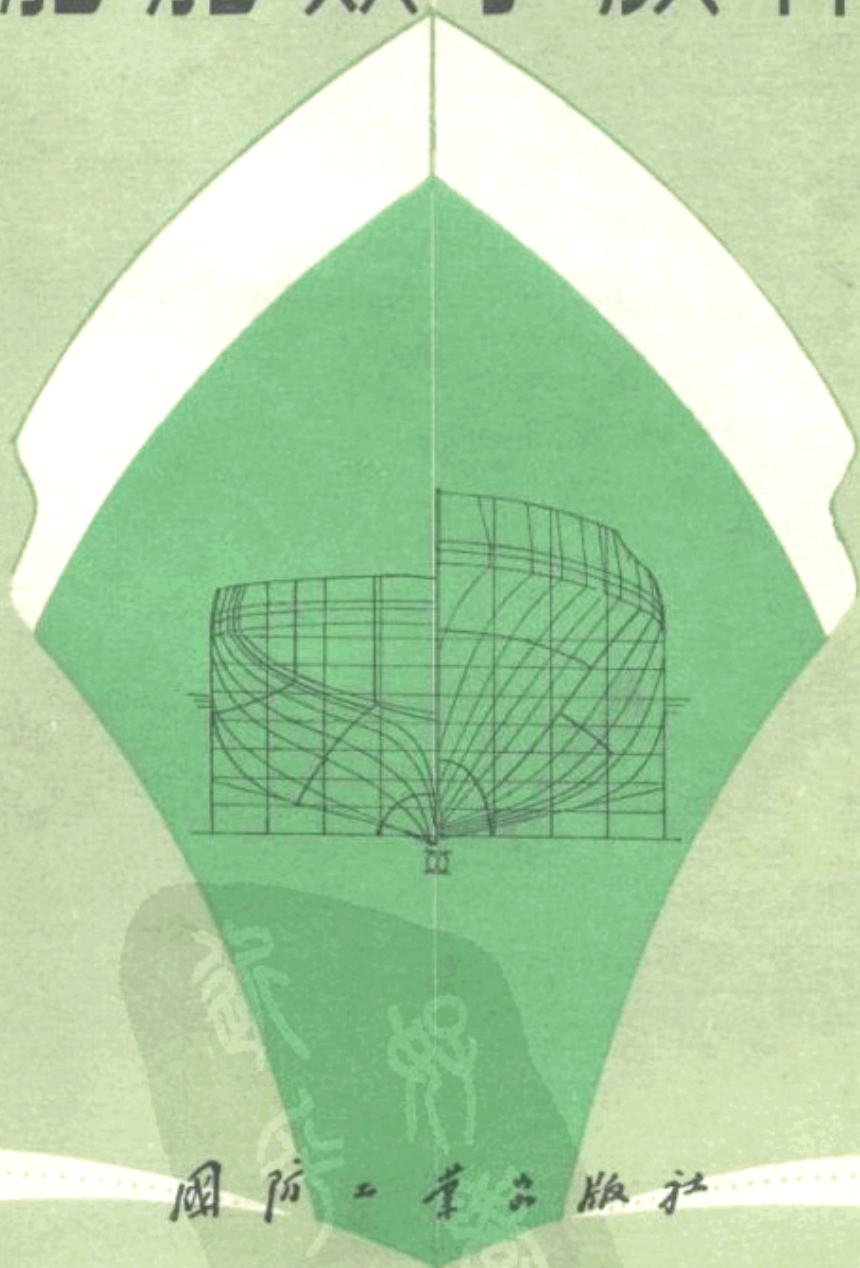


船舶数学放样



国防工业出版社

U671.2
S29

85737

船舶数学放样

上海市造船公司数学放样研究组



国防工业出版社

内 容 简 介

本书内容是根据我国工人和技术人员三结合的研究与实践经验为主，并引用了部分可供借鉴的国外资料而写成的，书中以模拟船体人工实尺放样（剖面线法）的内容为基础，较为系统地介绍了船体样条函数、船体数学放样及外板数学展开的基本原理和方法。有关曲面法及数控自动绘图原理尚待进一步充实。

