

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业技术学校数控技术应用专业课程改革教材

曲面铣削

QUMIAN XIXIAO

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材

曲面铣削

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

曲面铣削/沈建峰主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材. 上海市中等职业学校数控技术应用专业课程
程改革教材

ISBN 978-7-5045-7770-2

I. 曲… II. 沈… III. 曲面-铣削-专业学校-教材 IV. TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 044367 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市朝阳展望印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 253 千字

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

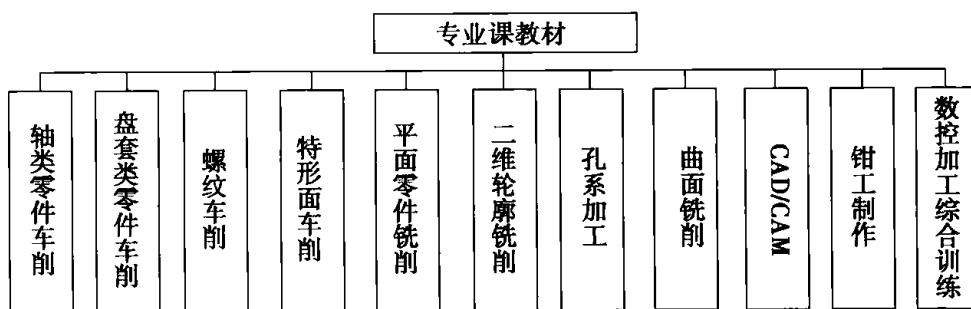
版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前 言

为了满足上海市职业教育改革,适应市场对新型技术技能人才的需要,我们根据《上海市中等职业学校数控技术应用专业课程标准》(以下简称《课程标准》)开发了本套教材。在本套教材的开发过程中,我们始终以科学发展观为指导,以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位,以岗位需要和职业标准为依据,体现职业和职业教育发展趋势,满足学生职业生涯发展和适应社会经济发展的需要。

本套教材的体系构建打破了传统的教材体系,根据实际需要,将专业基础理论内容与工作岗位技能有机整合,进而形成新的专业课教材体系(见下图)。可以明显地看出,传统的《机械制图》《机械基础》《金属材料与热处理》等学科式教材已经整合到诸如《轴类零件车削》《螺纹车削》《孔系加工》等体现岗位技能的教材之中。



课程分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18周	16周	18周	18周	18周	20周
专业课程	轴类零件车削	168			24 1~7周			
	螺纹车削	96			24 8~9周	24 1~2周		
	盘套类零件车削	144				24 3~8周		
	特形面车削	120					24 1~5周	
	平面零件铣削	168			24 10~16周			

续表

课程分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18周	16周	18周	18周	18周	20周
专业课程	二维轮廓铣削	144				24 9~14周		
	孔系加工	120					24 6~10周	
	曲面铣削	96			24 17~18周	24 15~16周		
	CAD/CAM	72					24 11~13周	
	钳工制作	56		2周				
	数控加工综合训练	168				24 17~18周	24 14~18周	

这一全新的专业课教材体系具有以下鲜明的职业特色：

一是以工作岗位为依据，构建教材体系。教材体系的构建与学生将来就业的相关工作岗位相匹配，不同的工作岗位对应相应的教材，较好地实现了专业教材和工作岗位的有机对接，变学科式学习环境为岗位式学习环境，从而提高了学生的岗位适应能力。

二是以工作任务为线索，组织教材内容。本套教材以一个个工作任务为线索，整合相应的知识、技能，实现理论与实践的统一，使学生在一个个贴近企业的具体职业情境中学习，既符合职业教育的基本规律，又有利于培养学生在工作中分析问题和解决问题的综合职业能力。

三是以典型产品为载体，反映行业的发展。本套教材引入了大量的典型产品的生产过程，力求更真实地反映行业发展的现状，反映四新技术在数控加工领域的具体应用，使教材内容具有较强的时代感，努力为学生塑造较为前沿的工业环境。

四是以多种教材形式，提供优良的教学服务。为方便教师教学，每种教材均开发有相应的立体化教学资源，包括配套的电子教案、知识点的动画演示、操作视频等。教学资源可通过中国劳动社会保障出版社网站（<http://www.class.com.cn>）下载。

