



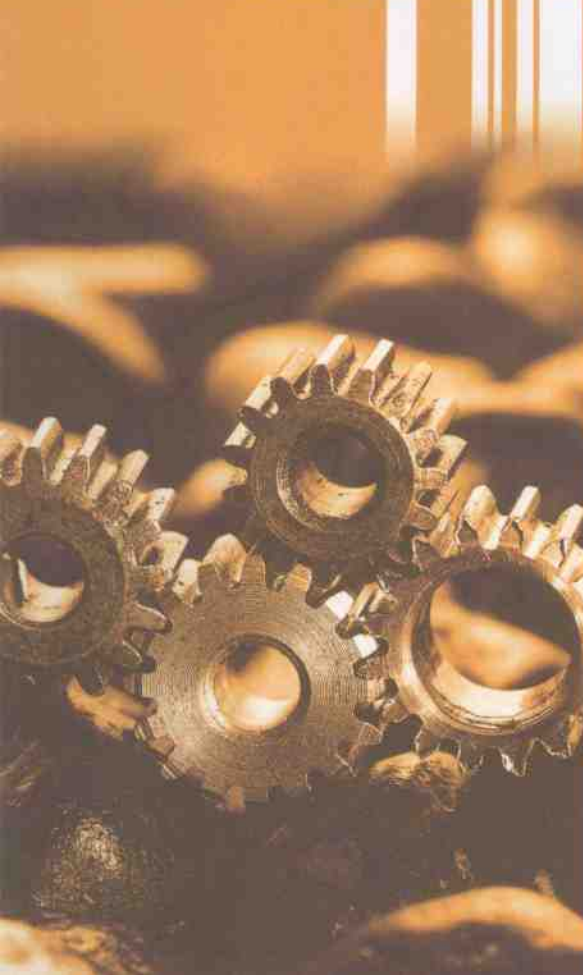
用于国家职业技能鉴定
国家职业资格培训教程

数控铣工

SHUKONG XIGONG

(高级)

中国就业培训技术指导中心组织编写



中国劳动社会保障出版社



用于国家职业技能鉴定
国家职业资格培训教程

数控铣工

SHUKONG XIGONG

(高级)

编审委员会

主任委员	刘康	原淑炜		
副主任委员	李翔	张伟	熊军权	宋放之
	陈蕾	张超英	尚玉山	胡庞成
	杨伟群			

编写人员

主编	编者	宋放之	蔡晶	胡松林	宣振宇
		孙素梅	唐庆	秦振山	常玉成
		张军辅			

国家职业资格培训教程

数控铣工(高级)

图书在版编目(CIP)数据

数控铣工:高级/中国就业培训技术指导中心组织编写. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2008

国家职业资格培训教程

ISBN 978-7-5045-6958-5

I. 数… II. 中… III. 数控机床:铣床-技术培训-教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 113576 号

会员委申编

主 编
张 欣

副 编
张 欣

主 编
张 欣

副 编
张 欣

主 编
张 欣

编 入 官 册

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

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订

787毫米×1092毫米 16开本 27.25印张 408千字

2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷

定价:49.00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

为推动数控铣工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在数控铣工从业人员中推行国家职业资格证书制度，中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准·数控铣工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了数控铣工国家职业资格培训系列教程。

数控铣工国家职业资格培训系列教程紧贴《标准》要求，内容上体现“以职业活动为导向、以职业能力为核心”的指导思想，突出职业资格培训特色；结构上针对数控铣工职业活动领域，按照职业功能模块分级别编写。

数控铣工国家职业资格培训系列教程共包括《数控加工基础》《数控铣工（中级）》《数控铣工（高级）》《数控铣工（技师 高级技师）》4本。《数控加工基础》内容涵盖《标准》的“基本要求”，是各级别数控铣工均需掌握的基础知识；其他各级别教程的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

本书是数控铣工国家职业资格培训系列教程中的一本，适用于对高级数控铣工的职业资格培训，是国家职业技能鉴定推荐辅导用书，也是高级数控铣工职业技能鉴定国家题库命题的直接依据。