本书叙述比较通俗、有条理、易懂，紧密联系实际，可供具有初中以上文化程度从事船体设计、放样、制造及修理的工农兵和工程技术人员阅读，亦可作为船舶中等技术学校、高等院校的有关专业的人员的教学参考书。

DW 9/52

船舶数学放样

上海市造船公司数学放样研究组

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

850×1168¹/₃₂ 印张 5¹/₂ 134千字

1976年6月第一版 1976年6月第一次印刷 印数：0,001—2,000册

统一书号：N15034·1466 定价：0.72元

编 者 的 话

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)、研究所陆续地开展了对船舶数学放样的研究,取得了不少的成绩。为了使船舶数学放样用于造船生产,从 1971 年起,我们组又在原来的基础上进一步地进行了研究和实践,我们根据自己的实践知识,同时汲取兄弟组的经验,并引用了部分可供借鉴的国外技术资料,编写了此书。书中着重叙述了单根曲线光顺、船舶线型三向光顺及外板数学展开的基本原理,数学推导及计算方法,它可供造船工业战线上的工人和工程技术人员参考,亦可作为中等造船技术专科学校和大学造船系的学员和教师的参考书。

“一个正确的认识,往往需要经过由物质到精神,由精神到物质,即由实践到认识,由认识到实践这样多次的反复,才能够完成。”由于我们实践还有限,书中难免有错误之处,请同志们阅读后批评指正。

上海市造船公司数学放样研究组

目 录

编者的话	3
第一章 船体放样和数学放样	5
§ 1. 什么叫放样	5
§ 2. 数学放样	17
第二章 单根曲线光顺	21
§ 1. 问题的提出	21
§ 2. 样条方程	23
§ 3. 最小二乘法逼近	41
§ 4. 线性规划法	59
§ 5. 数学样条的改进	72
§ 6. 初光顺	93
第三章 三向光顺	96
§ 1. 三向光顺的基本任务	96
§ 2. 三向光顺的方法	101
§ 3. 船体线型光顺的过程	106
第四章 船体外板的数学展开	116
§ 1. 船体外板板缝的布置	116
§ 2. 船体外板的数学展开	121
§ 3. 余量及展开后外板的定位	161
结束语	165

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——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壳、并保证船舶外形的主要依据。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，所以只画船的左半个图形。横剖面图相当于船的主视图，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。

型值表的形式很多，表 1-1 介绍的是一种常用的 200TS 机动货驳型值表，它主要包括下面三个内容：

1. 将船长分为若干个站（10 或 20 站），写出在各站上对应各水线的半宽值及对应各纵剖线上的高度值；
2. 龙骨、甲板和各站号的关系值（高及宽）；
3. 上层建筑如艏楼、艉楼、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。此外还有一些其他技术性错误所引起的偏差，这种误差和偏差在实船建造过程中都是不允许的。

为了以后各道工序能顺利进行，作为施工的第一步，首先要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、水线族及纵剖线族、横剖线族；
2. 为了保证曲面光顺，对各座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（见图 1-2）；
4. 制作完工肋骨型值表（见表 1-2）。

