

船舶建造中一种先进的精度控制方法

科技局 刘小凡 编译

1671

本文推荐一种基于先进的确保船体(分段)结构高度准确的新船建造概念,并举出以先进的三维测量系统作为精度控制手段,在船体分段装配和大合拢过程中检查分段准确程度的实际范例。

前言

50年代后期,日本就提出了质量控制思想,船体精度控制的概念也随之应运而生,并广泛应用于船体建造的每一个阶段,在生产中取得了显著成效。然而,当时的水平距离在大合拢阶段无需对分段做任何修整的最终目标还相去甚远。

下面将通过最新的分析成果来说明当前精度控制的状况。

在大合拢阶段装配和焊接的工时分析

图1所示的是最近在某一船厂就船体大合拢阶段装配和焊接工作所耗费工时情况的随机抽样结果。

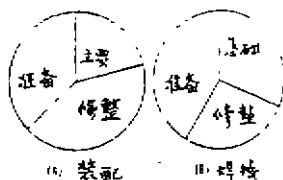


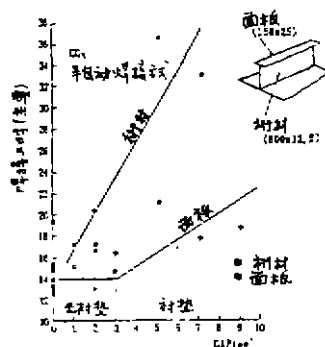
图1. 大合拢阶段的工时分析

1. 装配——其主要工作(基础定位搭焊工作)仅占装配总工时的1/6,而修整工作所用的工时如修割或由于尺寸不准造成的重新拆卸和捶打(用千斤顶)举抬等装配附加工作工时约占1/2,预先准备工作如现场清理、向下一工位移送工件和工具或

胎架准备等工时约占1/3。很明显,船厂的目标是节省占装配总工时一半的修整工作。

2. 焊接——由图可以看出,基础焊接工时仅占总焊接工时的1/3,另1/3用于工具准备、现场清理和工位间移动等准备工作,还有1/3用于各种各样的修整工作,如装配过程中的补焊、再开坡口及坡口打磨等。

另外,尽管难于作出精确的分析,但很明显,在实际焊接过程中,一部分工时是花费在较宽的缝隙填加大量的金属衬垫工作上,见图1(b)。由于对接端缝的尺寸不精确,导致了焊接工时的延长情况见图2。很明显,通过改进精度从而减少修整工作,基础工时也是可以缩短的。

图2. 由大合拢间隙所造成的焊接工时增加情况
3D分析系统介绍

现有的线性的、二维的测量方法,对三维船体分段出现的偏差和扭曲不可能测量准确,这就需要一种能测量10平方米以上分段、精度在几毫米以内的测量仪,人们为

此已经探索了许多年。在仪器制造商—Sokkia 有限公司、IHI 及另外三家船厂的参与下,日本造船联合会超现代化委员会三坐标测量研究小组于 1982 年研制出一项新的测量技术。

研制之初,研究小组分析了两和仪器的实用性,一种是基于三角测量的电子经纬仪,另一种是距离——角度测量仪。在测量中,若用第一种仪器要使两测量仪(复式测量)之间的距离准确不变是相当困难的,况且还有电流的不稳定、仪器搬运不便和可能需要三个以上的仪器操作人员等诸多因素,因此,研究小组决定不采用复式经纬仪而集中精力去研究距离——角度测量仪。

研究小组经过五年的努力,将距离——角度测量方法用于船体精度测量,并对仪器做了进一步的改进,使之测量更精确,操作更方便。研究小组解散以后,制造商又继续对仪器进行了改进,最终于 1989 年生产出了定型产品“网络 2”,1990 年生产出“MONMOS”总体测量系统,这些仪器目前已在日本的船厂得到实际应用。

三维测量仪“网络 2”一经问世,便首先用于东京船厂,接着,该船厂将船体测量系统(以下称 3-D 分析系统)通过个人计算机与“MONMOS”相连接,使之通过屏幕即可看到分段的实际形状,随后其它一些船厂也陆续引入了“MONMOS”系统。“MONMOS”在修船领域的应用也取得良好效果,通过测量船壳被损坏部分周围的船体形状即可重新确定其该修复部分的形状。

