

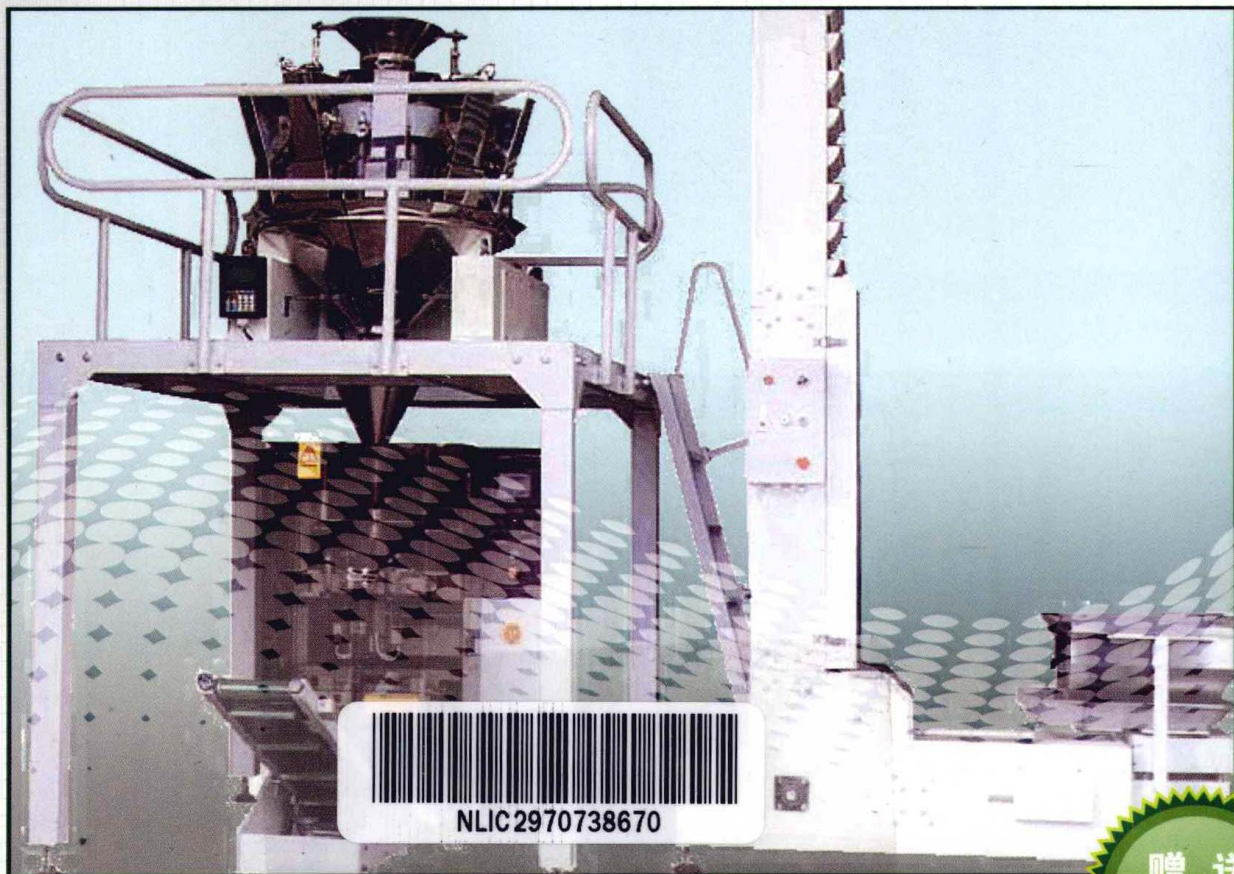


高职高专机械设计与制造专业规划教材

机械制造技术

JIXIE ZHIZAO JISHU

王宜君 李爱花 主 编
苏宏林 王 斌 张艳明 副主编



赠 送
电子课件

本书特色

- 根据企业的工作岗位和工作任务，设计以工作过程为导向、具有“工学结合”特色的课程体系。
- 体现以工艺规程编制应用能力的培养为主线、相关知识为支撑的编写思路，注重理论联系实际，突出应用。
- 按照学生的认知规律和职业成长规律合理编排教材内容。

清华大学出版社

内 容 简 介

本书从工程应用出发,通过任务案例将机械制造工艺学、金属切削机床、金属切削原理与刀具等几门课程内容贯穿其中。全书共 12 章,第 1 章至第 4 章为机械制造基本知识;第 5 章至第 10 章为金属切削加工;第 11 章至第 12 章为特种加工和先进制造方法简介。本书内容完整,通俗易懂,综合性强,各章教学内容重点突出,避免了课程之间不必要的内容重复,减少了繁琐的理论推导,注重基本知识的理解,并突出实际生产的应用。

本书可作为高职高专机械制造及自动化专业的教材;还可供近机械类专业及有关工程技术人员参考,也可作为相关领域的培训教材。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术/王宜君,李爱花主编;苏宏林,王斌,张艳明副主编.——北京:清华大学出版社,2011.2
(高职高专机械设计与制造专业规划教材)

ISBN 978-7-302-24635-0

I. ①机… II. ①王… ②李… ③苏… ④王… ⑤张… III. ①机械制造工艺—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 254496 号

责任编辑:孙兴芳 杨作梅

装帧设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20.25 字 数:492 千字

版 次:2011 年 2 月第 1 版 印 次:2011 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00 元

产品编号:032580-01

前 言

本书是在吸收近年来高职高专教育教学改革经验的基础上,根据企业生产一线对应用型高等技术人才在机械制造技术方面的能力要求,结合机械制造技术的发展趋势,按照高职高专教育的培养目标和特点,融合多年的教学经验编写而成的。