本书在编写过程中得到了北京市斐克科技有限责任公司、山特维克可乐满等单位的大力支持与协助，在此一并表示衷心的感谢。

中国就业培训技术指导中心

目 录

CONTENTS

国家职业资格培训教程

第一章 加工准备	(1)
第一节 读图与绘图	(1)
第二节 数控铣工的基本工艺知识	(24)
第三节 零件定位与装夹	(43)
第四节 数控铣削刀具	(92)
第二章 数控编程	(125)
第一节 手工编程	(125)
第二节 计算机辅助编程	(151)
第三节 数控加工仿真软件的使用	(253)
第三章 数控铣床操作	(267)
第一节 加工的中断与恢复	(267)
第二节 数控系统的参数设置	(272)
第四章 零件加工	(276)
第一节 平面铣削	(276)
第二节 轮廓加工	(280)
第三节 曲面加工	(313)
第四节 孔系加工	(329)
第五节 深槽加工	(346)
第六节 配合件加工	(362)
第七节 零件精度检验	(376)

第五章 数控铣床维护和故障诊断	(385)
第一节 数控铣床维护管理	(385)
第二节 数控铣床故障诊断	(393)
第三节 数控铣床精度检验	(416)
参考文献	(429)

(1)	数控铣工 第一卷
(2)	数控铣工 第二卷
(3)	数控铣工 第三卷
(4)	数控铣工 第四卷
(5)	数控铣工 第五卷
(6)	数控铣工 第六卷
(7)	数控铣工 第七卷
(8)	数控铣工 第八卷
(9)	数控铣工 第九卷
(10)	数控铣工 第十卷
(11)	数控铣工 第十一卷
(12)	数控铣工 第十二卷
(13)	数控铣工 第十三卷
(14)	数控铣工 第十四卷
(15)	数控铣工 第十五卷
(16)	数控铣工 第十六卷
(17)	数控铣工 第十七卷
(18)	数控铣工 第十八卷
(19)	数控铣工 第十九卷
(20)	数控铣工 第二十卷
(21)	数控铣工 第二十一卷
(22)	数控铣工 第二十二卷
(23)	数控铣工 第二十三卷
(24)	数控铣工 第二十四卷
(25)	数控铣工 第二十五卷
(26)	数控铣工 第二十六卷
(27)	数控铣工 第二十七卷
(28)	数控铣工 第二十八卷
(29)	数控铣工 第二十九卷
(30)	数控铣工 第三十卷

第一章

加工准备

第一节 读图与绘图



学习目标

1. 能读懂装配图并能拆画零件图。
2. 掌握测绘零件的方法。
3. 能读懂数控铣床主轴系统、进给系统的机构装配图。



相关知识

一、根据装配图拆画零件图

从装配图中拆画出零件图的过程称为拆画零件图，简称“拆零”，这是机械设计中的重要环节之一。由装配图拆画零件图，要在全面看懂装配图的基础上进行。一部机器或部件中的零件很多，并不是所有零件都需要“拆零”的。如标准件可直接按其规格、代号购来使用。外借件是从别的机器上借来使用的，也不必拆画零件图。只有属于本产品的专用件，才是被拆画的主要对象。拆画零件图的方法和步骤如下：

首先看懂被拆零件的结构形状,先把这个零件的视图从整个装配图中分离出来,然后想象其结构形状。对于表达不清的地方要根据整个机器或部件的工作原理进行补充,然后画出其零件图。由装配图拆画零件图时,应将该零件的所有工艺结构补全,装配图中对零件的表达主要是它们之间的装配关系;因此,往往对某些零件形状的表达难以兼顾,以致部分零件的结构形状表达得不够完整。在拆画零件图之前,对某些未表达清楚的零件形状结构应进行设计,给予确定。具体方法是:

1. 确定零件的形状

(1) 分析零件工作状态

拆画零件图不能照搬装配图上该零件的表达方案,而应该分析该零件的工作状态来确定最佳表达方案。尤其是装配图中零件被遮挡的部分,都应在零件图中补全。

(2) 分离零件

要正确分离零件,一是要通过对该零件在部件中的作用及其应有的结构形状的了解;二是要根据投影关系划分出该零件在各个视图中所占的范围,以同一零件的剖面线方向和间隔相同为线索进行判断,搞清楚哪些表面是接触面,哪些地方在分离时应补画线条等。

(3) 确定零件的表达方案

装配图主要表达零件的相对位置、装配关系等,不一定完全符合表达零件的要求。因此拆图时,零件的视图表达方案必须结合该零件的类别、形状特征、工作位置或加工位置等来统一考虑,不能简单地照搬装配图中的方案。在大多数情况下,壳体、箱体类零件主视图所选的位置可以与装配图一致。如齿轮油泵泵体零件的主视图的选择就是与齿轮油泵装配图主视图一致的。对于轴套类零件,一般按加工位置选择主视图,如主动轴齿轮零件就是按加工位置选取主视图。

