

高等学校试用教材

船舶动力装置安装工艺学

(船舶动力装置设计专业用)

武汉水运工程学院

余宪海 舒华岱 编

人民交通出版社

U664.1
Y86

132140

高等学校试用教材

船舶动力装置安装工艺学

(船舶动力装置设计专业用)

武汉水运工程学院

余宪海, 舒华岱 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书包括绪论、船舶主机在船上的安装、辅机及锅炉在船上的安装、轴系的安装、船舶管系施工设计及管子的弯制与管路的安装等内容。书中对船舶动力装置安装工艺的现状及国内外在这方面的新工艺、新技术作了一定的介绍。

本书为高等院校“船舶动力装置设计专业”教材，亦可供有关专业教学时参考，还可供从事船机工艺工作的技术人员和工人参考。

本书由武汉水运工程学院余宪海、舒华岱编写，并由余宪海对全书进行了校阅和整理。

高等学校试用教材 船舶动力装置安装工艺学 (船舶动力装置设计专业用)

武汉水运工程学院

余宪海 舒华岱 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：10 字数：235 千

1980年12月 第1版

1980年12月第1版 第1次印刷

印数：0001—3,100 册 定价：1.10 元

绪 论

“船舶动力装置”是船舶为获取机械能、电能和热能而配置的机械设备的组合。其目的是用以保证船舶正常航行、停泊、作业以及船员和旅客正常生活的需要。

船舶动力装置首要的任务是供给船舶以推进力，因此推进装置——主机、轴系和推进器是船舶动力装置中最重要的组成部分。构成船舶动力装置的还有锅炉、发电机组和服务于主机、锅炉和其它船舶设备的辅机以及把它们连接起来的管路和杆件等。因此，本课程（共分五章）主要研究的是船舶机、炉舱及特种动力舱室中的主机、轴系、锅炉、辅机及机械设备的定位安装工艺、管系的施工设计以及管子的制造与管路的安装工艺等。

当前，船舶动力装置主要可分为内燃机、（蒸）汽轮机、燃气轮机、核动力和联合动力装置等几种。从国内外使用情况看，民用船舶是以内燃机动力装置为主，但国外随着超级油船和大型集装箱船的出现，在30,000（22,050千瓦）马力以上的船舶中，汽轮机动力装置日益增多；而国内在民用船舶上汽轮机动力装置至今仍用得很少。国内外大中型舰艇多以汽轮机动力装置为主。所以，在本课程中只研究内燃机、汽轮机动力装置的安装工艺。

船舶动力装置安装工艺的改进是与造船工业的发展和船舶建造方法的改进紧密相关的。我们知道，早期的船体结构都是用铆钉进行连接的，而且是采取整体建造法，亦即把加工好的零部件直接运到船台上装配焊接成船体，这时船舶动力装置的安装工作也被明确地分为船在船台上和船在下水后所进行的两个阶段的工作。

在船台上的安装工作有：

- （1）确定轴系理论中线；
- （2）根据轴系理论中线在人字架、尾轴毂和舱壁上划出镗孔线并镗孔；
- （3）安装尾轴管、尾轴、推进器轴、推进器和舵等；
- （4）安装通海阀及舱底系统附件。

下水后的安装工作有：

- （1）安装主、辅机及中间轴承的基座；
- （2）吊运和安装主机、轴系及传动设备、辅机等；
- （3）安装各管路。

按上述工艺，船舶动力装置的安装工作差不多都是在船体工程基本竣工以后才进行的。不仅如此，而且其机械设备、箱箱柜柜都是以单个型式吊船安装的，管子的制造和管路的安装则是根据管系原理图按现场测量的样棒制造和安装的。这种安装工艺必然使船舶建造周期很长。

据估计，船舶动力装置的安装船舶建造中占有很大的比重。一般认为，民用船舶约占船舶建造总劳动量的30%左右；对舰艇，非装甲军舰约占40~45%；装甲军舰约占33~42%，正因为如此，所以改进安装工艺对缩短船舶建造周期，提高安装质量，减轻劳动强度，保证其使用的可靠性具有重大的意义。而船舶建造工艺的改进为其安装工艺的改进创造了条件。

我们知道，现代船舶的建造已从过去的铆接变为焊接，由此船舶建造工艺也得到了迅速

的发展,主要表现在采用了分段(或总段)造船法。

所谓分段建造法,就是把预先在车间装配焊接好的各个分段吊运到船台上装配成船体;而总段建造法是将装配焊接好的中部总段吊运到船台安装定位,然后将与其首、尾方向相邻的总段吊上船台进行安装,并完成大接缝的焊接工作。依此类推,直至最后装配成整艘船体。

由于船体的分段(或总段)建造法的采用,促进了造船能力和速度进一步增长,因而也促进了其它船舶建造工艺的改进:船舶舾装;机械安装;管子的制造与管路安装;电气设备安装等工作都趋向于与船体建造工作平行进行,即增加了在车间的制造、装配与安装的工作,减少了船台上安装时间以及船舶水上安装的工作量,甚至船在水下以前完成全部安装工作,这就大大地缩短了船舶建造周期。其工艺改进主要为:

- (1)船舶管系放样,管子的预制;
- (2)管子一次上船安装:单管安装,船舶管系的分段预装和单元组装;
- (3)电子计算机与数控技术在管系施工设计和管子制造中的初步应用;
- (4)辅机的成组与功能性单元在船上安装;
- (5)用激光或光学仪器法定位主机,大型主机整机吊装,主机在船台上安装以及为减少主机垫片刮磨量而在垫片上涂环氧树脂;
- (6)用光学仪器或激光准直仪确定轴系理论中线,在船台上用轴承负荷法安装轴系;
- (7)锅炉的整体安装;
- (8)安装工作的机械化,如用小型液压千斤顶代替顶压螺栓调整主机位置、用液压技术安装螺旋桨等。

管系单元组装和分段预装及数控技术的应用为安装工艺的进一步改进开辟了道路。

所谓单元组装,即是在车间里将机器或机械设备、阀件、仪表与管路组装成单元体,然后吊船安装;而所谓分段预装是在船体分段内管系组成单元体,然后整段吊装。

单元组装的种类,按其目的和用途的不同,主要可分为下列两种:

