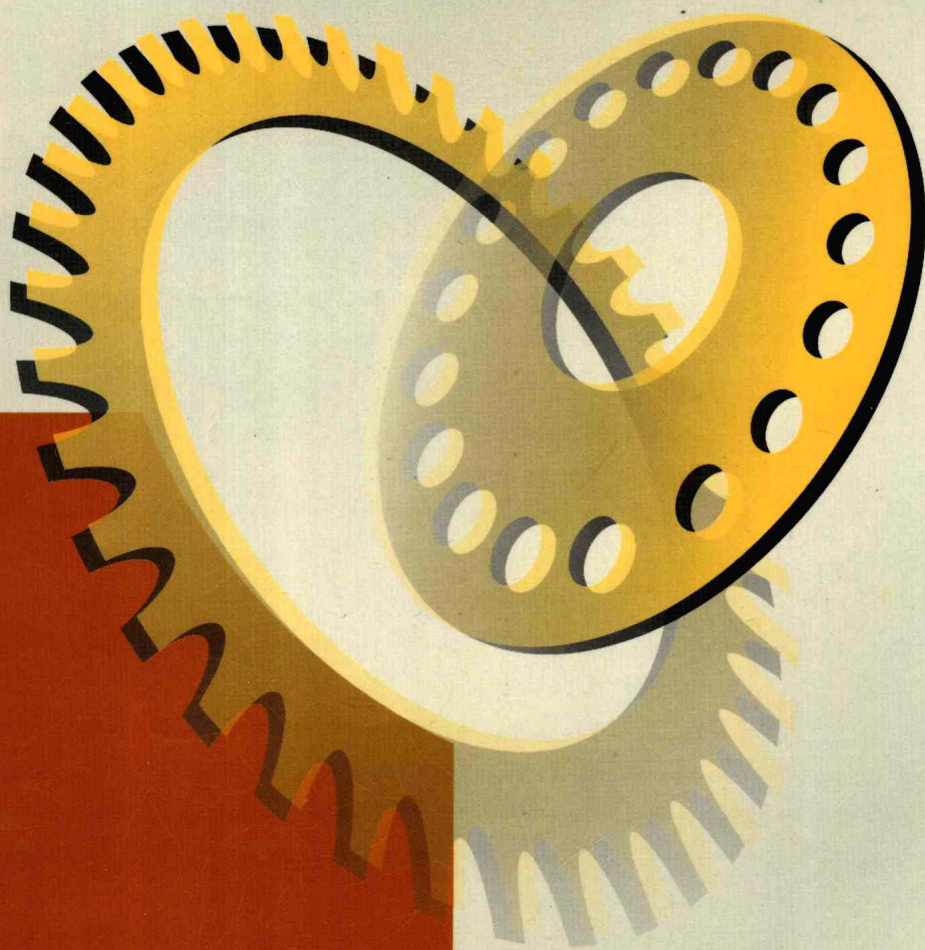


21
世纪高等职业技术教育规划教材
——
国家示范性高等职业院校用书
——
机械工程类

SHUKONG JIAGONG SHIXUN JIAOCHENG

数控加工实训教程

主 编 ■ 廖慧勇 副主编 ■ 余 平



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

责任编辑 / 孟苏成

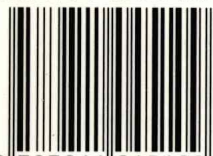
封面设计 / Design  本格设计

21世纪

高等职业技术教育规划教材——机械工程类
国家示范性高等职业院校用书

- 数控设备调试与维护
- 数控加工技术
- 数控加工实训教程
- 机械设计基础
- 机械加工基础

ISBN 978-7-81104-510-9



9 787811 045109 >

定价: 30.00 元

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类
国家示范性高等职业院校用书

数控加工实训教程

主 编 廖慧勇

副主编 余 平

西南交通大学出版社

·成 都·

内 容 简 介

本书以数控国家职业标准(中级)要求为主线,以职业功能模块化实训为内容,详细介绍了常用国内外数控系统(FANUC、SIEMENS、华中 HNC-21、GSK 广数等)数控机床的编程、操作和加工方法。在附录中有数控加工常用资料和数控机床常用报警信息表等供读者参考。

