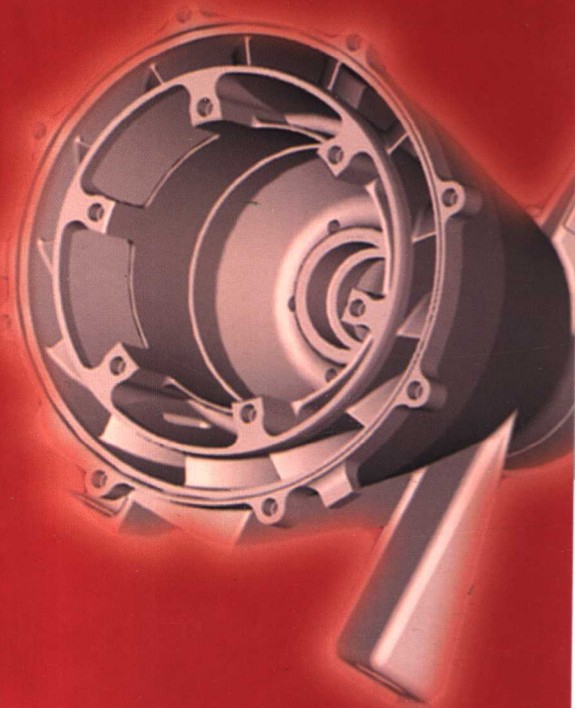


PTC 工程师系列丛书

ENGINEER



# Pro/ENGINEER

野火版 3.0 (中文版)

范例练习

龙坤 唐俊 编著



清华大学出版社

PTC 工程师系列丛书

# **Pro/ENGINEER 野火版 3.0**

## **(中文版)范例练习**

龙 坤   唐 俊   编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

Pro/ENGINEER 是广泛应用于机械设计、工业设计、功能仿真、模拟制造和数据管理领域的三维自动化模型设计软件。目前推出的 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 是该系列软件的最新版本。本书通过丰富的练习详细地介绍 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 的基本操作和各个功能工具的使用。

本书共 6 章,第 1 章是使用 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 草绘二维剖面的练习;第 2 章介绍基础造型特征工具的使用,并进行相应的造型练习;第 3 章介绍工程特征造型工具的使用,并进行相应的造型练习;第 4 章介绍高级特征造型工具的使用,并进行相应的造型练习;第 5 章分别介绍一般曲面设计、复杂曲面设计和造型特征曲面设计的方法,并进行相应的造型练习;第 6 章介绍零件装配的知识,并进行相应的练习。书中全部练习内容均已收入随书赠送的光盘中。

本书内容简明扼要、条理清晰、通俗易懂、实践性很强,既可作为以 Pro/ENGINEER 为工具从事产品设计的初、中级用户的自学指导书,也可以作为高等院校机械专业学生的实训教材和社会上 Pro/ENGINEER 初、中级培训班的教材。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 野火版 3.0(中文版)范例练习/龙坤,唐俊编著;—北京:清华大学出版社,2006.3  
(PTC 工程师系列丛书)  
ISBN 7-302-12644-5

I. P… II. ①龙… ②唐… III. 机械设计:计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 3.0  
IV.TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 017816 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦  
http://www.tup.com.cn 邮 编:100084  
社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:章忆文

文稿编辑:宋延清

排版人员:房利萍

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市化甲屯小学装订二厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:23.25 字数:550 千字

版 次:2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-12644-5/TP·8081

印 数:1~5000

定 价:38.00 元(含 1 张光盘)

# 前 言

美国 PTC 公司的 Pro/ENGINEER V 1.0 软件诞生于 1988 年, 经过十余年的发展, Pro/ENGINEER 已经成为三维建模软件的领头羊。目前 PTC 公司在 Pro/ENGINEER 野火版的基础上发布了最新的版本——Pro/ENGINEER 野火版 3.0。PTC 的系列软件包括了在工业设计和机械设计等方面的多项功能, 还包括对大型装配体的管理、功能仿真、制造、产品数据管理等。Pro/ENGINEER 野火版 3.0 还提供了目前所能达到的最全面、集成最紧密的产品开发环境。

Pro/ENGINEER 野火版 3.0 与此前的版本相比较, 具有以下特点和新增的功能。

- (1) 野火版 2.0 的 config 和快捷键、自定义窗口都可以用在野火版 3.0 上面。
- (2) 模具模块的分型面摆脱了瀑布式菜单。
- (3) 可以直接二次阵列, 不再需要先对阵列做组。
- (4) 草绘下变化比较大: 可以将元素使用 Ctrl+C 和 Ctrl+V 组合键进行粘贴复制, 并可以多次复制; 可以改线型, 构造快捷键又改为 Ctrl+G; 增加了插入模块功能, 可直接插入一些常用的图形。
- (5) 可以做着色工程图。
- (6) 在材料定义上终于实现了(e 和 m)统一。
- (7) 在造型特征设计里面创建的圆弧和曲线可以当曲线编辑。
- (8) 工程图尺寸标注功能增强。
- (9) 利用零件的简化表示, 筋的问题迎刃而解。

本书通过丰富的练习, 对 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 的操作及各个功能工具进行详细介绍。内容包括 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 的草绘、基础造型特征工具、工程造型特征工具、高级造型特征工具、曲面的创建以及装配设计。本书使用了丰富的练习实例, 并提供了许多从产品研发设计实务中积累的经验和技巧。使读者在了解 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 强大功能的同时可以很快地建立模型设计的概念。

为了方便读者练习, 特将全书实例演练所需的文件置入随书赠送的光盘中, 建议读者先将光盘内的所有文件复制到硬盘中, 以方便取用。

chap01 目录内包含第 1 章的 12 个练习; chap02 目录内包含第 2 章的 18 个练习; chap03 目录内包含第 3 章的 16 个练习; chap04 目录内包含第 4 章的 8 个练习; chap05 目录内包含第 5 章的 13 个练习; chap06 目录内包含第 6 章的 7 个练习。

各章练习的完成文件放置在对对应文件夹的 finish 子文件夹中。

本书主要由龙坤、唐俊编写。参编人员还有刘黎、管莹、梁岸、张玺、梁东、李磊、陈光、王利、王磊、杜林、吴怀宇、林大楷、戴习文、张莉爽、卢镇波、汪洋海、闫嘉超、蒋雪双等。由于 Pro/ENGINEER 技术复杂且功能强大, 又加之作者水平有限, 书中难免会有不妥之处, 恳请各位专家、读者批评指正。