在拆图中,还应根据零件的装配关系和加工工艺上的要求进行再设计。此外,装配图上未画出的工艺结构,如圆角、倒角、退刀槽等,在零件图中都必须详细画出。这些工艺结构参数必须符合国家标准的有关规定。

2. 确定零件的尺寸

(1) 抄

凡装配图中已注出的有关尺寸,应该直接抄用,不能随意改变它的大小及其标注方法。相配合零件的同一尺寸分别标注到各自的零件图上

时,其所选的尺寸基准应协调一致。

(2) 查

凡属于标准结构要素(如倒角、退刀槽、砂轮越程槽、沉孔、螺孔、键槽等)和标准件的尺寸,应根据装配图中所给定的公称直径或标准代号,查阅有关标准手册后按实际情况选定。公差配合的极限偏差值,也应从有关手册查出并按规定方式标注。

(3) 算

例如,齿轮轮齿部分的尺寸,应根据所给齿数、模数和其他要求计算得出。若在部件的同一方向,要求由多个零件组装成一定的装配精度,那么,每个零件上相关尺寸的极限偏差值也应通过计算来核定。

(4) 量

凡装配图中未给出的,属于零件自由表面(不与其他零件接触的表面)和不影响装配精度的尺寸,一般可按装配图的画图比例,用分规和直尺直接在图中量取,然后加以调整。

3. 确定零件的表面粗糙度等级和其他技术要求

零件的表面粗糙度等级及其他技术要求,都应根据零件的作用和装配关系来确定,或类比同类产品的条件选定。一般配合面与接触面有密封、耐腐蚀、美观等要求的表面粗糙度值应较小,自由表面的粗糙度数值一般较大。技术要求的制定直接影响零件的加工质量,初学者可参照同类产品的相应零件图用类比法确定。

二、零件的测绘

在生产中使用的零件图,其来源有两个:一是根据设计绘制的图样;二是按零件测绘而产生的图样。

零件的测绘就是根据实际零件,用简单的绘图工具,以较快的速度,徒手目测画出零件的图形,测量出它的尺寸并制定出技术要求,得到零件草图,再经过整理,按比例画出零件图的过程。零件的测绘对机器的仿制设计,现有设备的修配改造,以及成果的交流革新等都有重要意义。因此,是工程技术人员必须掌握的制图技能之一。

零件草图虽是用徒手目测绘制而成,但它是绘制零件工作图的原始资料,因而必须具备零件图应有的全部内容和要求,要求做到图形正确、比例匀称、表达清楚、线型分明、尺寸完整。

1. 草图的画法

(1) 直线的画法

水平线——画水平线时应自左至右运笔。一般画短的水平线时,只转动手腕,眼光注意终点,控制方向,把线画直。当画的直线较长时,应移动手臂画出。为确保直线画得准确,可在两端做出标记,在两标记中间试画几下,不断地校正,最后加深,得到光滑均匀的直线。