全书共分三篇,包括数控车加工实训,数控铣、加工中心加工实训,数控电火花加工实训。书中介绍了许多实际操作的经验,其中的例题、加工数据和图表都是典型的数控加工实例,并经过实践检验。

本书可作为高职高专数控技术应用专业、机械制造专业、模具设计与制造专业、计算机辅助设计与制造专业以及机电技术应用专业的数控职业技能实训教材,也可作为各类职业技能培训机构的数控考工参考教材,同时还可作为大学、中专、技校、职高等相关专业师生及工程技术人员的参考书。

----- 图书在版编目(CIP)数据

数控加工实训教程 / 廖慧勇主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2007.2
21 世纪高等职业技术教育规划教材. 机械工程类
ISBN 978-7-81104-510-9

I. 数… II. 廖… III. 数控机床—加工—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024154 号

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类

数控加工实训教程

主编 廖慧勇

*

责任编辑 孟苏成

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 21.75

字数: 580 千字 印数: 1—3 000 册

2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-510-9

定价: 30.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

21 世纪高等职业技术教育规划教材——机械工程类
国家示范性高等职业院校用书

《数控加工实训教程》编委会

主 编 廖慧勇

副主编 余 平

编 委：（按姓氏笔画排序）

叶 靓 四川工程职业技术学院
（国家示范性高等职业院校）

余 平 四川工程职业技术学院

郭德桥 四川工程职业技术学院

唐双林 四川机电职业技术学院

廖慧勇 四川工程职业技术学院

前 言

数控加工技术的快速发展和广泛应用极大地推动了制造业水平的提高，促进了经济的快速发展，因而社会急需大量掌握数控加工技术的技能型人才。为适应数控技术技能型人才培养的要求，本书力求紧跟现代数控加工技术的步伐，以介绍数控加工实训方法为主，阐述了数控车床、数控铣床、加工中心、数控电火花设备的基本编程、操作和加工方法。

本书以数控加工国家职业技能鉴定标准要求为主线，突出数控实训特点，详细介绍了数控中级工的实训过程，并结合了编者从事数控加工教学、实训及生产积累的多年经验。

本书作为实训教程，以理论联系实际为指导、以技术应用为目标，把掌握数控设备的基本操作方法和熟练应用作为学习的基本要求，在内容上力求体系完整、通俗易懂，具有实际指导意义。

本书由廖慧勇任主编，余平任副主编。参加编写的有：叶靓、郭德桥、唐双林。

本书在编写过程中参阅了国内外同行的有关资料、文献和教材，得到了许多专家和同行的支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 2 月

目 录

第一篇 数控车加工实训

实训一 数控车床安全和规范操作实训	1
实训二 数控车加工准备实训	2
一、读图与绘图实训	2
二、制定加工工艺实训	5
三、零件定位与装夹实训	10
四、刀具准备实训	16
实训三 数控车编程实训	22
一、手工编程实训	22
二、计算机辅助编程实训	28
实训四 数控车床操作实训	45
一、操作面板实训	45
二、程序输入与编辑实训	62
三、对刀实训	65
四、程序调试与运行实训	69
实训五 数控车床加工及精度检验实训	73
一、数控车床轮廓加工及精度检验实训	73
二、螺纹加工及精度检验实训	85
三、槽类加工及精度检验实训	93
四、孔加工及精度检验实训	102
五、综合类零件加工及精度检验实训	111
实训六 数控车床故障诊断及日常维护实训	132
一、日常维护实训	132
二、故障诊断实训	133
三、精度检查实训	134
实训七 数控车中级工考试样题分析	135
一、数控车中级工理论考试样题	135
二、数控车中级工操作考试样题 1	139
三、数控车中级工操作考试样题 2	142

