

〔苏〕 Л. И. 阿特列斯泰恩等 著

姚 蕴 芳 刘 铎 冰 译

唐 恒 忠 校

船体结构的制造 和安装精度

人民交通出版社

船体结构的制造 和安装精度

[苏]Л.И.阿特列斯泰恩等 著

姚蕴芳 刘铎冰 译

唐恒忠 校

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书论述了船体结构的制造和安装精度问题。书中介绍了造船测量技术、船体结构制造精度的技术要求,检查-划线工作,数理统计和概率论基础理论以及船体部件、分段制造和在船台上合拢船体等过程中的尺寸分析。研究分析了提高精度的技术-经济效果。

本书可供船厂和船舶设计单位中从事工艺设计和贯彻工艺规程的工程技术人员使用,同样也可作为造船院校和造船专业师生和进修生的“造船工艺”课程参考书。

船体结构的制造和安装精度

ТОЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И МОНТАЖА КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИИ СУДОВ

Л. И. АДЛЕРШТЕЙН, С. В. ВАСЮНИН, В. Ф. СОКОЛОВ,
Л. Л. СТОЛЯРСКИЙ «СУДОСТРОЕНИЕ»

本书根据苏联列宁格勒《造船》出版社1978年俄文本译出

姚蕴芳 刘铨冰 译

唐恒忠 校

人民交通出版社出版

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 $\frac{1}{32}$ 印张: 8.625 字数: 192 千

1982年5月 第1版

1982年5月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,000册 定价: 1.80 元

前 言

现阶段苏联造船工业发展的特点，主要是不断提高生产技术水平，藉以提高劳动生产率，从而增加造船产量。

最近几年提高造船生产技术水平的方向如下：

- 1.改进现有的造船方法，并创造新的造船方法；
- 2.在生产工艺准备工作中采用数学方法和电子计算技术；
- 3.实现生产过程机械化、综合机械化和自动化；
- 4.在采用工艺性能良好的材料和程控机床及机器等高效率生产设备的基础上，编制新工艺规程；
- 5.应用经济-数学方法和电子计算技术改进生产组织和管理工作的。

这些方向的大部分内容，均在不同程度上与提高船体加工精度问题相关联。只有在使用现代科学和技术成果的基础上，才能解决提高精度问题。

为了客观地解决精度问题，必须采用有科学根据的方法。这些方法通常是建立在制件和结构的制造尺寸分析基础上的。尺寸分析的主要目的是利用互换原则，通过计算来论证公差和组织生产。对此，从技术经济效果来看，互换的程度应是最佳的。

机器制造业在科学地解决精度问题方面已取得很大成就。但是，由于船体结构制造和装配工艺的一系列特殊性，将机器制造业中所取得的成果机械地用于船体制造方面，在大多数情况下是行不通的。这就要求在运用其他工业部门经

验时，独立地研究解决船体制造精度问题的理论。

现在，根据科学研究和设计工作成就，提出了解决船体建造精度问题的基本方法，制定有关船体结构制造和安装精度要求的指导性技术文件，研制了划线和检查工作所需的一系列新型仪器和工艺装备。然而，船体建造的精度问题尚未全部解决。

本书试图总结提高船体结构制造精度方面的工作经验。书中提供的材料将有助于进一步解决船体建造的精度问题，推广新的造船方法，实现生产过程的机械化和综合机械化以及减少造船各阶段的配合工作量。

目 录

前 言	1
第一章 改进船体建造工艺和生产组织的前景	1
§1 造船方法的改进	1
§2 改进船体结构制造工艺和生产组织的途径	7
§3 船体的船台合拢工艺和生产组织的发展	9
§4 船体结构的制造和安装精度对船体工程技术 水平的影响	12
第二章 船体结构的制造和安装精度	14
§5 船体制造精度标准	14
§6 船体结构安装精度的工艺要求	18
§7 船体结构精度要求	26
§8 国外船体结构的制造和安装质量	34
第三章 检查-划线工作	38
§9 检查-划线工作用的原始资料	38
§10 船体结构制造和安装时的划线工作	40
§11 部件和分段检查	46
§12 船舶开工前船台检查	55
§13 在纵向倾斜船台上船体结构的检查特点	57
§14 安装在船台上的结构的检查	58
§15 船台上船舶位置的检查	67
第四章 光学检查方法	76
§16 光学-机械仪器概述	76
§17 船台造船时光学方法的应用	80

