

## 模块一

# 机械测绘基础知识

## 任务一 机械绘图基本知识

### 【能力目标】

- (1) 理解测绘的基本概念。
- (2) 了解测绘的基本方法。
- (3) 做好测绘前的准备工作。
- (4) 掌握测绘的基本步骤。

### 【任务内容】

学习机械专业,最重要的课程就是如何绘制出一张完整的、符合国家标准的图纸,机械制图知识是机械工程师的专属语言,贯穿于从设计直到装配完成的机械测绘工作流程中。学生在学完专业基础课程以后,须懂得如何综合运用机械专业基础知识,测绘出一套完整的图纸。

### 【任务分析】

随着科学技术的发展,机械测绘技术越来越被人们所重视。纵观各国经济发展史,大都是经历这样一个过程:先引进少量样机进行测绘仿制,然后将其改进提高,发展成本国的系列产品,从而保护本国工业,发展本国经济。此法见效速度快、经济成本低,又能为自行设计提供经验,所以机械测绘技术受到了企业界人士的广泛重视。

改革开放以来,我国的国民经济之所以获得长足发展,就是因为许多产品走的是测绘仿制之路,随着技术商品化的发展,机械测绘技术将继续发挥它的重要作用。

### 【相关知识】

#### 一、机械测绘概述

机械(包括机器和部件)的测绘,就是根据现成的机械装配体,通过拆卸、绘制装配示意图、再测量零件和绘制零件草图,最后绘制出装配图和零件工作图的全过程。

机械测绘是一个认识机械装配体和再现机械装配体的过程,这个过程,也就是先有实物而后有图样的过程。所以机械测绘,是一项重要的技术工作,它既可以为新产品设计提供资料,又可为产品仿制提供图样。

按测绘的目的分,机械测绘可分为以下三类:

### 1. 设计测绘

即测绘是为产品设计服务。为了设计新产品,对有参考价值的机器或部件进行测绘,以作为新产品设计的参考和依据。

### 2. 仿制测绘

即测绘是为产品仿制服务。为了制造性能较好的机器而又缺乏技术资料 and 图样时,通过测绘已有的机器得到所需要的全部图样和有关技术资料,以便组织生产。测绘的对象大多是较为先进的机器设备,而且多为整机测绘。

### 3. 机器的修理或改造

机器的零部件损坏而又无图样可查,或者机器某零部件设计不合理需要改造,都需要测绘。前者,是为修理机器时提供技术资料;后者,则是为改造机器时作依据和参考。

## 二、机械测绘的准备工作

机械,尤其是大型整机,或结构复杂、精度高的机器,其测绘时工作量大,技术性强,测绘周期长,因此测绘开始之前,一定要做好充分的准备,这不仅关系到测绘工作的顺利进行,甚至还关系到测绘工作的成败。

一般应做好以下准备工作:

### 1. 组织准备

首先要确定测绘负责人,他应详细了解测绘任务,明确测绘的工作量,并根据测绘对象的复杂程度和工作量的大小,建立相应机构,确定参加测绘人员,应尽可能选择对测绘对象比较熟悉或经验较丰富的成员参加。

在测绘进程中,测绘负责人应充分掌握工作进程,及时调整人员、协调工作,以保质保量地完成整机的测绘任务。

### 2. 物质准备

(1) 合适的测绘场地。选择场地时应考虑整机的摆放与拆卸以及零部件的测绘与存放等,且利于管理和保证安全。

(2) 相应的拆卸工具。对于大型整机,还要考虑起吊设备。

(3) 测量器具及绘图用具。

(4) 相关的技术资料。

(5) 其他。如清洗、擦拭用具等。

### 3. 技术准备

测绘也是一项技术性很强的工作,所以技术准备十分重要。这也是关系到测绘成败的关键。技术准备主要包括以下几方面工作:

(1) 收集测绘对象的原始资料。如产品说明书、产品样本、产品合格证等。其中产品

说明书最为重要,它是生产厂家编制的,内容有产品的名称、型号、性能、规格参数、使用说明等,一般都附有插图、结构简图,有的还附有备件、易损件一览表等。这对我们了解测绘对象的性能、结构十分必要。

(2) 收集同类产品的相关资料。这类资料也可以帮助我们了解测绘对象,比如:当测绘国外进口机器时,你对它了解不多,就可以通过收集国内同类产品的资料,来进行熟悉和了解。

(3) 准备有关拆卸、测量、制图等方面的资料、图册、国家标准。如设计手册、工艺手册、机修手册、制图手册等工具书籍。

通过对资料的收集、整理、学习、研究,可以进一步了解测绘对象,为后续的拆卸、测量、绘图等工作做好前期准备。

### 三、机械测绘的一般步骤

机械测绘工作是一个复杂而重要的技术工作,它不是简单地照样画图、标上尺寸就行,它还要确定公差、配合、材料、热处理、表面处理 and 几何公差、表面粗糙度(因为测绘中须绘制零件图)等各种技术要求,还要考虑合理的工艺结构、装配关系,有时还要考虑零件加工的工艺设计和工装制作等。可以说,机械测绘几乎涵盖了机械设计及制造工艺、机械修理等技术工作的全部内容,所以必须按照一定的步骤和方法来具体指导测绘工作的进行,以保证高质量、高效率地完成测绘工作。

机械测绘的一般步骤如下:

#### 1. 分析了解测绘对象

在开始测绘之前,要先对测绘对象进行分析研究。主要通过观察实物,参考有关图纸、资料及产品说明书,以求了解其用途、性能、工作原理、结构特点、零件间的装配关系、连接方式等内容,以使在后序工作中做到心中有数,也为制订机器与机构的技术要求打下基础。

#### 2. 拆卸零件

在熟悉机械结构特点的基础上,按照所制订的拆卸计划和方法,依次拆卸零件。拆卸前,对一些重要的装配尺寸应先量得数据并校验一些主要精度,如相对位置尺寸、极限尺寸、装配间隙等。拆卸时,要按可拆卸的顺序进行。对于高精度配合或者过盈配合的零件要尽量不拆,以免降低精度或损坏零件。

零件拆卸下来后,要清洗干净,逐一编号、登记,并妥善保管,以防损坏、断裂、变形、生锈或丢失。对精度高的零件,还须有较高要求的保护措施。

#### 3. 绘制装配示意图

为了便于绘制装配图,也便于在拆卸后再组装还原,在机械装配体拆卸的同时,还应画出其装配示意图。所谓装配示意图,就是用简明的符号和线条画出零件间的相对位置、连接方式和装配关系等。

装配示意图可细分为总体装配示意图和结构装配示意图。前者以表达机器中各组成部分的总体布局和相对位置为主,后者以表达装配的结构位置、连接方式为主。

装配示意图的画法及注意事项,将在下节进行介绍。

#### 4. 绘制零件草图

机械的装配体拆卸后,除标准零部件外,其余各零件都要画出零件的草图。零件草图是绘制装配图和零件正规工作图的依据,所以它必须具备零件正规工作图样的全部内容。零件草图的绘制方法及步骤已在《零件测绘》一书中讲过了,此处略过。