(1)功能性单元(组装式辅机组)——辅机及其管路附件等组合成的整体单元的成套设备,如燃油、滑油分离单元、空气压缩机单元等。这种单元可直接也可以组装在区域性单元里吊船安装。

功能性单元组合的基础是它的功能性特征,它在系统中起独立作用。

(2)区域性单元——是由位于机炉舱或船上其它舱室一定区域内,并装在公共支承结构上的通用化或标准化的设备、机组、管路(包括总管)所组成的单元。区域性单元不考虑设备的功能属性,只是把该区域内所有的管路及设备组合起来。这样,它就好比按功能选择的组合方式的组装范围大得多。这种单元甚至可以扩大到整个机舱,例如,在机舱中把舱底管系连同花钢板上的全部管系(除主机、轴系外,也可不包括发电机组)组成一个完整的大单元,趁主甲板盖吊装前一次吊入定位安装。

分段预装是将船体分段内的管系事先在车间里预装好,然后整段吊装。

单元组装一般用于管路系统比较密集的舱室,如机舱,而分段预装主要用于管系布置比较稀疏的舱室或者如甲板、舷侧板上。

组装可以把很多的安装工作量从船上移到车间或专业厂来进行。单元的机械设备越多,则从船上移到车间或专业厂的安装工作就越多,把安装工作移到车间里来完成,不仅可使车间或专业厂的安装工作与船体建造平行或者提前进行,而且完全改变了安装及其质量检验的

条件,这样做的经济技术效果是显而易见的,这是因为:

(1)船舶建造时,船上特别是机炉舱里的设备繁多,管路纵横,通道狭窄,同时作业的工种很多,如铜工、钳工、焊工、电工等。这样的工作场所不仅很拥挤,而且有害气体多,声音很嘈杂,安装工作的机械化很难实现(至多只能用一些小型简单的手动或机动工具)。但如果在车间或专业厂里安装,场地宽敞,起重运输方便,可以大量采用安装机械化的工具,实行班组专业化等。

(2)在实行组装以后,我们可以在标准化、系列化、通用化的基础上进行标准单元(主要是功能性单元)的设计和制造,进而实现专业化生产,以供同类型的船舶选用。这样可使船厂的配套渠道大为压缩,机舱的管路布置进一步合理化,减少管路不必要的迂回和浪费,简化放样工作,新船设计时可大量采用标准单元,压缩设计周期;为维修、管理、培训操作人员提供方便;用电子计算技术进行动力装置和管路设计,更有基础。

电子计算机与数控技术的应用更为造船工业的迅速发展开辟了广阔的前景。六十年代中期开始,国内外许多船厂陆续将电子计算机和数控技术应用于设计、生产、管理等方面,它的应用正在逐步地改变着造船工业的面貌,促使造船的生产过程向自动化、机械化的方向发展,这是船厂现代化的一个重要标志。

在动力装置安装工作中,管系的设计、制造和安装占有相当大的比重,所以电子计算机与数控技术在这方面的应用受到世界各国普遍的重视。日本和其它国家都在研究管系的综合计算机系统,以期达到设计、加工和生产管理的自动化。管系的电子计算机放样及管子数控自动加工流水线已在生产中日益发挥巨大的作用。国内在这方面也作了大量的工作,目前已将电子计算机及数控技术应用于设计检验、绘图和管子自动加工流水线的研制等工作上。现正在研究用电子计算机自动布置管路系统的程序,今后还将进一步开展将电子计算机与图形显示技术应用于船舶动力装置的自动布置设计与自动施工设计的研究。可以预料,随着祖国“四化”建设的发展,船舶动力装置安装工艺一定会有更大的改进。

应该指出:多年来,我国船厂中虽已不同程度地采用了上述安装工艺,也取得了一定的经济技术效果,但由于船舶未定型、品种较多、管系放样和管子制造中的标准化问题没有解决,影响了其优越性的进一步发挥。我们知道,标准化是组织现代化生产的重要手段,是科学管理的重要组成部分,也是发展造船工业的重要措施。因此,产品标准化的问题应当引起足够重视。

讲授本课程的目的,在于向动力装置设计专业的学生系统地介绍整个动力装置的安装工艺过程(包括管系施工设计、管子的制造工艺及有关工艺设备的知识),使学生在进行动力装置设计时能考虑有关安装工艺与工艺设备问题,并能结合生产实际,推广和应用新的工艺方法和先进经验。

本课程是船舶动力装置设计专业的专业课之一,它是生产实践经验的概括和提高,因此,学生在学习时,必须紧密联系生产实际,密切注意国内外动力装置安装工艺的发展动向,用综合分析与比较的方法来理解和掌握本课程的内容。

目 录

绪 论	2
第一章 船舶主机在船上的安装	1
§1-1 概述	1
§1-2 主机定位技术要求	2
§1-3 安装主机基座的准备	4
§1-4 主机的吊运	7
§1-5 主机的校中(定位)	9
§1-6 主机的固定	14
§1-7 主机安装质量的检验与调整	22
第二章 船舶辅机及锅炉在船上的安装	28
§2-1 辅机在船上的安装	28
§2-2 锅炉在船上的安装	35
第三章 船舶轴系的安装	42
§3-1 概述	42
§3-2 轴系零部件的车间装配	43
§3-3 轴系理论中线的确定	49
§3-4 按轴系理论中线镗孔	57
§3-5 尾轴管、尾轴、尾轴管密封装置及螺旋桨的安装	63
§3-6 中间轴(轴系)的安装	72
第四章 船舶管路系统的施工设计	85
§4-1 概述	85
§4-2 船舶管系放样图中有关符号、代号及颜色	87
§4-3 管子曲形参数的定义	93
§4-4 弯管参数计算	96
§4-5 船舶管路系统综合布置图的设计	105
§4-6 管子零件图的设计	113
§4-7 管路系统布置图的设计	118
§4-8 管系单元组装图的设计	120
§4-9 管系分段预装图的设计	122
第五章 船舶管子的弯制与管路的安装	124
§5-1 管子材料及其选用	124
§5-2 管子的弯制	127
§5-3 船舶管子的校对与液压试验	142
§5-4 船舶管路的膨胀及其补偿	146
§5-5 船舶管路的安装	149
§5-6 管系及管路安装的质量检验	154