IT 书吧(<http://www.itbook8.com>)提供本书的技术支持及相关资料下载。

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第1章 二维剖面绘制 .....        | 1  |
| 1.1 草绘平台简介 .....        | 1  |
| 1.2 构造中心线、直线练习 .....    | 3  |
| 1.2.1 练习(1-1) .....     | 3  |
| 1.2.2 练习(1-2) .....     | 6  |
| 1.3 构造圆、圆、圆弧、圆角练习 ..... | 7  |
| 1.3.1 练习(1-3) .....     | 7  |
| 1.3.2 练习(1-4) .....     | 11 |
| 1.4 其他绘图方式练习 .....      | 14 |
| 1.4.1 练习(1-5) .....     | 15 |
| 1.4.2 练习(1-6) .....     | 17 |
| 1.5 约束练习 .....          | 20 |
| 1.5.1 练习(1-7) .....     | 20 |
| 1.5.2 练习(1-8) .....     | 23 |
| 1.6 编辑操作练习 .....        | 27 |
| 1.6.1 练习(1-9) .....     | 27 |
| 1.6.2 练习(1-10) .....    | 29 |
| 1.7 草绘综合练习 .....        | 33 |
| 1.7.1 综合练习(1-11) .....  | 33 |
| 1.7.2 综合练习(1-12) .....  | 36 |
| 1.8 章节练习 .....          | 41 |
| 第2章 基础造型特征工具 .....      | 43 |
| 2.1 拉伸工具 .....          | 43 |
| 2.1.1 拉伸工具简介 .....      | 43 |
| 2.1.2 拉伸工具练习(2-1) ..... | 44 |
| 2.1.3 拉伸工具练习(2-2) ..... | 47 |
| 2.1.4 拉伸工具练习(2-3) ..... | 50 |
| 2.1.5 拉伸工具练习(2-4) ..... | 56 |
| 2.2 旋转工具 .....          | 62 |
| 2.2.1 旋转工具简介 .....      | 62 |
| 2.2.2 旋转工具练习(2-5) ..... | 63 |
| 2.2.3 旋转工具练习(2-6) ..... | 66 |
| 2.2.4 旋转工具练习(2-7) ..... | 69 |
| 2.3 扫掠工具 .....          | 73 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 2.3.1 扫掠工具简介 .....       | 73  |
| 2.3.2 扫掠工具练习(2-8) .....  | 73  |
| 2.3.3 扫掠工具练习(2-9) .....  | 75  |
| 2.4 混合工具 .....           | 81  |
| 2.4.1 混合工具简介 .....       | 81  |
| 2.4.2 混合工具练习(2-10) ..... | 82  |
| 2.4.3 混合工具练习(2-11) ..... | 86  |
| 2.5 综合练习 .....           | 89  |
| 2.5.1 综合练习(2-12) .....   | 89  |
| 2.5.2 综合练习(2-13) .....   | 95  |
| 2.5.3 综合练习(2-14) .....   | 98  |
| 2.6 章节练习 .....           | 104 |
| 2.6.1 练习(2-15) .....     | 104 |
| 2.6.2 练习(2-16) .....     | 106 |
| 2.6.3 练习(2-17) .....     | 108 |
| 2.6.4 练习(2-18) .....     | 109 |
| 第3章 工程特征造型工具 .....       | 112 |
| 3.1 孔工具 .....            | 112 |
| 3.1.1 孔工具简介 .....        | 112 |
| 3.1.2 孔工具练习(3-1) .....   | 114 |
| 3.1.3 孔工具练习(3-2) .....   | 116 |
| 3.1.4 孔工具练习(3-3) .....   | 118 |
| 3.2 壳工具 .....            | 122 |
| 3.2.1 壳工具简介 .....        | 122 |
| 3.2.2 壳工具练习(3-4) .....   | 122 |
| 3.2.3 壳工具练习(3-5) .....   | 127 |
| 3.2.4 壳工具练习(3-6) .....   | 130 |
| 3.3 筋工具 .....            | 131 |
| 3.3.1 筋工具简介 .....        | 131 |
| 3.3.2 筋工具练习(3-7) .....   | 132 |
| 3.4 倒圆角工具 .....          | 136 |
| 3.4.1 倒圆角工具简介 .....      | 137 |
| 3.4.2 倒圆角工具练习(3-8) ..... | 138 |
| 3.4.3 倒圆角工具练习(3-9) ..... | 141 |