此外，为使教材的内容更符合学生的认知规律，易于激发学生的学习兴趣，本套教材的工作任务结构基本上按照以下环节进行设计：

环节一：教学目标。按照《课程标准》的要求，给出通过教材内容的学习应达到的学习目标。

环节二：工作任务。给出为达到上述学习目标所要完成的工作任务，并做精要的分析，旨在使学生养成从读图、分析技术要求到自行拟定加工方案，再付诸实施的工作思路。

环节三：实践操作。结合工作任务的分析，以教师演示或学生亲自动手操作的方式，按步骤完成工作任务，掌握基本技能。该环节的重点是让学生掌握“怎么做”，而不过多地讨

论“为什么这样做”，旨在使学生对工作任务有一个形象的感受。

环节四：问题探究。针对实践操作环节出现的问题或难点，从理论角度进行分析“为什么这样做”，从而使学生在掌握相关理论知识的同时，进一步加深对实践操作环节的理解，实现理论与实践的有机结合。

环节五：知识拓展。主要针对本工作任务涉及到的理论知识和操作技能进行深入分析、拓展知识以及强化训练，达到举一反三的目的。根据各校的教学实际，该环节可作为选学内容。

环节六：练习。通过练习环节既可巩固所学知识，还可进一步培养学生分析和处理实际工作问题的能力。

从以上环节的设计上不难看出，每个工作任务的内在结构紧紧围绕技能培训这一核心，并充分兼顾理论与实践的有机结合，从而使二者都得到了有效的承载。

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材
编审委员会
2009年3月

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业技术学校数控技术应用专业课程教材

编审委员会

主 任	金 龄						
副 主 任	徐坤权	李春明	王立刚	高 明	万 象	刘 春	
委 员	(排名不分先后)						
	姚 龙	冯 伟	王照清	付 磊	张 彪	倪厚滨	
	郑民章	张孝三	陈奕明	李培华	陆建刚	陈立群	
	赵正文	沈建峰	巢文远	孙大俊	骆富昌	王 忆	
	王建林	宋玉明					

本书主编	沈建峰		
本书参编	洪惠良	沈晓伟	孙仲峰
本书审稿	孙大俊		

目 录

项目一 曲线与曲面的基础知识	(1)
任务 1 曲线及其绘制	(1)
任务 2 曲面及其成形方法	(13)
任务 3 认识模具型腔	(21)
项目二 曲面铣削的宏程序编程	(32)
任务 1 直纹曲线轮廓的铣削	(32)
任务 2 固定斜角平面的宏程序编程	(46)
任务 3 规则曲面的宏程序编程与加工	(65)
任务 4 工件表面倒圆与倒角	(79)
项目三 曲面铣削自动编程	(96)
任务 1 初识曲面铣削自动编程	(96)
任务 2 平行铣削	(107)
任务 3 曲面挖槽	(117)
任务 4 等高外形铣削	(128)
任务 5 镗射加工	(137)
任务 6 曲面综合加工与曲面补加工	(142)
项目四 三坐标测量机的基本操作	(150)

项目一

曲线与曲面的基础知识

任务 1 曲线及其绘制

一、教学目标

1. 了解曲线的定义。
2. 了解常用公式曲线的图形及数学表达式。
3. 掌握公式曲线的手工绘制方法。
4. 掌握采用 CAD 软件绘制公式曲线的方法。

二、工作任务

生活和生产中曲线 (curve) 的应用比比皆是, 例如篮球出手后的抛物线 (parabola) 运行轨迹、机械传动用齿轮的渐开线 (involute) 齿廓等。绘制曲线图形是数控造型和自动编程的基本功, 本任务将通过用同心圆法绘制如图 1—1—1 所示的椭圆 (ellipse) 图形, 介绍关于曲线的基本知识, 它将有助于我们对曲面的了解和构建, 为曲面加工做好必要的准备。