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：

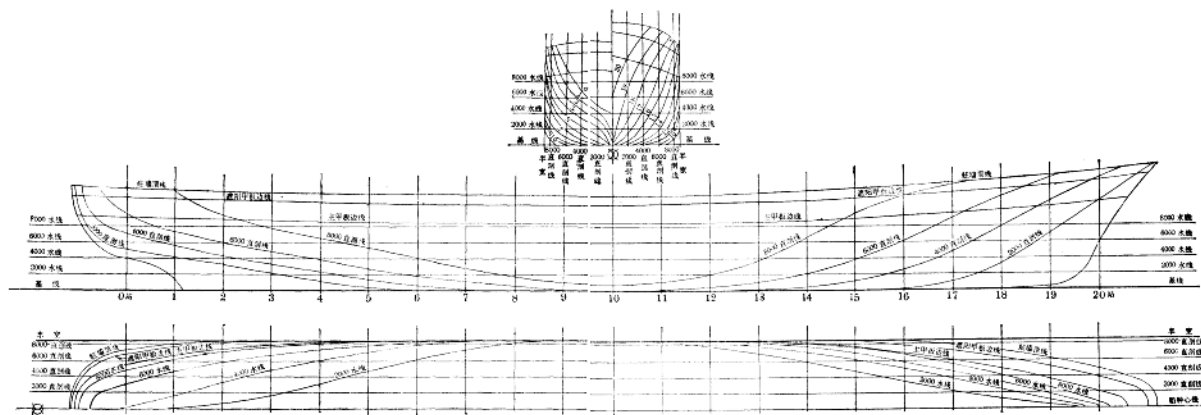


图 1-1 船舶线型图

表1-1 型 值 表

200TS机动货驳

单位: 毫米

半宽 站号	300	600	900	1200	1500	1900	2400	甲板 边线 及折 角线	舷端 顶线	站号	高度	种 级 剖	I	I	甲板 边线	折 角 线
0						0	1880	2225	1950	0	1900	2050	2475	2830	2630	2630
1/2				580	1705	2630	3300	3540	3410	1/2	1145	1290	1600	2135	2830	2630
1			1200	2000	2600	3200	3670	3825	3790	1	710	850	1200	1750	2830	2630
1 1/2		1190	2030	2610	3045	3490	3820	3930	3930	1 1/2	355	550	880	1460	2830	2630
2	1000	1945	2575	3030	3360	3670	3900	3990	3990	2	115	300	615	1170	2830	2630
3	2360	2920	3280	3530	3715	3880	3970	4000	4000	3		15	180	650	2830	2630
4	3280	3600	3770	3855	3910	3950	3985	4000	4000	4		15	50	150	2830	2630
5	3770	3910	3995	4000	4000	4000	4000	4000	4000	5		15	50	70	2830	2630
6	3290	3680	3870	3955	3995	4000	4000	4000	4000	6		15	50	190	2845	2645
7	2200	2820	3175	3450	3605	3810	3915	4000	4000	7		55	240	720	2910	2710
8	1125	1655	2090	2465	2795	3210	3600	3830	3880	8		245	845	1690	3025	2825
8 1/2	740	1120	1485	1855	2200	2675	3200	3615	3615	8 1/2		500	1325	2200	3100	2980
9	455	660	905	1200	1500	1960	2515	3290	3310	9		1000	1940	2800	3150	3150
9 1/2	170	255	390	555	765	1130	1630	2740	2855	9 1/2		210	1755	2700	3240	
10							445	1560	1900	10		1900	2950		3330	

● 艏部甲板中心线平行于基线, 距离为2000毫米, 甲板边线在该处按梁拱值向艏翘起。

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, 这必然要对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的型值, 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、横剖面图上呈实际形状, 而在其它两个投影面上则均为直线 (见图 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, 而在另外二个面上则毋须考虑。

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相关。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二根进行适当的修改, 重新光顺以使它们达到投影一致。

产品

表1-2 肋骨型值表

单位: 毫米

肋骨号	型 值		水线号		0		500	1000	1500	2000	2500	设计	3500	4000	甲板		折角	舷墙	0		2000	4000	6000	8000	甲板	折角	舷墙
	水线	值	水线	号	水线	号	水线	号	水线	号	水线	号	水线	号	边线	边线	线	顶线	直剖	直剖	直剖	直剖	直剖	直剖	边线	线	顶线
0																											
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20																											
21																											

