

基于质量控制的舰船建造精度管理探讨

周 宏 蒋志勇 马晓平

(华东船舶工业学院)

提 要 本文概述了舰船质量控制体系,保证舰船质量的新技术及其应用前景。

主题词 质量控制 系统工程 造船 精度管理

1 前言

质量是一个复杂、多方面的概念。现代质量概念认为产品质量是产品满足使用要求的特性总和^[1]。它不仅包括传统的性能,对舰船而言,具有自身的重要特性。

而舰船建造是一个复杂的系统工程,具有以下特点:

- (1) 单件生产、周期长、建造过程复杂,难以控制工艺过程;
- (2) 技术和生产组织直接影响质量,成本以及工期;
- (3) 舰船的建造部分依赖手工操作,施工条件差。

由于以上的特殊性,舰船的质量控制也是一个大的系统工程,必须建立完善的质量控制体系。

2 舰船质量控制体系

舰船质量控制体系是保证舰船设计战斗力的各种方法特性的总和,即为实现舰船设计战斗力保证质量的体系总和。

2.1 工厂基础工艺标准体系

工厂基础工艺标准体系是以舰船生产过程中的工艺、规则、方法为对象的指导性技术文件,是保证舰船质量的依据和关键。主要包括,为了达到一个工艺要求而制定的工艺标准,诸如密性试验、跟踪补偿体系、分段预钻孔等以及岗位作业标准。有了良好的工艺标准体系,就明确了质量控制所要达到的质量目标,也就是明确了工艺基础标准的要求。有了质量目标,才能据此制定质量计划,以便对舰船进行质量控制,为舰船建造提供施工依据和为决策者提供技

术依据。

2.2 工厂生产设计体系

生产设计作为舰船三大设计阶段的最后一个阶段,与舰船的建造质量关系最为密切。因此,工厂生产设计体系是提高质量的重要保证。生产设计是一种现代造船技术,是在详细设计的基础上,按照现代科学管理的要求,根据工厂的生产条件和技术水平,以合理的总体建造方针为指导,根据工艺阶段和施工区域绘制工作图、管理图表以及提供其他管理信息,用以指导和组织生产,即考虑高质量、高效率、短周期,解决怎样造船和组织造船生产的设计过程。因此,生产设计贯穿于整个舰船设计过程^[2]。生产设计实现了设计、工艺和管理的纵向统一,便于组织生产和管理,减少重复劳动,提高舰船的建造质量,同时实行了船体、轮机、电气等专业的横向协调,便于对舰船生产进度、质量要求和安全生产等进行全面质量管理、为预舾装工作创造了条件,极大地提高生产效率和舰船质量。

2.3 计划体系

计划体系是一个工厂和公司生产运作的导向,是保证生产进度、均衡运转的基础,是现代化生产管理体系的基础。计划体系包括年度生产经营计划、生产技术准备计划、年度生产计划和施工计划,以及各部门为完成大节点计划而编制的中日程计划等。计划体系应考虑壳舾涂一体化问题,贯彻以船体为基础,舾装为中心的原则,切不可片面追求建造速度,而要达到整体的协调统一,这样才能优化合理化工艺流程,把握生产控制的主动权,提高舰船的质量。

2.4 员工素质和教育培训体系

在舰船建造中,人员是最主要的生产要素,同时也是质量管理活动的核心。优化配置科技管理专业和技术人员,制定培训计划,对于提高产品的质量具有决定性的意义。在传统生产组织模式中,员工强调的是其在部门的经验和专业知识,而在产品导向型

生产组织模式中,则是管理技能和综合技能,而不是专业知识。随着新的造船模式的应用,必须建立新的企业教育培训体系。

下面是日本企业的教育培训体系,它不仅强调技能方面,而且在意识方面、态度方面都非常重视,值得我们借鉴。

(1) 分阶层教育(进公司时研修、女职工研修、骨干职工研修、科长研修、部长研修、经营者研修);

(2) 各职别业务能力教育(推销人员研修、技能人员研修、技术人员研修、国际关系人员培训研修);

(3) 特殊目的教育(海外干部研修、信息处理研修、中高年人员研修);

(4) OJT(在工作中培训);

(5) 自我启发(进行取得资格的援助、读书指导等);

