

机械制造工艺 及设备

机械电子工业部
机电行业专业管理人员岗位培训教材

司乃钧
卢汝贵

合编

(一般专业管理人员)

机械工业出版社

本书是根据机电工业企业专业管理人员岗位业务培训教材编委会审定的《机械制造工艺及设备教学大纲》编写的。

本书主要内容包括：零件的精度与检验、金属切削加工的基本知识、金属切削机床及其加工工艺、机械产品装配、机械加工工艺过程和通用设备等基础知识。

本书主要作为机电工业企业十四类专业管理人员岗位培训及“专业证书”培训的教材，也可供其他有关人员参考使用。

机械制造工艺及设备

(一般专业管理人员)

司乃钧 卢汝贵 合编

*

责任编辑：张一萍 版式设计：胡金瑛

封面设计：姚 毅 责任校对：肖新民

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业出版社经销

*

开本 787×1092 1/16·印张 10 1/4·字数 243 千字

1990 年 5 月北京第一版·1990 年 5 月北京第一次印刷

印数 00,001—13,200·定价：5.10 元

*

ISBN 7-111-02153-3/TH·358

前 言

把提高从业人员本岗位需要的工作能力和生产技能作为重点，广泛地开展岗位培训，这是成人教育的一项重大改革，也是提高劳动生产率和工作效率的重要手段。

为了搞好机械电子行业的岗位培训，我们首先抓了岗位培训的基础建设工作，即制定和编写了机械电子行业企业生产经营系统十四类主管专业管理人员和一般专业管理人员的岗位规范（《机械工业企业专业管理人员岗位业务规格》机械工业出版社 1987年11月出版）、培训计划和教学大纲（《机电工业企业专业管理人员培训计划和教学大纲》机械电子工业部教育司1989年7月印发）。

在此基础上，我们聘请了二百多位专家、教授及有丰富实际工作经验的同志编写了相应的培训教材。这套教材分中专（对应一般专业管理人员）、大专（对应主管专业管理人员）两个层次编写，共85种，其中基础课和专业基础课20种，专业课65种。

这套教材的编写体现了岗位培训直接有效地为经济建设服务的指导思想，突破了普教教材编写模式的束缚，符合成人教育的特点，突出了岗位培训的特色。

这套教材也可用于“专业证书”培训。

编写这套岗位培训教材是一项巨大的工程，值此教材出版之际，谨向参加这套教材编写、审稿工作的同志及为这套教材出版付出辛勤劳动的同志表示衷心感谢！同时，真诚地希望关心和应用这套教材的单位和同志提出批评和建议，以便今后修改时参考，使之更加适应岗位培训的需要。

机械电子工业部教育司

1989年5月

编 者 的 话

本书是根据机电工业企业专业管理人员岗位业务培训教材编委会审定的《机械制造工艺及设备教学大纲》编写的。

全书共有十一章：绪论（1学时）、零件的精度与检验（3学时）、金属切削加工的基本知识（5学时）、车削加工（6学时）、钻削与镗削加工（3学时）、刨削与铣削加工（4学时）、磨削加工（4学时）、齿轮加工（2学时）、数控机床与组合机床简介（2学时）、机械产品装配（2学时）、机械加工工艺过程（6学时）和通用设备简介（2学时）。

本书在编写时力求做到重点突出、少而精、深入浅出、通俗易懂、直观形象、易于自学。在教材内容处理上，注意了针对性和实用性。

全书采用了最新国家标准和法定计量单位制。

本课程教学中，应先实习后讲课，亦可实习和讲课穿插进行。在使用本书时，可视具体情况，对其内容进行必要的调整或增删。有的内容可安排学生自学。

本书由哈尔滨机电专科学校司乃钧和北京机械工业管理学院卢汝贵编写。其中绪论、第一、五、七、八、九、十、十一章由司乃钧编写；第二、三、四、六章由卢汝贵编写。

本书由机械电子工业部教育司技工培训处刘起义同志主审。参加审稿的有：机械电子工业部干部教育处郝广发、余盛卿、房志凯和北京机械工业管理学院白明光副教授及北京机械工业学校林从滋副教授。他们对本书的编写提出了许多宝贵意见。此外，在本书编写过程中，还得到了有关大专院校、科研单位和工厂的指导与帮助，并提供了有关资料。在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，编写时间短促，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1989年6月于北京