本书采用“工作过程导向”模式编写,层次结构新颖,以理论够用为度,并注重增强知识的可用性和实用性。全书从制造企业的生产过程入手,以加强学生动手能力及思维能力的培养及训练,符合机械类相关专业高职高专培养目标的要求和高职高专教育的特点。本书可作为高职高专机械制造及自动化专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

本书主要有以下特点。

(1) 本书整合了机械制造工艺学、金属切削机床、金属切削原理与刀具、机床夹具设计等几门课程的内容。针对机械制造课程改革的需要,按照必需、够用的原则,精选本书内容,强调机械制造的基本知识、基本理论的基本教学内容。力求叙述深入浅出,加强提出问题、分析问题和解决问题的能力培养。

(2) 本书从工程应用出发,以典型零件制造的工作过程为主线,通过任务案例将整合的几门课程内容贯穿其中。本书内容完整,通俗易懂,综合性强,各章教学内容重点突出,避免了课程之间不必要的内容重复,减少了繁琐的理论推导,注重基本知识的理解,并突出实际生产的应用。

(3) 内容体系与现有的教材体系不同。全书共 12 章,第 1 章至第 4 章为机械制造基本知识,第 5 章至第 10 章为金属切削加工,第 11 章至第 12 章为特种加工及先进制造方法简介。第 1 章至第 11 章都是以任务案例引入相关理论知识和相关实践知识,然后是任务实施过程实训。

本书由盐城纺织职业技术学院王宜君、李爱花任主编,苏宏林、王斌、张艳明任副主编。具体分工:第 1 章由王宜君编写;第 2、3 章由王元生编写;第 4、5 章由李爱花编写;第 6 章由王其松编写;第 7 章由苏宏林编写;第 8~10 章由王斌编写;第 11、12 章由李明亮编写。全书由王宜君、李爱花统稿。

本书在编写过程中吸取并参考了众多专家、学者的研究成果,谨致谢意。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免存在不妥之处,敬请各兄弟院校师生和广大读者批评与指正。

编 者

目 录

第 1 章 机械产品的质量 1	3.2 相关实践知识90
1.1 相关理论知识 2	3.2.1 计算机辅助工艺过程设计 概述90
1.1.1 零件加工质量 2	3.2.2 CAXA 工艺图表 XPr2 的 使用基础91
1.1.2 零件装配质量 6	3.3 机械加工工艺过程设计实训100
1.1.3 零件质量检测的方法 8	3.4 实践中常见问题解析103
1.2 相关实践知识 9	思考与练习103
1.2.1 常用量具 9	第 4 章 金属切削基础知识107
1.2.2 量具保养 15	4.1 相关理论知识108
1.2.3 检验轴的位置精度的方法 15	4.1.1 切削运动和切削用量108
1.3 质量检测实训 17	4.1.2 刀具切削部分的定义和 几何参数的选择110
1.4 拓展实训 17	4.1.3 金属切削过程113
1.5 实践中常见问题解析 19	4.1.4 刀具材料124
思考与练习 20	4.1.5 切削用量和切削液的选用125
第 2 章 定位、基准和夹具 21	4.2 相关实践知识129
2.1 相关理论知识 22	4.3 任务实施过程实训131
2.1.1 定位 22	4.3.1 实训题目131
2.1.2 基准 36	4.3.2 实训过程132
2.1.3 夹具 40	4.4 实训中常见问题解析135
2.2 相关实践知识 55	思考与练习135
2.2.1 专用夹具的设计方法 55	第 5 章 车削简单轴类零件137
2.2.2 计算机辅助夹具设计简介 57	5.1 相关理论知识138
2.3 零件夹具设计实训 58	5.1.1 CA6140 车床各部分的 名称和作用138
2.4 实践中常见问题解析 63	5.1.2 车床的加工范围及特点140
思考与练习 63	5.1.3 车刀的基本知识142
第 3 章 产品加工工艺 67	5.1.4 中心孔与中心钻146
3.1 相关理论知识 68	5.2 相关实践知识149
3.1.1 加工工艺基本概念 68	5.2.1 工件装夹149
3.1.2 零件的工艺分析及毛坯的 选择 75	5.2.2 车刀的刃磨方法152
3.1.3 产品的加工方法及工艺路线的 制定 78	
3.1.4 工艺尺寸链 83	



5.2.3 车床安全操作规程与 维护保养	153	7.2.8 铣床的润滑与日常维护 保养	210
5.3 车削简单轴过程实训	154	7.3 铣削加工过程实训	212
5.3.1 实训题目	154	7.4 拓展实训	215
5.3.2 实训过程	154	7.4.1 拓展实训 1	215
5.4 实训中常见问题解析	158	7.4.2 拓展实训 2	219
思考与练习	159	7.5 实训中常见问题解析	222
第 6 章 车削复杂轴类零件	160	思考与练习	222
6.1 相关理论知识	162	第 8 章 磨削加工	224
6.1.1 内圆面加工	162	8.1 相关理论知识	225
6.1.2 滚花基本知识	171	8.1.1 外圆磨床的结构	225
6.1.3 圆锥的形成与各部分名称	173	8.1.2 砂轮	226
6.2 相关实践知识	174	8.1.3 磨削加工的范围及特点	230
6.2.1 成形面的车削与检验	174	8.2 相关实践知识	232
6.2.2 圆锥的车削与检验	177	8.2.1 外圆磨削方法	232
6.2.3 螺纹的车削与检验	182	8.2.2 平面磨削的方法	233
6.2.4 套类零件的车削与检验	186	8.2.3 外圆磨削工件的装夹	234
6.3 车削复合轴过程实训	191	8.2.4 外圆砂轮的平衡	237
6.3.1 实训 1	191	8.2.5 外圆砂轮的修整	239
6.3.2 实训 2	193	8.2.6 磨床安全操作规程及 维护保养	242
思考与练习	195	8.3 磨削加工过程实训	243
第 7 章 铣削加工	196	8.4 拓展实训	245
7.1 相关理论知识	197	8.5 实训中常见问题解析	248
7.1.1 铣削特点及应用	197	思考与练习	249
7.1.2 XA6132 型铣床的基本组成 及其作用	198	第 9 章 镗削加工	250
7.1.3 铣削方式	199	9.1 相关理论知识	251
7.2 相关实践知识	201	9.1.1 T68 卧式镗床的结构	251
7.2.1 常用平面铣刀类型	201	9.1.2 镗削加工特点	252
7.2.2 加工直角沟槽用铣刀	202	9.2 相关实践知识	253
7.2.3 铣刀的安装	204	9.2.1 T68 型卧式镗床的 基本操作	253
7.2.4 铣床附件	206	9.2.2 镗刀的种类及刃磨	258
7.2.5 分度头的结构与分度方法	207	9.2.3 镗刀的安装	260
7.2.6 铣较长工件端面时的找正	208	9.2.4 圆柱孔镗削加工方法	262
7.2.7 铣床上铣轴类工件的 常用装夹方法	209	9.2.5 镗床的润滑和维护保养及 安全生产知识	262
		9.3 镗削加工过程实训	265