第二篇 数控铣、加工中心加工实训

实训一 数控铣、加工中心机床安全和规范操作实训	146
实训二 数控铣、加工中心机床加工准备实训	148
一、读图与绘图实训	148
二、制定加工工艺实训	151
三、零件定位与装夹实训	154
四、刀具准备实训	158
实训三 数控铣、加工中心机床编程实训	169
一、手工编程实训	169
二、计算机辅助编程实训	181
实训四 数控铣、加工中心操作实训	193
一、操作面板实训	193
二、程序输入与编辑实训	208
三、对刀实训	211
四、程序调试与运行实训	218
五、刀具管理实训	219
实训五 数控铣、加工中心机床加工及精度检验实训	222
一、平面加工及精度检验实训	222
二、型腔加工及精度检验实训	229
三、曲面加工及精度检验实训	242
四、孔系加工及精度检验实训	246
五、槽类加工及精度检验实训	253
六、综合类零件加工及精度检验实训	260
实训六 数控铣、加工中心机床的维护与故障诊断实训	273
一、日常维护实训	273
二、故障诊断实训	274
三、机床精度检查实训	275
实训七 数控铣、加工中心中级工考试样题	276
一、数控铣、加工中心中级工理论考试样题	276
二、数控铣、加工中心中级工操作考试样题 1	279
三、数控铣、加工中心中级工操作考试样题 2	281

第三篇 数控电火花加工实训

实训一 电加工机床安全和规范操作实训	290
实训二 工艺准备实训	292

一、读图实训	292
二、编制简单加工工艺实训	292
三、工件的准备实训	294
四、工件的定位和装夹实训	294
五、工具电极准备实训	295
实训三 程序编制实训	298
一、手工编制加工程序实训	298
二、自动编制加工程序实训	301
实训四 日常维护及基本操作实训	305
一、日常维护实训	305
二、基本操作实训	307
实训五 工件加工及精度检验实训	319
一、数控电火花成型机加工及精度检验实训	319
二、数控电火花线切割加工及精度检验实训	322
三、运行给定程序实训	323
实训六 数控电加工中级工考试样题	324
一、数控电加工中级工理论考试样题	324
二、数控电加工中级工操作考试样题	327
附 录	329
一、G、M代码表	329
二、常用切削用量表	332
三、FANUC 0 系统报警表	334
参考资料	337

第一篇 数控车加工实训

实训一 数控车床安全和规范操作实训

（一）实训目的

- （1）熟悉安全文明生产规定；
- （2）熟悉并掌握数控车床安全操作规程；
- （3）职业道德教育。

（二）实训内容

- （1）安全文明生产规定；
- （2）数控车床安全操作规程；
- （3）职业道德守则。

（三）实训步骤

1. 安全文明生产规定

- （1）严格遵守劳动纪律，不迟到、不早退，工作中不打闹，坚守岗位；
- （2）进入岗位前必须按规定穿戴好劳保用品；
- （3）认真执行岗位责任制，严格遵守操作规程，不做与本职无关的事；
- （4）非本岗操作者、维护使用人员，未经批准不得进入工作区域；
- （5）严格执行交接班制度，交接班记录完整；
- （6）下班前必须清理机床，切断电源，关好门窗等；
- （7）实行定期维护和保养制度，保证机床安全运行；
- （8）一旦发生事故，应立即采取措施防止事故扩大，保护现场。

2. 数控车床安全操作规程

- （1）操作机床前，必须紧束工作服，女生必须戴好工作帽，严禁戴手套操作数控车床；
- （2）通电后，检查机床有无异常现象；
- （3）切削前必须夹紧刀具、工件，加工时要关闭机床的防护门，加工过程中不能随意打开；
- （4）换刀时，刀架应远离卡盘和工件。在手动移动拖板或对刀过程中，在刀尖接进工件时，进给速度不能太大，且一定注意按移位键时不要按下了换刀键；
- （5）自动加工之前，必须通过程序模拟或经过指导教师检查，正确的程序才能自动运行加工出合格的工件；
- （6）不得随意删除机内的程序，且不能随意调出程序进行自动加工；
- （7）不需要机床运行时，应关闭驱动器钥匙，以防操作失误；