垂直线——画垂直线时应自上而下运笔画线。

斜线——斜线一般较难画,故画线时可转动图纸,使欲画的斜线处于顺手方向,并从图纸的左上角至右下角或从左下角至右上角运笔。

(2) 圆的画法

画圆时,应先定出圆心的位置,过圆心画出互相垂直的中心线,在中心线上点出等距的点,过点作圆的外切正四边形,再作出圆。

当圆较大时,可再增加一些点,过点作半径方向的垂直线(圆的切线),然后连成圆。

2. 常用的测量工具和测量方法

(1) 常用的测量工具

常用的测量工具有:钢直尺,内、外卡钳,游标卡尺和千分尺,还有测量角度用的角度规,测量圆角用的圆角量规,测量螺纹用的螺纹量规等,如图 1-1 所示。

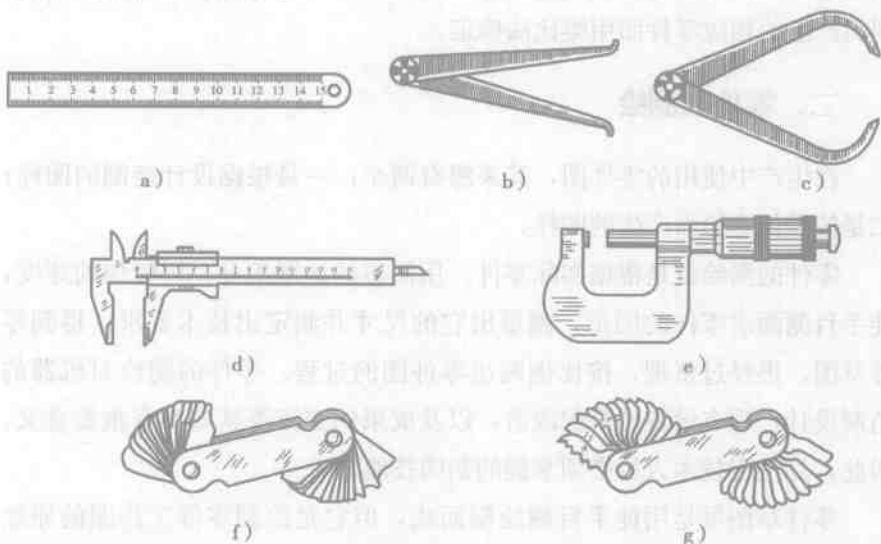


图 1-1 常用的测量工具

a) 钢直尺 b) 内卡钳 c) 外卡钳 d) 游标卡尺 e) 千分尺 f) 圆角量规 g) 螺纹量规

(2) 常用的测量方法

1) 测量直线尺寸。在测量直线时,如果尺寸精度要求不高,可用钢直尺直接量取。如图 1—2a 所示是用钢直尺量取内卡钳的张开尺寸,图 1—2b 所示是用钢直尺量取外卡钳的张开尺寸,图 1—2c 所示是用钢直尺和 90° 角尺直接量取零件的长度尺寸。如尺寸精度要求较高,则应用游标卡尺或千分尺进行测量。对于孔、槽的深度,可用游标卡尺上的深度尺来测量,如图 1—3 所示。

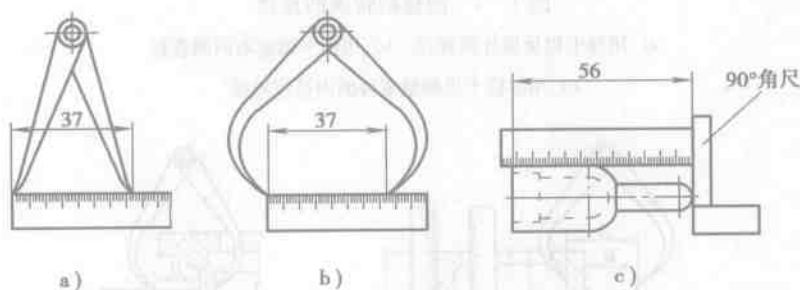


图 1—2 用钢直尺量取数据

- a) 用钢直尺量取内卡钳的张开尺寸 b) 用钢直尺量取外卡钳的张开尺寸
c) 用钢直尺和 90° 角尺测量零件的长度

2) 测量回转面的直径。对于外圆面或单内圆面,一般可用游标卡尺或千分尺直接测量。如果回转面是外小里大的内圆面,可用卡钳进行测量,如图 1—4 所示,再用钢直尺测量卡钳的开口尺寸。