9.4 实训中常见问题解析.....	271	11.1.1 电火花加工.....	287
思考与练习.....	272	11.1.2 电火花线切割加工.....	293
第 10 章 圆柱齿轮加工简介	273	11.1.3 电解加工和电解磨削.....	299
10.1 相关理论知识.....	274	11.1.4 激光加工	303
10.1.1 圆柱齿轮加工概述.....	274	11.2 相关实践知识.....	305
10.1.2 齿轮的材料与毛坯.....	275	11.3 特种加工过程实训	308
10.2 相关实践知识.....	276	11.4 实训中常见问题解析.....	309
10.2.1 齿轮零件的齿形加工	276	思考与练习	310
10.2.2 圆柱齿轮加工工艺分析	280	第 12 章 先进制造方法简介	311
10.3 齿轮加工过程实训	280	12.1 成组技术	311
10.3.1 任务实训项目	280	12.2 柔性制造系统	312
10.3.2 任务实训过程.....	282	思考与练习	313
10.4 实训中常见问题解析.....	282	参考文献.....	314
思考与练习.....	284		
第 11 章 特种加工简介.....	286		
11.1 相关理论知识.....	286		

第 1 章 机械产品的质量

学习要点

- 1. 掌握机械加工质量和装配质量的基本概念。
- 2. 掌握零件质量检测的方法。
- 3. 掌握常用量具的使用及其保养。

技能目标

- 1. 根据图纸的技术要求能够分析出零件加工时需要保证的加工精度。
- 2. 能够对照图纸运用正确的检测方法并且使用所需量具检测零件。

任务案例

分析图 1-1 所示的零件，图中有哪些尺寸、形状位置精度以及表面质量要求？我们需要采取哪种检测方法，运用何种量具进行测量？

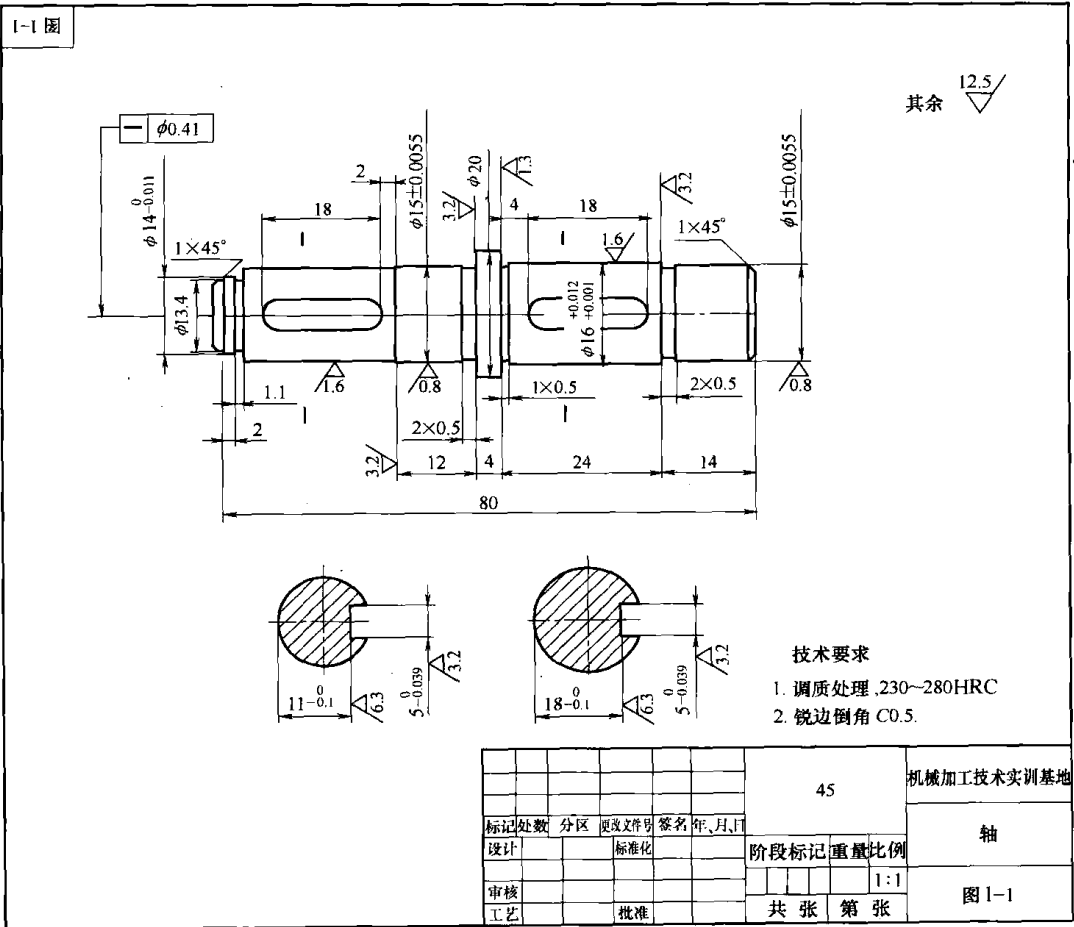


图 1-1 轴



任务分析

现在对图 1-1 所示轴的图纸进行零件分析。

(1) 结构分析。仔细观察图 1-1 所示轴的图纸, 可知其属于轴套类零件。从轴的右端起: 有两处 $\phi 15$ 的轴颈, 并分别有越程槽; $\phi 16$ 处有键槽, 是安装轮类零件的部位; 中部 $\phi 20$ 为轴肩; $\phi 14$ 处也有键槽, 其左端有挡圈槽。

(2) 精度分析。轴的径向尺寸基准是轴的轴线, $\phi 20$ 轴肩的右端面是轴的长度方向尺寸基准。支承轴颈的尺寸精度比较高, 表面粗糙度 Ra 不大于 $0.8\mu\text{m}$; 配合轴颈的尺寸精度也较高, 表面粗糙度 Ra 不大于 $1.6\mu\text{m}$ 。整个零件要调质处理, 并且要求轴的直线度公差为 $\phi 0.01\text{mm}$ 。