(6) 海外留学(派往海外商业学院、法律学院等)。

2.5 各种信息反馈体系

从现代制造系统角度看,舰船建造是一个复杂的太系统,由分散和相互联系的信息流和物质流构成。在舰船建造过程中会不断产生大量的生产信息,其中许多信息与产品的质量有关。因此,要对舰船生产过程中产生的信息进行有目的、有计划的收集、传递、贮存和处理,并充分加以利用,这对保证产品质量具有十分重要的意义。如在建造生产线上设置信息收集点,使用统一的格式,有计划地收集信息,并由各级信息中心汇总分析,各有关管理部门作出相应的决策和指令,实现信息反馈的闭环控制。

2.6 过去该厂承接同类或同档产品的历史性

指该厂(或公司)的建造经验和相应积累的数据库、集中表现在企业的文化,它表征该企业整个发展历程,是今后发展的基础。

3 提高舰船建造质量的新技术

舰船采用传统建造方法,无法开展预舾装,建造质量也无法控制,生产效率低,船体和武备质量受影响。引进先进制造技术,采用以中间产品为导向的分段、总段、模块造船法来取代传统造船法,使船体、舾装和涂装并重,可大幅度提高劳动效率,并使舰船的建造质量处于控制中,从而改善建造质量。

3.1 建造的托盘化

舰船建造托盘化是区域造船方法的体现。“托盘”是舰船现场生产作业的最小单位,也就是内场制

造工艺品的采购、集配中心的集配和外场安装的最小单位^[1]。舰船以托盘为单位组织建造和生产,这样,舰船的质量可以通过控制托盘的质量来提高。因此,舰船建造的托盘化,是提高舰船建造质量、缩短造船周期和降低造船成本的科学建造方法。

3.2 舰船功能单元技术

未来舰船建造将向模块化发展,但是,现阶段仅能做到武备单元的模块化,而主船体则从功能单元入手。舰船功能单元是具有两种或几种功能复合而形成的一个完整的整体,其外界联接方式简单,且能实现整个单元的外购外协。这种单元多分布在轮机舱内。

3.3 模块化技术

模块化技术是应用成组技术、生产设计和模块设计的原理,以计算机辅助设计与制造为手段,实现舰船制造的壳舾涂一体化、区域化、模块化制造。采用模块化建造技术,可以将船体总段装配法和设备单元舾装法有机结合(其先决条件是船体结构设计合理,船体零部件主要参数标准化),可使建造规范化,提高生产效率和建造质量。

在潜艇建造过程中,采用总段建造法进行机电设备的预舾装,建立潜艇总段模块化设计制造体系,以缩短建造周期和保证建造质量。武备及系统的模块化,提高了舰船整体的可靠性、可用性及可维修性。图1为舰船模块的一种划分方法。

国外已经采用的主要是功能模块,把舰船装备或系统按功能或层次体系分成若干个有接口关系的相对独立单元,再按照通用化、系统化、组合化的设计和生产原则,以不同的方式排列和组合成舰船装备或系统,实现了舰船标准化与系统工程的相结合,工件流动合理顺畅,极大地提高了预舾装率和建造质量。苏联当时在潜艇建造中采用模块化技术,使其预舾装量达到70%左右,充分保证了舰船的建造质量。日本石川岛播磨船厂在建造“Fortune”型船时,将船体和舾装工程设计成几乎完全分开形式,并扩大分段(模块)到接近起重机的最大起吊能力,在内场就把管子舾装件、机械设备、电缆、地板、梯子和管路的支架等全部装在一个模块内,然后整体吊装上船,完成率均在90%以上。特别是电气部分,以往安装不方便,采用模块化建造时,能够将机舱控制室的主配电盘等的电缆舾装工程在内场完成,施工精度和质量大大提高。美国“海狼”级攻击核潜艇(总段模块分为艏部、指挥舱、反应堆舱、艉舱、指挥台围壳

