

中国造船工程学会人才与教育学术委员会
教材建设学组推荐

船舶系列丛书

CHUANBO XILIE CONGSHU

船体放样

魏莉洁 主编

船舶工业教材编审室 审



HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

船 体 放 样

主编 魏莉洁

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书主要内容有船体放样基础知识、船体型线及结构线放样、船体构件及外板展开、草图、样板及样箱、船体数学放样以及数学放样在船体建造施工中的应用。书中除了介绍船体放样基本方法外,还介绍了目前常用的造船软件。书中每章后附有习题。

本书可作为高职、中职和技校船体专业的基础教材,也可供船体放样技术人员及船舶相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船体放样/魏莉洁主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2011. 8
ISBN 978 - 7 - 5661 - 0227 - 0

I. ①船… II. ①魏… III. ①船体放样 - 教材
IV. ①U671. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 166900 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省地质测绘印制中心
开 本 787mm × 1 092mm 1/16
印 张 11
字 数 271 千字
版 次 2011 年 9 月第 1 版
印 次 2011 年 9 月第 1 次印刷
定 价 22.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

在编写本书的过程中,编者对各种不同规模船舶企业进行了调查。本书是针对我国船舶企业技术发展水平的不同,综合考虑选取的教材内容。由于一般船厂已不采用手工型线放样,因此本书只简要地介绍船体理论型线的手工放样方法,增加了对型线图基本概念的介绍。对结构放样及展开内容,选取介绍了一些典型放样和展开方法。由于近年来已广泛采用计算机放样,本书介绍了常用的计算机辅助船体建造软件及其实际应用。

本书由魏莉洁主编及统稿,并编写第二、三章。渤海船舶职业学院刘雪梅编写第四章及附图,卢馨编写第一章,刘旭编写第五、六章。在教材编写过程中得到了渤海船舶重工有限责任公司、中船澄西船舶修造有限公司相关技术人员的大力支持和帮助,同时,在编写过程中参考或引用了国内一些专家的论著,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限及时间仓促,书中会存在很多疏漏与不足之处,热诚欢迎读者批评指正。

编 者

2011年3月

目 录

绪论	1
第一章 船体放样基础知识	4
第一节 典型几何图形的作图方法	4
第二节 线段实长的求法	11
第三节 几何体展开	16
第四节 板厚的处理	31
习题	35
第二章 船体型线及结构线放样	37
第一节 船体型线图基本概念	37
第二节 船体理论型线放样	45
第三节 船体肋骨型线放样	54
第四节 船体结构线和板缝线放样	62
习题	67
第三章 船体外板及结构展开	71
第一节 船体外板的展开	71
第二节 船体结构的展开	83
习题	92
第四章 草图、样板及样箱	95
第一节 船体零件草图	95
第二节 加工草图与样板	97
第三节 胎架画线草图与画线样板	102
第四节 装配画线草图与样板	108
习题	116
第五章 船体数学放样	118
第一节 船体数学放样概述	118
第二节 数学放样内容	119
第三节 HD-SHM 系统软件的应用	131
第四节 TRIBON 软件的应用	136
习题	146
第六章 数学放样在船体建造施工中的应用	147
第一节 数学放样在逆直线加工型材中的应用	147

第二节 依据数学放样型值制作活络三角样板..... 149

第三节 依据数学放样型值制作坐标支柱胎架..... 151

第四节 数学放样生成样箱制作图..... 156

习题..... 159

附图..... 161

参考文献..... 168

绪 论

船舶是一种外形及结构均较复杂的水上建筑物。其外形通常为形状复杂的流线形体,内部结构构件繁多,且很多构件的形状与船体线型有关。船体建造过程也比较复杂,需要经过放样、号料、加工、部件装配、分段装配、总段装配及船台装配和下水等工序。船体放样是船体建造的第一道工序,放样提供的型值、数据、草图、样板、样箱等是作为其后续工序的依据,船体建造的质量与放样的精度有着密切的关系,因此船体放样在船体建造过程中占有重要的地位。

一、船体放样及方法

船体放样是将原设计绘制的设计图(型线图、结构图),按一定比例进行三向光顺,并将其构件进行展开,以求得符合设计要求的船体结构真实形状和尺寸,作为船体构件下料、加工和装配的依据。