1.1 相关理论知识

一个机械产品推向市场, 需要经过设计、加工、装配、调试等环节。产品的质量与这些环节紧密相关, 最终体现在产品的使用性能上, 如图 1-2 所示。企业应从各方面来保证产品的质量。

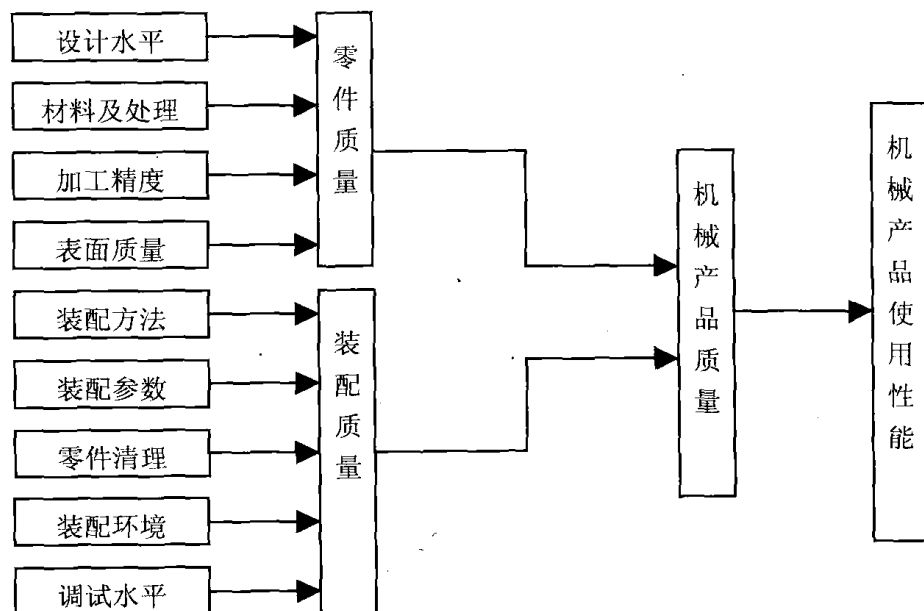


图 1-2 产品质量因果图

机械产品是由若干机械零件装配而成的, 机器的使用性能和寿命取决于零件的制造质量和装配质量。

1.1.1 零件加工质量

零件的质量主要是指零件的材质、力学性能和加工质量等。零件的材质和力学性能在《金属材料及热加工工艺》中已有叙述。

零件的加工质量是指零件的加工精度和表面质量。零件的加工质量对零件的使用有很大影响，其中我们考虑最多的是加工精度和表面粗糙度。

1. 加工精度

加工精度是指加工后零件的尺寸、形状和表面间相互位置等实际几何参数与理想几何参数相符合的程度。相符合的程度越高，零件的加工精度越高。实际几何参数与理想几何参数的偏离程度称为加工误差。加工误差越小，加工精度越高。所以，加工精度与加工误差是一个问题的两个提法。

零件的几何参数加工得绝对准确是不可能的，也是没有必要的。在保证零件使用要求的前提下，对加工误差规定一个范围，称为公差。零件的公差越小，对加工精度的要求就越高，零件的加工就越困难。零件的加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度，相应地存在尺寸误差、形状误差和位置误差。

1) 尺寸精度

尺寸精度是指加工表面本身尺寸(如圆柱面的直径)或几何要素之间的尺寸(如两平行平面间的距离)的精确程度，即实际尺寸与理想尺寸的符合程度。尺寸精度要求的高低是用尺寸公差来体现的。“公差与配合”国家标准将确定尺寸精度的标准公差分为 20 个等级，分别用 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18 表示。从前向后，精度逐渐降低。IT01 公差值最小，精度最高。IT18 公差值最大，精度最低。相同的尺寸，精度越高，对应的公差值越小。相同的公差等级，尺寸越小，对应的公差值越小。零件设计时经常选用的尺寸公差等级为 IT6~IT11。IT12~IT18 为未注公差尺寸的公差等级(常称为自由公差)。

考虑到零件加工的难易程度，设计者不宜将零件的尺寸精度标准定得过高，只要满足零件的使用要求即可。表 1-1 所示为公差等级选用举例。

2) 形状精度和位置精度

形状精度是指零件上的几何要素线、面的实际形状相对于理想形状的准确程度。位置精度是指零件上的点、线、面要素的实际位置相对于理想位置的准确程度。形状和位置精度用形状公差和位置公差(简称形位公差)来表示。“形位公差”国家标准中规定的控制零件形位误差的项目及符号，如表 1-2 所示。