目 录

绪论	1
第一章 零件的精度与检验	3
§ 1-1 构成机械产品质量的因素	3
§ 1-2 零件的加工质量	5
§ 1-3 零件的检验	9
思考题	12
第二章 金属切削加工的基本知识	14
§ 2-1 切削运动和切削要素	14
§ 2-2 金属切削刀具	16
§ 2-3 金属切削过程的物理现象	20
§ 2-4 工件材料的切削加工性	24
§ 2-5 切削液	25
§ 2-6 车刀几何参数与切削用量的选择	26
§ 2-7 金属切削机床的分类与型号的编制	29
思考题	32
第三章 车削加工	34
§ 3-1 卧式车床	34
§ 3-2 车床的主要附件及常用夹具	39
§ 3-3 车削加工	43
§ 3-4 其它车床简介	56
思考题	58
第四章 钻削与镗削加工	60
§ 4-1 钻床	60
§ 4-2 钻削加工	61
§ 4-3 镗削加工	68
思考题	70
第五章 刨削与铣削加工	71
§ 5-1 刨削加工	71
§ 5-2 插削加工	74
§ 5-3 拉削加工	75
§ 5-4 铣削加工	76
思考题	87
第六章 磨削加工	89
§ 6-1 磨床	89
§ 6-2 砂轮	94
§ 6-3 磨削过程及其物理现象	97

§ 6-4 磨削加工	98
§ 6-5 光整加工简介	101
思考题	102
第七章 齿轮齿形加工	103
§ 7-1 齿轮的基本知识	103
§ 7-2 圆柱齿轮齿形加工	104
§ 7-3 圆柱齿轮精整加工	108
§ 7-4 齿形加工方案的选择	110
思考题	110
第八章 数控机床与组合机床	112
§ 8-1 数控机床	112
§ 8-2 组合机床	113
思考题	115
第九章 机械产品装配	116
§ 9-1 装配工艺过程	116
§ 9-2 典型零件的装配	118
思考题	121
第十章 机械加工工艺过程	122
§ 10-1 基本概念	122
§ 10-2 安装与基准	125
§ 10-3 各种表面加工方法的综合分析	130
§ 10-4 制定零件机械加工工艺规程的原则和方法	134
§ 10-5 典型零件加工过程分析	137
思考题	145
第十一章 通用设备简介	147
§ 11-1 起重设备	147
§ 11-2 输送设备	149
§ 11-3 泵	151
§ 11-4 风机	154
思考题	155

绪 论

随着我国国民经济的不断发展,各行业都需要大量的机器、设备和运输工具。这些产品都是由许多零件、部件装配而成。要想装配出质量合格的产品,必须首先加工出质量合格的零件。加工零件的方法很多,一般可分为热加工和冷加工两大类。热加工包括铸造、锻压、焊接和热处理等。现代精密铸造、精密锻压和粉末冶金技术,已能够使一些零件在热加工后,不再用切削加工就可达到使用要求,但它们的适用范围有限。一般说来,热加工只能得到质量较低的成品、半成品或毛坯。而机械产品中的大部分零件,特别是精度要求高的零件,还必须经过切削加工。

使用刀具从毛坯或半成品上切去多余的金属,形成新的已加工表面,获得符合技术要求的零件或半成品的加工方法,称为切削加工。切削加工是在金属材料的常温状态下进行的,属于冷加工。它包括机械加工和手工加工两种。其主要形式有:车削、钻削、刨削、铣削、磨削、镗削、齿轮加工及钳工等。

金属切削机床是用刀具对金属材料进行切削加工的主要设备。在一般机械制造中,约占总设备的60~80%。

了解各种切削加工方法及其所用设备,研究切削过程中的基本规律,对管理生产、提高产品质量和生产率,降低产品成本等都是十分重要的。

“机械制造工艺与设备”是在长期生产实践中发展起来的一门学科。

我国是世界上应用铜、铁等金属材料最早的国家,早在四千年前就已经开始使用铜。在湖南衡阳出土的相当精致的东汉人字齿轮,说明在汉朝就有了金属机件。到了明朝,已经出现了很多简单的切削加工设备。1668年曾使用直径近二丈的嵌片铣刀,由牲畜作动力带动旋转,用来铣削天文仪上的铜环。为提高精确度,把铣刀换成磨石,对大铜环进行磨削加工。

明朝宋应星所著《天工开物》一书,内有冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、淬火等各种金属加工方法,它是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一,这充分反映了我国人民在金属加工工艺方面的卓越成就。

通过上述事实,说明我国古代在金属加工工艺方面的科学技术都曾远远超过同时代的欧洲,当时在世界上处于遥遥领先的地位,对世界文明和人类进步做出过巨大的贡献。但是由于封建制度的长期统治,特别是近百年来外国的侵略,国内反动统治阶级的残酷剥削和压迫,严重地阻碍了我国生产力的发展,才使我国科学技术发展停滞落后了。解放前我国的工农业生产和科学研究都处于极端落后的状态。

新中国成立以后,我国工农业生产才得到了迅速发展,建立了机械制造、矿山冶金、交通运输、石油化工、电子仪表、宇宙航行等许多现代化工业,为国民经济的进一步高速发展奠定了牢固的基础。与此同时,原子弹、氢弹、导弹、核潜艇的试验成功,人造地球卫星的发射和准确回收,又集中标志着我国科学技术达到了新的水平。

