

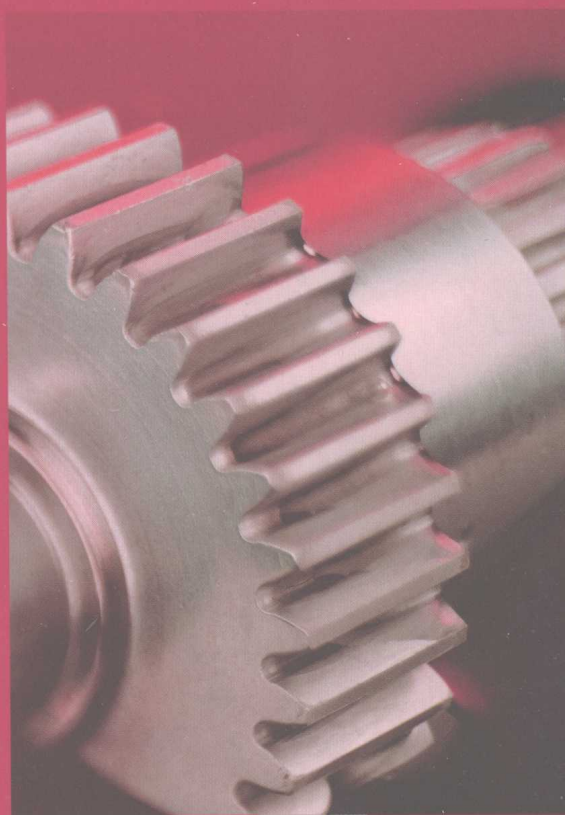
职业技能培训鉴定教材

加工中心 操作工

(高级)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

JIAGONG ZHONGXIN
CAOZUOGONG



中国劳动社会保障出版社

职业技能培训鉴定教材

加工中心 操作工

(高级)

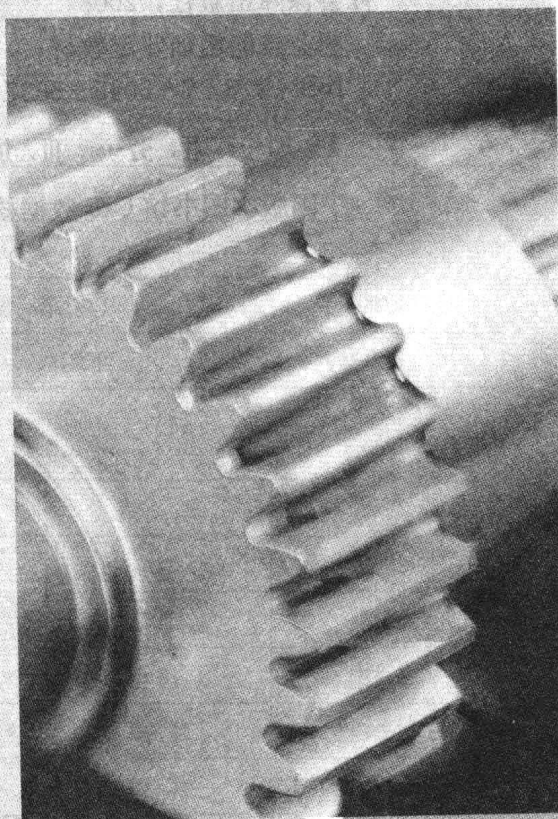
主编 彭效润

编者 徐宏海 张超英 高德文

谢富春 阎红娟

审稿 罗学科 卫建平 尚建伟

JIAGONG ZHONGXIN
CAOZUOGONG



图书在版编目(CIP)数据

加工中心操作工：高级/劳动和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2008

职业技能培训鉴定教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 6837 - 3

I. 加… II. 劳… III. 加工中心-操作-职业技能鉴定-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 085844 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

*

北京谊兴印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 270 千字

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定价：23.00 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

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。教材以《国家职业标准·加工中心操作工》为依据，紧紧围绕“以企业需求为导向，以职业能力为核心”的编写理念，力求突出职业技能培训特色，满足职业技能培训与鉴定考核的需要。

