

# 船体放样 几何学基础

汪保华 编

国防工业出版社



# 船体放样几何学基础

汪保华 编

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书共分六章。第一章介绍了船体放样方面的基本概念；第二章重点介绍平面构架的放样问题，抽象为各种位置的平面的放样，不仅直接应用于平面构架的展开，而且也是解决其他一些放样问题的基础；第三、四章分别介绍可展曲面展开与不可展曲面的近似展开问题，并通过模拟实验的方法对近似展开的几种方法的准确性作了鉴定；第五章介绍加工样板和胎架放样的有关几何学问题和线型光顺的几何学概念；第六章介绍两个复杂舾装件——导流管和锚箱放样。

本书可供船体制造、设计技术人员、工人及大专院校船体专业师生阅读。

### 船体放样几何学基础

汪保华 编

\*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 11<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 273 千字

1979年8月第一版 1979年8月第一次印刷 印数：00,001—12,000册

统一书号：15034·1820 定价：1.25元

# 前 言

船体放样所研究的对象（线型、钢板和型钢等），从现象看来它们似乎是静止的、互不关联的，但实质上它们之间是有着密切的内在联系，也就是说我们不能孤立地研究不同的、彼此独立的放样方法，而是要研究它们的产生、联系及发展的过程；不能机械地研究船体形状，而是要研究其运动和变化，即形成曲线的点的运动，形成曲面的线的运动，放样展开的几何体局部表面的旋转与平移的运动等。

船体放样是船体制造工艺的第一步，在船体制造全过程中占有十分重要的地位。作为船体设计的工作者，必须对船体放样的内容有足够的了解，给予设计对象以合理的几何条件，并对其空间形体有一个正确的分析。

本书编写过程中着重于下列几方面：

（1）理论与实践的结合。选材多来自生产实践，并经过实际工作的验证，对必要的内容（例如近似展开），还用模拟实验的方法检验其准确性。

（2）强调基础理论。当前造船工业正面临着一场重大的改革，电子技术的大量应用对船体放样提出了一系列新的要求。因此船体放样基础理论的研究就显得更为迫切和重要。

几何学始终是船体放样的基础理论，而实尺放样，比例放样和数学放样等也都是源出于此的。本书题材的取舍着眼于几何学原理，其目的是尽可能地将船体放样方法建筑于严密的理论基础之上。

（3）系统性。本书按画法几何学的系统编排内容，便于由浅入深、突出形体分析的重点，透过零件的形象，看到它们几何形状的实质，尽力做到举一反三。但是，这种编写的顺序和实际生产的工艺流程不一样，这种不一样是为了保证叙述的系统性所必需的。为了解决这个问题，本书最后附有索引，按实际生产工艺流程编排目录，以便查阅。

（4）通俗性。本书努力争取做到深入浅出，在程度上能适合有关设计、工艺技术人员和工人同志阅读。

（5）直观性。本书配画了较多的立体图，使读者容易建立起空间概念。在图示方面没有采取省略画法，尽量做到详细。就文字说明方面，只有当新的概念第一次出现时才作较详细的叙述，在之后的论述中就不再重复说明，对从属于工艺、设备的一些问题一般不作详细讨论。

英明领袖华主席一举粉碎了万恶的“四人帮”，科技战线百花盛开的春天来到了，我重新提笔完成本书的编写工作。在书稿修改过程中，得到了苏步青教授的启发与指导，江南造船厂杨乾麟同志给予大力支持，上海交通大学、六机部十一所、七〇一所和大连工学院等单位的有关同志在审稿过程中提出了宝贵的意见。在此谨致衷心地感谢。

由于编者水平所限，错误之处难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第一章 基本概念</b>	
§ 1 船体放样的工作内容及放样工应具有的专业知识.....	1
§ 2 基本定义.....	2
§ 3 船体线型图的基本概念.....	3
§ 4 甲板线型的分析.....	6
§ 5 理论面和理论线.....	8
§ 6 关于作图准确性的问题.....	11
<b>第二章 平面构架放样</b>	
§ 1 平行基本投影面的截平面放样.....	14
§ 2 垂直基本投影面的截平面放样.....	19
§ 3 一般位置的截平面放样和实例分析.....	26
<b>第三章 可展曲面构件的展开</b>	
§ 1 基本定义.....	41
§ 2 柱面的投影作图和展开方法.....	42
§ 3 锥面的投影作图和展开方法.....	64
§ 4 切线曲面的展开.....	69
<b>第四章 近似展开</b>	
§ 1 直基准线近似展开.....	72
§ 2 弯曲基准线展开法.....	79
§ 3 近似测地线展开法.....	93
§ 4 三角形近似展开法.....	101
§ 5 外板近似展开法的准确性分析.....	106
§ 6 综合分析.....	110
<b>第五章 加工样板放样及线型光顺的基本概念</b>	
§ 1 逆直线准线放样.....	114
§ 2 开拢尺样板放样.....	115
§ 3 三角样板放样.....	120
§ 4 模型箱放样.....	121
§ 5 胎架放样.....	128
§ 6 线型光顺的几何意义.....	136
§ 7 曲面的分类和光顺的几何意义.....	138
§ 8 曲线光顺的数学检验法——“差分法”的几何意义和“梳法”、“比较法”光顺介绍.....	145
§ 9 曲面光顺和模型箱制作的综合实例分析.....	150
§ 10 肋骨线型图的下层甲板边线及外板接缝的划线.....	162
<b>第六章 复杂舾装件的放样</b>	
§ 1 导流管放样.....	166
§ 2 锚箱放样的实例分析.....	172
附录 I 索引.....	179
附录 II 拉尺.....	180

# 第一章 基本概念

在这一章里，我们把复杂的船体形状简化，概括为一个简单的模型，然后给出一些基本定义，为今后进一步讨论船体放样的问题作好准备。

船体放样的问题无论是用手工作图还是用数学放样来解决，都必须对准确性的概念有一定的认识。

## § 1 船体放样的工作内容及放样工应具有的专业知识

船体放样是船体制造的第一道步骤，它的质量的优劣、进度的快慢，对下道工序（加工、装配、焊接……）有着很大的影响。

船体放样的理论和实践是在不断发展的，一般所指船体放样有以下内容：

- (1) 画出船体及其构件的真实形状。
- (2) 线型的光顺。
- (3) 结构的展开。
- (4) 为下料、加工和装配提供必要的草图、样板、模型、数控气割机的纸带……。

广义的船体放样还包括具体的下料工作。

为了进一步提高质量和加快工作的进程，在船体放样下料的领域里采用了光学投影下料、电子计算机、光电跟踪气割机和数字控制气割机的技术。用电子计算机来进行线型光顺的工作目前正在积极开展，这就为造船提供了一种有力的工具。光电跟踪气割机有很多类型，它能根据实尺或缩小一定比例的图片进行光电跟踪然后进行气割，这就把制作样板（草图）、下料和气割这几项工作结合在一起，从而提高了产品质量和工作效率。

完整的数字控制气割机的系统包括了编制程序、准备纸带、控制机和气割机，数控气割机是由纸带传递工作指令的，它的特点是高精度，但它不够形象，图象修改较困难，有些零件不能很经济地编制数字控制的程序，因此也产生了一种同一台气割机上应用光电跟踪和数字控制的复合系统（数控气割机并不能进行展开工作，它只是根据展开图编成程序进行切割的机械）。

应用电子计算机进行外板展开的方法也已初步研制成功，输入是纵接缝在肋骨处的型值，输出可以是控制数控气割机的纸带。

光学放样、数控切割和电子计算机的应用，很大程度上改善了放样下料的工作条件。

一个船体放样工应具有的专业知识基本上有以下几个方面：

- (1) 熟悉施工图纸，这个问题将由制图学来解决。
- (2) 熟悉船体放样的工艺程序，能正确地采用专业工具和设备，了解有关的理论知识（例如电子计算机、数控切割机的理论知识等等）。

(3) 对下道工序（下料、加工、划线、装配、焊接）的工艺有一定的了解，知道这些工艺发展的情况以及它们对船体放样所提出的新的要求（例如余量的大小、模型的形式、压模的放样、胎架的制作等）。

(4) 熟练地掌握船体放样的基本理论知识, 主要是几何学的原理(包括画法几何、立体几何、解析几何……)及掌握这些知识在船体放样中的应用。这部分内容是船体放样重要的理论知识, 也就是本书讨论的内容。这部分知识和电子计算机所进行的光顺线型和外板展开等有着密切的联系, 它同样是数学放样的基础。