由于船体表面是光顺的曲面,这就要求放样后的船体线型也一定是光顺的。因此船体放样的目的不仅仅是将设计图放大(手工放样时为1:1,1:5,1:10等),更重要的是将设计图上因比例限制(一般为1:100,1:50)而隐匿的型值误差和曲线(面)不光顺因素予以消除,对型线进行光顺;此外,由于设计图中除了主要尺寸外,其他尺寸和数据是不太完善的初始数据,结构图样中也不可能一一将船体构件准确位置标明出来,因此在船体放样时还要补充设计图中尚未完全表示出的内容,并依据放大光顺的图样求取船体构件的真实形状和几何尺寸,为后续工序提供施工资料(样杆、样板和草图等)。由此可知,放样既是设计意图的体现与完善的过程,又是产生后续施工依据的重要环节。

船体放样常用的方法有手工放样和数学放样。手工放样包括按1:1比例绘图的实尺放样和按1:10或1:5比例绘图的比例放样,比例放样的优点在于能减少放样台面积,降低放样工作的劳动强度,其放样方法与实尺放样一样,只是所用的绘图比例、放样工具和技术要求有所不同。数学放样则是用数学方程定义船体型线或船体型表面,建立数学模型,借助于电子计算机完成船体放样。

二、船体放样的主要内容

船体放样主要有以下内容。

1. 船体型线放样

(1)理论型线放样 根据设计部门提供的理论型线图和型值表,进行型线放样,以获得船体准确、光顺的三向型线图(纵剖线图、半宽水线图和横剖线图),作为船体肋骨型线放样的依据。

(2)肋骨型线放样 为了表达船体每挡肋位肋骨横剖线的形状和船体内部结构状况,在理论型线放样的基础上,按实际肋骨间距在纵剖线图和半宽水线图上插入肋骨线,根据三面投影关系,在横剖线图上得到每挡肋骨型线,即为肋骨型线图,作为船体构件线放样及船体建造的依据。

2. 船体结构线放样

在肋骨型线图上,按基本结构图、中横剖面图、外板展开图等有关图纸绘出甲板、平台、内底板、纵舱壁、肋板、纵桁材、外板接缝线等结构的理论投影线,作为构件、外板展开和加工制造的依据。

3. 船体构件和外板的展开

根据肋骨型线图所确定的构件线和外板的接缝线,按分段结构图和外板展开图等,进行船体构件和外板的展开,求得构件和外板的准确形状和尺寸,据此绘制草图及制作样板。

4. 提供后续工序

用各类数据、资料,绘制各类草图和钉制各种样板、样箱,作为号料、加工制造的依据。

5. 修正和整理放样过程中的一些有关技术资料。

船体放样的准备有如下工作。

(1) 图纸的准备 由设计部门提供船体型线图及其型值表,还必须具备基本结构图、中横剖面图、肋骨型线图、外板展开图、艏艉柱结构图、船体结构理论线图、轴系布置图等。

(2) 场地准备 手工放样时必须熟悉船体主尺度,考虑造船生产进度与周期,合理安排几艘船的放样场地。

(3) 工具准备 船体手工放样工具较多,主要有 30 ~ 50 m 长的钢卷尺(用前由计量部门检验)、木质及塑料或有机玻璃样条、质量与大小不同的压铁、曲线板、粉线等。

(4) 材料及人员准备 钉制样板、样箱和绘制草图所需用的材料,如木板、铁钉、纸、笔等。此外还需做好人员准备,合理调配人力。

采用计算机进行数学放样则需要配备相应的计算机硬件及船舶 CAD/CAM 系统软件等。

三、船体放样发展现状

随着电子计算机技术的飞跃发展,各个领域都大量应用了电子计算机。船体建造过程是一个复杂的生产过程,而且其中包含了大量的手工作业,若能利用电子计算机来完成船体建造过程中的一些工作,对降低成本、缩短造船周期、提高产品质量及船体建造技术水平都有非常重要的作用。

由于船体放样工作在船体建造中处于重要地位,国内外对放样工艺的革新都非常重视。近 30 年来,放样工艺得到迅速发展,从过去的 1:1 实尺放样到后来的 1:10,1:5 的比例放样,发展到了现在采用的数学放样。数学放样就是以计算机为工具,运用各种数学处理方法来实现船体型线放样、结构线放样、外板与结构展开等各项工作,为后续工序绘图、号料、切割、加工的数字化与数控化提供了数学依据,并为造船数控流水线打下了基础。

计算机应用于船舶建造初期,是针对一些计算工作和某个工艺过程编制成一个独立的程序。而目前则发展成为对船舶设计、建造、管理等进行综合处理的信息系统。其中的船体数学放样子系统已发展为具有型线放样、结构线放样、构件展开、构件样板、胎架等的生成与输出等功能丰富的数学放样子系统。