§18	分段和总段预号边的光学检查方法	90
§19	用光学仪器改进检查工作	97
第五章	尺寸链理论基础	104
§20	基本概念和定义	104
§21	尺寸链的解	107
第六章	制造船体部件和分段的尺寸分析	120
§22	尺寸分析的用途	120
§23	分段拼板零件制造精度与焊缝间隙之间的关系	124
§24	零件制造精度和平面分段拼板尺寸之间的关系	151
§25	分段构架安装精度	159
§26	尺寸分析对配合工作量的影响	162
第七章	船台造船的尺寸分析	164
§27	尺寸分析的作用	164
§28	尺寸链的提出和组成原则	166
§29	尺寸链的解	183
§30	各种装配接缝预号边效果比较	189
§31	船体分段的制造和装配精度	193
第八章	提高船体制造精度的技术-经济效益	205
§32	船体结构的号边	205
§33	影响船体制造和装配精度的经济因素	208
§34	提高船体结构制造和装配精度的经济合理性论证	216
§35	采用号边方法的经济效果计算举例	231
结 论		245
附录	概率论和数理统计基础理论	247
参考文献		269

第一章 改进船体建造工艺和 生产组织的前景

§1 造船方法的改进

对于各型船舶建造工艺流程图的不同方案所做的分析表明，船体合拢、装配、舱室设备安装和装饰以及其它一些工作，通常出现在网络图的临界线或临界线以下。由此可得出结论，为了改善造船的经济技术指标，将在船上安装的部分工程转移到车间内完成具有重要的意义。这种转移工作，首先可以通过下列途径实现：

1. 扩大船体分段；
2. 制造总段和模段；
3. 船用机械、系统和设备的组装；
4. 管路组装；
5. 分段上船台之前，在其内部安装好机械、系统和设备部分；
6. 把上层建筑做成总段；
7. 应用模段方法进行舱室装饰和设备安装。

为了按照上述方向改进造船工艺和生产组织，必须创造条件，采用高度机械化的生产方法。但是，要实现机械化，就必须解决一系列复杂的技术、经济和生产组织问题。在需要解决的问题中，精度问题具有重要的意义。当用大型舢装好的单元装配船体时，要求配合工作能减至最少，直至完全

取消。

近些年来，在改进造船方法方面已进行了大量的工作。

扩大分段 船体合拢过程，首先取决于分段的数量和尺寸，也就是取决于船体分段的划分。由于加大了分段尺寸，从而减少了分段数量，显著地减少了船体合拢的工作量和时间。

目前，已采用扩大分段造船，特别是建造大吨位船舶时用得更多。图 1.1 为油船船体分段划分方案之一。

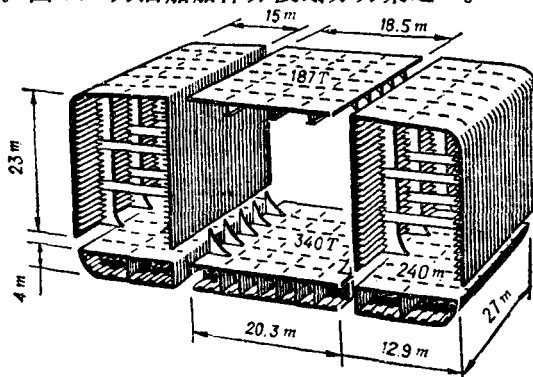


图1.1 “克里米亚”号油船船体分段的划分

采用扩大分段造船，有助于减少零散送到船台的船体零部件数量。在现有船体结构和建造工艺的情况下，每个分段所需零散送到船台的零部件平均达30个。零散部件的安装接缝长度约占相应船体结构安装接缝长度的20%。在船台上安装零散零部件的工作量和工作时间要比装配和安装相应船体结构本身的工作量和工时要多些。在装配零散零部件时，要求完成大量的配合工作，而且难于采用机械化工具施工。

采用扩大分段造船时，不仅可使船体工程移到车间内进行，并可实现生产过程的机械化，减少船体工程的工作量。用扩大分段造船，为把原来在船上安装的机械、系统和设备

等工作转移到车间完成，提供了广泛的可能性。

不久以前，送到船台的船体分段重量和尺寸，在很大程度上受到船台起重设备起重能力的限制。因为大多数船台只配备了起重能力为75~80吨以下的起重机。近年来，由于起重能力为300吨、500吨、800吨，甚至出现了1600吨的大型门座起重机，这提供了增加分段重量的可能性。