熟练地掌握这些原理, 可以使我们对错综复杂的船体放样理论有一个系统的认识, 不仅做到知其然, 而且能做到知其所以然。

## § 2 基本定义

### 1. 船体理论表面

我们规定船体外板的内表面和甲板的下表面为船体理论表面, 见图 1-1。理论表面只有位置而无厚度。各施工图纸所给出的尺寸以及放样时所画的图形都反映理论表面的形状。

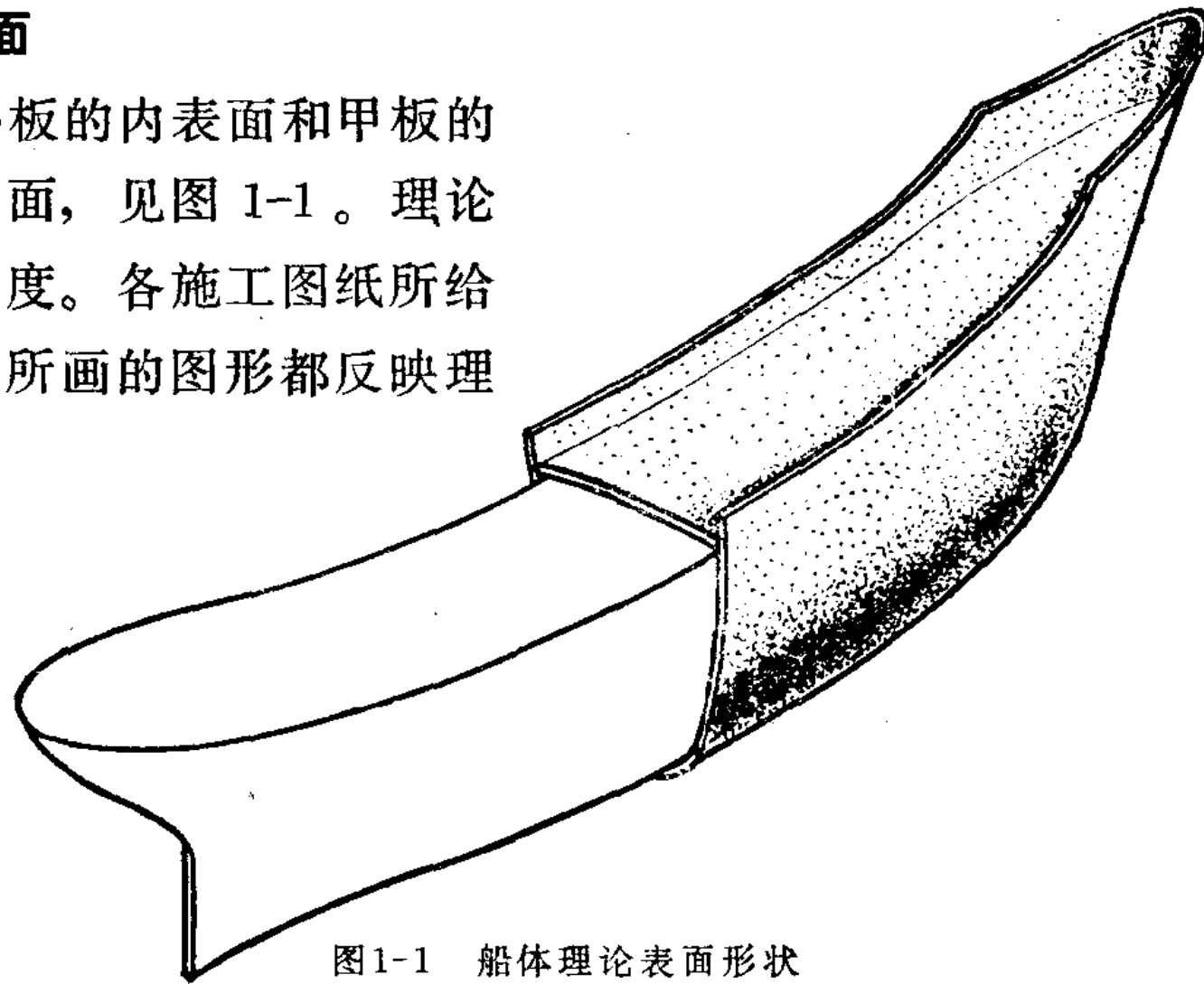


图1-1 船体理论表面形状

### 2. 船体主要尺度

图 1-2 表示船体主要尺度, 现分别叙述如下:

- (1) 船长 ( $L$ ): 沿载重水平面由艏柱前缘量到舵柱后缘的长度。
- (2) 船宽 ( $B$ ): 船体理论表面的最大宽度。
- (3) 型深 ( $H$ ): 在船体中部舷侧, 由平板龙骨的上缘量到甲板边板的下缘的距离。
- (4) 型吃水 ( $T$ ): 由船体中部平板龙骨的上缘量至载重水平面的距离。

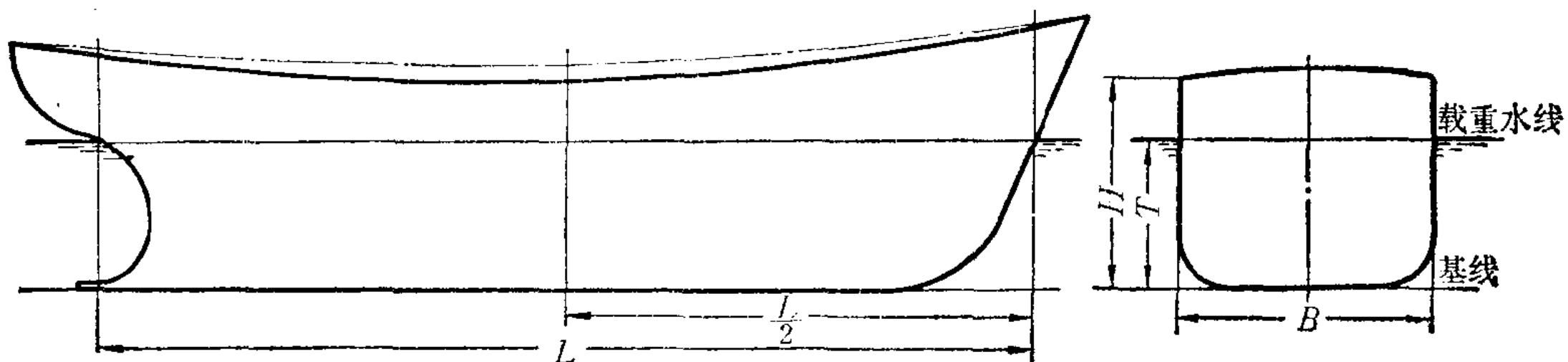


图1-2 主要尺度

### 3. 船体基本投影面

图 1-3 表示船体基本投影面, 现分别叙述如下:

(1) 基平面: 经过船体中部平板龙骨上缘, 并与载重水平面相平行的平面称为基平面, 用  $H$  面表示。

(2) 纵中剖面: 自艏至艉将船体分为左右对称两部分的垂直平面称为纵中剖面, 用  $V$  面表示。

(3) 横中剖面：在船长的二分之一处，与基平面、纵中剖面都保持垂直的平面称为横中剖面，用 $W$ 面表示。

横中剖面把船体分为艏艉两段。

基平面、纵中剖面和横中剖面组成了船体三个基本投影面。

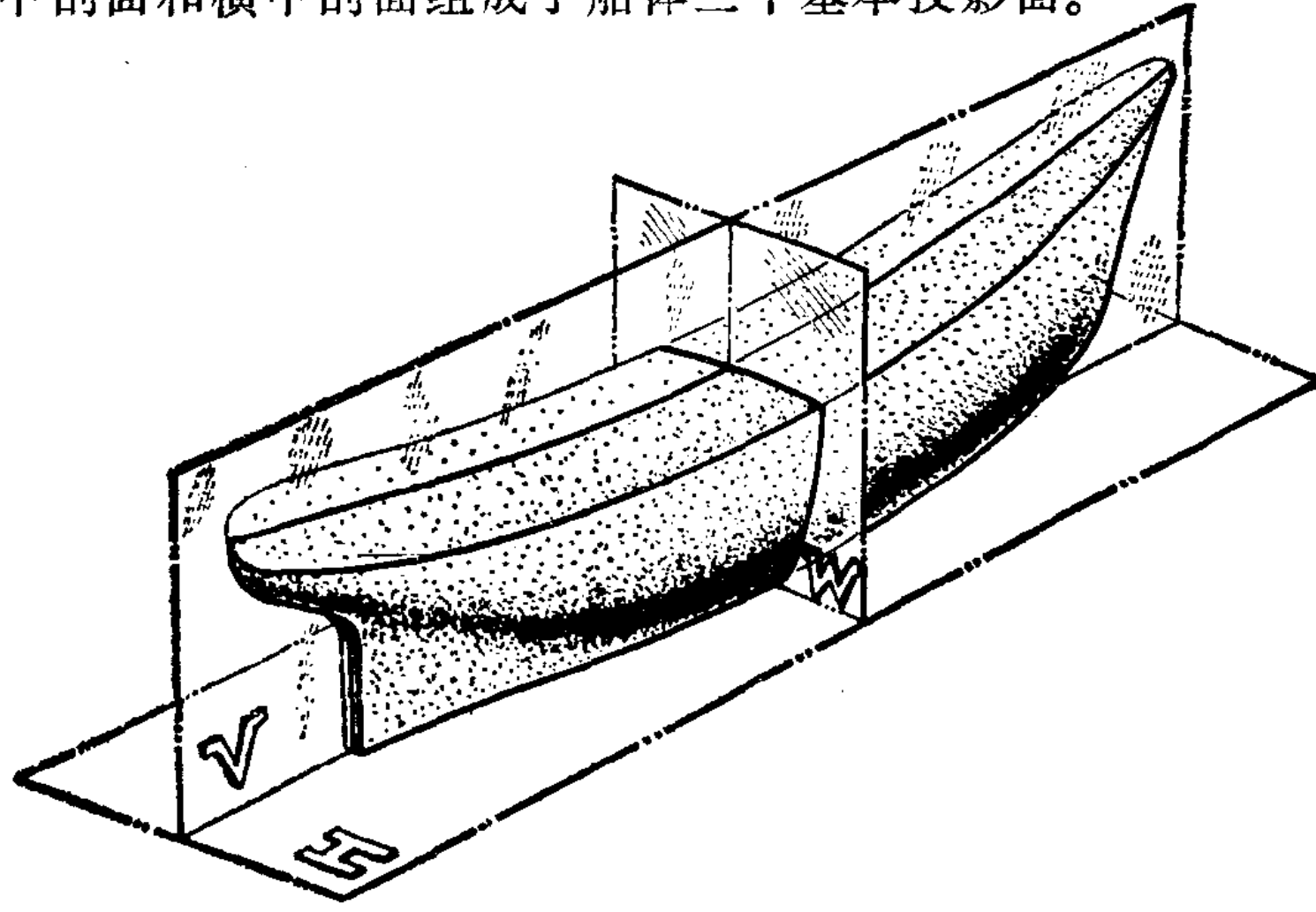


图1-3 三个基本投影面

#### 4. 船体理论面上的折角线

在简化的船体理论表面上，自艏至艉有两根互相平行的线条，统称为折角线，见图 1-4。一般按照它所在位置的不同，分为艏部折角线、舦部折角线和艉部折角线。

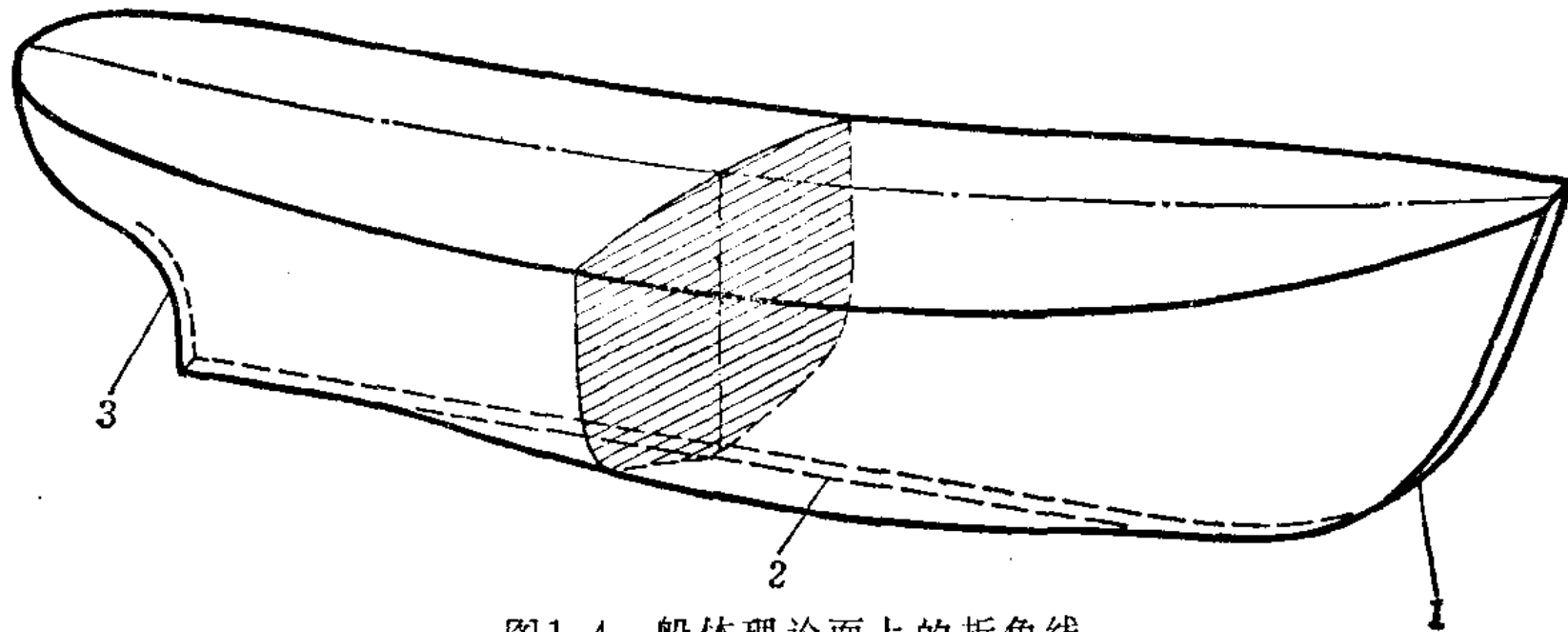


图1-4 船体理论面上的折角线

1—艏部折角线； 2—舦部折角线； 3—艉部折角线。

### § 3 船体线型图的基本概念

为了表示船体理论表面的形状，我们用几组截平面与船体理论表面相交，并将其交线分别投影在三个基本投影面上，见图 1-5 (a)，这样就可能用平面曲线来反映立体曲面的形状了。

(1) 平行基平面 $H$ 的截平面称为水平面，它与船体理论表面的交线称为水线，水线在 $H$ 面上的投影反映出它的真实形状。

(2) 平行纵中剖面 $V$ 的截平面称为纵剖面，它与船体理论表面的交线称为纵剖线，纵剖线在 $V$ 面上的投影反映出它的真实形状。

(3) 平行横中剖面 $W$ 的截平面称为横剖面，它与船体理论表面的交线称为横剖线，横剖线在 $W$ 面上的投影反映出它的真实形状（本例选用的横剖面把船长分为 10 等分）。



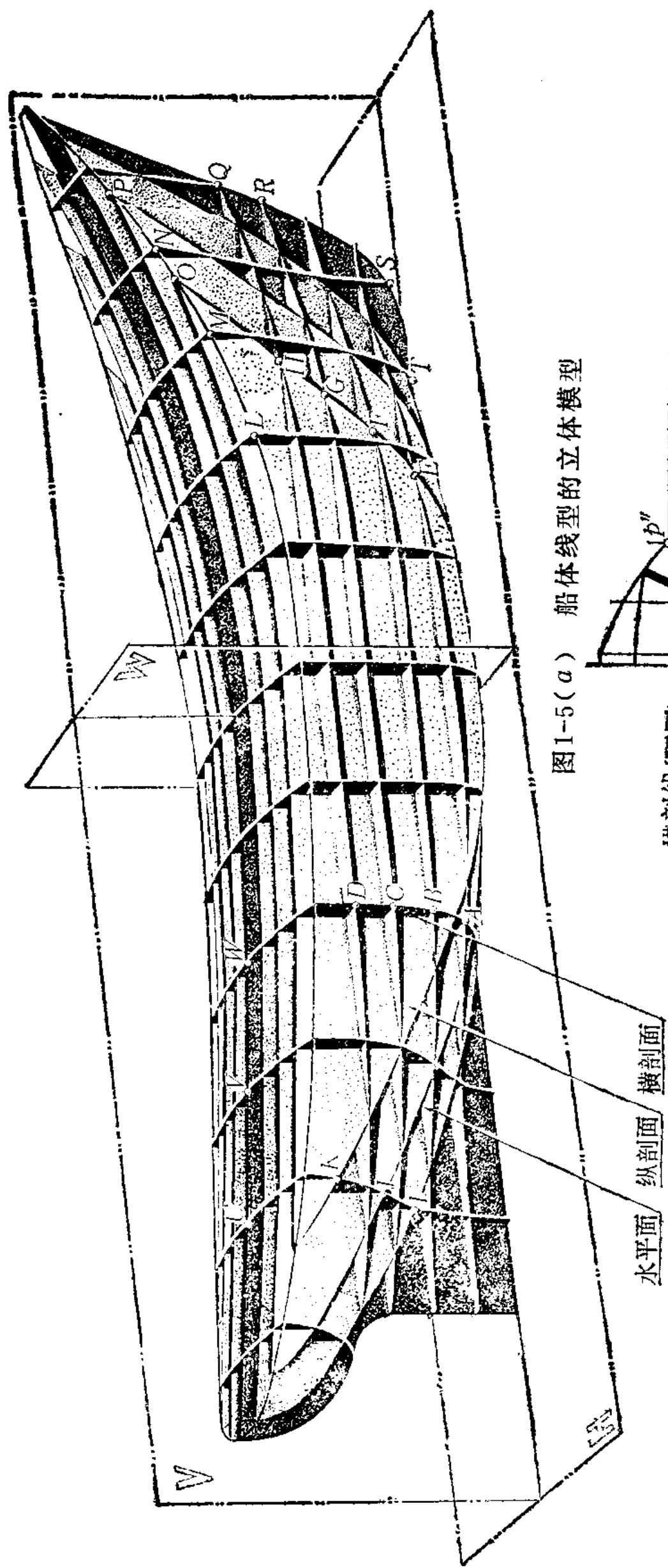


图1-5(a) 船体线型的立体模型

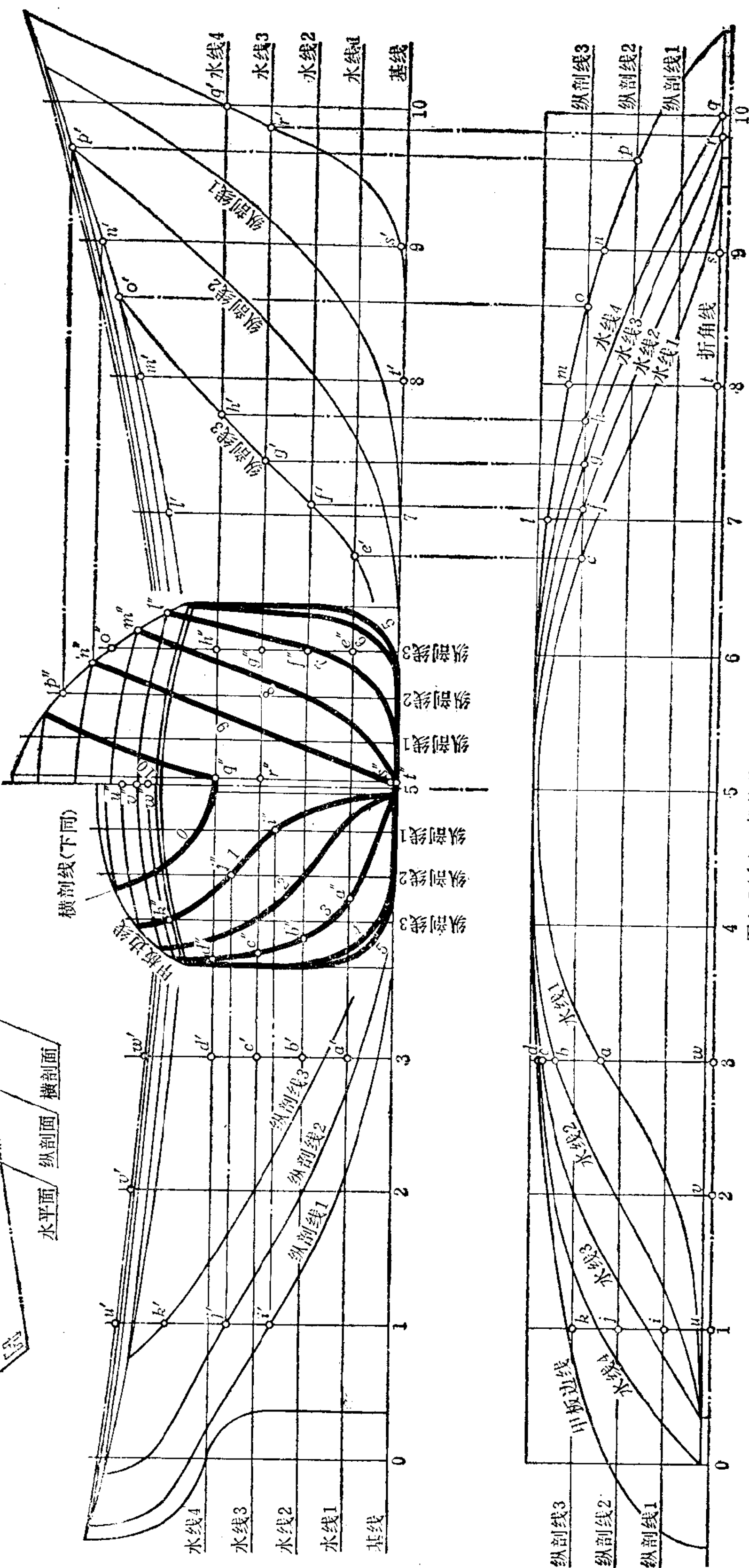


图1-5(b) 船体线型图

(4) 在基平面上的投影称为水线图, 一般仅画出左舷部分; 在纵中剖面上的投影称为纵剖面图; 在横中剖面上的投影称为横剖面图。

这三个视图一般排列的位置如图 1-5 (b) 所示 (横中剖面图的右面为艏部线型; 横中剖面图的左面为艉部线型), 水线图、纵剖面图和横中剖面图的综合称为船体线型图。

(5) 在水线图上的纵剖线、横剖线; 在纵剖面图上的水线、横剖线; 在横剖面图上的水线、纵剖线分别组成互相垂直的线条, 称为格子线。基平面在纵剖面图和横剖面图上的投影称为基线。

(6) 投影的一致性: 船体理论表面上一个确定的点到某一基本投影面的距离在各视图上所反映出的长度的量值应该相等, 这就称为投影的一致性。

为了说明这个问题, 我们选了几组交点为例, 请参阅图 1-5 (a) 及图 1-5 (b), 在图中各空间点用  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  等表示, 它们在  $H$  面上的投影对应的用  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  等表示, 它们在  $V$  面上的投影用  $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$ 、 $d'$  等表示, 它们在  $W$  面上的投影用  $a''$ 、 $b''$ 、 $c''$ 、 $d''$  等表示。

第一组例子:

横剖线 3 与水线 1、2、3、4 的交点  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  在  $H$  面上的投影  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  到船体中心线的尺寸反映了这些点与  $V$  面的距离。显然, 这些距离应该与  $W$  面上的投影  $a''$ 、 $b''$ 、 $c''$ 、 $d''$  与船体中心线的距离对应相等。

第二组例子:

纵剖线 3 与水线 1、2、3、4 的交点  $E$ 、 $F$ 、 $G$ 、 $H$  在  $H$  面上的投影  $e$ 、 $f$ 、 $g$ 、 $h$  到中央横剖线 5 的长度反映了这些点与  $W$  面的距离。显然, 这些距离应该与  $V$  面上的投影  $e'$ 、 $f'$ 、 $g'$ 、 $h'$  到横剖线 5 的距离对应相等。

第三组例子:

横剖线 1 与纵剖线 1、2、3 的交点  $I$ 、 $J$ 、 $K$ 。它们在  $V$  面上的投影  $i'$ 、 $j'$ 、 $k'$  到基线的高度反映了这些点到  $H$  面的距离, 显然这些距离应该与  $W$  面上的投影  $i''$ 、 $j''$ 、 $k''$  与基线的高度对应相等。

第四组例子:

甲板边线与横剖线 7、8、9 的交点  $L$ 、 $M$ 、 $N$ 。这些交点在  $V$  面与  $W$  面上的投影的高度值应该保持一致。

在本例中, 甲板边线为空间曲线, 它在三个投影面上都不能反映出真实的形状。

第五组例子:

甲板边线与纵剖线 2、3 的交点  $O$ 、 $P$ 。这些交点在  $H$  面与  $V$  面上的投影应保持前后位置的一致性。

第六组例子:

艏部折角线与水线 4、3 的交点  $Q$ 、 $R$ 。它们在  $H$  面与  $V$  面上的投影应保持前后位置的一致。

第七组例子:

艏部折角线与横剖线 9、8 的交点  $S$ 、 $T$ 。它们在  $V$  面与  $W$  面上的投影高度应该对应相等。

第八组例子:

甲板中心线与横剖线 1、2、3 的交点  $U$ 、 $V$ 、 $W$ 。它们在  $V$  面与  $W$  面上的投影高度应该保持一致。

光滑的船体理论表面所反映的船体线型图不仅具有一致性，而且还具有光顺性，也就是说，各曲线都不存在不应有的凹凸现象<sup>●</sup>。

#### § 4 甲板线型的分析

在上一节里我们简单地叙述了线型图的基本概念，在这一节中将对甲板线型特点作专门的分析。

##### 1. 甲板线型的特征

分析图 1-5 (a) 及图 1-5 (b) 所示的甲板形状，可以看出它明显地具有两个特点:

(1) 甲板自艏至艉的所有横剖线的曲线形状全部相同 (这是指一层甲板而言, 对上下层甲板来说, 它们的横剖线的曲率并不一定完全一样)。

甲板的横剖线有一个专用名词——梁拱曲线。一般船只梁拱高度为船宽的  $1/50$  (也有其他规定的), 所以在船体线型图上只画出具有代表性的一根梁拱曲线。

(2) 甲板所有纵剖线的形状也是完全相同的。这是甲板线型的第一特征所带来的必然结果。所以我们往往只在纵剖面图上画出一根甲板中心线, 就能代表其他所有的甲板纵剖线了。

##### 2. 多层甲板的线型特点

如果船上有两层或两层以上的甲板, 则各层甲板中心线应该具有完全相同的弯曲度, 这就是多层甲板的线型特点, 因此沿着垂直基线的方向测量两层甲板中心线的间距在任何位置都是相同的。但是由于上下层甲板的宽度并不一定相同; 上下层甲板的梁拱弯曲度也不一定相同, 因此沿铅直方向在纵剖面图上测量上下两层甲板边线的投影距离并不一定相同, 详见图 1-6。

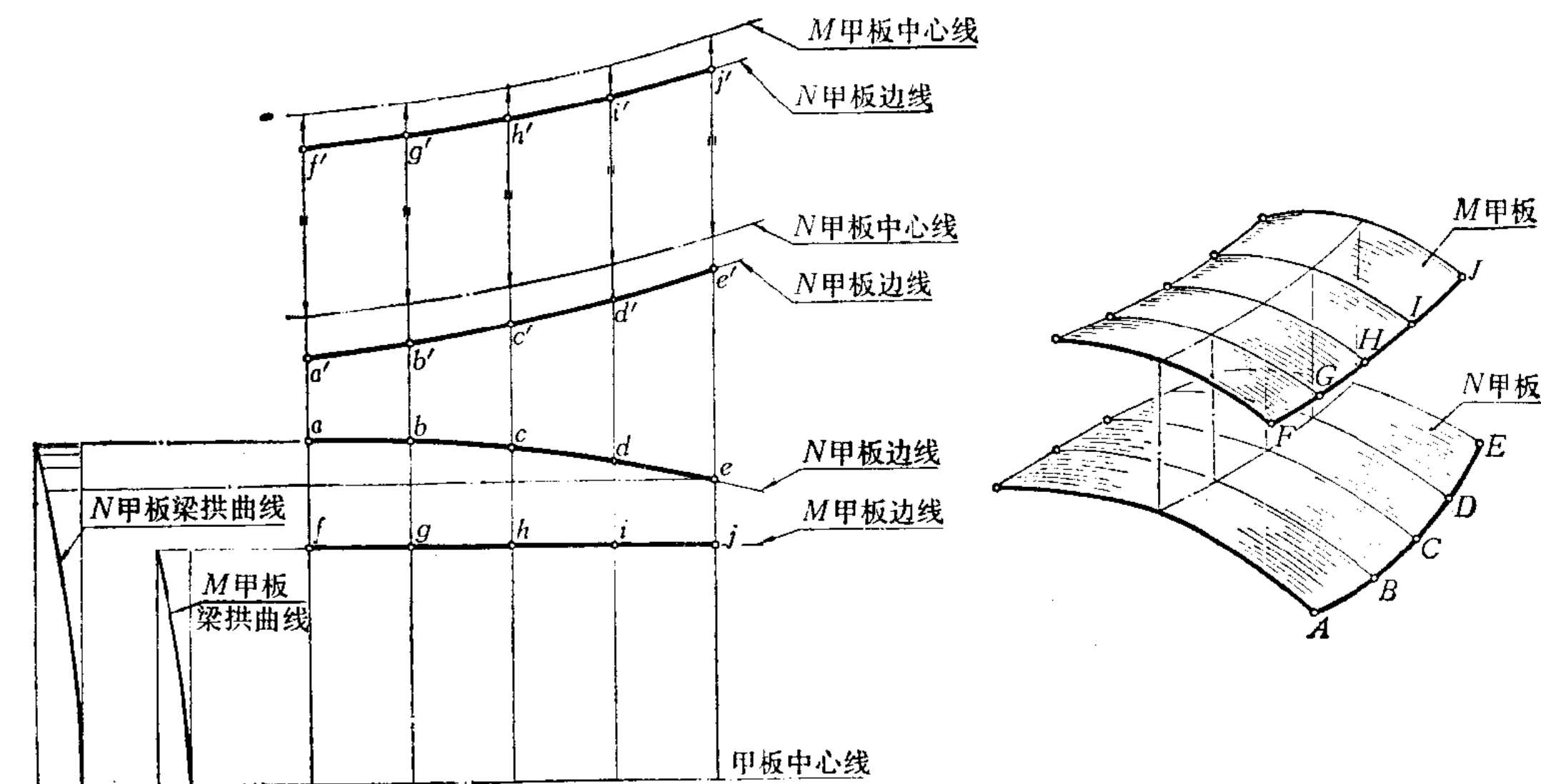


图1-6 多层甲板的线型特点

● 光顺性的几何意义将在第五章 § 6、§ 7、§ 8 中叙述。



### 3. 梁拱曲线的分析

梁拱曲线最理想的形状是圆弧，因为在圆弧的情况下，横梁的弯曲加工工艺最简单。但是考虑到船宽比较大，梁拱高度相比之下又较少，要找出圆心来画这样大的圆弧显然是有困难的，这就要用到一种不依靠圆心的描点法来画圆弧。具体的作法如下（见图 1-7）：

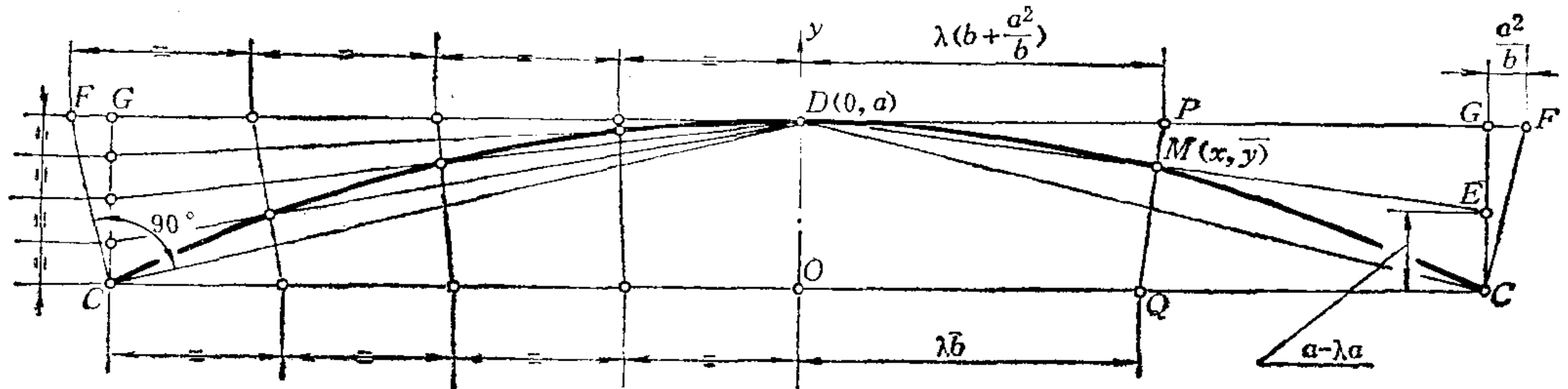


图1-7 圆弧形梁拱曲线的描点法作图

- (1) 以船体半宽和梁拱高为两边作矩形  $DOCG$ 。
- (2) 在  $DG$  的延长线上作  $F$  点使  $FC \perp DC$ 。
- (3) 将  $DF$ 、 $OC$  和  $CG$  分别等分然后按图示方法连接等分点，则对应的交点的联接线即为所求的圆弧。

现证明如下：

根据作图法， $DF$  的长度应等于  $b + \frac{a^2}{b}$ 。

假设  $M$  点为我们所求的曲线上的一个点，则  $M$  点应该是直线  $DE$  和  $PQ$  的交点，则：

$$\begin{aligned} D(0, a) \\ E(b, a - \lambda a) \end{aligned}$$

第一组直线（以  $DE$  为代表）的方程表示如下：

$$\lambda ax + by - ab = 0$$

得：

$$\lambda = \frac{b(a - y)}{ax} \quad (1)$$

$$P\left(\lambda b + \frac{\lambda a^2}{b}, a\right)$$

$$Q(\lambda b, 0)$$

第二组直线（以  $PQ$  为代表）的方程式表示如下：

$$\lambda (ay + b^2) = bx \quad (2)$$

将 (1) 式与 (2) 式联立，消去参变量  $\lambda$  即得  $M$  点的轨迹方程式：

$$x^2 + y^2 + \left(\frac{b^2 - a^2}{a}\right)y - b^2 = 0$$

这就是经过  $(0, a)$  及  $(\pm b, 0)$  三点的圆的方程式。

在一般生产实践中也采用其他近似的方法，见图 1-8。

图 1-8 中 (a) 的方法和圆弧作图法很近似，但简便得多，所得曲线方程如下：

$$y = 1 - \left(\frac{x}{b}\right)^2$$

这是一根抛物线。

图 1-8 中 (b) 和 (c) 的作图法所得为非圆曲线，它们的作法虽然简单，但所得结

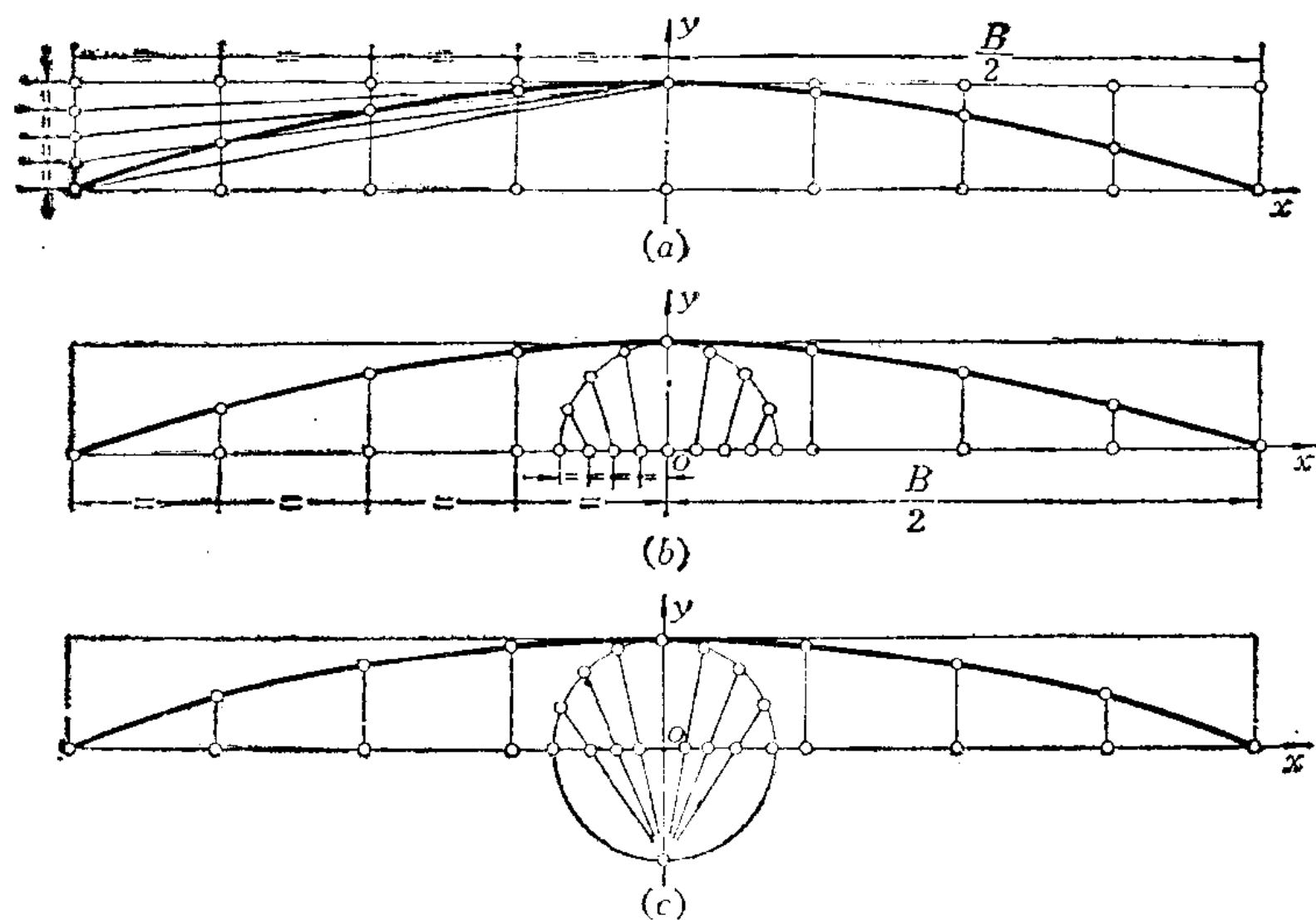


图1-8 梁拱曲线的其他作法

果和圆弧线比较差距甚大。现在我们以船宽为 50，梁拱高为 1，用以上介绍的四种方法作出梁拱曲线，将船宽分为 8 等分，求出各等分点的  $y$  坐标，列于表 1-1 中。从表上可以看出，抛物线和圆弧法所得结果非常接近，当梁拱高度为 1000 毫米时，最大的误差也只有 0.3 毫米左右，因此我们认为用抛物线的方法完全可以代替圆弧，一般情况下它的准确性是令人满意的。

图 1-8 中 (b) 和 (c) 是两种非圆曲线（注意，它们不是抛物线），这种方法作出的曲线和理想形状相距甚远，因此最好不用。

表1-1 (设  $b = 25$ ，梁拱高为 1)

图 形	方 程 式	y 值		
		$x = \frac{25}{4}$	$x = \frac{25}{2}$	$x = \frac{75}{4}$
圆弧 (图1-7)	$x^2 + y^2 + 624y - 625 = 0$	0.9376	0.7503	0.4377
抛物线 (图1-8中(a))	$1 - \left(\frac{x}{25}\right)^2$	0.9375	0.7500	0.4375
非圆曲线 (图1-8中(b))	$y = \sqrt{1 + \left(\frac{x}{25}\right)^2 - \frac{x}{12.5} \sin \frac{x}{50} \cdot 180^\circ}$ ①	0.9334	0.7368	0.4202
非圆曲线 (图1-8中(c))	$y = 2 \cos \frac{x}{100} \cdot 180^\circ - \frac{1}{\cos \frac{x}{100} \cdot 180^\circ}$ ①	0.9419	0.7654	0.4964

① 公式的推导过程从略。

## § 5 理论面和理论线

在 § 1 中介绍了船体理论表面的定义，现在进一步叙述船体结构的理论面和理论线的概念。

一般的船体结构由板材、型钢材和铸锻件组成，在放样划线时都以它们某一面为基准，

这就称为理论面。

其中型钢件和铸锻件的理论面最容易确定, 见图 1-9 及图 1-10 (a) 和图 1-10 (b)。现分述如下:

(1) 型钢以腹板最大的侧面为理论面, 见图 1-9。在船体结构中, 如肋骨框架 9、斜肋骨框架 3、隔堵的扶强材 25 等都是型钢理论面的实例, 见图 1-10 (a) 及图 1-10 (b)。

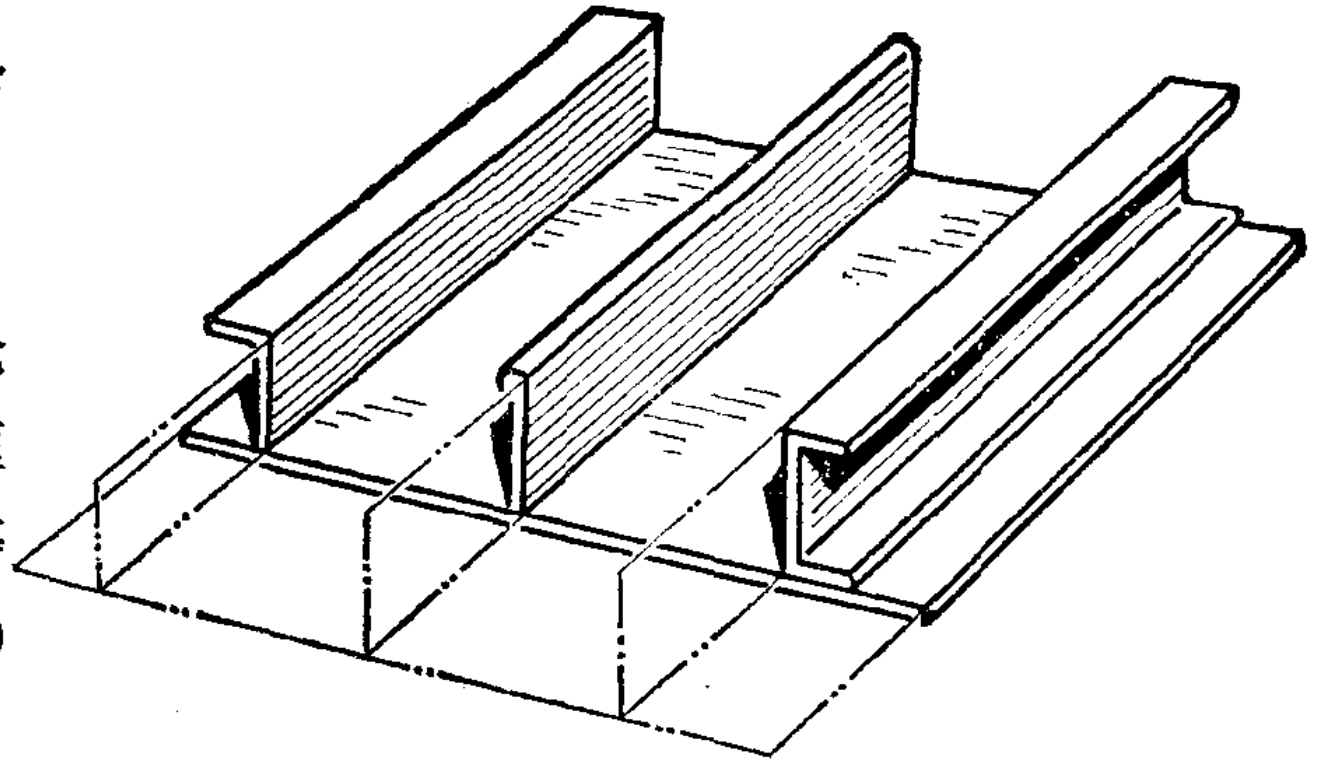


图1-9 型钢件的理论面

(2) 铸锻件以外侧表面为理论面, 如艏柱 24、艉柱 6 等都属这种实例, 见图 1-10 (a) 及图 1-10 (b)。

(3) 板材理论面的位置选定方法比较复杂, 本书只作一些初步讨论。

一般板材理论面选定的原则有三条:

1) 线型的准确性和光顺性原则: 有些构架如舵、导流管等, 外表面线型要求很准确和光顺, 我们就选定它们的外表面为理论面, 如图 1-10 (a) 中 2、4。又如舱口围壁的内侧尺寸要求较高, 因此就规定它的内侧面为理论面, 如图 1-10 (b) 中 20。

2) 放样的方便性原则: 有些板材构件, 在它的正反两个面上与它相连的其他构件的数量是不等的。例如外板 (图 1-10 (a) 中 1), 一般船体在外板外侧只有舳龙骨, 而在外板的内侧面有很多构件, 因此选定外板的内侧面为理论面的目的就是为了简化放样划线方法, 因为这个理论面不仅代表了外板的线型, 而且同时也反映了极大部分内部构件的形状。当然, 这种规定也带来了一些问题, 例如: 由于外板厚度不一而造成外板表面有不平整的现象以及船体的实际排水量比按理论面计算出来的排水量要大一些等等。对于一般要求不很高的船只, 这种误差是可以略去不计的。但是对于要求特别高的船体, 这些问题也不能忽视, 因此对于这类船只也有规定以外板的外表面为理论表面的。

从这个原则出发, 我们可以选定甲板的下表面为理论面; 横隔堵和纵隔堵以它的安装扶强材的一面为理论面, 如图 1-10 (a) 及图 1-10 (b) 中 5、7、22。甲板纵桁的面板就以它的上表面为理论面, 如图 1-10 (b) 中 23; 内底板以它的下表面为理论面, 如图 1-10 (b) 中 13; 艏柱的上半段以它的内表面为理论面, 如图 1-10 (b) 中 24 上半段; 舳肘板以它与肋骨相接的面为理论面, 如图 1-10 (b) 中 12。

3) 以靠近基本投影面的面为理论面的原则: 有些构件在两侧面具有相同数量的构件 (例如双层底内的旁桁材等), 也有些构件的两侧面都没有其他构件 (例如舳龙骨)。因此无法按照上述原则 2) 确定它的理论面位置, 对于这种特殊的情况我们规定它们靠近基本投影面的面为理论面。具体可分三种情况。

(a) 接近水平的构件以靠近基平面的面为理论面, 例如船侧纵桁的腹板 (图 1-10 (b) 中 11) 和舳龙骨的腹板 (图 1-10 (b) 中 19)。

(b) 接近垂直并沿纵向布置 (即理论面平行或接近平行  $V$  面) 的构件以靠近纵中剖面的面为理论面, 例如双层底内的旁桁材 (图 1-10 (b) 中 14、15)、主机基座的纵桁复板 (图 1-10 (b) 中 17)、甲板下纵桁的腹板 (图 1-10 (b) 中 21)。其中, 有一特例就是中桁材, 它