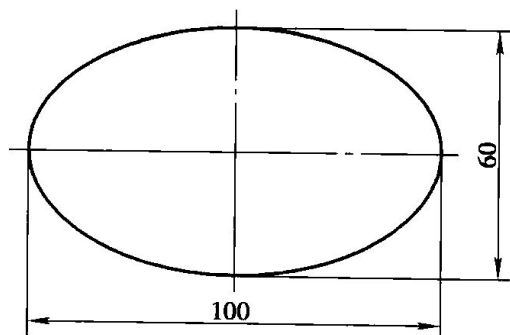


图 1—1—1 椭圆图形

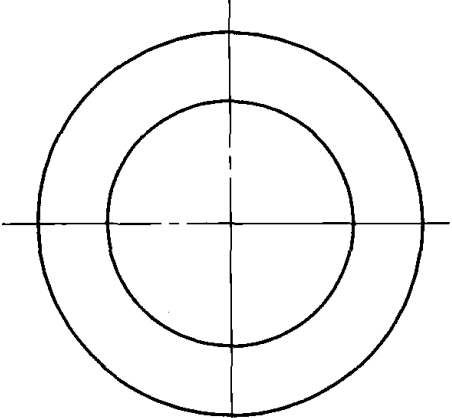
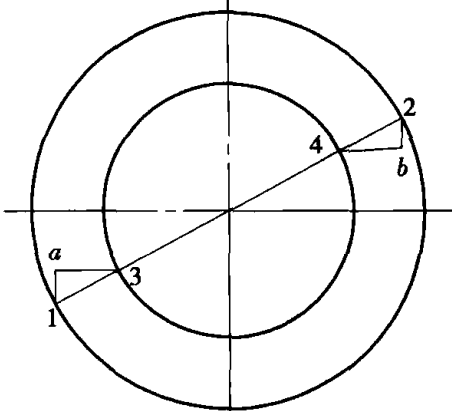
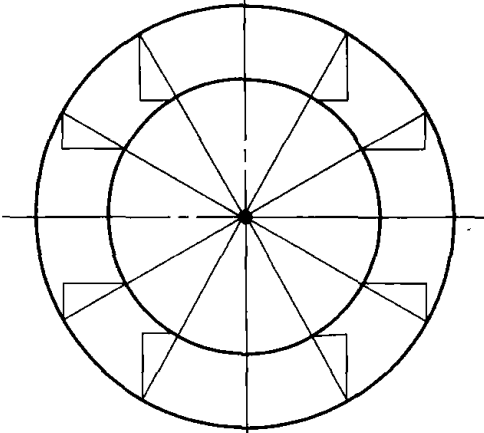
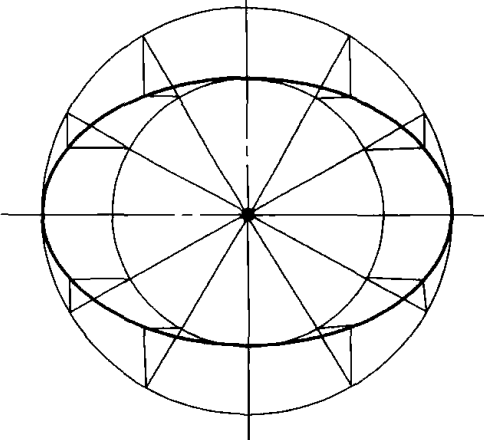
三、实践操作

1. 手工绘制椭圆

(1) 操作准备

准备好绘图工具: 绘图板、绘图纸、丁字尺、直尺、曲线板、圆规、绘图铅笔、绘图橡皮等。

(2) 操作过程

步骤描述	图示
绘制水平和垂直中心线；以椭圆中心为圆心，分别以长、短轴长度为直径，作两个同心圆	
过圆心作任意直线交大圆于1、2 两点，交小圆于3、4 两点，分别过1、2 引垂线，过3、4 引水平线，它们的交点 a、b 即为椭圆上的点	
按上一步骤的方法重复作图，得到椭圆上一系列的点	
用曲线板光滑地连接诸点，即得所需要的椭圆	

2. CAD 绘制椭圆

(1) 操作准备

计算机、CAXA 电子图板或其他 CAD 绘图软件。

(2) 操作过程

1) 打开 CAXA 电子图板。

2) 单击工具栏 (图 1—1—2) 中椭圆图标 “”。

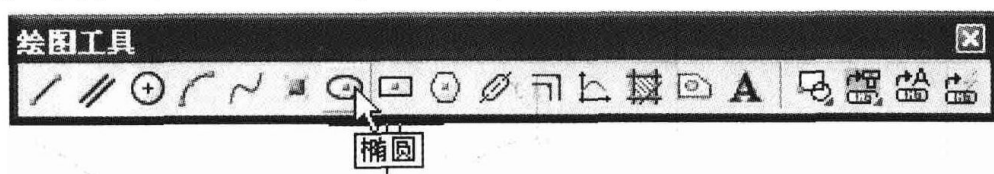


图 1—1—2 “绘图工具” 栏

3) 在系统提示栏中，将“长半轴”改成“50”，“短半轴”改成“30”，设置参数如图 1—1—3 所示。

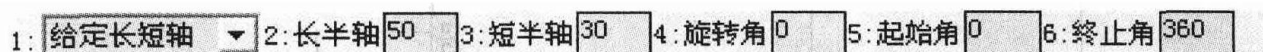


图 1—1—3 系统提示栏

4) 将“基准点”选择在坐标系原点，结果如图 1—1—4 所示。

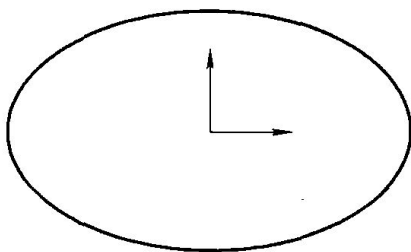


图 1—1—4 计算机绘制椭圆

四、问题探究

1. 曲线的概念

任何一个加工零件通常由多个曲面组成，而每个曲面里包含有许多断面 (section) 或缀面 (patches)。就断面而言，无外乎是一些曲线。广义上来讲，任何一根连续的线条都称为曲线。在数学上，曲线可用函数表述。掌握曲线公式及其绘制是曲面铣削的基础。

2. 数控加工中常用公式曲线的图形及数学表达式

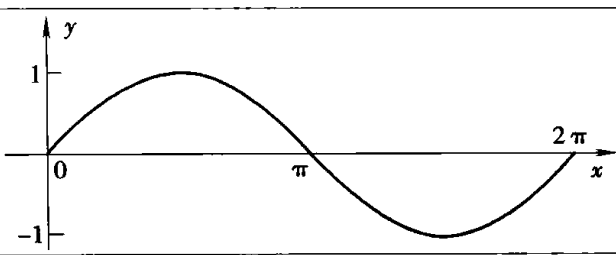
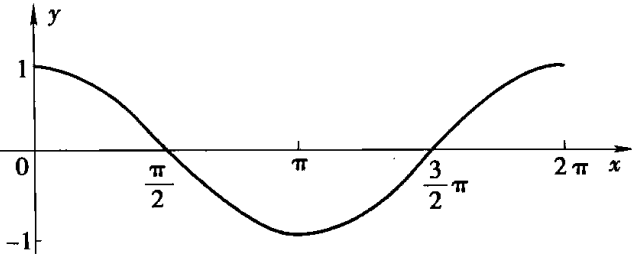
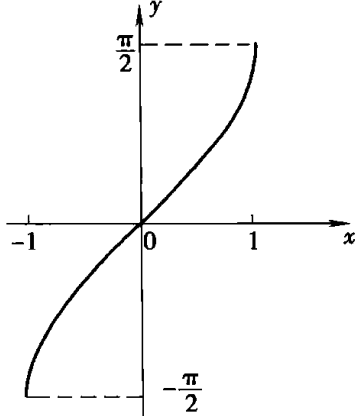
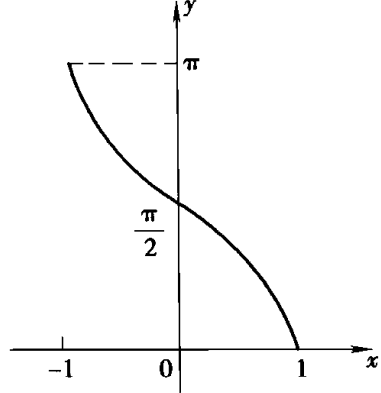
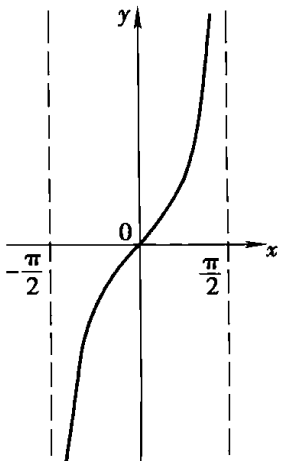
在平面直角坐标系中，如果某曲线上的点与一个二元方程 $f(x, y) = 0$ 的实数解建立了如下关系：

- 1) 曲线上点的坐标都是这个方程的解。
- 2) 以这个方程的解为坐标的点都是曲线上的点。

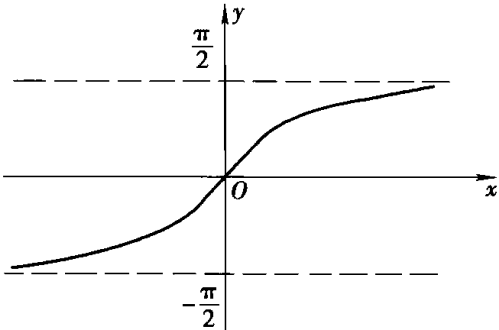
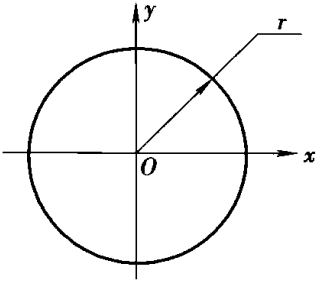
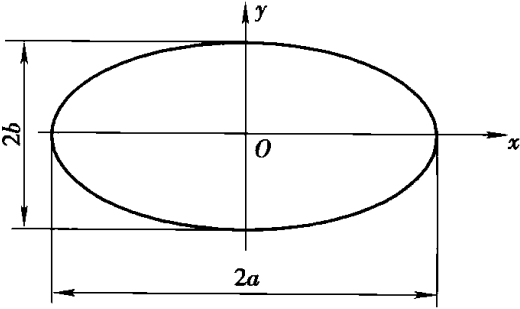
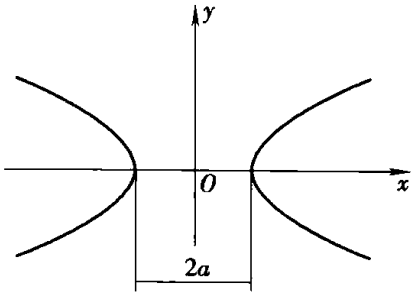
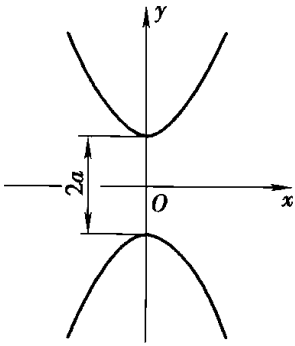
那么这个方程就叫做曲线的方程，这条曲线就叫做方程的曲线。在数控加工中，我们将这类曲线统称为公式曲线。在曲面铣削中，经常会遇到公式曲线轮廓或表面的铣削。数控加工中常用公式曲线的图形及数学表达式见表 1—1—1。

表 1—1—1

常用公式曲线及数学表达式

曲线名称	标准方程	图形
正弦曲线	$y = \sin x$	
余弦曲线	$y = \cos x$	
反正弦曲线	$y = \arcsin x$	
反余弦曲线	$y = \arccos x$	
正切曲线	$y = \tan x$	

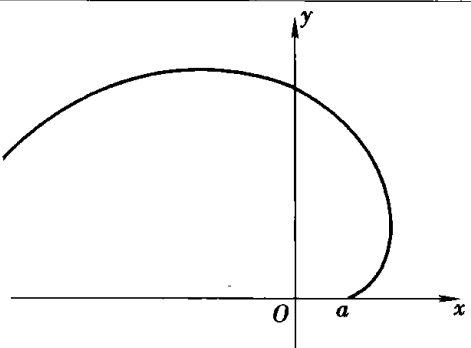
续表

曲线名称	标准方程	图形
反正切曲线	$y = \arctan x$	
圆	$x^2 + y^2 = r^2$	
椭圆	$x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$	
双曲线	$x^2/a^2 - y^2/b^2 = 1$ ($a > 0, b > 0$)	
	$y^2/a^2 - x^2/b^2 = 1$ ($a > 0, b > 0$)	

续表

曲线名称	标准方程	图形
抛物线	$y^2 = 2px \ (p > 0)$	
	$y^2 = -2px \ (p > 0)$	
	$x^2 = 2py \ (p > 0)$	
	$x^2 = -2py \ (p > 0)$	
摆线	$\begin{aligned} x &= a(t - \sin t) \\ y &= a(1 - \cos t) \end{aligned}$	
内摆线 (星形线)	$\begin{aligned} x &= a \cos^3 t \\ y &= a \sin^3 t \end{aligned} \quad (a \neq 0)$	