本教材详细介绍了高级加工中心操作工要求掌握的最新实用知识和技术。全书分为五个模块单元，主要内容包括：加工准备、数控编程、加工中心操作、零件加工、设备维护与故障诊断。每一单元后安排了单元测试题及答案，书末提供了理论知识和操作技能考核试卷，供读者巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材是高级加工中心操作工职业技能培训与鉴定考核用书，也可供相关人员参加在职培训、岗位培训使用。

前 言

1994年以来，劳动和社会保障部职业技能鉴定中心、教材办公室和中国劳动社会保障出版社组织有关方面专家，依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》，编写出版了职业技能鉴定教材及其配套的职业技能鉴定指导200余种，作为考前培训的权威性教材，受到全国各级培训、鉴定机构的欢迎，有力地推动了职业技能鉴定工作的开展。

劳动保障部从2000年开始陆续制定并颁布了国家职业标准。同时，社会经济、技术不断发展，企业对劳动力素质提出了更高的要求。为了适应新形势，为各级培训、鉴定部门和广大受培训者提供优质服务，教材办公室组织有关专家、技术人员和职业培训教学管理人员、教师，依据国家职业标准和企业对各类技能人才的需求，研发了职业技能培训鉴定教材。

新编写的教材具有以下主要特点：

在编写原则上，突出以职业能力为核心。教材编写贯穿“以职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的理念，依据国家职业标准，结合企业实际，反映岗位需求，突出新知识、新技术、新工艺、新方法，注重职业能力培养。凡是职业岗位工作中要求掌握的知识和技能，均作详细介绍。

在使用功能上，注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求，教材力求体现职业培训的规律，反映职业技能鉴定考核的基本要求，满足培训对象参加各级各类鉴定考试的需要。

在编写模式上，采用分级模块化编写。纵向上，教材按照国家职业资格等级单独成册，各等级合理衔接、步步提升，为技能人才培养搭建科学的阶梯型培训架构。横向上，教材按照职业功能分模块展开，安排足量、适用的内容，贴近生产实际，贴近培训对象需要，贴近市场需求。

在内容安排上，增强教材的可读性。为便于培训、鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象，同时也便于培训对象迅速抓住重点，提高学习效率，在教材中精心设置了“培训目标”等栏目，以提示应该达到的目标，需要掌握的重点、难点、鉴定点和有关的扩展知识。另外，每个学习单元后安排了单元测试题，每个级别



加工中心操作工（高级）

的教材都提供了理论知识和操作技能考核试卷，方便培训对象及时巩固、检验学习效果，并对本职业鉴定考核形式有初步的了解。

本书在编写过程中得到北京市劳动和社会保障局、北京市工贸技师学院、北方工业大学的大力支持和热情帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

编写教材有相当的难度，是一项探索性工作。由于时间仓促，不足之处在所难免，恳切希望各使用单位和个人对教材提出宝贵意见，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室