我们已经取得了很大的成绩,但是也应该看到,当前我国的机械产品质量、技术水平、劳动生产率、经济效益和管理水平等方面与其他先进的工业化国家相比尚存一定的差距。不

能适应国民经济高速发展的需要。因此，应加速培养出新的高水平的机械工程技术人才和机械工业企业专业管理人才，为振兴机械工业做出积极的贡献。

“机械制造工艺与设备”是机电工业企业管理专业的一门技术基础课。本课程的教学目的和任务是：使学生熟悉切削加工工艺和所用设备的基础知识，为学习后续课程和从事生产技术管理工作打下必要的基础。

学生学完本课程后，应达到下列基本要求：

1. 熟悉各种主要加工方法的基本原理、工艺特点和应用范围；
2. 熟悉各种主要加工方法所使用的设备、工具、简单工艺装备的基本结构和使用范围；
3. 懂得选择零件加工方法和机械加工工艺过程的基本知识；
4. 初步了解切削加工的新技术、新工艺。

由于本课程的实践性和应用性很强，为保证课程顺利进行，本教材的内容应该在教学实习以后进行讲授。在实践基础上进行课堂教学，才能达到本课程的教学目的和要求。

根据教学内容，还应布置一定数量的课堂练习和课外作业，用以巩固所学的知识，以及培养学生能够独立分析和解决一般工艺问题的初步能力。

本课程以课堂教学为主，并应考虑采用必要的电化教学和现场教学等方法。

第一章 零件的精度与检验

§ 1-1 构成机械产品质量的因素

一、概述

随着科学技术和生产的不断发展,国民经济及国防各个部门对机械产品质量的要求越来越高。而机械产品的质量在极大程度上取决于零件、部件和装配的质量。

零件是组成机械产品的基本单元,它一般是通过设计阶段画出总装图,然后在制造阶段按照总装图拆绘的零件图制造零件。零件都是按照图样要求,从原材料或毛坯开始,经粗加工、中间加工(包括热处理工序)和精加工等工序加工出来的。

机械产品的装配过程,是经过许多工序把分散的零件,按照装配图样要求,装成质量合格的产品。

机械产品的产生和形成过程应包括从市场预测、设计、制造乃至销售、服务在内的整个系统。显然,质量应是整个系统中所有阶段的质量的综合结果。一般可归纳为:产品质量和工作质量。

所谓产品质量,就是产品满足使用的性能,如寿命长、精度好、效率高、耗费少、操作方便、安全可靠、价格低、式样美观等程度的特征。这些质量特征可简单的归纳为以下三个方面:

- 1) 通用性 即产品适合使用条件的性能。
- 2) 可靠性 即精度保持性、零件耐用性、安全可靠性等。
- 3) 经济性 即产品的重量、成本、使用中的燃料和动力的消耗、维修费用和所需时间等指标。

产品质量指标,一般是指在一定时期内,根据使用要求和当时生产工艺水平,对产品各项性能所规定的必须达到的要求。据此作为生产、使用、销售和交换的依据。

工作质量是指企业的各项工作对于提高产品质量的保证程度。工作质量反映了企业的技术水平、管理水平和组织的完善程度。

为了控制好产品质量和评定产品质量,必须在产品质量的产生和形成过程中,使各个阶段和各个环节的所有问题和工作都标准化。

二、互换性及其意义

互换性是指按同一图样要求制造出的零件,在装配、维修时,无需任何辅助加工,也不需要调整或选择,就具有任意的互相代换使用并能保证预期质量的性能。

例如,自行车、手表的零件坏了,即可用同一规格的新零件迅速地换上,并且在更换后,能很好地满足使用要求。之所以这样方便,是因为自行车和手表的零件都具有互换性。

在现代化生产中,互换性已成为提高生产水平和促进技术进步的一种措施。按照互换性原则进行生产,可简化零件、部件的设计、制造和装配过程,能显著地缩短产品生产周期,提高生产率,降低生产成本,保证产品质量。

互换性对机器的维护修理也有重大的作用。当机件磨损或损坏后,不用自行测绘、制造,只要换上同一型号规格的备用件,即可使机器恢复正常工作。这样便能缩短检修时间,提高机器的使用率。