“MONMOS”系统

下面是关于“MONMOS”系统的简介。“MONMOS”系统由一个测量仪器和一个用于数据处理的控制终端组成(见图 3)。

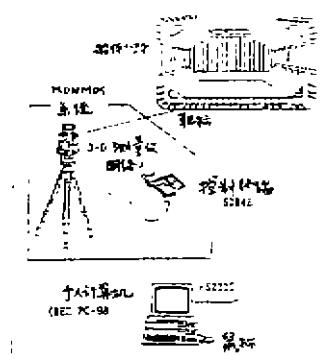


图 3. 三维分析系统结构



图 4. 微棱镜靶

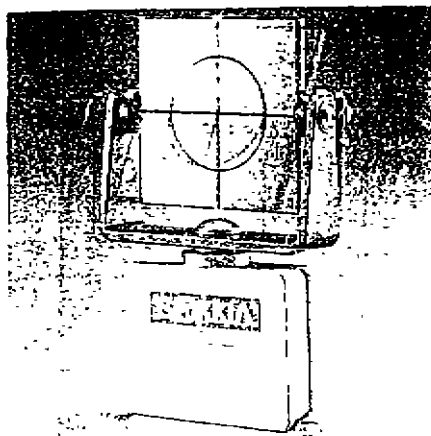


图 5. 旋转靶标

测量仪:用近红外线距离和角度测量仪;测量精度:角度 ± 2 秒 距离 $\pm (1+2 \times 10^{-6}D)$ 其中D为在毫米范围内的测量距离;可测量距离:2至100米;反射靶:微棱镜反射面(10—90mm²),旋转靶(见图4、图5)

测量方法:三角测量法是测量(被测量物)两边的距离(I—O和I—Pi)和夹角(纵向角度和水平夹角)(见图6);

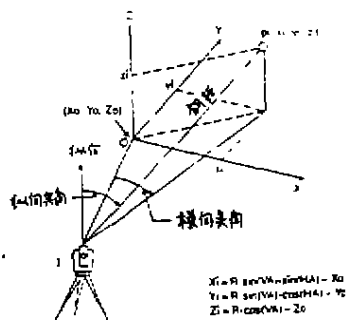


图6. 测量原则

(a)将纵向定为Z方向;

(b)将第一个测量点(o)定义为坐标轴心;

(c)X方向由第二测量点来确定,将X轴定义在与Z轴垂直的X—Z平面上;

(d)将所测量的值转化为坐标值(X、Y、Z)并存入控制终端。

该系统的主要特点如下:

※由于一台仪器即可测量任何尺寸,所以

测量仪的操作只需一人完成;

※坐标可以复合使用,即对被测物体看不到的背面的测量,可通过测量坐标值存储功能来进行,测量可以延用由已测量的两个已知点(如图7中A和B)所确定的坐标轴,甚至还可以移动仪器的测量位置;

※由于测量值转化为坐标值存储起来,这样就可通过软件对各种各样数据进行分析。

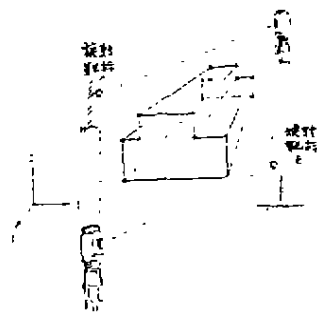


图7. 坐标组合

3D 分析系统概述

在船厂引入船体精度控制概念之后,在很长一段时间内,分段装配的精度控制由于线性测量对长度、宽度和高度测量的局限性而一直受到阻碍。

当造船业的发展对船体分段提出更高要求时,传统的测量方法已不能满足,尤其对分段任意位置的测量更是如此。然而,被测量点可能是成百上千(理论上为无限多),为把得到的测量数据与设计值相比较,就必须有自动化的辅助数据分析软件。

为此,公司着手研制了3—D分析系统,并将其广泛用于大合拢阶段的调配(该词指分段完成后、彼此间固定之前的位置调整),其过程见图8,现概述如下:

1. 分段上的被测点必须是经过筛选和根据经验验证过的有效点。

2. 将局部坐标转化为便于同设计值比较的整船坐标,该转化过程一般是根据在分段上指定的三个测量点与其在整船坐标中的设计值相匹配而形成的对应关系进行,当坐标转化工作完成后,若发现某些点