第一章 船舶主机在船上的安装

§1-1 概 述

船舶主机是推进船舶的动力机，其动力通过轴系传给推进器，所以主机必须与轴系（有的中间通过减速器或离合器等）相连接，因而主机在船上的安装应与轴系的安装一并考虑。

本章所讨论的是主柴油机与主汽轮机组在船上的安装，它们可以在船台上也可以在船下水后进行。其安装方式与造船方法、主机本身的外形尺寸及重量、起吊设备等密切相关。

中、小型主柴油机通常是整机吊装的，大型主柴油机过去是拆散后吊进船舱再在船上定位总装的。近几年来我国某些地区有了大的起吊设备，大型机也采用整机吊装，如图 1-1 所

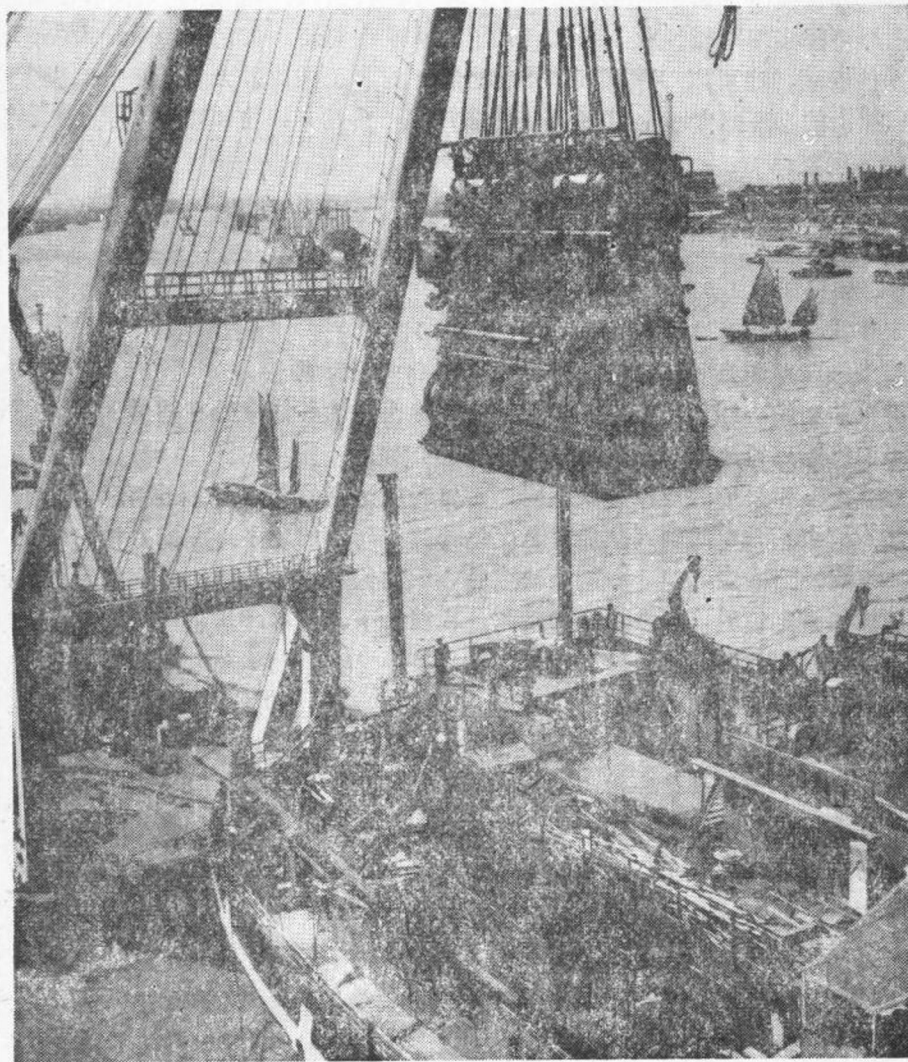


图1-1 主柴油机整机吊装

示。这样可缩短船舶建造周期。

主汽轮机组通常是以单独的组件，减速器，高、中、低压汽轮机，冷凝器等分别吊船定位安装的；但也有以主汽轮机组整单元吊船安装的，如图1-2所示。

船舶下水后，主机以轴系为基准进行安装，这是长期以来一直沿用的一种安装工艺。它的优点是使主机或减速器输出轴的旋转轴心线能较好地处于轴系中线的延长线上，避免了船舶下水后船体变形的影响，缺点是生产周期较长。

在船台上，主机以轴系理论中线为基准进行安装，这是适应现代批量造船的一种安装工艺。为使整个动力装置安装工作与船体建造尽可能多地平行作业，主机可先于轴系进行安装，依它的实际位置决定轴系位置并进行轴系的安装，也可以与轴系安装平行进行。这种工艺的最大特点是可缩短生产周期。

主机在船上的安装步骤是：主机基座准备；主机的吊运；主机校中（定位）、固定及安装质量检验与调整。

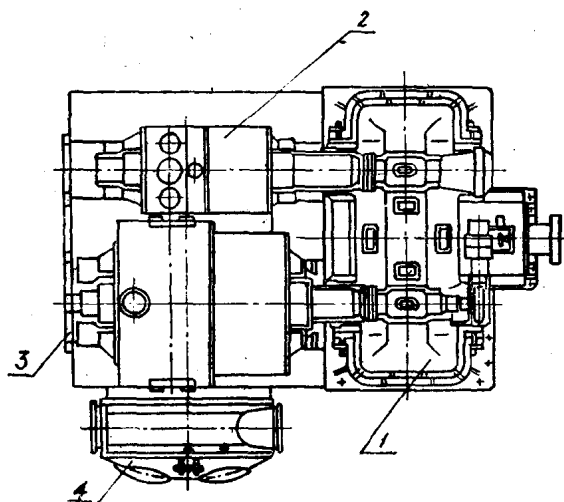


图1-2 功率为10,000马力的主汽轮机组
1-减速器；2-高压汽轮机；3-低压汽轮机；4-冷凝器

§1-2 主机定位技术要求

主机定位技术要求有如下几点：

1. 主柴油机曲轴和汽轮机组减速器输出轴轴心线的位置

主柴油机曲轴轴心线和主汽轮机组的减速器输出轴轴心线应处在轴系理论中线延长线上（当主柴油机通过减速器与轴系连接时，情况亦如此）。

由于机器大小和采用的定位方法不同，定位时应达到的具体要求也有所不同。如主机（或减速器）根据第一中间轴（从船首至船尾计算中间轴的顺序）或推力轴的前法兰定位，主机（或减速器）后法兰与第一中间轴法兰轴心线的偏移和曲折数值应在规定范围内。