此外,互换性也是生产专业化、自动化和厂际之间协作的重要条件之一。

互换性分为完全互换与不完全互换两种。上面所指的互换性由于没有范围的限制,称为完全互换性。它在机械制造业中得到了广泛的应用。

三、标准与标准化

现代化生产中,一种机械产品的制造,往往涉及到许多部门和企业,如果不按照预先制定的统一技术标准去设计、制造、检验和安装使用,就不可能实现互换性生产。

技术标准(简称标准)就是对产品和工程建设的质量、规格及其检验方法等方面所作的技术规定,是从事生产、建设工作的一种共同统一的技术依据。

技术标准分为三级:国家标准(GB);部颁标准(专业标准)和企业标准。

国家和部门只对重要的和通用性的产品或产品中最重要的技术指标,制定标准。

标准化是指制订标准和贯彻标准的全部活动过程。标准化水平是衡量一个国家科学水平、生产技术水平和管理水平的尺度,是现代化的一个重要标志。

四、公差配合的基本概念

1. 公差术语与定义

(1) 基本尺寸 基本尺寸是设计时确定的尺寸。它是计算极限尺寸和极限偏差的起始尺寸。

(2) 实际尺寸 实际尺寸是通过测量获得的尺寸。由于加工误差的影响,零件的实际尺寸不可能和相应的基本尺寸完全相同。所以,实际尺寸有一定的变动范围。

(3) 极限尺寸 极限尺寸是指允许尺寸变化的两个极限值。它以基本尺寸为基数来确定。两个极限尺寸中较大的一个称为最大极限尺寸;较小的一个称为最小极限尺寸。

(4) 尺寸偏差 尺寸偏差是指某一尺寸减其基本尺寸的代数差。最大极限尺寸减其基本尺寸的代数差称为上偏差;最小极限尺寸减其基本尺寸的代数差称为下偏差。上、下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减其基本尺寸的代数差称为实际偏差。偏差可为正、负或零值。合格零件的实际偏差应在规定的极限偏差范围内。

(5) 尺寸公差(简称公差) 尺寸公差是指允许尺寸的最大变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值;也等于上偏差与下偏差的代数差的绝对值。公差永远是正值。

(6) 公差带 公差带是表示公差值范围的图形,其宽度等于相应的公差值。

(7) 基本偏差 基本偏差是用来确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差,一般是指靠近零线位置的那个偏差(零线表示基本尺寸,零线上方为正偏差,零线下方为负偏差)。当公差带位于零线上方时,其基本偏差为下偏差;位于零线下方时,其基本偏差为上偏差。基本偏差系列用拉丁字母及其顺序表示。

2. 配合术语与定义

(1) 配合 基本尺寸相同的,相互结合的孔和轴公差带之间的关系,称为配合。按照孔、轴公差带相对位置的不同,可形成三种配合。

(2) 间隙配合 在孔与轴配合中,孔的尺寸减去相配合轴的尺寸,其差值为正时称为

间隙。间隙配合时，孔的公差带在轴的公差带之上。孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差，称为最大间隙；孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差，称为最小间隙。

(3) 过盈配合 在孔与轴配合中，孔的尺寸减去相配合轴的尺寸，其差值为负时称为过盈。过盈配合时，孔的公差带在轴的公差带之下。孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸所得的代数差，称为最大过盈；孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸所得的代数差，称为最小过盈。

(4) 过渡配合 在孔与轴配合中，孔与轴的公差带相互交迭，任取其中一对孔和轴相配，可能具有间隙，也可能具有过盈的配合。

§ 1-2 零件的加工质量

现代机械产品的质量要求较高，对其大部分零件的加工质量也相应地提出了高的要求。为满足这些要求，目前除了很少一部分零件是采用精密铸造或精密锻造的方法直接获得外，绝大部分零件还是要靠切削加工的方法来保证。因此，如何正确地进行切削加工以保证零件质量，并提高生产率和降低成本，具有重大的意义。

零件的加工质量包括加工精度和表面质量。所谓表面质量，是指工件经切削加工后，表面的粗糙度、表面层加工硬化的程度、表面层残余应力的性质及大小和表面金相组织等，它们对零件的使用性能有很大影响，特别是表面粗糙度对使用性能影响更大。所以，一般说来，标志着零件加工质量高低的主要指标是加工精度和表面粗糙度。

一、加工精度

所谓加工精度，是指工件在加工后，其尺寸、形状和相互位置等参数的实际数值同它们绝对准确的各个理论参数相符合的程度。相符合的程度越高，亦即偏差（加工误差）越小，则加工精度越高。加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度。

1. 尺寸精度 尺寸精度是指加工表面本身的尺寸精确程度（如圆柱面的直径）和表面间的尺寸精度（如孔间距离等）。零件的尺寸要加工得绝对准确既不可能也没有必要。在保证零件使用要求的前提下，应给出尺寸公差。精度越高，则公差值越小。《公差与配合》国家标准（GB1800~1804—79，简称新国标）中将确定尺寸精度的标准公差等级分为20级，分别用IT01、IT0、IT1、IT2、IT3、…、IT18表示。IT01的公差值最小，精度最高。新国标的公差等级与旧国标的精度等级的对照及应用见表1-1。