|                           |            |                                 |            |
|---------------------------|------------|---------------------------------|------------|
| 3.5 倒角工具 .....            | 144        | 5.1.3 扫掠曲面练习(5-3) .....         | 226        |
| 3.5.1 倒角工具简介 .....        | 144        | 5.1.4 混合曲面练习(5-4) .....         | 232        |
| 3.5.2 倒角工具练习(3-10) .....  | 145        | 5.2 高级曲面设计 .....                | 236        |
| 3.6 综合练习 .....            | 148        | 5.2.1 边界混合曲面练习(5-5) .....       | 236        |
| 3.6.1 综合练习(3-11) .....    | 148        | 5.2.2 可变剖面扫掠曲面<br>练习(5-6) ..... | 241        |
| 3.6.2 综合练习(3-12) .....    | 155        | 5.3 造型特征曲面设计 .....              | 248        |
| 3.6.3 综合练习(3-13) .....    | 159        | 5.3.1 造型特征简介 .....              | 249        |
| 3.7 章节练习 .....            | 163        | 5.3.2 造型特征练习(5-7) .....         | 251        |
| 3.7.1 练习(3-14) .....      | 163        | 5.3.3 造型特征练习(5-8) .....         | 262        |
| 3.7.2 练习(3-15) .....      | 166        | 5.4 综合练习 .....                  | 266        |
| 3.7.3 练习(3-16) .....      | 168        | 5.4.1 综合练习(5-9) .....           | 267        |
| <b>第4章 高级特征造型工具 .....</b> | <b>171</b> | 5.4.2 综合练习(5-10) .....          | 284        |
| 4.1 扫掠混合工具 .....          | 171        | 5.5 章节练习 .....                  | 293        |
| 4.1.1 扫掠混合工具简介 .....      | 171        | 5.5.1 练习(5-11) .....            | 293        |
| 4.1.2 扫掠混合工具练习(4-1) ..... | 172        | 5.5.2 练习(5-12) .....            | 295        |
| 4.1.3 扫掠混合工具练习(4-2) ..... | 179        | 5.5.3 练习(5-13) .....            | 296        |
| 4.2 螺旋扫掠工具 .....          | 185        | <b>第6章 零件装配设计 .....</b>         | <b>299</b> |
| 4.2.1 螺旋扫掠工具简介 .....      | 185        | 6.1 装配约束简介 .....                | 299        |
| 4.2.2 螺旋扫掠工具练习(4-3) ..... | 185        | 6.2 简单装配练习 .....                | 303        |
| 4.2.3 螺旋扫掠练习(4-4) .....   | 192        | 6.2.1 简单装配练习(6-1) .....         | 303        |
| 4.3 综合练习 .....            | 197        | 6.2.2 简单装配练习(6-2) .....         | 312        |
| 4.3.1 综合练习(4-5) .....     | 197        | 6.3 较复杂的装配练习 .....              | 317        |
| 4.3.2 综合练习(4-6) .....     | 201        | 6.3.1 复杂装配练习(6-3) .....         | 317        |
| 4.4 章节练习 .....            | 208        | 6.3.2 复杂装配练习(6-4) .....         | 327        |
| 4.4.1 练习(4-7) .....       | 209        | 6.3.3 复杂装配练习(6-5) .....         | 343        |
| 4.4.2 练习(4-8) .....       | 210        | 6.4 分解视图 .....                  | 353        |
| <b>第5章 曲面造型设计练习 .....</b> | <b>213</b> | 6.5 组件中装配干涉的检测与调整 .....         | 357        |
| 5.1 一般曲面设计 .....          | 213        | 6.6 章节练习 .....                  | 358        |
| 5.1.1 拉伸曲面练习(5-1) .....   | 213        | 6.6.1 练习(6-6) .....             | 358        |
| 5.1.2 旋转曲面练习(5-2) .....   | 220        | 6.6.2 练习(6-7) .....             | 360        |

# 第 1 章 二维剖面绘制

在 Pro/ENGINEER 中进行三维实体模型建模时,首先需要建立零件的基本实体,然后通过加材料(拉伸、筋、旋转等)或者减材料(孔、倒角等)来添加实体特征,最后完成造型设计。在这个过程中,草图的绘制是最基础和最关键的设计步骤。只有正确地绘制系统需要的草图,才能通过拉伸、旋转、扫掠和混合的方法来创建三维实体模型。同时,在设计过程中,只有熟练地掌握各种绘图工具的使用技巧,才能提高设计效率。

在绘制草图的时候,首先绘制粗略的几何图形(不需要准确绘制,大致能反映最终截面形状即可),然后标注尺寸,最后修改尺寸值,在系统重新生成之后,就可以得到最终的准确截面形状。另外,为了帮助绘图和简化操作,系统会自动假设一些限制条件,例如对称、相等、平行等。

本章包含下列知识要点:

- 各种图元的绘制方法——包括创建直线、圆、圆弧、椭圆、矩形等图元。
- 尺寸的标注和修改——在草绘模式下可确保在截面创建的任何阶段都已充分约束和标注了截面。
- 约束条件——在草绘模式中,正确地使用约束条件可以更方便地进行图形的设计,Pro/ENGINEER 的草绘模块提供了多种约束方式。
- 图元编辑的各种方法——包括镜像、分割和修剪等操作。

## 1.1 草绘平台简介

草绘平台是 Pro/ENGINEER 野火版 3.0 设计的主要工作平台之一,在 Pro/ENGINEER 中进入草绘模式的方式有两种。

### (1) 提前绘制

从菜单栏中选择【新建】|【打开】命令,或者单击文件工具栏中的按钮,系统弹出如图 1.1 所示的【新建】对话框,单击对话框中【类型】选项组中的【草绘】单选按钮,在【名称】文本框中输入新建的草绘文件名称,单击对话框中的按钮进入草绘模式。需要指出的是:如果用这种方式进入草绘模式,则仅仅能绘制剖面,将绘制的剖面保存后,可以供以后设计实体模型时调用。

### (2) 需要时绘制

在进行实体造型的过程中,系统在需要的时候会提示用户绘制二维剖面,在选择放置草绘图的平面并设定草绘方向参考后,即可自动进入草绘模式。此时所绘制的剖面隶属于某个特征,但是用户仍然可以将这个剖面存盘,供以后在设计其他特征的时候使用。