(8) 不准用手清除切屑, 可用铁钩清理。机床表面上不准放东西, 发现铁屑缠绕加工件时, 应停车清理;

(9) 机床只能单人操作; 加工时, 决不能把头伸向刀架附近观察, 以防发生事故;

(10) 工件转动时, 严禁测量工件、清洗机床、用手去摸工件, 更不能用手制动主轴头;

(11) 关机之前, 应将溜板停在 X 轴、 Z 轴中央区域。

3. 职业道德守则

(1) 遵守国家法律、法规和有关规定;

(2) 具有高度的责任心, 爱岗敬业, 团结合作;

(3) 严格执行相关标准、工作程序与规范、工艺文件和安全操作规程;

(4) 学习新知识新技能, 勇于开拓和创新;

(5) 爱护设备、系统及工具、夹具、量具;

(6) 着装整洁, 符合规定, 保持工作环境清洁有序, 文明生产。

(四) 注意事项

树立安全文明生产意识, 遵守安全操作规程, 防止安全事故的发生。

(五) 实训思考题

(1) 安全文明生产的目的是什么?

(2) 数控车床安全操作规程的内容有哪些?

实训二 数控车加工准备实训

一、读图与绘图实训

(一) 实训目的

(1) 掌握复杂零件的表达方法;

(2) 掌握简单零件图的画法;

(3) 掌握零件三视图、局部视图和剖视图的画法;

(4) 掌握装配图的画法。

(二) 实训内容

(1) 读懂中等复杂程度(如: 曲轴)的零件图;

(2) 绘制简单的轴、盘类零件图;

(3) 读懂进给机构、主轴系统的装配图。

(三) 实训设备及工量具

计算机及绘图软件; 图板及绘图工具。

(四) 实训步骤

1. 轴套类零件

零件按其结构特点、视图表达、尺寸标注、制造方法等, 大致可分为轴套类、盘盖类、箱体

类和叉架类等四种类型。轴套类零件包括各种轴、丝杠、套筒等，在机器中主要用来支承传动件（如齿轮、带轮等），实现旋转运动并传递动力。

1) 结构分析

轴套类零件大多数由同轴线、不同直径的数段回转体组成，轴向尺寸比径向尺寸大得多。轴上常有一些典型工艺结构，如键槽、退刀槽、螺纹、倒角、中心孔等结构，其形状和尺寸大部分已标准化。图1.2.1所示的纵轴即属于轴套类零件。

2) 表达方法

轴套类零件一般在车床上加工，要按形状和加工位置确定主视图，轴线水平放置，大头在左、小头在右，键槽和孔结构可以朝前。轴套类零件主要结构形状是回转体，一般只画一个主视图，如图1.2.2所示。对于零件上的键槽、孔等，可作出移出断面。砂轮越程槽、退刀槽、中心孔等可用局部放大图表达。