由于在加工过程中，有很多因素影响加工精度，所以同一种加工方法在不同条件下，所能达到的精度是不同的。甚至在相同的条件下，采用同一种方法，如果多费一些工时，细心地完成每一操作，也能提高它的加工精度。但这样做却降低了生产率，增加了生产成本，因而不经济的。通常所说的采用某种加工方法所达到的精度，是指在正常操作情况下所达到的精度，称为经济精度。

设计零件时，首先应根据零件结构尺寸的重要程度，来确定选用哪一级精度。其次还应考虑本厂的设备条件和加工费用的高低等因素。总之，选择精度等级的原则是在保证能达到技术要求的前提下，选用较低精度的公差等级。

2. 形状精度和位置精度 为了保证机械产品的精度和使用性能，只靠尺寸公差来保证

表1-1 新公差等级与旧精度等级的对照与应用

新公差等级	旧精度等级		加 工 方 法	应 用
	轴	孔		
IT01~IT2			研磨	用于量块、量仪制度
IT3~IT4			研磨	用于精密仪表、精密机械的精密加工
IT5	1		研磨、珩磨、精磨、精铰、 精拉	用于一般精密配合。IT7~IT6在机 床和较精密的机器、仪器制造中应用最 广
IT6	2	1		
IT7	3	2		
IT8	3~4	3		
IT9	4		车、镗、铣、刨、插	用于一般要求。主要用于长度尺寸的 配合处，如键和键槽的配合
IT10	5			
IT11	6		粗车、粗镗、粗铣、粗刨、 插、钻、冲压、压铸	用于不重要的配合。IT13~IT12也 用于非配合尺寸
IT12~IT13	7			
IT14	8		冲压、压铸	用于非配合尺寸
IT15~IT18	9~12		铸造、锻造、焊接、气割	

零件的精度是不够的，还必须对零件表面的几何形状和相互位置提出必要的精度要求，简称形位精度要求。

形位精度对机床、器械、仪器、仪表、量具和刀具等各种机械产品的工作精度、联结强度、密封性、运动平稳性和耐磨性等都有很大影响。特别是对精密机器、精密仪器以及经常在高速、高温和重载条件下工作的机械，它的影响更为严重。所以形位精度的高低，是评定产品质量的一项重要技术指标。

(1) 形状精度 形状精度是指零件上的线、面要素的实际形状相对于理想形状的准确程度。零件上的线、面要素的几何形状不可能做得绝对准确，只能控制在一定的误差范围内，即用形状公差来进行控制。为了适应各种不同情况，国家标准(GB1182~1184—80)规定了六项形状公差，即：直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度、面轮廓度等。

(2) 位置精度 位置精度是指零件上点、线、面要素的实际位置相对于理想位置的准确程度。国家标准(GB1182~1184—80)规定了八项位置公差，即：平行度、垂直度、倾斜度、同轴度、对称度、位置度、圆跳动和全跳动等。

(3) 形位公差的选择 在图样上标注形位公差时要根据零件的具体要求，考虑加工的经济性，按GB1184—80形位公差数系表确定被测要素的公差值。若零件图样上未注出形位公差，则加工时应遵循GB1184—80“形状和位置公差未注公差”的规定。

形位公差要求如用一般机床加工时能保证的，在图样上不必标出，一般也不检查。对形位公差要求高的零件，应在图样上标注。形位公差等级分为1~12级(圆度和圆柱度分为0~12级)，1级最高，公差值最小，12级最低。同级精度中，形位公差值随基本尺寸的增大而增大。

选择形位公差时，在满足零件功能要求的条件下，应考虑选用最经济的公差等级或公差值，当尺寸公差能限制形位公差时，同一要素的形状公差<位置公差<尺寸公差；对于轴、

孔有配合要求的要素,其形状公差一般取尺寸公差的25~63%;对单一平面的表面粗糙度值可为其形状公差的20~25%。

二、表面粗糙度

1. 表面粗糙度的评定参数 在切削加工中,由于刀痕、振动以及刀具和工件之间的摩擦,在工件的已加工表面上不可避免地要产生一些微小的峰谷。表面上微小峰谷的高低程度,称为表面粗糙度,也称微观不平度。即使是光滑的磨削表面,放大后也会发现具有高低不平的微小峰谷。

国家标准(GB3503—83、GB1031—83、GB131—83)规定了表面粗糙度的评定参数和评定参数允许数值。常用的评定表面粗糙度的参数是轮廓算术平均偏差 R_a 和微观不平度十点高度 R_z 。

(1) 轮廓算术平均偏差 R_a 在取样长度 l 内,被测轮廓上各点至轮廓中线偏距绝对值的算术平均值(见图1-1)。

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad \text{或近似为} \quad R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

