

船舶机械 设备安装手册

[苏] IO. B. 拉兹德罗金 著

孙起运 译 濮龙根 校



国防工业出版社

U 672-52
L 06

251195

船舶机械设备安装手册

〔苏〕 IO. B. 拉兹德罗金 著

孙起运 译

濮龙根 校



国防工业出版社

0090/22

内 容 简 介

本书阐明了在最少材料和动力消耗前提下,决定船舶机械设备安装工艺过程的效率和经济性的一系列问题,论述了机械设备在船体基座上安装的最佳设计原则和主、辅机与船体基座连接零件的结构·工艺参数计算方法,并对机械安装的先进工艺以及利用现代化技术设备来实现机械安装各主要工序的机械化和进行检验作了介绍。

书中给出了较多的参考图表资料。

本书供设计部门、船厂和科研单位中从事船舶机械设备设计和安装工作的设计人员、工艺人员和科研人员阅读。

Справочник по Монтажу судового

Механического оборудования

Ю. В. Раздвогий

Судостроение

1981

*

船舶机械设备安装手册

【苏】Ю. В. 拉兹多罗金 著

孙 起 运 译

濮 龙 根 校

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/32 印张 3 1/2 185千字

1986年9月第一版 1986年9月第一次印刷 印数: 0,001— 1,310册

统一书号: 15034·3048 定价: 1.75元

前 言

工艺学这门学科的任务，是揭示生产过程的规律性，即如何能在实践中采用时间和材料消耗都是最少、效率最高且最经济的生产过程。船舶机械设备合理的安装工艺应载有解决一系列问题的规定，其中主要包括：

1. 设计工艺性较佳的机械设备与基座间的连接结构；
2. 计算确定机械设备与基座间连接零件的各项结构-工艺参数；
3. 制定直接安装的先进工艺；
4. 采用效率高的工具设备来完成并检验机械安装的主要工序和辅助工序。

只有在上述条款都得以实现的情况下，才能使生产过程具有较高的经济性。

机械安装工作的劳动量取决于机械与基座之间连接点的数量，取决于连接零件的尺寸和工艺性，也取决于所采用的安装工艺和安装技术装备。把在船上进行的机械安装工作改在船厂的车间内进行以及将机械安装工作与船体建造工作同时进行，已经使最大限度地缩减机械安装工作劳动量成为一项特别紧迫的任务。

要求机械设备和基座的支承零件尺寸小而刚性大。连接螺栓的结构型式以及它与螺栓孔的配合均应合理，以便充分发挥螺栓的承载能力并使作用在螺栓上的外加载荷最小。对于补偿件，无论是在结构方面，还是在保证它与机械和与基

座的配合方面，都提出了较高的要求。利用补偿件可以使自由公差的船体结构与有严格位置精度要求的机械协调地连接在一起。

安装船舶机械设备的现行原则是以采用传统的机械与基座连接零件的结构型式为基础的。机械和基座支承零件的现有结构形式还未充分达到尺寸最小而刚性最大的程度。并非机械与基座连接零件的任何一种结构和尺寸都能使材料得到充分利用和最大限度地减少连接螺栓上的外加载荷。

补偿件（垫片）的尺寸，是根据已经过时的所谓“压力锥体”假说，按照传统作法来选取的。按照这种方法，补偿件的尺寸一般总是偏大，而且往往大得很多。如果考虑到补偿件的应用量如此之大，则显而易见，安装补偿件的工作量将无谓地增加。目前，实际上还没有一种以最新的科学技术为基础的计算方法用来计算机械与基座之间的连接零件。因此，不仅连接零件的结构尺寸偏大，而且连接点的数量也偏多，这是与提高生产效率的宗旨直接相矛盾的。

由于缺少必要的研究，所以对于船舶机械设备安装所提出的技术要求，都还是以没有经过严密技术论证的实际经验、作法和建议为根据的。通常，这些要求就预先决定了结合面的加工和装配工作量是偏大的，从而降低了机械安装的工作效率。

用来完成和检验机械安装工作的技术设备种类极其繁多。不同企业所使用的机械化装备和检验设备的技术性能各异。如果设备的重量大以及精度和通用性不足，它们的使用就会受到限制。实际上关于合理利用现有的和新研制的技术设备以及关于采用通用化、标准化的技术设备方面还很少有什么论述文章。采用通用化和标准化的办法以及减轻重量和

