

船舶数学放样

上海市造船公司数学放样研究组

船舶数学放样这项新工艺新技术,对于实现造船生产自动化,多快好省地建造船舶具有重要的意义。自1967年起,全国许多船厂、院校、研究所陆续开展了对船舶数学放样的研究,已经取得了不少成绩。我们根据自己的研究实践,并汲取兄弟研究组的经验,以及引用了部分可供借鉴的国外资料,编写了这篇文章,供奋战在造船工业战线上的有关人员参考。本文着重叙述了单根曲线光顺、三向光顺及外板展开的基本原理和方法。错误之处,请同志们批评指正。

第一章 船体放样和数学放样

§1. 什么叫放样

船体由包括平面、单向曲面、双向曲面的外壳和复杂的内部构架所组成,因此,要在一个平面上将船体形状完全表达出来是不可能的。为了准确地按照所要求的线型将船体建造出来,在建造之前必须按设计部门提供的型值表将船体的线型以一定的比例(通常是1:1,也有1:5及1:10)进行三面投影和光顺,并将其构件画出实样,这些工作总称为放样。一般来说,放样有两个主要目的,第一是对原始设计作一个实际的校核,修改设计中不合理或错误之处;第二是为以后各道工序一下料、加工、装配、下水、舾装等提供草图、样棒、样板、样箱作为施工的依据。

放样工作大抵包括三个部分:船体的线型放样、结构放样及外板展开。由于线型图是放样工作的依据,因此,我们就从它谈起。

一、线型图

线型图是由设计部门绘制以供施工部门作为制造船体外形的主要依据。它由三个剖面图及一张型值表所组成(见图1-1)。纵剖面图相当于侧视图,主要描绘船的侧面外形轮廓及每隔一定半宽间距的纵剖面形状,这样一纵剖面曲线称为纵剖线族。水线面图相当于顶视图,主要描绘船的各层甲板形状及每隔一定吃水深度的水线面形状,所有这些曲线,总称为水线族。由于船的左右对称,所以水线面图只画船的左半个图形。横剖面图相当于船的正视图,主要描绘沿船的长度方向每隔一定间距的横断面形状,所有这些曲线,总称为横剖线族。横剖面图一般右面为艏半段横剖线族,左面为艉半段横剖线族。

型值表形式很多,但总是包括下面三个内容:

1. 将船长分为若干站(10站或20站),写出在各站上对应各水线的半宽值,及其对应各纵剖

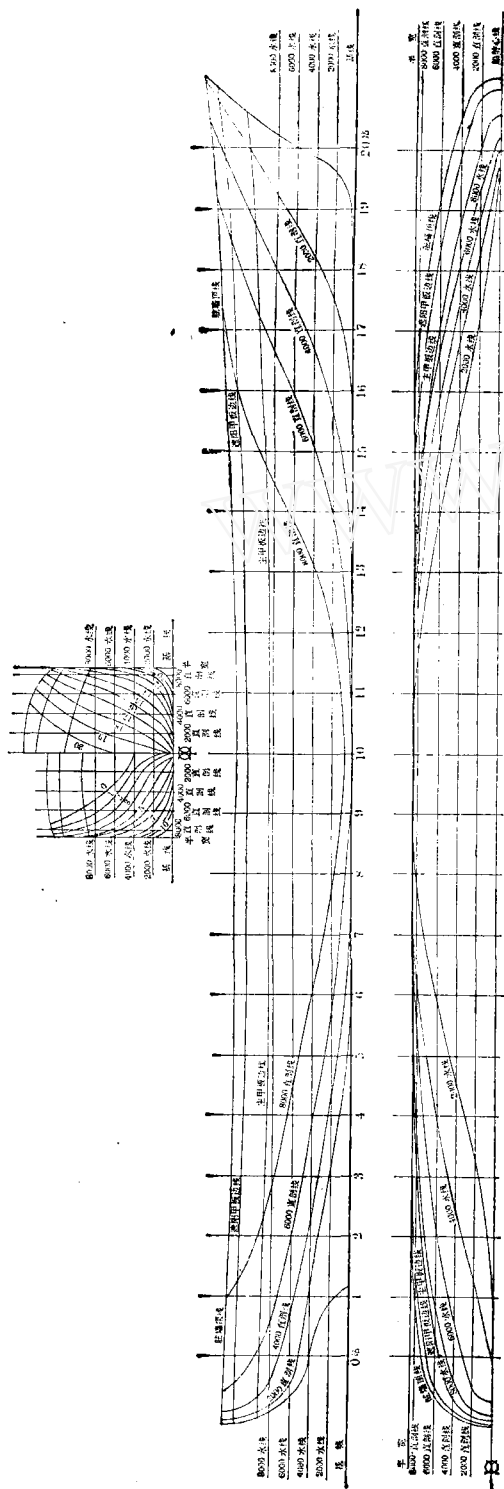


图 1-1 船线型图

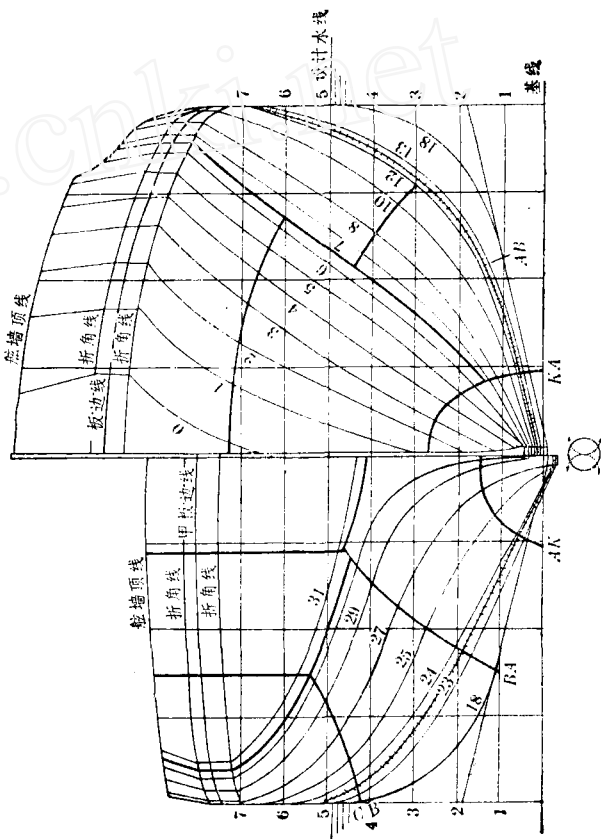


图 1-2 肋骨线图

线上的高度值;

2. 龙骨、甲板和各站号的关系值(高及宽);
3. 上层建筑如艙楼、艙楼、舷墙等的型值。

二、线型放样

设计部门给出的线型图一般用很小的比例(1:25、1:100 甚至更小)绘制,再加上反复抄写、描制,会引起一系列误差。例如,以 1:100 比例绘制万吨级船的线型图,在图纸上若存在 0.5 毫米的误差(这是完全可能的),经放大到实际尺寸,这一误差将达 50 毫米。放大误差及此外一些技术性错误都为生产上所不允许。为了以后各道工序的顺利进行,作为施工的第一步,首先将型值表上所给出的型值,按 1:1 的比例(若采用比例放样,则以 1:5、1:10 较小的比例)绘制线型图,用以修正因放大和其它技术性错误所引起的偏差,达到生产所要求的精度,这一工艺过程就叫线型放样。

线型放样一共要完成下列四项工作:

1. 光顺所有的曲线,包括外型线、水线族、纵剖线族及横剖线族;
2. 为了保证曲面光顺,对各坐标交点进行三向投影比较,并修正三向投影中出现的误差;
3. 插值肋骨及绘制肋骨型线图(如图 1-2);
4. 制作完工型值表。

线型放样的结果是以后各道工序的依据,因此,无论对精度或者清晰度的要求都很高,具体要求有以下三个方面:

1. 各族曲线应比较光顺、美观。不仅要求曲线一阶导数连续可导,还要求曲线形状光滑,没有“凹陷”和“臃起”。拐点的数量和位置应符合设计要求,但对于这一点并没有严格的标准,只凭借放样者的实际经验来确定。

2. 保证设计型值的正确性。上面已经谈到,为了使曲线光顺,我们必须修正因放大和其他原因引起的误差,这必然要为原始给定的型值作适当修改。所谓适当,就是要使新的型值尽量接近给定型值,而且曲线必须保持一定的形状,不能随意走样,尤其一些和船体性能直接有关的型值,例如船长、设计水线长、型宽、型深、设计水线及甲板线的形状、设计水线进水角等等,不允许修改,应严格保证。

3. 保证三向投影吻合。水线面,纵剖面及横剖面是互相正交的平面,因此具有以下投影关系:即纵剖面、水线剖面、横剖面各自在纵剖面图、水线面图、横剖面图上是实际形状,而在其他两个投影面上则均为直线(图 1-3)。

因此,在单向光顺时,每一种剖线只需要在一个投影面上描绘正确就可以了。同样也只要在一个面上进行光顺,而在另外两个面上则毋须考虑。

但是,由上述投影关系可知,各种剖面线的相互交点在三个投影面上却互相有关。放样中的三向投影工作主要体现在水线族、纵剖线族、横剖线族以及外型线的相互交点的投影上。从投影几何可知,空间的两根线若相交,则它们在三个投影面上一定满足如图 1-4 所示状态,否则说明这两根线在空间并没有相交。而船体表面各线族之间都应该有交点,不应该错开,因此都要符合下列关系:

$$\overline{O_1P_1} = \overline{O_3P_3} \quad \overline{O_1Q_1} = \overline{O_2Q_2} \quad \overline{O_2R_2} = \overline{O_3R_3}$$

如果应该相交的两根线不符合上述投影准则,则需要将其中的一根或两根进行适当的修改,重新光顺以使它们达到投影一致。

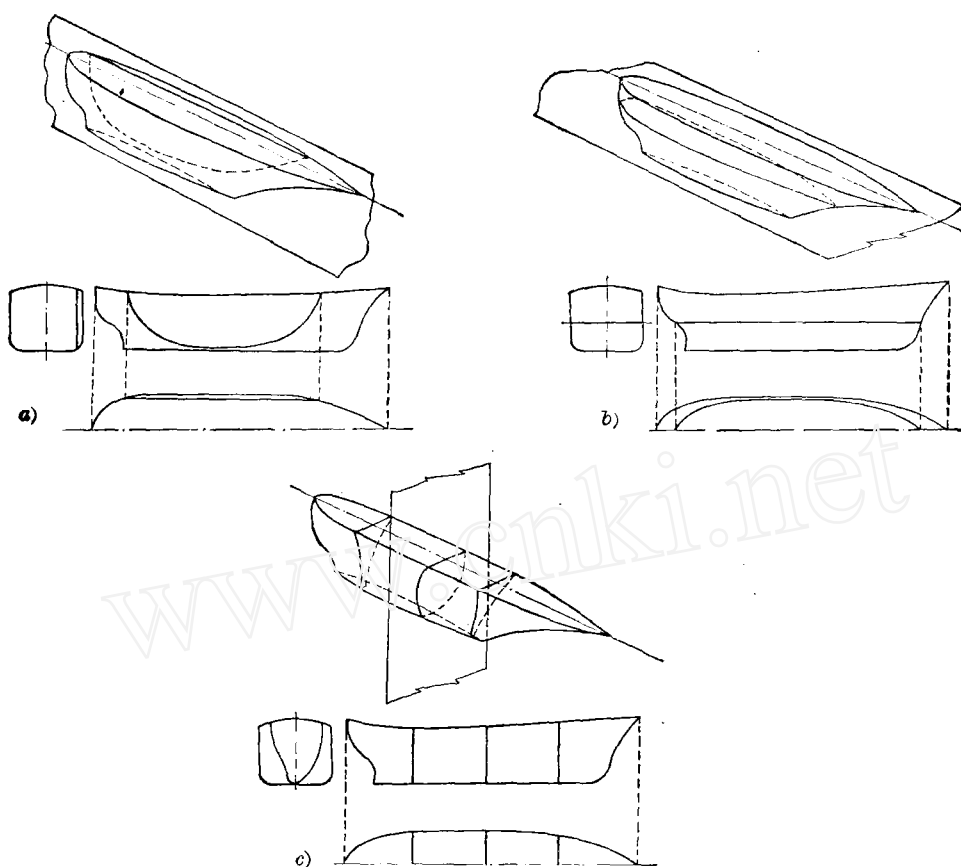


图 1-3 三向投影关系图

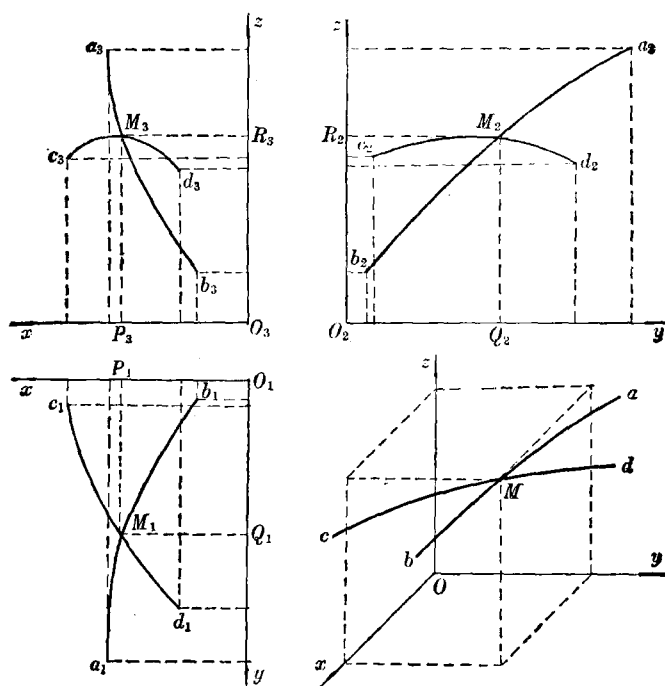


图 1-4 空间两相交曲线的三向投影

三、结构放样

线型图只解决了船体表面的形状,而不包括船体构架及外板厚度的变化。正如上面所说的那样,船体除了有不同厚度的壳板外,还有复杂的内部构架,这些构架的形状有部分取决于船体的外型,也有一些则根据船体内部的布置而与外型无直接关系。为了正确下料和加工内部构架中每一个零件,必须绘制它们的零件草图或钉制样板,因此,要在线型放样的基础上,在肋骨型线图上进行结构放样。

结构放样是按照结构总图以及各主要构件的结构图(如:主机机座、双层底分段、甲板分段、艏艉柱结构、艏艉楼结构等等)进行的。它一共分为两步,首先进行结构线放样,然后将具体结构进行展开。

将主要构件的“理论线”正确地安放在肋骨型线图上,这就是结构线放样,这样不仅解决了具体结构的外形,而且解决了结构的布置问题,从中可以清楚地看出结构布置的合理性。

所谓理论线,就是在结构放样中,人们为使图面清晰易辨起见,而对船体构件所约定的一种简化的画法。采用理论线,只需少数几根线条,就可在肋骨型线图上将构件表示出来。

理论线的约定方式是:

1. 型钢用一根线表示它的位置(如图 1-5 所示)。
2. 板材理论型线要按三个基准来区分:纵中剖面、基线面(平板龙骨上口)和舢横剖面。理论线都是离这三个基准中某一个最近的一根线(如图 1-6 所示)。

图 1-7a 就是双层底中的一段,而在肋骨型线图上只用两根线表示之(图 1-7b)。

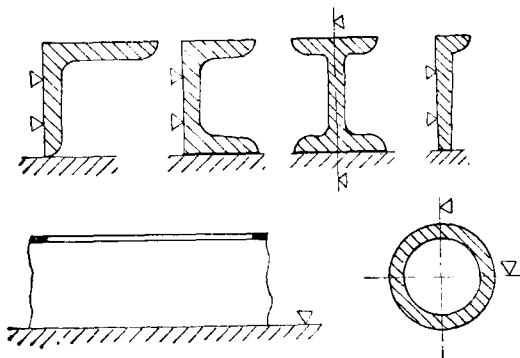


图 1-5 型钢理论线约定方式

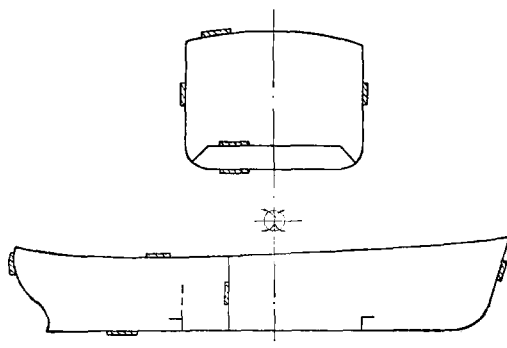


图 1-6 板材理论线约定方式

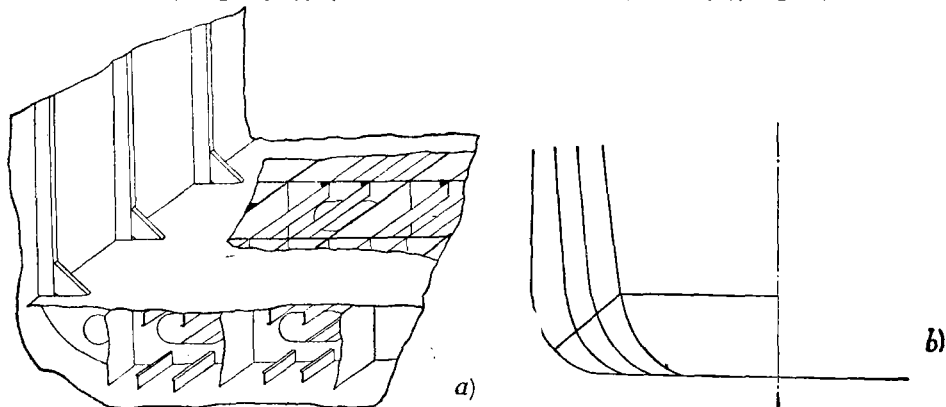


图 1-7 理论线使用举例

四、外板展开

为了便于施工,必须将船壳曲面展开成平面,然后进行下料、加工并安装上船。从理论上讲,船壳板是一种不可展开的双曲面,但是为了实际上的应用,可以采用各种近似的方法进行展开。这样,除少数板外,大部分都能适应生产加工的要求。外板展开的方法很多,通常有十字线法、测地线法、角尺线法、撑线法等等。

船体表面进行展开,首先要根据钢板的尺寸、规格,同时考虑到内部构架情况及展开后的精确度,加工方便及外形美观要求,另外,尚须安排板缝,将整个外板分成若干列和行,然后进行展开。

§2. 数学放样

所谓“数学放样”,就是以电子计算机为工具,运用数学原理和方法进行的船体放样。人类的认识来源于实践,数学放样就是从几十年手工实尺放样及比例放样的经验中,找出其规律性的东西,然后利用电子计算机和数学的方法模拟人工放样,并达到人工放样所能达到的要求。直到目前为止,

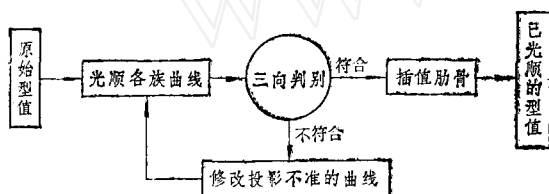


图 1-8 数学放样程序框图示例

数学放样还保留着很大一部分手工放样的经验,因此本文着重描述模拟手工放样的数学放样,如:手工放样中离不开样条和压铁,所以在数学放样中也同样采用了一根“数学样条”去光顺各族曲线。又如手工线型放样是用剖面线法,将各剖面互相校核,经修改后使各族线的三

向投影交点符合一定的公差范围。而数学放样也是模拟上述方法进行的。图 1-8 就是模拟人工放样的一种程序框图。

本文第三章“三向光顺原理”中介绍了如何在计算机内进行上述工作的原理和过程,以及如何修顺各族曲线的方法。目前,我国各船厂对船上的外板,绝大部分乐于采用测地线法去展开。第四章“船体的外板展开”中则介绍了在计算机上如何采用测地线法来展开外板的方法。

当然,数学放样并非仅仅停留在模拟手工的水平上,它渐渐地由模拟发展到脱离模拟,以至完全抛弃原来手工的方法。例如,用曲面法来解决线型光顺是手工所不及的。又比如,国内外都已在考虑如何从设计一开始就将船体线型数学化,这样可以免于进行放样而直接进行施工等等。

数学放样之所以能得到不断发展,从目前来看,主要因为它有以下三个特点的缘故:

1. 数学放样为建立一个造船自动化的完整体系奠定了基础。目前已发展起来的数控切割和其他数控加工,都需要用数学函数来表示被加工构件,以作为加工依据,数学放样恰恰能作到这一点。当然,放样的自动化也促进了其他工序自动化的进程。

2. 数学放样沟通了设计和制造的关系,为设计自动化提供了可能性。

3. 数学放样能减轻劳动强度,可以缩短放样周期、减少样板的制作从而能节约大量木材,并可提高放样质量,提高劳动生产率。另外,数学放样的成果易于推广,只要经过短期训练就能熟练掌握,不必担忧因个人手工技术因素而引起放样质量的下降。

当然,数学放样和其他新生事物一样,并非十全十美的,人们对数学放样的认识还不全面,尚无十分把握去放制形形色色的船型。随着人们认识的继续深入,数学放样必然会取得进一步的发展,在各种数控加工机的配合下,最后必将取代人工放样。(待续)