表 1-1 公差等级选用

应用场合		公差等级(IT)																		应用举例与说明
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
量 块																				相当于量规 1~4 级
量 规	高精度量规																			用于检验介于 IT5 与 IT6 级之间工件的量规的尺寸公差
	低精度量规																			



续表

应用场合		公差等级(IT)																		应用举例与说明
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
配合尺寸	个别特别重要的精密配合																			少数精密仪器
	特别重要的精密配合	孔																		精密机床的主轴颈、主轴箱的孔与轴承的配合
		轴																		
	精密配合	孔																		机床传动轴与轴承，轴与齿轮、皮带轮，夹具上钻套与钻模板的配合等。最常用配合为孔 IT7，轴 IT6
		轴																		
	中等精度配合	孔																		速度不高的轴和轴承，键和键槽的配合等
		轴																		
	低精度配合																			铆钉与孔的配合
	非配合尺寸 未注公差尺寸																			包括冲压件、铸件公差等
	原材料公差																			

注：此表中的黑线表示应用场合中推荐选用的公差精度等级。

表 1-2 形位公差项目及符号

分 类	项 目	符 号	分 类	项 目	符 号
形 状 公 差	直线度		位 置 公 差	平行度	
	平面度			垂直度	
	圆 度			倾斜度	
	圆柱度			同轴度	
	线轮廓度			对称度	
	面轮廓度			位置度	
			跳 动	圆跳动	
				全跳动	

对于一般机床加工能够保证的形位公差要求，图样上不必标出，也不作检查。对形位公差要求高的零件，应在图样上标注。形位公差等级分 1~12 级(圆度和圆柱度分为 0~12 级)。同尺寸公差一样，等级数值越大，公差值越大。

2. 表面质量

零件的表面质量是指零件加工后表面层状态的表征。零件加工表面质量包括表面几何特征和表面层性能两个方面。加工表面的几何特征主要由表面粗糙度和表面波度两部分组成；表面层性能主要包括表面的冷作硬化、加工表面层的金相组织变化和加工表面层的残留应力等。

对于表面质量，我们重点考虑表面粗糙度。零件的表面总是存在一定程度的凹凸不平，即使是看起来光滑的表面，经放大后观察，也会发现凹凸不平的波峰波谷。零件表面的这种微观不平度称为表面粗糙度。表面粗糙度是在毛坯制造或去除金属加工过程中形成的。表面粗糙度对零件表面的结合性能、密封、摩擦、磨损等有很大影响。

国家标准规定了表面粗糙度的评定参数和评定参数的允许数值。最常用的就是轮廓算术平均偏差 R_a 和轮廓最大高度 R_z ，单位为 μm 。

如图 1-3 所示，轮廓算术平均偏差 R_a 为取样长度 l 范围内，被测轮廓上各点至中线距离 y 绝对值的算术平均值。中线的两侧轮廓线与中线之间所包含的面积相等，即 R_a 的计算公式：

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (1-1)$$

如图 1-4 所示，轮廓最大高度 R_z 为在取样长度内，最大轮廓峰高 Z_p 和最大轮廓谷深 Z_v 之和的高度。用公式可表示成式(1-2)。

$$R_z = Z_{p\max} + Z_{v\max} \quad (1-2)$$

一般零件的工作表面粗糙度 R_a 的值在 $0.4 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 范围内选择。非工作表面粗糙度 R_a 值可以选得比 $3.2 \mu\text{m}$ 大一些，而一些精度要求高的重要工作表面粗糙度 R_a 的值则比



$0.4\mu\text{m}$ 小得多。一般说来,零件的精度要求越高,表面粗糙度值要求越小,配合表面的粗糙度值比非配合表面小,有相对运动的表面比无相对运动的表面粗糙度值小,接触压力大的运动表面比接触压力小的运动表面粗糙度值小。而对于一些装饰性的表面,表面粗糙度的值要求很小,但精度要求却不高。