主柴油机曲轴定位后，刚性连接的轴系，应符合下列要求：

（1）曲轴（或推力轴）法兰外圆与推力轴（或第一中间轴）法兰外圆的偏移值 $\delta \leq 0.05 \sim 0.10$ 毫米（一般应使曲轴轴心线偏高 $0.05 \sim 0.10$ 毫米），曲折值 $\varphi \leq 0.10$ 毫米/米，偏移和曲折的含义见§1-5；

（2）曲轴轴心线与独立推力轴的轴心线的曲折值 $\varphi \leq 0.10$ 毫米/米；

（3）柴油机推力轴轴心线与第一中间轴轴心线的曲折值 $\varphi \leq 0.15$ 毫米/米；

主汽轮机组推力轴与第一中间轴的偏移值 $\delta \leq 0.05$ 毫米，曲折值 $\varphi \leq 0.06$ 毫米/米。

主机以光学仪器定位，应根据机舱前后隔舱壁的基准点或机舱后隔舱壁和船的尾基准点（这两个基准点在轴系理论中线上），调准主机或减速器的高低和左右位置，使装在曲轴或减速器输出轴端的光学仪器投射出来的十字线中心与基准点重合，偏差不能大于规定数值。

当用两个光学投射仪时：

$$|A| \leq 0.7 \text{ 毫米};$$

$$\left| \frac{B-A}{L} \right| \leq 0.15 \text{ 毫米/米}$$

式中: A ——投射仪的十字线中心在机舱前隔舱壁上与其基准点的偏差值, 毫米;

B ——投射仪的十字线中心在机舱后隔舱壁上与其基准点的偏差值, 毫米;

L ——机舱前后隔舱壁上两基准点的距离, 米。

当用一个光学投射仪按机舱后隔舱壁和船尾对光靶上的轴系理论中线基准校中主机时, 则主机轴心线与两个基准点间的允许偏差为:

$$|B| \leq 1.0 \text{ 毫米};$$

$$\left| \frac{C-B}{L_1} \right| \leq 0.15 \text{ 毫米/米}$$

式中: B ——投射仪的十字线中心在机舱后隔舱壁上与其基准点的偏差值, 毫米;

C ——投射仪的十字线中心在船尾对光靶上与其基准点的偏差值, 毫米;

L_1 ——两基准点间的距离, 米。

当投射仪十字线中心位于基准点的上方或左、右舷(指左、右舷轴系)则算合格。

对大型散装主柴油机或空心输出轴的减速器, 如用拉线法定位, 则根据轴系理论中线在机舱内拉一短钢丝线, 以此钢丝线为基准调整主机机座或减速器的位置(左右和高低), 使机座前、后主轴承座孔或减速器输出轴内孔与钢丝同轴(考虑钢丝下垂的影响), 偏差不能超过允许范围(见图1-19)。

2. 主机(或减速器)轴向位置

主机(或减速器)是与轴系连接的, 故还必须根据轴系的长度确定其轴向位置。如果先装轴系后装主机, 依中间轴的前法兰校中主机或减速器的位置, 则主机或减速器的轴向位置在准备进行校中时就决定了。对于先安装主机或减速器后安装中间轴, 主机的轴向位置须由轴系设计长度决定, 即根据设计图纸, 以主机或减速器后法兰或主柴油机机座某固定螺栓孔与某肋位的距离来决定。在这种情况下, 往往留一根中间轴最后车准其长度, 以补偿长度上的测量误差(因为主机或减速器定位后, 主机后法兰至尾轴前法兰的长度尺寸不易测量准确)。至于汽轮机的轴向位置可按专门的量棒决定, 此量棒按汽轮机主轴和减速器小齿轮轴之间安装联轴器所规定的间距制造。

3. 主柴油机曲轴臂距差及机座上平面的平直度

主柴油机安装时, 曲轴臂距差数值必须在规定范围内, 曲轴装妥并与轴系连接后, 曲柄在 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四个位置所测得的臂距差应为:

(1) 每1米活塞行程不大于0.075毫米表示安装良好;

(2) 每1米活塞行程在0.075~0.125毫米之间表示安装合格;

(3) 船舶在营运期中臂距差的最大允许极限值为1米活塞行程0.25毫米;

(4) 对于活塞行程 ≤ 400 毫米者, 当每1米活塞行程不大于0.125毫米表示安装良好;

(5) 对于大重量飞轮且属弹性连接的法兰, 当飞轮装妥后, 近飞轮端的第一道臂距差可放松为每1米活塞行程不大于0.175毫米;

(6) 对于低速柴油机, 曲轴在船上安装后, 其臂距差应 $\leq \frac{1.0 \times S}{10000}$ 毫米(式中: S ——

活塞行程, 毫米)。

对于大型主柴油机来说,主机如果是拆散吊运上船安装的话,那么应以机座和曲轴进行定位,然后再装其它零部件。机座的上平面是安装其它零部件的基础,所以定位时还必须将上平面校平直,或校得与出厂记录一致,校上平面时也必须调整机座高低。对于整机吊装的主机,只须检查曲轴臂距差,没有机座上平面的校正问题。

机座安装于船体基座上,用垫片调整好并拧紧全部底脚螺栓后,机座上平面的不平度其值应与在装配或试验台架安装时的不平度记录基本相符。其数字的允许变化值为:

机座长 < 8 米者, ± 0.05 毫米;

机座长 $> 8 \sim 11$ 米者, ± 0.08 毫米;