提高精度的办法来限制技术设备的种类，将减少设计和制造费用并提高劳动生产率。

在现有条件下，机械安装工作是属于繁重的或特别繁重的一类工作。然而，船舶机械设备种类的扩大以及船舶动力装备的增加和现代主、辅机负载强度的提高，都会使机械安装工作量增加，并提高它在船舶建造总劳动量中所占的比重。同时从整体上来说，对于安装工作的效率和质量以及对于文明生产的要求将会更高。

到目前为止，还没有研究综合处理船舶机械设备安装问题的技术书籍。已出版的书中所阐述的仅仅是某些方面，例如已采用的安装工艺、机械安装工作的机械化和单元组装法等等。

本手册是综合阐述船舶机械设备安装的各种有关问题的第一次尝试。设计人员将在机械与基座的连接部分和连接零件的合理设计和计算方面从中获得不可缺少的知识。设计院和船厂工艺部门的技术人员将在安装船舶机械设备、设计工艺过程以及为完成和检验机械安装工序选择合理的工艺程序和先进的工具设备等方面取得他们所需要的资料。

作者是从事研究船舶机械设备安装问题的。本书是根据他多年积累的材料，同时吸收了各造船企业和修船厂中有关部门专家的意见写成的。

目 录

第一章 船舶机械设备与基座连接零件的设计	1
§ 1 船舶机械与基座间的连接部件	1
§ 2 机械、基座和补偿件支承部分的轴向刚度	4
§ 3 机械与基座连接零件的接触刚性	12
§ 4 连接螺栓的紧固	15
§ 5 决定连接点工作能力的因素	21
§ 6 机械与基座连接的止动	26
§ 7 补偿件的设计	31
§ 8 机械设备的支承脚板和基座支承面板的弯曲刚度	33
§ 9 螺栓连接的紧固方法	43
第二章 机械设备与基座连接零件的计算	48
§ 10 作用在螺纹连接件上的载荷	48
§ 11 基座支承面板的强度计算和尺寸的确定	81
§ 12 基座与机座连接部件的寿命	84
§ 13 对船体基座的要求	90
第三章 船舶机械设备在基座上安装的工艺基础	96
§ 14 船舶机械设备的结构工艺性	96
§ 15 船舶机械设备与基座连接部件的工艺性	98
§ 16 连接部件检验的工艺性	100
§ 17 机械的单元组装	102
§ 18 安装基准	111
§ 19 安装尺寸链	113
§ 20 安装工作的组织	115
§ 21 工艺规程设计基础	117

第四章 船舶动力装置安装工艺	122
§ 22 主柴油机的安装	122
§ 23 汽轮机-齿轮机组的安装	142
§ 24 燃气轮机装置的安装	154
§ 25 船舶辅机和热交换器的安装	162
§ 26 粘结剂在船舶机械设备安装中的应用	166
§ 27 机械设备在玻璃钢船上的安装	172
§ 28 机组的组装及其在船上的安装	174
§ 29 机械振动检验	177
§ 30 轴系的安装	180
第五章 机械安装工作的机械化	182
§ 31 船舶机械设备的吊装	182
§ 32 基座支承面的加工	190
§ 33 安装中的监控-检验工作	198
§ 34 机器校中时的移动	207
§ 35 钻孔	214
§ 36 连接螺栓的紧固	219
附录	225
附录 1	227
附录 2	244
附录 3	259
参考文献	264

第一章

船舶机械设备与基座连接零件的设计

§1 船舶机械与基座间的连接部件

在造船生产实践中，为了把机械设备与船体基座连接起来，采用了种类繁多的连接部件。它们在补偿件的接合性质、结构、形状和材料以及基座材料和连接工艺上，都是各不相同的。

目前机械设备与基座间的各种连接形式，可以归结为五种基本类型：

1. 机械设备与基座直接连接，如图1所示；

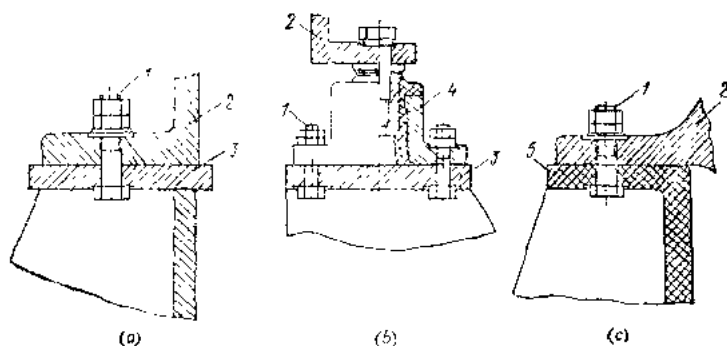


图1 机械设备与基座直接连接

(a) 金属基座；(b) 带减震器的金属基座；(c) 塑料基座。

1—螺栓；2—机械设备；3、5—基座（5为玻璃钢）；4—减震器。

2. 利用就地配制的补偿件连接, 如图 2 所示;