工作者

检验者

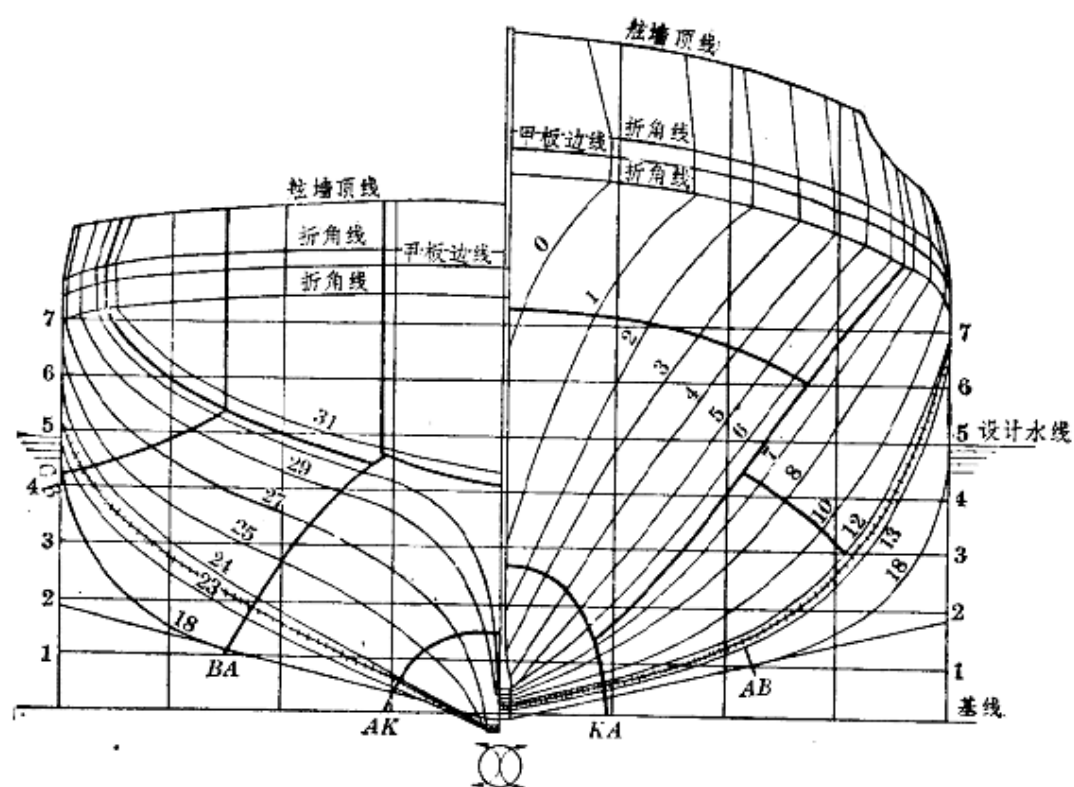
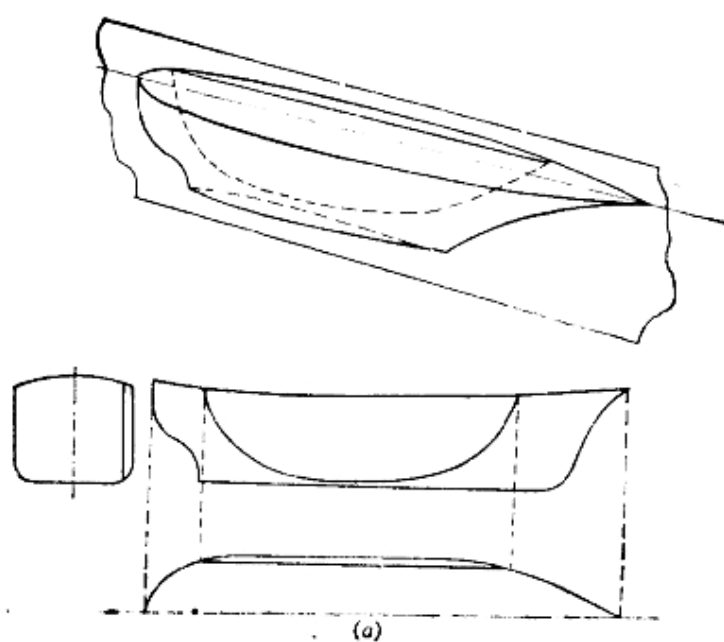


图1-2 肋骨型线图



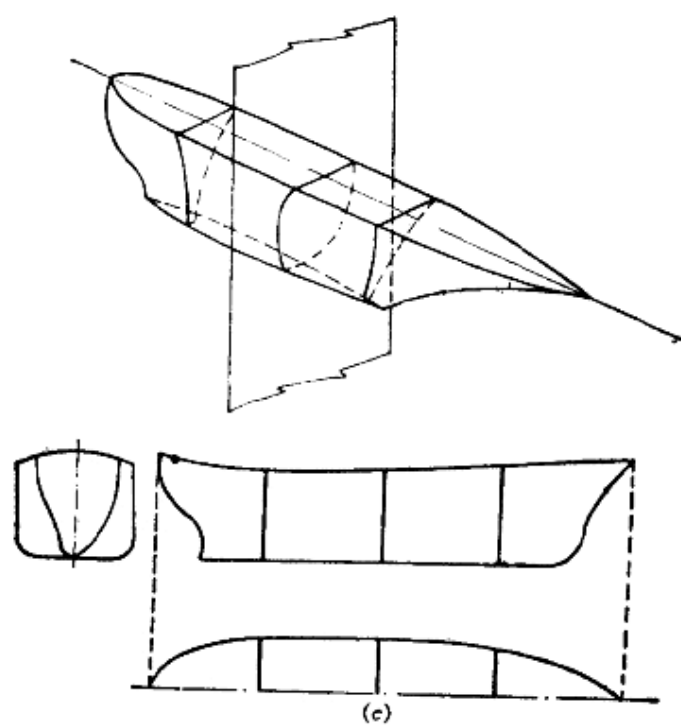
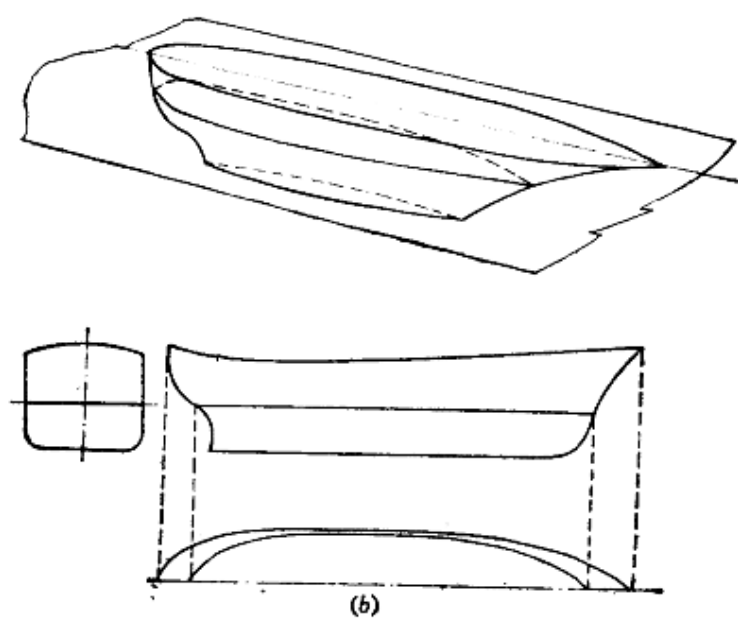


图1-3 三向投影关系图

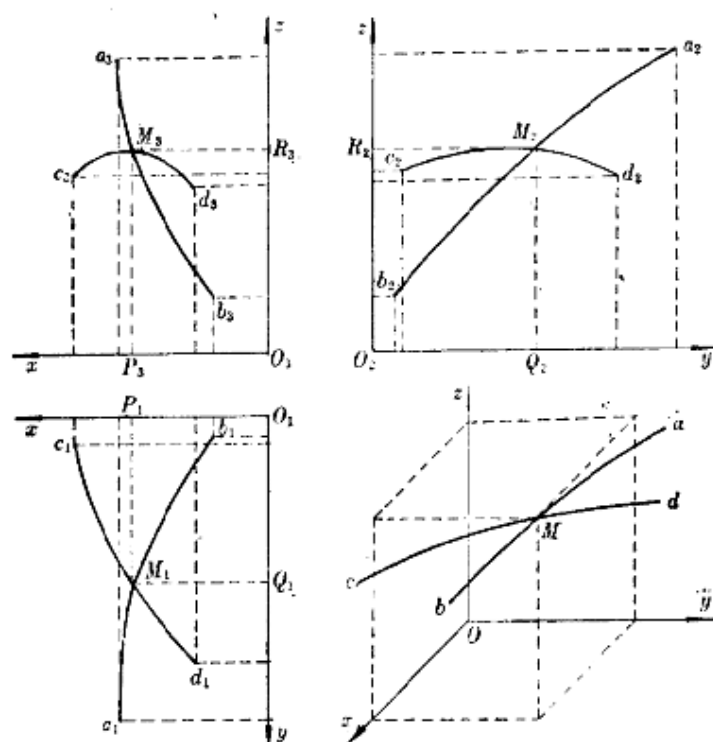


图1-4 空间两相交曲线的三向投影

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，有一些则与船体的外型无直接关系，而取决于船体内部的布置情况。

为了能对内部构架中每个零件正确地进行下料和加工，必须绘制每个零件的草图或订制样板，这些工作要在线型放样的基础上，在肋骨线型图上进行，这些工作称之为结构放样。

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”正确地安放在肋骨线型图上，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，就可在肋骨线型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（见图 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）和舭横剖面。理论线都是离这三个基准中某一

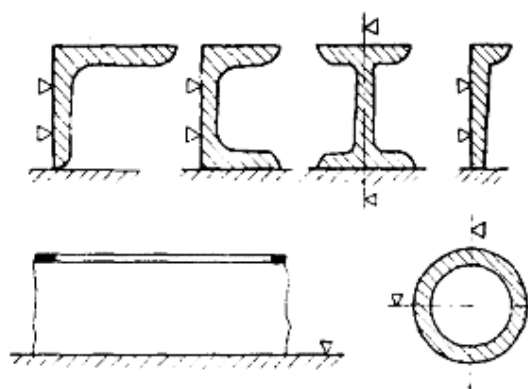


图1-5 型钢理论线约定方式

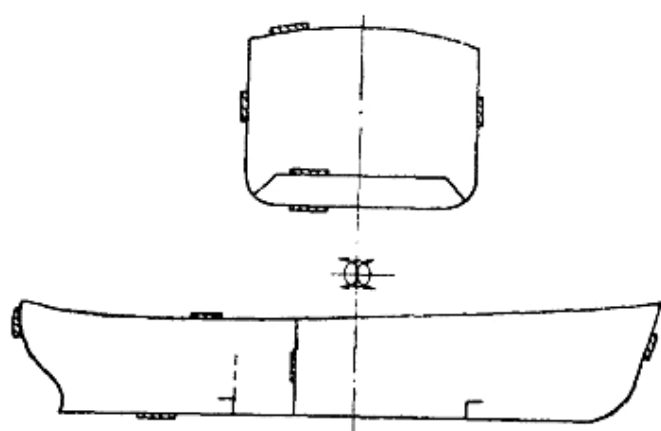


图1-6 板材理论线约定方式

个最近的一根线（见图 1-6 所示）。

图 1-7 a 就是双层底中的一段，而在肋骨型线图上只用一根线表示（见图 1-7 b）。

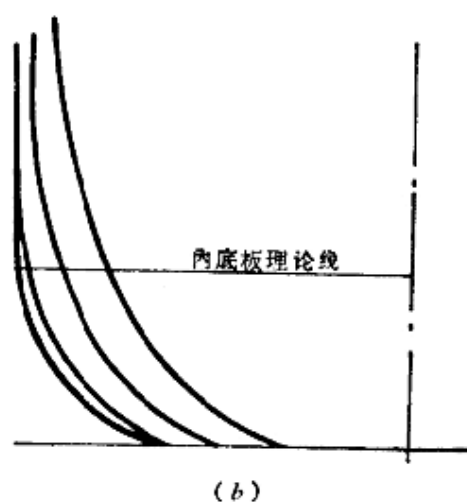
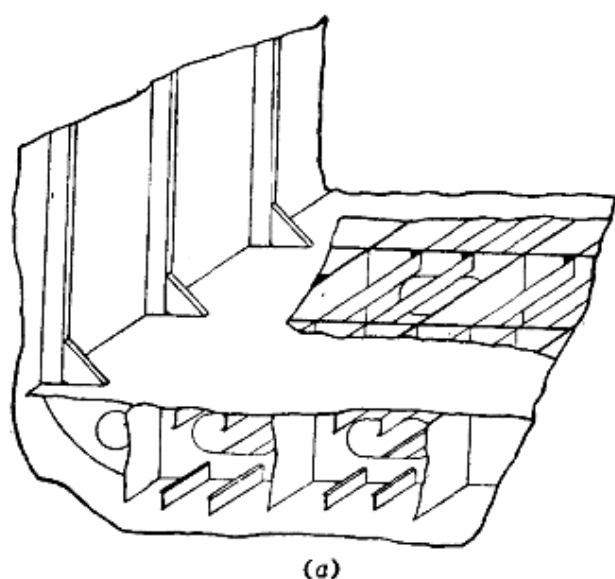


图1-7 理论线使用举例