目 录

第 1 单元 加工准备 /1—36

第一节 读图与绘图 /2

- 一、零件测绘的一般方法
- 二、装配图
- 三、根据装配图拆画零件图
- 四、加工中心主轴与进给系统基本构造

第二节 加工工艺的制定 /9

- 一、数控加工工艺文件制定
- 二、箱体类零件加工中心加工工艺文件制定

第三节 零件的定位与装夹 /20

- 一、组合夹具
- 二、专用夹具
- 三、夹具定位误差的分析与计算
- 四、装夹辅具的设计与制造

第四节 加工中心的刀具 /31

- 一、钻头的种类及应用
- 二、难加工材料的切削性能和刀具

单元测试题 /35

单元测试题答案 /36

第 2 单元 数控编程 /37—86

第一节 手工编程 /38

- 一、编程中的数值计算
- 二、SIEMENS 典型固定循环的编程方法
- 三、特殊指令的应用
- 四、变量编程
- 五、综合编程实例

第二节 计算机辅助编程 /69

- 一、自动编程的概念
- 二、自动编程举例



单元测试题 /83

单元测试题答案 /86

第3单元 加工中心操作 /87—100

第一节 程序的调试与运行 /88

- 一、工件坐标系的设定
- 二、自动循环加工

第二节 在线加工 /92

- 一、在线加工概述
- 二、单机对单机网络的特点
- 三、多机网络的特点
- 四、在线加工方法

单元测试题 /99

单元测试题答案 /100

第4单元 零件加工 /101—151

第一节 平面加工 /102

- 一、铣刀刀体的选择
- 二、刀片的选择
- 三、冷却和涂层
- 四、顺铣和逆铣
- 五、台阶面、斜面加工

第二节 型腔加工 /106

- 一、模具制造的基本要求和特点
- 二、模具加工数控软件
- 三、Mastercam 9.1 的应用

第三节 曲面加工 /113

- 一、五轴加工中心的特点
- 二、叶轮、叶片的切削特点

第四节 孔系加工 /118

- 一、镗孔加工的特点
- 二、加工中心镗削加工
- 三、刚性攻螺纹

第五节 槽类零件加工 /123

- 一、螺旋铣削的概念
- 二、螺旋铣削操作
- 三、螺纹铣刀主要类型
- 四、螺纹铣削轨迹
- 五、螺旋槽铣削实例
- 六、柱面凸轮加工



第六节 配合件加工 /130

- 一、配合的基本概念
- 二、配合件的加工举例
- 三、零件加工程序

第七节 精度检验 /145

- 一、复杂、异形零件的分类及特点
- 二、复杂、异形零件的精度检验方法
- 三、加工误差的基本概念
- 四、产生加工误差的主要原因及其消除方法

单元测试题 /148

单元测试题答案 /151

第5单元 设备维护与故障诊断 /153—177

第一节 加工中心日常维护 /154

- 一、数控系统的维护
- 二、机械部件的维护
- 三、液压、气压系统的维护
- 四、机床精度的维护

第二节 故障诊断 /157

- 一、数控机床故障的分类与特点
- 二、常见机械故障的诊断
- 三、机床电气故障
- 四、操作故障
- 五、不可重复性故障的诊断
- 六、不可恢复性故障的诊断
- 七、分析故障的机理,减少和避免故障的发生
- 八、其他常见故障

第三节 机床精度检验 /169

- 一、加工中心几何精度检验
- 二、加工中心定位精度检验
- 三、切削精度检验

单元测试题 /175

单元测试题答案 /176

理论知识考核试卷 /178

理论知识考核试卷答案 /186

操作技能考核试卷 /187

第7单元

加工准备

- 第一节 读图与绘图/2
- 第二节 加工工艺的制定/9
- 第三节 零件的定位与装夹/20
- 第四节 加工中心的刀具/31



第一节 读图与绘图



- 能读懂装配图并拆画零件图
- 能测绘零件
- 能读懂加工中心主轴系统、进给系统的机构装配图

一、零件测绘的一般方法

1. 零件草图的绘制

(1) 零件草图的绘制要求

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

2) 零件草图一般是在测绘现场徒手绘制的零件图。零件草图的比例是凭肉眼判断，它只要求与被测零件上各部分形状大体上符合，并不要求与被测零件保持某种严格的比例。

3) 零件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、形位公差的选择也要合理，并且在标题栏内需记录零件名称、材料、数量、图号、质量等内容。

4) 零件草图并不潦草，线型之间的比例、尺寸标注和字体均按机械制图国家标准规定执行。

5) 为了加快绘制零件草图的速度，提高图面质量，最好利用方格纸绘制。

(2) 零件草图的绘制步骤

在测绘时，应先绘出传动系统图，然后再按照装配草图→零件草图→零件工作图→装配图的顺序进行。

绘制零件草图的步骤如下：

1) 分析零件的结构、用途和加工方法。在测绘前，首先弄清被测绘零件在机床和部件中的安装部位、所起作用、与其他零件间的相互关系，再鉴别和判断零件的材料。仔细观察零件外形和内部结构，分析零件是由哪些基本几何体组成。同时考虑零件的加工方法与工艺性，此外还要给零件一个恰当的命名。