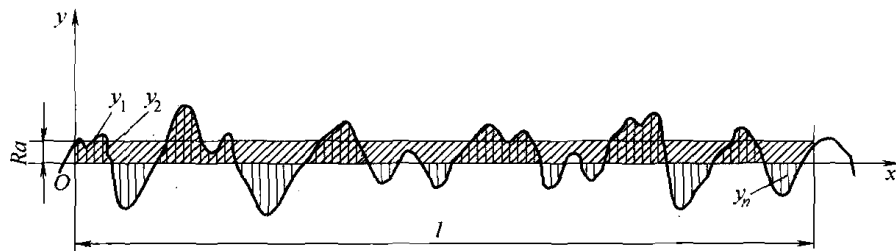


图 1-3 轮廓算术平均偏差

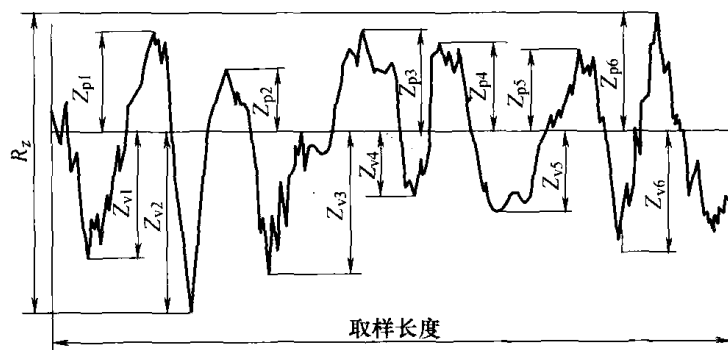


图 1-4 轮廓最大高度

与尺寸公差一样,表面粗糙度值越小,零件的表面质量越高,零件表面的加工就越困难,加工成本越高。

1.1.2 零件装配质量

零件是构成机器(或产品)的最小单元。将若干个零件结合在一起组成机器的一部分称为部件。直接进入机器(或产品)装配的部件称为组件。

任何机器都是由若干零件、组件和部件组成的。根据规定的技术要求,将零件结合成组件和部件,并进一步将零件、组件和部件结合成机器的过程称为装配。

装配是机械制造过程中的最后一个阶段。为了使产品达到规定的技术要求,装配不仅是指零、部件的结合过程,还应包括调整、检验、试验、油漆和包装等工作。

1. 装配精度

装配精度是产品设计时根据使用性能规定,在装配时必须保证的质量指标。正确地规定机器和部件的装配精度是产品设计的重要环节之一,它不仅关系到产品质量,也影响产品制造的经济性。装配精度是制定装配工艺规程的主要依据,也是选择合理的装配方法和确定零件加工精度的依据。所以,应正确规定机器的装配精度。

装配精度一般包括以下几个方面。

(1) 尺寸精度。尺寸精度是指装配后相关零部件之间应该保证的距离和间隙。如轴孔的配合间隙或过盈, 车床床头和尾座两顶尖的等高度等。

(2) 位置精度。位置精度是指装配后零部件之间应该保证的平行度、垂直度、同轴度和各种跳动等。如普通车床溜板移动对尾座顶尖套锥孔轴心的平行度要求等。

(3) 相对运动精度。相对运动精度是指装配后有相对运动的零部件之间在运动方向和运动准确性上应保证的要求。如普通车床尾座移动对溜板移动的平行度, 滚齿机滚刀主轴与工作台相对运动的准确性等。

(4) 接触精度。接触精度是指两配合表面、接触表面和连接表面间达到规定的接触面积和接触点分布的情况。它影响部件的接触刚度和配合质量的稳定性。如齿轮啮合、锥体配合、移动导轨间均有接触精度的要求。

不难看出, 上述各装配精度之间存在一定的关系, 如接触精度是尺寸精度和位置精度的基础, 而位置精度又是相对运动精度的基础。

2. 装配精度与零件精度间的关系

机器及其部件都是由零件组成的。显然, 零件的精度特别是关键零件的加工精度, 对装配精度有很大影响。例如图 1-5 所示, 普通车床尾座移动对溜板移动的平行度要求, 就主要取决于床身上溜板移动的导轨 A 与尾座移动的导轨 B 的平行度以及导轨面间的接触精度。

一般而言, 多数的装配精度与和它相关的若干个零部件的加工精度有关, 所以应合理地规定和控制这些相关零件的加工精度, 在加工条件允许时, 它们的加工误差累积起来, 仍能满足装配精度的要求。但是, 当遇到有些要求较高的装配精度, 如果完全靠相关零件的制造精度来直接保证, 则零件的加工精度要求将会很高, 给加工带来较大的困难。如图 1-6 所示, 普通车床床头和尾座两顶尖的等高度要求, 主要取决于主轴箱 1、尾座 2、底板 3 和床身 4 等零部件的加工精度。该装配精度很难由相关零部件的加工精度直接保证、在生产中, 常按较经济的精度来加工相关零部件, 而在装配时则采用一定的工艺措施(如选择、修配、调整等), 从而形成不同的装配方法, 来保证装配精度。本例中, 采用修配底板 3 的工艺措施保证装配精度, 这样做, 虽然增加了装配的劳动量, 但从整个产品制造的全局分析, 仍是经济可行的。

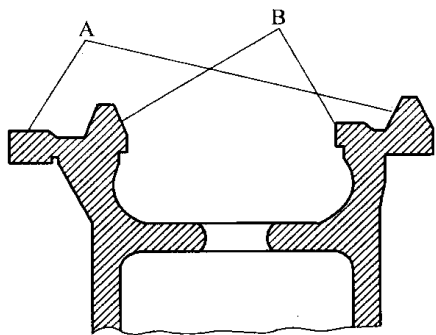


图 1-5 床身导轨简图

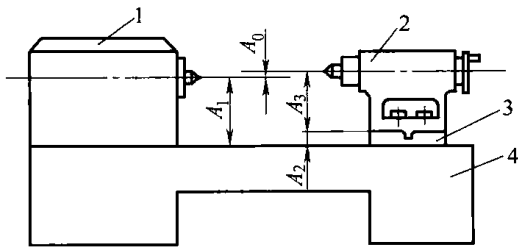


图 1-6 床头箱主轴与尾座套筒中心线等高示意图

A—溜板移动导轨 B—尾座移动导轨

1—主轴箱 2—尾座 3—底板 4—床身



综上所述,产品的装配精度和零件的加工精度有着密切的关系,零件精度是保证装配精度的基础,但装配精度并不完全取决于零件的加工精度。如果装配方法不同,对各个零件的精度要求也不同。同样,即使零件的加工精度很高,如果装配方法不当,也保证不了高的装配精度。

1.1.3 零件质量检测的方法

机械加工不仅要利用各种加工方法使零件达到一定的质量要求,而且要通过相应的手段来检测。检测应自始至终伴随着每一道加工工序。同一种要求可以通过一种或几种方法来检测。质量检测的方法涉及的范围和内容很多,这里做一简介。

1. 金属材料的检测方法

金属材料应对其外观、尺寸、理化三个方面进行检测。外观采用目测的方法。尺寸使用样板、直尺、卡尺、钢卷尺、千分尺等量具进行检测。理化检测项目较多,有化学成分分析、金相分析、力学性能试验、工艺性能试验、物理性能试验、化学性能试验、无损探伤等项目。

2. 尺寸的检测方法

尺寸 1000mm 以下,公差值大于 0.009~3.2mm,有配合要求的工件(原则上也适用于无配合要求的工件)使用普通计量器具(千分尺、卡尺和百分表等)检测。常用量具的介绍见 1.2 节。特殊情况可使用测距仪、激光干涉仪、经纬仪、钢卷尺等测量。