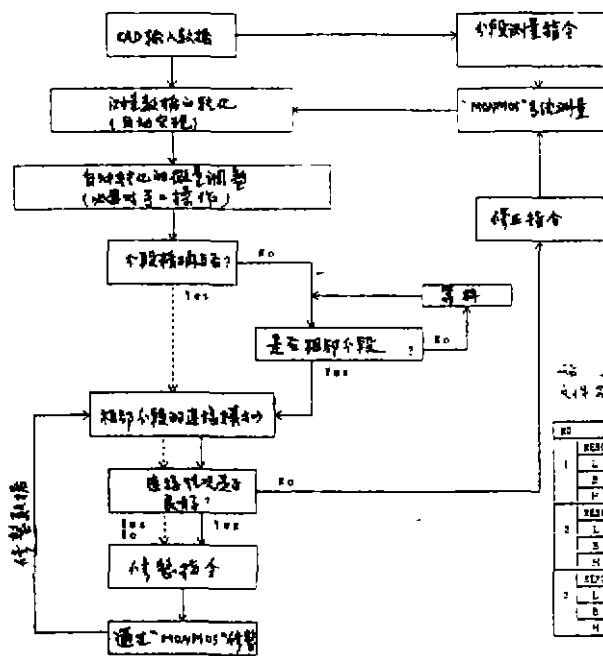


图 8.3-D 分析系统流程图

由于匹配不当而与设计值相比有较大误差时,可通过手动方式做进一步的微调以缩小偏差。

3. 对尺寸不精确分段的修整工作,是基于上述操作程序所确定的偏差,并参考预先对相邻分段结合状态的模拟结果。相邻分段一经分别安装完毕,其结合状态模拟值业已形成,彼此间的合拢即按照调配数据进行。

4. 由上述模拟所形成的结合状态数据预测,被视为合拢装配的依据。

分段测量与分析举例

下面是一个将该测量系统用于 33000 吨散装货船分段的例子:

靶标定位——在分段横框架和纵骨的四面以及分段底、顶部选定的 80 多个测量点上贴好反射靶标;为便于仪器不同测量点数据的组合,将旋转靶标定于两点(如图

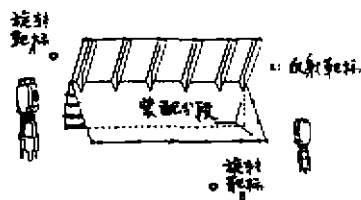


图 9. 靶标定位

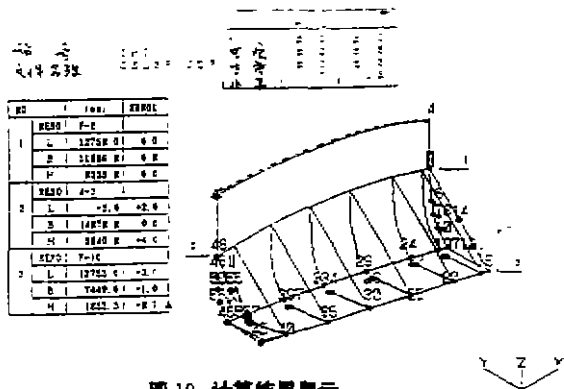


图 10. 计算结果显示

9 中的(a)和(b)。

测量结果——将测量数据输入分析系统并将其转化为整船座标,计算结果便显示在计算机屏幕上如图 10 所示。

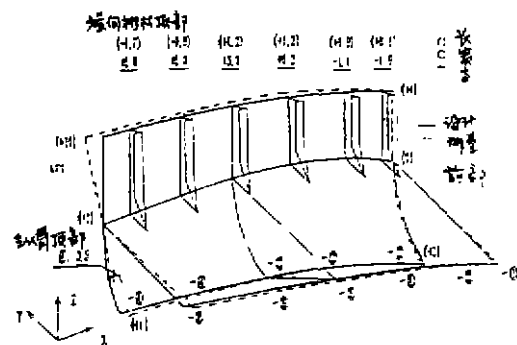


图 11. 显示结果解释

测量结果的整理——图 11 是对结果的详细解释:

(a) 该分段的长度在顶部超出 14 毫米,在中部和底部接近标准值,此种情况

下,顶部误差是由于收缩量小于期望值所造成的。

(b)分段的宽度在底部有减少的趋势,尤其在后部,因此,该分段需要调整。

(c)在框架顶部纵骨垂直方向上有错位。

结果表明,该分段的实际装配是不精确的,需将检测情况反馈给下条船。

大合拢阶段的应用

长期以来,人们一直认为,在大合拢阶段,每一个分段的定位目标是得到好的相对位置,而尚未认识到将分段定位于整船座标系统的重要性。

现在可运用 MONMOS 系统使每一个分段置于整船绝对座标之中,通过调配使之一一个挨一个更精确地按设计位置排列。

下面将说明在大合拢阶段系统是如何工作的:

(a)在每个装配分段安装之前,将 2 或 3 个靶标贴在设计确定的位置上;

(b)通过 MONMOS 系统,将每个局部座标转化为整船座标(见图 12);

(c)解开固定绳缆之后,某一分段装配期间的 MONMOS 系统测量常常由装配工统一实施;

(d)每一分段的最终装配数据被转入个人计算机内,用于对下一分段的模拟计算;

由于新装配方法将分段一个接一个地准确定位,大合拢阶段的再修整工作量显著减少。另外,该方法仅需一人操作而取代了过去许多人的工作,由于对装配的测量可提前将靶标贴在分段的任意位置上,因此,无需对测量目标有更高的要求,工作条件也安全可靠。

船体分段精度控制

当前,人们认识到以下两点是解决精度问题的有效方法

- 以机械化的手段减少分段变形;
- 通过数据分析软件对钢板切割和焊接过程中的热变形进行准确的预测。

最近,已开始对上述两点进行研究,并在调整补偿量方面取得了突破,现将前期工作介绍如下:

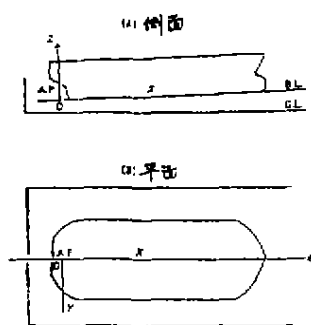


图 12. 整船绝对座标轴

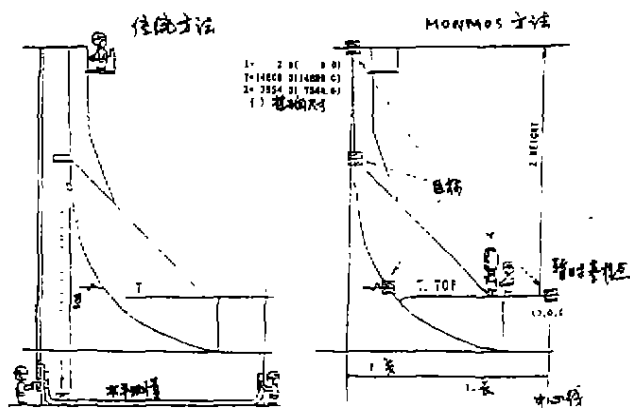


图 13. 测量方法的改进

误差分析

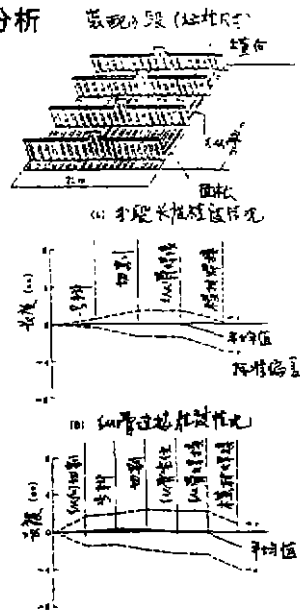


图 14. 分段形状的积累误差

图 14(a, b)以分段外板和纵向扶强材长度为例,检测其由于误差变化积累在每一加工阶段所形成的平均值和标准偏差。在该分段长度下,可以看到,由于钢板切割过程和焊接收缩所引起的变化,最终偏差是注定存在的,同样地,我们也可以说,由于部件预装配阶段的切割和纵向扶强材装配焊接收缩的出现,分段整体的偏差也是必然存在的。

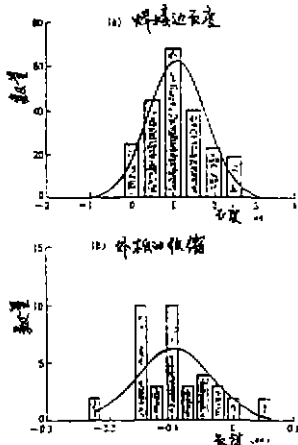


图 15. 角焊引起的横向偏差

图 15(a, b)为纵向扶强材外板角焊的实际变化数据和由于角焊所产生的外板焊缝之间的收缩变化数据,可见,角焊保持了设计焊脚尺寸在最小的变化范围内——减少了过量的熔敷金属和过量的热输入——保证了平面分段横向收缩的一致性。

上述两个例子,给精度控制未来的发展提出了有力的证据,由于焊接和切割等基础工作造成的上述必然误差变化,为通过机械化和自动化方式解决偏差问题提供极大的可能性,与此同时,也可通过模拟方式来判断不可避免的焊接变形和收缩,将其反馈给部件的初始设计加以限定。

在船体建造中的改进效果

精度控制新概念的最终目标——通过机械化和自动化的方式减少变形,通过对初始部件的热变形分析,调整部件数据。在分段装配和大合拢阶段研究和应用三维分析系统,将取得以下成效:

- 减少重复劳动而节约大量的工时;
- 精确的部件和分段简化了工作过程,也减少了对熟练工人的依赖;
- 更高的船体质量;
- 以循环的方式不断地改进精度,使船体建造工作更加机械化、自动化。

上面介绍了在新概念支持下 IHI 的精度控制成果。很明显,新的方法更依赖于精确的三维测量系统的应用。在这方面,日本造船联合会研究小组,特别是 Sokkia 有限公司做了很大贡献。

可以预见,一个完美的大合拢过程,应该是无需对分段做水火校正和任何调整,然而,在装配过程中广泛运用自动化手段并要达到这种水平,还需大量的努力。