2) 画零件草图。零件草图绘制前要把零件形状看熟，在脑子里形成一个完整的全貌，不要看一点画一点。画零件草图可按以下顺序进行：

①选择视图的原则是清楚、简单。视图选定后，要按图纸大小确定视图位置；零件草图应按比例绘制，以视图清晰、标注尺寸不发生困难为准。

②画出零件主要中心线、轴线、对称平面等画图的基准线。

③由粗到细、由主体到局部、由外到内逐步完成各视图的底稿。



④按形体分析法、工艺分析法画出组成被测绘零件全部几何形体的定形、定位尺寸界限和尺寸线，尺寸线画完后要校对一遍，检查有没有遗漏和不合理的地方。

⑤测量各部分尺寸，并将实测值注到零件草图上。

⑥确定各配合表面的配合公差、形位公差、各表面的表面粗糙度值和零件的材料。

⑦补齐剖面线，加粗轮廓线。

⑧填写标题栏和技术要求。

⑨最后全部校对一次。

(3) 绘制零件草图的注意事项

1) 优先测绘基础零件。机器解体后，按部件和组件逐一测绘零件，这时最好选择作为装配基础的零件优先测绘。

2) 重视外购件的测绘。在优先测绘基础件的同时，对外购件（标准件与非标准件）也要着手进行测绘，整理出标准件清单和非标准件的零件图，以便早日订货。外购件必要时还可采用代用品，但必须先做代用品的置换实验再做决定。

3) 仔细分析，忠于实样。画零件草图时必须严格忠于实样，不得随意更改，更不能凭主观猜测。特别要注意零件构造和工艺上的特征。

4) 零件草图上允许标注封闭尺寸和重复尺寸。零件草图上的尺寸，有时也可注成封闭的尺寸链。对于复杂零件，为了便于检查测量尺寸的准确性，可由不同基面注上封闭的尺寸，零件草图上各个投影尺寸也允许有重复。

5) 配备专门的工作记录本，记好工作记录。在动手测绘之后，应特别注意记好实测工作摘要，如记录实测中一时还很难具体确定的问题、实测中发现的疑点、某些吃不透的结构等。

(4) 零件尺寸的测量

零件尺寸测量准确与否，直接影响产品的质量。因此，测量工作要特别认真、仔细，坚持做到测得准、记得细、写得清。

1) 关键零件的尺寸和零件的重要尺寸，应反复测量若干次，然后记录其平均值或各次测得值。整体尺寸应直接测量，不能用中间尺寸叠加而得。

2) 零件草图上一律标注实测数据。

3) 对复杂零件，如叶片等，必须采用边测量、边画放大图的方法，以便及时发现问题。对配合面、型面，应随时考证数据的正确性。

4) 要正确处理实测数据。在测量较大孔、轴的长度等尺寸时，必须考虑其几何形状误差的影响，应多测几个点，取其平均数。各点差异明显的，还应记下其最大、最小值，但必须分清这种差异是全面性的，还是局部性的。例如，圆柱面上很短圆周的凹凸现象、圆柱面端头的微小锥度等，只能记为局部差异。

5) 测量数据的整理工作，特别是间接测量的尺寸数据整理，应及时进行，并将换算结果记录在零件草图上。对重要尺寸的测量数据，在整理过程中如有疑问或发现矛盾和遗漏，应立即提出重测或补测。

6) 测量时，应确保零件的自由状态，防止由于装夹或量具接触压力等造成的零件



变形引起测量误差。对组合前后形状有变化的零件，应掌握其前后的差异。

7) 测量过程中，要特别防止小零件丢失。测量暂停和测量结束时，要注意零件的防锈。

8) 两零件在配合或连接处，其形状结构可能完全一样，测量时也必须各自测量，分别记录，然后相互检验确定尺寸，不能只测一处。

9) 测绘过程中，应反复强调原始数据的记录和草图的整理工作，以及积累资料建立技术档案的重要性。

10) 测量的准确程度应和该尺寸的要求相适应。计量人员必须首先弄清草图上待测尺寸需要的精度，然后选定测量工具。测量工具本身的精确度要与零件所要求的精确度相适应。

2. 测绘中的尺寸圆整

由于零件存在着制造误差和测量误差，按实样测出的尺寸往往不成整数。在绘制零件工作图时，把从零件的实测值推断原设计尺寸的过程称为尺寸圆整。它包括确定基本尺寸和尺寸公差两个方面内容。