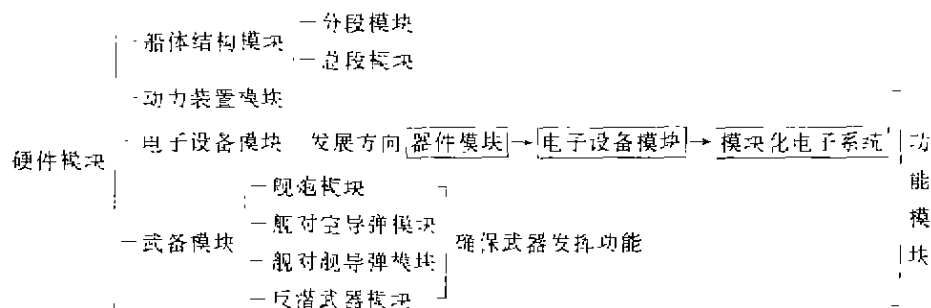


图1 舰船模块的划分

模块)和荷兰的“海猪”级潜艇采用模块化方法建造,都提高了潜艇的建造质量。

模块化建造由于模块的专业化生产,有利于调整主产结构和组织生产,改善生产和组织管理以及质量管理,提高舰船的建造质量。舰船设计与制造引进模块化技术已经成为现代舰船的发展方向。

3.4 信息化技术

信息化技术是改造传统工业的有力手段,是实现现代化造船的途径。信息化技术依赖于计算机技术、数据库技术,是向数据化造船迈进的一个必要过程。目前,我国正在研究开发高度集成的舰船制造动态管理信息系统,为舰船的制造提供全部设备、管路、电缆、基座等信息,提高设计和施工质量,有利于计划制定和生产管理,对建造过程实施有效的控制。

3.5 决策新技术

舰船建造是一个复杂的系统工程,其特殊性是,建造质量控制是分散的,而且从经济学的角度来看,不能追求不必要的质量,以免延长建造周期和增加成本,因此,舰船的建造是一个多目标的决策系统,必须采用新的决策技术,其佳达到最优。文献[3]提出的舰船建造总体决策模型,如图2所示。图中成本属性 $C = f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, 作业时间属性 $T = f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, 质量属性 $Q = f_3(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, 柔性属性 $F = f_4(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, 环境优劣程度 $E = f_5(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, 为目标函数; $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ 为决策变量。

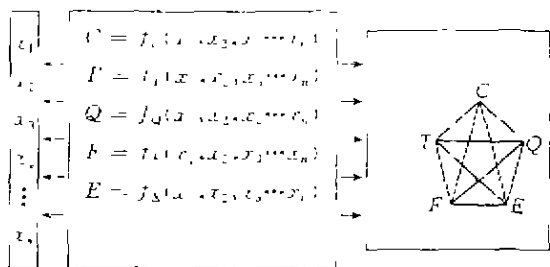


图2 舰船总体决策框架模型

4 精度管理技术在舰船建造质量保证体系中的应用

4.1 精度管理与舰船质量的关系

舰船精度管理是舰船质量的关键(图3)。在舰船建造中推行精度管理是生产的客观要求,也是确保舰船建造质量,促使科学管理生产,缩短造船周期,提高造船生产技术水平的重要手段。

舰船建造精度管理实质上是一门管理技术,是通过建立合理的船体建造精度标准,通过科学的管理方法,辅之以改善设计与工艺,包括工装、设备的改进,以及防止施工误差的各种对策,对造船进行全过程的尺寸精度分析与控制,以保证船体工件在各个工艺流程阶段内所规定的尺寸精度,达到最大限度地减少现场修整工作量,提高工作效率。随着船体加工精度的不断提高,船体装配、焊接的精度也随之提高,这样就可靠地保证了船体的建造质量。

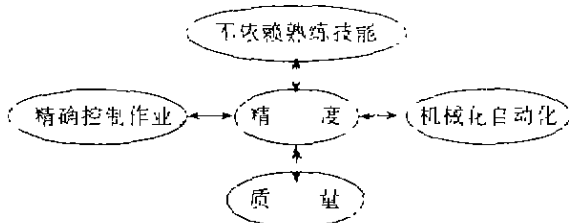


图3 精度的影响

精度管理与生产设计及全面质量管理之间存在密切联系,如图4所示。生产设计包含的内容多数与船体建造尺寸精度控制相关联,船体建造精度管理所涉及的工艺技术要求必须通过生产设计予以贯彻。从管理角度看,造船精度管理是全面质量管理的组成部分,要与全面质量管理的保证体系相结合,并把其管理内容纳入全面质量管理中去,以便建立一个比较完整的、准确的、及时的造船精度信息系统。为达到这个目标,需要前述五大新技术、六大体系,总之必须突破传统观念,把舰船质量控制落实到工