3. 表面粗糙度的检测方法

表面粗糙度的检测方法有样板比较法、显微镜比较法、电动轮廓仪测量法、光切显微镜测量法、干涉显微镜测量法、激光测微仪测量法等。在生产现场常用的是样板比较法。它是以表面粗糙度比较样块工作面上的粗糙度为标准,用视觉法和触觉法与被检表面进行比较,来判定被检表面是否符合规定。

4. 形位误差的检测方法

根据形面及公差要求的不同,形位误差的检测方法各不相同。下面以一种检测圆跳动的方法为例来说明形位误差的检测方法。

检测原则:使被测实际要素绕基准轴线作无轴向移动回转一周时,由位置固定的指示器在给定方向上测得的最大与最小读数之差。

检测设备:一对同轴顶尖、带指示器的测量架。

检测方法:如图 1-7 所示,将被测零件安装在两顶尖之间。在被测零件回转一周过程中,指示器读数最大差值即为单个测量平面上的径向跳动。

按上述方法,测量若干个截面,取各个截面上测得跳动量中的最大值,作为该零件的径向跳动。

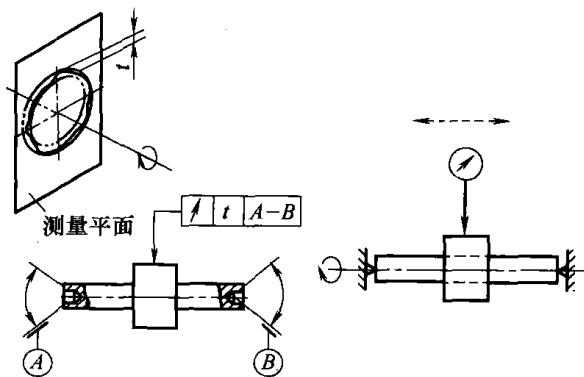


图 1-7 圆跳动的检测方法

1.2 相关实践知识

1.2.1 常用量具

量具是用来测量零件线性尺寸、角度以及检测零件形位误差的工具。为保证被加工零件的各项技术参数符合设计要求，在加工前后和加工过程中，都必须用量具进行检测。选择使用量具时，应当适合于被检测量的性质，适合于被检测零件的形状、测量范围。通常选择的量具的读数精度应小于被测量公差的 0.15 倍。

量具的种类很多，这里仅介绍常用的几种。

1. 量具的种类

1) 游标卡尺

游标卡尺是一种比较精密的量具，如图 1-8 所示。其结构简单，可以直接量出工件的内径、外径、长度和深度等。游标卡尺按测量精度可分为 0.10mm、0.05mm、0.02mm 三个量级。按测量尺寸范围有 0~125mm、0~150mm、0~200mm、0~300mm 等多种规格。使用时根据零件精度要求及零件尺寸大小进行选择。

图 1-8 所示游标卡尺的读数精度为 0.02mm，测量尺寸范围为 0~150mm。它由主尺和副尺(游标)两部分组成。主尺上每小格为 1mm，当两卡爪贴合(主尺与游标的零线重合)时，游标上的 50 个格正好等于主尺上的 49mm。游标上每格长度为 $49 \div 50 = 0.98\text{mm}$ 。主尺与游标每格相差 0.02mm。

测量读数时，先由游标左侧的主尺上读出最大的整毫米数，然后在游标上读出零线到与主尺刻度线对齐的刻度线之间的格数，将格数与 0.02 相乘得到小数，将主尺上读出的整数与游标上得到的小数相加就得到测量的尺寸。

使用游标卡尺时的注意事项如下。

(1) 检查零线。使用前应先擦净卡尺，合拢卡爪，检查主尺和游标的零线是否对齐。如不对齐，应送计量部门检修。

(2) 放正卡尺。测量内外圆时，卡尺应垂直于工件轴线，两卡爪应处于直径处。

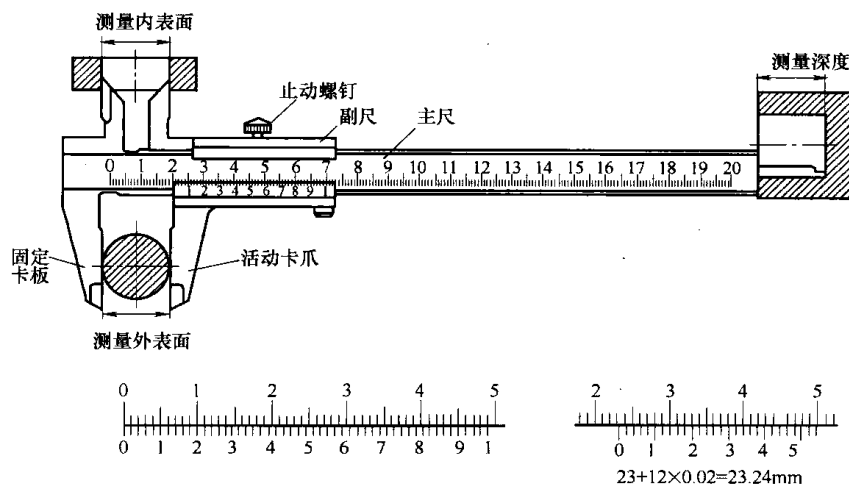


图 1-8 游标卡尺及读数方法

(3) 用力适当。当卡爪与工件被测量面接触时，用力不能过大，否则会使卡爪变形，加速卡爪的磨损，使测量精度下降。

(4) 读数时视线要对准所读刻线并垂直尺面，否则读数不准。

(5) 防止松动。未读出读数之前游标卡尺离开工件表面，必须先将止动螺钉拧紧。

(6) 不得用游标卡尺测量毛坯表面和正在运动的工件。

图 1-9 所示为专门用于测量深度和高度的游标尺。游标高度尺除用来测量高度外，也可用于精密划线。

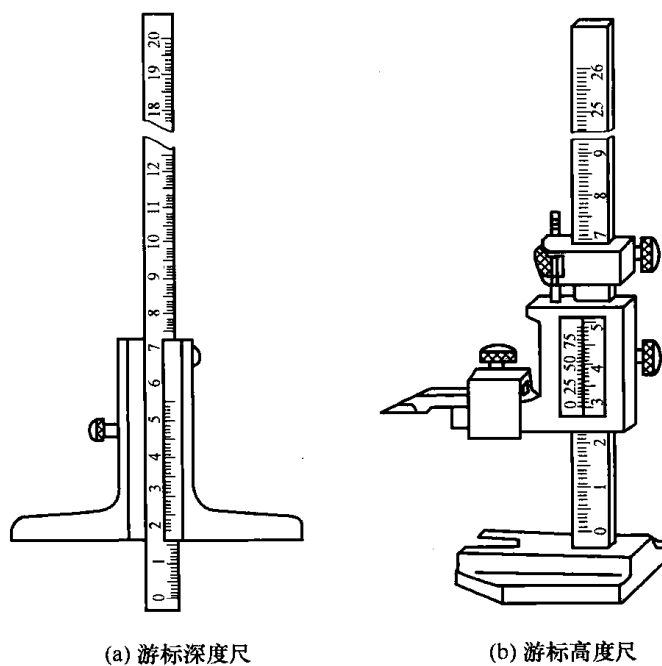


图 1-9 游标深度尺和游标高度尺

2) 百分尺

百分尺(又称分厘卡)是微分套筒读数的示值精度为 0.01mm 的测量工具。百分尺的测

量精度比游标卡尺高,习惯上称之为千分尺,按用途可分为外径百分尺、内径百分尺和深度百分尺几种。外径百分尺按其测量范围有 0~25mm、25~50mm、50~75mm 等各种规格。

图 1-10(a)所示是测量范围为 0~25mm 的外径百分尺。弓形架在左端有固定砧座,右端的固定套筒在轴线方向刻有一条中线(基准线),上下两排刻线互相错开 0.5mm,形成主尺。微分套筒左端圆周上均布 50 条刻线,形成副尺。微分套筒和螺杆连在一起,当微分套筒转动一周,带动测量螺杆沿轴向移动 0.5mm,如图 1-10(b)所示。因此,微分套筒转过一格,测量螺杆轴向移动的距离为 $0.5 \div 50 = 0.01\text{mm}$ 。当百分尺的测量螺杆与固定砧座接触时,微分套筒的边缘与轴向刻度的零线重合。同时,圆周上的零线应与中线对准。

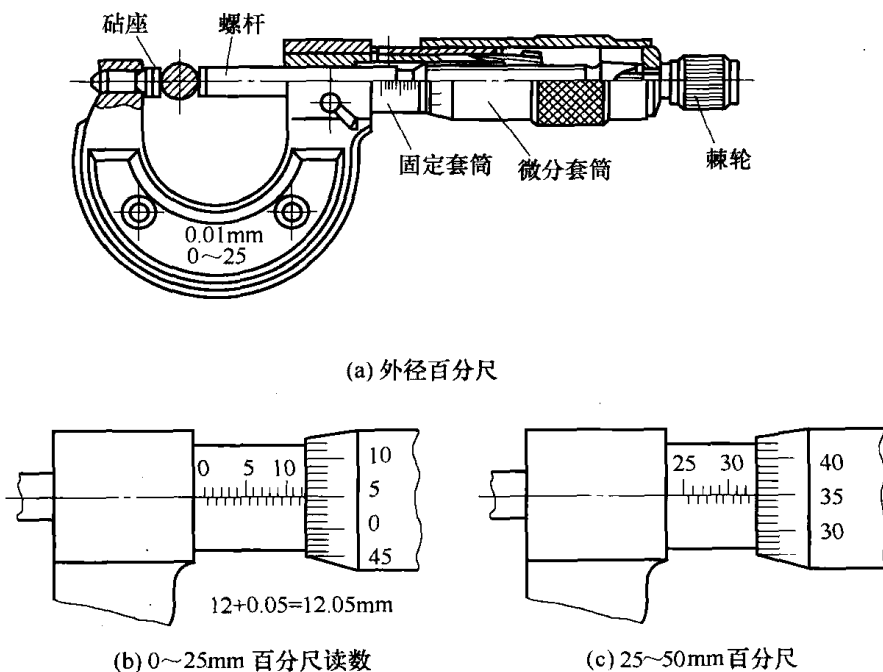


图 1-10 外径百分尺及读数

百分尺的读数方法如下。

- (1) 读出距离微分套筒边缘最近的轴向刻度数(应为 0.5mm 的整数倍)。
- (2) 读出与轴向刻度中线重合的微分套筒周向刻度数值(刻度格数 $\times 0.01\text{mm}$)。
- (3) 将两部分读数相加即为测量尺寸。

百分尺使用时要注意以下事项。

- (1) 校对零点。将砧座与螺杆擦拭干净,使它们相接触,看微分套筒圆周刻度零线与中线是否对准,若没有,将百分尺送计量部门检修。
- (2) 测量时,左手握住弓架,用右手旋转微分套筒,当测量螺杆快接近工件时,必须使用右端棘轮(此时严禁使用微分套筒,以防用力过度测量不准或破坏百分尺)以较慢的速度与工件接触。当棘轮发出“嘎嘎”的打滑声时,表示压力合适,应停止旋转。
- (3) 从百分尺上读取尺寸,可在工件未取下前进行,读完后松开百分尺,亦可先将百分尺锁紧,取下工件后再读数。
- (4) 被测尺寸的方向必须与螺杆方向一致。