

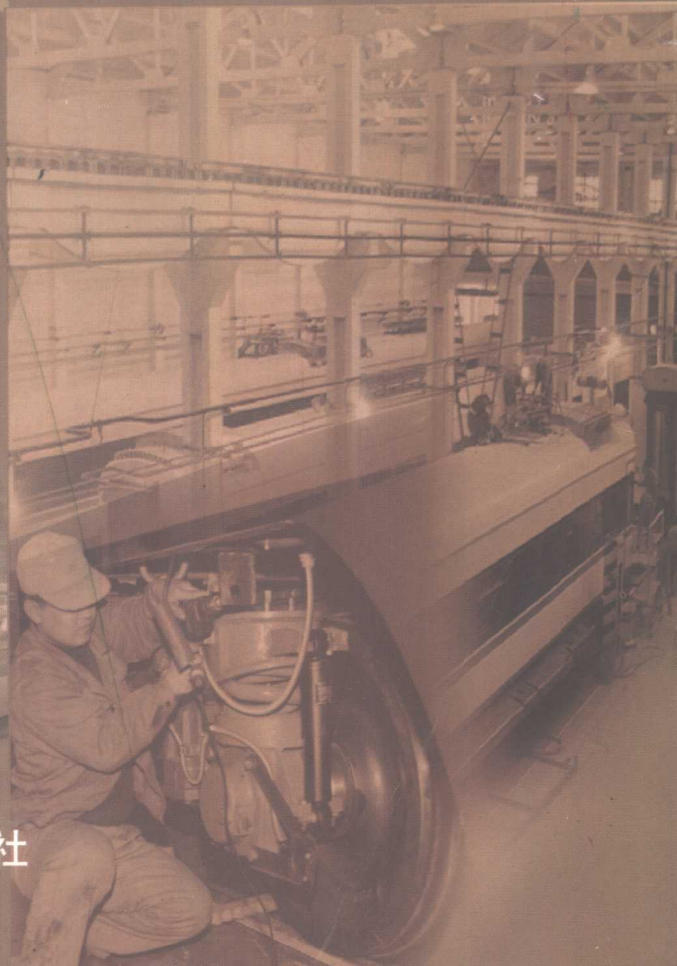
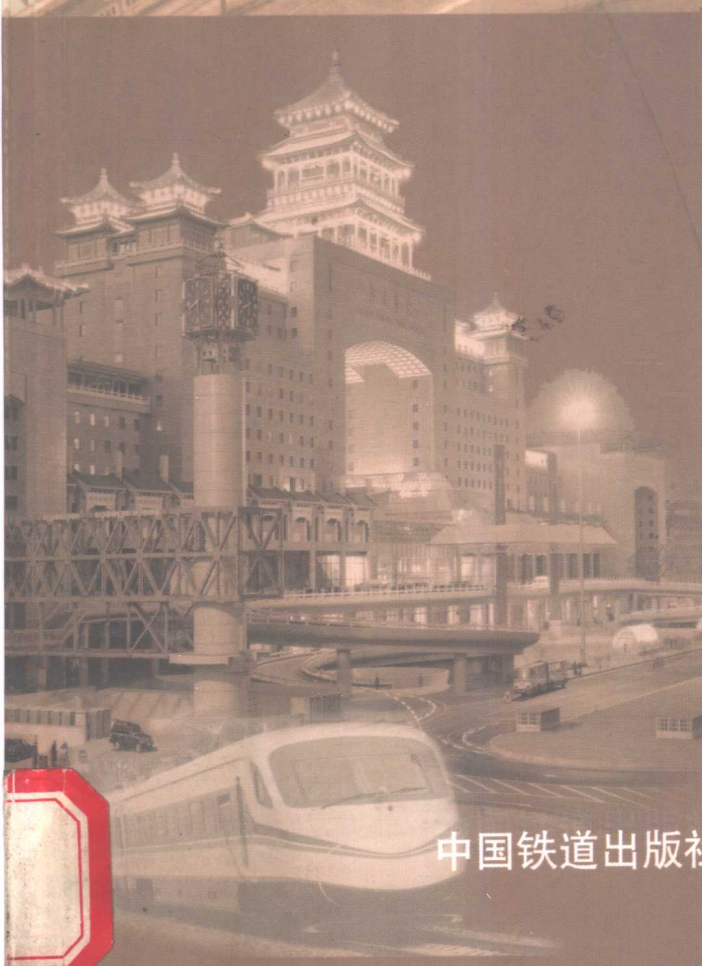


高等学校教材

CHELIANG XIUZAOGONGYI YU ZHUANGBEI

车辆修造工艺与装备

大连铁道学院 陈世和 主编



中国铁道出版社

高等学校教材

车辆修造工艺与装备

大连铁道学院 陈世和 主编
上海铁道大学 夏寅荪 主审

中国铁道出版社

1999年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书是根据高等学校铁道车辆专业教学指导委员会决定编写的,是国家教育部高等学校重点教材。其主要内容有:阐述铁道车辆及其主要零部件制造与修理工艺的基本理论和采用的新技术、新工艺、新材料、新装备。全书共分两部分:第一部分(1~7章)主要介绍车辆转向架、车体钢结构的制造及车辆总组工艺;第二部分(8~10章)主要介绍车辆零部件的损伤及车辆修理工艺的基本知识等。

本书是铁路高等学校车辆专业教材,亦可供铁道车辆制造及修理专业人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

车辆修造工艺与装备/陈世和主编. —北京:中国铁道出版社,1999.9
高等学校教材
ISBN 7-113-03439-X

I. 车… II. 陈… III. ①铁路车辆-车辆制造-工艺-高等学校-教材②铁路车辆-车辆修理-高等学校-教材 IV. U270.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 46947 号