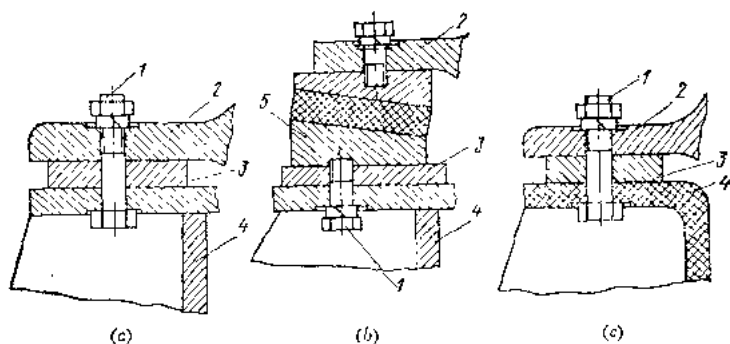


图 2 机械设备与基座利用就地配制的补偿件连接

(a) 金属基座; (b) 带减震器的金属基座; (c) 塑料基座。

1—螺栓; 2—机械设备; 3—垫片; 4—基座; 5—减震器。

3. 利用弹性自位补偿件连接, 如图 3 所示;

4. 利用塑料成型垫片补偿连接面不精确的连接, 如图 4 所示;

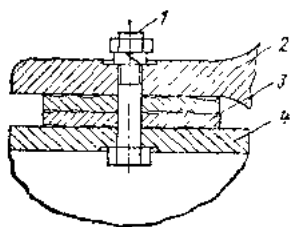


图 3 机械设备与基座利用弹性自位垫片连接

1—螺栓; 2—机械设备; 3—弹性自位垫片; 4—基座。

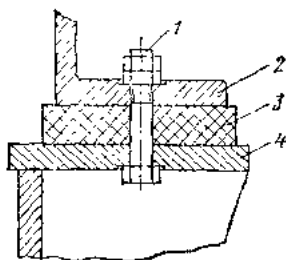


图 4 机械设备与基座利用塑料成型垫片补偿连接面不精确的连接

1—螺栓; 2—机械设备; 3—塑料垫片; 4—基座。

5. 利用混合结构的补偿件连接，如图 5 所示。

机械设备与基座直接连接，完全符合刚性要求（只有一个结合面），因此是一种最理想的连接形式。在其他条件相同的情况下，这种连接能够保证比多结合面连接具有更大的剩余紧固力，因而更为可靠。然而，对于一些重要的连接，由于必须加设补偿件，这种连接方法就不适用了。

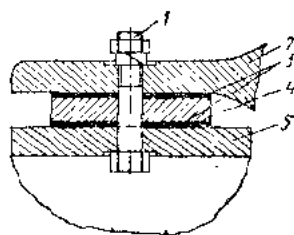


图 5 机械设备与基座利用混合结构的补偿件连接

1—螺栓；2—机械设备；3—粘结剂；4—金属垫片；5—基座。

利用就地配制补偿件的连接，因为增加了结合面的数量（两个结合面），所以不够理想。但是，在需要按照基准点对机械进行精确定位时（主、辅机校中），则不可避免地要采用这种连接。

利用弹性自位补偿件连接应该属于被错误地沿袭下来的一种不好的已经过时的连接。这种连接除了增加结合面数量（三个）外，弹性自位垫片的连接质量也是低劣的。在这种连接中，结合面上的接触变形必然很大，因而剩余紧固力必然很小，这就是说，可靠性没有保证。

利用塑料成型垫片补偿连接面不精确的连接，是一种工艺性好的连接方法，因为这种方法取消了加工基座和修整结合面的工序。但是，由于塑料的法向弹性模数较小，降低了由螺栓压紧的各零件的刚性，结果难以保证得到大的剩余紧固力。

混合结构的补偿件是由金属垫片涂敷薄薄的粘结剂构成的，粘结剂的作用是补偿结合面的不精确并保证较大的接触

面积。利用混合结构的补偿件连接是最佳的连接方法。采用这种方法，一方面取消了加工基座和刮配结合面的工序，另一方面使受压零件具有较高的刚性。由于能够获得足够大的剩余紧固力，因而保证了所需要的可靠性。

为机械设备和基座选择合理的连接方法具有头等重要的意义。在设计螺栓连接时必须以下述要求为出发点：在外力作用下，各连接零件的结构型式应能保证螺栓所承受的载荷始终为最小值。在保证最大刚度的情况下，连接零件的尺寸应选用最小的。