数学放样是造船自动化中的一个重要的环节,它促进了计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)的发展。由于现代船舶的制造对效率与质量的要求不断提高,计算机辅助设计和制造在船舶制造业中得到了广泛应用。

由于数学放样是模拟人工放样的过程和方法,人工放样是基础,它与数学放样有着密切

的内在联系,因此掌握了人工放样的原理和方法,就为数学放样的学习和掌握奠定了基础。此外,目前还有许多放样相关工作,如一些结构的展开、样板、样箱的制作等,都要有船体放样基础。本书仍对手工放样的原理重点内容作了介绍,并对应用计算机及相关造船软件进行数学放样作了介绍。

第一章 船体放样基础知识

放样是船舶建造的第一道工序,它对保证船舶质量、缩短生产周期、节约原材料等有着重要影响。从事这项工作需要几何图形的作图及几何体展开等多方面的知识。

第一节 典型几何图形的作图方法

为满足放样工作的需要,必须掌握足够的几何作图方法。由于篇幅有限,这里只介绍一些典型实用的几何作图方法。

一、过线段的端点作垂线

1. 三规法(如图 1-1 所示)

- (1) 以 A 点为圆心,适宜长 R 为半径画弧,交 AB 于 1 点。
- (2) 以 1 点为圆心, R 为半径画弧交前弧于 2 点。
- (3) 连接 1-2 并延长。
- (4) 以 2 点为圆心, R 为半径画弧交 1-2 延长线于 C 点。
- (5) 连接 C,A ,则 CA 垂直于 AB 。

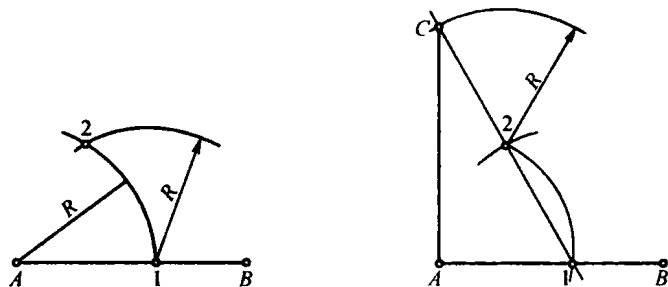


图 1-1 三规法过线段的端点作垂线

2. 半圆法(如图 1-2 所示)

- (1) 以适当长直线段 1-2 为直径画半圆,即 3 为圆心。
- (2) 在半圆弧上任取一点 4,连接直线 1-4 和 2-4,则直线 1-4 垂直于直线 2-4。

3. 卷尺和粉线作垂线(如图 1-3 所示)

生产中,有时相互垂直的两线都较长,如用画规作图,因所作垂线较短,再经延伸则容易产生较大误差,这时,可利用卷尺和粉线作图。

- (1) AB 线上,在适宜点 1 用粉线弹画出斜线 1-E。
- (2) 以 1 点为中心,用适宜长 R (利用卷尺)在 1-E 线上截取 O 点。
- (3) 以 O 为中心,同上长度 R 在 AB , 1-E 上分别截取得 D, C 两点。