通过上面任意一种方式进入草绘模式后,草绘平台如图 1.2 所示。

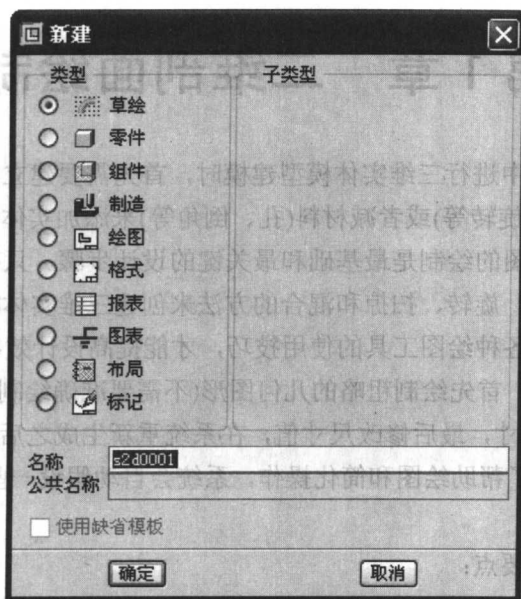


图 1.1 【新建】对话框

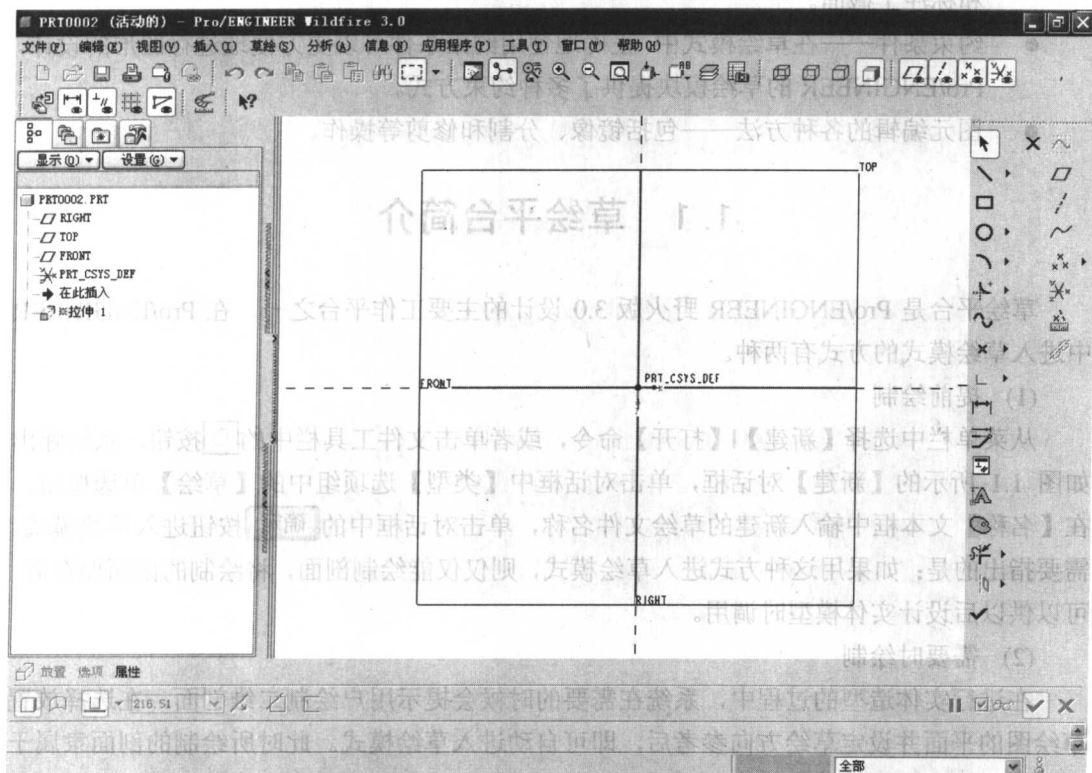


图 1.2 草绘平台

在进行草绘之前,需要熟悉草绘平台提供的主要设计工具。在草绘过程中主要使用【草绘器工具】工具栏提供的各种工具,如图 1.3 所示,单击工具栏中相应按钮后面的黑色小三角,将展开如图 1.3 所示的 8 个子工具栏。

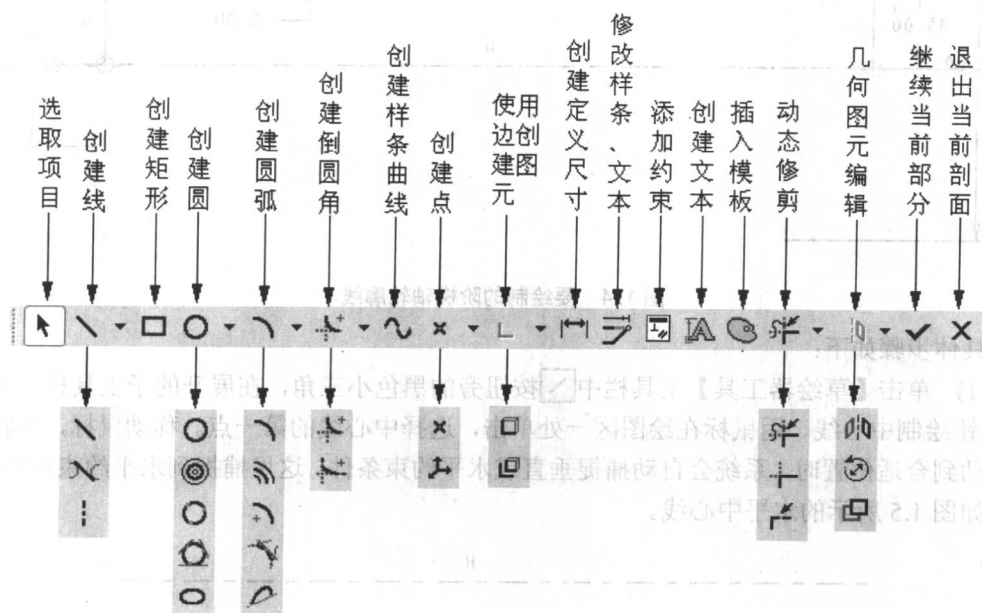


图 1.3 【草绘器工具】工具栏提供的各种工具

## 1.2 构造中心线、直线练习

在草绘环境中,构造线非常重要,尤其对于形状对称的图形,利用构造线和镜像命令,能提高作图效率和准确性。构造线可以用来给图元定位和标注尺寸,但不会影响零件特征的创建。常用的构造线包括构造中心线(简称构造线,常作为旋转特征的旋转轴)、构造圆和构造弧。建议初学者养成进入草绘环境后首先绘制构造线,然后再做图元的习惯。

### 1.2.1 练习(1-1)

本练习将草绘阶梯轴轮廓线,如图 1.4 所示。首先通过本练习掌握构造线和线段的绘制方法。

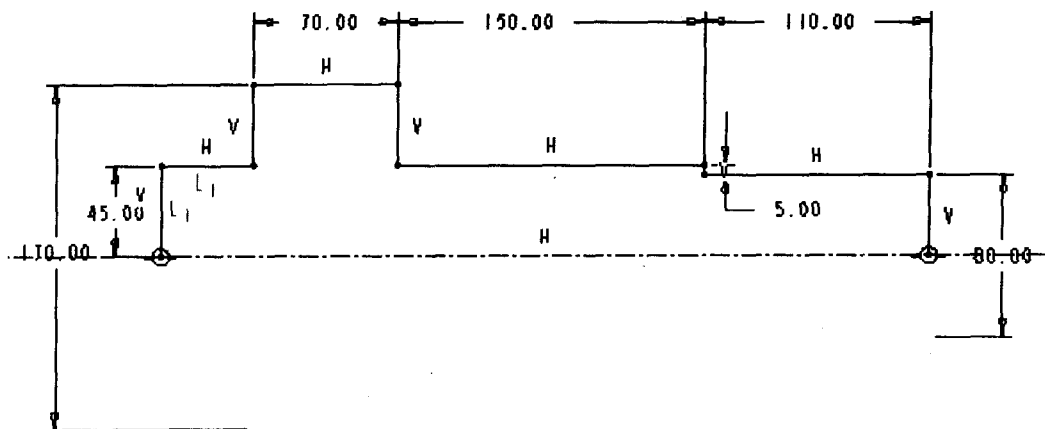


图 1.4 要绘制的阶梯轴轮廓线

具体步骤如下:

- (1) 单击【草绘器工具】工具栏中 按钮旁的黑色小三角，在展开的子工具栏中单击 按钮绘制中心线。用鼠标在绘图区一处单击，选择中心线的第一点。移动鼠标，当将鼠标移动到合适位置时，系统会自动捕捉垂直或水平约束条件。这里捕捉到水平约束后单击，绘制如图 1.5 所示的水平中心线。



图 1.5 绘制水平中心线

- (2) 单击【草绘器工具】工具栏中 按钮，在绘图区内合适的位置连续单击，绘制水平和垂直线段围成阶梯轴轮廓，如图 1.6 所示。

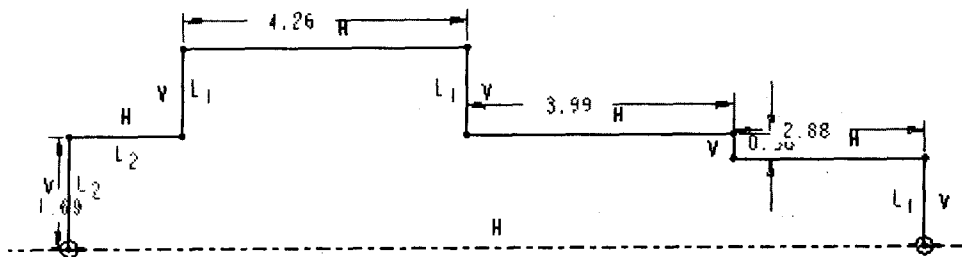


图 1.6 绘制阶梯轴轮廓线

- (3) 用鼠标框选阶梯轴轮廓中所有的特征，单击【草绘器工具】工具栏中的 按钮，系统弹出如图 1.7 所示的【修改尺寸】对话框。

- (4) 在【修改尺寸】对话框中列出了当前轮廓的所有尺寸，分别在相应的尺寸框中输入准确的阶梯轴轮廓尺寸值，单击 按钮完成尺寸修改。修改尺寸后的轮廓如图 1.8 所示。

**注意：** 在修改尺寸时，勾选【修改尺寸】对话框中的【再生】复选框，则每修改一

个尺寸,系统会实时更新图形。若不勾选此复选框,则在修改尺寸时,系统并不实时更新,而是在单击☒按钮完成修改操作后一次更新所有的图形。

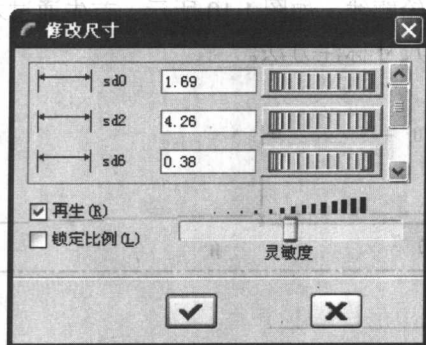


图 1.7 【修改尺寸】对话框

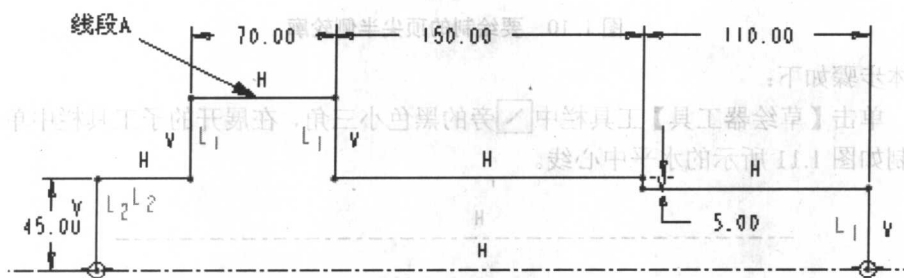


图 1.8 修改尺寸后的轮廓

(5) 单击【草绘器工具】工具栏中的按钮,系统弹出【选取】对话框,提示选取 1 个项目。单击如图 1.8 所示的线段 A,然后单击水平中心线,再次单击线段 A,最后在合适位置单击鼠标中键放置尺寸,得到如图 1.9 所示的尺寸。重复这样的操作标注另一个尺寸,最后绘制的阶梯轴轮廓如图 1.9 所示。