关于各种连接的结构工艺参数的选择，将在以后叙述。

§2 机械、基座和补偿件

支承部分的轴向刚度

我们可以把机械与基座螺纹连接中的受压零件看作是具有半径为 r 的圆柱形孔的各向同性板（钢）或者各向异性板（塑料），如图 6 所示。在板的承压面上作用着均布载荷 q ， q 沿着圆孔周围分布在宽度为 a 的环形面上。

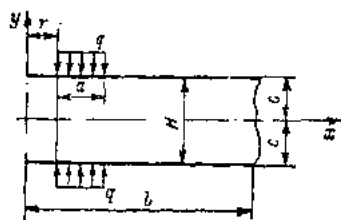


图 3 螺纹连接的受压零件负荷图

1. 各向同性板

板在单位宽度上的应力分量可用某一应力函数的二阶偏导数表示，即

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}; \\ \sigma_y &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}; \\ \tau_{xy} &= -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}; \\ \sigma_z &= \mu(\sigma_y + \sigma_x) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

函数 φ 应满足方程

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0$$

并用下式表示

$$\varphi = \sum_{m=0}^{m=\infty} f_m(\bar{y}) \cos \frac{m\pi x}{l},$$

式中 l —— 确定垂直载荷 q 强度的函数周期;

m —— 傅氏级数的顺序号。

函数 φ 的最后表达式为

$$\varphi = \sum_{m=0}^{m=\infty} (A \operatorname{ch} ky + B \operatorname{sh} ky + C y \operatorname{ch} ky + D \operatorname{sh} ky) \cos kx_0.$$

任意常数 A 、 B 、 C 和 D 根据边界条件来确定:

$$y = \pm l \text{ 时 } \begin{cases} \sigma_x = -p, & x \leq a \text{ 时,} \\ \sigma_y = 0, & x > 0 \text{ 时;} \\ \tau_{xy} = 0. \end{cases}$$

应力 σ_y 为

$$\sigma_y = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = - \sum_{m=0}^{m=\infty} (A \operatorname{ch} ky + B \operatorname{sh} ky + C y \operatorname{ch} ky + D y \operatorname{sh} ky) \cos kx_0$$

由于 σ_y 函数的奇偶性，所以

$$B = C = 0。$$

根据式 (1)，各应力分量为

$$\sigma_x = \sum_{m=0}^{m=\infty} [Ak^2 \operatorname{ch} ky + Dk(ky \operatorname{sh} ky + 2 \operatorname{ch} ky)] \cos kx,$$

$$\sigma_y = - \sum_{m=0}^{m=\infty} k^2 (A \operatorname{ch} ky + D y \operatorname{sh} ky) \cos kx,$$

$$\tau_{xy} = \sum_{m=0}^{m=\infty} k [Ak \operatorname{sh} ky + D(\operatorname{sh} ky + ky \operatorname{ch} ky)] \sin kx,$$

$$A = \frac{2q_m}{k^2} \cdot \frac{\operatorname{sh} kc + kc \operatorname{ch} kc}{\operatorname{sh} 2kc + 2kc},$$

$$D = \frac{2q_m}{k} \cdot \frac{\operatorname{sh} kc}{\operatorname{sh} 2kc + 2kc},$$

式中 q_m ——板的上、下承压面上的垂直载荷；

$$k = \frac{m\pi}{l}。$$

压应力的表达式为

$$\sigma_y = -\frac{qa}{l} - \frac{4q}{\pi} \sum_{m=1}^{m=\infty} \frac{\sin ka}{m} \times \left[\frac{(kc \operatorname{ch} kc + \operatorname{sh} kc) \operatorname{ch} ky - ky \operatorname{sh} ky \operatorname{sh} kc}{\operatorname{sh} 2kc + 2kc} \right] \cos kx_0$$

应力计算结果示于图 7。压应力区内的未知数 σ_y 从某 c/l 数值的曲线与比值 x/d 的交点划水平线，在纵坐标轴上求得，其中 $d = 2r$ 。

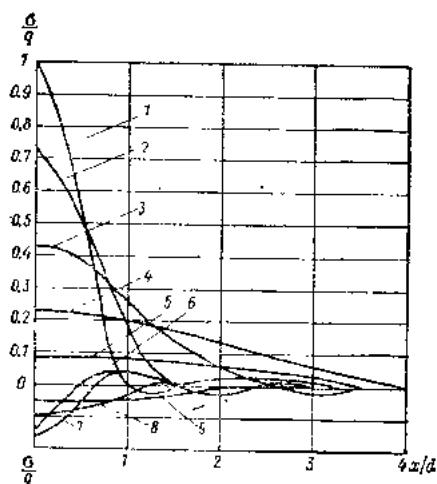


图 7 螺纹连接零件的压应力

不同 c/l 数值时的 σ_y 曲线：1— $c/l = 1/12$ ，2— $c/l = 1/6$ ，
3— $c/l = 1/3$ ，4— $c/l = 2/3$ ，5— $c/l = 1$ ，6— $c/l = 1/12$ ，
7— $c/l = 1/6$ ，8— $c/l = 1/3$ ，9— $c/l = 2/3$ 。