对于标准件,只需测得几个主要尺寸,从相应标准件的国家标准中查出规定标记,将这些标准件的名称、数量和规定标记列表记录即可。

#### 5. 绘制装配图

将全部零件草图进行整理,根据装配示意图提供的零件之间的连接、装配关系绘制装配图。关于绘制装配图的有关知识,将在模块二中做详细介绍。

在绘制装配图的过程中,可发现零件草图中的问题。发现后,应及时对零件草图进行修改。

#### 6. 绘制零件工作图

根据装配图及修改之后的零件草图,用仪器或计算机绘制出零件工作图。最后经严格的校验和审核后,方可用作生产用图。

#### 7. 图样的最后校核

为了使测绘的图样能供生产使用,除了测绘人员认真仔细地对实物进行测绘外,还必须对绘制的图样进行全面仔细的校对与审核。

校对与审核的程序大体是:首先是测绘人员自己对图样的校对、项目负责人对图样的校对、标准化人员进行标准化审查、工艺人员进行工艺审查,然后是技术部门负责人进行校对与审核,最后是企业技术负责人进行审核。

至此,机械测绘工作结束。

## 【任务实施】

装配示意图就是用简明的线条和符号,示意性地画出零件之间相对位置、连接方式、装配关系以及大致的轮廓,它不必考虑零件的形状,只是一种备忘性质的记录资料,以便在画装配图时,或者装配拆卸后需要复原时,作为参考。

### 一、装配示意图的绘制特点

(1) 在装配示意图上,零件的标示不受层次的影响,它是把装配体设想为透明体而画出的,它既可以画出外部轮廓,又可以画出内部结构。但它并不是剖视图,只是以“示意”去表达不同的零件。

(2) 示意图中的两零件的接触面,一般要留出间隙,以便区分零件。这点与画装配图不同。

(3) 在装配示意图中,各零件只画总轮廓,或用单线条表示。一些常用的传动零件及构件,如轴、轴承、齿轮等,可参阅国家标准《机械制图 机构运动简图用图形符号》(GB/T 4460—2013)。

(4) 装配示意图上的内、外螺纹,均用示意画法。内外螺纹配合可分别全部画出,也

可只按外螺纹画出。

(5) 装配示意图一般只画一个视图,且常利用展开画法和旋转画法,即将齿轮传动的各轴旋转到与图面平行位置后画出。有时也画出两个视图。

(6) 装配示意图中,应编出零件序号,列表写出零件名称、数量材料等项,序号的排列、零件的名称要与装配图尽量一致,以便在绘制装配图时作为参考。

## 二、装配示意图的绘制举例

图 1-1 所示为机用台虎钳轴测装配图,在了解了其结构之后,就可以绘制出如图 1-2 所示的机用台虎钳的装配示意图。图中,既画出了其大致外部轮廓(如固定钳身 2 和活动钳身 4 等),又画出了其内部结构(如螺杆 7、螺母 5 和螺钉 6 等)。图中有许多零件都是用单线条表示的(如垫圈 1、钳口板 3、螺杆 7、垫圈 8 和螺钉 11 等)。传动件是按 GB4460—84 规定的简图符号画出的(如螺杆 7 和螺母 5 构成螺旋传动副),内外螺纹的配合也是只按外螺纹画出(如螺钉 11 与固定钳身 2 和活动钳身 4 的连接)。

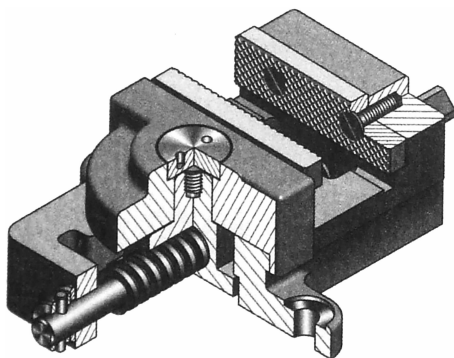


图 1-1 机用台虎钳轴测装配

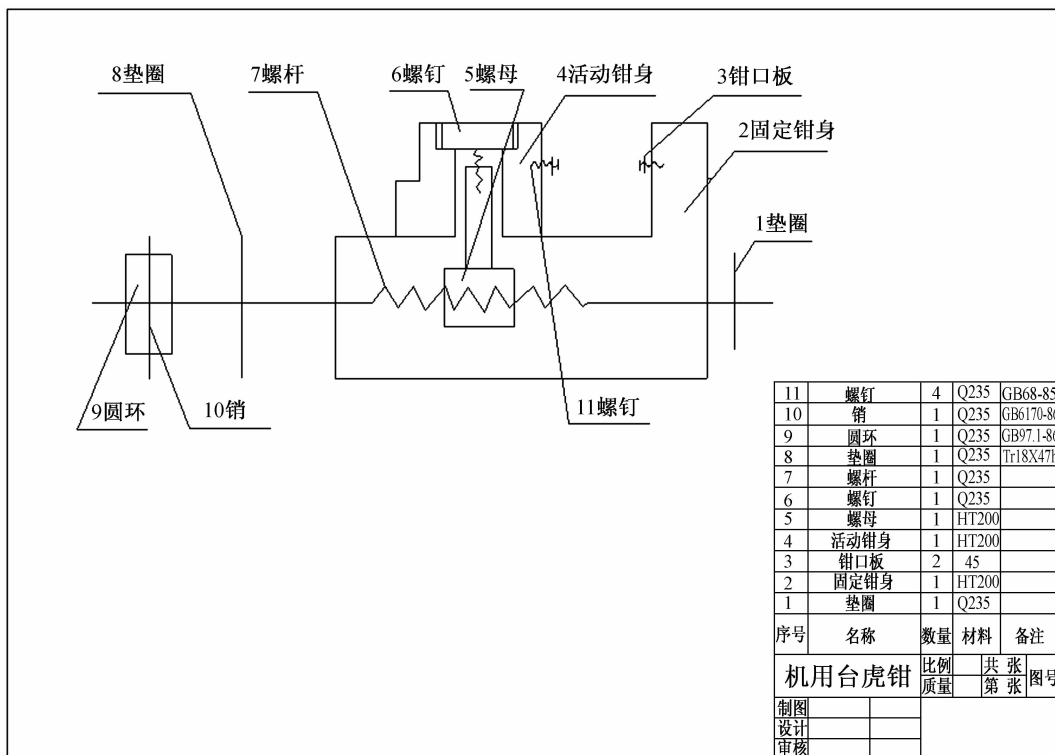


图 1-2 机用台虎钳的装配示意图

该示意图虽然既表达了外部轮廓又表达了内部结构,但它不是剖视图。它虽然只是画了一个视图,但把各零件的相对位置、连接方式都简要地、示意性质地表达清楚了。

### 三、零件草图的绘制

在机械测绘中,经过拆卸零件和绘制装配示意图之后,就可以绘制零件草图了。除去除去标准零部件外,其余零部件都要绘制出零件草图。

#### 1. 绘制零件草图的要求

零件草图是绘制零件工作图的基本依据。要保证零件工作图的质量,首先要提高零件草图的质量。

零件草图的绘制要求如下:

① 零件草图一般是在测绘现场徒手绘制的零件图,零件比例是凭眼力判断的,它只要求与被测零件上各部分形状大体符合,并不要求与被测零件保持某种严格的比例。

② 零件草图必须严格忠于实样,不得随意更改,更不能凭主观猜测,特别要注意零件构造上工艺的特征、零件上一些细小结构,如孔口、轴端倒角、转角处的小圆角、沟槽、退刀槽、凸台和凹坑,以及盲孔前端的钻头顶角等,均不能忽略。对于机械设备上一些设计不合理和华而不实之处,也只能在(绘制装配图之后)吃透原机械设备工作原理及组成结构的基础上,在零件工作图上进行改变,而在绘制草图时则应保留原结构。

③ 草图上允许标注封闭尺寸和重复尺寸,这是为了便于检查测量尺寸的准确性。

草图上零件的视图表达要完整,线型分明,尺寸标注要正确,配合公差、几何公差、表面粗糙度及热处理等的选择也要合理,并且在标题栏内需记录零件名称、材料、数量、图号等内容。

由草图绘制的要求可以看出,草图和零件工作图的绘制要求完全相同,区别仅在于草图是目测比例和徒手绘制。

#### 2. 徒手绘制零件草图的技巧

在机械测绘和讨论设计方案或技术交流时,通常是以草图表示的,所以工程技术人员应该掌握徒手画图的技巧。

初学画草图时,可在专用的方格纸上进行练习,因为在方格纸上绘图易于掌握图形大小、投影关系以及直线、曲线的方向。常用的方格纸每小格长、宽均为 5 mm。

下面介绍几种图线的画法,以供参考。

##### (1) 直线的画法。

① 画直线时,要求执笔稳而有劲,小手指靠着纸面,保证线条画得平直;眼要注意终点,以控制方向不变。

② 画水平线要从左向右(见图 1-3),画垂直线要从上到下(见图 1-4)。若直线的两端点已定,画线时视图应同时顾及笔尖与终点,分几段轻轻画出底线。

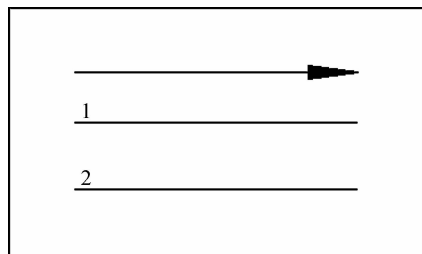


图 1-3 水平线画法

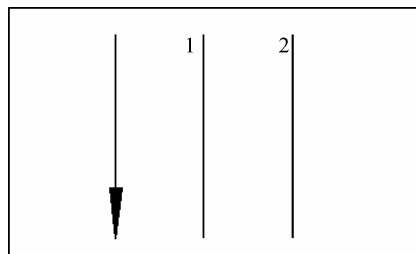


图 1-4 垂直线画法

③ 画倾斜线应从左下角向右上角运笔(见图 1-5),或从左上角向右下角运笔(见图 1-6)。

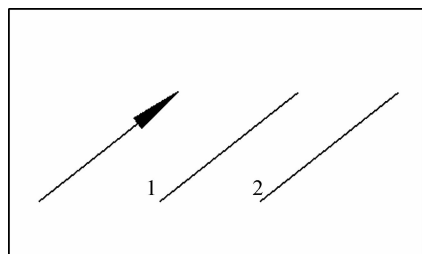


图 1-5 倾斜线画法(一)

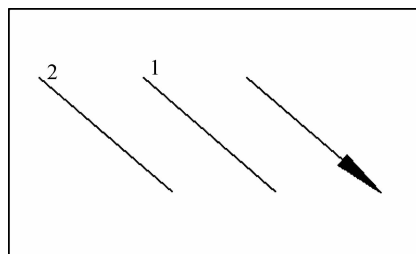


图 1-6 倾斜线画法(二)

无论画哪一种直线,草图纸都可在图板上转动(草图纸一般不固定在图板上),如图 1-7 所示的位置,草图纸与水平线的方向约倾斜  $45^\circ$ ,这样画直线比较顺手。

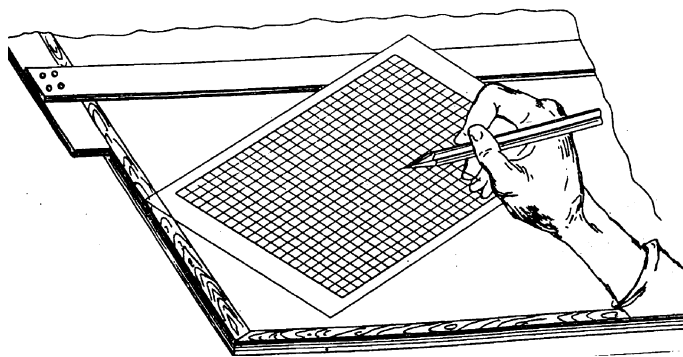


图 1-7 画直线顺手的位置

## (2) 圆及曲线的画法。

画小圆时,应先定圆心的位置,过圆心画两条互相垂直的中心线,在中心线上距离圆心等于半径处截取四点,过四点作正方形,再作正方形的内切圆[见图 1-8(a)]。画大圆时可加画一对正方形的对角线,并在其上截取距圆心为半径的四点,再过八点画内切圆[见图 1-8(b)]。