机座长 > 11 米者, ± 0.10 毫米。

4.主汽轮机组的减速器的齿轮轴轴心线及与减速器齿轮轴相连接的转轴的轴心线位置必须正确

减速器及汽轮机在基座上固定以后,减速器各小齿轮轴之间的不平行度偏差,以及各汽轮机主轴与减速器小齿轮相连接之不同轴度的偏差应在允许范围内。

安装时,减速器各小齿轮轴的空间不平行度不得大于 0.05 毫米/米,或允许有 $0.05l$ 毫米的不平行度(l 为顺轴中心线铅丝两端压点的距离);汽轮机主轴与减速器小齿轮轴的不同轴度允差:偏移 $\delta \leq 0.10$ 毫米;曲折 $\varphi \leq 0.12$ 毫米/米。

§1-3 安装主机基座的准备

主机是通过垫片或减震器安装在船体基座上的。

基座是由型钢和钢板焊接组合起来的金属构件。它通常固定在船体双层底上,在无双层底的船舶中,则直接与船底板刚性连接。图1-3a)为安装主柴油机的基座结构;安装主汽轮机组的基座比较复杂,它由几个独立的、不同高度的基座所组成,如图1-3b)所示。

主机安装前,基座的准备包括:基座位置及外形的检验、主机紧固螺栓孔与固定垫板位置的确定、基座上平面的加工。安装主柴油机与安装主汽轮机组基座的准备内容、要求与方法基本相同,下面以前者为例来讨论这个问题。

1.基座位置及形状的检验

主机基座或加强板的左右和高度位置的检验通常是在确定轴系理论中线后紧接着进行的,其检验基准为轴系理论中线,常用的检验方法有两种:

(1)拉线法。根据确定轴系理论中线所拉的钢丝线检验基座的左右位置时,应先在基座上平面划出左右中分线3,然后用垂直搁在基座面板上的角尺或丁字尺1测量钢丝2和基座中线的左右偏差 Δ ,如图1-4所示,要求 Δ 不大于5毫米。基座高度尺寸即轴系理论中线距基座面板的高度尺寸可从图1-4所示的(有高度刻线的)丁字尺上直接读出。上述测量均须在基座前后两个位置上进行。

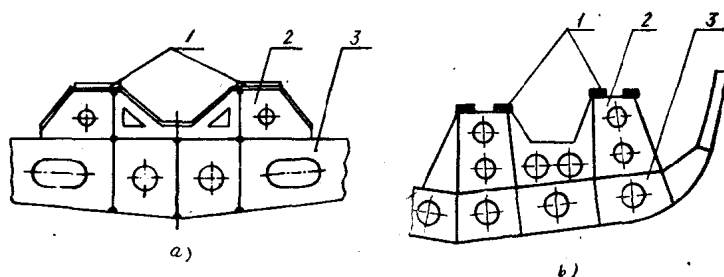


图1-3 主机基座的结构(横剖面)

a)主柴油机的基座结构

b)主汽轮机组的基座结构

1-面板; 2-基座; 3-双层底

1-固定垫板; 2-基座; 3-双层底

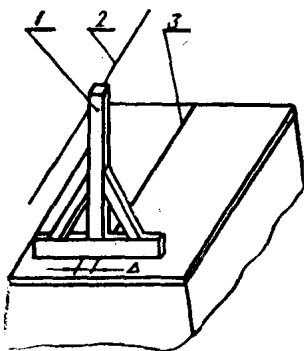


图1-4 用丁字尺检查基座的左右位置
1-丁字尺；2-钢丝；3-中分线

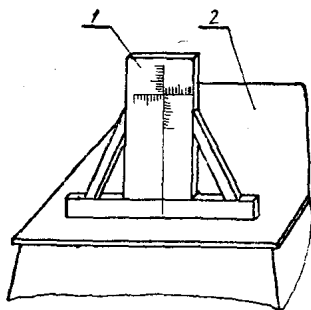


图1-5 检查基座高度
1-带有刻度的丁字尺；2-基座面板

(2) 光学仪器法。当用光学仪器确定轴系理论中线时,可按仪器主光轴来检查基座位置。

在检查基座高度时,如图1-5所示,将丁字尺1垂直搁在基座面板2上,从仪器中读出丁字尺上的刻度(仪器上十字线中心对着丁字尺上的高度刻线)尺寸,即为轴系理论中线距基座面板的高度尺寸;基座左右位置的检查同样须先划出基座上平面的左右中分线,将丁字尺上的中垂线对准中分线,读出仪器中十字线与中垂线之距离即为基座左右位置的偏差值。上述测量均须在基座前后两个位置进行。

在检查基座高度尺寸的同时,应计算出安装主机垫片的厚度是否合适。垫片的厚度等于基座面板或固定垫板至轴系理论中线(考虑钢丝下垂量后)的尺寸减去主机或轴承旋转轴线至机座支承脚下平面的尺寸,应为10~75毫米。钢质垫片厚度不大于25毫米;铸铁垫片厚度不小于25毫米;整条硬木垫片厚度不小于25毫米,且仅允许用在功率 ≤ 200 马力($200 \times 0.735 = 147$ 千瓦)的柴油机上。

主柴油机的硬木垫片允许加垫金属薄垫片,数量不允许超过三块。

基座位置及尺寸的允许偏差见表1-1。

基座位置及尺寸的允许偏差(毫米)

表1-1

基座名称	位置精度			尺寸精度		
	前 后	左 右	上 下	长	宽	高
主柴油机基座	± 10	± 5	两边高度差 < 3	$+10$ -5	$+4$ -2	$+3$ -6
主汽轮机组基座	± 15	± 5	各基座间 < 3	$+10$ -5	$+5$ -3	$+5$ -10

为了防止主机机座与基座相碰,必须检验面板内边缘是否妨碍主机机座落于垫片上。还应检验面板外边缘尺寸,要求基座面板比机座支承脚伸出5~10毫米,如图1-6所示。上述检验也可以主机横剖面的形状作一样板放在基座上,按样板进行。