(4)过 C, D 两点连一直线,则 CD 垂直于 AB 。

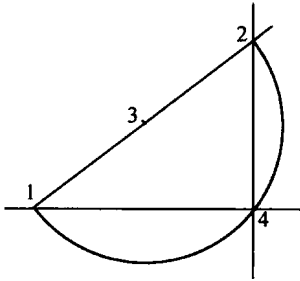


图 1-2 半圆法过线段的端点作垂线

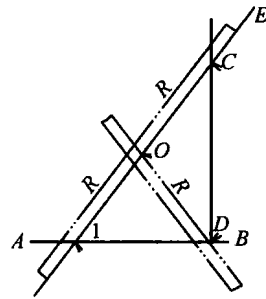


图 1-3 利用卷尺和粉线作垂线

二、角的作法

1. 作一角等于已知角

已知 $\angle ABC$, 试作一角等于已知角, 如图 1-4 所示。

(1)以已知角顶点 B 为圆心, 适宜长 R 为半径画圆弧, 交两边于 1, 2 两点, 如图 1-4(a) 所示。

(2)另作一直线 $B'C'$, 以 B' 点为圆心, R 为半径画圆弧交 $B'C'$ 于 $1'$ 点, 见图 1-4(b)。

(3)以 $1'$ 点为圆心, 用已知角上的 1-2 弦长作半径画圆弧交前弧于 $2'$ 点, 如图 1-4(c) 所示。

(4)过 $2'$ 点与 B' 连接得 $A'B'$ 线, 则 $\angle A'B'C'$ 等于 $\angle ABC$, 见图 1-4(d)。

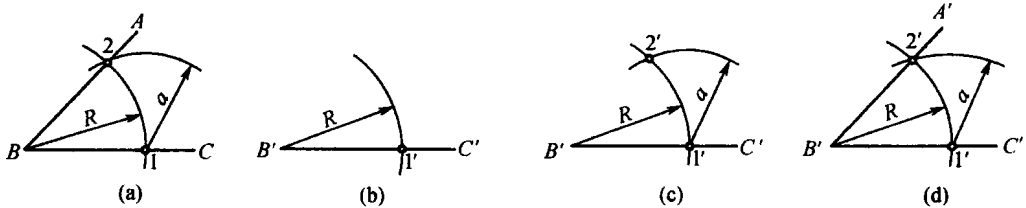


图 1-4 作一角等于已知角

2. 任意角的作法

试作一角等于 50° , 见图 1-5。

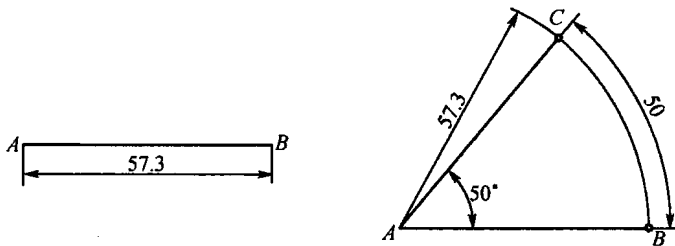


图 1-5 任意角的作法

(1)画直线 AB 等于 57.3 mm 。

(2)以 A 为圆心, AB 为半径画圆弧。

(3)在圆弧上每取 1 mm 的弧长,其所对的圆心角为 1° ,因此截取弧 BC 等于 50 mm ,则 $\angle CAB$ 即为 50° 。

这里需说明一点,为减小角度误差,在具体应用时应根据结构尺寸用 n 倍的 57.3 mm (即取 $R = 57.3n\text{ mm}$) 为半径画圆,这时该圆上 $n\text{ mm}$ 弧长所对的圆心角为 1° 。

三、角的等分

1. 任意角二等分(见图 1-6)

(1)已知角 $\angle BAC$,以角顶点 A 为圆心,适当长为半径画弧,分别交 AB, AC 于 D, E 两点,见图 1-6(a)。

(2)分别以 D, E 两点各为圆心,以相同半径画弧,两弧交于 K 点,连接 AK ,则将角 $\angle BAC$ 二等分,见图 1-6(b)。

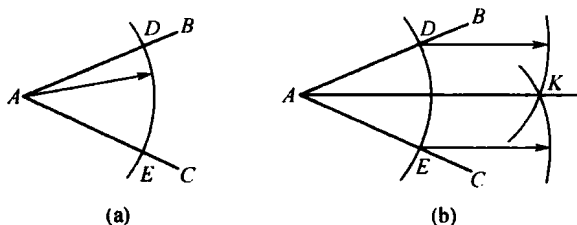


图 1-6 任意角二等分

2. 直角三等分(见图 1-7)

(1)已知直角 $\angle BAC$,见图 1-7(a)。

(2)以 A 点为圆心,适当长 R 为半径画弧,分别交两直角边 AB 和 AC 于 E, F 两点,见图 1-7(b)。

(3)再分别以 E, F 为圆心,以画 EF 弧的相同半径画弧,分别交 EF 弧于 N, M 点。连接 AM, AN 即将该直角三等分,见图 1-7(c)。

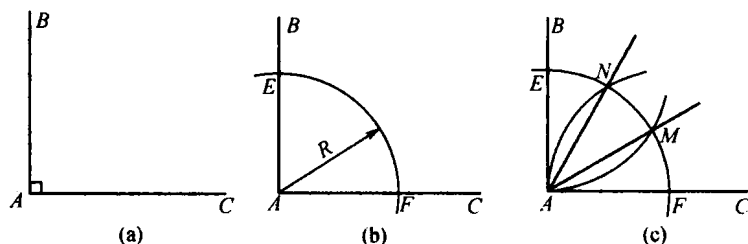


图 1-7 直角三等分

3. 任意锐角三等分(见图 1-8)