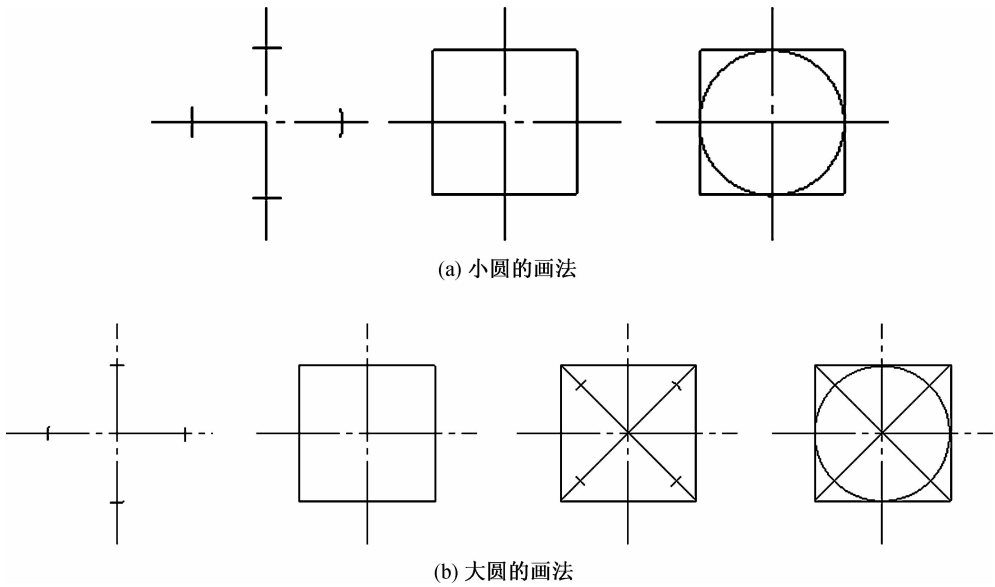


图 1-8 圆的画法

对于圆角、椭圆及各种曲线连接的画法,也尽可能利用它们与正方形、菱形相切的特点画出,如图 1-9、图 1-10、图 1-11 所示。

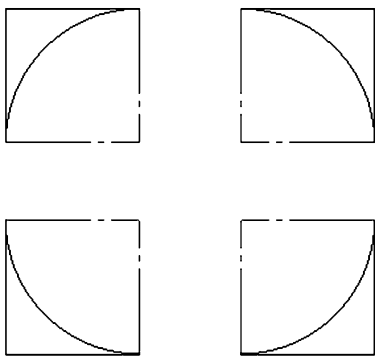


图 1-9 圆角画法

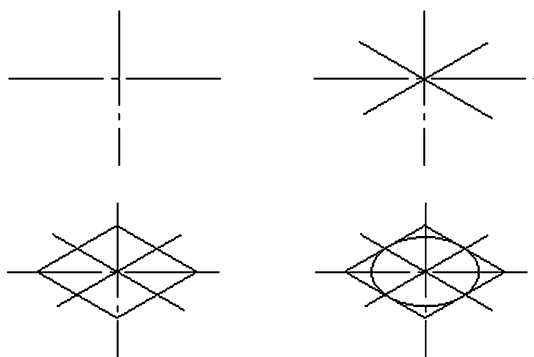


图 1-10 椭圆画法

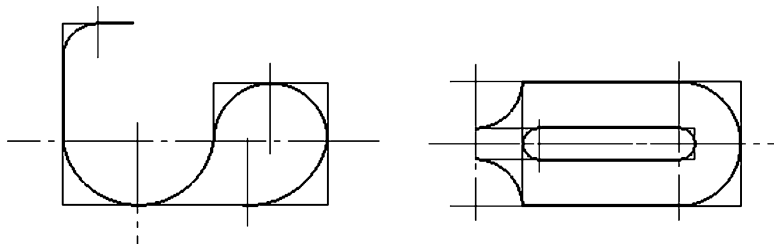


图 1-11 曲线连接画法

### 3. 角度及剖面线画法

角度的画法如图 1-12(a)、(b)、(c)、(d)所示,剖面线的画法如图 1-13(a)、(b)所示。



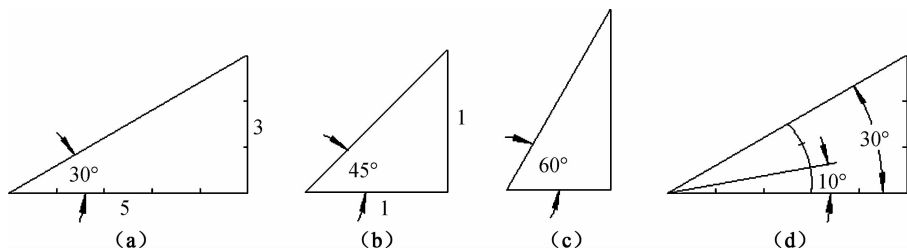


图 1-12 角度的画法

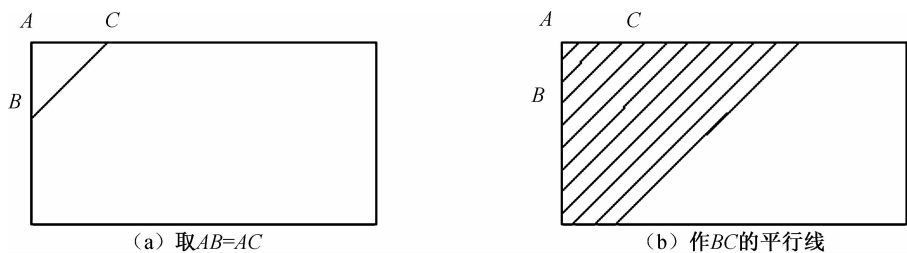


图 1-13 空白纸上剖面线的画法

### 【巩固与练习】

- (1) 为什么机械测绘技术越来越受到人们重视?
- (2) 什么是机械测绘? 按测绘目的分, 机械测绘可分为哪三类?
- (3) 作为一位工程技术人员, 要完成机械测绘任务应做好哪些准备工作?
- (4) 简述机械测绘的一般步骤。
- (5) 什么是装配示意图? 它有什么作用?
- (6) 装配示意图有哪些绘制特点?
- (7) 根据机用台虎钳的装配轴测图, 试绘制机用台虎钳的装配示意图。

## 任务二 公差与配合基本知识

### 【能力目标】

- (1) 理解公差与配合基本概念。
- (2) 掌握各种公差与配合的要求。
- (3) 掌握各种配合公差的基本要求。
- (4) 掌握各种配合公差的方法。

## 【任务内容】

测绘完成以后,根据设计需要,为了补充视图和尺寸还没有表达清楚的一些内容,应该在图样中注出对设计、制造、检验、修饰和使用等方面的要求,称作技术要求。它主要反映对零件的技术性能和质量方面的要求。

## 【任务分析】

零件的公差与配合的技术要求,一般包括零件的尺寸公差、几何公差、表面粗糙度三个方面的内容,本节对其确定过程做一些简单介绍。

应当指出,在图样中对零件技术要求的确定与表达是一项严肃认真的事,它涉及的范围较广,本节介绍的内容只是一些初步的入门知识。

## 【相关知识】

### 一、尺寸公差的确定

零件上非配合尺寸的公差由于数值较大,比较容易确定,这里不做赘述,而主要介绍有配合要求的尺寸的公差如何确定。有配合要求的尺寸公差直接影响机器的使用精度、性能和加工成本,它的确定包括基准制的选择、公差等级的选择、配合种类选择三方面的工作。

#### 1. 基准制的选择

基准制包括基孔制和基轴制两种。这两种基准制都可以实现同样的配合要求,其选择应从零件的结构、工艺和经济等方面进行综合考虑。其原则是:

(1) 优先选用基孔制。因为孔的加工与检验,常采用钻头、铰刀、拉刀、量规等定值的刀具和量具,孔的公差带位置固定,可以减少刀具、量具的规格,这显然是经济合理的,所以应优先选用基孔制。