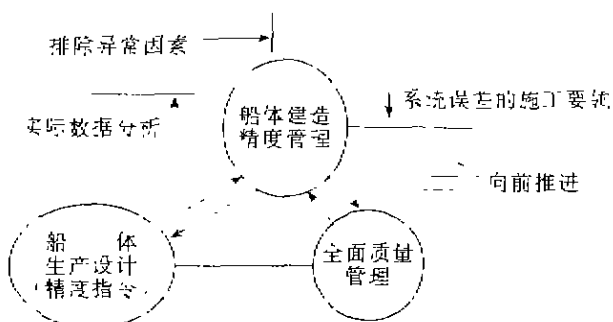


图4 精度管理与生产设计及全面质量管理的关系

控制体系上，这里必须实现以下两个突破。

4.2 精度管理上的突破

我国船厂20世纪70年代开始研究并逐步推广船舶精度控制技术以来，各厂根据各自的具体条件，不同程度地采取了加放补偿量或预修装精度管理方式，对精度控制技术的内涵、理论（数理统计、尺寸链计算方法、内容有了较为完整的认识，在精度管理理论、精度计划、工作实践及产品精度上取得了经验与成果，但是，船厂的精度管理水平仍然不是很高，管理制度尚不完善，还未形成体系，测量手段落后，而且仅局限于船体建造上的应用。

日、韩已形成一整套精度控制管理体制体系，将精度控制管理贯穿于造船的整个过程，即每年制定一个精度管理计划，确定基本方针、工作重点，各阶段精度控制项目，控制的目标值、实际的测量值，计量单位，工艺流程基准线系统等，并配有先进的三维坐标测量装置（系统）。目前，日、韩分段精度控制的成功率为80%~95%，大台拢间隙基本控制在3~5mm，最大为12mm。

精度管理水平的提高关键在于要结合管理，要从管理体系和制度上有效地保证精度控制技术的推广，同时要不断深化生产设计。船舶建造精度管理的工作核心（即最终目标），是船舶建造过程中如何运用系统补偿量逐步取代余量的问题。因此船舶精度控制的发展方向是系统补偿量逐步取代余量达到100%，精度管理要从船体建造扩大到舾装、管系以及机电安装，同时还要充分利用计算机技术。由于船舶建造的特殊性，必须对船舶建造的全过程实行精度管理。现阶段应健全精度保证体系，建立完善的精度管理制度，控制热变形，完善精度控制检测手段与方法，提出精度控制目标，确定精度计划，改进设计工艺，制定预防尺寸偏差的工艺技术措施，推行生产设计、成组技术及精度管理的三结合。

4.3 概念上的突破

在船舶建造过程中引入统计质量管理，提高了

周宏，等：基于质量控制的船舶建造精度管理探讨

船舶的质量和生产率。然而，统计方法倾向于表明一般的解决方法，并没有从理论上分析对质量影响的各种因素相互之间的对应性。随着计算机硬件和软件的发展，以及在造船业中的广泛应用，可以采用有限元法等数字方法模拟舰船的建造过程，如钢板的火焰切割、热弯、焊接和水火矫正。采用上述模拟技术，可以精确地估算各加工和装配阶段板材和船体分段的变形，使生产过程从统计分析变换到理论分析，如图5。

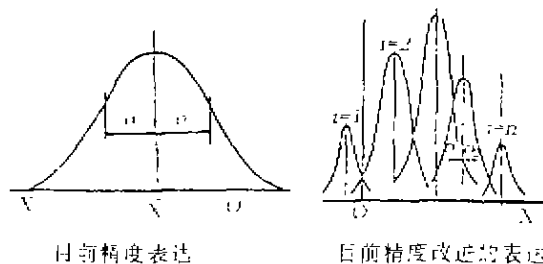


图5 精度的表达

新概念改变了现行统计方法综合处理包含各种参数的所有因素，将尺寸分布按照板厚、材料几何形状和热输入之类的各种因素逐个处理，以直接确定由加工和装配引起的各船体结构的变形，提出相应的控制和改进措施。

根据新的精度概念，构造如图6所示新的精度管理模式。图中X轴和Y轴分别为数字模拟和机械化的程度，Z轴为工作标准、维护和监督之类的日常精度管理。

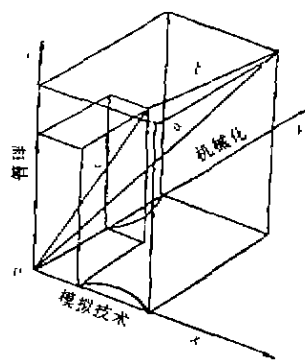


图6 理想化的精度管理模式

现行的精度管理仅强调Z轴。X、Y和Z轴相组合的矢量 a 即为总的精度水平。而根据新的管理模式，如果 a 为当前的水平， b 是为了改进而采取的对策，最终的精度水平由矢量 c 表示：

$$c = a - b。$$

$$\text{式中 } a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}，$$

曲板辊轧线的准确生成

徐兆康

(武汉理工大学)

