

普通高等院校机电工程类规划教材

机械制造 工艺学

常同立 杨家武 佟志忠 编著
王述洋 主审

清华大学出版社

普通高等院校机电工程类规划教材

机械制造 工艺学

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书内容包括机械制造工艺预备、机械加工工艺规程制定、机床夹具设计、机械加工精度控制、机械加工表面质量控制、装配工艺规程制定和先进制造技术与模式七部分。

全书以机械加工工艺和装配工艺能力与素质培养为中心目标,强化机械制造工艺主干知识和实用性强的内容,适当删减实用性不强的内容,以节省篇幅,对重点内容增加实例讲解。

本书面向机械大类专业,适合本科院校用作教材,也可供高职高专院校用作教材或参考书,同时可供从事机械制造行业的工程技术人员参考。

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

机械制造工艺学/常同立,杨家武,佟志忠编著. --北京:清华大学出版社,2010.5
(普通高等院校机电工程类规划教材)

ISBN 978-7-302-22156-2

I. ①机… II. ①常… ②杨… ③佟… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材 IV. ①TH16
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 031937 号

责任编辑:庄红权

责任校对:刘玉霞

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:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:13.25

字 数:321 千字

版 次:2010 年 5 月第 1 版

印 次:2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00 元

产品编号:034149-01

前 言

为了适应新形势下普通高等学校本科人才培养的需求,在总结专业教学实践和工程实践经验的基础上,根据专业教学指导委员会所制定的大纲编写本书。

本书的写作过程中始终贯彻下面两个基本思想。

写一本容易读懂的书。在保证知识内容阐述完整严密的条件下,追求叙述直白、易懂。

写一本实用性强的书。机械制造工艺学是与生产实际联系密切的课程,有些内容较为难懂。本书编写力求使教师容易教,学生容易懂,便于学生获取实用性强的知识。

本书内容完整、实例丰富、简明扼要、实用性强,突出强调机械加工工艺能力的培养与训练。本书的主要特点如下。

(1) 体系完整,结构合理 在章节安排和内容阐述上,一方面保持知识体系的完整性;另一方面努力使知识阐述更加循序渐进,符合学生的认知规律,并富有启发性。

(2) 重点突出,简明精练 突出课程的主线,并加强工艺与设计的配合;全书叙述简明,论述精练。

(3) 注重能力,突出实用 针对当今社会人才需求,加强学生能力培养的内容。机械制造工艺是机械行业的一项重要和主要工程技术。教材强化了所阐述知识内容的实用性,强化了例题和实例与工程实际的联系,并对部分例题进行了比较详细的解答。

(4) 反映发展,顺应形势 强化了数控加工工艺等反映新技术发展的内容,在教材内容安排上反映新技术的需求变化。新的教育形势发展要求教材能体现加强教学效果与效率,适应快节奏的生活方式。

本书使用提示:建议课堂授课 48 学时,课程教学可以另外配备一定数量的实验课、习题课。限于篇幅,教材实例内容受到一定限制,而实际案例对于培养学生的工程素质与能力十分有益。因此对于多学时情况,建议授课教师可以针对学生专业方向,适当增加案例讲解,进一步扩充本书实例内容。对于自学读者,在阅读本书基础上,另选一本机械制造工艺手册作为对本书内容的补充,将会收到较好的学习效果。

全书编写分工如下:第 3、6 章主要由东北林业大学杨家武编写,第 4、5 章主要由哈尔滨工业大学佟志忠编写,其余部分由东北林业大学常同立编写。全书由常同立组织编写,并负责统稿和校对工作。东北林业大学王述洋教授对全书进行了审阅。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者不吝指正。

编 者
2010 年 4 月

目 录

第 1 章 机械制造工艺预备	1
1.1 机械产品开发及生产过程概述	1
1.2 生产类型及其工艺特点	2
1.2.1 生产纲领和生产类型	2
1.2.2 生产类型的工艺特点	3
1.3 机械加工质量	4
1.3.1 加工精度的含义	4
1.3.2 加工表面质量的含义	4
1.3.3 加工表面质量对使用性能的影响	5
1.4 加工精度的获得方法	6
1.5 机械加工工艺过程组成	8
1.6 设计基准与工艺基准	10
1.7 基本尺寸链理论	12
1.7.1 尺寸链概念、组成及特性	12
1.7.2 尺寸链的分类	13
1.7.3 尺寸链的基本计算方法	14
1.7.4 尺寸链计算公式的使用方法	15
1.7.5 工艺尺寸链的应用	15
习题及思考题	17
第 2 章 机械加工工艺规程制定	19
2.1 机械加工工艺规程	19
2.2 机械加工工艺性审查	22
2.2.1 零件图的完整性与统一性审查	22
2.2.2 零件的结构工艺性审查	22
2.2.3 图样标注的合理性	24
2.2.4 材料选用合理性	25
2.3 毛坯的选择	26
2.3.1 毛坯的种类	26
2.3.2 毛坯选择方法	27
2.4 工艺路线的拟定	28
2.4.1 定位基准的选择	28
2.4.2 工序的集中与分散	31
2.4.3 加工方法的确定	32

2.4.4	加工阶段的划分	34
2.4.5	加工顺序的安排	35
2.5	工序设计	36
2.5.1	机床与工艺装备的选择	36
2.5.2	切削用量的确定	37
2.5.3	加工余量的拟定	38
2.5.4	工序尺寸及其公差确定	41
2.5.5	工序简图	48
2.6	数控加工工艺设计概述	49
2.7	工艺方案的生产率和技术经济分析	54
2.7.1	时间定额与提高生产率措施	54
2.7.2	工艺方案的经济技术分析	55
	习题及思考题	57
第3章	机床夹具设计	60
3.1	概述	60
3.1.1	工件的装夹	60
3.1.2	夹具的组成、分类和在机械加工中的作用	61
3.1.3	工件在夹具中加工时加工误差的组成	62
3.2	工件在夹具中的定位	62
3.2.1	工件定位的基本原理	62
3.2.2	工件定位方式及其所用定位元件	65
3.2.3	定位误差的分析和计算	70
3.3	工件在夹具中的夹紧	76
3.3.1	工件的夹紧及对夹紧装置的基本要求	76
3.3.2	常用典型夹紧机构	79
3.4	夹具的其他元件	85
3.4.1	夹具的连接元件	85
3.4.2	夹具的分度装置	85
3.4.3	夹具体	87
3.5	典型机床夹具设计	87
3.5.1	钻床夹具	87
3.5.2	镗床夹具	89
3.5.3	车床夹具	90
3.5.4	铣床夹具	90
3.6	夹具的设计方法和步骤	91
3.6.1	对机床夹具的基本要求	91
3.6.2	夹具的设计步骤	92
3.6.3	夹具设计实例	92

习题及思考题	94
第 4 章 机械加工精度控制	97
4.1 影响机械加工精度的因素	97
4.2 工艺系统的几何误差及磨损	98
4.2.1 机床误差	98
4.2.2 夹具制造误差及磨损	102
4.2.3 刀具制造误差及磨损	103
4.3 工艺系统的受力变形	103
4.3.1 工艺系统刚度	103
4.3.2 工艺系统受力变形对加工精度的影响	105
4.3.3 减少受力变形对加工精度影响的措施	109
4.4 工艺系统的热变形	110
4.4.1 工艺系统的热源	110
4.4.2 热变形对加工精度的影响	111
4.4.3 减小热变形对加工精度影响的措施	113
4.5 其他影响加工精度的因素及改进措施	114
4.5.1 加工原理误差	114
4.5.2 测量误差	115
4.5.3 调整误差	116
4.5.4 残余应力	116
4.6 加工误差的统计学分析	118
4.6.1 加工误差的统计学规律	118
4.6.2 分布图分析法	120
4.6.3 点图分析法	124
4.7 控制加工精度的途径	126
习题与思考题	128
第 5 章 机械加工表面质量控制	130
5.1 影响加工表面质量的因素	130
5.1.1 影响表面粗糙度的工艺因素	130
5.1.2 影响零件表层物理力学性能的因素	133
5.2 机械加工中的振动	138
5.2.1 机械加工动力学系统	138
5.2.2 机械加工中的受迫振动	141
5.2.3 机械加工中的自激振动	142
5.3 控制机械加工表面质量的措施	146
习题与思考题	150