续表

曲线名称	标准方程	图形
圆的渐伸线 (渐开线)	$\begin{aligned}x &= a(\cos t + t \sin t) \\y &= a(\sin t - t \cos t) \\(a &\neq 0)\end{aligned}$	

3. 常用公式曲线的绘制方法

公式曲线一般可通过手工绘制或采用 CAD 软件绘制。手工绘制一般采用描点法，它是绘制公式曲线的基本方法，描点法的关键在于找到公式曲线图像上起关键作用的点。下面以公式曲线 $y=3\sin(2x+\pi/3)$ 为例，说明描点法画图的一般方法。

公式曲线 $y=3\sin(2x+\pi/3)$ 的周期 $T=\pi$ ，下面来画这个公式曲线在长度为一个周期的闭区间上的简图。

设 $X=2x+\pi/3$ ，当 X 取 $0, \pi/2, \pi, 3\pi/2, 2\pi$ 时， x 取 $-\pi/6, \pi/12, \pi/3, 7\pi/12, 5\pi/6$ ，所对应的五点（具体见表 1—1—2）是函数 $y=3\sin(2x+\pi/3)$ ， $x \in [-\pi/6, 5\pi/6]$ 图像上起关键作用的点。通过描点法画出如图 1—1—5 所示图形。

表 1—1—2 曲线上的关键点

x	$-\pi/6$	$\pi/12$	$\pi/3$	$7\pi/12$	$5\pi/6$
$2x+\pi/3$	0	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	2π
$3\sin(2x+\pi/3)$	0	3	0	-3	0

为了快速有效地完成公式曲线的绘制，还可以借助公式曲线方程来认识公式曲线的性质。

(1) 曲线的范围

把方程 $f(x, y) = 0$ 变形为 $y = \varphi(x)$ 和 $x = \psi(y)$ 的形式，找出 x, y 的取值范围。

(2) 曲线的对称性

如果用 $-y$ 代替方程 $f(x, y) = 0$ 中的 y ，方程 $f(x, y) = 0$ 不变，则曲线关于 x 轴对称。

如果用 $-x$ 代替方程 $f(x, y) = 0$ 中的 x ，方程 $f(x, y) = 0$ 不变，则曲线关于 y 轴对称。

如果用 $-x, -y$ 代替方程 $f(x, y) = 0$ 中的 x, y ，方程 $f(x, y) = 0$ 不变，则曲线关于原点对称。

(3) 曲线与坐标轴的交点

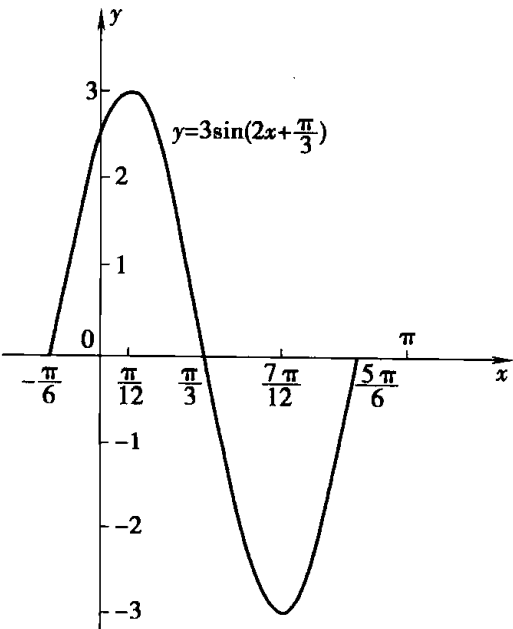


图 1—1—5 描点法画图

在方程 $f(x, y) = 0$ 中, 令 $y=0$, 可求出曲线与 x 轴的交点。

在方程 $f(x, y) = 0$ 中, 令 $x=0$, 可求出曲线与 y 轴的交点。

在工程实际中, 为提高效率, 也常采用简化绘制方法。下面介绍椭圆的四心近似画法。

第一步: 画出长轴 AB 和短轴 CD 。连接 AC , 并在 AC 上截取 CF , 使其等于 AO 与 CO 之差 (图 1-1-6)。

第二步: 作 AF 的垂直平分线, 使其分别交 AO 和 OD (或其延长线) 于 1 和 2 点。以 O 为对称中心, 找出 1 的对称点 3 及 2 的对称点 4, 此 1、2、3、4 点即为所求的四圆心。通过 2 和 1、2 和 3、4 和 1、4 和 3 各点, 分别作连线 (图 1-1-7)。