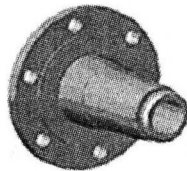


图 1.2.1 纵 轴

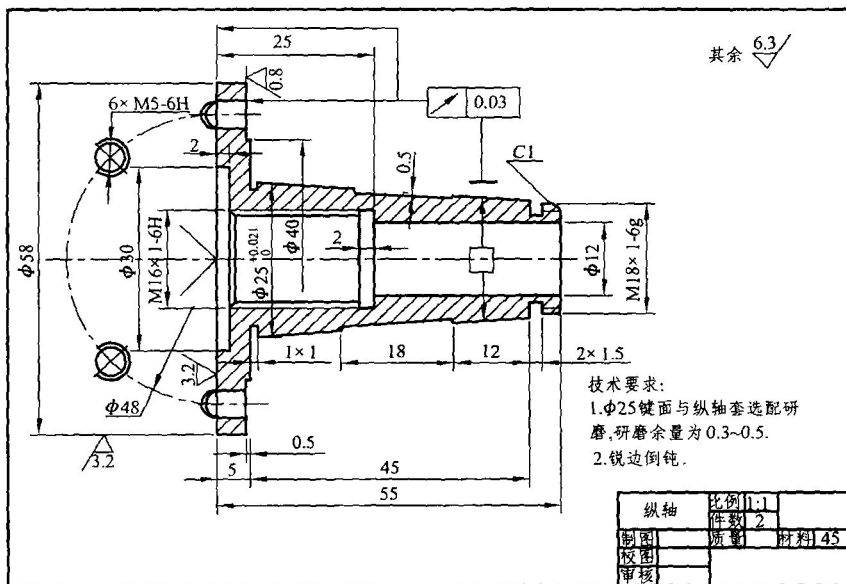


图 1.2.2 纵 轴

3) 尺寸标注

(1) 这类零件的尺寸主要是轴向和径向尺寸。径向尺寸的主要基准是轴线，轴向尺寸的主要基准是端面。

(2) 主要形体是同轴的，可省去定位尺寸。

(3) 重要尺寸必须直接注出，其余尺寸多按加工顺序注出。

(4) 为了清晰和便于测量，在剖视图上，内外结构形状尺寸应分开标注。

(5) 零件上的标准结构，应按该结构标准尺寸注出。

4) 技术要求

有配合要求的表面，其表面粗糙度、尺寸精度要求较严。有配合的轴颈和重要的端面应有形位公差要求，如同轴度、径向圆跳动、端面圆跳动及键槽的对称度等。

2. 盘盖类零件

盘盖类主要起传动、连接、支承、密封等作用，如手轮、法兰盘、各种端盖等。

1) 结构分析

主体一般为回转体或其他平板型,厚度方向的尺寸比其他两个方向的尺寸小,其上常有凸台、凹坑、螺孔、销孔、轮辐等结构,如图 1.2.3 所示。

2) 表达方法

(1) 这类零件的毛坯有铸件或锻件,机械加工以车削为主,主视图一般按加工位置水平放置,但有些较复杂的盘盖,因加工工序较多,主视图也可按工作位置画出。

(2) 一般需要两个以上基本视图,见图 1.2.4。

(3) 根据结构特点,视图具有对称面时,可作半剖视;无对称面时,可作全剖或局部剖视。其他结构形状如轮辐和肋板等可用移出断面或重合断面,也可用简化画法。

(4) 注意均布肋板、轮辐的规定画法。

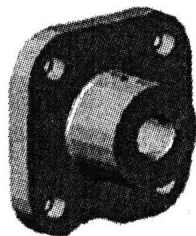


图 1.2.3 盘类零件

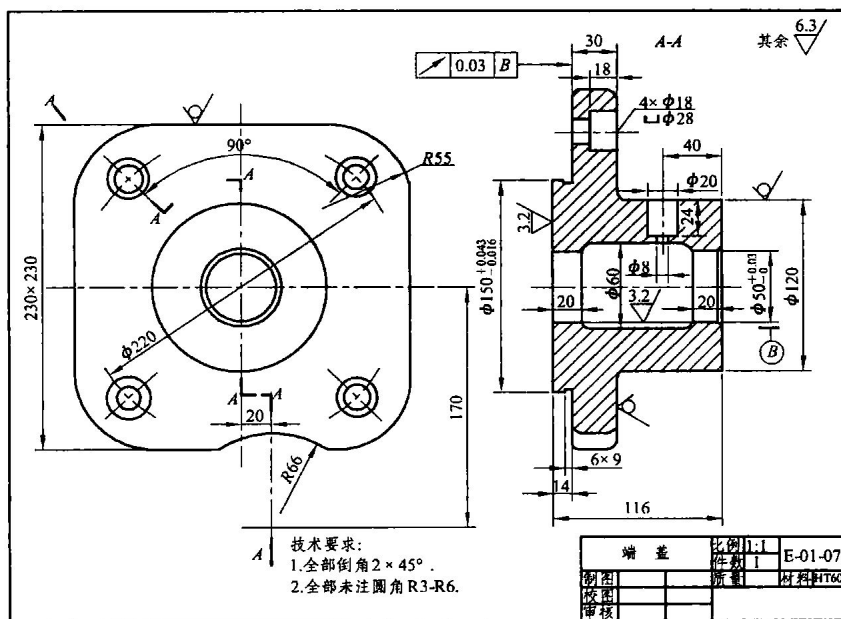


图 1.2.4 盘类零件

3) 尺寸标注

(1) 此类零件的尺寸一般为两大类:轴向及径向尺寸,径向尺寸的主要基准是回转轴线,轴向尺寸的主要基准是重要的端面。