第 6 章 装配工艺规程制定	151
6.1 装配与装配精度	151
6.1.1 机器装配概念	151
6.1.2 装配系统图与装配工艺系统图	152
6.1.3 装配精度	153
6.2 装配的组织形式及生产纲领	154
6.3 装配尺寸链	155
6.3.1 装配尺寸链的概念	155
6.3.2 装配尺寸链的建立	156
6.3.3 装配尺寸链的计算方法	156
6.4 保证装配精度的装配方法	161
6.4.1 互换装配法	161
6.4.2 分组装配法	161
6.4.3 修配装配法	164
6.4.4 调整装配法	167
6.5 装配工艺规程的制定	170
6.5.1 装配工艺规程制定的步骤、方法和内容	170
6.5.2 装配工艺规程制定的步骤和内容	171
习题及思考题	174
第 7 章 先进制造技术与模式	176
7.1 非常规加工方法	176
7.1.1 电火花加工	176
7.1.2 电化学加工	179
7.1.3 高能束加工	179
7.1.4 超声波加工	183
7.1.5 快速原型制造技术	184
7.2 成组技术	188
7.3 计算机辅助工艺过程设计	191
7.4 先进制造模式	194
7.4.1 并行工程	195
7.4.2 精益生产	196
7.4.3 敏捷制造	200
习题及思考题	203
参考文献	204

第 1 章 机械制造工艺预备

教学要求：

- 了解机械产品开发及生产过程；
- 掌握生产类型及其工艺特点；
- 掌握机械零件加工质量；
- 掌握工件尺寸和形状的获得方法；
- 掌握机械加工工艺过程；
- 掌握尺寸链基本计算方法。

1.1 机械产品开发及生产过程概述

1. 机械产品开发及改进过程

现代机械产品的开发及改进是极其复杂的持续的动态过程,大致可以用图 1.1 加以描述。机械产品开发与改进系统可以描述为一个负反馈系统,它描述了机械产品依据用户需求反馈信息,不断改进和不断发展的动态过程。

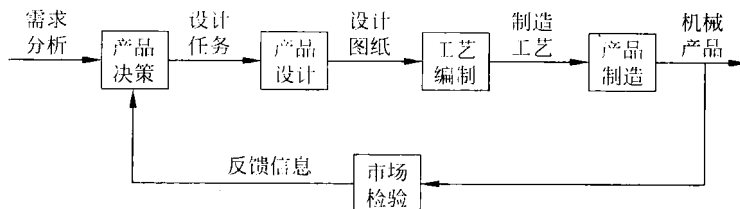


图 1.1 机械产品开发与改进系统

机械产品的开发与改进系统中包含产品决策、产品设计、工艺编制、产品制造、市场检验等环节。上述环节之中任何一个环节的断裂,都会导致系统的崩溃。因此上述环节都具有与系统同等的重要性,每个组成环节都具有无可替代的重要作用。因此学习机械制造工艺学很重要,很有意义。

2. 机械产品生产过程

机械制造过程是机械产品从原材料到成品之间各相互关联的劳动过程的总和。它包括毛坯制造、零件机械加工、热处理、机器的装配、检验、测试和油漆、包装等主要生产过程,也包括专用夹具和专用量具制造、加工设备维修、动力供应(电力供应、压缩空气、液压动力以及蒸汽压力的供给等)。

工艺过程是指在生产过程中,通过改变生产对象的形状、相互位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程。机械产品生产工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、装配、涂装等。其中与原材料变为成品直接有关的过程,称为直接机械生产过程,是

品,因此零件的生产纲领应按下式计算:

$$N = Qn(1 + a\%)(1 + b\%) \quad (1.1)$$

式中, N 为零件的年产量,件/年; Q 为产品的年产量,台/年; n 为每台产品中该零件的数量,件/台; $a\%$ 为该零件的备品率; $b\%$ 为该零件的废品率。

2. 生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。人们按照产品的生产纲领、投入生产的批量,可将生产分为:单件生产、批量生产和大量生产三种类型。根据前面公式计算的零件生产纲领,参考表 1.1 即可确定生产类型。

表 1.1 生产类型和生产纲领的关系

生产类型		生产纲领/(件/年或台/年)		
		重型(≥ 30 kg)	中型($4 \sim 30$ kg)	轻型(≤ 4 kg)
单件生产		≤ 5	≤ 10	≤ 100
批量生产	小批量生产	$5 \sim 100$	$10 \sim 200$	$100 \sim 500$
	中批量生产	$100 \sim 300$	$200 \sim 500$	$500 \sim 5000$
	大批量生产	$300 \sim 1000$	$500 \sim 5000$	$5000 \sim 50\,000$
大量生产		≥ 1000	≥ 5000	$\geq 50\,000$ 上

(1) 单件生产 单件生产是指单个制造不同结构和尺寸的生产,产品生产很少重复甚至不重复。例如,新产品试制、维修车间的配件制造和重型机械样机制造等都属于单件生产。其生产特点是:产品的种类较多,而同一产品的产量很小,工作地点的加工对象经常改变。

(2) 大量生产 大量生产指同一产品的生产数量很大,大多数工作地点经常按一定节奏重复进行某一零件的某一工序的加工。例如紧固件、轴承等标准件的专业化生产即属于大量生产。其生产特点是:同一产品的产量大,工作地点较少改变,加工过程重复。

(3) 批量生产 批量生产是指一年中分批轮流制造几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,工作地点和加工对象周期性地重复,这种生产类型称为批量生产。例如减速器、水泵、风机等通用机械的生产即属于批量生产。其生产特点是:产品的种类较少,有一定的生产数量,加工对象周期性地改变,加工过程周期性地重复。

同一产品(或零件)每批投入生产的数量称为批量。根据批量的大小又可分为大批量生产、中批量生产和小批量生产。小批量生产的工艺特征接近单件生产,大批量生产的工艺特征接近大量生产。

1.2.2 生产类型的工艺特点

不同生产类型的制造工艺有不同特征,各种生产类型的工艺特征见表 1.2。

表 1.2 各种生产类型的工艺特点

工艺特点	单件或小批量生产	中批量生产	大批或大量生产
毛坯的制造方法	铸件用木模手工造型,锻件用自由锻	部分铸件用金属模造型,部分锻件用模锻	铸件广泛用金属模机器造型,锻件广泛用模锻
零件互换性	无需互换、互配,零件可成对制造,广泛用修配法装配	大部分零件有互换性,少数用修配法装配	全部零件有互换性,某些要求精度高的配合,采用分组装配
机床设备及其布置	通用机床;按机床类别和规格采用“机群式”排列	部分采用通用机床,部分专用机床;按零件加工分“工段”排列	广泛采用生产率高的专用机床和自动机床;按流水线形式排列
加工方法	试切法	大量调整法,部分试切法	调整法
夹具	通用夹具	大量专用夹具,部分通用夹具	广泛用专用夹具
刀具和量具	采用通用刀具和量具	较多采用专用刀具和量具	广泛采用高生产率的专用刀具和量具
操作者能力水平	技术熟练	需要一定熟练程度的技术工人	机床调整者能力水平高,机床操作者能力水平低
工艺文件	只有简单的工艺过程卡	有详细的工艺过程卡或工艺卡,零件的关键工序有详细的工序卡	有工艺过程卡、工艺卡和工序卡等详细的工艺文件

1.3 机械加工质量

机械零件的加工质量主要包括零件的加工精度和零件的加工表面质量两个方面。

1.3.1 加工精度的含义

加工精度是指零件加工后的实际几何参数(包括尺寸、形状和位置)与理想几何参数的符合程度。加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度三个方面。

(1) 尺寸精度 加工后零件表面本身或表面之间实际尺寸与理想尺寸之间的符合程度。其中理想尺寸是指零件图上所标注的有关尺寸的平均值。

(2) 形状精度 加工后零件表面实际形状与表面理想形状之间的符合程度。其中表面理想形状是指绝对准确的表面形状,如圆柱面、平面、球面、螺旋面等。

(3) 位置精度 加工后零件表面之间实际位置与表面之间理想位置的符合程度。其中表面之间理想位置是绝对准确的表面之间位置,如两平面垂直、两平面平行、两圆柱面同轴等。