书 名:车辆修造工艺与装备

著作责任者:陈世和

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:吴桂萍

封面设计:李艳阳

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:536 千

版 本:1999年10月第1版 1999年10月第1次印刷

印 数:1—3000 册

书 号:ISBN7-113-03439-X/U·949

定 价:27.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

根据铁道车辆专业教学指导委员会第四次会议的决定,由铁道部 6 所铁路工科高校的同志共同编写《车辆修造工艺与装备》教材。为此,我们首先拟定了本教材的编写大纲并进行了分工。

随着我国铁路客、货列车速度和载重的提高,主型客、货车辆也在更新换代。各车辆制造和修理工厂以及车辆段在车辆修造生产中正越来越多地采用新技术、新工艺、新材料和新装备。本课程是车辆专业的必修课,本教材不仅阐述了铁道车辆制造和修理工艺的基本理论和知识,而且在有关的章节中加强了工艺分析方面的内容;在突出理论联系实际方面,尽可能地反映我国车辆生产中上述“四新”的应用,特别是先进的工艺装备的应用。此外,增加或充实了有关计算机辅助制造(CAM)、机械加工夹具、冲压模具、组焊夹具、车辆零部件损伤形式和损伤理论等方面的内容,以提高学生计算机应用能力和工艺理论水平。

本教材第一章由长沙铁道学院李靖南编写,第二章由上海铁道大学冯铭编写,第三章由大连铁道学院陈世和编写,第四、七章由北方交通大学宋永增编写,第五、六章由大连铁道学院刘岩编写,第八章由西南交通大学霍庶辉编写,第九、十章由兰州铁道学院左丽娟编写。陈世和担任主编,上海铁道大学夏寅荪担任主审。

在本教材编写过程中,得到有关厂、段和科研单位的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

编 者

目 录

第一篇 车辆制造工艺与装备

第一章 转向架零件的机械加工	1
第一节 机械加工工艺基础	1
第二节 机械加工工艺规程的制订	10
第三节 机床加工夹具设计	24
第四节 转向架典型零件加工工艺与设备	40
复习思考题	60
第二章 转向架组装	62
第一节 机械装配的基本知识	62
第二节 轮对的组装	68
第三节 轴箱装置的组装	73
第四节 209HS 型客车转向架的组装	78
复习思考题	88
第三章 车体钢结构零件的冲压加工	89
第一节 概述	89
第二节 冲裁	92
第三节 弯曲	103
第四节 拉延	107
第五节 冲压工艺方案的分析	113
第六节 冷挤压	119
复习思考题	125
第四章 车体钢结构的装配焊接工艺	126
第一节 车体钢结构制造中的焊接工艺	126
第二节 车体钢结构的焊接变形	144
第三节 装配-焊接夹具	154
复习思考题	169
第五章 货车制造	170
第一节 C ₆₄ 型敞车车体钢结构制造概述	170
第二节 中梁组焊工艺	175
第三节 底架组焊工艺	179
第四节 侧墙组焊工艺	184
第五节 端墙组焊工艺	187
第六节 车体钢结构总组装及货车总组装	189
复习思考题	191

第六章 客车制造	192
第一节 客车车体钢结构制造概述.....	192
第二节 底架组焊工艺.....	194
第三节 侧墙组焊工艺.....	197
第四节 车顶组焊工艺.....	200
第五节 车体钢结构总组装工艺.....	204
第六节 高速客车车体的制造特点.....	207
第七节 客车总组装.....	215
复习思考题.....	219
第七章 计算机辅助制造	220
第一节 概论.....	220
第二节 数控技术.....	222
第三节 计算机控制在数控中的应用.....	225
第四节 成组技术.....	229
第五节 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)	234
第六节 计算机集成制造.....	236
复习思考题.....	245

第二篇 车辆修理工艺与装备

第八章 车辆修理总论	247
第一节 车辆零部件的损伤.....	247
第二节 车辆检修制度.....	258
第三节 车辆检修限度.....	265
第四节 车辆修理的工艺过程.....	269
复习思考题.....	271
第九章 转向架检修工艺与装备	272
第一节 转向架检修工艺过程.....	272
第二节 轮对的损伤与检修.....	272
第三节 滚动轴承装置的损伤与检修.....	287
第四节 转向架其他零部件的损伤与检修.....	297
第五节 转向架检修的主要设备.....	301
复习思考题.....	312
第十章 车体钢结构及车钩缓冲装置的检修与装备	313
第一节 车体钢结构的腐蚀与检修.....	313
第二节 车体钢结构的变形、裂纹及其修理	318
第三节 车钩缓冲装置的检修.....	324
第四节 车体钢结构修理的主要设备.....	330
复习思考题.....	333
参考文献	334

第一篇 车辆制造工艺与装备

第一章 转向架零件的机械加工

第一节 机械加工工艺基础

一、基本概念

(一)机械加工工艺的基本概念

机械的生产过程是指将原材料转变为成品的全部过程。它包括：毛坯制造、零件机械加工和热处理、机器装配、成品油漆、质量检验等主要生产过程以及工具、量具、夹具制造，材料与半成品的运输、存储、设备维修、动力供应等辅助生产过程。

工艺就是产品的制造方法和过程的总称。

工艺过程是指生产过程中对改变材料性质、零件形状、尺寸、相对位置关系以及机器外观变化有直接关系的那部分生产过程，统称为机械制造工艺过程或简称工艺过程。工艺过程就其所完成任务不同，又分为铸造、锻压、焊接、机械加工、热处理、表面处理和装配等工艺过程。

将毛坯用金属切削机床加工，成为机械零件的全过程称为机械加工工艺过程。

产品或零部件在生产过程中，由毛坯准备到成品包装入库，经过企业各有关部门或工序的先后顺序，称为工艺路线或工艺流程。

指导工人操作以及用于生产、工艺管理的各种技术文件称工艺文件。

零部件或产品的加工工艺过程可以是多种方式，把最合理的工艺过程有关内容编写成工艺文件，用以指导生产，这套工艺文件称为工艺规程。它是生产中各有关部门和生产人员必须贯彻执行纪律性文件。

编制各种工艺文件和设计工艺装备等过程称工艺设计。

产品投产前要进行对产品图纸的审查和工艺性分析；拟定工艺方案；编制各种工艺文件；设计制造和调整工艺设备；设计合理的生产组织形式等，这些工作总称为工艺准备。

为了达到预期的技术指标，工艺过程中所需选用或控制的有关量称工艺参数。

产品制造过程中所用的各种工具，包括刀具、夹具、模具、量具、检具、辅具、钳工工具和工位器具等称工艺装备。

(二)机械加工工艺过程的组成

为了能具体确切地说明工艺过程，以利于分工，有序的组织生产和管理，将工艺过程分为工序、安装或工位、工步、走刀等组成部分。

工序：指一个或一组工人，在同一台设备或同一工作地点，对一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分加工工作称工序。这些因素中，有一项改变，就算作不同工序。工序是工艺过程的基本组成部分，也是生产计划的基本单元。

安装：指在同一道工序中，工件经一次装夹后所完成的那一部分工序。例如在通用车床上粗加工车轴工序中，需进行两次安装才能完成一个工序，即第一次安装加工完一端，然后调头

安装再加工另一端。

工位:指在一道工序中,当工件装夹在移位工作台或回转夹具上,作若干次工作位置的改变,则工件每占据一个位置所完成的那一部分工序,称一个工位。采用多工位机床加工,可减少装夹次数,保证加工精度和提高生产效率。例如在六角车床和多工位组合机床上的加工。

工步:在一个安装或工位中,加工表面、切削刀具及切削用量(指主轴转速和进给量)均不变的情况下,所连续完成的那一部分工作叫一个工步。只要其中有一个因素改变,就算作一个新的工步。有时用几把刀同时分别加工几个表面,这时称为复合工步,在多刀车床上常有这种情况。

在一个安装或工位中,可能有几个工步。工步是组成工艺过程最基本的单元。

走刀:在一个工步中若加工余量大,要分几次切削,每次切削就是一次走刀。走刀是工艺过程最小单元。

(三)工件在机床上的装夹定位方法

工件在机床上装夹过程包括定位和夹紧两方面内容。定位就是使工件在机床上相对刀具正确的位置,只有处在这一位置上加工,才能保证加工面的技术要求。将定位好的工件压紧夹牢,以抵抗切削力的作用,保证工件在加工过程定位不被破坏。

随着批量、加工精度和工件大小不同,工件在装夹时的定位方法也不同,有以下3种。

1. 直接找正定位的装夹

对形状简单的工件可以用划针或百分表等直接在机床找正某些表面再夹紧。例如图1-1所示,在机床四爪卡盘上对台阶轴加工,要求找正待加工面B与已加工表面A同心。此法装夹,费时费事,定位精度不稳定,只适于单件、小批生产或试制、修理时采用。

2. 按划线找正装夹

对加工面多、形状复杂的工件,要保证各加工部位均有合适的加工余量,加工前先按零件图在毛坯上把要加工的表面轮廓线划出,然后按划线找正装夹在机床上。车辆转向架中的大型铸、锻件常采用此法装夹后加工。

此法要求技术高的划线工人,且效率低,在工件形状复杂、毛坯尺寸公差很大的铸、锻件加工时采用。

3. 用夹具定位装夹

机床夹具是属于机床上的一种专用装置,工件放在夹具内,可迅速正确的定位,可靠的夹紧,自动保证工件与机床刀具间有正确的相对位置,且定位精度高,装卸方便。这是一种较完善的定位装夹方法,但设计、制造专用夹具费用高,周期长,只是在成批、大量生产时采用。

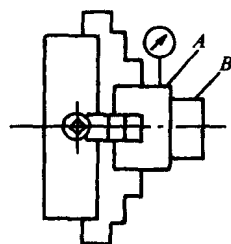


图 1-1 直接找正定位的装夹

(四)工件加工尺寸获得的方法

工件各加工表面尺寸及精度可采用下列方法获得。

1. 试切法

通过试切——测量——调整刀具位置——再试切、再测量,反复进行直到被加工工件尺寸符合图纸要求为止的加工方法称试切法。

2. 定尺寸刀具法

在孔加工中,钻头、扩孔钻、铰刀、拉刀等的尺寸是有一定精度的,用这些刀具的相应尺寸来保证工件被加工部位尺寸的方法,称定尺寸刀具法。此法生产效率高,加工尺寸可保证在一

定误差之内。

3. 调整法

先按规定尺寸调整好机床、夹具、刀具和工件的相对位置及进给行程,并在一批零件的加工过程中保持这个位置不变,从而保证获得规定的加工尺寸,这种方法称调整法。一般用对刀块或样件来调整刀具位置,如图 1-2 所示。

在组合机床、自动机床、铣床上,有时用行程开关或定位挡块来调整加工尺寸,这也是一种调整法,但精度较低。

4. 自动获得尺寸法

此种加工方法是当工件加工达到规定尺寸时,机床会自动停止加工。具体方法有以下两种。

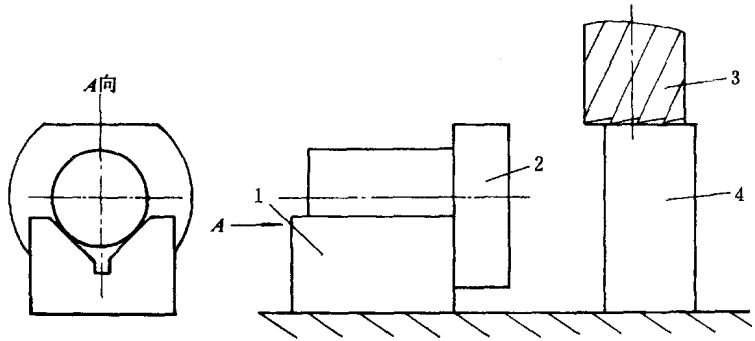


图 1-2 用对刀块调整铣刀高度

1—定位块;2—工件;3—铣刀;4—对刀块。

(1) 自动测量方式;机

床上装有自动测量工件尺寸的装置,当工件达到要求尺寸时,装置发出指令使机床自动退刀并停止工作。例如,外圆磨床磨削自动测量装置,如图 1-3 所示。

(2) 数字控制方式;机床有控制刀架或工作台精确移动的步进电机、滚动丝杠螺母副及数字控制装置,尺寸的获得也即刀架、工作台的移动是由预先编好的程序自动控制。

选择获得零件规定尺寸及精度的方法,是制定零件机械加工工艺规程的重要工作之一。

(五) 生产类型与工艺过程的关系

某种产品的年产量称为该产品的生产纲领。生产纲领对工厂的生产过程和工艺过程起决定性的作用。

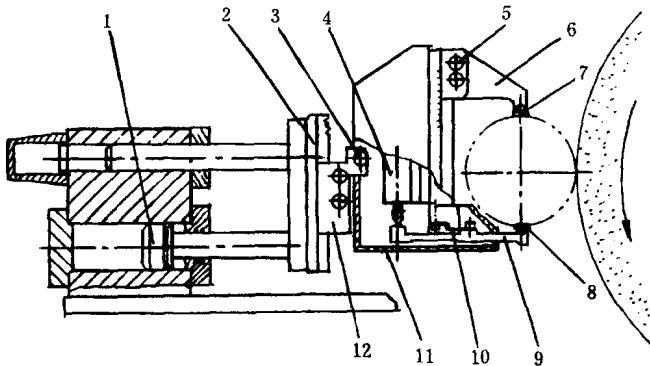


图 1-3 外圆磨削自动测量装置

1—油缸;2—支架;3—轴尖支承;4—传感器;

5—紧固螺钉;6—上测臂;7—上量端;8—下量端;

9—下测臂;10—片簧铰链;11—测量座;12—滑板。

产品中某零件的生产纲领 N 除包括规定的产品年产量 Q 外,还包括它的备品率 $a\%$ 及废品率 $b\%$ 。其计算式如下:

$$N = Qn(1 + a\% + b\%)$$

式中 n ——每一产品中有关零件的数量(件/台)。

根据生产纲领大小,可分为三种不同的生产类型:

(1) 单件生产:少量地制造不同结构和尺寸的产品,且很少重复。如新产品试制,专用设备和修配件的制造等。

(2) 成批生产:产品数量较大,一年中分批地制造相同的产品,生产呈周期性重复。而小批生产接近于单件生产,大批生产接近于大量生产。

(3) 大量生产:当一种零件或产品数量很大,而在大多数工作地点经常是重复地进行相同

的工序。

各种生产类型的工艺特点如表 1-1 所示。

表 1-1 各种生产类型的工艺特点

生产类型 特点	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
机床	万能机床	万能机床和专用机床	专用机床
机床布局	机群式布置	按零件分类的流水线布置	按流水线布置
夹具	通用夹具或组合夹具必要时采用专用夹具	广泛使用专用夹具	广泛使用高效率的专用夹具
刀具	通用刀具	通用刀具和专用刀具	广泛使用高效率的专用刀具
量具	通用量具	通用量具和专用量具	广泛使用高效率的专用量具
毛坯制造方法	木模造型或自由锻(精度低)	金属模造型或模锻	金属模机器造型, 压力铸造, 特种铸造模锻, 特制型材(精度高)
安装方法	划线找正	划线找正和广泛使用夹具	不需划线, 全部使用夹具
装配方法	零件不能互换, 广泛采用配研配刮	普遍采用互换或选配	完全互换或分组互换
生产周期	没有一定	周期重复	长时间连续生产
生产率	低	一般	高
成本	高	一般	低
生产工人等级	高	一般	低
工艺文件	简单, 一般为加工过程卡片	比较详细	调整工人技术水平要求高 详细编制

二、机械加工精度

(一)加工精度的基本概念

机械产品的质量与每个组成零件的加工质量有关。零件的机械加工质量包括加工精度和表面质量两方面内容。

加工精度即零件经加工后的几何参数(尺寸、几何要素的形状和相互位置)的实际值与设计理想值的符合程度称为加工精度。

加工误差即实际加工后零件的几何参数与理想几何参数的偏离程度。加工误差越小, 加工精度越高。

加工精度和加工误差是一个问题的两种提法。零件的加工精度包括以下三方面。

(1)尺寸精度: 加工后零件的实际尺寸与理想尺寸的符合程度。理想尺寸是指零件图上所注尺寸的公差带中心值。尺寸精度用标准公差等级表示, 分为 20 级。

(2)形状精度: 加工后零件表面实际测得的形状和理想形状的符合程度。理想形状是指几何意义上绝对正确的圆柱面、圆锥面、平面、球面、螺旋面及其他成形表面等。形状精度用形状公差等级表示, 分为 12 级。

(3)位置精度: 加工后零件有关表面相互之间实际位置和理想位置的符合程度。理想位置是指几何意义上的绝对平行、垂直、同轴和绝对准确的角度关系等。位置精度用位置公差等级表示, 分为 12 级。

零件表面的尺寸、形状、位置精度间是有联系的。通常, 零件的形状误差应限制在相应尺寸

公差 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 以内,其位置误差应限制在有关尺寸公差的 $\frac{2}{3} \sim \frac{5}{6}$ 以内,形状误差不应超过相应表面间的位置公差。

零件加工表面的精度要求是根据设计要求、工艺的经济指标等因素综合分析而定的。

(二)影响加工精度的因素

在机械加工时机床、夹具、刀具和工件构成一个完整的系统,称之为工艺系统。加工误差的产生是由于工艺系统存在许多误差因素,统称为原始误差,它主要包括以下内容:

1. 加工原理误差

加工原理误差是指采用了近似表面形成运动方式或近似的刀具几何形状而引起的加工误差。

用成形刀具加工复杂的曲线表面时,要使刀具刃口完全符合理论曲线的轮廓,有时是非常困难的,所以常用圆弧、直线等简单近似的线型来代替。例如齿轮模数铣刀的成形面轮廓就不是纯粹渐开线,所以有一定的原理误差。又如用齿轮滚刀加工齿轮时,由于滚齿刀的切削刃是直线,且数量有限,故铣出的齿形并非正确的渐开曲线,而是由许多短线组成的折线。

因此,采用了近似的加工运动方式或近似的刀具轮廓而必然产生原理误差。

2. 工件的装夹误差

装夹误差包括工件装夹时的定位误差和夹紧误差。其中定位误差包括设计基准与定位基准不重合误差和定位基准位移误差;后者又可分为由夹具定位元件不准确造成和由于工件定位表面不准确造成。

3. 测量误差

与量具、量仪的测量原理、制造精度、测量条件(如温度、湿度、振动、测量力、清洁度以及测量技术水平)有关。

工艺人员应根据零件的精度要求,规定适当的测量工具和测量方法。在一般生产条件下,测量误差应控制在零件公差的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{3}$ 。对低精度零件取 $\frac{1}{3}$ 。

4. 调整误差

调整的作用主要是使刀具与工件之间达到正确的相对位置。试切法加工时的调整误差主要取决于测量误差、机床的进给误差和工艺系统的受力变形。调整法加工时的调整误差,除上述原因外,还与调整方法有关。采用定程机构调整时,与行程挡块、靠模、凸轮等机构的制造误差、安装误差、磨损以及电、液、气动控制元件的工作性能有关;采用样件、样板、对刀块、导套等调整,则与它们的制造、安装误差、磨损以及调整时的测量误差等有关。

5. 夹具的制造、安装误差与磨损

机床夹具上的定位元件、导向元件、对刀元件、分度机构、夹具体等的加工与装配误差以及它们的耐磨损性能均对零件的加工精度有直接的影响。夹具的精度要求应根据工件的加工精度而定。

6. 刀具的制造误差与磨损

刀具对加工精度的影响,随刀具种类不同而不同。

(1)采用定尺寸刀具加工时,刀具的尺寸误差将直接影响工件尺寸精度。此外,这类刀具还可能产生“扩切”现象,一般为“正扩切”,即工件尺寸比刀具尺寸大。但在刀具钝化、加工余量过小,工件壁薄易变形时,则产生“负扩切”,工件尺寸比刀具尺寸小。例如铰孔。

(2)采用成形刀具加工时,刀具形状误差、安装误差将直接影响工件的形状精度。

(3)刀具展成加工时,刀具切削刃的几何形状及有关尺寸的误差,也会直接影响加工精度。

(4)对车、镗、铣等一般刀具,其制造误差对工件精度无直接关系,但刀具磨损后,对工件的尺寸精度及形状精度将有一定的影响。

7. 工件毛坯误差

加工前工件或毛坯上待加工表面本身有形状误差或与其有关表面之间有位置误差,这些情况都会造成加工后该表面的加工误差及与其他表面之间的加工位置误差,即会产生“误差复映”现象,如图 1-4 所示。

8. 机床误差

机床的制造、安装误差以及长期使用后的磨损是造成加工误差的主要原始误差因素。机床误差主要由主轴回转误差、导轨导向误差、内传动链的传动误差及主轴、导轨等的位置关系误差所组成。

主轴回转误差是指主轴实际回转轴线相对理论轴线的“漂移”。主轴回转误差会造成加工零件的形位误差及表面波度和粗糙度。

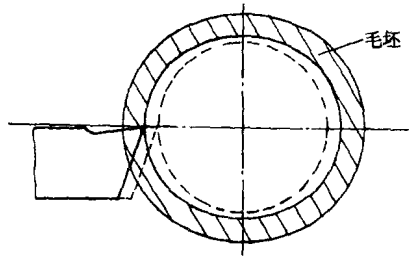


图 1-4 误差复映现象

导轨导向误差是机床导轨副运动件实际运动方向与理论运动方向的差值。这种误差会造成加工表面的形状与位置误差。导轨副的不均匀磨损、机床水平调整不良或地基下沉,都会增加导向误差。

机床传动误差是刀具与工件之间速比关系误差。对于车、铣、磨螺纹,滚、插、磨(展成法磨齿)齿轮等加工,机床传动误差会影响分度精度,造成加工表面的形状误差。

机床主轴、导轨等的位置关系误差,将使加工表面产生形状与位置误差。

9. 工艺系统受力变形

工艺系统在切削力、传动力、重力、惯性力等外力作用下产生弹性变形,破坏了刀具与工件间的正确相对位置,造成加工误差。工艺系统弹性变形的大小与工艺系统的刚度有关。

工艺系统的静刚度可由下式表示:

$$K = \frac{P_y}{y} \quad (\text{N/mm})$$

式中 K ——工艺系统刚度;

P_y ——误差敏感方向的外力(N);

y ——在受力方向上的变形(mm)。

工艺系统受力变形,它所引起的加工误差,对加工精度有重大影响,有时甚至是决定性的影响。

影响工艺系统刚度的主要因素有以下几项:

(1)系统内各个零件自身刚度。

(2)系统内零件间的接触刚度。接触刚度又与表面粗糙度、几何形状、接触面大小以及材料的物理机械性能有关。

(3)系统内活动连接件间的间隙。活动连接件愈多,间隙也愈多,在受交变载荷时,产生的位移量愈大。

(4)工件自身刚度。

(5)刀具、夹具刚度。

(6)刀具的工作位置。刀具随受力点位置变化而发生不同变形。

10. 工艺系统的受热变形

机械加工中由于电动机发热、液压系统油流受阻受摩擦而发热、机床传动部分发热,床身

内部润滑油池也是个大热源,对床身的热变形影响很大。另外切削热、室温变化、阳光照射、取暖装置等,这些热量使工艺系统温度升高而产生变形,使刀具和工件的正确位置遭到破坏,引起切削运动、切削深度及切削力的变化,造成加工误差。

对于精加工、大型零件加工、自动化加工,热变形引起的加工误差占总加工误差的比例很大,严重影响了加工精度。

11. 残余应力重新分布引起的变形

工件在毛坯制造和热处理过程中,内部往往存在残余应力。工件在切削加工过程中,因表面层的塑性变形,也会产生残余应力。有残余应力的零件是处于一种不稳定状态,它总是力图恢复到没有应力的稳定状态,即使在室温下,零件也会不断变形,减小内应力,直至内应力消失为止。在这种过程中,零件逐渐变形,原有加工精度逐渐丧失。在机器中装有这种零件时,因其变形,可能影响整台机床加工精度。

残余应力超过一定限度的毛坯或半成品,加工时原有的平衡条件被破坏,残余应力重新分布,使工件达不到预期的加工精度。

上述各种产生加工误差的因素,在具体情况下要具体分析,并不是同等重要,只有针对主要影响因素,采取有效措施,才能提高加工精度。

(三)机械加工的经济精度

机械加工时,每种机床上所达到的精度越高,则所耗费的工时越多,成本越高。当所达到的精度超过一定限度后,加工工时就会迅速增加,生产率大大下降,加工成本急剧上升,如图 1-5 所示,因而经济性很差。各种加工方法的加工费用和加工精度的关系各不相同。

每种机床在正常生产条件下能经济地达到的加工精度是有一定范围的,这个精度范围就是这种加工方法的经济精度。所谓正常生产条件是指:使用完好的机床设备、适当质量的夹具、量具和标准刀具,由一定熟练程度的工人操作,采用标准的切削用量和工时定额。

各种加工方法的经济精度可以从有关机械加工工艺手册中查阅。

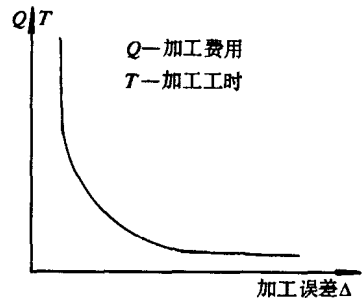


图 1-5 加工费用和精度关系

三、机械加工表面质量

(一)表面质量的含义

机械加工质量不仅指加工精度,也包括加工后的表面质量。加工后的表面质量,也称为表面完整性或表层状态。它包括两方面内容:

1. 加工表面粗糙度和波度

加工表面粗糙度是指已加工表面的微观几何形状误差。在图 1-6 中,用 h_3 表示波高, L_3 表示波长,一般 $L_3/h_3 \leq 50$ 。

粗糙度是由于加工过程中,在加工表面上遗留下的残留面积、塑性变形、积屑瘤、材料撕裂痕迹以及工艺系统的高频振动等原因

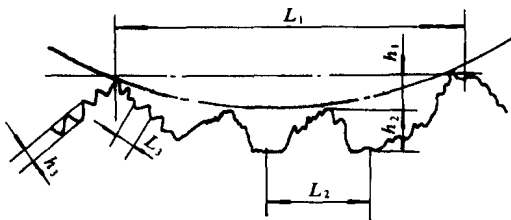


图 1-6 宏观不平度、波度和微观不平度

造成。

加工表面波度,是指介于微观几何形状误差(即粗糙度)与宏观几何形状误差 L_1 为其波长,

h_1 为其波高(即形状误差)之间的周期性几何形状误差,其波长 L_2 在 $1\sim 10\text{ mm}$ 之间,波长 L_2 与波高 h_2 之比为 $L_2/h_2=50\sim 1000$ 之间。波度主要是由加工过程中工艺系统的低频振动造成的。

2. 加工表面层的物理机械性能

工件表面层材料在加工时会产生物理、机械及化学性质的变化,其厚度为 $0.05\sim 0.15\text{ mm}$,如图 1-7(a)所示。在最外层生成氧化膜或其他化合物并吸收、渗进气体粒子,故称吸附层,厚度仅 $80\text{ \AA}$ ($1\text{ \AA}=10^{-10}\text{ m}$)。压缩区即塑性变形区,因切削时挤压造成,厚度为几十至几百 μm ,随加工方法而定。靠压缩区上部为纤维层,因刀具与工件上的摩擦造成。切削热会使表面层淬火、回火,产生相变及晶粒大小的变化。因此,表面层的性能不同于内部材质,主要是:

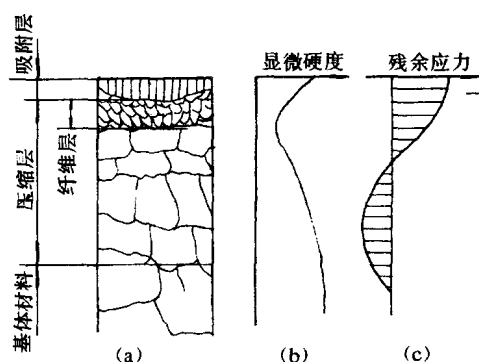


图 1-7 加工表面层沿深度的性质变化

(1)因强烈的塑性变形使其强度和硬度提高。

硬度分布如图 1-7(b)所示。

(2)产生残余应力,分布如图 1-7(c)所示。其应力的大小及状态(拉或压)对零件使用性能影响很大。

(3)金相组织引起变化,磨削过程的烧伤使表面层的物理、机械性能大大降低。

(4)表面层其他物理、机械性能,如强度极限、疲劳强度、导热性和导磁性等的变化。

(二)表面质量对零件使用性能的影响

(1)表面粗糙度越低,零件的耐磨性越好:这是因为粗糙度越低,实际接触面就越大,单位面积上的压力也越小,油膜容易保持,磨损也就减少。表面硬度的提高,也显著地减少磨损。

(2)对零件配合精度的影响:对于动配合表面,粗糙度大,会使配合间隙在初期磨损阶段迅速增大,降低了配合精度。对于过盈配合表面来说,粗糙度大的表面在装配过程,因部分凸峰被挤平,使实际过盈量减小,降低了配合的可靠性。

(3)对零件疲劳强度的影响:表面粗糙度的凹谷处最易产生应力集中,容易发展成疲劳裂纹;表面层的残余压应力则可提高零件疲劳强度,而残余拉应力则相反;表面硬化层可阻碍已有疲劳裂纹的扩大和新裂纹的产生。

(4)对零件耐腐蚀性的影响:表面粗糙的凹谷处就易聚集腐蚀介质而发生腐蚀,其强烈程度与凹谷深度及尖狭度成正比。零件在有残余应力状态下工作,可能产生应力腐蚀。在表面有裂纹存在时,更会加剧腐蚀作用。

(5)对零件接触刚度的影响:在连接面上的压力一定时,表面越粗糙,则接触处的压强越大,接触处的变形也越大,使接触刚度越低。

(三)提高表面质量的工艺途径

1. 合理选择刀具的几何参数和刀具材料

在工艺系统刚度足够的情况下,减小刀具的主、副偏角 φ 、 φ_1 ,增大刀尖半径 r 可减小加工表面遗留下来的切削残留面积,如图 1-8 所示。此外,前角 γ 增大时,金属塑性变形减少,使表面粗糙度减小。刀具的前、后面之粗糙度一般应小于工件加工面粗糙度 $1\sim 2$ 级;刀具切削刃刀口平直度在精加工时影响显著,应进行研磨。

刀具材料的选用:刀具材料与被加工材料金属分子亲和力大时,被加工材料容易与刀具粘

结而生成积屑瘤,使表面粗糙度增大。在其他条件相同时,用硬质合金刀具比用高速钢刀具加工的工件表面粗糙度小。

2. 合理选用切削用量

切削塑性材料,切削速度很低或很高都不易出现积屑瘤,在中速时($0.17 \sim 0.5 \text{ m/s}$)则易出现积屑瘤,使表面粗糙度增大。切削脆性材料,不产生积屑瘤,切削速度影响较小。

适当减小走刀量是减小粗糙度有效方法。

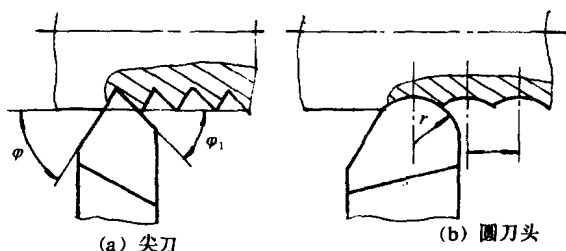


图 1-8 切削残留面积

切削深度增大会使法向和切向切削分

力 P_y 、 P_z 增大,如工艺系统刚性不足,则将引起振动,会使表面粗糙度加大。

3. 改善材料的加工性质

切削韧性材料时,材料越软,越易产生积屑瘤;切削晶粒不均匀的材料,粗糙度也会升高。故对碳钢往往进行正火处理,使硬度增加,晶粒细化后加工。

4. 加工中采用冷却润滑液

作用:带走切削热,有润滑作用,是消除积屑瘤、降低表面粗糙度的有效方法。

5. 控制切屑的流动方向

通过改变刀具几何角度来控制切屑的流向,防止切屑擦伤已加工表面。

6. 采用滚压加工或光整加工方法

滚压加工可使表面产生 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 深的硬化层,提高硬度 40% ,并在表面产生残余压应力可达 980 N/mm^2 ,从而提高工件疲劳强度。此法主要用于未淬火的工件,车削后再经滚压,粗糙度可达 $R_a \leq 0.2 \mu\text{m}$ 级。

对于 $R_a \leq 0.1 \mu\text{m}$ 级以上的表面,除可采用精磨外,还可采用研磨、珩磨和超精加工等光整加工方法。它可经济的达到 $R_a = 0.1 \mu\text{m}$ 以下的粗糙度,但不会产生磨削加工时常见的热损伤、裂纹等毛病。

7. 减小或消除工艺系统的振动

工艺系统的振动,尤其是切削过程的谐振,会使加工表面粗糙度显著增大,因而应针对具体情况,采取措施减小或消除工艺系统的振动。

8. 降低磨削表面粗糙度

对降低磨削表面粗糙度可采取以下措施:

(1)砂轮特性方面:采用直径较大、粒度较细,与工件材料亲合力小的砂轮;砂轮硬度适宜于工件材料的磨削。

(2)砂轮修整方面:金刚石笔的耐磨性、刃口形状、安装角度应满足一定要求;砂轮修整时纵向进给量不宜太大。

(3)磨削条件方面:提高砂轮转速或降低工件速度;采用较小的纵向进给量和磨削深度,最后进行无进给光磨;提高砂轮的平衡精度、主轴回转精度、工作台的运动平稳性及整个工艺系统的刚度;正确选用切削液的种类、浓度、压力、流量和清洁度等。

各种加工方法能达到的表面粗糙度可查机械加工工艺手册。

(四)机械加工中的振动及减振措施

在机械加工中,工艺系统会发生振动,这是一种破坏正常切削过程、极其有害的现象。

1. 振动对机械加工的影响

机械加工过程中的振动会恶化加工表面质量,振动频率低时,产生波度;频率高时,产生微观不平度。又由于振动的产生,限制了切削用量的提高,降低生产率。切削中的振动,会使韧性较差的刀具材料,如硬质合金、陶瓷刀具的刀尖、刀刃崩碎,影响生产正常进行。振动又会使机床、夹具本身的连接部分松动,增大间隙,降低刚度和精度,影响轴承工作性能,缩短使用寿命。

2. 消减工艺系统振动的基本途径

(1)消除或减小内部振源的激振力:对高速旋转的零部件进行静平衡和动平衡校正;提高传动装置的稳定性,如采用少接头、无接头皮带,用斜齿轮代替直齿轮,在主轴上安装飞轮,提高传动零件的加工精度等;在精密磨床上用叶片泵或螺旋泵代替齿轮泵,在液压系统中采用缓冲装置以消除运动冲击。

(2)破坏干扰力的周期性:改变刀具或工件转速;增加铣刀齿数;改变刀具几何参数或降低切削用量;避免断续切削或不均匀切削。

(3)改变激振频率或系统固有频率,避免发生共振:调整主轴转速可改变激振频率,提高工件、夹具的静刚度;调整轴承及镶条等处的间隙就可提高工艺系统的固有频率,使激振频率 ω 与系统固有频率 ω' 之比 $\omega/\omega' = K$ 减小(当 $0.7 \leq K \leq 1.3$ 时,系统处于共振区,振幅最大),避开共振区,减小振幅,还可提高加工精度。

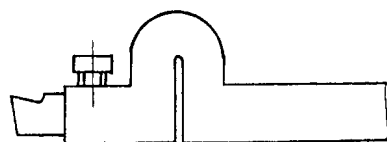


图 1-9 弹簧车刀

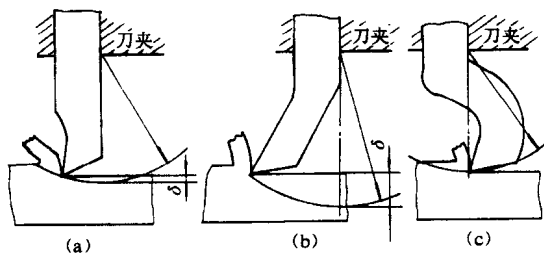


图 1-10 弯头刨刀对振动的影响

(4)采用隔振、减振措施:把机床、设备安装在防振地基上,阻止外部振动的干扰;采用合适的刀具结构,如图 1-9 所示的弹簧车刀和图 1-10 所示的弯头刨刀(c),它们均有减振效果。弹簧车刀由于在 y 方向的刚度差,当切削力增大时,刀具变形,从而使切削力变化减小,使振动减小。弯头刨刀的安裝面与刃口在同一平面上,在切削时如果因材质不均匀

或加工余量不均匀而切削力增大,使刀杆变形,从而减小切削力,使振动减小;而图(a)、(b)情况都会起加强振动作用。

(5)提高工艺系统的抗振性:增加系统联接面的接触刚度可提高机床的抗振性;对加工细长轴等刚性差的工件时,应采用跟刀架等辅助支承,以提高系统刚度。

第二节 机械加工工艺规程的制订

用表格的形式将机械加工工艺过程的内容规定下来,成为生产的指导性技术文件,就是机械加工工艺规程,简称工艺规程。

工艺规程是指挥现场生产的根据;又是组织生产,做好生产技术准备的主要文件;对于新建厂,它是提出生产面积、厂房布局、人员编制、设备购置等各项工作的依据。

制定工艺规程时,必须做到技术上先进,经济上合理。

一、制定机械加工工艺规程的原始资料与步骤

(一)制定工艺规程的原始资料

在制定工艺规程前,必须具备下列原始资料。

(1)产品图、零件图和技术要求。

(2)生产纲领。

(3)生产条件和生产设备的有关资料,即对本厂、车间的设备规格、功能、精度等级,设备布局,现有工艺装备,车间运输方式,生产面积,能源供应,人员配备,技术水平,生产组织等要了解清楚。生产设备方面的资料是指有关机床设备说明书,机床样本和产品目录等。

(4)其他有关资料。国内外生产技术状况的资料;毛坯生产供应条件;毛坯图;夹具、量具、刀具的各种标准手册;进行经济核算的有关资料等。

(二)制订工艺规程的步骤

(1)分析加工零件的图纸及结构工艺性。其中包括:分析产品的装配图和零件图,熟悉产品的用途、性能及工作条件,明确被加工零件在产品中的位置和作用,进而了解零件图上各项技术要求的依据,找出主要技术要求和加工关键,以便在拟定工艺规程时采用适当的工艺措施加以保证。对零件结构的工艺性、图纸的完整性、技术要求的合理性以及材料选择是否恰当等提出意见。

(2)选择毛坯。

(3)拟定工艺路线(工艺过程)。这是制定工艺规程中关键性的一步,需要提出几种方案,进行分析比较。这里主要进行的工作是划分工艺过程的组成、选择定位基准、选择零件表面的加工方法、安排加工顺序,决定工序集中或分散程度,以及安排热处理、检验及其他辅助工序等。

(4)工序设计。进行机床和工艺装备的选择,确定加工余量,计算工序尺寸及其公差,确定切削用量及计算工时定额等。

(5)编制工艺文件。

制定工艺规程所需考虑的问题很多,涉及面也很广,下面只讨论制订工艺规程时的主要问题。

二、零件的工艺分析及毛坯选择

(一)零件的工艺分析

1. 检查零件图纸的正确性和完整性

零件的工作图应有足够的视图,齐全正确的尺寸标注,合理的技术要求。标注的尺寸和公差应符合产品或部件的尺寸链解法,否则工艺人员有责任提出修正意见。

从分析图纸上尺寸的标注方法,可在很大程度上决定设计基准及定位基准的选择,也可初步定出各表面加工的顺序。图 1-11 表示表面位置的三种标注方法:(a)坐标式;(b)链接式;(c)混合式。加工时应首先加工多数表面定位所依据的面。

2. 分析零件工作图的技术条件

主要是熟悉各加工表面的尺寸精度、几何形状精度及位置精度;表面粗糙度、硬度;热处理及其他方面的技术要求,即确定最后一道加工工序的特点,继而又可初步确定它前面的一道准备工序(例如铰孔为最后工序,其前一工序必为钻孔或扩孔工序),因而可得出精加工与粗加工相互组合的初步方案。

3. 审查零件的选用材料