(1)已知任意锐角 $\angle AOB$,以角顶 O 为圆心,适当长 R 为半径画弧,交 OA, OB 于 C, D ,连直线 CD ,并以其为直径画圆,见图 1-8(a)。

(2) 作角 $\angle A$ 的分角线, 交圆周于 E , 直径 CD 的右半圆三等分, 得 G, H , 见图 1-8(b)。

(3) 连直线 EG, EH , 交 CD 于 M, N , 连直线 OM, ON , 即将该锐角近似三等分, 如图 1-8(c) 所示。

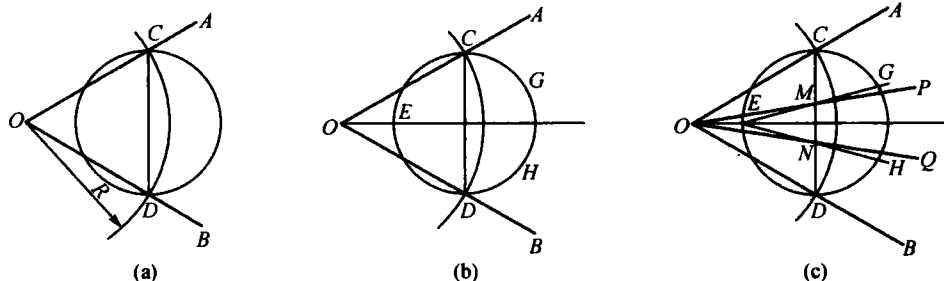


图 1-8 任意锐角三等分

4. 任意钝角三等分 (见图 1-9)

(1) 延长任意已知钝角 $\angle AOB$ 的夹角边 BO 至 C , 以 O 为圆心, 适当长 R 为半径画半圆分别交 BC 于 D, F , 并交 OA 于 E , 见图 1-9(a)。

(2) 再分别以 D, F 点为圆心, DF 长为半径画弧, 两弧相交于 M 。连直线 ME 交 OF 于 G , 将 DG 线段三等分, 得等分点 H, K , 见图 1-9(b)。