3) 测量壁厚。测量壁厚时可用钢直尺或游标深度尺直接测量,也可以使用卡钳、钢直尺组合测量,如图 1—5 所示。

4) 测量孔间距。测量孔间距时可用游标卡尺、卡钳或钢直尺测量,如图 1—6 所示。

5) 测量中心高。测量中心高时一般可用钢直尺和卡钳或游标卡尺测量,如图 1—7 所示。

6) 测量圆角。测量圆角时可用半径规(R 规)测量,如图 1—8 所示。

7) 测量角度。可用角度规测量,如图 1—9 所示。

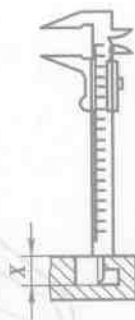


图 1—3 用游标卡尺测量零件上槽的深度

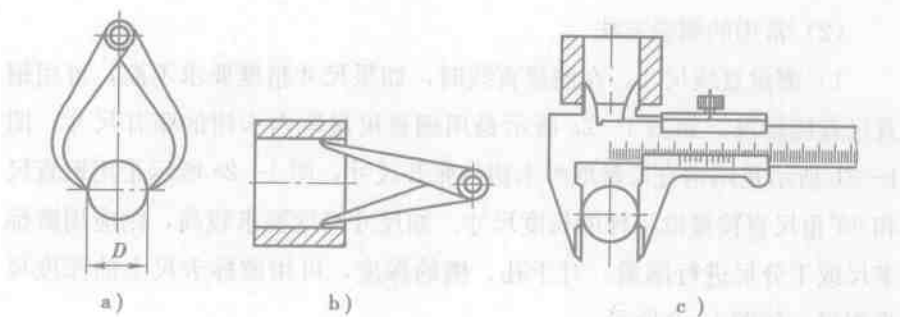


图 1—4 测量回转面的直径

- a) 用外卡钳量取外圆直径 b) 用内卡钳量取内圆直径
c) 用游标卡尺测量零件的内径或外径

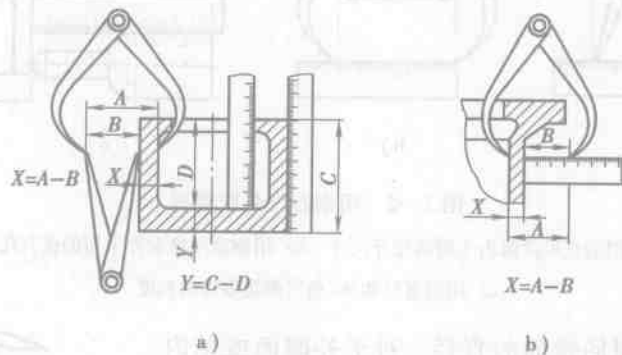


图 1—5 用卡钳测量壁厚

- a) 用内、外卡钳或钢直尺量取零件壁厚
b) 用外卡钳和钢直尺量取零件壁厚

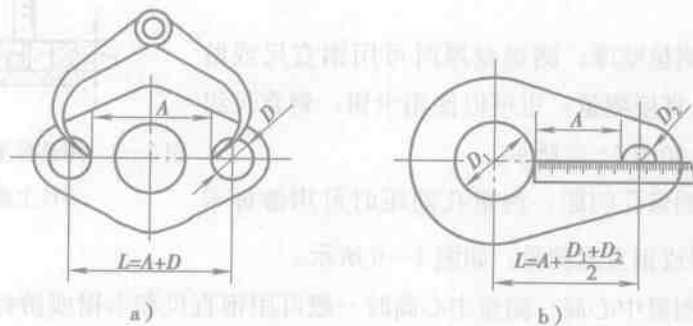


图 1—6 测量孔间距

- a) 用外卡钳量取两孔间距 b) 用钢直尺测量两孔间距

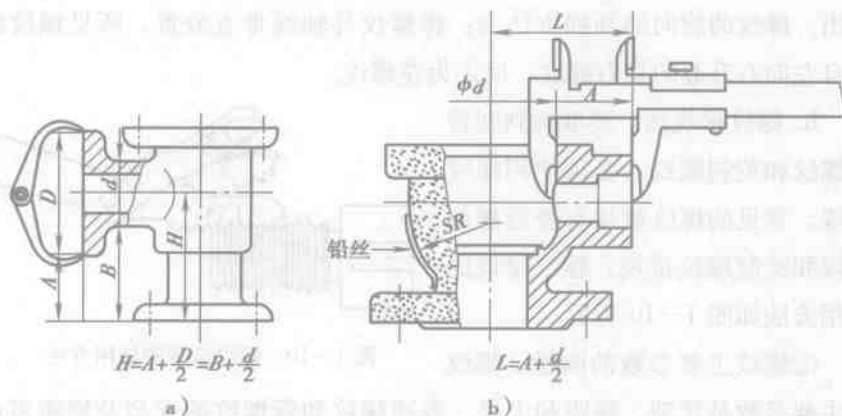


图 1-7 测量中心高

a) 用外卡钳间接量取孔中心到基准面的距离

b) 用游标卡尺间接量取孔中心到基准面的距离

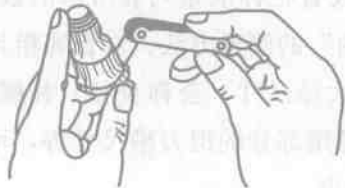


图 1-8 测量圆角

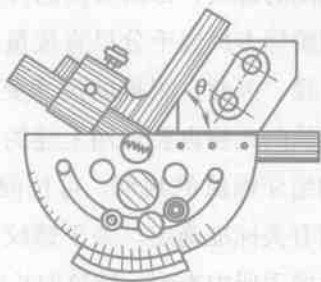


图 1-9 测量角度

8) 螺纹的测量。螺纹的测量就是要确定其牙型、大径、导程、线数、旋向等参数。

① 螺纹种类的判别。常见的螺纹种类有：粗牙普通螺纹、细牙普通螺纹、管螺纹和梯形螺纹。识别螺纹的种类有两种方法：一是观察分析法；二是量具测量法。