(2) 微观不平度十点高度 R_z 在取样长度 l 内,5个最大的轮廓峰高 y_{pi} 的平均值与5个最大的轮廓谷深 y_{vi} 的平均值之和(图1-2),谷深不取成负值。

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi} \right)$$

2. 表面粗糙度对零件质量的影响 表面粗糙度对零件使用情况有很大影响,主要有以下几个方面:

(1) 对耐磨性的影响 由于零件表面具有一定粗糙度,使两个零件的实际接触面积比理论接触面积要小,接触比压增大。当压力超过材料的屈服极限时,表面凸峰会产生塑性变形,使表面磨损加剧。但表面粗糙值过小,亦会使润滑油被挤出而加快磨损。因此需将表面粗糙度值控制在一定的范围内。

(2) 对疲劳强度的影响 在交变载荷作用下,零件表面微观不平的凹谷易产生应力集中而引起裂纹,甚至断裂,降低了零件的疲劳强度。

(3) 对耐腐蚀性的影响 零件表面凹凸不平的谷底,易储存腐蚀性介质。其腐蚀作用将从谷底深入金属内部,凹谷深度越大,凹谷底部角度越小,腐蚀作用越严重。

(4) 对配合性质的影响 表面粗糙度会影响配合性质的稳定性。例如对间隙配合,由于粗糙轮廓的凸峰被磨去,使配合间隙增大;对过盈配合,当采用压入配合时,其粗糙表面的凸峰被挤平,使实际过盈量减小。

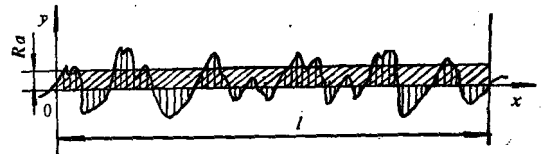


图1-1 轮廓算术平均偏差

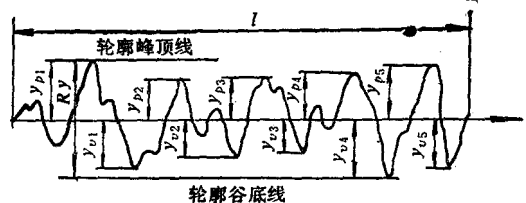


图1-2 微观不平度十点高度

此外,减小零件表面粗糙度值,还可增强连接的密封性能(不漏气、不漏油),并能使零件表面美观。

3. 表面粗糙度的选用原则 设计零件时,需根据具体条件选择适当的表面粗糙度评定参数及其允许值。表面粗糙度的允许值越小,加工越困难、成本越高。选用时可参考以下原则:

(1) 同一零件上,工作表面的粗糙度值应小于非工作面的粗糙度值。

(2) 对于摩擦面,速度越高,单位面积压力越大,则粗糙度值应越小。特别是滚动摩擦表面,粗糙度值要求更小。

(3) 对于承受交变载荷的表面以及圆角、沟槽处,为避免应力集中,应保证有较小的粗糙度值。

(4) 配合性质要求稳定可靠时,其配合表面的粗糙度值应小些。

(5) 公差等级和形位精度要求越高的表面,其粗糙度值应越小。

表1-2 金属表面不同粗糙度参数的表面特征和加工方法

表面要求	加工方法举例	表面粗糙度符号及参数($Ra/\mu m$)	旧国标光洁度级别代号	表面特征
不加工		∇	CS	铸、锻、型材等毛坯表面
粗加工	粗车、粗铣、粗刨、钻、粗铰	$\frac{5.0}{\nabla}$	$\nabla 1$	明显可见刀痕
		$\frac{2.5}{\nabla}$	$\nabla 2$	可见刀痕
		$\frac{12.5}{\nabla}$	$\nabla 3$	微见刀痕
半精加工	半精车、精车、半精铣、精铣、半精刨、精刨、拉、粗磨、铰、铰	$\frac{0.3}{\nabla}$	$\nabla 4$	可见加工痕迹
		$\frac{0.2}{\nabla}$	$\nabla 5$	微见加工痕迹
		$\frac{1.6}{\nabla}$	$\nabla 6$	不见加工痕迹
精加工	精车、超精车、精铰、磨、珩磨、刮	$\frac{0.8}{\nabla}$	$\nabla 7$	可辨加工痕迹的方向
		$\frac{0.4}{\nabla}$	$\nabla 8$	微辨加工痕迹的方向
		$\frac{0.2}{\nabla}$	$\nabla 9$	不可辨加工痕迹的方向
超精加工	超精磨 超精加工 镜面磨 研磨	$\frac{0.1}{\nabla}$	$\nabla 10$	暗光泽面
		$\frac{0.05}{\nabla}$	$\nabla 11$	亮光泽面
		$\frac{0.025}{\nabla}$	$\nabla 12$	镜状光泽面
		$\frac{0.012}{\nabla}$	$\nabla 13$	雾状镜面
		$\frac{0.008}{\nabla}$	$\nabla 14$	镜面