在划分船体分段时，应考虑下列因素：

1. 船舶类型、尺度和结构特点；
2. 船舶建造方法和批量；
3. 工厂及其各车间运输设备的起重能力；
4. 在制造、运输和装配过程中分段的工艺刚度；
5. 生产过程中广泛应用机械化、综合机械化和自动化设备的可能性；
6. 扩大预装配和船台装配阶段的施工作业面并确保操作方便的可能性。

上述列举的每个因素，都是划分船体分段时必须考虑的。根据这些要求，人们首先提出多种划分船体分段的方案，并进行分析和技术-经济论证，以便选定其中最合适的方案。这种分析要求对起主要作用的因素进行数量估算。而这种估算实际上只能用经济-数学方法和电子计算机来完成。

机械、管路的组装和分段内部安装工作 安装工作占船舶建造总工作量的12~18%。主机、辅机、管路和系统的安装工作量是最大的。几乎所有这些工作均在网络图的临界线和临界线以下。因而，它能影响造船周期。这种情况在一定程度上可以说明安装工作通常集中在船舶建造的完工阶段。图1.2表明了建造干货船的安装工作量分布曲线。

将机械、系统、管路等安装工作尽量从船上转移到车间的好处如下：

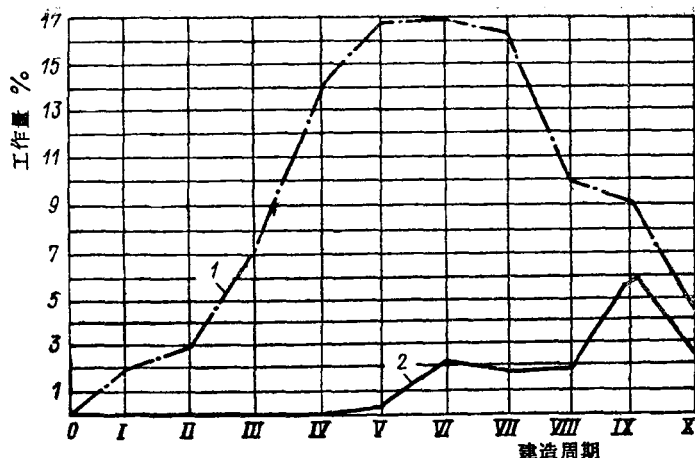


图1.2 干货船各建造工艺阶段的工作量分布
1-总工作量；2-安装工作量

1. 由于车间可采用高效机床设备和广泛使用代替手工劳动的机械化设备，从而可以减少工作量。

2. 改善工作条件、大量减少工时消耗（将工作从船上移到车间之后，其工时定额可减少15~20%）。

3. 不管采用什么船体合拢方法，也不管装配车间全年生产负荷情况，均可保证在整个造船周期内装配工作的均衡性。这对位于气候恶劣地区的工厂尤为重要。

把安装工作从船台转移到车间进行，基本上可用以下方法实现：

1. 主机、辅机、锅炉、系统部件和管路等均应在其运送上船前进行组装。

2. 在船体分段和总段上船台之前，将单装或组装的机械、系统部件等安装到分段和总段内。

机械安装的组合法，正在得到越来越广泛的应用。在船

厂车间内装配机组,可使运输船的安装工作量减少15~17%。预计可将相当于40%的安装工作从船上转移到车间完成,从而使辅机安装周期缩短20~30%左右。

机械组装的进一步发展是向着所谓区域机组装配过渡。这不仅能扩大装配单元,而且还能采用典型舱室设备布置和推行组合-模段造船法。

在一般情况下,分段的管路、系统和机械等的安装完工程度,取决于一系列设计、生产工艺和组织因素。设计因素首先是指船体分段内的机械布置、装配接缝分布及系统敷设线路。在工艺因素中,则精度问题具有首要的意义。

舱口盖的安装 舱口盖在干货船上用得最多。中等排水量船舶舱口盖的制造和安装工作量达到造船总工作量的2%。装配周期长达2~4个月。因此,装配工作常常出现在造船网络图的临界线以下,有时超出临界线。如果将部分或全部舱口盖装配工作从船上移到车间或专门的场地上进行,则可缩短造船周期和减少工作量。