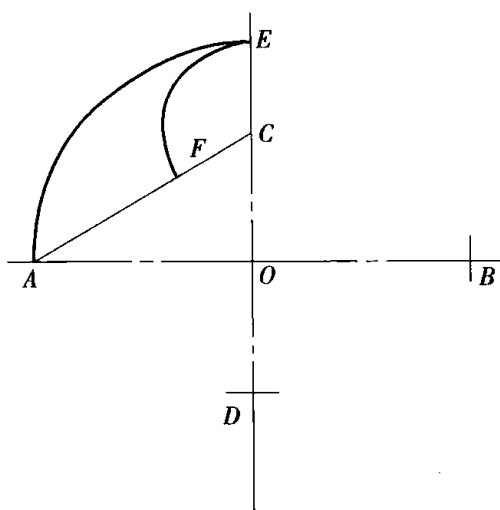


图 1-1-6 四心近似画椭圆步骤 1

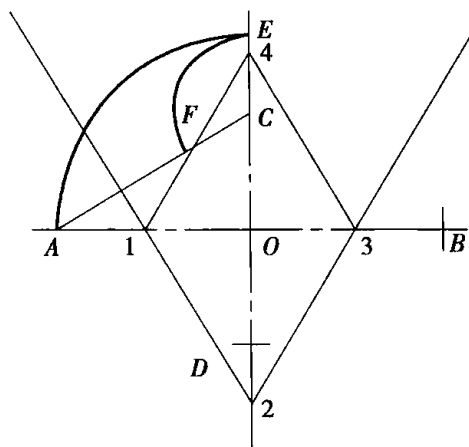


图 1-1-7 四心近似画椭圆步骤 2

第三步: 分别以 2 和 4 为圆心, $2C$ (或 $4D$) 为半径画两弧。再分别以 1 和 3 为圆心, $1A$ (或 $3B$) 为半径画两弧, 使所画四弧的接点分别位于 21、23、41 和 43 的延长线上, 即得所需的椭圆 (图 1-1-8)。

4. CAD 中曲线的绘制方法

随着 CAD/CAM 技术及其相关软件的问世和成熟, 机械工程的设计和制造发生了根本性的变化, 一个好的设计师可以在短时间内设计出机械工程上的各种曲线, 如用于齿轮齿形轮廓的渐开线、摆线, 用于凸轮的阿基米德螺线, 并用各种曲线来形成复杂的曲面。下面举例说明通过 CAXA 电子图板绘制常用公式曲线的方法。