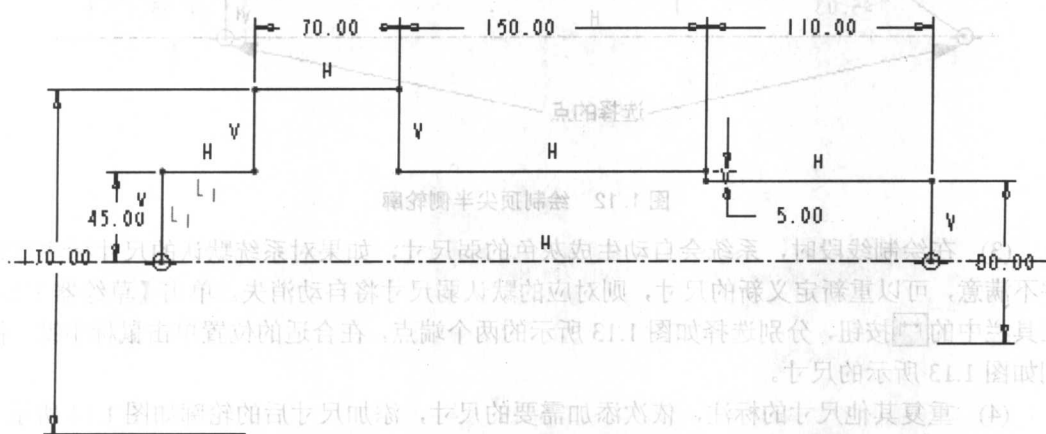


图 1.9 绘制的阶梯轴轮廓

## 1.2.2 练习(1-2)

本练习将草绘顶尖半侧轮廓线,如图 1.10 所示。首先通过本练习巩固构造线和线段的绘制方法,并学习进一步的尺寸标注方法。

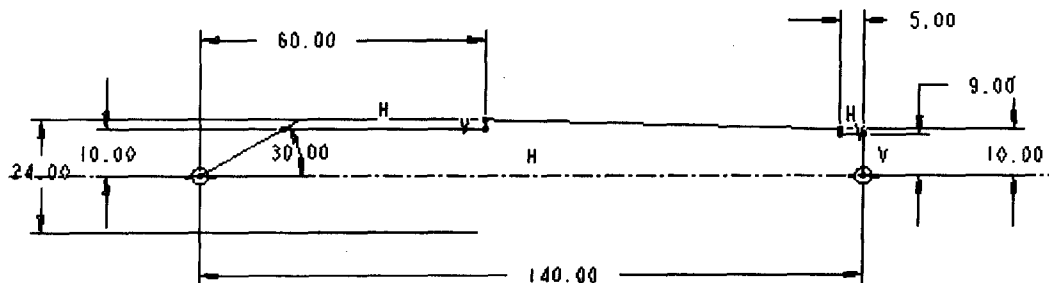


图 1.10 要绘制的顶尖半侧轮廓

具体步骤如下:

(1) 单击【草绘器工具】工具栏中旁的黑色小三角,在展开的子工具栏中单击按钮,绘制如图 1.11 所示的水平中心线。



图 1.11 绘制水平中心线

(2) 单击【草绘器工具】工具栏中的按钮,在绘图区内合适的位置连续单击,绘制顶尖半侧轮廓,如图 1.12 所示。

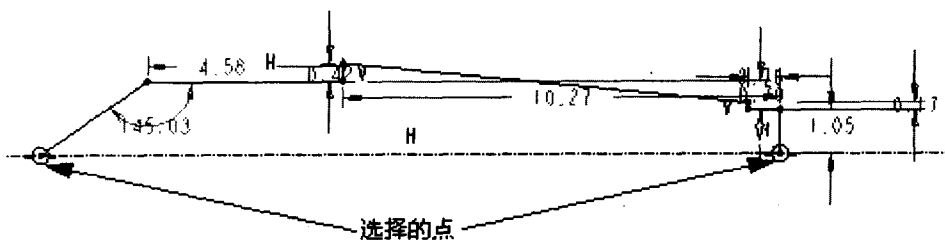


图 1.12 绘制顶尖半侧轮廓

(3) 在绘制线段时,系统会自动生成灰色的弱尺寸,如果对系统默认的尺寸标注方式并不满意,可以重新定义新的尺寸,则对应的默认弱尺寸将自动消失。单击【草绘器工具】工具栏中的按钮,分别选择如图 1.13 所示的两个端点,在合适的位置单击鼠标中键,得到如图 1.13 所示的尺寸。

(4) 重复其他尺寸的标注,依次添加需要的尺寸,添加尺寸后的轮廓如图 1.14 所示。

(5) 用鼠标框选顶尖半侧轮廓中所有的特征,单击【草绘器工具】工具栏中的按钮,系统弹出【修改尺寸】对话框。在【修改尺寸】对话框中修改各尺寸值,单击按钮完成。

尺寸修改。修改尺寸后的轮廓如图 1.15 所示。

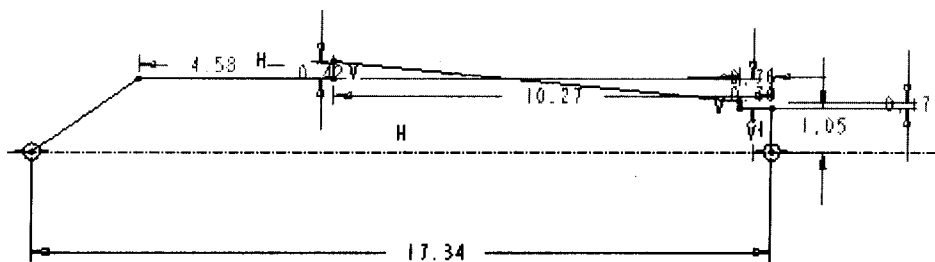


图 1.13 标注尺寸

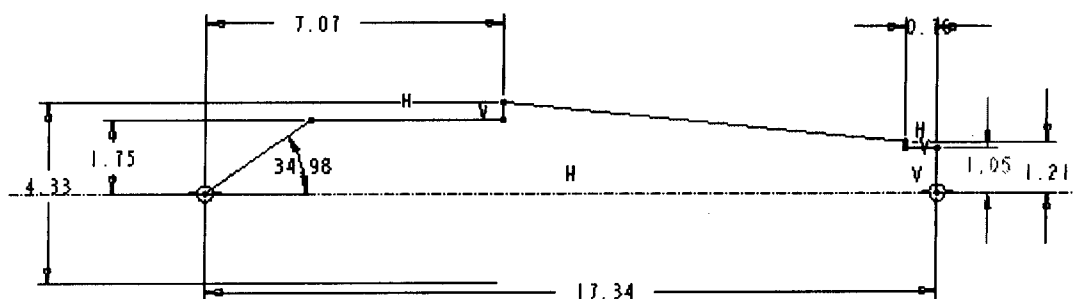


图 1.14 设置尺寸后的轮廓

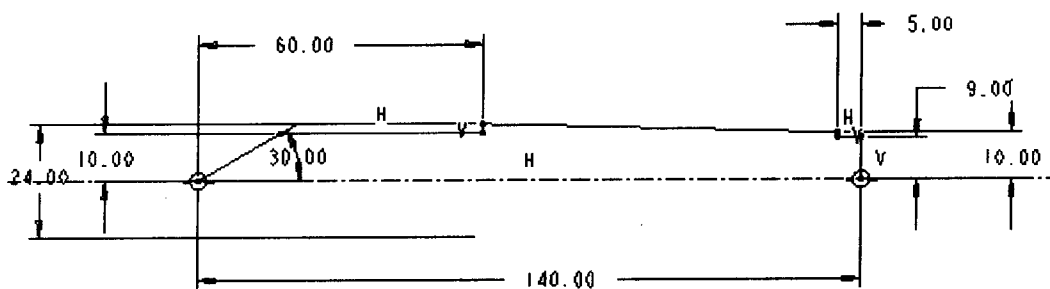


图 1.15 完成顶尖半侧轮廓的绘制

### 1.3 构造圆、圆、圆弧、圆角练习

在草绘过程中，常常遇到需要绘制盘类零件草图的情况，或者需要绘制其他圆弧造型的零件草图，因此需要掌握圆的绘制或进行圆角操作。本节将针对圆的相关操作进行练习。

#### 1.3.1 练习(1-3)

本练习将绘制盘类零件轮廓，如图 1.16 所示。通过练习掌握构造圆的创建方法，掌握

圆的绘制方法，熟悉动态修剪和圆角操作。

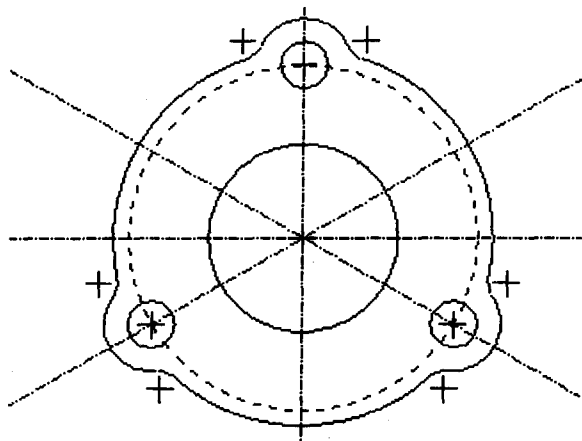


图 1.16 要绘制的盘类零件轮廓

具体步骤如下：

(1) 单击【草绘器工具】工具栏中的  按钮，在绘图区的合适位置单击以指定圆心位置，拖动鼠标至合适位置单击，绘制如图 1.17 所示的圆。

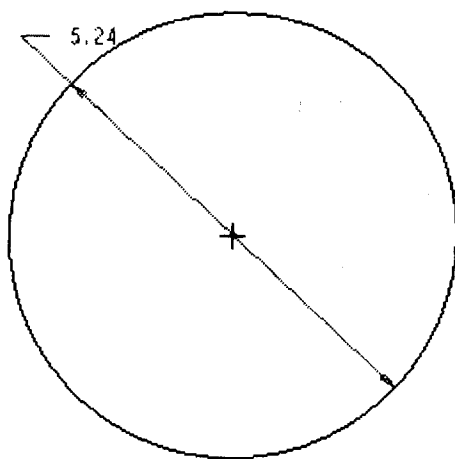


图 1.17 绘制圆

(2) 双击圆的直径标注，在出现的文本框中修改直径值为 184mm，按 Enter 键完成修改操作。选中刚才绘制的圆，从菜单栏中选择【编辑】|【切换构造】命令，将直径 184mm 的圆改为构造圆，此时实线圆变成灰色虚线圆，如图 1.18 所示。

 **注意：** 创建构造圆时，也可以先从草绘模式的目的管理器切换至草绘器，然后在草绘器菜单中直接选择绘制构建圆。完成绘制后再切回目的的管理器。

(3) 单击【草绘器工具】工具栏中  按钮旁的黑色小三角，展开子工具栏，单击该工具栏中的  按钮，绘制直径分别为 100mm 和 200mm 的圆，如图 1.19 所示。