2. 各向异性板

玻璃钢基座的支承面板是各向异性的(双向异性的)。这种由螺栓压紧的支承面板的应力状态，是在研究了具有半径为 r 圆孔的等厚 ($L = 2l$) 各向异性板的弹性平衡状态之后作出分析评定的，见图 8。在板的承压面上作用着均布载荷 p ， p 分布在圆孔周围宽度为 a 的环形面上。

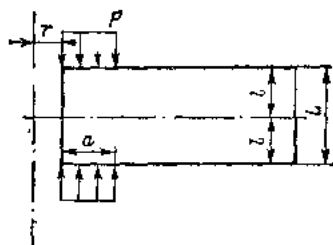


图8 由螺栓压紧的各向异性板的弹性平衡

各向异性材料的平面问题的方程具有以下形式:

$$\frac{1}{E_2} \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + \left(-\frac{1}{G} - \frac{2\nu_1}{E_1} \right) \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{1}{E_1} \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} = 0, \quad (2)$$

式中 F —— 应力函数。

各应力张量分量可表示为

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}; \\ \sigma_y &= \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}; \\ \tau_{xy} &= -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

应力函数 F 可用傅里叶积分的形式表示:

$$F = \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi(\alpha y) \cos \alpha x d\alpha. \quad (4)$$

将式 (4) 代入式 (2) 得

$$\begin{aligned} \frac{1}{E_2} \alpha^4 \Phi(\alpha y) - \left(\frac{1}{G} - \frac{2\nu_1}{E_1} \right) \alpha^2 \Phi''(\alpha y) \\ + \frac{1}{E_1} \Phi''''(\alpha y) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

解方程 (5) 即得

$$\begin{aligned}\Phi = & C_1 \operatorname{ch} \alpha \beta_1 y + C_2 \operatorname{sh} \alpha \beta_1 y \\ & + C_3 \operatorname{ch} \alpha \beta_2 y + C_4 \operatorname{sh} \alpha \beta_2 y.\end{aligned}\quad (6)$$

所求的应力 σ_y 为

$$\sigma_y = \frac{-p}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin \alpha a}{\alpha} \cos \alpha x \Phi(y) d\alpha,$$

式中 $\Phi(y) = \frac{1}{A} \Phi(y)$ 。

当 $y = 0$ 时,

$$\begin{aligned}\sigma_y = & \frac{2p}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sin \alpha a}{\alpha} \cos(\alpha a) \frac{1}{\operatorname{ch} u_2} \\ & \times \frac{1 - \frac{\operatorname{sh} u_2}{\operatorname{sh} u_1} \cdot \frac{\beta_2}{\beta_1}}{1 - \frac{\operatorname{ch} u_1}{\operatorname{sh} u_1} \cdot \frac{\operatorname{sh} u_2}{\operatorname{ch} u_2}},\end{aligned}\quad (7)$$

式中 $u_1 = \frac{\alpha \beta_1 L}{\alpha};$

$$u_2 = \frac{\alpha \beta_2 L}{\alpha};$$

$$A = \frac{p}{\pi \alpha^3} \sin(\alpha a)。$$

式 (7) 中右边的积分可表示为如下形式:

$$\begin{aligned}& \int_0^\infty \frac{\sin \alpha a}{\alpha} \cos \alpha x \frac{1}{\operatorname{ch} u_2} \cdot \frac{1 - \frac{\operatorname{sh} u_2}{\operatorname{sh} u_1} \cdot \frac{\beta_2}{\beta_1}}{1 - \frac{\operatorname{ch} u_1}{\operatorname{sh} u_1} \cdot \frac{\operatorname{sh} u_2}{\operatorname{ch} u_2} \cdot \frac{\beta_2}{\beta_1}} \\ & = \int_0^M f(u) d\alpha + \int_M^\infty f(\alpha) d\alpha,\end{aligned}\quad (8)$$

式中 M ——某一正数。