(2) 定形和定位尺寸都较明显,尤其是在圆周上分布的小孔的定位圆直径是这类零件的典型定位尺寸,多个小孔一般采用如“ $4 \times \phi 18$ 均布”形式标注,均布即等分圆周,角度定位尺寸就不必标注了。

(3) 内外结构形状尺寸应分开标注。

4) 技术要求

有配合要求或用于轴向定位的表面,其表面粗糙度和尺寸精度要求较高,端面与轴心线之间常有形位公差要求。

3. 根据图 1.2.5 ~ 图 1.2.8, 画出零件的三视图。



图 1.2.5 蜗 杆

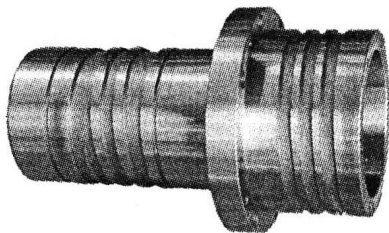


图 1.2.6 主轴套

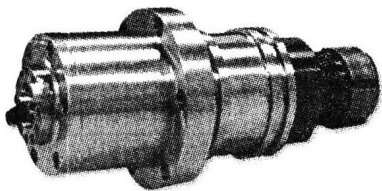


图 1.2.7 主轴装配零件

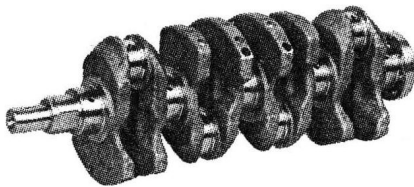


图 1.2.8 汽车曲轴

二、制定加工工艺实训

(一) 实训目的

熟悉数控车床加工工艺文件的制定。

(二) 实训内容

- (1) 读懂复杂零件的数控车床加工工艺文件;
- (2) 编制简单(轴、盘)零件的数控加工工艺文件。

(三) 实训步骤

1. 确定加工路线

按先主后次、先粗后精的加工原则确定加工路线, 采用固定循环指令对外轮廓进行粗加工, 再精加工, 然后车退刀槽, 最后加工螺纹。具体加工时, 可以从以下几方面考虑加工工艺:

- (1) 工序集中原则。
- (2) 工序分散原则。

(3) 作为定位基准的表面应在工艺过程一开始就进行加工。因为在后续工序中, 都要把这个基准表面作为工件加工的定位基准来进行其他表面的加工。这就是“先基准后其他的原则”。

(4) 定位基准加工好以后, 应先进行精度要求较高的各主要表面的加工, 然后再进行其他表面的加工。这就是“先主要后一般”的原则。

(5) 主要表面的精加工和光整加工一般放在加工的最后阶段进行, 以免受到其他工序的影响。次要表面的加工可穿插在主要大面加工工序之间进行。这就是“先粗后精”的原则, 同时兼顾考虑表 1.2.1 所列原则。