(6) 有防腐蚀、密封或装饰性要求的表面,其粗糙度值应较小。

表1-2为表面特征、表面粗糙度值及相应的切削加工方法说明。

4. 表面粗糙度的测量方法 生产中测量表面粗糙度常用的方法是比较法,就是将被测表面与粗糙度标准样块进行对比,用目测或抚摸、指甲划动等感触判断表面粗糙度值的大小。此法简便易行,适用于车间检验,但它不能确定表面粗糙度的具体数值。故只能用于表面粗糙度值较大时的近似检验。当检验比 $Ra0.1\mu m$ 小的粗糙度值时,需采用比较显微镜、双管显微镜、干涉显微镜等测量粗糙度的仪器。

为了便于比较,粗糙度标准样块的材料、形状及加工方法都应与被测零件相同,也可以从被测零件中挑选样品,经仪器测定其粗糙度值后,作为粗糙度样块。

§ 1-3 零件的检验

一、技术测量的基本概念

零件经机械加工后是否能符合图样所规定的技术要求,需要使用适当的量具或工具,按照一定的测量方法进行测量、检验才能知道。

测量的实质,就是将一个被测量的量和一个作为测量单位的标准量进行比较的过程,从而确定它是测量单位的多少倍或几分之几。

将测量结果与零件图样或装配图样上的技术要求进行对比,从而判断零件、原材料、毛坯件以及工艺装备等是否合格或者超差多少的过程叫做检验。显然,检验具有测量和验收的双重意义。

由于测量器具和标准件也存在误差,因此,需要对它们用高精度的标准件或仪器,按照检定规程定期地进行检验,并且给出校正值,这种方法通常叫做检定。例如,检定量块、检定仪器和刻线尺等。

由于测量时可以用不同的器具和不同的方法来进行,并且得到不同的测量精度。因此,测量包括四个方面的因素:测量对象、测量单位、测量方法和测量精度(或测量误差)。测量精度是表示测量所得值的精确程度。

在零件加工和装配工艺过程中,检验工序是整个工艺过程不可缺少的组成部分,而测量则是检验工序的主要内容。现代工业中的机械化、自动化、高效率、低成本生产,必须有自动化、高效率的测量来与之相适应。因此,测量精度和测量效率的水平,实质上也是衡量机械制造发展水平的重要标志之一。

通过技术测量可以保证零件的质量,还可以分析零件的加工工艺,积极采取预防措施,避免产生废品。由此可见,技术测量的发展,对于机械工业生产,加速我国经济建设,具有非常重要的作用。

二、长度基准

机械加工精度的测量,一般都可归结为“长度”和“角度”这两个量的测量,而角度也可通过长度的比值来表示。所以,机械加工精度的测量,实质上就是长度测量。

为了进行长度测量,首先要规定一个基本客观标准,即长度测量单位。这个长度测量单位必须是稳定可靠的。长度单位是计量单位的基本单位之一。目前世界上采用的单位制主要有米制(即公制)和英制两大类。米制中又可进一步分为几种单位制,其中之一是国际单位

制。我国的法定计量单位是以国际单位制为基础制定的。

三、测量器具的分类与选择

1. 测量器具的分类 测量器具是测量工具和测量仪器的总称。通常把没有传动放大系统的测量工具称为量具，如游标卡尺、千分尺、直角尺、量规等；把具有传动放大系统的测量器具称为量仪，如机械比较仪、测长仪、投影仪等。

从计量学的观点，测量器具可分为基准量具和工作量仪两大类。

基准量具是体现长度、角度基准的标准件，例如基准量块、基准刻线尺、基准角度块或多面棱体、表面粗糙度基准样块等。

工作量仪是用来测量零件的各种测量器具，也包括用于检定各种基准量具的仪器和检定装置。

工作量仪的种类繁多，例如，有固定示值的量规、样板、直角尺等定值量具，它们一般没有刻度，因此不能测出零件的实际尺寸，而只能按技术要求判断其是否合格。大量的的是具有刻度或示数装置的变值量仪，例如，各种机械的、气动的、光学的以及机、电、光综合的量仪。

2. 测量器具的选择 正确地选择和使用测量器具，是保证检验质量的重要条件。选用时，应满足以下几点要求：

1) 所选择的测量器具的度量指标（即刻度值、示值范围、测量范围、灵敏度等指标）应与被测零件的外形、尺寸大小、位置相适应。

2) 测量器具的测量极限误差必须小于或等于被测工件的尺寸精度所允许的测量极限误差。在正常情况下，测量误差的最大值称为测量极限误差。不同的测量器具，其测量极限误差是不同的。被测零件的公差不同，所允许的测量极限误差也不同，其数值一般为被测零件公差的 $1/10 \sim 1/3$ 。