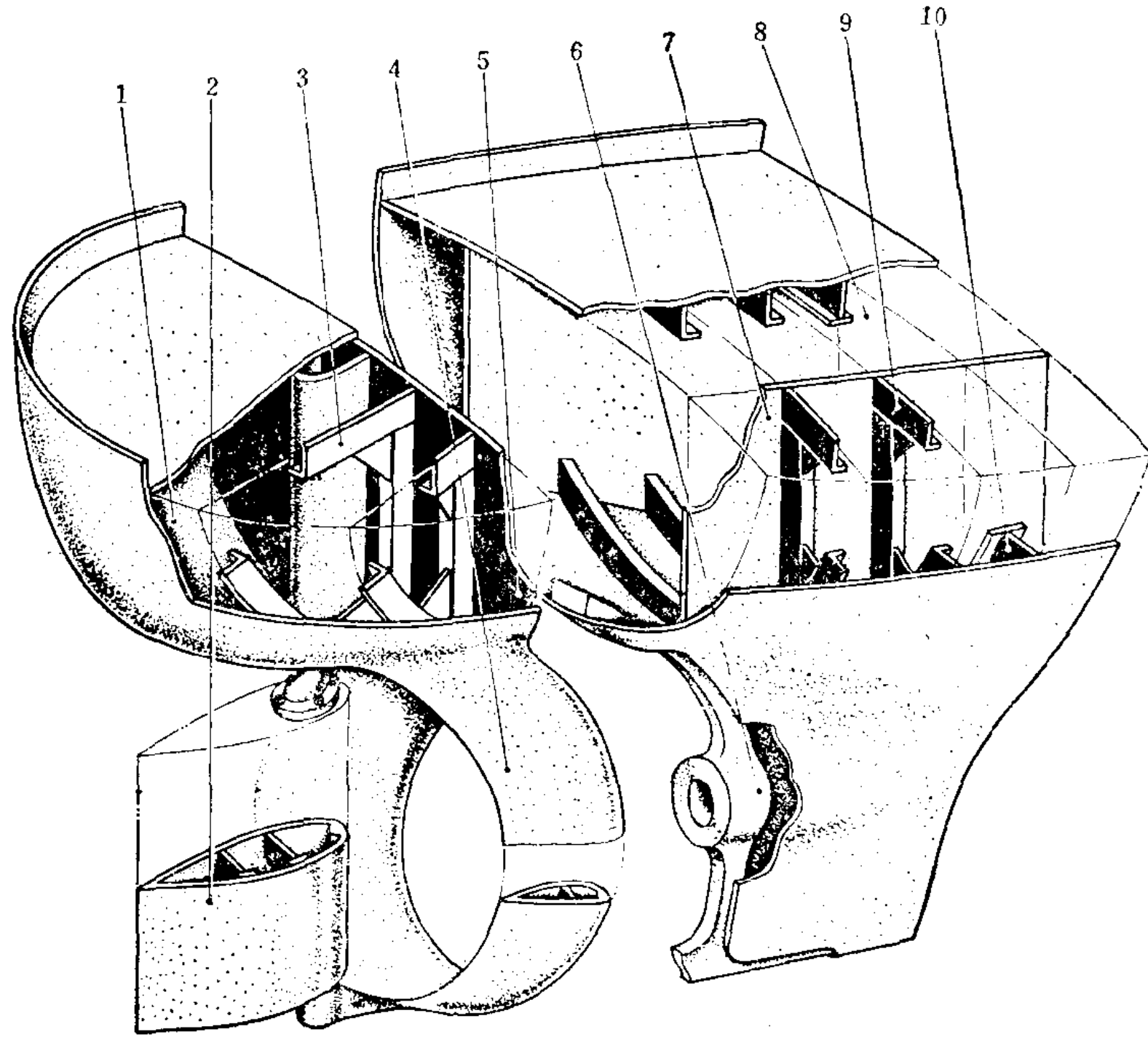


图1-10(a) 船体结构的理论面

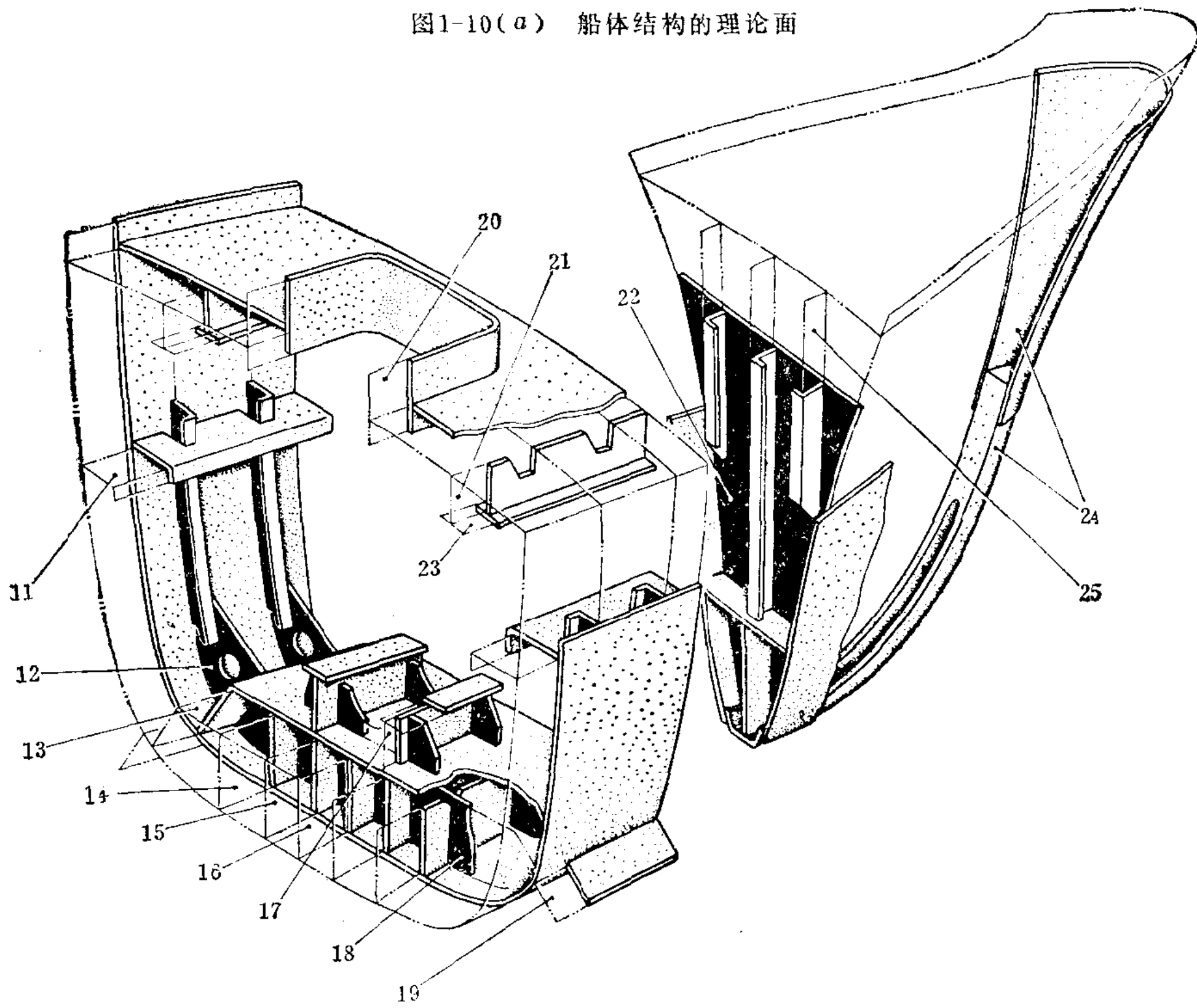


图1-10(b) 船体结构的理论面

是以板材厚度中间的一层为理论面的 (图 1-10 (b) 中16)。

(c)沿横向布置 (即平行 $W$ 面) 的构件以靠近横中剖面的面为理论面。例如肋板 (图 1-10 (b) 中18); 强肋骨的腹板 (图 1-10 (a) 中10); 强横梁的腹板 (图1-10(a)中8)。

以上介绍了理论面选定时几个参考原则, 应该指出: 首先考虑第一条准确性原则, 其

次是方便性原则，空间位置的原则是最后考虑的。

接着再叙述理论线的概念。

#### (4) 理论线的定义

一般所谓理论线包含两种意义：

- 1) 理论面与理论面的交线。
- 2) 理论面的边界线（轮廓线）。

为了在今后讨论结构放样时简化问题起见，我们特规定：平行中央横剖面的理论线统称为横向理论线，其他的理论线统称为纵向理论线。

图 1-11 表示一个全部由理论面所组成的船体分段模型。其中大部分结构的外形具有共性，它们都是由两根纵向理论线 2 和若干根横向理论线 1 所组成。我们以后将根据这些构件的几何形状的不同进行分类并讨论它们的放样方法。