a. 观察分析法。梯形螺纹的牙型，一般通过观察即可辨出。管螺纹加工在管子的外表面或管接头的内表面上，有时也加工在薄壁零件上。区别圆锥管螺纹和圆柱管螺纹，可从其形状和用途来识别。圆锥管螺纹比圆柱管螺纹密封性更好，所以圆锥管螺纹用在高温、高压、有密封的接头处，如船机上的油管、气管、水管的连接处；阀体、阀盖等零件上的连接螺纹，一般为圆柱管螺纹或细牙普通螺纹。机器零件的连接或紧固，一般用粗牙普通螺纹；细牙普通螺纹用于薄壁零件或受变载、冲击、振动的零件以及精密机构的调整件上。螺纹的线数，可从螺纹间的端面

数出。螺纹的旋向的判别方法为：将螺纹件轴线垂直放置，所见螺纹线为自左向右升起的是右螺纹，反之为左螺纹。

b. 螺纹量规法。要准确判别普通螺纹和英制螺纹，必须使用螺纹量规。常见的螺纹量规有普通螺纹量规和英制螺纹量规。螺纹量规的使用方法如图 1—10 所示。

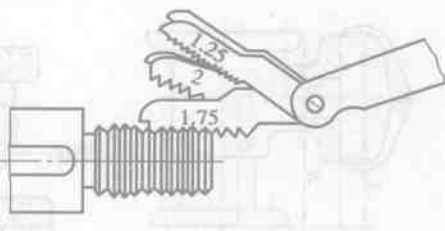


图 1—10 螺纹量规的使用方法

② 螺纹主要参数的测量。螺纹

的主要参数是牙型、螺距和大径。普通螺纹和管螺纹的牙型及螺距可由各自的螺纹量规同时测出。测量时，只要螺纹量规的牙型充满所测的螺纹而无间隙，即为所测的牙型和螺距。通常情况下不测内螺纹，因此，对相配的螺纹，都以所测的外螺纹参数来代替内螺纹的参数。螺纹的大径用游标卡尺或千分尺直接量出。由于外螺纹的大径往往小于螺纹的公称直径，因此，测得的尺寸要圆整到螺纹直径标准列表所示的数值。内螺纹的大径也要运用上述的“以外代内”的测量方法。对普通粗牙螺纹和细牙螺纹的判别，可按测得的螺纹大径尺寸（公称直径）和螺距，查阅有关标准确定。关于螺纹的倒角、螺尾部分的退刀槽尺寸等，可从有关的手册中查到，螺纹的长度能直接量出。

9) 其他。如遇到不能直接测量的尺寸，可利用工具进行间接测量，对于曲线、曲面的测量，可采用铅丝法、拓印法和坐标法等，如图 1—11 和图 1—12 所示。

3. 零件测绘的步骤

(1) 分析零件，确定表达方案

在零件测绘前，必须对零件进行详细分析，其中包括：了解零件的名称、类型和在机器中的作用；了解零件的材料和大致的加工方法；对零件进行结构分析。由于零件总是装在机器上后才发挥其功能的，所以分析零件结构时应结合零件在机器上的安装及运动方式进行，对于已破旧、磨损的零件尤为重要。要根据零件在机器上的功能，确定所采用的技术要求，包括尺寸精度要求、形位精度要求和表面质量等；还要对零件进行工艺分析；选择、比较并确定零件的表达方案。

(2) 画零件草图

在不使用或部分使用绘图工具的情况下，只凭目测确定零件实际形

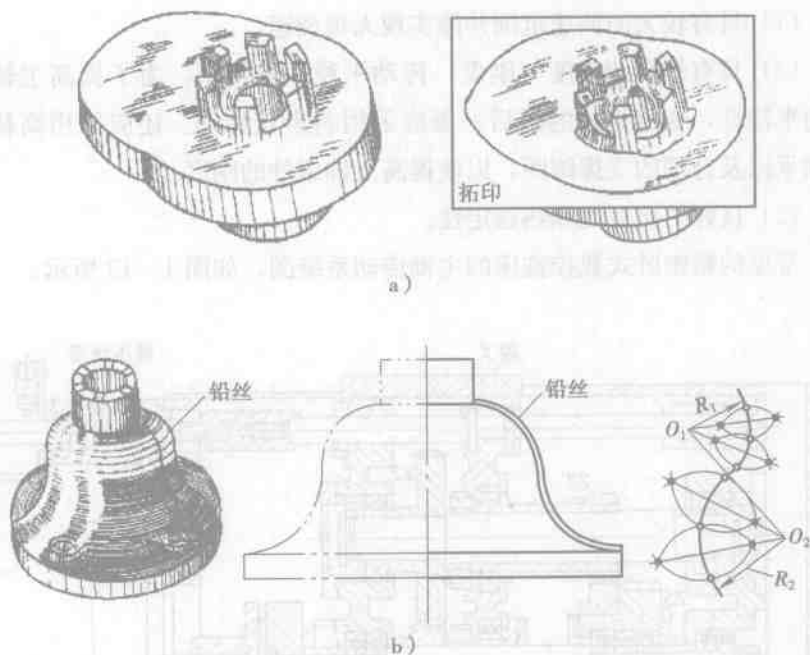


图 1—11 采用拓印法和铅丝法测量曲线和曲面

a) 用拓印法测量曲线轮廓 b) 用铅丝法测量曲线轮廓

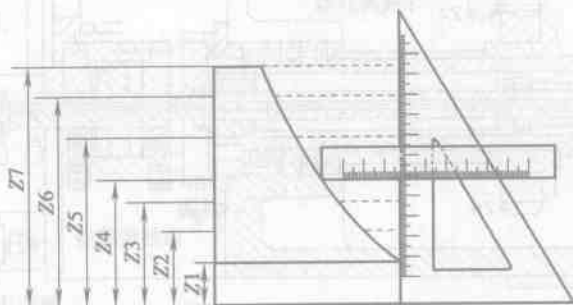


图 1—12 采用坐标法测量曲线

状大小和大致比例关系，用铅笔徒手画出图形。步骤是：定位布局，完成各视图，校核加深线条，注、量尺寸，编写技术要求和填写标题栏。

零件测绘的步骤和详细内容请参见操作技能中的测绘零件部分。

三、数控铣床主轴与进给系统基本构造知识

1. 数控铣床主轴系统机构

数控铣床的主轴运动是机床的成形运动之一，它的精度决定了零件的加工精度。数控铣床的主轴传动系统必须满足如下要求：

(1) 具有较大的调速范围并能实现无级调速。

(2) 具有较高的精度与刚度，传动平稳，噪声小。为了提高主轴传动的平稳性，变速机构的最后一级应采用斜齿轮传动。还应采用高精度的轴承以及合理的支撑跨距，以便提高主轴组件的刚度。