(2) 特殊情况下采用基轴制。这里的特殊情况一般指以下三种情况:

① 使用冷拉钢材直接作轴:因冷拉钢具有一定精度(IT9~IT11),不需再进行加工,故采用基轴制比较经济合理。

② 与某些标准件的配合:如滚动轴承外圈与壳体孔的配合必须采用基轴制、单键与键槽的连接必须采用基轴制,这是相关的国家标准规定的。

③ 某些结构的需要(采用基轴制方便、经济):如内燃机的活塞销与活塞孔、连杆孔的配合。

(3) 个别情况下也可采用非基准制配合。既不选基孔制也不选基轴制,而是选任意适当的孔、轴公差带组成的配合,称作非基准制配合。

#### 2. 公差等级的选择

公差等级选择的基本原则是:在满足机器使用要求的前提下,尽量选用较低的公差等级。

公差等级的选择,一般情况下采用类比的方法,即参考经过实践证明是合理的典型产品的公差等级,结合待测零件的配合、工艺和结构等特点,经分析对比后确定公差等级。用类比法选择公差等级时,应掌握各种公差等级的应用范围,以便类比选择时有所依据。

### 3. 配合种类的选择

选择配合种类实际上就是确定基孔制中的非基准轴,或基轴制中的非基准孔的基本偏差代号。一般情况下也是采用类比法,即与经过生产和使用验证后的某种配合进行比较,然后确定其配合种类。

采用类比法选择配合的步骤是:

(1) 配合类别的选择。首先根据使用要求,确定配合类别,即确定是间隙配合、过盈配合还是过渡配合。

(2) 基本偏差代号的选择。确定了配合类别后,再进一步确定用哪一种配合。实质上就是确定非基准轴或非基准孔公差带的位置,也就是选择非基准轴或非基准孔的基本偏差代号。

公差等级和基本偏差代号确定后,也就是确定了尺寸的公差带。这样就可以在国标《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 第2部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差表》(GB/T 1800.2—2009)的孔、轴极限偏差表中查出尺寸公差。也可以用标准公差值和基本偏差值(均可在 GB/T 1800.2—2009 孔、轴极限偏差表中查到)计算出尺寸的另一个极限偏差。

## 二、几何公差的确定

零、部件的几何误差对机器的正常使用有很大的影响。因此,合理、正确地选择几何公差对保证机器的功能要求、提高经济效益,是十分重要的。

在图样上是否给出几何公差要求,可按下述原则确定:凡几何公差要求用一般加工工艺能保证的,不必单独注出,其公差值要求应按 GB/T 1184—1996《形状和位置公差未注公差值》执行;凡几何公差有特殊要求(高于或低于 GB/T 1184—1996 规定的公差级别),则应按标准规定注出几何公差。几何公差的确定包括:几何公差项目的确定、基准要素的选择、几何公差值的确定及采用何种公差原则四个方面。

### 1. 几何公差项目的确定

几何公差有十四个项目,应根据零件在机器中所处的地位和作用、零件的几何特征、该零件必须控制的几何误差项目,来确定几何公差项目。

在确定几何公差项目时,需要注意两点:

(1) 在满足功能要求的前提下,应选用测量简便的项目,如同轴度公差,常常可以用径向圆跳动公差或径向全跳动公差来代替。

(2) 充分发挥综合控制的公差项目职能,这样可以减少图样上标注的几何公差项目及相应的误差检测项目。如定向公差可以控制形状误差,定位公差可以控制定向误差等。

### 2. 基准要素的选择

基准要素的选择包括基准部位、基准数量和基准顺序的选择。选择基准要素主要根

据零件在机器上的安装位置、作用、结构特点及加工和检测要求来考虑。通常,基准要素应具有较高的形状精度,它的长度较长、面积较大、刚度较强;在功能上是零件在机器上的安装基准或工作基准。

### 3. 几何公差值的确定

选择几何公差值的总的原则是:在满足零件功能要求的前提下,选取最经济的公差值。具体来说就是根据零件的功能要求,并考虑加工的经济性和零件的结构、刚性等情况来确定。

### 4. 公差原则的选择

公差原则应根据零部件的装配及性能要求来选择:

- ① 如需较高运动精度的零件,为保证不超出几何公差,可采用独立原则。
- ② 如要求保证零件间的最小配合间隙以及采用量规检验的零件,均可采用包容要求。
- ③ 如果只要求可装配性的配合零件,可采用最大实体要求。

图样上没有单独注出几何公差的要素,有几何精度的要求但要求偏低,要求未注几何公差与尺寸公差的关系采用独立原则。

图样未注几何公差值应根据零件的特点和生产单位的具体工艺条件由生产单位自行选定,并在有关技术文件中予以明确。若图样采用 GB/T 1184—1996 规定的未注几何公差值时,应在图样上标题栏附近或技术要求中注出标准号及所选用的公差等级代号,如选用 K 级时标注为“未注几何公差按 GB/T 1184 - K”。

## 三、表面粗糙度的选择

表面粗糙度参数值选择的合理与否,不仅对产品的使用性能有很大影响,而且直接关系到产品的质量、寿命和制造成本。它的选择应遵循在满足零件功能的前提下尽可能选用较大的参数值的基本原则,以便简化工艺、降低成本,从而获得最佳的技术经济效益。

## 四、零件的工艺结构要素

零件的主题结构多种多样,但有些工艺结构是相同的或大同小异的,如铸造工艺结构的起模斜度、圆角、过渡圆弧及肋板等,机械加工工艺结构的倒角、退刀槽、砂轮越程槽、中心孔等。这些结构在零件上是常见的,应该了解它们的形状及作用,以便全面认识零件的整体形状。这些结构有的在图样上画出,有的在图样上的技术要求中用文字说明,各结构要素的参数值可查相关手册。

## 【任务实施】

### 一、尺寸公差的确定

表 1-1 列出了各公差等级的大体适用范围、表 1-2 列出了各公差等级的应用实例、表 1-3 列出了各种加工方法所能达到的公差等级,供选择零件公差等级时对照参考。

表 1-1 公差等级的应用范围

应用	公差等级 IT																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
量块	—	—	—																	
量规				—	—	—	—	—	—											
特别精密配合				—	—	—	—													
一般配合								—	—	—	—	—	—	—						
非配合尺寸														—	—	—	—	—	—	—
原材料尺寸										—	—	—	—	—	—					

表 1-2 公差等级的主要应用实例

公差等级	主要应用实例
IT01~IT1	一般用于精密标准量块。IT1 也应用于检验 IT6 和 IT7 级轴用量规的校对量规
IT2~IT7	用于检验工件 IT5~IT16 的量规尺寸公差
IT3~IT5 (孔为 IT6)	用于精度要求很高的重要配合。例如机床主轴与精密滚动轴承的配合、发动机活塞销与连杆孔和活塞孔的配合。 配合公差很小,对加工要求很高,一般应用较少
IT6(孔为 IT7)	用于机床、发动机和仪表中的重要配合。例如机床传动机构中的齿轮与轴的配合,轴与轴承的配合,发动机中活塞与汽缸、曲轴与轴承、气阀杆与套杆配合等。 配合公差较小,一般精密加工能够实现,在精密机械中广泛应用
IT7,IT8	用于机床和发动机中不太重要的配合,也用于重型机械、农业机械、纺织机械、机车车辆等的重要配合。例如机床上操纵杆的支承配合、发动机中活塞环与活塞环槽的配合、农业机械中齿轮与轴的配合等。 配合公差中等,加工易于实现,在一般机械中广泛应用
IT9,IT10	用于一般要求,或长度要求精度较高的配合。某些非配合尺寸的特殊要求,例如飞机机身的外壳尺寸,由于质量限制,要求达到 IT9 或 IT10
IT11,IT12	多用于各种没有严格要求只要求便于连接的配合。例如螺栓和螺孔、铆钉和孔等的配合
IT12~IT18	用于非配合尺寸和粗加工的工序尺寸。例如手柄的直径、壳体的外形和壁厚尺寸,以及端面之间的距离等

表 1-3 各种加工方法所能达到的公差等级

加工方法	公差等级 IT																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
研磨	—	—	—	—	—	—	—												
珩						—	—	—	—										
圆磨						—	—	—	—	—									
平磨						—	—	—	—	—									

续 表

加工方法	公差等级 IT																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
金刚石车							—	—	—									
金刚石镗							—	—	—									
拉削							—	—	—	—								
铰孔								—	—	—	—	—						
车									—	—	—	—	—					
镗									—	—	—	—	—					
铣										—	—	—	—					
刨、插												—	—					
钻孔												—	—	—	—			
滚压、挤压												—	—					
冲压												—	—	—	—	—		
压铸													—	—	—	—		
粉末冶金成型								—	—	—								
粉末冶金烧结									—	—	—	—						
砂型铸造、气割																		—
锻造																	—	

在实际工作中,一般采用类比法。采用类比法选择配合的步骤是:

(1) 配合类别的选择。首先根据使用要求,确定配合类别,即确定是间隙配合、过盈配合还是过渡配合。表 1-4 中提供了配合类别选择的基本原则,可供参考。

表 1-4 配合类别选择的基本原则

无相对运动	需传递力矩	精确定心	不可拆卸	过盈配合
			可拆卸	过渡配合或基本偏差为 H(h)的间隙配合加键、销紧固件
		不需精确定心		间隙配合加键、销紧固件
	不需传递力矩		过渡配合或过盈量较小的过盈配合	
有相对运动	缓慢转动或移动			基本偏差为 H(h)、G(g)等间隙配合
	转动、移动或复合运动			基本偏差为 A~F(a~f)等间隙配合

(2) 基本偏差代号的选择。确定了配合类别后,再进一步确定用哪一种配合。实质上就是确定非基准轴或非基准孔公差带的位置,也就是选择非基准轴或非基准孔的基本偏差代号。表 1-5 所列各种基本偏差的应用实例可供参考。

表 1-5 各种基本偏差的应用实例

配合	基本偏差	各种基本偏差的特点及应用实例
间隙配合	a(A) b(B)	可得到特别大的间隙,很少采用。主要用于工作时温度高、热变形大的零件配合,如内燃机中活塞与缸套的配合为 H9/a9
	c(C)	可得到很大的间隙。一般用于工作条件较差(如农业机械)、工作时受力变形大及装配工艺性不好的零件配合,也适用于高温工作的间隙配合,如内燃机排气阀杆与导管的配合 H8/c7
	d(D)	与 IT7~IT11 对应,适用于较松的间隙配合(如滑轮、活套的带轮与轴的配合),以及大尺寸滑动轴承与轴颈的配合(如蜗轮机、球磨机等滑动轴承)。活塞环与活塞环槽配合 H9/d9
	e(E)	与 IT6~IT9 对应,具有明显的间隙,用于大跨距及多支点的转轴轴颈与轴承的配合,以及高速、重载的大尺寸轴颈与轴承的配合,如大型电机、内燃机的主要轴承处配合为 H8/e7
	f(F)	多与 IT6~IT8 对应,用于一般的转动配合,受温度影响不大、采用普通润滑油的轴颈与滑动轴承的配合,如齿轮箱、小电机、泵等的转轴轴颈与滑动轴承的配合为 H7/f6
	g(G)	多与 IT5~IT7 对应,形成的配合间隙较小,用于轻载精密装置中的转动配合,用于插销的定位配合,滑阀、连杆销等处的配合,钻套导向孔多用 G6
过渡配合	h(H)	多与 IT4~IT11 对应,广泛用于无相对转动的配合、一般的定位配合。若没有温度变形的影响,也可用于精密轴向移动部位,如车床尾座导向孔与滑动套筒的配合为 H6/h5
	js(JS)	多用于 IT4~IT7 具有平均间隙的过渡配合,用于略有过盈的定位配合,如联轴器、齿圈与轮毂的配合、滚动轴承外圈与外壳孔的配合多用 JS7。一般用手或木槌装配
	k(K)	多用于 IT4~IT7 平均间隙接近零的配合,用于定位配合,如滚动轴承的内、外圈分别与轴颈、外壳孔的配合。一般用木槌装配
	m(M)	多用于 IT4~IT7 平均过盈较小的配合,用于精密的定位配合,如蜗轮的青铜绝缘与轮毂的配合为 H7/m6
过盈配合	n(N)	多用于 IT4~IT7 平均过盈较大的配合,很少形成间隙。用于加键传递较大转矩的配合,如冲床上的齿轮孔与轴的配合。用木槌或压力机装配
	p(P)	用于过盈小的配合。与 H6 或 H7 孔形成过盈配合,而与 H8 孔形成过渡配合。碳钢和铸铁零件形成的配合为标准压入配合,如卷扬机蝇轮的轮毂与齿圈的配合为 H7/p6。合金钢零件的配合需要过盈小时可用 p(或 P)
	r(R)	用于传递大转矩或受冲击负荷而需要加键的配合,如蜗轮孔与轴的配合为 H7/r6。必须注意,H8/r8 配合在基本尺寸<100 mm 时,为过渡配合
	s(S)	用于钢和铸铁零件的永久性和半永久性结合,可产生相当大的结合力,如套环压在轴、阀座上时用 H7/s6 配合
	t(T)	用于钢和铸铁零件的永久性结合,不用键就能传递转矩,需用热套法或冷轴法装配,如联轴器与轴的配合为 H7/t6 配合
	u(U)	用于过盈大的配合,最大过盈需验算,用热套法进行装配,如火车轮毂与轴的配合为 H6/u5
	v(V),x(X) y(Y),z(Z)	用于过盈特大的配合,目前使用的经验和资料很少,需经试验后才能应用。一般不推荐

采用类比法选择孔或轴的基本偏差代号,应尽量采用《产品几何技术规范(GPS) 极限与配合 公差带和配合的选择》(GB/T 1801—2009)规定的优先配合,见表 1-6。

表 1-6 优先配合的选用说明

优先配合		说 明
基孔制	基轴制	
H11/c11	C11/h11	间隙非常大,用于很松的、转动很慢的动配合;要求大公差与大间隙的外露组件;要求装配方便的松配合
H9/d9	D9/h9	间隙很大的自由转动配合,用于精度为非主要要求时,或有大的温度变化、高转速或大的轴颈压力时
H8/f7	F8/h7	间隙不大的转动配合,用于中等转速与中等轴颈压力的精确转动,也用于装配比较容易的中等定位配合
H7/g6	G7/h6	间隙很小的滑动配合,用于不希望自由转动但可自由滑动和移动并精密定位时,也可用于要求明确的定位配合
H7/h6 H8/h7 H9/h9 H11/h11	H7/h6 H8/h7 H9/h9 H11/h11	均为间隙定位配合,零件可自由装拆,而工作时一般相对静止不动,在最大实体条件下的间隙为零,在最小实体条件下的间隙由公差等级决定
H7/k6	K7/h6	过渡配合,用于精密定位
H7/n6	N7/h6	过渡配合,允许有较大过盈的更精密定位
H7/p6	P7/h6	过盈定位配合,即小过盈配合,用于定位精度特别重要时,能以最好的定位精度达到部件的刚性及对中性的要求,而对内孔承受压力无特殊要求,不依靠配合的紧固件传递摩擦负荷
H7/s6	S7/h6	中等压入配合,适用于一般钢件,或用于薄壁件的冷缩配合,用于铸铁件可得到最紧的配合
H7/u6	U7/h6	压入配合,适用于可以承受高压入力的零件,或不宜承受大压入力的冷缩配合

当工作条件 and 生产条件变化时,可参考表 1-7 所示的调整间隙或过盈的大小。

表 1-7 不同工作条件影响配合间隙或过盈的趋势

具体情况	过盈 增或减	间隙 增或减	具体情况	过盈 增或减	间隙 增或减
材料强度小	减	—	装配时可能歪斜	减	增
经常拆卸	减	—	旋转速度增高	增	增
有冲击载荷	增	减	有轴向运动	—	增
工作时孔温高于轴温	增	减	润滑油黏度增大	—	增
工作时轴温高于孔温	减	增	表面趋向粗糙	增	减
配合长度增大	减	增	单件生产相对于成批生产	减	增
配合面形状和位置误差增大	减	增			

## 二、几何公差的确定

确定的方法有计算法和类比法。其中常用的是类比法,表 1-8 至表 1-11 列出了十一个几何公差特征项目的部分公差等级的应用场合,供采用类比法选择公差等级时对照



参考,再根据所选择的公差等级从 GB/T 1184—1996 规定的公差表格中查取几何公差值。

表 1-8 直线度、平面度的公差等级应用实例

公差等级	应 用 实 例
5	1 级平板,2 级宽平尺,平面磨床的纵导轨、立柱导轨及工作台,液压龙门刨床和六角车床床身导轨,柴油机进气、排气阀门导杆
6	普通机床导轨,如普通车床、龙门刨床、滚齿机、自动车床等的床身导轨和立柱导轨,柴油机壳体
7	2 级平板,机床主轴箱,摇臂钻床底座和工作台,镗床工作台,液压泵盖,减速机壳体结合面
8	机床传动箱体,交换齿轮箱体,车床溜板箱体,连杆分离面,汽车发动机缸盖与汽缸体结合面,液压管件和法兰连接面
9	3 级平板,自动车床床身底面,摩托车曲轴箱体,汽车变速箱壳体,手动机械的支承面

表 1-9 圆度、圆柱度公差等级的应用实例

公差等级	应 用 实 例
5	一般计量仪器主轴、测杆外圆柱面,陀螺仪轴颈,一般机床主轴轴颈及主轴轴承孔,柴油机、汽油机活塞、活塞销,与 6 级滚动轴承配合的轴颈
6	仪表端盖外圆柱面,一般机床主轴及前轴承孔,泵、压缩机的活塞、汽缸,汽油发动机凸轮轴,纺机锭子,减速器转轴轴颈,高速船用柴油机、拖拉机曲轴主轴颈,与 6 级滚动轴承配合的外壳孔,与 0 级滚动轴承配合的轴颈
7	大功率低速柴油机的曲轴轴颈、活塞、活塞销、连杆和汽缸,高速柴油机箱体轴承孔,千斤顶或压力油缸活塞、机车传动轴,水泵及通用减速器转轴轴颈,与 0 级滚动轴承配合的外壳孔
8	大功率低速发动机曲轴轴颈,压气机的连杆盖、连杆体,拖拉机的汽缸、活塞,炼胶机冷铸轴辊,印刷机传墨辊,内燃机曲轴轴颈,柴油机凸轮轴轴承孔、凸轮轴,拖拉机、小型船用柴油机汽缸套
9	空气压缩机缸体,液压传动筒,通用机械杠杆与拉杆用的套筒销,拖拉机的活塞环和套筒孔

表 1-10 平行度、垂直度、倾斜度、端面跳动公差等级的应用实例

公差等级	应 用 实 例
4,5	普通车床导轨、重要支承面,机床主轴轴承孔对基准的平行度,精密机床重要零件,计量仪器、量具、模具的基准面和工作面,机床主轴箱箱体重要孔,通用减速器壳体孔,齿轮泵的油孔端面,发动机轴和离合器的凸缘,汽缸支承端面,安装精密滚动轴承的壳体孔的凸肩
6,7,8	一般机床的基准面和工作面,压力机和锻锤的工作面,中等精度钻模的工作面,机床一般轴承孔对基准的平行度,变速器箱体孔,主轴花键对定心表面轴线的平行度,重型机械滚动轴承端盖,卷扬机、手动传动装置中的传动轴,一般导轨,主轴箱箱体孔,刀架,砂轮架、汽缸配合面对基准轴线以及活塞销孔对活塞轴线的垂直度,滚动轴承内、外圈端面对轴线的垂直度
9,10	低精度零件,重型机械滚动轴承端盖,柴油机、煤气发动机箱体曲轴孔、曲轴轴颈,花键轴和轴肩端面,带式输送机法兰盘等端面对轴线的垂直度,手动卷扬机及传动装置中轴承孔端面,减速器壳体平面