提 要 本文介绍了船体可展曲板的辊弯(或压弯)加工辊轧线准确生成的几种方法,适用于以手工放样和数学放样为基础的船体建造。

主题词 曲面 船壳板 弯曲成形

1 概述

船体构件加工中,可展曲板和用水火弯方法加工的不可展曲板,一般都要用辊弯机(或压力机、万能弯板机)对其进行单曲度的辊压加工。加工前应在工件上划出辊轧线,辊轧线的准确与否直接影响曲板的成形效果、加工难度和加工效率。虽然人们研究了各种方法,以期较准确地求出曲板的展开图形,但是,若辊轧线不准确,将使加工出的曲板的曲形和边缝,均不能和设计要求的曲形和缝线相吻合。如果有时将曲板作一些移动(旋转、平移),可能碰巧和要求的曲形贴合,但缝线却不能吻合。若下料余量较多,余量尚能对边缝线的错位起到一定的补偿作用,而对要求准确的曲板展开和下料来说,只得将不符合要求的曲板进行矫正,以满足安装要求。实践证明,这种矫正加工难度大,效率低。因此,船体曲板的准确加工成形,一方面要求取曲板的准确展开图形,另一方面要有正确、恰当的加工方法和加工标识(即辊轧线),二者相辅相成、缺一不可。对于单曲度板的辊压加工,事先在工件上作出准确的辊轧线,显得尤为重要。

2 辊轧线的传统求取方法

目前,求作辊轧线通常用以下简单方法。如图1,将曲板加工对样用的三角样板中的首、尾两块叠合在一起,使其检验线边重合,并使首、尾两块样板上检验线与样板曲线的交点 a 与 a_0 重合;然后使叠合在一起的两块三角样板的曲线边与同一平面相切,在三角样板上标出切点 B 、 C ;量取 B 点到上纵缝线的曲线长度 s 和 C 点到下纵缝线的曲线长度 t ;再以 s 和 t 在曲板展开图(或曲板加工前的平直工件)上的相应位置定出 B' 和 C' 两点,用直线连接 B' 、 C' 两点,即得到第一根辊轧线 $\overline{B'C'}$ 。这根辊轧线也可以用计算方法求得^[1],不难看出,其基本原理是一样的。

以这根辊轧线为基准进行辊弯定位,可以辊弯出两端曲形相同的柱形曲板。然而,实际船体表面除

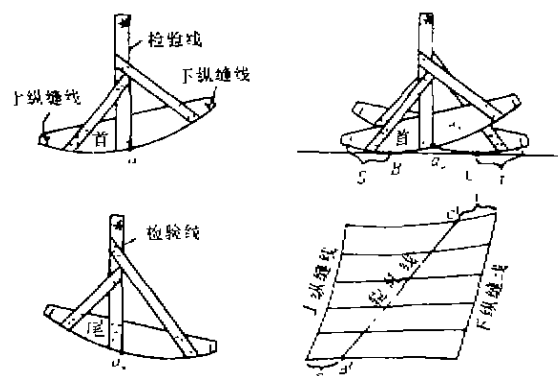


图1 用三角样板求取辊轧线

α_1 —— 数字模拟的程度;

α_2 —— 机械化程度;

α_3 —— 管理程度。

对于精度控制管理,保持三个维的平衡是至关重要的,只有这样,才能有效地提高舰船的建造精度管理,也就是相应地提高舰船的建造质量。

5 参考文献

· 20 ·

- 1 马运义,徐秉权,孙格章,等.可靠性技术的应用.北京:国防工业出版社,1996,21~25.
- 2 王勇毅.船体建造工艺学.第二版.北京:人民出版社,1988,218~219.
- 3 刘建峰,秦士元,应长春.面向集成的船舶制造系统分析.船舶,2000,(2):17.
- 4 Hardison R R. Accuracy control-The key-stone of quality in shipbuilding. Materials Evaluation, 1998, (1): 67.