表 1.2.1 数控加工工序的确定原则

加工路线的确定原则	① 能保证被加工工件的精度和表面粗糙度 ② 使加工路线最短, 减少空行程时间, 提高加工效率 ③ 尽量简化数值计算的工作量、简化加工程序 ④ 对于某些重复使用的程序, 应使用子程序
工件安装的确定原则	① 力求设计基准、工艺基准和编程基准统一 ② 尽量减少装夹次数, 尽可能在一次定位装夹中完成全部加工面的加工
数控刀具的确定原则	① 选用刚性和耐用度高的刀具, 以缩短对刀和换刀的停机时间 ② 刀具尺寸稳定, 安装调整简便
切削用量的确定原则	① 粗加工时, 以提高生产效率为主, 兼顾经济性和加工成本; 半精加工和精加工时, 以加工质量为主, 兼顾切削效率和加工成本 ② 在编程时, 应注意拐点处的过切或欠切问题
对刀点的确定原则	① 便于数学处理和加工程序的简化 ② 在机床上进行定位简便 ③ 在加工过程中便于检查 ④ 由对刀点引起的加工误差较小

2. 轴类零件加工工艺

1) 轴类零件的功用、结构特点及技术要求

轴类零件是机器中经常遇到的典型零件之一, 它主要用来支承传动零部件, 传递扭矩和承受载荷。轴类零件是旋转体零件, 其长度大于直径, 一般由同心轴的外圆柱面、圆锥面、内孔、螺纹及相应的端面所组成。根据结构形状的不同, 轴类零件可分为光轴、阶梯轴、空心轴和曲轴等。

轴的长径比小于 5 的称为短轴, 大于 20 的称为细长轴, 大多数轴的长径比介于 5 ~ 20 之间。

轴用轴承支承, 与轴承配合的轴段称为轴颈。轴颈是轴的装配基准, 精度和表面质量一般要求较高, 其技术要求一般根据轴的主要功用和工作条件制定, 通常有以下几项:

(1) 尺寸精度。起支承作用的轴颈为了确定轴的位置, 通常对其尺寸精度要求较高 (IT5 ~ IT7)。装配传动件的轴颈尺寸精度一般要求较低 (IT6 ~ IT9)。

(2) 几何形状精度。轴类零件的几何形状精度主要是指轴颈、外锥面、莫氏锥孔等的圆度、圆柱度等, 一般应将其公差限制在尺寸公差范围内。对精度要求较高的内外圆表面, 应在图纸上标注其允许偏差。

(3) 相互位置精度。轴类零件的位置精度要求主要是由轴在机械中的位置和功用决定的。通常应保证装配传动件的轴颈对支承轴颈的同轴度要求, 否则会影响传动件 (齿轮等) 的传动精度, 并产生噪声。普通精度的轴, 其配合轴段对支承轴颈的径向跳动一般为 0.01 ~ 0.03 mm, 高精度轴 (如主轴) 通常为 0.001 ~ 0.005 mm。

(4) 表面粗糙度。一般与传动件相配合的轴径表面粗糙度为 $R_a 2.5 \sim 0.63 \mu\text{m}$, 与轴承相配合的支承轴径的表面粗糙度为 $R_a 0.63 \sim 0.16 \mu\text{m}$ 。

2) 轴类零件的毛坯和材料

(1) 轴类零件的毛坯。轴类零件可根据使用要求、生产类型、设备条件及结构, 选用棒料、锻件等毛坯形式。对于外圆直径相差不大的轴, 一般以棒料为主; 而对于外圆直径相差大的阶梯轴或重要的轴, 常选用锻件, 这样既节约材料又减少机械加工的工作量, 还可改善机械性能。

根据生产规模的不同, 毛坯的锻造方式有自由锻和模锻两种。中小批量生产多采用自由锻, 大批大量生产时采用模锻。

(2) 轴类零件的材料。轴类零件应根据不同的工作条件和使用要求选用不同的材料并采用不同的热处理规范 (如调质、正火、淬火等), 以获得一定的强度、韧性和耐磨性。

45 钢是轴类零件的常用材料, 经过调质 (或正火) 后, 可得到较好的切削性能, 而且能获得

较高的强度和韧性等综合机械性能，淬火后表面硬度可达 45 ~ 52 HRC。

40Cr 等合金结构钢适用于中等精度而转速较高的轴类零件，这类钢经调质和淬火后，具有较好的综合机械性能。

轴承钢 GCr15 和弹簧钢 65Mn，经调质和表面高频淬火后，表面硬度可达 50 ~ 58 HRC，并具有较高的耐疲劳性能和较好的耐磨性能，可制造较高精度的轴。

精密机床的主轴（例如磨床砂轮轴、坐标镗床主轴）可选用 38CrMoAlA 氮化钢。这种钢经调质和表面氮化后，不仅能获得很高的表面硬度，而且能保持较软的心部，因此耐冲击韧性好。与渗碳淬火钢比较，它有热处理变形更小、硬度更高的特性。

3) 轴类零件典型工艺路线

对于 7 级精度、表面粗糙度 R_a 0.8 ~ 0.4 μm 的一般传动轴，其典型工艺路线是：正火—车端面钻中心孔—粗车各表面—精车各表面—铣花键、键槽—热处理—修研中心孔—粗磨外圆—精磨外圆—检验。

轴类零件一般采用中心孔作为定位基准，以实现基准统一的方案。在单件小批生产中钻中心孔工序常在普通车床上进行；在大批量生产中常在铣端面钻中心孔专用机床上进行。

中心孔是轴类零件加工全过程中使用的定位基准，其质量对加工精度有着重大影响，所以，必须安排修研中心孔工序。修研中心孔一般在车床上用金刚石或硬质合金顶尖加压进行。

对于空心轴（如机床主轴），为了能使用顶尖孔定位，一般均采用带顶尖孔的锥套心轴或锥堵。若外圆和锥孔需反复多次、互为基准进行加工，则在重装锥堵或心轴时，必须按外圆找正或重新修磨中心孔。

轴上的花键、键槽等次要表面的加工，一般安排在外圆精车之后、磨削之前进行。因为，如果在精车之前就铣出键槽，在精车时由于断续切削而易产生振动，不仅影响加工质量，还容易损坏刀具，也难以控制键槽的尺寸。但也不应安排在外圆精磨之后进行，以免破坏外圆表面的加工精度和表面质量。

在轴类零件的加工过程中，应当安排必要的热处理工序，以保证其机械性能和加工精度，并改善工件的切削加工性。一般毛坯锻造后安排正火工序，而调质则安排在粗加工后进行，以消除粗加工后产生的应力及获得良好的综合机械性能。淬火工序则安排在磨削工序之前。

4) 细长轴加工工艺特点

由于细长轴刚性很差，在加工中极易变形，对加工精度和加工质量影响很大。为此，生产中常采用下列措施予以解决：

(1) 改进工件的装夹方法。粗加工时，由于切削余量大，工件所受的切削力也大，一般采用卡顶法，尾座顶尖采用弹性顶尖，可以使工件在轴向自由伸长。但是，由于顶尖弹性的限制，轴向伸长量也受到限制，因而顶紧力不是很大。在高速、大用量切削时，有使工件脱离顶尖的危险。采用卡拉法可避免这种现象的产生。

精车时，采用双顶尖法（此时尾座应采用弹性顶尖）有利于提高精度，其关键是提高中心孔精度。

(2) 采用跟刀架。跟刀架是车削细长轴极其重要的附件。采用跟刀架能抵消加工时径向切削分力的影响，从而减少切削振动和工件变形，但必须注意仔细调整，使跟刀架的中心与机床顶尖中心保持一致。

(3) 采用反向进给。车削细长轴时，常使车刀向尾座方向作进给运动（此时应安装卡拉工具），这样刀具施加于工件上的进给力方向朝向尾座，因而有使工件产生轴向伸长的趋势，而卡拉工具大大减少了由于工件伸长造成的弯曲变形。