表 1-11 同轴度、对称度、径向跳动公差等级的应用实例

公差等级	应用实例
5,6,7	这是应用范围较广的公差等级。用于几何精度要求较高、尺寸的标准公差等级为 IT8 及高于 IT8 的零件。5 级常用于机床主轴轴颈、计量仪器的测杆、蜗轮机主轴、柱塞油泵转子、高精度滚动轴承外圈、一般精度滚动轴承内圈。7 级用于内燃机曲轴、凸轮轴、齿轮轴、水泵轴、汽车后轮输出轴、电机转子、印刷机传墨辊的轴颈、键槽
8,9	常用于几何精度要求一般、尺寸的标准公差等级为 IT9 至 IT11 的零件。8 级用于拖拉机发动机分配轴轴颈、与 9 级精度以下齿轮相配的轴、水泵叶轮、离心泵体、棉花精梳机前后滚子、键槽等。9 级用于内燃机汽缸套配合面、自行车中轴

### 三、表面粗糙度的选择

表面粗糙度参数值的选择方法,一般是采用类比法。可参考表 1-12、表 1-13 所示,然后对比工作条件做适当调整,调整时应考虑下列因素:

- ① 同一零件上,工作表面的粗糙度参数值一般比非工作表面小。
- ② 摩擦表面比非摩擦表面的粗糙度参数值要小;滚动摩擦表面比滑动摩擦表面的粗糙度参数值要小;运动速度高、单位压力大的摩擦表面,比运动速度低、单位压力小的摩擦表面的粗糙度参数值要小。

表 1-12 轴和孔常用表面粗糙度推荐参数值

表面特征		$Ra(\mu\text{m})$ 不大于		
公差等级	表面	基本尺寸(mm)		
		小于等于 50	大于 50 到 500	
经常装拆零件的配合表面(如挂轮/滚刀等)	5	轴	0.2	0.4
		孔	0.4	0.8
	6	轴	0.4	0.8
		孔	0.4~0.8	0.8~1.6
	7	轴	0.4~0.8	0.8~1.6
		孔	0.8	1.6
	8	轴	0.8	1.6
		孔	0.8~1.6	1.6~3.2
过盈配合的配合表面 (a) 装配按机械压入法 (b) 装配按热处理法	5	轴	0.1~0.2	0.4
		孔	0.2~0.4	0.8
	6~7	轴	0.4	0.8
		孔	0.8	1.6

续 表

表面特征			$Ra(\mu\text{m})$ 不大于				
过盈配合的配合表面 (a) 装配按机械压入法 (b) 装配按热处理法	公差等级	表面	基本尺寸(mm)				
			小于等于 50	大于 50~120	大于 120~500		
	8	轴	0.8	0.8~1.6		1.6~3.2	
		孔	1.6	1.6~3.2		1.6~3.2	
	—	轴	1.6				
		孔	1.6~3.2				
精密定心用配合的零件表面	表面	径向跳动公差( $\mu\text{m}$ )					
		2.5	4	6	10	16	25
		$Ra(\mu\text{m})$ 不大于					
	轴	0.05	0.1	0.1	0.2	0.4	0.8
	孔	0.1	0.2	0.2	0.4	0.8	1.6
滑动轴承的配合表面	表面	公差等级				液体湿摩擦条件	
		6~9		10~12			
		$Ra(\mu\text{m})$ 不大于					
	轴	0.4~0.8		0.8~3.2		0.1~0.4	
	孔	0.8~1.6		1.6~3.2		0.2~0.8	

表 1-13 表面粗糙度的表面特征,对应加工方法应用举例

表面粗糙度轮廓参数 $Ra$ 值( $\mu\text{m}$ )	表面粗糙度轮廓参数 $Rz$ 值( $\mu\text{m}$ )	表面形状特征		应用举例
40~80	63~125	粗糙	明显可见刀痕	表面粗糙度甚大的加工面,一般很少采用
20~40			可见刀痕	
10~20			微见刀痕	
5~10	32~63	半光	可见加工痕迹	半精加工面、支架、箱体、离合器、带轮侧面、凸轮侧面等非接触的自由表面,与螺栓头和铆钉头相接的表面,轴和孔的退刀槽,一般遮板的结合面等
2.5~5			微见加工痕迹	半精加工面、箱体、支架、盖面、套筒等与其他零件连接而没有配合要求的表面,需要发蓝的表面、滚花的预先加工面、主轴非接触的全部外表面等
1.25~2.5			8.0~16.0	看不清加工痕迹

续 表

表面粗糙度 轮廓参数 $Ra$ 值( $\mu\text{m}$ )	表面粗糙度 轮廓参数 $Rz$ 值( $\mu\text{m}$ )	表面形状特征		应用 举 例
0.63~1.25	4.0~8.0	光	可辨加工 痕迹的方向	中型机床(普通精度)滑动导轨面,导轨压板,圆柱销和圆锥销的表面,一般精度的分度盘,需镀铬抛光的外表面,中速转动的轴颈,定位销压入孔等
0.32~0.63	2.0~4.0		微辨加工 痕迹的方向	中型机床(提高精度)滑动导轨面,滑动轴承轴瓦的工作表面,夹具定位元件和钻套的主要表面,曲轴和凸轮轴的轴颈的工作面,分度盘表面,高速工作下的轴颈及衬套的工作面等
0.16~0.32	1.0~2.0		不可辨加工 痕迹的方向	精密机床主轴锥孔,顶尖圆锥面,直径小的精密心轴和转轴的结合面,活塞的销孔,要求气密的表面和支承面
0.08~0.16	0.5~1.0	极 光	暗光泽面	机床精密主轴箱上与套筒配合的孔,仪器在使用中要承受摩擦的表面(例如导轨、槽面),液压传动用的孔的表面,阀的工作面,汽缸内表面,活塞销的表面等
0.04~0.08	0.25~0.5		亮光泽面	特别精密的滚动轴承套圈滚道,钢球及滚子表面,量仪中的中等精度间隙配合零件的表面,工作量规的测量表面等
0.02~0.04			镜状光泽面	特别精密的滚动轴承套圈滚道,钢球及滚子表面,高压油泵中的柱塞和柱塞套的配合表面,保证高度气密的结合表面等
0.01~0.02			雾状镜面	仪器的测量表面,量仪中的高精度间隙配合零件的工作表面,尺寸超过 100 mm 的量块工作表面等
$\leq 0.01$			镜面	量块工作表面,高精度量仪的测量面,光学量仪中的金属镜面等

## 【思考与练习】

- (1) 绘制零件草图有哪些要求?
- (2) 按图 1-3~图 1-6 所示方法,试徒手画出直线。
- (3) 按图 1-8~图 1-13 所示方法,试徒手画出小圆、大圆、圆角、椭圆、曲线及角度和剖面线。
- (4) 简述绘制零件草图的一般方法和步骤。
- (5) 在绘制零件草图之前,要对零件进行哪些分析?
- (6) 怎样选择主视图的投射方向和主视图的摆放位置?
- (7) 确定尺寸公差包括哪几个方面工作? 确定几何公差呢?
- (8) 选择表面粗糙度参数值应遵循什么原则?
- (9) 在确定金属材料 and 热处理时应注意什么问题?
- (10) 试对从动轴进行分析,绘制出其草图,并确定其技术要求。