(3) 连直线 MH, MK , 并延长与半圆相交于 P, Q , 连直线 OP, OQ , 则将该钝角近似三等分, 见图 1-9(c)。

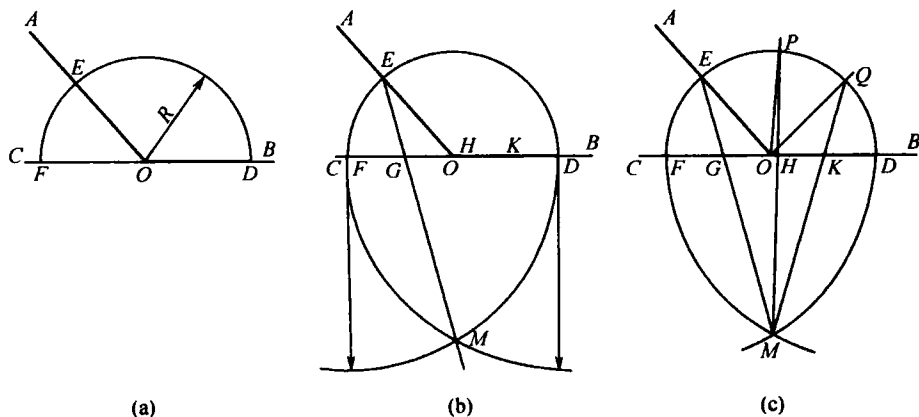


图 1-9 任意钝角三等分

四、圆的等分

1. 圆的三、六、十二等分

已知一圆及其圆心 O , 试将该圆分成三、六、十二等份, 见图 1-10。

(1) 过 O 点作直径 1-7 与 4-10 互相垂直, 见图 1-10(a)。

(2) 以 7 点为圆心, 以圆的半径画圆弧交圆周于 5, 9 两点, 则点 1, 5, 9 分圆周为三等份,

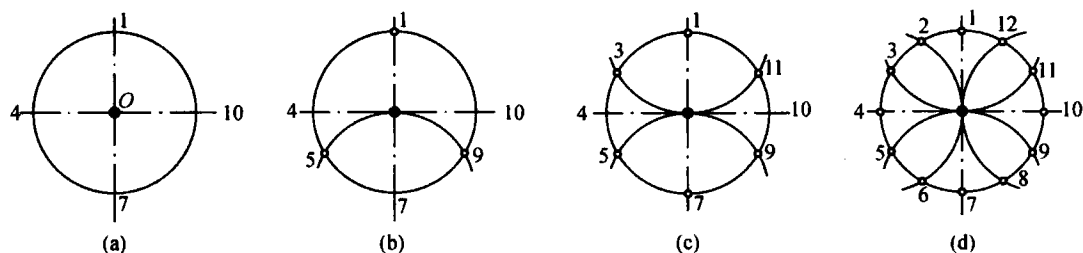


图 1-10 圆的三、六、十二等分

见图 1-10(b)。

(3) 以 1 点为圆心, 以圆的半径画圆弧交圆周于 3, 11 两点, 则点 1, 3, 5, 7, 9, 11 分圆周为六等份, 见图 1-10(c)。

(4) 以 4, 10 两点为圆心, 以圆的半径分别画圆弧交圆周于 2, 6, 8, 12 点。则点 1, 2, ..., 12 分圆周为十二等份, 见图 1-10(d)。

2. 圆的任意等分 (近似作法)

已知一圆及其中心 O , 试将其分为 n 等份 (图 1-11 为九等分)。

(1) 分已知圆 O 的直径为 9 等份, 见图 1-11(a)。

(2) 以 1, 10 两点为圆心, 以已知圆的直径为半径分别画弧, 两弧交于 P 点, 如图 1-11(b) 所示。

(3) 连接 $P, 3$ 并延长, 交圆周于 2, 则 1-2 即为圆的九等分的等分弦长, 见图 1-11(c)。以此边长为半径在圆周上依次截取, 即分圆周为九等份, 见图 1-11(d)。

若分圆周为 n 等份时, 相应地将圆的直径分为 n 份, 但仍是连接 $P, 3$ (直径上的第二等分点) 并延长交于圆周, 而得到圆周 n 等分的第一个等分点。