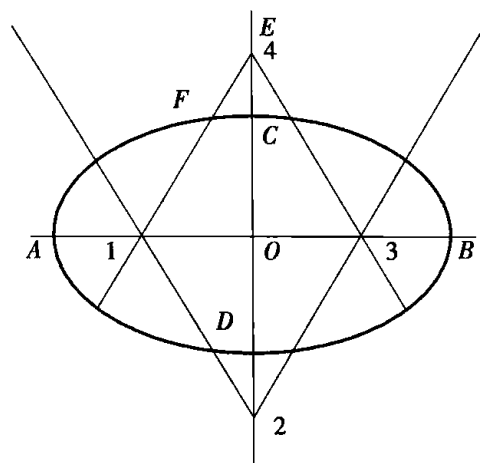


图 1-1-8 四心近似画椭圆步骤 3

(1) 正弦曲线 ($y=\sin x$) 的绘制

1) 进入 CAXA 电子图板。

2) 点击“公式曲线”图标“”, 进入公式曲线绘制状态。

3) 按图 1-1-9 进行设置, 并点击“预显 [P]”按钮。

4) 点击“确定 [O]”按钮。

5) 根据系统“曲线定位点:”的提示, 将鼠标光标捕捉到坐标原点, 完成正弦曲线 ($y=\sin x$) 一个周期的绘制 (图 1-1-10)。

(2) 渐开线的绘制

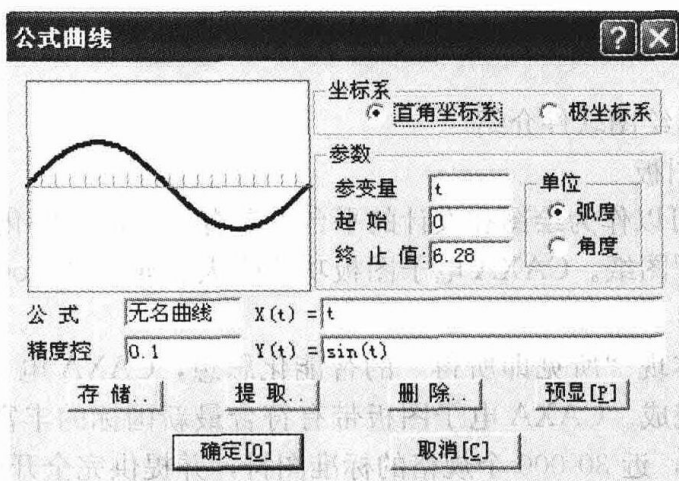


图 1—1—9 公式曲线绘制设置

- 1) 进入 CAXA 电子图板。
- 2) 点击“公式曲线”图标“”，进入公式曲线绘制状态。
- 3) 点击“提取...”按钮。
- 4) 选取“渐开线”，如图 1—1—11 所示。



图 1—1—10 正弦曲线绘制结果

笛卡叶形线: $X(t) = 3 * 100 * \tan(t) / (1 + \tan(t) * \tan(t))$
 渐开线: $X(t) = 6 * (\cos(t) + t * \sin(t))$; $Y(t) = 6 * (\sin(t) - t * \cos(t))$
 玫瑰线: $\rho(t) = 40 * \sin(4 * t)$; $t: 0; 360; 0.1; 1; 1$
 抛物线: $X(t) = t$; $Y(t) = 0.2 * t * t$; $t: -20; 20; 0.1; 1$
 无名曲线: $X(t) = 6 * (\cos(t) + t * \sin(t))$; $Y(t) = 6 * (\sin(t) - t * \cos(t))$
 心形线: $X(t) = 50 * \cos(t) * (1 + \cos(t))$; $Y(t) = 50 * \sin(t) * (1 + \cos(t))$
 星形线: $X(t) = 40 * (\cos(t)) ^ 3$; $Y(t) = 40 * (\sin(t)) ^ 3$

图 1—1—11 选取公式曲线（渐开线）

- 5) 确认后，“公式曲线”对话框如图 1—1—12 所示。
- 6) 点击“确定 [O]”按钮，接受默认设置。
- 7) 根据系统“曲线定位点:”的提示，将鼠标光标捕捉到坐标原点，完成如图 1—1—13 所示渐开线的绘制。

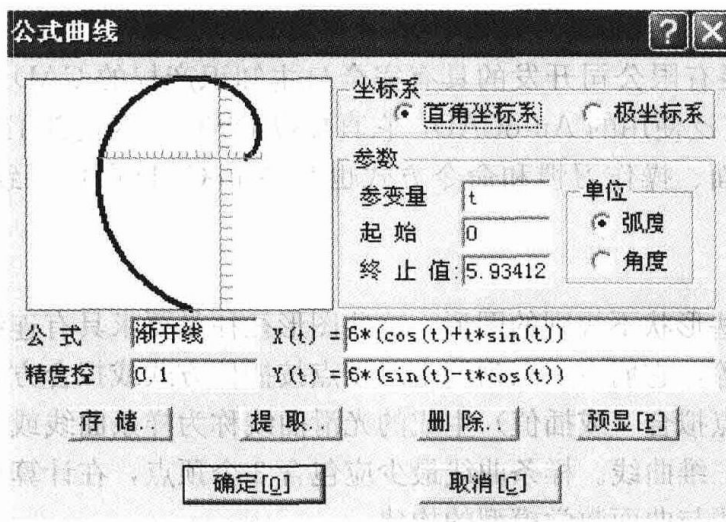


图 1—1—12 公式曲线绘制设置

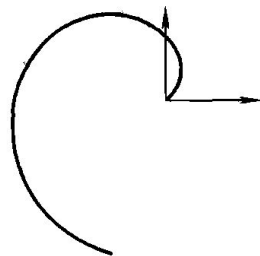


图 1—1—13 渐开线绘制结果