量接近, 使之受压均匀。在底脚螺栓末上紧前检查减震器下板与基座的贴合程度, 用 0.1 mm 塞尺应插不进, 在局部地方间隙超过 0.05 mm 时允许加垫铜皮(钢皮)。但垫片数不准多于 3 张。

3) 环氧垫片安装检验: 垫片厚度大于 25 mm 以上, 垫片面积要大于同等钢垫片的面积(由环氧制造商提供推荐尺寸)。在严寒季节, 要采取同主机环氧垫片浇铸相同的措施。

4) 柴油发电机组整体为单元模块式的不进行对中, 对不采用公用底座的柴油发电机组, 须进行柴油机与发电机的对中检验。

刚性连接型, 连接法兰的外圆偏移小于 0.05 mm, 曲折应小于 0.15 mm。

弹性连接型, 连接法兰的外圆偏移小于 0.10 mm, 曲折应小于 0.3 mm。

连接法兰平面的间隙应在 0.12~0.27 mm 之间。

5) 底脚螺栓检验

设备厂要求扭矩的按使用说明书的要求用测力扳手紧固, 螺帽平面用 0.05 mm 塞尺应插不进。

6) 臂距差检验

为 1/10000 工作行程 (mm), 其数值应与制造厂的出厂数值接近误差在 ± 0.02 mm, 带飞轮端的一缸臂距差制造厂往往另有标准。

2. 辅机是船舶航行所不可缺少的设备, 船舶辅机必须有验船部门的检验钢印和证书才能上船安装

1) 各类泵对中要求, 除了特殊泵, 如油轮的货油泵等除外
刚性连接, 偏移 ≤ 0.05 mm 曲折 ≤ 0.05 mm

弹性连接, 卧式偏移 ≤ 0.10 mm 曲折 ≤ 0.15 mm

若制造厂有要求以制造厂标准为准

2) 辅机安装检验

一般用 0.05 mm 塞尺插不进, 局部插入深度不大于 10 mm 垫片间接触面积 $\geq 50\%$ 。

八. 通海阀和舷旁阀安装检验

通海阀、舷旁阀必须有船检部门的钢印和证书, 并且带有开、闭指示标识。注意阀的安装方向和床垫的材料。连接通海阀、舷旁阀的短管管壁厚度必须满足船检规范, 并做强度试验, 要有钢印和材料证书。

通海阀、舷旁阀密性用水作介质压力为 2kg/cm^2 , 用气作介质试验压力为 0.6kg/cm^2 。

九. 系泊试验

(一) 投油清洗检验

1. 主机和轴系运转前, 应对主机滑油系统、燃油系统及艉轴管滑油系统管系进行投油清洁。

投油前应具备的条件:

- 1) 管系均经内场化学清洁认可。
- 2) 安装完整, 畅通和密性试验合格。
- 3) 滑油循环舱, 凸轮轴油舱打磨出白并清洁, 检查时可采用面粉团粘沾舱表面, 确保干净无垃圾。
- 4) 根据系统确定投油走向, 并经检验员, 船东确认。
- 5) 管路中设临时滤器, 在滤网中放入磁石, 用 200 目滤纸放入滤芯。

6)投油用油应与主机滑油同样牌号或特性相似并得到确认的其它
牌号滑油。

2. 主滑油投油顺序:

分三个阶段

- 1) 外部滑油管系及设备投油
- 2) 进入主机内部曲柄箱冲洗
- 3) 滑油循环舱清洁

3. 投油注意事项:

滑油油温加热至 $35\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，在管路上加震动工具，同时应对管系弯头处用木锤作间断敲击。

燃油投油（一般用轻柴油）利用自身的系统在油不进高压泵情况下进行，主机高压油泵管路应接临时跨接回油管，当滤器滤网上无硬质金属颗粒杂质时，则可认为投油清洗合格。

艏管重力油管路投油时用临时投油泵设备（带油箱）将油温加热至 $35^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，在管路上加震动器对系统管路进行冲洗，投油油不进入艏轴管高、低重力柜。检查滤器滤网，若无金属硬质颗粒及垃圾就可认为清洁。

（二）主机保护装置

保护是指当主机运转过程中，当某一参数超过或低于安全运行的规定值时该装置能使主机自动停止运转。为了防止发生主机操纵方面的误操作则设置了主机连锁装置。

1. 主机滑油低压停车
2. 凸轮轴滑油压力低停车
3. 推力轴承高温停车

4. 超速停车
5. 机旁、集控室应急停车
6. 盘车机连锁

（三）主机报警装置试验

为了使主机能正常地运行，在主机系统的重要控制点处设置了较多的安全报警装置。主机运行时，若某一个参数不符合主机说明书所规定的要求，而达到预先设定的报警参数值时，主机报警装置应立即发出声光报警信号，使操作者可及时排除故障。

（四）主机起动及换向试验

1. 空气瓶充满空气，在不补充空气的情况下，应能满足可换向主机冷态连续起动至少 12 次的规定。
2. 换向要求不大于 15 秒。
3. 用电起动的主机所配的蓄电池组（二组）能在中途不补充电的情况下，对可换向的主机冷态连续起动不少于 12 次，对于不可换向的柴油机，应能从冷态连续起动不少于 6 次。

（五）柴油发电机组起动试验

1. 用压缩空气起动的柴油机在冷态，一只副空气并充气至额定工作压力，在中途不补充气的情况下，起动次数不少于 6 次。
2. 用电起动的柴油机。在蓄电池组充足电源，中途不补充的情况下起动冷态柴油机，起动次数不少于 10 次。
3. 应急柴油机组，一组电池在充满中途不充电的情况下应冷态连续起动 3 次，有应急空气启动装置在手动的情况下，在三分钟内能启动

柴油发电机组。

（六）主柴油发电机组试验

1. 柴油发电机组还设有超速保护装置，当超过额定转速的 15% 时，超速保护装置应能动作，自动停车。
2. 油、水、压力、温度的停车机组保护和报警装置试验。
3. 发电机组全负荷试验热工参数调整压缩压力 $\pm 2.5\%$ ，爆炸压力 $\pm 4\%$ ，排气温度 $\pm 5\%$ 。
4. 负荷突卸要求瞬时调速率 $\geq 10\%$ ，稳定调速率 $\geq 5\%$ ，稳定时间 ≥ 5 秒。
5. 热态甩挡的测量。

十. 甲板机械及各类辅机试验

甲板机械主要是指锚机、系泊绞车、甲板吊车、食品吊车、舵机、舷梯绞车、救生、救助艇绞车等等。

近年来甲板机械的锚机、系泊绞车、舵机使用液压的较多

（一） 液压管路投油：

投油前先对油箱进行清洁，应无颗粒垃圾及电焊飞溅，投油应在油箱内加入与正常使用的同样牌号的液压油，管路在安装前要进行酸洗。酸洗后内壁喷 CK 油，然后法兰两端包扎好到现场进行安装以免有杂物垃圾进入管内，油加温到 45℃ 左右。管路上装若干震动器。投油一段时间后检查滤网应无杂质垃圾并取出油样，分析颗粒度如达不到要求，继续投油直至合格。

液压设备上均设有安全阀，按规定调正安全阀的开启压力不大于工作压力的 1.1 倍。

（二） 液压舵机：

检查安全阀，机组报警。而且还要检查确认舵零位与舵角指示板零度及电动舵角指示器上所示的零度的一致性。舵角电气限位应在 35 度 \pm 1 度，但在 0 度位置时，各舵角指示器应无误差。机械限位为 37 度，一舷 35 度转至另一舷 30 度所需的时间不大于 28 秒，应急操舵从一舷 15 度转至另一舷 15 度不大于 1 分钟。

（三） 甲板吊车：

为了安全地使用该设备，必须要有产品合格证书和验船部门的钢印证书。同时要做结构强度试验 1.5 倍额定工作负荷。超负荷吊重试验 1.25 倍额定工作负荷，最后限制吊重为 1.1 倍额定工作负荷。设备吊重前应检查限位是否安全可靠。

（四） 空气压缩机及空气瓶：

空气瓶及其系统上的安全阀应有船检钢印和证书。

安全阀应调整在 1.1 倍工作压力内，关闭压力一般不低于 85% 的工作压力。气瓶充气试验，一台空压机向一只气瓶从零到最高工作压力时间小于 1 小时，并且能满足规范所要求的冷态起动次数。

空气瓶及压缩空气系统在额定的工作压力下进行密性试验，要求应符合规范要求。

（五） 燃油锅炉试验：

锅炉及其重要的部件应有船检钢印和证书。

锅炉附件等安装完整后要进行 1.25 倍设计压力密性试验，不允许

有泄漏，锅炉在正式试验前检查拉撑安装是否合理和完整，加药剂对锅炉进行煮炉，对锅炉管进行冲洗。安全伐起跳压力为 1.1 倍工作压力，蓄压试验在规定的时间内压力升高值不得超过工作压力的 10%，按照大纲要求做机组保护试验，报警点声光试验和自动燃烧试验。

（六）燃油、滑油分油机试验：

做各种报警试验（高温、低温、低压、高压、低流量），利用分油机的加热器自动控制系统，配合燃油、重油、滑油离心分油机分别进行效用试验。检查应急切断试验可靠性。

（七）焚烧炉试验：

要有船检证书和钢印。

1. 安全报警、停炉装置试验。
2. 烧废油效用试验。

（八）舱底油水分分离器试验：

应有验船检证书和产品合格证书。

确认排放三通伐的自动转换试验，校验监测 15ppm 的正确性舱底水油水分离装置进行效用试验，对排放水进行取样化验，含油量应在小于 15ppm 的范围内。

（九）生活污水处理装置试验：

要有船检钢印和证书。

装置和系统安装完整合格。

1. 进行高低位报警装置试验。

2. 排放泵自动工作试验。
3. 至主甲板国际标准接口系统的畅通试验。

（十）泵的运转：

船舶系统的泵主要包括主机滑油泵、燃油循环供给泵、凸轮轴滑油泵、海水泵、淡水泵、舱底泵、压载泵、消防泵、应急消防泵、总用泵和其它疏水、排水泵、供水泵、冷藏空调泵等等。

检查系统是否安装完整，绝缘是否合格，电机的起动、工作电流是否过载，由于泵使用在船舶不同的系统上，泵配合系统一起进行效用试验应符合试验大纲和船检的要求。

（十一）消防系统：

船舶常用的消防灭火方式包括水灭火和化学灭火两大类，化学灭火常用的是 CO_2 泡沫和干粉灭火剂。各种化学灭火系统的试验方法基本相同，用二台消防泵，同时打水试验，通过规定的水枪苗子（ $\Phi 12\text{mm}$ 、 $\Phi 16\text{mm}$ 、 $\Phi 19\text{mm}$ ）任何相邻的消火栓输出所需的最大出水量时，消火栓处的最低压力 6000 吨以上船舶为 0.27Mpa ，1000～6000 总吨为 0.25Mpa 。

应急消防泵系统效用，由应急消防水泵向消防水系统供水，在消火栓外接上二支 $\Phi 16\text{mm}$ 的水枪喷水时，任一消防处的压力不小于 0.27Mpa 。

1. CO_2 管路畅通试验。
2. 利用压缩空气或氮气进入 CO_2 管模拟施放及报警效用试验，观察系统所灭火剂的部位正确性和畅通性。

（十二）冷藏装置：

调整制冷压缩机、冷凝器、储液器、中间冷却器和蒸发器上的安全阀的起跳压力试验，试验的目的是验证各安全阀能否在规定的压力范围内自动起跳和关闭，保证设备的安全和正常运行。

制冷试验，在冷藏库内（肉库、鱼库）放入自动温度记录仪，并进行调整，使自动温度记录仪与记录坐标纸上的温度相一致，开始自动温度记录仪，记录冷库制冷过程的温度变化。放在冷藏库内的自动记录仪应能自动记录从开始制冷到冷藏库内达到制冷要求的时间和最低温度，以及热平衡试验和冷库绝缘效能试验时冷藏库温度随时间变化的曲线。掌握热平衡试验时冷藏库内温度变化。了解温度控制器工作情况。在冷库绝缘效能试验时，能看出冷库温度随时间回升的情况，从而可对冷库绝缘效能作出判断。此曲线作为试验记录提交给船东。

（十三）空调装置试验：

1. 空调装置的制冷，加热管路安装须完整。
2. 试验前，按设计要求调正好各舱室的风量，并放置好温度计和湿度计。
3. 为空调装置服务泵浦、风机验收合格。

试验内容有：

- 1) 调整制冷系统各安全阀开启压力。
- 2) 制冷剂系统的密性试验。
- 3) 制冷系统高低压自动控制器调整，以及效用试验。
- 4) 空调风管的防水闸门效用试验。
- 5) 空调装置效用试验
- 6) 换气装置及风雨关闭设施试验。

（十四）通风系统试验：

船上重要舱室、场所都装有通风机械及系统，在系泊试验阶段，必须对通风系统进行效用试验，以检查风机及系统的运转是否正常。通风口布置是否合理，开关是否活络，操作是否安全、方便。油轮的泵舱抽风机吸口应进行效用试验，并检查风门启闭的灵活性，机舱通风机、烟囱百叶窗，烟囱顶天窗分油机室风机均设置快速关闭装置，并进行关闭效用试验。

蓄电池室或 CO₂ 抽风机设有连锁装置，应进行效用试验。

十一. 管系制造和安装检验

（一）船舶管系分类

一艘船之大小不同直径的管子有上万根，而且品种多，规格杂。将这些管子按用途分类，可划分为两大类。

1. 船舶管系：

这类管系的作用是保证船舶不沉性，防火安全、航行性能以及满足船员、旅客的生活需要。主要有舱底管压载管、消防管、空气管、注入管、测量管、供水管、疏排水管和舱室通风管等。

2. 动力管系：

这类管系的作用是确保机械设备的正常工作，是整个动力装置的一个重要组成部分。主要有燃油管、滑油管、海水管、淡水管、压缩空气管、排气管等。

（二）管系的等级

为了对管系确定必要的试验要求，连接型式，热处理和焊接工艺

规程，对不同用途的管系按设计压力和设计温度可分为三级。

管系	I 级		II 级		III级	
	设计压力 Mpa	设计温度 ℃	设计压力 Mpa	设计温度 ℃	设计压力 Mpa	设计温度 ℃
蒸汽	>1.6	或>300	≤1.6	和≤300	≤0.7	≤170
燃油	>1.6	或>150	≤1.6	和≤150	≤0.7	≤60
其他介质	>4.0	或>300	≤4.0	和≤300	≤1.6	≤200

（三）管子连接接头焊接检验

1. 焊缝尺寸用焊缝卡尺、直尺进行检验，焊缝尺寸应符合图样要求，焊脚高度要相同，焊缝金属应向母材圆滑过渡避免尖角。

2. 焊缝表面不允许有裂纹、焊瘤、气孔、咬边及未填满的弧坑或凹陷，管子内不允许塌陷。

3. 管子表面如有电弧、擦伤，必须进行铲除，铲除后的凹坑应予以修补，并打磨光滑和顺，飞溅物应于清除。

4. 对不加垫环和不采用气体保护焊封底的对接焊缝检验。其内表面的凸出部分不能大于 2mm。凹陷不大于 1 mm，超过上述要求应进行修正，对要求高的管子，还须进行磨光。

5. 角焊缝应按规定要求进行无损探伤检验。

6. 对蒸汽、燃油（I 级、II 级）管的对接焊缝，按照规范要求进行 X 射线检验或 γ 射线检验。

7. 主机滑油管，甲板液压油管定型弯头焊缝成型，凡看不见摸不到的焊缝，要考虑增加法兰。

检验时注意以下几个方面：

1) 镀锌管和涂塑管在施工中一般不应开孔焊接，以免损坏镀

层质量。

- 2) 甲板疏排水、暖气,凝水和粪便管等需焊装支管时,应取较小夹角焊接。避免水流方向突变及节流。
- 3) 滑油管,燃油管和液压管的管内清洁度要求很高,故其焊接应采用气体保护焊封底。
- 4) 直径 20mm 以下的管子开孔或切割,一律不允许使用气割。
- 5) 管子采用定型弯头时,应事先对定型弯头进行清洁除锈。

(四) 管子及附件液压试验

单根管子及附件上船安装之前,应进行液压试验,该项试验应按图样和工艺文件的规定,单根或将各管子按管路串联进行。

1. I 级管,II 级管和设计压力大于 0.34Mpa 的蒸汽管、给水管、压缩空气管、燃油管、消防管、液压管和 CO₂ 管等,在上船之前进行。
2. 进行液压试验的管子,应在包绝热材料或涂上涂层之前进行。
3. 液压试验压力 $P_s=1.5P$ (P 为设计压力单位: Mpa)。
4. 所有阀及其附件的受压部位,装配前应进行液压强度试验,其试验压力为 1.5 倍设计压力,但不必大于设计压力加 7Mpa。
5. 经检验合格的管子,应编号并在其法兰外圆上打上检验钢印。

(五) 管子酸洗

酸洗的目的是对已经内场检验合格的管子,将其表面的锈斑、油污、氧化皮和其它污物在上船前进行清除,使管子表面符合要求,通常情况下,对滑油管,燃油管,过热蒸汽管,冷凝水管、给水管、压缩空气管、制冷管、油舱空气注入测量管、吸入管、海水管、淡水管以及工艺要求另有规定的管子等都要进行酸洗。滑油、燃油管系经酸

洗合格后，管子内壁及时喷涂防锈油，以免生锈。经检验合格的管子，车间应按工艺规定及时在管子两端加盖。

（六）管子镀锌

镀锌的目的是保护管子防止腐蚀损坏，延长使用寿命。通常，镀锌的管子有舱底水管、凝水管、疏排水管、电缆管、CO₂管，以及工艺要求另有规定的管子。经镀锌处理过的管子锌层应呈银灰色，结晶细致。

镀锌厚度，通常管子外径大于 25mm 应为 30μm，且镀层均匀，结合力要好，没有起泡或脱皮。

（七）管子安装

管子在船上安装时，必须严格地按照下列的工艺原则进行。

1. 凡是要穿过船体结构，如横梁、肋骨、肘板、纵桁、内底板、液舱箱柜及甲板等处时，应严格按开孔图或工艺技术要求规定先划线，经指定的人员复验无误后再开孔，严禁任意开孔。在船体重要构件上开孔，应按要求进行加强。即用 开孔补偿方法进行加强。
2. 管子穿过水密或气密结构处时，应采用贯通件或座板，穿过非水密平台，甲板或非水密隔墙时，应加装防护罩，并双面焊接。
3. 淡水管不得通过油舱，油管也不得通过淡水舱，如不可避免时，应在密隧道或套管内通过。其它管子通过燃油舱时，管壁应加厚，且不得有拆接头。
4. 舱柜的溢流管和测量管应避免通过居住舱室，如有困难，则管子不得有可拆接头。
5. 蒸汽管、油管、水管应避设在配电板上方或其后面，若不可避

免时不得设置可拆接头，并有可靠的保护措施或托盘。

6. 蒸汽管、排气管、热水管应远离电缆。蒸汽管、排气管法兰距电缆的空间距离，平行敷设的应不小于 100mm，交叉敷设的应不小于 50mm，热水管管壁距电缆应不小于 100mm 特殊情况不能达到以上规定时，应增加隔热层厚度。

7. 油管及油柜避免设在锅炉、烟道、蒸汽管及消音器上方，如有困难时，应采取有效措施，防止油滴在管子或设备的热表面上。

8. 在货仓、锚链舱、煤舱以及其他易受碰损处所的管子，应具有坚固的便于拆装的保护罩。

9. 各种管路应根据需要，在管子、附件、泵滤器和其他设备的最低处安装泄放阀。

10. 泵的输出端管路上应装安全阀。对于油管，由安全阀溢出的油应流回至泵的吸入端或舱柜内。管路中的加热器和压缩空气系统的冷却器也应安装安全阀，安全阀的开启压力，一般不得超过管路的设计压力。压力管路上装有减压阀时，应在其后安装安全阀及压力表，并应有旁通管路。

11. 所有蒸汽管、排气管和温度较高的管路应包扎绝热材料，绝热层外缘的表面温度一般不能超过 60℃，可拆接头及阀件处的绝热材料应便于拆换。

12. 非冷藏装置的管路通过冷藏舱时，应包扎防冻材料，以防冻裂。一般情况下，通过温度为 0℃或低于 0℃舱室的管子，应与该舱室的钢构件作绝热分隔。

13. 由于船舱环境较差，且立体作业，因此在每根管子安装时都要注意清洁工作，应按管子安装顺序拆除封头进行安装，以防止异物或污水落入管内，造成不必要的返工。同时，要防止封头漏拆而造成管

路不通。

14. 镀锌钢管不准敲击，也不准使用火焰加热，气割和电焊焊接。

15. 管子安装时应横平、竖直、美观、整齐、固定可靠。

16. 钢法兰管子，其法兰与法兰连接，法兰与机械设备（包括管路附件）接口连接要自然对准，不许用撬杠和夹具等强行对中。

17. 由于管内运行冷或热的介质，以及工作环境温度盛暑寒冬等气温变化的影响，管路安装应考虑热胀冷缩因素，在敷设管路时应有能使管路自由伸缩的结构。

（八）管子支架

船舶营运中，因船体振动，变形，以及管内介质温度变化等各种因素，会引起管路的变形和损坏。为了使管路能正常工作，通常把管子安装在支架上，以减少管路的变形和损坏。一般在做系统密性试验时一起进行检查，支架焊缝表面不能有裂纹，气孔、咬口等缺陷，支架底脚应采用双面焊且包角，以防止因震动而脱落。支架间距，图样应按工艺文件规定设置。对支架和衬垫的使用是否恰当进行检验，例如燃油、滑油舱柜内的支架一律不准用镀锌支架……。支架盖应盖好。螺栓应旋紧，螺纹伸出螺母 1~3 牙。

（九）垫床的选用

垫床的用途主要是管子与管子连接时起到密封作用。应按管内不同的介质选用垫床。

1. 制冷系统中的氨管选用胶质石棉或铝片垫床，盐水管海水冷却管应选用橡胶垫床。

2. 低压缩空气管，淡水制造，高低温冷却淡水、压载、舱底、污水用

丁晴橡胶。

3. 主、付机排气、蒸汽管为不锈钢石墨垫床。
4. CO₂管选用紫铜垫床。
5. 高压空气用聚四氟乙烯。
6. 液压管按结构一般均用橡胶 O 型圈。
7. 滑油、燃油、空气注入，测量等用无石棉纤维。

（十）管路密性试验

按照 CSQC 和船厂管路密性试验要求来进行，原则上液压试验和密性试验压力大于 1Mpa 的其试验介质应用液体进行，除非用液体试验时对系统产生不利作用或影响。压力小于 1Mpa 的可以用气体进行。各类泵吸入管路试验压力为 0.4Mpa。检验用压力表的精度为 1.5 级，最大量程为试验压力的 1.3~2 倍。

（十一）管路附件

1. 属管路本身的疏通，泄放、防蚀等处的螺塞应安装齐全。
2. 压力管路上的真空、压力表应完整无损。（包括装有根阀）。
3. 管路上的阀盘安装无缺，阀盘上应有明显的中、英文铭牌和阀的开、闭方向标记，水线下的阀件还必须有开启、关闭刻度指示标识。
4. 各部件及附件的相互位置是否正确，能否便于操作和维修保养。
5. 管路与管路之间或与船壳板之间的距离是否便于安装和维修。

船舶设备（轮机部分）证书

序号	名 称	验 收 内 容	备 注
1	舵杆、舵轴	材质报告	具有船检证书
2	舵销、舵柄及舵承等	材质报告	具有船检证书
3	舵叶	材质报告及焊接后	具有船检证书
4	舵机	安装准确性	具有产品船检证书
5	锚、锚链及其附件	锚、锚链、卸扣、转环材质报告	具有产品船检证书
6	锚机	安装准确性	具有产品船检证书
7	绞缆机	安装完整后	具有产品船检证书
8	救生艇、起艇机、艇架	安装前	具有产品船检证书
9	舷梯及绞车	安装后	具有产品船检证书
10	起货设备	系统完整性运转试验后	具有产品船检证书
11	克令吊	操作及负荷试验	具有产品船检证书
12	消防器材	完整性及正确性	具有产品船检证书
13	电梯	完工后	具有产品船检证书
14	轴系	轴系连接螺栓完工后艉轴密封装置	无损探伤报告具有船检证书
15	螺旋桨轴	材质报告（包括热处理及无损探伤）	具有船检证书
16	中间轴	材质报告（包括热处理及无损探伤）	具有船检证书
17	艉轴管	材质报告	具有船检证书
18	艉轴承	材质报告	具有船检证书
19	主机	安装完工后	具有船检证书
20	柴油发电机组	安装完工后、系泊试验	具有产品船检证书
21	应急发电机组	安装完工后、系泊和航行试验	具有产品船检证书
22	空气压缩机	安全阀、安全装置	具有产品船检证书
23	空气瓶	附件完工后、试验后	具有产品船检证书
24	辅锅炉及废气锅炉	系统密性试验、安全阀试验	具有产品船检证书
25	焚烧炉	功能试验	具有产品船检证书
26	电动泵（为主机、辅机、锅炉、轴系等服务的各	效用试验	具有产品船检证书

	种泵)		
27	分油机	效用试验	具有产品船检证书
28	舱底水油水分离器	效用试验	具有产品船检证书
29	污水处理装置	效用试验	具有产品船检证书
30	机舱起吊行车	安全装置和起重量试验	具有产品船检证书
31	压力柜	效用试验	具有产品船检证书
32	机舱风机	效用试验	具有产品船检证书
33	侧推装置	效用试验	具有产品船检证书
34	舷旁阀	安装准确性	具有产品船检证书
35	气笛	效用试验	具有产品船检证书
36	货油泵	运转	具有产品船检证书
序号	名 称	验 收 内 容	备 注
37	压载泵	系泊试验	具有产品船检证书
38	扫舱泵	系泊试验	具有产品船检证书
39	货油泵冷凝器及空气抽除器	效用	具有产品船检证书
40	货油舱阀门遥控系统	安装后系泊试验	具有产品船检证书
41	惰性气体防爆装置及管系	安装后系泊试验	具有产品船检证书
42	液压遥控及吃水测量	效用	具有产品船检证书
43	原油洗舱机及洗舱系统	功能试验	具有产品船检证书
44	洗舱海水加热器	功能试验	具有产品船检证书
45	油污排放检测系统	效用试验	具有产品船检证书
46	油水界面探测器	功能试验	具有产品船检证书
47	甲板泡沫装置	效用	具有产品船检证书

船舶电气工程监理及主要设备概述

一. 引言

1. 概述

船舶电气监造是整个船舶监造的重要组成部分之一，是不可缺少的一个部分，尽管有部分船东因经费的原因，不指定专业的电气人员参加监造工作，但电气监造工作的内容并未减少(一般由轮机或船体人员兼任)。不管是什么人搞电气监造，都需要具备一定电气专业的基本素质和实际工作经验，才能搞好电气监造工作。

早在卅多年前国外具有一定经济规模的船东为了搞好船舶监造工作，总结了多年的经验和教训，就编制了壹本长达 100 多页的“普通散货船监造工作指南”，涵盖了船体、轮机、电气三个大专业主要内容，作为船舶监造师基本工作导则和参照标准。国内各家大的船舶公司也都有各自的经验并进行了总结，可见船东对监造工作是一向重视的。

2. 电气监造几个主要阶段

- (1) 参与制定有关电气方面的设计任务书；
- (2) 参加主要设备的技术谈判并确定供应厂商；
- (3) 参与确定船厂、设计单位，并确定电气建造规格书；
- (4) 审查电气设计、施工图纸及文件(根据电气规格书)；
- (5) 及时修改好电气图纸、文件。长期驻厂监造。

3. 电气监造工作一般要求

- (1) 重要电气设备的供应厂商应当符合厂商表的要求，应对安装在船上的设备逐一核对。
- (2) 设备的数量、规格及安装位置符合说明书和船东、船检认可后的图纸和文件要求。

一般船东认可的图纸应包括所有电气设备的系统图及布置图(电力、照明、船内通信报警、导航及无线电设备的系统及布置图)，计算书包括电力负荷计算书、电力系统/照明系统/DC24V 系统的电压降计算书、变压器容量计算书、蓄电池容量计算书、舱室照度计算书等。

审查计算书时，对于发电机、蓄电池、变压器的容量应比实际使用的容量有一定的冗余度，均在 15%~20%左右，以确保设备可靠地运行。

- (3) 船上安装的电缆规格、型号与图纸相符。
- (4) 参加所有设备进行外观检查，观察有无损坏，并核实出厂日期，避免陈旧设备装船。
- (5) 参加所有电气设备的效用试验、工作试验，即使是船厂检验部门仅通知船体、轮机监造师参加的试验和检验工作。由于

上述设备很多是接电源，因此电气监造师应主动参与，以观察全船用电设备的工作情况。

- (6) 对于 DC24V 的用电设备如灯具、电磁阀、监测报警设备、通导设备等应重点检查，在通电工作状态下，输入电压不能小于 21.6V(规范规定允许压降 10%)，对于新船，最好在 23V 以上。

二. 电气设备安装定位及试验检查

1. 所有的电气设备在装船之后，应由船厂配好防护罩壳，防止在施工期间对设备造成不必要的污损。

2. 全过程的跟踪监造。

由于一条船的电气设备及电缆种类繁多，施工周期又长，为了能做到使装船的电气设备符合质量要求，必须做到从造船每一分段的设备安装到实船试航的全过程监造。不能等到设备装好之后再上船检查，另外许多设备也不能看仔细，发现不了问题。包括电缆支架的位置，尺寸是否符合实际要求、敷设电缆的规格等，这样把工作做在前面，在码头试验时就不必对电缆及规格再进行核对。

3. 在气候突变的情况下更应坚持上船检查，防止船舶封舱之前安装的大型设备(如主配电板、驾控台、集控台)及电缆等受到损害，影响其长期的使用寿命。有时船厂为了赶施工进度，可能在大雨天气进行施工，上述设备应适当防护，使设备减少雨雪的冲击。

4. 对随同主机等大型设备配套而来的电气设备，应向制造厂索取详细的设备布置图(也可通过船厂索取)，并按此图检查设备的安装位置、数量、技术规格是否符合要求。并应注意传感器等的可维修性和可更换性。传感器一般应为可拆卸的易于校验。

5. 向接船的船员介绍船上主要电气设备包括进口设备监造的概况，主要设备包括进口设备的试验运行状况，听取船员意见，并向船厂反映船员的合理要求，促使船厂改进。

国产设备和进口设备的试验和调试，一般均由设备厂商的专业技术人员负责，监造人员最好能全过程跟踪，以便能实际了解设备调试中出现的問題，在运行和使用中加以注意。

三. 主要新设备简介

1. 自动电站管理系统(PMS)

无人机舱船及一些对电站控制要求较高的特种船舶，为达到安全、可靠节能减轻船员劳动强度的目的，配备有自动电站管理系统。它除了具备运行时间管理、故障机组的自动解列、自动负

载分配、自动起动、自动同步、自动合闸之外，主要还应具有下述功能：

(1) 主要功能：

1) 溢流控制：不同种类发电机组进行并连运行时，以节能为目的，确

定发电机组(如透平发电机组)为一定的负荷比，多余的负荷由其它发电机组承担，对各发电机组以不平衡的负荷比进行并连运行的控制；

2) 运行台数控制：根据船内用电负荷的需要自动增加/减少发电机的

台数；

3) 大容量辅机：起动时对发电机组的过载、电压降等产生影响的辅机；

4) 大容量闭锁控制：起动大容量辅机时，起动时所需功率不足，阻止

辅机的起动，自动控制确保船内电源贮备的起动功率。

(2) 发电机组的组合，适用于电站管理系统发电机组的组合如下所述：

1) 柴油发电机组

2) 蒸汽透平发电机与柴油发电机

3) 轴带发电机和柴油发电机

4) 蒸汽透平发电机,轴带发电机和柴油发电机

5) 透平发电机和柴油发电机

(3) PMS 的功能简图

1) 溢流控制（图 1）

2) 运行台数的控制（图 2、图 3）

3) 大容量电机起动锁定控制

2. 动力定位系统

功能：根据传感器提供的风、浪、流等环境参数值，对推进装置进行自动控制(大小和方向)，使船舶保持预定的首向和船位。动力定位实际上是船舶操纵性的一种特殊问题（图 4）。

组成：由传感器、自动控制系统、动力系统及推进装置四部分组成。

发展简史：第一代 60 年代初开始，采用 PID 控制，简单可靠。但对多输入/多输出不理想。

第二代 采用自适应控制，鲁棒性控制，卡尔曼滤波器。较好地解决了多输入/多输出的控制问

题。基础是要有数学模型，得到准确的数学模型相当困难。卡尔曼滤波器，可以通过测量的相对误差，给出某一时刻导航量的最佳估计（图 5、图 6）。

第三代 采用智能控制技术，模仿人的智能对动力定位系统进行快速性、稳定性及稳态误差进行控制。

目前，国内外第二代产品用得相当普遍，而第三代智能控制技术的产

品尚未达到完全成熟的阶段。国内产品有哈尔滨工程大学生产的 **HDP-301**、**DK-I** 及 **IODP-1** 等多种型号的动力定位系统。国外有法国的阿尔斯通公司、美国的 **ABB** 公司及英国的公司（图 7、图 8）。

海洋调查船及一般的工程船可采用冗余设备，以确保安全。

3. 电力推进系统

由于交流电力推进技术具有电站布置灵活、调速反转方便、可靠性高和系统操作简单等优势，从 90 年代初期开始，交流电力推进船再次兴起了一个新的建造浪潮，引起了世人的极大关注。

(1) 国内：

据不完全统计，国内建造的电力推进船舶主要有：

1) 挖砾壳船 推进电机 2x170kW 380V

发电机 2x200kW

调速方式为改变发电机的频率达到变频调速的目的。

2) 17600T 半潜驳 采用同步永磁电动机 2x4500kW

主发电机 3x3900kW

付发电机 1x900kW

停泊发电机 1x260kW

另设旋转变频器 2x700kW

3) 某船厂建造的 LPG 船 主发电机 4.5MW AZIPOd

4) 用作辅助推进的(如首侧推)，则有 12000T 江海联运货船，大功率拖轮等几十余艘船。

(2) 国外

国外，在 99 年底又推出了可用于电力推进系统的新的领域，即在普通的单机单桨商船上，采用反回转吊舱式推进器，即 **CRP** 式推进器，取消了舵，效率提高了 10~15%，增加了冗余度，改进了操纵性，费用却比双机双桨的船低。下面请见图 9 **CRP** 推进器布置简图

电力推进船，国外从 80 年代中期以来发展很快，电力推进几乎包揽了所有船型，如集装箱船、渡船、破冰船、（图 10）布管船、巡视船、

商船、挖泥船。

80 年代中期至 2000 年底左右，ABB 公司供给的电力推进变频调速系统，达到了 20/8MW，其中 PWM（图 11）调速占 41%，cyclo 占 54%，功率范围从 560kW 到 21MW，其中 cyclo 数量大为 20MW，从中可以看出 pwm 和 cyclo 各占一半左右，synchro 则所占份额较少。下面是国外电力推进船舶使用实例：

船名	船型	推进器功率	调速方式	主发电机
Suomenlinna	客船	2x500kW	Azipod	
UT745E	多功能供应船	2x2300kW	Azipod	
Costa Atantica	2680 客船	2x17.6MW	Azipod	
すぼろ	电缆敷设船	2x2700kW 3300V	变频调速	GTO
CABLE&WiRELESS	电缆敷设船	2x2700kW+4x900kW	PWM	
FANTASY	客船	2x14000kW		cyclo
		4x7920kW		+2x5280kW

4. AIS 和 VDR 系统

AIS: AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM，自动识别系统的文字代号。

用于识别本公司船队的船舶，接收/显示 DSC 遇险信号，增加了船舶识别/探寻的机率。

主要由天线(应答器)控制器二个部分组成。位置信号和航向信号的接口。

电源为 DC24V。

VDR: VOYAGE DATA RECORDER，航行数据记录装置的文字代号，又称船舶黑匣子。

带有多重接口，采集多种航行数据及有关船舶安全的数据，除了位置信号和航向信号外，还包括驾驶员操船命令的记录、船舶结构受力状态、航速、水深、舵角等几十种信息的记录。数据可存放 2 年。电源为 AC220V。

主要由防护水密箱、记录控制单元、数据采集单元及就地显示单元组成。水密箱可承受 60MPa 压力，温度 1100℃ 1H。

海上安全局 2001 年 152 号文规定，对航行于琼州海峡、渤海湾单程 50 浬的船舶，要求在 2001 年 9 月 30 日之前装船，其它国内船无硬性规定，但国际航行船舶一般均需配置。

国家海洋局船舶管理人员及高级船员船舶监造
业务培训教材之八

船舶电气加工工艺要点

一. 前言

工艺：将原材料或半成品进行加工或处理，使之成为产品的方法或过程。

检验：通过观察和判断，适时结合测量，试验所进行的符合性评价。

质量检验：就是对产品的一个或多个质量特性进行观察、试验、测量，再将结果的质量要求进行比较和规定，以确定每项质量特性合格情况的技术性检查活动。

质量检验的几个阶段：

- | | |
|-----------------------------|--------|
| 1. 熟悉规定要求，选择检验方法，制定检验规程及项目。 | —定标 |
| 2. 观察，测量或试验 | —测定 |
| 3. 记录 | —记录 |
| 4. 比较和判定 | —比较，判定 |
| 5. 确定和处置 | —确定，处置 |

(1) 对合格品准予放行，对不合格品作出返修，返工或报废处置。

(2) 对批量产品作出接收，拒收，复检等处置。

二. 船舶电器安装工艺原则

目前船舶的电气化，自动化程度有了很大提高，电站功率越来越大，自控、遥控、集中控制、电子、半导体、红外线、激光、计算机等先进技术已被普遍采用，这样电器安装的工作量成倍地增加，对电器安装工艺质量的要求也进一步提高。造船周期的缩短，要求电器安装组织工作更加合理，以便与电器安装工作进度进一步加快。但是目前电器安装工作基本上还是以手工操作为主，船上施工条件又相对较

差，多层空间立体作业，船、机、电等多工种同时施工，所以安装工作艰苦而又繁重。过去的一套老工艺已日益不符合造船发展的要求，分段预制预装、电器放样等工艺的推广，迫使电器安装工艺也要来一次革命。

船舶电器安装工作通常分为内场准备，外场安装两大部分。其中外场安装的工作量占相当大的比重，外场工作条件比内场差很多，在很多场合根本无法使用机械化工具，大多数工作既分散又互相重复，不少工作是登高作业，朝天施工。外场开工又比较迟，往往在船体合拢变形校正结束后方才开始上船工作。此时，留给电器安装的期限比较短，而电器安装工作量又相当大，这样带来了很大矛盾。经过近三十年来的实践，广东省船舶电气安装工人及技术人员经过不断实践总结出了新的工艺原则：

1. 外场院工作内场做；
2. 分散工作集中做；
3. 高空工作平地做；
4. 码头工作船台做。

在具体施工方面，采用电缆支架、导架代替紧钩，用电缆机带代替跨马，用销状接头代替铜接头，用塑料槽、螺旋形塑料管代替扎线，用利卡管（蛇皮管）代替电缆管，用电器设备组合安装代替分散、单个安装等等，使电器安装工艺面貌大为改观。把大量的外场工作搬进内场来做，逐步做到标准化、通用化、机械化，在内场只要少数人就可以完成以前需要很多外场安装工在现场做的工作。内场准备工作又可以提前与船体分段同时开工，为外场在分段制造时进行电装工作创造了条件。而外场在分段阶段就开始预制预装是目前工作改革的一个方向，能使登高作业朝天作业减少到最小程度。电工在分段上可以做

很多工作，比如大部分设备可以安装完毕，局部电缆可以敷设并且进行切割接线，等到船体一下水，就能立即通电试车，大大缩短了造船周期。

例如：桅杆及上层建筑，可按单个独立体完成。

这些新的工艺原则已在逐步推广，对此各厂电器安装工艺阶段目前有了新的划分，增加内场工作量，成立专门的内场工段或班组，使内外场的工作效率同时得到显著提高。根据这些情况，电器安装工艺阶段可作如下划分：

1. 设备配套与电缆备料；
2. 看图，设备定及电缆走向确定；
3. 设备安装及电缆紧固件烧焊，开孔（钳工准备工作）；
4. 电缆敷设；
5. 切割电缆；
6. 通电调试；

三. 工艺安装

（一）电器安装配套：

电器安装配套包括设备配套和电缆集中备料。做好电器安装配套工作，可以大大提高劳动生产率，缩短造船周期，改善劳动条件。实践证明，这是符合外场工作内场做，分散工和集中做的一个非常有效、值得推广的工艺措施。

1. 设备配套：

- 1) 外来设备的完整及修改；
- 2) 配套安装附件；
- 3) 组合件配套，组合配套至每个分段及区域；

4) 标准件制造;

5) 穿线管配套;

2. 电缆集中备料

(二) 设备安装:

设备安装的正确与否是关系到设备能否正常工作,使用与否方便,进线是否妥当,所以正确定位,合理选择安装方式是相当重要的一环。

成批量生产的船只,其设备位置可以正确地反映在图纸上,但其他船只或首制的设备安装位置,一般在图纸上仅作粗略表示,所以还必须到船上根据实际情况进行正确定位。

设备应有可拆性,任何电器设备不能直接烧焊在船体上,因而设备的安装就有各种过渡物件(桥),采用的安装方式有很多种,根据设备的特点,具体的安装地点来决定其安装形式。

目前采用的安装方式有下列几种:

1. 基座安装——大型、笨重设备、旋转电机;
2. 组合安装——集中设备,便于管理,节约场地空间;
3. 设备支架安装——小型电器设备如灯具,开关,插座
4. 附座安装——中小型设备,容易拆卸,形式美观;
5. 灯板安装——水密灯具;
6. 木垫安装——小型壁式设备,加强设备安装牢度(正反两种);
7. 减震器安装——能承受突然冲击(例白灼灯泡)。

(三) 电缆敷设

电缆在船上承担输送电力、传递信号、控制和监视大小设备

运行的繁重任务。电缆敷设工作包括决定电缆束的走向，选择电缆紧固件类型、编制电缆表册，电缆备料和电缆现场敷设的工作量要占整条船的电器安装工作量的一半以上，所以合理选择电缆束走向，恰当布置电缆紧固件，正确的编制电缆表册及丈量电缆长度，方能正确而又顺利的进行电缆敷设及保证电缆质量不受损害，还能加快安装工作的进度。

1. 电缆紧固方式：

- 1) 紧钩；
- 2) 导板；
- 3) 桥型板
- 4) 敷线条，代替桥型板和小型紧钩；
- 5) 电缆支架，代替紧钩，导板；
- 6) 电缆管子，常用于舱底、油水舱、露天甲板；
- 7) 电缆槽常用于（1）狭小区域，电缆敷设多，支架复杂（如总配电板下，机舱顶部）；（2）油轮天桥电缆
- 8) 明线敷设——尼龙夹子，敷线条

2. 电缆敷设前的钳工准备工作：

1) 开孔：

主干电缆束要通过一系列的舱壁、甲板、大梁、肋骨，必须在这些地方开孔，开孔的大小应根据电缆束的截面，紧固件的规模来定，开好孔以后再烧焊一只衬圈，以防止孔四周的毛刺损坏电缆。

开孔时必须注意不要影响原来的结构件的强度及水密要求，必要时应予以加强，在开孔周围加一块厚钢板。

2) 缆紧固件的安装:

电缆紧固件不能直接烧焊在两舷水线以下的船体钢板上, 以免影响船体的密性与强度, 电缆支架周围要有一定空间, 至少要让手自由的伸进去拉放电缆及紧固电缆。在船上烧焊紧固件时, 遇到弯头要考虑电缆的弯曲半径, 一般标准是大于电缆直径的五倍以上, 对成束的电缆以其中最粗的电缆为基准, 另外还要考虑敷设的方便。

3. 主干电缆备料

- 1) 先验后备;
- 2) 同一穿线入口电缆备在一个桶内;
- 3) 电缆终端先卷入桶内;
- 4) 中途停止记号包扎牢固;
- 5) 电缆两端要扎上明显标记, 标记上应注明电缆编号, 规格, 去向;
- 6) 电缆筒上编号号码写上吊放地点。

4. 主干电缆敷设:

主干电缆敷设是一个重要的工艺阶段, 应准确编制主干电缆表册, 妥善完成钳工准备工作及各项敷设前的准备工作, 方能使主干电缆敷设工作顺利地开展。但要圆满的完成此项工作, 合理的做好人员组织工作是个关键。参加敷设工作的人员要事先明确自己的工作岗位, 带好捆扎电缆用的工具、材料, 在有分支线路的舱室里, 要事先熟悉电缆分支情况, 以防拉错电缆。

敷设电缆时需要注意的事项:

- 1) 在主干电缆敷设经过的所有舱室里都应分配一些人员, 电缆的分支处最好放一个较熟练的人员。
- 2) 穿电缆时, 如无特殊情况, 必须按照表册的顺序进行, 不能

任意颠倒。

3) 电缆敷设到紧固件时, 尽量把粗电缆放在下层。

4) 为加快敷设速度, 尽量采用两头敷设的方法: 中间入口先穿一头, 到停止记号到达位置后盘出多余电缆, 另一端向另一方向穿。

5) 在人员充裕的条件下, 可以在两舷同时敷设。

6) 在敷设时, 应采用边拉边扎的方式, 在拉完若干根电缆后, 从作业记号处向两个方向进行整理捆扎, 直线处的电缆要拉直, 转弯处的电缆要弯成相同的弧度。

7) 成束电缆穿过水密甲板, 水密隔舱壁时, 在孔的前后要保留一段直线部位, 以便进行水密工作。

8) 成束电缆 在管子内敷设时, 管子里应预先穿发引线, 电缆束不大的可以同时一起穿, 电缆束较粗的可以先穿粗电缆, 再穿细电缆。

9) 天桥电缆应留有伸缩余量。

10) 主干电缆敷设后应及时检查两端余量情况是否有拉错, 拉损伤及遗漏等现象发生。

11) 电缆尽可能摊平敷设, 电缆层数及厚度不能超过规定的要求, 有利于电缆的散热。

5. 局部电缆敷设:

局部电缆敷设由于牵涉面广, 因而施工周期长, 局部电缆的钳工准备工作可以和主干电缆的钳工准备工作同时进行, 而电缆敷设工作应错开进行, 局部电缆的走向完全取决于设备的布置, 如果和主干电缆束相同, 就可以敷设在一起, 反之可另行决定线路。

6. 电缆孔的密封:

电缆穿过水密隔舱、水密甲板，进入水密设备时，都要进行仔细的密封，以保证原有舱壁、甲板、设备的水密性。从室内穿往室外的电缆也要进行密封，以防止雨水、海浪的侵入，厕所、浴室、盥洗室。冷藏库里的电缆孔也需要密封，以防止水汽渗入到其它舱室中去。

电缆孔的密封目前采用的方法是：

- 1) 填料函；
- 2) 成组填料函；
- 3) 围板。

（四）电缆切割、接线和接地：

电缆切割、接线和接地是在设备安装、电缆敷设紧固结束后开始进行的。由于切割、接线的质量直接关系到电气设备的使用，所以这一阶段对船舶电气安装工作质量来讲是最关键的。

在着手切割，接线之前首先要根据图纸核对电缆标记，根数，芯数，截面是否符合要求，当电缆标记模糊不清时，必须耐心地核对，不能贸然切断此处。应核对设备内部接线柱与位置是否正确，如有问题要及时解决。

1. 电缆的切割

- 1) 电缆在切割时，根据设备内部接线柱的排列位置，电缆的进线情况决定切割长度。
- 2) 切割电缆时，要注意深度，不要割伤芯线绝缘层。

在总配电板和应急配电板内，如果空间允许的话，电缆仅需把铠装外套去掉，而护套层不必剥去，可直接敷设到接线端处，然后做少量的切割。这样既提高了效率又保证了质量。

3) 电缆芯线绝缘保护

- 1) 非水密设备安装在潮湿、油污场合用套塑料管;
- 2) 受高温影响(例台白炽灯、电暖器、电阻箱)用套玻璃丝套管

2. 电缆端头加工:

- 1) 冷压铜接头;
- 2) 销状接头;
- 3) 环状接头此方法目前很少采用。

3. 电缆芯线的标记与捆扎:

标记: 电缆芯线的端头必须有与图纸、设备相对应的接线标记。

捆扎: 设备内 4mm^2 以下电缆芯线较多时, 需要加以适当捆扎, 用塑料扎带或螺旋形塑料管缠绕。电缆的备用芯线应该和其它芯线分开捆扎。

4. 高频电缆切割接:

高频电缆都有屏蔽编制套芯线, 大部分为一根单线铜丝切割时特别要防止其受伤而折断。如果高频电缆结缘是空心的, 细铜丝依靠本身的曲折而处于中心位置, 此时不能轻率地把它拉直而使阻抗发生变化。

5. 接地:

接地通常有三种: 工作接地, 安全接地, 防干扰接地。

防干扰接地和安全接地经常一起进行。

(1) 设备接地: 24V 以上的设备, 不管有否工作接地, 其金属外壳均需另行进行安全接地。

(2) 电缆接地:

- 1) 夹紧铜皮(铜绑带)
- 2) 电缆填料函——电缆金属编制部与金属垫圈夹紧。

四. 调整试验

全船电缆切割，接线和接地工作结束以后，可按系统进行通电调试，检查各个系统的工作是否正常，性能是否符合要求。电缆敷设、设备安装质量、切割接线的正确性也应全面检查。

在通电调试之前，调试人员必须事先熟悉系统的工作原理、实验要求，方可进行调试。任何电器设备在通电前，应当首先检查其绝缘电阻是否符合要求，只有在绝缘良好的情况下才能予以通电。较复杂的系统应该逐级通电调试，以避免造成不必要的损失。

最后，应该强调的是，通电调试工作最好有两人以上相互配合进行，即可以更好的完成任务，又能防止产生不必要的意外事故。