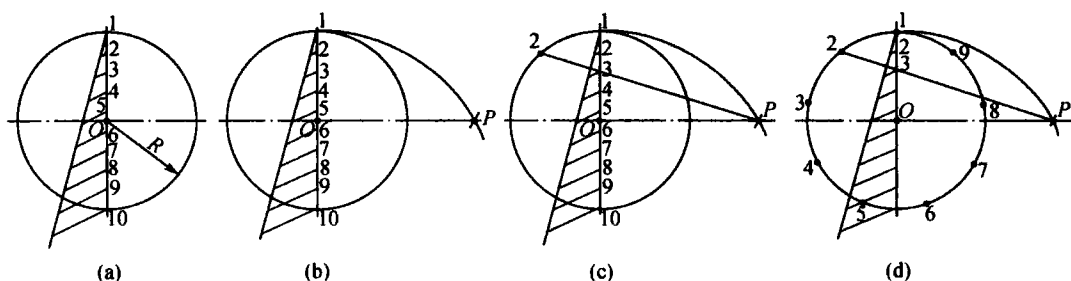


图 1-11 圆的任意 (九) 等分

五、特大圆弧画法

1. 画法一

已知弦长 AB 和弧弦距 h (通常称为拱高), 试作大圆弧 (如图 1-12 所示)。

(1) 作 AB 的垂直平分线 OC , 并令 OC 等于 h , 如图 1-12(a) 所示。

(2) 以 O 为圆心, OC 长为半径画一半圆 CED , 如图 1-12(b) 所示。

(3) 分弧 EC 为 4 等份 (等分越多越准确), 连接各等分点于 D , 得与 OE 的交点。

(4) 分 AB 弦为 8 等份, 并过等分点作垂线, 取各线长对应等于 h_1, h_2, h_3 得出各点。

(5) 以曲线连接各点, 即得所求大圆弧, 见图 1-12(b)。

这种画法适用于精度要求不高的构件的放样。

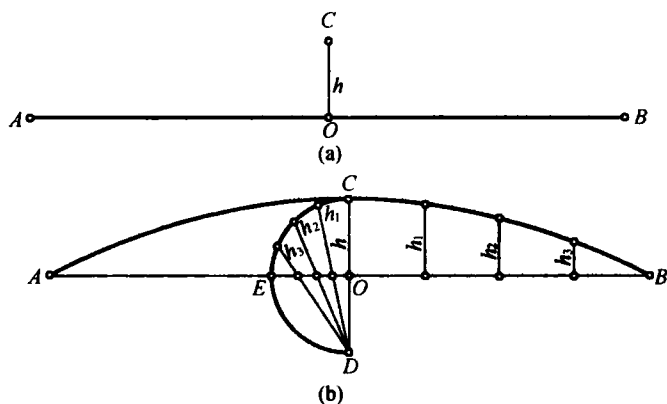


图 1-12 特大圆弧画法一

2. 画法二

已知弦长 a 和弧弦距 h , 试画大圆弧 (图 1-13)。

(1) 画直线 AB 等于已知尺寸 a , 作 OC 等于已知尺寸 h 且垂直平分 AB , 见图 1-13(a)。

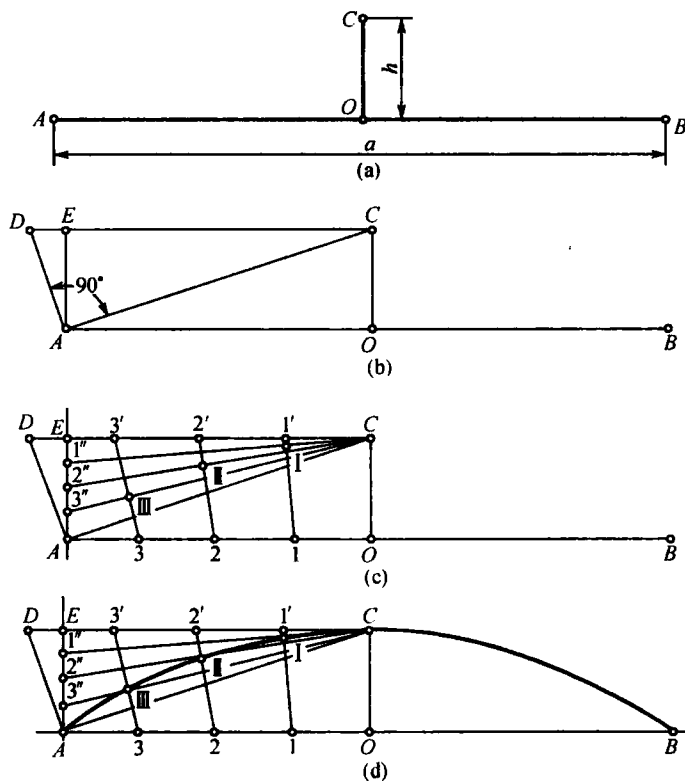


图 1-13 特大圆弧画法二

(2) 连接 AC , 作 CD 平行于 AB , AD 垂直于 AC , AE 垂直于 CD , 见图 1-13(b)。

(3) 4 等分 AO , AE 和 CD 得出各点, 连接 $1-1'$, $2-2'$, $3-3'$, 与由 AE 各等分点 $1''$, $2''$, $3''$ 向 C 的连线对应交点为 I , II , III , 见图 1-13(c)。

(4) 以曲线连接 A , III , II , I , C 各点, 即得所求大圆弧, 见图 1-13(d)。

用此法作出的大圆弧较为准确。

六、椭圆画法(四心法)

1. 已知椭圆的长轴 AB 、短轴 CD , 连接 AC , 以 O 为圆心, OA 为半径, 画弧交 OC 的延长线于 E ; 又以 C 为圆心, CE 为半径画弧交 AC 于 F , 见图 1-14(a)。

2. 作 AF 的垂直平分线交 OA 于 O_1 , 交 OD 于 O_3 ; 取 $OO_2 = OO_1$, $OO_4 = OO_3$, 连 O_4O_1 , O_4O_2 , O_3O_2 且适当延长之; 分别以 O_3, O_4 为圆心, O_3C, O_4D 为半径, 在 GH 和 MN 间画弧; 再分别以 O_1, O_2 为圆心, O_1A, O_2B 为半径, 在 MG 和 NH 间画弧与前两弧相吻切, 即为椭圆。