3) 尽可能减少测量器具和检验工作的成本。

四、测量方法的分类与选择

1. 测量方法的分类 测量方法一般是测量器具、测量方式、测量条件等的综合。对于零件某一参数的测量，可以在不同条件下，用不同的测量器具，采用不同的测量方式来完成。按不同的观点，测量方法可分为以下几类。

(1) 直接测量 从测量器具的读数装置上可直接得到所要测的量的整个数值或相对于标准量的偏差。直接测量又可分为绝对量法与相对（比较）量法。

若从读数装置上得到的是被测的量的整个数值，则称为绝对量法。例如，用游标卡尺、千分尺等测量零件的直径。若从读数装置上得到的仅仅是被测的量相对于标准量的偏差值时，则称为相对量法。由于标准量是已知的，因此被测的量的整个数值即为读数装置所指示的偏差值与标准量的代数和。例如，用经过量块调整的比较仪测量零件直径。

(2) 间接测量 先测量与被测的量有关的量，然后经过计算，才能得到所要测的量。例如，测量大尺寸圆柱形零件的直径 d 时，可先测量出其圆周长度 L ，然后通过 $d = L/\pi$ ，求得直径 d 。

(3) 综合测量 同时测量零件几个相关参数的综合效应或综合参数。例如，齿轮的综合测量，螺纹的综合测量等。

(4) 单项测量 分别测量零件的各个参数。例如，分别测量齿轮的齿厚、齿形、齿距；分别测量螺纹的实际中径、螺距、半角等。

2. 测量方法的选择 测量方法的选择主要是根据测量的目的, 生产批量, 被测件的结构、尺寸, 精度特征及现有仪器设备条件等。例如, 为了对被加工零件的制造误差进行工艺分析, 往往采用单项测量; 成批、大量生产条件下, 为提高检验效率常用相对测量法; 对加工完的零件, 只为了保证其互换性时, 用综合量法; 对不宜直接测量的参数可用间接测量法等等。在选择测量方法时, 往往对不同方案, 从精度、经济性和效率等几个方面进行分析对比, 从中选出最佳方案。

五、测量基准及定位方式的选择

为保证零件的加工精度与测量精度, 应尽可能地保证零件的定位基准、测量基准与设计基准相一致。

定位方式的选择, 主要是与被测件的几何形状和结构形式有关。如对平面测量可用平面或三点支承定位; 对于球面可用平面或V形块定位; 对于外圆柱面可用V形块或顶尖、三爪卡盘定位; 对于内圆柱表面可用心轴、内三爪卡盘定位等。

六、测量误差

在测量过程中, 无论使用什么测量器具和采用什么测量方法, 总是不可避免地存在着测量误差。测量误差按其性质可分为: 系统误差、偶然误差和过失误差。

1. 系统误差 在重复测量同一量时, 误差的大小与方向(正或负)保持不变, 或按一定规律变化的误差, 称为系统误差。例如, 用在零位时有 0.02mm 误差的游标卡尺去测量一批轴径, 就存在 0.02mm 的系统误差。

引起系统误差的主要原因是测量器具刻度不准确, 零位不正确, 指针与刻度偏心, 温度误差等。

2. 偶然误差 在重复测量同一量时, 误差的大小和方向都没有一定规律, 这种误差称为偶然误差。它是由许多难以控制的微小因素造成的。例如, 测量器具中传动部分的间隙和摩擦, 联接零件的弹性变形, 测量力的变化, 目测或估计时的判断不准确等都会引起偶然误差。

为减少偶然误差的影响, 可以对同一量进行多次测量, 然后取其算术平均值作为测量结果。

3. 过失误差 是指测量者在测量或计算时粗心大意, 或测量时仪器受到冲击使测量条件突然改变, 所造成的数值很大的误差。

过失误差数值远远超过了系统误差和偶然误差。在测量中, 如发现有过失误差时, 应重新测量或将其剔除不计。

七、质量检验及其方式

在设计过程中, 即使按照互换性原则, 对机械产品中各组成零件的有关尺寸都规定了合理且经济的公差, 也不一定实现零件、部件的互换性。只有对形成产品的有关因素, 诸如: 原材料、毛坯、外购件(标准件和专用部件)、外协件、半成品、工具、设备及工序的质量等, 通过测量获得准确的测量结果, 并按标准、规范的要求逐项验收, 不合格的不验收或不转入下道工序, 方能保证零件、部件的互换性。因此, 质量检验也是组织互换性生产必不可少的重要手段。

为合理控制产品质量, 应根据不同检验对象采用不同的检验方式。按照各种检验方式的不同特点和作用, 质量检验方式分为以下几种: