

教育部 高职高专 推荐教材
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuan Tuijian Jiaocai

机械加工工艺基础

(金属工艺学Ⅲ)

机械类专业适用

司乃钧 主编

高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS



教育部高职高专推荐

机械加工工艺基础

(金属工艺学Ⅲ)

机械类专业适用

司乃钧 主编

高等教育出版社

内 容 简 介

本书是根据1991年国家教委审定批准的《高等学校工程专科金属工艺学课程教学基本要求》(机械类专业适用)中的“机械加工工艺基础课程教学基本要求”编写的教材。

本书内容包括:金属切削加工基本知识、金属切削机床及其加工工艺、机械加工工艺过程的基本知识、典型表面加工方法的综合分析和零件的结构工艺性等。各章后面附有实验和习题。

本书经国家教委高等学校工程专科金属工艺学教材编审组组织审稿通过,并推荐作为高等学校工程专科机械类专业的教材,也可供电大、职大、业大、函大、中等专业学校(招高中生)选用及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工工艺基础:金属工艺 Ⅲ/司乃钧主编. —北京:高等教育出版社,1992.9(2000重印)
高等学校工程专科教材
ISBN 7-04-003947-8

I. 机… I. 司… Ⅲ. ①机械制造工艺-基本知识②金属切削-工艺-高等学校-教材 IV. ①TH16②TG506

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第11585号

出版发行	高等教育出版社		
社 址	北京市东城区沙滩后街55号	邮政编码	100009
电 话	010—64054588	传 真	010—64014048
网 址	http://www.hep.edu.cn		
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	河北省香河县印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	1992年9月第1版
印 张	13.5	印 次	2000年5月第8次印刷
字 数	310 000	定 价	11.30元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

本书是根据1991年国家教委审定批准的《高等学校工程专科金属工艺学课程教学基本要求》(机械类专业适用)中的“机械加工工艺基础课程教学基本要求”编写的教材。与本书配套使用的教材有《金工实习》(金禧德主编、王志海副主编,高等教育出版社出版)、《机械工程材料》(许德珠主编,高等教育出版社出版)和《热加工工艺基础》(司乃钧、许德珠主编,高等教育出版社出版)。

本书在编写时,在以下五方面作了一定努力和考虑:

(1) 紧密地为高等学校工程专科培养目标服务,侧重应用理论和应用技术,强调对学生实践训练,强调理论联系实际。基础理论的教学是以应用为目的,以必需、够用为度,以掌握概念、强化应用为教学重点。

(2) 为利于学生综合运用、归纳知识,提高分析和解决问题的能力,本教材适当地注意了技术经济的分析,并附有实验和习题。

(3) 力求做到重点突出、少而精、深入浅出、通俗易懂,使教材清晰、形象,易于自学。

(4) 考虑了与《金工实习》的分工和衔接,本着既要避免脱节,又要防止不必要的重复,力求在实习基础上进行总结、归纳和提高。

(5) 全书采用了最新国家标准和法定计量单位。

教学中应先进行实习后进行本课程讲课,亦可实习和讲课穿插进行。实习条件较差的学校,可将实习和讲课内容结合起来教学。使用本书时,可视各校具体情况,对其内容进行调整和增删。带“*”号内容属于自学,或选学,或在金工实习中已讲授过的部分。

每次课后应从习题中选择足够数量的作业题,其余部分的习题可作为课堂讨论题或课后思考题。

本书由哈尔滨机电专科学校司乃钧主编(绪论、第一、二、五~十二章、附录)。参加编写的有:西南交通大学成都分部张根先(第四章)和江南大学谢清(第三章)等同志。

本书由国家教委高等学校工程专科金属工艺学教材编审组组织审稿通过,并推荐作为高等学校工程专科机械类专业的教材。

本书由合肥联合大学王季琨教授和哈尔滨工业大学张学仁教授担任主审。参加审稿会的除主审外,还有东北水利水电专科学校康云武副教授、成都大学王孝达副教授、东北水利水电专科学校孙雅萍老师等。

在编写过程中,得到了哈尔滨机电专科学校王建国和屈丽、山东经济管理干部学院王旭东、北京机床研究所赵文启,以及有关院校、科研单位和工厂同志的指导与帮助,并提供了部分资料,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,编写时间仓促。因此,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

1991年11月

目 录

绪论	1	二、CA 6140 型卧式车床的传动系统	44
第一章 金属切削加工的基本知识	3	*三、单手柄变速操纵机构	49
§ 1.1 零件的加工质量与检验	3	*四、片式摩擦离合器、制动器及其操纵机构	50
一、加工精度	3	§ 2.2 车削加工	51
二、表面粗糙度	5	一、车刀结构	51
三、零件的检验	8	二、工件的装夹方法	52
§ 1.2 切削加工的基本概念	8	三、车削加工方法	54
一、切削加工的运动分析及切削要素	8	四、车削加工的工艺特点和应用	60
二、刀具角度	11	*§ 2.3 其它车床	61
三、刀具材料的选用	14	一、立式车床	61
§ 1.3 金属切削过程及其物理现象	16	二、回轮、转塔车床	62
一、切屑的形成过程及切屑种类	17	三、自动车床	63
二、积屑瘤	19	习题	64
三、切削力与切削功率	20	第三章 钻削与镗削	66
四、切削热与切削温度	22	§ 3.1 钻削加工	66
五、刀具磨损与刀具耐用度	23	一、钻床	66
§ 1.4 提高生产率的途径	25	二、钻孔	67
一、生产率	25	§ 3.2 扩孔与铰孔	72
*二、刀具角度的合理选择	26	一、扩孔	72
*三、切削用量的合理选择	30	二、铰孔	73
四、切削液的选用	30	§ 3.3 镗削加工	74
五、工件材料的切削加工性	31	一、镗床	74
§ 1.5 金属切削机床的分类与型号的编制	32	二、镗孔	76
一、金属切削机床的分类	32	习题	77
二、金属切削机床型号的编制方法	33	第四章 刨削、插削与拉削	79
实验一 车刀几何角度测量	35	§ 4.1 刨削加工	79
实验二 切削用量对表面粗糙度的影响	38	一、刨床与刨刀	79
实验三 金属切削过程物理现象实验	40	二、刨削加工	81
习题	40	§ 4.2 插削加工	83
第二章 车削	43	一、插床	83
§ 2.1 CA 6140 型卧式车床	43	二、插削加工	83
一、CA 6140 型卧式车床的组成和应用	43	§ 4.3 拉削加工	84
		一、拉床与拉刀	84

二、拉削加工	85	*二、渐开线	126
三、拉削的工艺特点和应用	86	*三、分度圆和模数	126
习题	87	四、压力角	126
第五章 铣削	88	五、圆柱齿轮精度	127
§ 5.1 铣床与铣刀	88	§ 7.2 圆柱齿轮齿形加工	129
一、铣床	88	一、成形法(仿形法)	129
二、铣床附件	90	二、展成法(包络法、范成法)	130
*三、铣刀	90	*三、齿端加工	134
§ 5.2 铣削过程	91	§ 7.3 圆柱齿轮精整加工	134
一、铣削用量要素和切削层几何参数	91	一、剃齿	134
二、铣削力	92	二、珩齿	135
三、铣削方式	93	三、磨齿	136
四、铣削加工	96	四、研齿	138
五、铣削的工艺特点和应用	101	§ 7.4 齿形加工方案的选择	138
§ 5.3 先进铣削工艺简介	102	习题	139
一、高速铣削法	102	第八章 数字控制机床与特种加工	140
二、阶梯铣削法	102	§ 8.1 数字控制机床	140
三、强力铣削法	102	一、数控机床基本工作原理	140
习题	103	二、数控机床的种类	142
第六章 磨削	104	三、数控机床的特点和应用	143
§ 6.1 磨床与砂轮	104	四、数控机床的发展	144
一、磨床	104	§ 8.2 特种加工	144
二、磨床液压传动的工作原理和特点	106	一、电火花加工	145
三、砂轮	108	二、电解加工	146
§ 6.2 磨削加工	112	三、电解磨削	147
一、磨削过程	112	四、超声波加工	148
二、磨削加工方法	113	五、激光加工	150
三、先进磨削方法	118	习题	151
四、磨削的工艺特点	119	第九章 典型表面加工方法分析	152
§ 6.3 光整加工简介	120	§ 9.1 外圆表面加工	152
一、研磨	120	一、外圆表面的技术要求	152
二、珩磨	121	二、外圆表面加工方案的分析	152
三、超级光磨	122	§ 9.2 孔加工	153
四、抛光	123	一、孔的技术要求	153
习题	123	二、孔加工方案的分析	153
第七章 齿轮齿形加工	125	§ 9.3 平面加工	155
§ 7.1 齿轮的基本知识	125	一、平面的技术要求	155
一、齿轮的功用与分类	125	二、平面加工方案的分析	155

§ 9.4 螺纹加工	156	§ 11.1 零件结构的切削加工工艺性	181
一、螺纹的种类与技术要求	156	§ 11.2 零部件结构的装配工艺性	188
二、螺纹的加工方法	156	习题	190
习题	160	第十二章 典型零件工艺过程分析	193
第十章 机械加工工艺过程的基本知识	162	§ 12.1 轴类零件加工	193
§ 10.1 基本概念	162	一、机械加工工艺特点	193
一、生产过程与工艺过程	162	二、传动轴加工工艺过程	194
二、机械加工工艺过程的组成	162	*§ 12.2 套类零件加工	196
三、生产纲领与生产类型	163	一、机械加工工艺特点	196
§ 10.2 安装与基准	165	二、衬套加工工艺过程	197
一、工件的安装	165	§ 12.3 轮盘类零件加工	199
二、基准	166	一、机械加工工艺特点	199
三、定位基准的选择	167	二、典型工艺过程	200
四、定位原理	169	三、双联齿轮加工工艺过程	200
五、夹具的基本知识	171	*§ 12.4 箱体类零件加工	201
§ 10.3 机械加工工艺规程的制定	172	一、机械加工工艺特点	202
一、工艺规程的作用	172	二、床头箱加工工艺过程	202
二、工艺规程的制定步骤	173	习题	205
习题	177	附录 部分金属切削机床类、组、系划分表	208
第十一章 零件的结构工艺性	181	主要参考文献	210

绪 论

随着国民经济的不断发展,各行业都需要大量的机器、设备和交通运输工具等机械产品。这些产品都是由很多零件、部件装配而成。要想装配出合格的产品,必须先加工出合格的零件。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、锻造、焊接和热处理等。现代精密铸造、精密锻造和粉末冶金技术,已能够使一些零件在热加工后,不再用切削加工方法进行加工就可达到较高的质量。但是,目前它们的应用范围还不大,一般铸造、锻造、焊接只能得到形状、尺寸比较粗糙的成品或半成品。机械中的大部分零件,特别是质量要求高的,还需经过切削加工。因此,正确地进行切削加工,对保证零件质量、提高生产率和降低成本有着重要意义。

金属切削加工是使用切削工具从工件上切去多余的材料,以获得几何形状、尺寸精度和表面粗糙度等都符合要求的零件加工方法。金属切削加工是在工件处于常温状态下进行的加工,属于冷加工。金属切削加工可分为钳工和机械加工两大类。

钳工一般是通过人工手持工具进行的切削加工方法。为了减轻劳动强度和提高生产率,目前钳工中的某些工作已逐渐被机械加工所代替,同时钳工工作也逐渐向机械化方向发展。钳工的主要优点是操作灵活方便,适应性强,所以在装配、修理等部门仍经常使用,在生产中仍占有一定的地位。

机械加工是利用机床进行切削加工的方法。机械加工的方法很多,主要有车削、钻削、刨削、铣削、磨削和齿轮齿形加工等。

“金属切削加工工艺”是在长期生产实践中发展起来的一门学科。我国的金属切削加工工艺发展史,可远溯至史前。我国是世界上应用铜、铁最早的国家,早在4000多年前就已开始使用铜。青铜器时代已经出现了金属切削加工的萌芽。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2丈(约6.6m)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。为提高精度,可将铣刀换下装上磨石,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、铸钟、锻铁、淬火等各种金属的加工方法,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,在世界上占有过遥遥领先的地位,对世界文明和人类进步作出过巨大贡献。但是,由于封建制度长期统治,使我国科学技术和生产水平在解放前都处于停滞落后状态。

新中国成立后,我国工农业生产得到了迅速发展,建立了机械制造、矿山冶金、交通运输、石油化工、电子仪表、航空航天等许多现代化工业,为国民经济的高速发展奠定了牢固基础。经过

40 多年的建设,我国的机械工业无论在生产规模方面,还是在产品的品种、数量、质量方面,都有了很大发展,生产出了一批具有世界先进水平的产品。机械产品不仅装备了国内各个生产部门,而且进入了国际市场。

我们已经取得了很大成绩,但也应看到,当前我国机械产品的质量、劳动生产率、技术水平、经济效益和管理水平等方面与其他工业先进的国家相比,尚有较大差距,不能适应国民经济发展的需要。因此,我们必须重视和加速培养出高级应用型机械工程技术人材,为我们机械工业自身科学技术的发展和加工工艺技术的研究作出积极贡献。

“机械加工工艺基础”是机械工程技术人材必修的一门以工艺为主的综合性技术基础课,其主要内容包括:金属切削加工的基本知识、金属切削机床及其加工工艺、机械加工工艺流程的基本知识、典型表面加工方法的综合分析和零件的结构工艺性等。

本课程的教学目的和任务是使学生基本掌握常用机械加工工艺的基础知识,为学习其它有关课程和将来从事生产技术工作准备必要的基础。学完本课程后,应达到下列基本要求:

- (1) 初步掌握基本加工方法的实质、工艺特点和应用范围。了解影响零件质量的因素。
- (2) 熟悉零件的结构工艺性和加工方法。
- (3) 熟悉制订机械加工工艺流程的基本知识。具有选择简单零件加工方法的初步能力。
- (4) 了解主要加工方法所用设备、工具和附件的大致结构和使用范围。
- (5) 初步了解与本课程有关的新技术和新工艺。

实验是培养学生独立工作能力和获得一定实验技能的重要教学环节。为此,学生必须认真阅读教材中有关实验部分的内容,在教师和实验员指导下自己动手做好实验,并应写出实验报告。

在教学过程中应加强电化教学、现场教学和外厂参观,以扩展工艺知识。

本课程的实践性、应用性和针对性都很强,为保证课程顺利进行,本课程放在金工实习后讲授。通过金工实习,在了解金属材料最主要的加工方法及其所用设备、工具,并对主要切削加工工种具有一定基本操作技能的基础上进行课堂教学,才能达到本课程预期的教学目的和要求。

课程中有些工艺知识,例如结构工艺性等内容,尚需在有关后续课程和课程设计、毕业实习、毕业设计中反复练习、提高,才能作到较好地掌握和应用。

第一章 金属切削加工的基本知识

金属切削加工的形式虽然很多,但是它们在很多方面,例如切削时的运动、切削工具以及切削过程中的物理现象等,都有着共同的规律和现象。掌握这些规律和现象是学习各种切削加工方法的基础。同时,对于如何正确地进行切削加工,以保证零件质量,提高劳动生产率和降低生产成本,也有着重要的意义。

§ 1.1 零件的加工质量与检验

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、加工硬化的程度,表层残余应力的性质和大小以及金相组织等,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(如圆柱面的直径)和表面间的尺寸(如孔间距离等)的精确程度。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(GB 1800~1804-79,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IT 01、IT 0、IT 1、IT 2、IT 3、...、IT 18表示。IT 01的公差值最小,精度最高。新国标的公差等级与旧国标(GB 159~174-59)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,因而是经济的。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,确定选用哪一级公差等级。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,选择公差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。

表 1.1 新国标公差等级与旧国标精度等级的对照与应用

新国标公差等级	旧国标精度等级		加工方法	应用
	轴	孔		
IT01~IT2			研磨	用于量块、量仪
IT3~IT4			研磨	用于精密仪表, 精密机件的光整加工
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	磨削、拉削、铰孔、精车、精镗、精铣、粉末冶金	
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, IT12~IT13 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	

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。

(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 (GB 1182~1184—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 (GB 1182~1184—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 GB 1184—80《形状和位置公差 未注公差》附录一“图样上注出公差值的规定”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 GB 1184—80《形状和位置公差 未注公差》正文中的规定。

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,形位公差值随零件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(R_a)可为其形状公差的20~25%。

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。

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微小的峰谷。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。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。

国家标准(GB 3505—83、GB 1031—83、GB 131—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)。

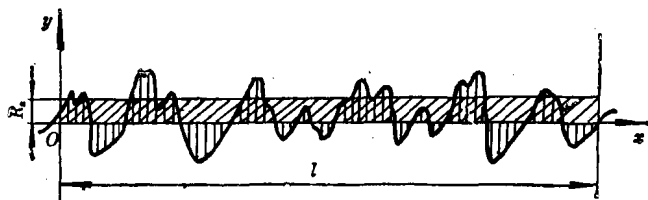


图 1.1 轮廓算术平均偏差

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

或近似为

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

式中 $y(x)$ ——轮廓任意点至中线的距离;

y_i ——轮廓第 i 个取样点到中线的距离;

l ——取样长度;

n ——取样点数。

(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 $y_{p,i}$ 的平均值与 5个最大的轮廓谷深 $y_{v,i}$ 的平均值之和(图 1.2), 谷深不取成负值。

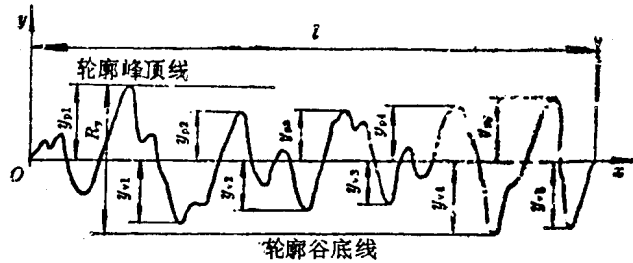


图 1.2 微观不平度十点高度
 R_z ——轮廓最大高度

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{p,i} + \sum_{i=1}^5 y_{v,i} \right)$$

式中 $y_{p,i}$ ——第 i 个最大轮廓峰高;
 $y_{v,i}$ ——第 i 个最大轮廓谷深。

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点时,表面凸峰会产生塑性变形,使表面磨损加剧,从而影响机械的传动效率和零件的使用寿命。但表面粗糙度值过小,工作时亦会因润滑油被挤出而加快接触面的磨损。因此,需将表面粗糙度值控制在一定范围内。

(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 零件表面凸凹不平的谷底,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,当采用压入法装配时,其粗糙表面的凸峰被挤平,使实际过盈量减小,致使联结强度降低。

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。

(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。

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	表面粗糙度参数 $R_a/\mu\text{m}$	旧国标光洁度级别 代号	表面特征
不加工		符号 \surd	\sim	铸、锻、型材等毛坯表面
粗加工	粗车、粗铣、粗刨、 钻、粗铰	50	$\nabla 1$	明显可见刀痕
		25	$\nabla 2$	可见刀痕
		12.5	$\nabla 3$	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	6.3	$\nabla 4$	可见加工痕迹
		3.2	$\nabla 5$	微见加工痕迹
		1.6	$\nabla 6$	不见加工痕迹
精加工	精车、精细车、精 铰、磨、珩磨、刮	0.8	$\nabla 7$	可辨加工痕迹的方向
		0.4	$\nabla 8$	微辨加工痕迹的方向
		0.2	$\nabla 9$	不可辨加工痕迹的方向
光整加工	超精磨、超级光磨、 镜面磨、研磨	0.1	$\nabla 10$	暗光泽面
		0.05	$\nabla 11$	亮光泽面
		0.025	$\nabla 12$	镜状光泽面
		0.012	$\nabla 13$	雾状镜面
		0.008	$\nabla 14$	镜面

注: 根据 GB 1031--83《表面粗糙度 参数及其数值》,表面粗糙度 R_a 值 0.008 为第 2 系列, 其他各值为第一系列; 不加工符号引自 GB 131--83《机械制图 表面粗糙度代号及其注法》。

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 $R_a 0.1 \mu\text{m}$ 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。

三、零件的检验

零件经机械加工后是否能符合图样所规定的技术要求,需要使用适当的器具或工具,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。

通过技术测量不仅可以保证零件的质量,而且可以分析零件的加工工艺情况,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产品质量和效益的提高,具有非常重要的作用。

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。

生产中使用的测量器具分为两类,通常把没有传动放大系统的测量器具称为量具,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。

§ 1.2 切削加工的基本概念

一、切削加工的运动分析及切削要素

1. 零件表面的形成与切削运动

各种机械零件的形状虽然很多,但从几何成形的角度来看,它们都是由圆柱面、圆锥面、平面和成形面等组成。因此,只要能对这几种表面进行加工,就能完成所有机械零件的加工。

圆柱面与圆锥面是以直线为母线、以圆为运动轨迹作旋转运动时所形成的表面。

平面是以一条直线为母线、另一条直线为运动轨迹作平移运动时所形成的表面。

成形面是以曲线为母线、以圆为运动轨迹作旋转运动时,或以直线为运动轨迹作平移运动时所形成的表面。

要加工出以上这些表面,就要求刀具与工件之间必须有一定的相对运动,即所谓切削运动,如图 1.3 所示。

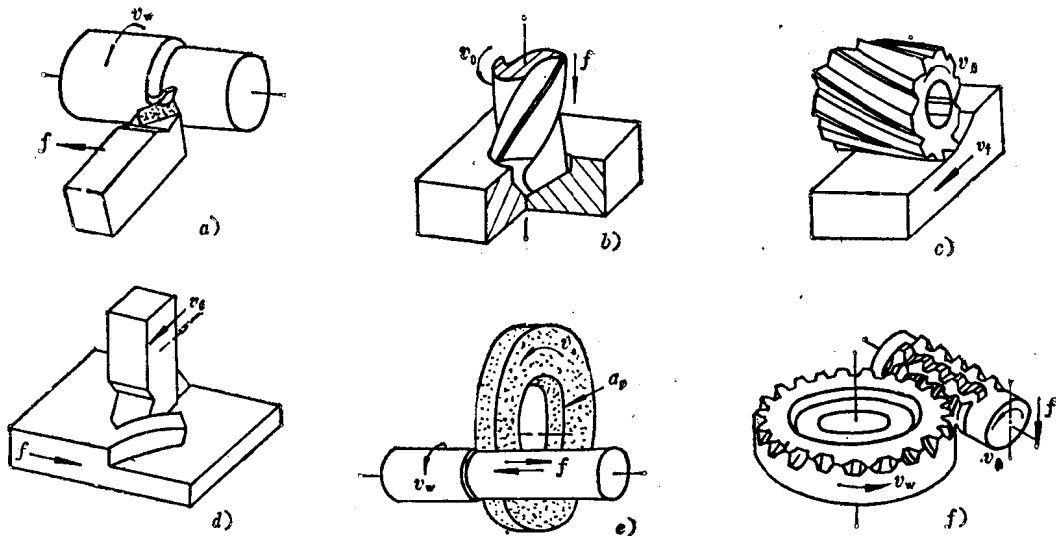


图 1.3 切削运动简图
a)车削; b)钻削; c)铣削; d)刨削; e)磨削; f)齿轮加工

切削运动包括主运动和进给运动。

主运动是切下切屑所需要的最基本的运动。一般情况下,它是切削运动中速度最高、消耗功率最多的运动。任何切削过程必须有一个,也只有一个主运动。进给运动是使金属层不断投入切削,以加工出完整表面所需的运动。进给运动可能有一个或几个。切削运动的形式有旋转的、平移的,有连续的、间歇的。

在每次切削中,工件上形成三种表面(图1.4),待加工表面(将被切除金属层的表面);已加工表面(已切除多余金属而形成的新表面);加工表面(正在被切削的表面)。

2. 切削要素

切削要素包括切削用量要素和切削层几何参数。

(1) 切削用量要素 包括切削速度、进给量和切削深度三要素。

① 切削速度 v 在进行切削加工时,刀具切削刃上的某一点相对于待加工表面在主运动方向上的瞬时速度。单位为 m/s 或 m/min 。若主运动为旋转运动,切削速度为其最大的线速度;即

$$v = \pi d n / (1000 \times 60) \quad m/s \quad \text{或} \quad v = \pi d n / 1000 \quad m/min$$

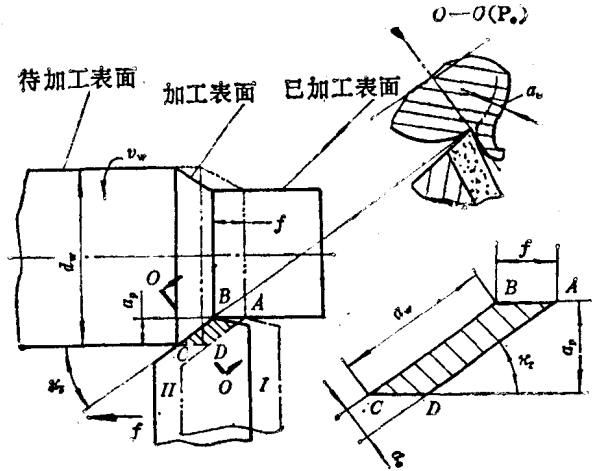


图 1.4 车削时的切削要素

式中 d ——加工表面或刀具的最大直径, mm;
 n ——工件或刀具转速, r/min。

若主运动为往复直线运动(如刨削、插削等),则常以其平均速度为切削速度,即

$$v = 2Ln_r / (1000 \times 60) \text{ m/s}$$

或

$$v = 2Ln_r / 1000 \text{ m/min}$$

式中 L ——刀具或工件作往复直线运动的行程长度, mm;
 n_r ——刀具或工件每分钟(或每秒钟)往复次数, dstr/min。

② 进给量 f 工件或刀具每转一转或往复一次,或刀具每转过一齿时,工件与刀具在进给运动方向上的相对位移。车削时 f 为工件每转一转后,车刀沿进给运动方向移动的距离 (mm/r);刨削时 f 为刨刀(或工件)每往复一次后,工件(或刨刀)沿进给运动方向移动的距离 (mm/dstr)。

③ 切削深度 a_p 待加工表面与已加工表面间的垂直距离,单位为 mm。车削圆柱面时:

$$a_p = (d_w - d_m) / 2$$

式中 d_w ——待加工面直径, mm;
 d_m ——已加工面直径, mm。

(2) 切削层几何参数 切削层是指工件上正被切削刃切削的一层金属。如图 1.4 所示,车削中工件转过一转,车刀由位置 I 移动到位置 II 时,车刀所切下的金属层即为切削层。切削层的几何参数一般在垂直于切削速度的平面内观察和度量(图 1.4 中 ABCD 截面)。

① 切削厚度 a_c 两相邻加工表面间的垂直距离,单位为 mm。如图 1.4 所示,车外圆时

$$a_c = f \sin \kappa_r, \text{ mm}$$

式中 κ_r ——刀具的主偏角。