尺寸圆整不仅可简化计算，使图面清晰，更主要的是可以采用标准化刀具、量具和标准化配件，提高测绘效率，缩短设计和加工周期，提高劳动生产率，从而达到良好的经济效益。

在机器测绘中常用两种圆整方法，即设计圆整法和测绘圆整法。测绘圆整法主要涉及公差配合的确定；设计圆整法是最常用的一种圆整法，其方法步骤基本上是按设计的程序，即以精心测量的实测值作基本依据，参照同类产品或类似产品的配合性质及配合类别，确定基本尺寸和尺寸公差。

二、装配图

1. 装配图的用途和内容

用以表达机器或部件的图样称为装配图。在设计过程中，一般都是根据使用要求先画装配图，再根据装配图设计和绘制零件图。在生产过程中，装配图是制定装配工艺规程，进行装配、检验、安装及维修的技术文件。

装配图包含以下内容：

(1) 一组视图。装配图的视图表示装配体的工作原理、结构特点、零件之间相互位置及装配连接关系等。

(2) 几种尺寸。装配图上标注的尺寸，主要表示装配体性能规格、装配、安装、总体大小及有关尺寸等。

(3) 技术要求。技术要求主要说明部件在装配、检验、调试中应达到的技术指标。有些技术指标在图样上无法表示时，可用文字形式写在明细栏上方或左侧。

(4) 零件编号、明细栏和标题栏。零件编号、明细栏和标题栏用来说明部件中各零件名称、代号、材料、数量以及部件名称，图样比例，制图、审核人员的签名等。

2. 装配图的规定画法

(1) 相邻两零件的接触面和配合面只画一条粗实线；不接触表面和非配合面，应画两条粗实线（见图 1—1a）。

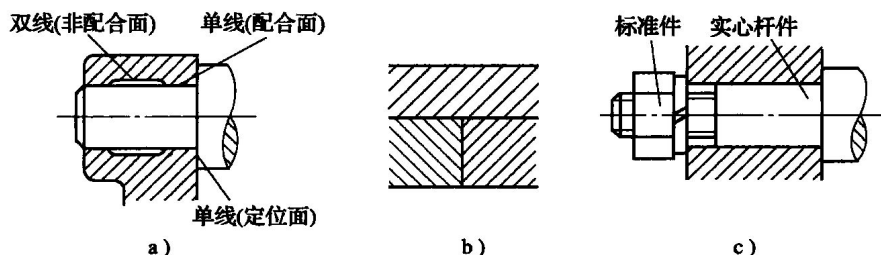


图 1—1 装配图的规定画法

(2) 两个或两个以上金属表面相互邻接时，剖面线的倾斜方向应当相反，或方向相同而间隔错开，疏密度不等（见图 1—1b）。

(3) 同一个零件，在一张图样的各视图中，其剖面线的方向和间隔必须一致。

(4) 当剖切平面通过螺钉、螺母、垫圈、键、销等标准连接件和轴、手柄、连杆等实心件的轴线或纵向对称面时，这些零件均按不剖绘制（见图 1—1c）。若这些零件的局部结构，如孔、键槽等需要表示时，可采用局部剖视。当剖切平面垂直于这些零件的轴线或通过横向断面时，则应画剖面线。

3. 装配图的特殊画法

(1) 假想画法。不属于本部件，但与本部件有关系的相邻零件或部件用双点画线表示，用于说明工作原理、部件功用、安装位置等。运动件的极限位置，也用双点画线画出。

(2) 简化画法

1) 沿零件结合面剖切或拆卸画法。为了表示部件的内部情况，在装配图中可以假想沿某些零件结合面剖切绘制图形，此时结合面上不画剖面线，但在其他被切断的零件剖面上应画出剖面线；若假想将可拆零件拆去画图，如需说明时，可加注“拆去××”等。

2) 装配图中若干相同的零件组，可以详细地画出一处或几处，其余只需用点画线表示出中心位置即可，如图 1—2 中的螺钉连接。

3) 滚动轴承可以用简化画法画出（见图 1—2）。

4) 在装配图中，零件的工艺结构如倒角、退刀槽等允许不画出。

(3) 夸大画法。装配图中的薄片、小间隙等，若按实际尺寸无法画出时，可采用夸大画法，如图 1—2 中的垫片。

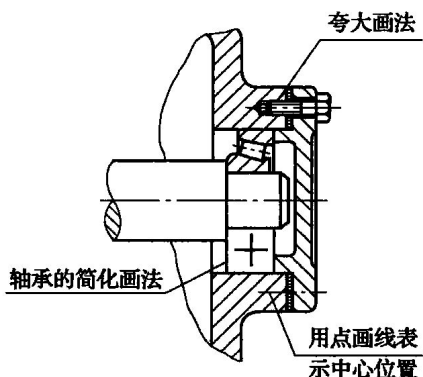


图 1—2 特殊画法

三、根据装配图拆画零件图

1. 装配图的看图方法



在装配、安装、使用和维修机器设备，讨论设计方案和从装配图拆画零件图时，都要看装配图，因此必须掌握看装配图的方法。

（1）看装配图的要求

- 1) 了解必要的零部件名称、用途、性能和工作原理。
- 2) 了解零件间的相对位置、装配关系及装拆顺序和装拆方法。
- 3) 弄清每个零件的名称、数量、材料、作用和结构形状。

（2）看装配图的方法和步骤

1) 看标题栏和明细表，了解部件的名称、用途、性能和工作原理，并在视图中找到各零件的位置。

2) 分析视图。要弄清该装配图采用了哪些视图、剖视图、剖面图，了解各视图之间的关系、剖切面的位置以及每个视图的表达意图。

3) 了解零件的作用、形状及各零件之间的装配关系。

4) 分析尺寸。分析装配图上所注的尺寸，有助于进一步了解部件的规格、外形大小、零件间的装配要求以及该部件的安装方法等。

5) 归纳总结。在上面的基础上，按照看装配图的三个要求，进行归纳总结，以便对部件有一个完整的全面的认识。为此，必须根据部件的工作原理，综合分析整个部件的结构特点和安装方法，进一步明确每个零件的作用和形状、装配关系及装拆顺序。

2. 拆画零件图的方法与步骤

（1）根据部件的工作原理，了解每个零件的作用，进而看懂每个零件的结构形状。一般先分析主要零件，当该主要零件的某些部位难以看懂时，可先看与它有关的零件，然后再看这个主要零件。区分不同零件时，可以从下列三个方面联系起来进行：

1) 看零件的序号和明细表。

2) 弄清投影关系。

3) 根据“一张图样中，同一零件的剖面线方向和间隔在各视图中都应一致”的规定画法。

（2）注意被遮盖零件轮廓线的投影。画装配图时为了使图形清晰不画虚线或少画了虚线，画零件图时务必补上。

（3）根据装配工艺结构，分析零件形状，如退刀槽、倒角、装配工艺孔等。

（4）选择零件的主视图，然后根据零件结构形状的复杂程度确定其他视图。选择主视图时应考虑以下原则：

1) 形状特征原则。选取能将零件各组成部分的结构形状以及相对位置反映得最充分的方向，作为主视图的投射方向。

2) 加工位置原则。按照零件在主要加工工序中的装夹位置选取主视图，主视图尽量与加工位置一致，以使制造者看图方便。如轴、轴套、盘、盖类零件，其主要加工工序是车削，故常按加工位置选取主视图。

3) 工作位置原则。按零件在机器或部件中工作时的位置选取主视图，以便与整个

机器联系起来了解其工作情况。如支架、箱体类零件，一般按该零件的工作位置选取主视图。

其他视图的选择：根据零件的复杂程度和结构特点，全面考虑所需要的其他视图，使每一个视图有一个重点；优先考虑基本视图以及在基本视图上作剖视；要选择一组视图为最佳表达方案，其要点是零件的结构形状表达完整、清晰，视图数目适量，画图简便，看图明确易懂。

(5) 合理标注零件的尺寸。零件视图表达零件的形状，而零件的实际大小由尺寸确定。尺寸标注得合理与否，与生产条件、工艺过程密切相关。合理标注尺寸应遵循以下原则：

1) 正确选择尺寸基准。通常应选择设计基准（用于确定零件在部件中位置的基准）、工艺基准（用于确定零件加工或测量的基准）为尺寸基准。

2) 影响产品性能、精度和配合的主要尺寸应直接标出。

3) 避免出现封闭的尺寸链。当出现封闭尺寸链时，应将一个不重要的尺寸不标注。

4) 应考虑加工顺序和测量方便。

(6) 确定零件的技术要求。根据零件的功能要求，结合经济加工精度原则，确定零件的各项技术要求。

四、加工中心主轴与进给系统基本构造

1. 加工中心主轴基本结构

主轴对加工质量有直接影响，加工中心主轴应具有高刚度和抵抗热变形的能力。主轴部件包括主轴、轴承、传动件、密封件和刀具自动夹紧机构等。如图 1—3 所示为立式加工中心主轴装配图。

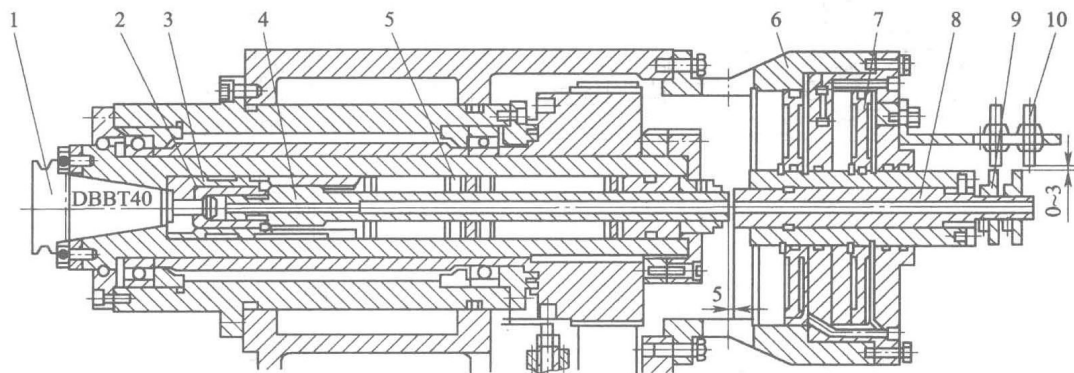


图 1—3 主轴装配图

1—刀柄 2—抓刀爪 3—内套 4—拉杆 5—弹簧
6—气缸 7—活塞 8—压杆 9—撞块 10—行程开关

主轴内部刀具自动夹紧机构是数控机床特别是加工中心的特有机件。主轴前端一般有 $7:24$ 的锥孔，用于装夹刀柄或刀杆。主轴端面有一端面键，既可通过它传递刀具的扭矩，又可用于刀具的周向定位。主轴的主要尺寸参数包括主轴直径、内孔直径、悬伸



长度和支承跨距。评价和考虑主轴的主要尺寸参数的依据是主轴的刚度、结构工艺性和主轴组件的工艺适用范围。主轴材料的选择主要根据刚度、载荷特点、耐磨性和热处理变形大小等因素确定，主轴材料常采用的有 45 钢、GCr15 等，需经渗氮和感应加热淬火。加工中心的主轴支承形式很多，其中立式加工中心的主轴前支承采用四个向心推力球轴承，后支承采用一个向心球轴承，这种支承结构主轴的承载能力较强，且能适应高速的要求。主轴支承前端定位，主轴受热向后伸长，能较好地满足精度需要，只是支承较复杂。

2. 数控回转工作台基本构造

如图 1—4 所示为闭环数控回转工作台结构。直流伺服电动机 15 通过减速齿轮 14 和 16、蜗杆 12、蜗轮 13 带动工作台 1 回转，工作台 1 的转角位置用圆光栅 9 测量。测量结果发出反馈信号与数控装置发出的指令信号进行比较，若有偏差经放大后控制直流伺服电动机 15 朝消除偏差方向转动，使工作台 1 精确运转或定位。当工作台 1 静止时，必须处于锁紧状态。台面的锁紧用均布的八个小液压缸 5 来完成，当控制系统发出夹紧指令时，液压缸 5 上腔进压力油，活塞 6 下移，通过钢球 8 推开夹紧瓦 3 及 4，从而把蜗轮 13 夹紧。当工作台 1 回转时，控制系统发出指令，液压缸 5 上腔的压力油流回油箱，在弹簧 7 的作用下，钢球 8 抬起，夹紧瓦 3、4 松开，不再夹紧蜗轮 13。然后按数控系统的指令，由直流伺服电动机 15，通过传动装置实现工作台 1 的分度转位、定位、夹紧或连续回转运动。

单元 1

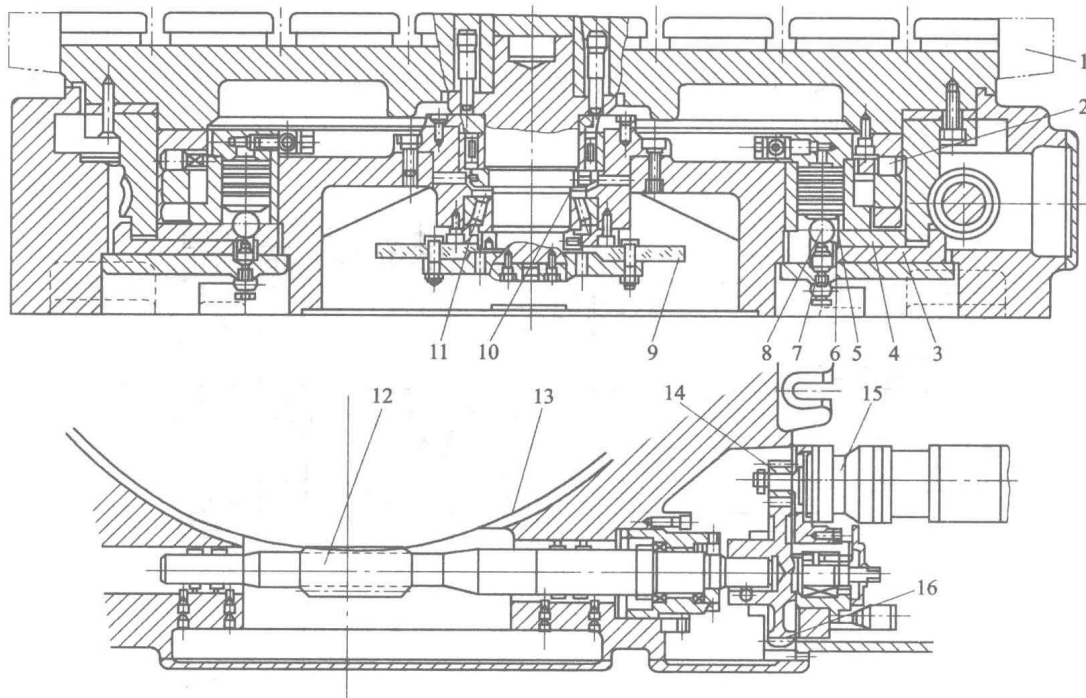


图 1—4 全闭环数控回转工作台

1—工作台 2—镶钢滚柱导轨 3、4—夹紧瓦 5—液压缸 6—活塞 7—弹簧 8—钢球
9—圆光栅 10、11—轴承 12—蜗杆 13—蜗轮 14、16—减速齿轮 15—直流伺服电动机