2. 主机紧固螺栓孔和固定垫板位置的确定

主机与基座是用紧固螺栓连接的,故在基座上应事先确定各螺栓孔的位置,检查它们是否与双层底下面的横向肋板或基座的横向加强筋相碰。根据检查的情况,决定主机基座的纵向位置是否需要作少量的调整或将少数相碰之处的肋板割除,以便让出螺栓孔的位置。

在基座上确定主机紧固螺栓孔位置的方法是根据轴系理论中线、轴系长度及机座螺栓孔布置图划左右螺栓孔的位置线。如将轴系理论中线垂直投影到双层底或加强板 5 上，一般拉一短钢丝绳 2 代表轴系理论中线，在钢丝绳上的主机位置的前、后及中间取若干点吊挂铅垂线 3，在与铅锤尖接触处打样冲眼，用直尺划线连接各样冲眼，此线就是主机的纵向中线 4，在此中线两边按主机机座螺栓孔布置图，划出左右各螺栓孔轴心线连线的位置，如图 1-7 所示。

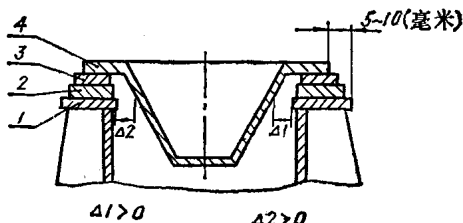


图1-6 测量基座面板内外边缘间距尺寸示意图

1-基座面板；2-固定垫板；3-垫片；4-机座支承脚

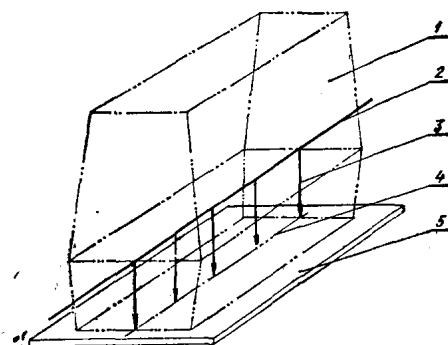


图1-7 轴系理论中线垂直投影示意图

1-主机；2-钢丝绳；3-铅垂线；4-主机纵向中线；5-加强板

螺栓孔纵向的位置是根据机舱布置图上主机（减速器）输出轴法兰端面或柴油机某气缸轴心线至后机舱壁或某号肋位的距离尺寸，在主机纵向中线上实地量取，以此作为决定螺栓孔在纵向位置的基准。根据机座图以及纵向基准，在左、右螺栓孔轴心线的连线上划出各螺栓孔的纵向位置。

在批量生产中，主机紧固螺栓孔的位置往往是按机座图纸尺寸制作的样板确定的。

固定垫板的位置是在基座上确定紧固螺栓孔位置的同时，根据固定垫板布置图同时确定的。

3. 基座上平面的加工

为使主机产生的作用力，能均匀地由基座传递给船体，故要求垫片与主机机座下平面和基座上平面之间保持紧密接触，因而要对基座上平面进行加工。

基座上平面的加工部位，根据所采用的垫片型式来决定：若采用矩形垫片，一般在基座面板上焊装有固定垫板，这时除对基座面板上要焊装固定垫板处进行加工外，固定垫板焊妥后，再对固定垫板的上平面进行加工；若采用双联圆形斜面垫片、可调螺纹球面垫片或减震器，只须对基座面板上平面进行加工。

基座上平面加工的技术要求如下：

(1) 基座上平面应平整，当用平尺检验时，0.05毫米的塞尺不应插进。允许存在局部不平度，但不得超过0.15毫米，且其总长度不得超过基座面板周长的35%。

(2) 基座面板或基座固定垫板的上平面应沿宽度方向加工成向外倾斜，以便于垫片的装入和抽出，如图 1-8 所示。当用平尺检验时，最大倾斜度不得超过表1-2的规定。

对于可调螺纹球面垫片或减震器，其基座面板不必倾斜。

(3) 基座面板整个上平面，当用对角线检查时，两对角线应相交，其不相交度不得超过表1-3的规定。

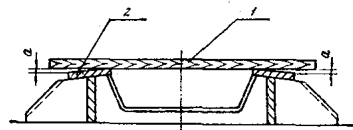


图1-8 用平尺检验倾斜度示意图

1-平尺；2-基座

基座面板允许的倾斜度 (毫米) 表1-2

基座面板宽度	最大倾斜度a
~200	1.5
>200~400	3.0
>400~600	4.5
>600	6.0

基座面板允许的不相交度 表1-3

基座长度(米)	两对角线不相交度(毫米)
~2	3
>2~4	4
>4~6	6
>6	8

(4)基座面板上平面的加工光洁度为 $\nabla 3 \sim \nabla 5$ 。

基座面板上平面的加工,根据其尺寸大小采取不同的加工方法。对于较小的基座,可用电动锉刀、风动砂轮机或电动磨头来进行加工。对于中、大型基座,为改善劳动条件和提高工效,可采用组合式铣床等来进行加工。

固定垫板上平面还应进行刮磨,用小平板作为基准平面,刮磨要求蓝油点分布均匀,并在 25×25 平方毫米内有2~3个油点,还要求垫板上平面与平尺或小平板之间0.05毫米塞尺插不进。

§1-4 主机的吊运

前已述及,随着大型起吊设备的出现,大型主柴油机已采用了整机吊装工艺。主汽轮机组虽常以组件形式吊船安装,但其重量和体积仍然是很大的。因此,大型主机的吊运也是值得很好研究的一个问题。

主机的吊运,大致是按下列步骤进行的:吊运核算、整机搬移、整机起吊。

1. 主机吊运核算

(1)重量核算。算出主机起吊时的净重,核算吊臂在所要求的幅度下的起重量(吊臂在不同的幅度下,起重机具有相应的起重量、跨距以及吊钩的起升高度)是否足够大于主机的重量。