广泛使用的不在船上装配液压传动水密舱口盖的方法,主要有三种:

- 1.在平台上装配舱口盖盖扇,然后将其移到船上,安装在货舱口围板上。

- 2.在平台上装配和焊接货舱口围板,并将舱口盖安装在围板上。

- 3.在甲板分段上船之前,将货舱口围板安装在分段上,然后再将舱口盖装在舱口围板上。

第三种做法最好。因为采用此法后,可保证把最大工作量转移到车间完成。

用总段造船法建造排水量为11,800吨的“共青团五十周年”号干货船时,全部舱口盖装配工作不是在船上,而是在

甲板分段上完成的。该船上甲板共有5个货舱口，每个货舱口有4扇双折叠式舱盖，并装有液压传动装置。舱口盖尺寸为10,280×11,480mm。

在平台上装配舱口盖顺序如下：首先将总段上甲板分段的纵、横接缝装焊起来；然后再焊上货舱口围板的零部件；最后，装配舱口盖板、安装基座、液压千斤顶和其他安装零件还要完成、控制台、系统和管路安装。

在完成装配工作和整套系统交验之后，进行液压试验，检查零件的强度和连接的密封性。最后一道工序是在平台上进行舱口盖的检验工作。完工的舱口盖连同焊接在相邻结构上的上甲板分段一起送往船体总段。舱口盖的大部分装配工作，都是在平台上用普通工艺进行的。为了保证装配结构尺寸和形状的公差要求，在舱口盖装配的不同阶段，进行综合测量。例如，在焊接纵向接缝和横向接缝前后、安装和焊接货舱围板的零部件之后，以及从平台上卸下甲板之后，均应测量上甲板分段的形状和尺寸。此外，还要测量舱口盖围板上支撑板的水平度和舱口盖上缘开口尺寸。在总段上安装结构时，应测量上甲板的高度，货舱口围板上部支撑板的平面度和直线度等。从分析所得的测量数据中，可以得出结论：按照现行的船体和装配工作精度要求，在平台上装配舱口盖，能够满足对它提出的全部要求。

上层建筑总段建造 大部分生活舱室和工作舱室（占40～60%）布置在上层建筑和甲板室内。因此，在上层建筑内集中了大量的船体工程和装配工作、以及舱室的设备安装和装饰工作。一般地说来，上层建筑的制造和安装的工作量，可达到船体建造总工作量的20%。

对各类船舶建造的网络图所作的分析表明，通常上层建筑的建造工作均在临界线上，因而直接影响造船周期。如果

不在船上，而是在船台上，建造船体的同时，进行上层建筑的建造和内部安装工作，则可以缩短造船周期，减少上层建筑建造的工作量，保证工人工作负担的均衡性。大型门座起重机的出现，促进了上层建筑总段建造法的推广。

根据上层建筑的不同尺寸和重量、以及起重运输工具的不同能力，上层建筑的建造和安装工作，可用下列任何一种方法完成：

1. 上层建筑做成一个总段，并在船上进行装配；
2. 将上层建筑分成几个总段建造，并分别在船上合拢和装配。

这两种方法的施工工艺原则是一样的。当船台上装有足够起重能力的起重机时，上层建筑总段安装上船不会有任何重大问题。

“克里米亚”型油船的上层建筑是采用总段法建造的。该上层建筑分成5个总段，都在流水作业线上建造的。完工后的总段，用320吨门座起重机吊装到船上。

当船台缺少足够能力的起重设备时，上层建筑总段可以在船舶下水后，用相应起重能力的浮式起重机来吊装。“北极”号破冰船上层建筑总段最大重量达480吨，就是用浮式起重机解决的。

§2 改进船体结构制造工艺 和生产组织的途径

装配焊接工作量占造船总工作量的18%。装配焊接生产的机械化程度达到了30~35%，其中，焊接机械化程度为80~85%。

改进装配焊接生产的主要方向如下：

1. 研制和推广部件和分段装配和焊接的先进工艺规程;
2. 生产过程的机械化和综合机械化;
3. 改进生产组织。

本书着重研究的主要问题为:

1. 改进零件加工 (应用分析方法, 利用程控机器人和机床等) 方法, 提高船体零、部件的尺寸和形状精度;
2. 采取预防和减少焊接变形的措施;
3. 在制造船体部件和分段时, 用分析方法 (应用电子计算机) 确定几何参数;
4. 利用光学仪器进行划线-检查工作, 首先是用光学仪器进行分段号边。

装配焊接车间的生产机械化和综合机械化, 可使部件和分段建造工艺规程典型化。从而可以达到:

1. 由于推行了最完善的典型工艺规程, 可以实现船体部件和分段通用化和减少船体结构建造工艺过程;
2. 利用机械制造业广泛使用的成组加工工艺的原则;
3. 组织一定类型的船体部件和分段的专业化生产线和专业化生产工段;
4. 设计制造船体结构装配焊接用的典型机械化装备。

船体分段和部件机械化生产线, 最好采用强制节奏的流水定位生产方法。这种方法不适用于个别类型分段和部件 (如首尾立体分段、桅杆等) 的生产线 (或工段), 因为, 这类构件船上用的很少; 就是在年度计划中也为数不多。所以, 在这种生产线上, 用流水定组法组织生产为宜。

机械化流水线上每个工位, 固定完成一定的工序, 配有自己的设备, 并可平衡所有工位的工作时间。

在综合机械化的装配焊接车间内, 借助电子计算机完成作业计划和工艺计划工作, 确定向流水线投放构件顺序, 保

证工位设备均衡而有节奏的负荷，协调流水线的工作等等。

目前，正在研究机械化的科学原理以及装配焊接车间机械化和综合机械化的典型组织和工艺设计。同时进行某些机械、组合机和流水线的制造和调试。

只有科学地对待精度问题，并用机械化和综合机械化的生产方法，制造船体部件和分段，方可显著地减少配合工作量。

§3 船体的船台合拢工艺和 生产组织的发展

船体合拢工作量约占造船总工作量的20%。船台上船体工程机械化程度（主要是焊接和起重运输作业的机械化）不超过25%。实现船体装配工作机械化的困难在于：船体结构工艺性不好，很多工作施工条件复杂，没有固定的工作位置以及工艺操作的多样性。

为了保证船体制造向机械化-手工生产过渡，制造了机械化装配工具。这些工具包括液压千斤顶、冲击-转动式气动千斤顶。机械化工具同最简单的工艺装备配合使用，可以减轻安装-装配工作，并可简化分段的移动与外壳板和构架梁的连接工作。

下一阶段是从机械化-手工生产向全部机械化过渡。通过实现机械化生产及改进造船方法，可以显著地提高船台劳动生产率。机械化生产是利用由专门能源驱动的机械和设备完成生产过程（操作）。这时机器和设备的操纵、辅助生产过程及操作还要部分地用手工完成。

在机械化造船生产条件下，所需要进行机械化的主要工艺操作如下：

1. 在船体合拢时，安装船体结构；
2. 船体结构装配接缝的装配和焊接。

船体结构安装过程的机械化原则方案，取决于船体结构-工艺特点、船台类型、造船工艺和生产组织方法。根据不同的结构类型和安装工艺规程，可将所有船体结构分成四类：

1. 安置在船台支撑装置上的底部分段和类似分段；
2. 舷部和隔壁分段；
3. 甲板和平台分段；
4. 小型船体结构（基座、舢龙骨，等等）。

前三类包括了大多数的船体结构。第四类所占比重不大，约为船体总重量的2~3%，但所需工作量较大。

在第一类结构安装机械化方面，已取得了一定的成就。例如，广泛应用配有对整中心装置的移船平车；研制推广了倾斜船台用的机械化支撑装置；顺利地进行了配有对整中心装置的液压升降设备样机试验。船体结构安装过程的自动化已有了实现的可能性。已经生产的和正在生产的第一类船体结构安装机械化设备，还能保证在船台上实现船体支撑，以及将船舶移到下水设备上的机械化。

第二类船体结构安装的机械化问题暂时尚未得到解决。

第三和第四类船体结构安装所需的工作量和时间不多，而为完成这些工作所需的专用设备很多，但真正使用它的时间很少，所以最好制造通用设备和工具。这些通用设备和工具可以用于各种类型和尺寸的结构安装工作。

在进行机械化装配生产条件下，结构装配工作是用专用机械和组合机械完成的。这类机械和组合机械应该尽可能承担临时焊接附属装备的安装工作，并避免工人用手工搬运设备。