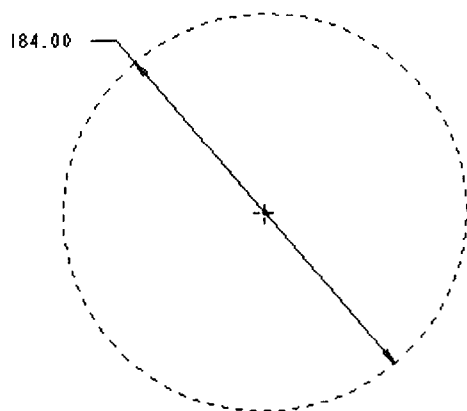


图 1.18 转换的构造圆

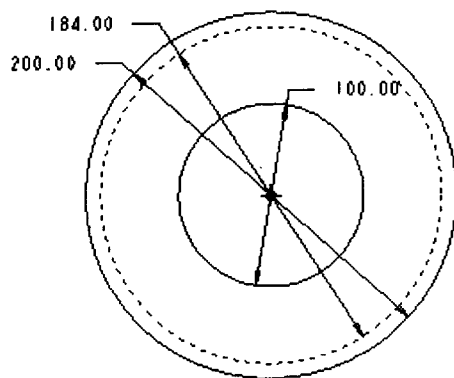


图 1.19 绘制的圆

(4) 单击【草绘器工具】工具栏中旁的黑色小三角，在展开的子工具栏中单击按钮，绘制4条中心线并修改中心线之间的角度。如图1.20所示。

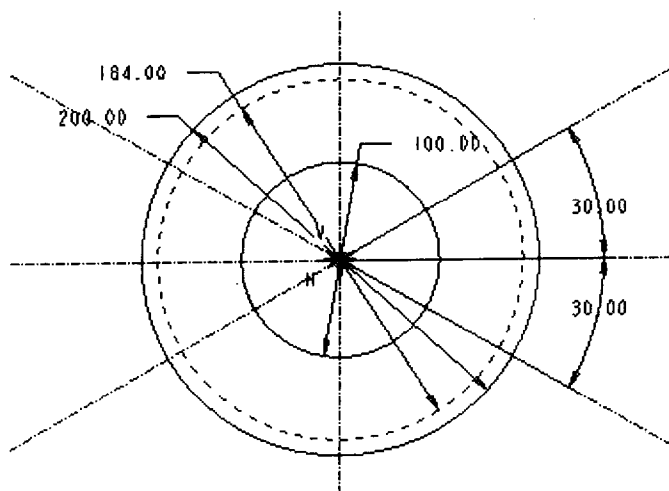


图 1.20 绘制的中心线

(5) 分别以中心线与构造圆的交点为圆心，绘制 3 个直径为 25mm 的圆和 3 个直径为 50mm 的圆，如图 1.21 所示。

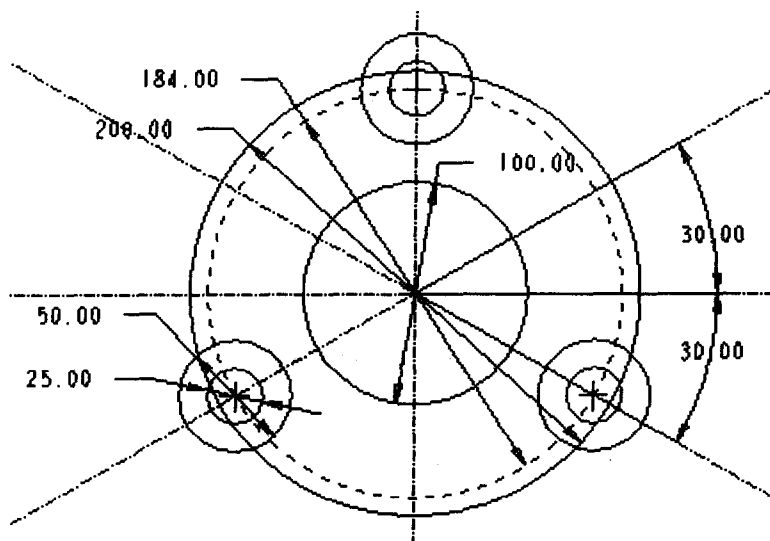


图 1.21 绘制 3 组圆

(6) 单击【草绘器工具】工具栏中的 $\square$ 按钮，动态修剪图元，如图 1.22 所示。

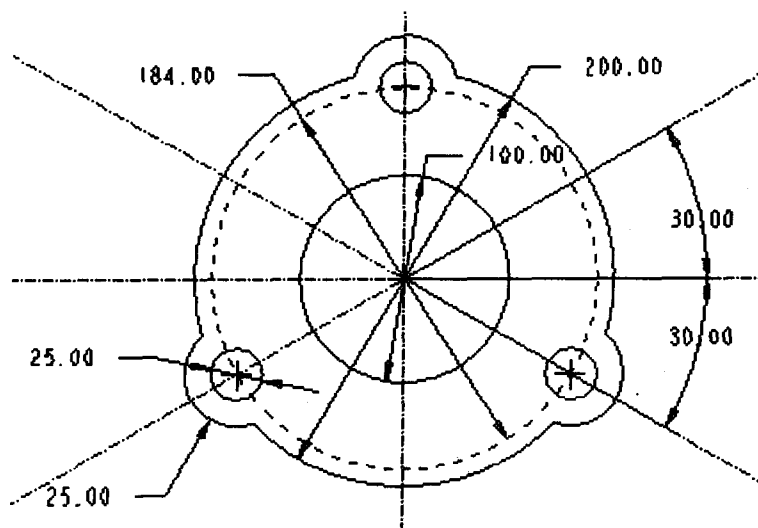


图 1.22 修剪后的图元

(7) 单击【草绘器工具】工具栏中的 $\square$ 按钮，在图元中增加半径为 10mm 的圆角，如图 1.23 所示。

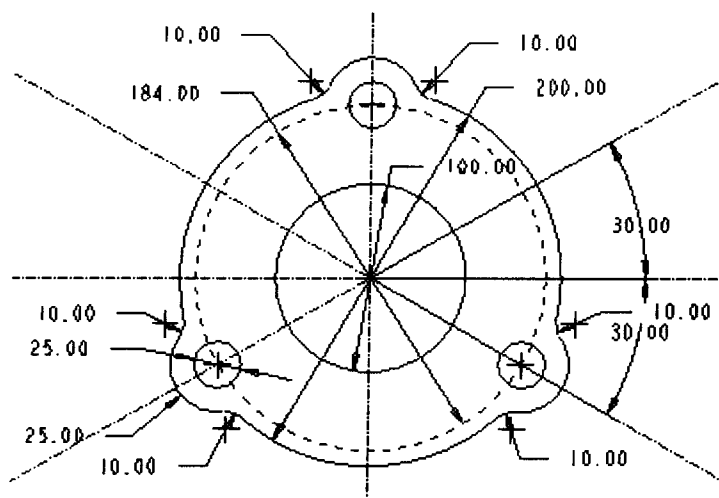


图 1.23 添加圆角

### 1.3.2 练习(1-4)

本练习将绘制如图 1.24 所示的摇臂板轮廓，通过本练习使读者进一步巩固并掌握构造圆、圆、圆角的绘制方法。

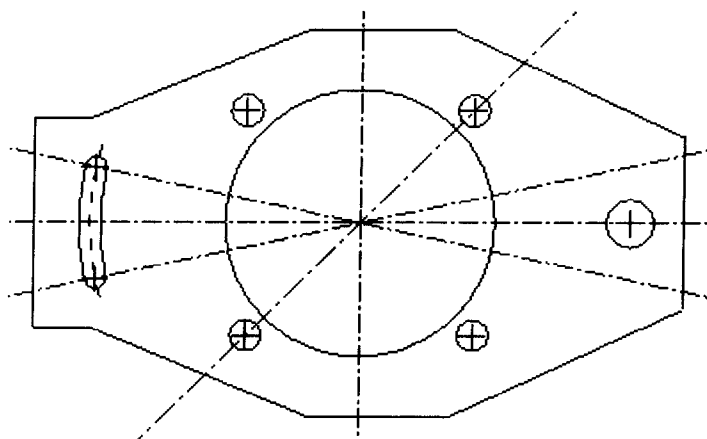


图 1.24 要绘制的摇臂板轮廓

具体步骤如下：

(1) 单击【草绘器工具】工具栏中旁的黑色小三角，在展开的子工具栏中单击按钮，绘制两条分别为垂直和水平的中心线。然后单击【草绘器工具】工具栏中的按钮，绘制摇臂板外轮廓的上半部，并修改外轮廓尺寸为如图 1.25 所示。

(2) 框选所有的图元，单击【草绘器工具】工具栏中的按钮，单击选择水平中心线为镜像中心线，绘制的摇臂板外轮廓，如图 1.26 所示。

(3) 单击【草绘器工具】工具栏中的按钮，绘制一个以中心线交点为圆心，直径为 100mm 的圆。绘制一个圆心位于水平中心线上，距垂直中心线 100mm，直径为 18mm 的圆，如图 1.27 所示。