(2)外形尺寸核算。根据主机的长、宽尺寸,核算机舱顶篷开口尺寸能否将主机吊入。

(3)重心核算。算出主机的重心位置,并求出吊运时,主机在左右、前后方向允许的最大倾斜角度(以主机不致翻倒为原则),用以决定吊钩位置。

(4)钢丝绳负重核算。根据起吊所采用的工具决定钢丝绳的数目,以及在选定钢丝绳的直径后,验算钢丝绳的强度能否承受主机的重量,必须保证有足够的安全系数。

钢丝绳的长度,根据吊钩起升高度、主机高度和机舱高度等因素来考虑,在高度有宽裕的情况下,钢丝绳越长越好,因为角度越小则越安全。

(5)幅度核算。当主机从船侧(或船尾)吊入机舱时,应根据主机半宽(或半长)以及机舱开口中心至船侧(或船尾)的距离,核算起重机的幅度是否够。

(6)高度核算。根据主机高度尺寸以及主机机座底面能越过机舱部位上层建筑时的高度距离,核算吊臂处于要求幅度下吊钩的起升高度是否满足。

2. 主机整机搬移

主机安装到船上以前,必须将主机从存放地搬移至码头或船台边,然后用起重机吊到船

上去。

主机特别是大型主机的搬移是件较费事的工作，过去多用滚动滑道等方法，但此法所需的设备和牵引力都较大。近年来，随着气垫技术在造船工业中的应用，大型主机的搬移也采用了高负荷的气垫起重移位装置（简称移位装置，下同），它的主要优点是：

(1) 由于摩擦力小，移动时所需的牵引力很小，故运载能力大。

气垫起重移位装置与地面之间相隔一层气膜，运动时的阻力主要是气膜内空气分子之间的摩擦力。根据由气膜隔开的两平板间的摩擦力的计算公式 $F = \frac{\eta AU}{h}$ (η ——空气粘度， U ——板的相对速度， A ——平板面积， h ——气膜厚度) 可知，摩擦力与负荷大小无直接关系。如某船厂将一重量为450吨力的主柴油机从车间移至码头，所用的最大牵引力实为5吨力，所用的压缩空气的压力为 29×10^4 帕 (~ 3 公斤力/厘米²)，在整个搬移过程中移位装置工作情况良好。

(2) 操作简便灵活，机动性好。在水平位置上，移位装置可沿任意方向运动，又能绕铅垂轴旋转。这种特性，对于通过狭窄地区，或需作横移、回转运动就更有意义。

(3) 移位装置结构简单，没有运动部件，而且运输能力与自重之比较大，移动3吨力重物的移位装置其自重仅为441牛（45公斤力），所以该移位装置不仅安全可靠，而且设备成本费也较低。

(4) 对地面的压力很小，如移动3吨力的重物的移动装置对地面的压力仅有 1.96×10^4 帕 (0.2 公斤力/厘米²)，而移动同样重量的轮式车辆对地面的压力则为 98×10^4 帕，故这种装置对路面的强度要求可降低。

气垫起重移位装置的缺点是它不能在粗糙的地面上工作。

气垫起重移位装置的支承工作原理及结构如下：

气垫起重移位装置是由气垫单元（如图1-9所示）或由几个气垫单元组合而成。托板是用来支承主机的，它是一块钢板，板的上面开有与重物（主机）底面相连接的螺栓孔，板的侧面开有气道。托板下面是由氯丁橡胶加二层细帆布组成的盘式薄膜，该薄膜用法兰压板与托板紧固。托板的中央有一支承座。当薄膜未充气之前，支承座与地面接触并承受全部重物的载荷。当压缩空气由托板气道通入薄膜时，薄膜就鼓起，并与地面形成一个空气空腔，产生浮力。在这种浮力大到能举起重物时，支承座就脱离地面，而托板浮起，达到抬起重物的目的。与此同时，在薄膜和地面接触处，形成了一层很薄的气垫——气膜，使移位装置与地面之间的摩擦力大大减少。因此，当用较小的牵引力拉动时，托板靠与重物之间很大的摩擦力，就与重物一起移动。

薄膜与路面组成空气空腔，由于水泥路面比较粗糙，为保证空腔内所需的空气压力，路面上可铺设一层20毫米厚的次钢板。

主机在搬移前，首先应该将主机用千斤顶顶起，放入移位装置，然后才能搬移。

3. 主机整机起吊

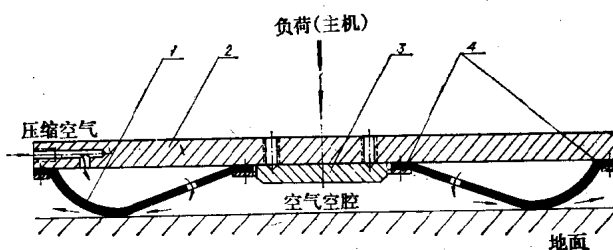


图1-9 气垫起重移位装置单元结构图

1-薄膜；2-托板；3-支承座；4-压板

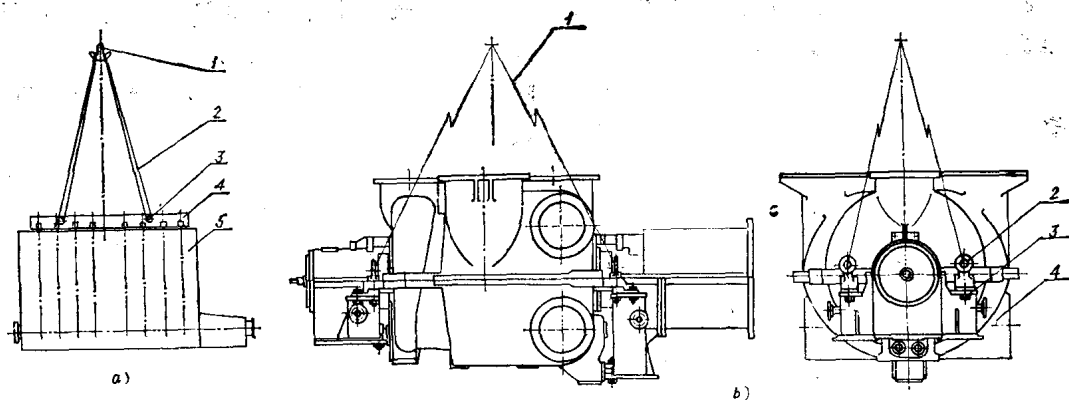


图1-10 主机的起吊工具

a) 主柴油机的起吊工具

b) 汽轮机的起吊工具

1-吊钩；2-钢丝绳；3-销轴；4-吊梁；5-主机 1-钢丝绳；2-环首螺栓；3-螺母；4-汽轮机

首先在经重心计算后所确定的主机起吊部位装上起吊工具，如图1-10所示。

图1-10a)中的吊梁，通过主机的贯穿螺栓与主机相连接，钢丝绳挂在吊梁两侧的销轴上即可起吊。为了防止整机吊装时主机的变形，当起吊时各部分必须受力均匀，不产生弯曲或扭曲等变形，因此将吊梁作成是一个坚固的箱形体。