(3) 良好的抗振性和热稳定性。

常见的精密卧式数控铣床的主轴传动系统图，如图 1—13 所示。

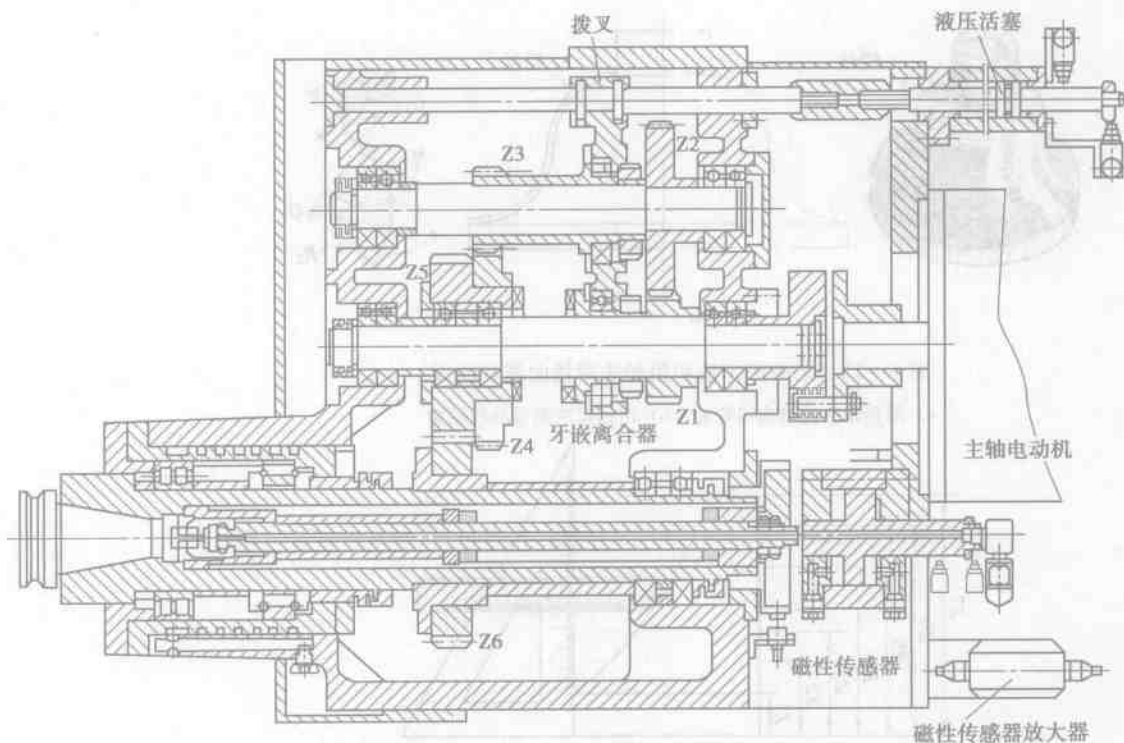


图 1—13 常见的精密卧式数控铣床的主轴传动系统图

为了增加转速范围和扭矩，主传动采用齿轮变速传动方式。主轴转速分为低速区和高速区。低转速区的传动路线是：主轴电动机→弹性联轴器→齿轮 Z1→齿轮 Z2→齿轮 Z3→齿轮 Z4→齿轮 Z5→齿轮 Z6→主轴。

高转速区的传动路线是：主轴电动机→弹性联轴器→牙嵌离合器→齿轮 Z5→齿轮 Z6→主轴。

变换到高速挡时，由液压活塞推动拨叉向左移动，此时，主轴电动机慢速旋转，以利于牙嵌离合器啮合。

2. 进给系统主要机构——滚珠丝杠螺母副

为了确保数控铣床进给系统的传动精度和工作稳定性,要求进给系统要达到无间隙、低摩擦、低惯量、高刚度、高谐振频率以及有适宜的阻尼比等。为了达到这些要求,在数控铣床的进给系统中主要采取如下措施:

(1) 采用低摩擦的传动

如采用静压导轨、滚动导轨和滚珠丝杠等以减小摩擦力。

(2) 选用最佳的传动比

这样既能提高机床的分辨率,又使工作台能更快地跟踪指令,同时可减少系统折算到驱动轴上的转动惯量。

(3) 缩短传动链,采用预紧的办法提高传动系统的刚度

如采用电动机直接驱动丝杠,应用预加负载的滚动导轨和滚珠丝杠副,丝杠支撑设计成两端轴向固定,采用预拉伸的结构等方法提高传动系统的刚度。

(4) 尽量清除传动间隙,减少反向死区误差

如采用消除间隙的联轴器,采用有消除间隙措施的传动副等。

滚珠丝杠螺母副是数控机床理想的运动转换装置。它由丝杠1、螺母2和位于螺纹滚道之间的滚珠3构成,如图1—14所示。由于传动时,滚珠与丝杠、滚珠与螺母之间基本上是滚动摩擦,所以与普通丝杠螺母副相比有很多优点。如传动效率高、不易产生爬行,随动精度和定位精度高,同步性好;由于是滚动摩擦,所以磨损小,使用寿命长;具有可逆性,它不仅可以将旋转运动转换成直线运动,也可以将直线运动转换成旋转运动;当施加适当的预紧力后,可消除轴向间隙,反向时无空行程,还可以提高轴向运动精度、刚度和重复定位精度。其缺点是成本高且不能自锁,垂直安装时需要制动装置。

滚珠丝杠螺母副的结构有内循环和外循环两种方式,两者在生产中均有使用。图1—14a所示为外循环式,图1—14b所示为内循环式。两者的区别在于滚珠返回的方式不同,一个用弯管4引导,返回的滚珠不与丝杠外圆接触;一个用反向器5,返回的滚珠在循环过程中始终与丝杠表面保持接触,利用反向器引导滚珠越过丝杠的螺纹顶部进入相邻滚道。