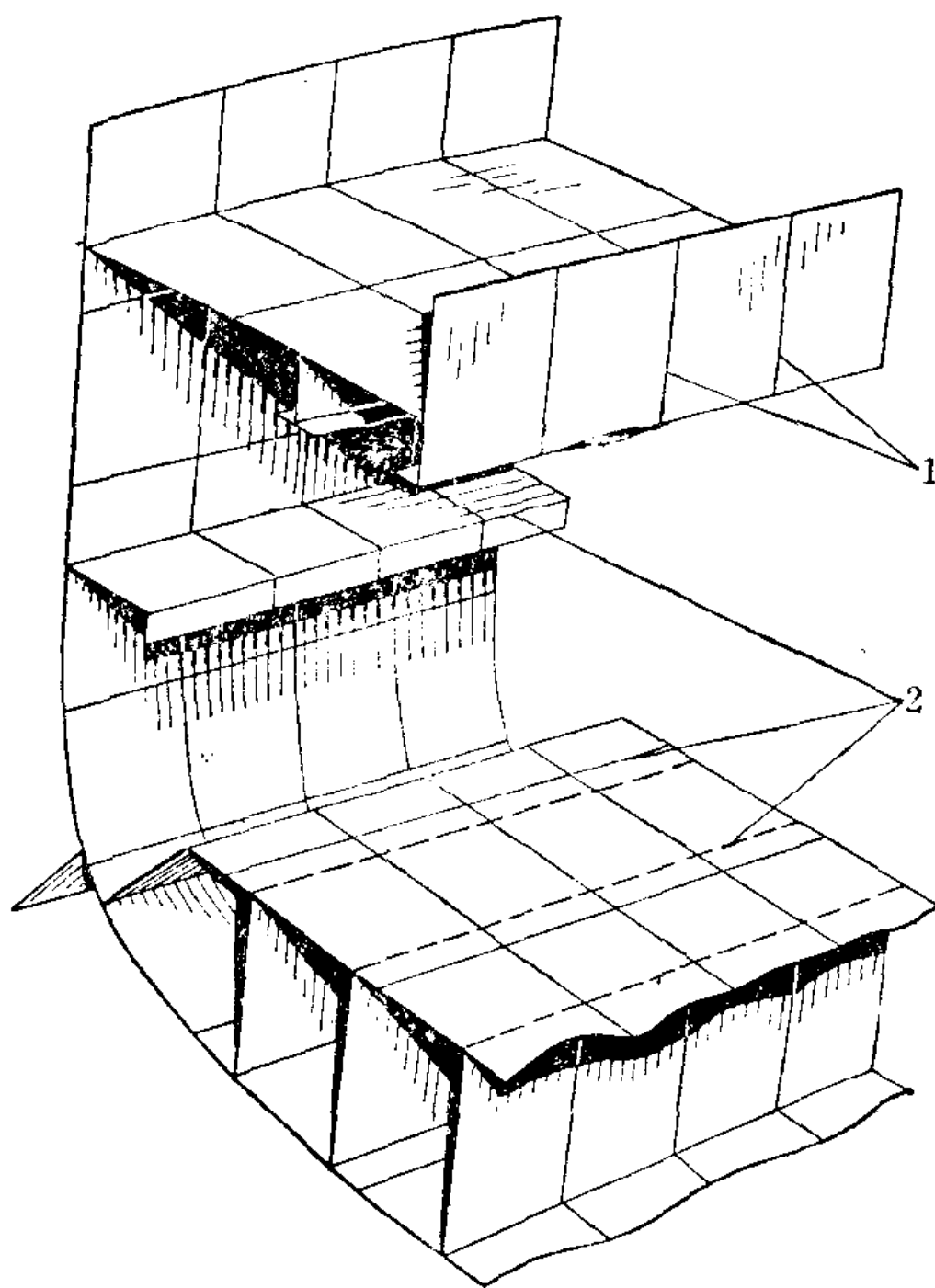


图 1-11 横向理论线和纵向理论线

## § 6 关于作图准确性的问题

本书主要是用画法几何学的工具来处理船体放样的问题，极大多数问题是靠作图来求解的。因此，作图准确性的概念有必要在正式叙述构件展开方法之前作一个简单的介绍。我们应该尽量选用准确性高的方法；尽量避免采用准确性低的方法。

### 1. 造成作图结果不准确的主要原因分析

(1) 采用的作图方法步骤太多而造成作图不准确。为了说明步骤的简化是提高作图准确性的一个重要方面，我们举一例说明：线段的等分可以用平面几何中介绍的平行线法来作（即过给定线段的一端点作辅助线并等分，再过等分点作一组倾斜的平行线和给定的线段相交的方法），但是此法步骤多，易造成误差，在实际作图时不宜采用，一般实际作图是用尺量出给定线段的长度，再用数学方法等分，并将其结果直接量到线段上，这时，作图的结果的准确性主要地取决于直尺的刻度。像本书第三章图 3-16 所介绍的锚链管放样方法由于采用了较繁复的作图方法，增加了作图步骤就容易造成作图不准确。

(2) 造成作图不准确的第二个原因是放样时的方法选择不妥（这里所谓的不妥并非指原理上的错误而是指技术上的原因造成的误差）。为了便于说明这个问题，我们举一组例子如下（见图 1-12）：

1) 我们知道：两点决定一直线，这根直线的位置的准确性还取决于这两点的大小和两点距离的远近。显然，尽可能小和尽可能远的两点所确定的直线就比较准确，而两点以外的直线的延长部分准确性就差。

2) 两相交直线的交点位置的准确性不仅与直线的粗细有关而且和这两直线的夹角有关。夹角越是接近垂直则交点的准确性越高，见图 1-12 中(a)。

3) 两根曲线的交点的准确性取决于过这交点所作曲线的切线之间的夹角的大小, 如图 1-12 中 (b) 所示, 夹角越接近垂直则交点越是准确。

4) 直线与平面的交点的准确性取决于直线与平面的夹角的大小, 有时也可以用该直线与平面的法线<sup>●</sup>的夹角大小来判断。这个夹角越小则交点越正确, 见图 1-12 中 (c)。

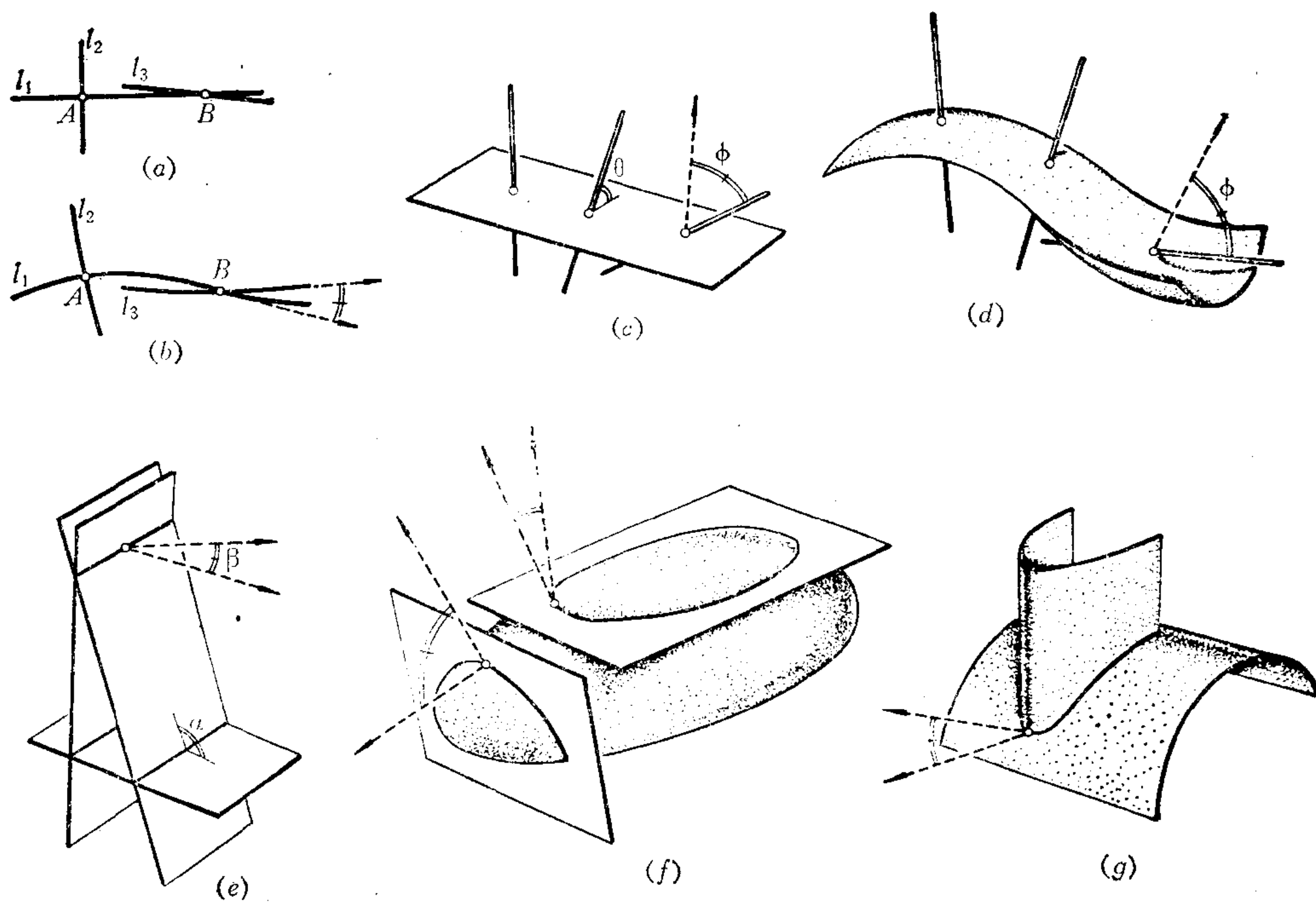


图 1-12 准确性问题的几何概念

5) 把上述概念引伸到直线与曲面的交点的准确性问题上, 可以看出: 直线与过交点的曲面的法线的夹角越小则该交点的准确性越好, 该夹角趋近直角时, 则交点的准确性极差, 见图 1-12 中 (d)。

6) 平面与平面的交线的准确性取决于这两面角的平面角是否接近垂直, 但也可以作这两平面的法线, 根据这两根法线的夹角的大小来判断, 见图 1-12 中 (e)。

7) 平面与曲面的交线的准确性是船体放样时十分重要的问题, 在图 1-12 中 (f) 里我们过交线上的一点作平面的法线以及曲面的法线, 如果这两根法线越接近垂直, 则这一段交线的准确性就高。

根据这个概念可见: 在船体最外侧部分的纵剖线和船底平坦部分的水线以及船尾端部的横剖线等准确性就不高, 这些准确性不高的线型既不能很好地反映船体理论面的真实形状也不能作为我们放样展开时的主要依据。

8) 两曲面的交线的准确性也可以用类似的方法判定, 见图 1-12 中 (g)。

9) 一平面曲线的形状要画得准确不仅要求给定的点的数量多和准确性好, 而且在曲线两端部之外必须有适当的有效点, 让曲线能够延伸过去, 见图 1-13, 只有这样才能保证曲线两端部的准确性。<sup>●</sup>

● 4)、5) ……各段叙述的平面和曲面的“法线”仅仅是为了便于说明问题而假设的, 在船体放样的过程中, 并不需要作出这些法线。