起吊时，应将主机缓慢地提升，当吊离地面约200毫米时，稳定约十分钟，观察主机是否水平、起吊工具与否不正常现象。然后再继续提升，如不水平，必须把钢丝绳作适当调整。

主机吊至机舱口上空时，为便于对准入口，在主机四角系以麻绳，用人工帮助转动使其对准舱口。然后将主机徐徐下降。为使主机准确落位，事先在主机基座四角的紧固螺栓孔内，装入四根导杆，并在基座上放置临时木垫。当主机下降离基座约400毫米时，利用机舱四角设置的葫芦相配合，使主机机座四角相应的四个螺栓孔对准导杆，最后在导杆的引导下，主机坐落在木垫上。至此，主机的吊运工作完毕。

§1-5 主机的校中(定位)

主机的校中，或称定位，就是按轴系中线调整好主机在机舱中的位置，使安装好的主机轴心线与轴系中线同轴或平行（轴系通过减速器与主柴油机连接）。这是主机安装中最主要的一部分工作。

主机（减速器）的校中方法与轴系安装工作有密切关系，主要有两种方法：在先安装主机（减速器）后安装轴系时，则以轴系理论中线校中；在先安装轴系后安装主机（减速器）时，则以连接法兰上的偏移和曲折进行校中。

对于轴系通过减速器传动的主柴油机和主汽轮机组都从校中减速器开始，然后以减速器为基准校中主柴油机或高、中、低压汽轮机。

主机或减速器坐落在木垫块上以前，按第一中间轴法兰或所划的中线和螺栓轴心线将其位置大致摆对。然后用调位工具调整主机或减速器作前、后、左、右移动，使其左右高度调得一致，相差在2毫米以内算合格。当船体没有横倾或横倾在允许范围内，可用连通管水平

仪将主机机座左右高度调得一致。在一般情况下，或船的横倾超过规定时是以基座上平面为基准，用钢直尺测量主机机座左右的高度，并调到一致。调整好后拆除木垫块，用斜铁临时垫好。经初校后，即可进行主机的校中工作。

主机用的调位工具一般是调节螺钉，如图1-11a)所示。对于中、大型主机因重量较大，故多采用楔一螺纹千斤顶，如图1-11b)所示。

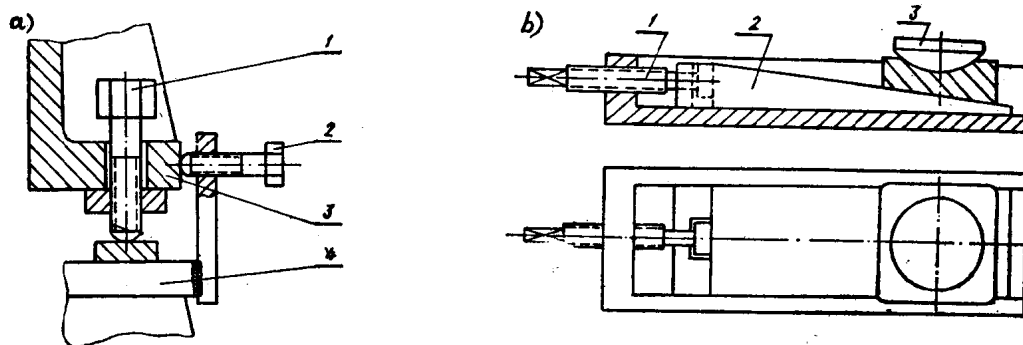


图1-11 调位工具

a)用螺钉调位
1、2-调节螺钉；3-机座；4-基座

b)楔一螺纹千斤顶
1-螺杆；2-楔块；3-自位支承块

一、按轴系理论中线校中

按轴系理论中线校中主柴油机（或减速器）的工作是从调节其轴向位置开始的。根据轴系的设计长度，按图纸规定的主柴油机（或减速器）输出端法兰端面至某号肋位的距离或主柴油机某气缸轴心线对准某号肋位将主柴油机（或机座）的轴向位置调准。

按轴系理论中线校中主柴油机或减速器的方法有两种，即光学仪器法和拉线法。

1. 用光学仪器法校中主机或减速器

在中间轴未安装的情况下可用光学仪器校中主机。

(1) 用两个投射仪校中主机，如图1-12所示。投射仪的形式很多，但其基本原理是相同的，如图1-13所示。在投射仪的本体1中有聚光镜7（收集散失的光能），带有透镜3（为消除象差）的活动对光套2（调节焦距用），刻有十字线的有机玻璃板4和双面凸镜5（对光线起会聚作用），利用光源8可将有机玻璃6上的十字线投射到安装在所需位置上的对光靶4上。

校中时，先将投射仪用夹具分别装在柴油机的前、后法兰上，如图1-14所示。校中前，

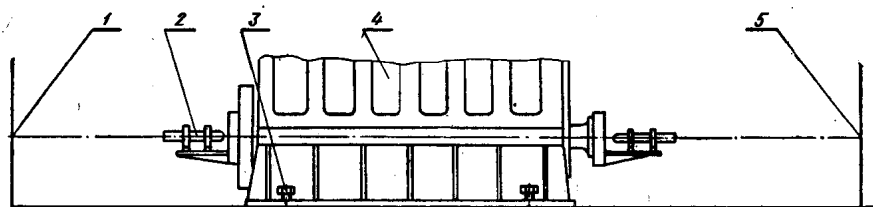


图1-12 用两个投射仪校中主柴油机

1-后基准点；2-投射仪；3-调节螺钉；4-主柴油机；5-前基准点