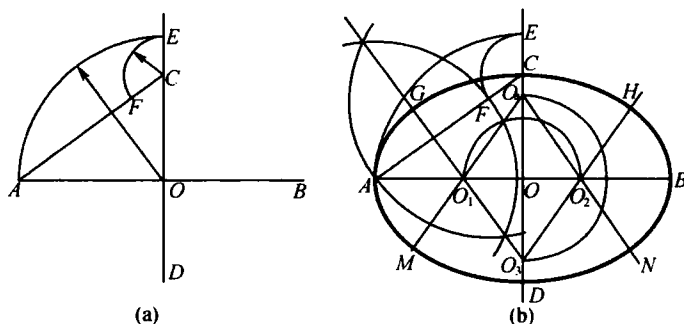


图 1-14 椭圆画法

七、梁拱的画法

已知跨长 AB 和拱高 h , 试作圆弧梁拱线, 见图 1-15。

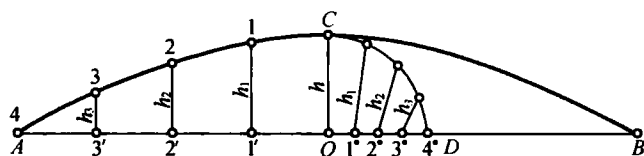


图 1-15 圆弧梁拱的画法

1. 作 h 线垂直平分 AB 交于 O 点。

2. 以 O 点为圆心, h 为半径画弧 $\widehat{CD}$ 。

3. 分 $\widehat{CD}$ 弧为 4 等份(等分越多梁拱线越准确), 再分 OD 线为 4 等份。

4. 过 $\widehat{CD}$ 弧上各等分点与 OD 线上各等分点连线, 得 h_1, h_2, h_3 。

5. 分 AB 为 8 等份, 并过各等分点作垂线, 取各线长对应等于 h_1, h_2, h_3 , 得出 $1, 2, 3$ 点, 以曲线连接各点, 即得所求梁拱线。

第二节 线段实长的求法

船体放样时,很多情况下是要求取构件表面的展开图形。在展开图上,所有图线(轮廓线、棱线及辅助线等)都是构件表面上对应部分的实长线。但是这些线在一些构件的视图中,往往并不反映实长,必须先求出其实长,才能进行展开,因此求线段实长是展开放样中的重要一环,必须熟练掌握。

一、线段实长的鉴别

如何在视图中鉴别哪些线段反映实长,哪些线段不反映实长,这是在求线段实长前首先应该解决的问题。视图中的线段(轮廓线、棱线、辅助线等)是否反映实长,可依据线段的投影特性来鉴别。为了说明问题,我们把空间各种位置线段的投影特性简述如下。

1. 垂直线

在三视图中,当直线垂直于某一投影面时,则它必然平行于另两个投影面。因此该线在另两个投影面上的投影反映实长。如图 1-16 所示为垂直线的三视图。在图 1-16(a)中,水平投影积聚成点,正面投影和侧面投影都平行 Oz 轴,反映实长;在图 1-16(b)中,正面投影积聚成点,水平投影和侧面投影都平行于 Oy 轴,反映实长;在图 1-16(c)中,侧面投影积聚成点,正面投影和水平投影都平行于 Ox 轴,反映实长。

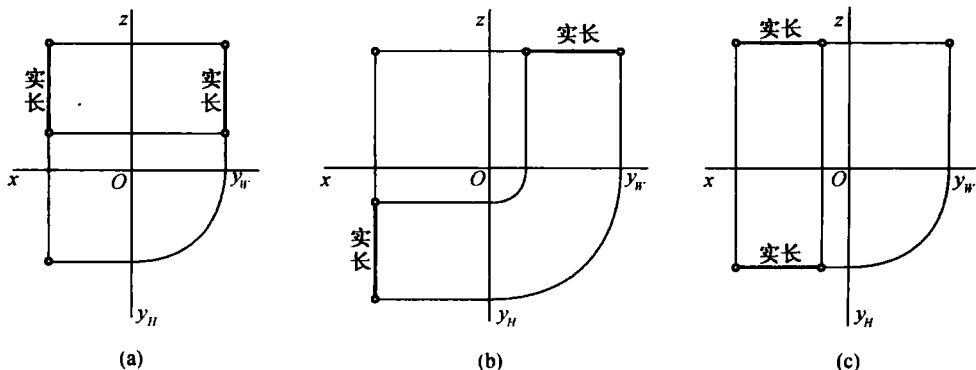


图 1-16 垂直线投影

(a) 铅垂线; (b) 正垂线; (c) 侧垂线

2. 平行线

当直线平行于某一投影面而倾斜于另两个投影面时,则该线在所平行的投影面上的投影反映实长,在另两面上的投影较实长为短,如图 1-17 所示。在图 1-17(a)中,水平投影 ab 反映实长,正面投影 $a'b' // Ox$ 轴,侧面投影 $a''b'' // Oy$ 轴;在图 1-17(b)中,正面投影 $a'b'$ 反映实长,水平投影 $ab // Ox$ 轴,侧面投影 $a''b'' // Oz$ 轴;在图 1-17(c)中,侧面投影 $a''b''$ 反映实长,正面投影 $a'b' // Oz$ 轴,水平投影 $ab // Oy$ 轴。

3. 一般位置线段

一般位置直线倾斜于各投影面,因此它在各投影面上的投影均不反映实长,且较实长为