1.3.2 加工表面质量的含义

加工表面质量包括两个方面的内容:加工表面的几何形状误差和表面层的物理力学性能。

1. 加工表面的几何形状误差

加工表面的几何形状误差主要包括表面粗糙度、波度和纹理方向等。

(1) 表面粗糙度 加工表面的微观几何形状误差,其波距小于 1 mm,如图 1.3 所示。

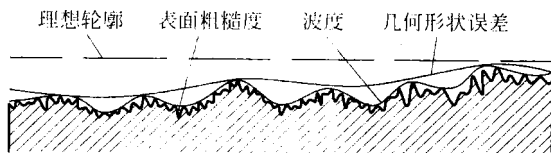


图 1.3 加工表面的几何形状误差示意图

(2) 波度 加工表面不平度中波距在 1~10 mm 的几何形状误差,它是由机械加工中的振动引起的。

宏观几何形状误差是波距大于 10 mm 的加工表面不平度,例如圆度误差、圆柱度误差等,它们属于加工精度范畴,宏观几何形状误差不在本章讨论之列。

(3) 纹理方向 机械加工时在零件加工表面形成的刀纹方向。它取决于表面形成过程中所采用的机械加工方法。

2. 表面层的物理力学性能

由于机械加工中力因素和热因素的综合作用,将使工件加工表面的物理力学性能发生一定的变化,主要反映在以下几个方面。

(1) 表面层金属的冷作硬化 表面层金属硬度的变化用硬化程度和深度两个指标来衡量。在机械加工过程中,工件表面层金属都会有一定程度的冷作硬化,使表面层金属的显微硬度有所提高。一般情况中,硬化层的深度可达 0.05~0.30 mm;若采用滚压加工,硬化层的深度更可高达几个毫米。

(2) 表面层金属的金相组织变化 机械加工过程中,切削热会引起表面层金属的金相组织发生变化。

(3) 表面层金属的残余应力 由于切削力和切削热的综合作用,表面层金属晶格会发生不同程度的塑性变形或产生金相组织的变化,使表层金属产生残余应力。

1.3.3 加工表面质量对使用性能的影响

1. 表面质量对耐磨性的影响

1) 表面粗糙度对耐磨性的影响

表面粗糙度对零件表面磨损的影响很大。表面越粗糙,有效接触面积就越小,这样微观凸峰很快就会被磨掉。若被磨掉的金属微粒落在相配合的摩擦表面之间,则会加速磨损过程,即使在有润滑液存在的情况下,也会因为接触点处压强过大,破坏油膜,产生磨粒磨损。

一般说来,表面粗糙度值越小,其耐磨性能越好。但是表面粗糙度值太小,有效接触面积会随着磨损增加而增大,也将导致耐磨性能下降。这是因为表面粗糙度值过小,零件间的金属微观粒子间亲和力增加,表面的机械咬合作用增大,且润滑液不易储存,磨损反而增加。图 1.4 给出表面粗糙度数值与起始磨损量的关系曲线。

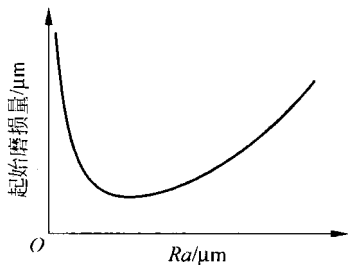


图 1.4 表面粗糙度与起始磨损量的关系

2) 表面纹理对耐磨性的影响

表面纹理形状及刀纹方向会影响有效接触面积与润滑液的存留,它们对耐磨性也有一定影响。一般来说,尖峰状的表面纹理的摩擦副接触面压强大,零件表面的耐磨性较差;圆弧状、凹坑状表面纹理的摩擦副接触面压强较小,零件表面耐磨性好。

在运动副中,两相对运动零件表面的刀纹方向均与运动方向相同时,耐磨性较好;两者的刀纹方向均与运动方向垂直时,耐磨性最差;其余情况居于上述两种状态之间。

3) 表面层的物理力学性能对耐疲劳性的影响

表面层金属的冷作硬化能够提高零件的耐磨性。一般地说,冷作硬化可以提高表层显微硬度,减少接触部分变形,从而提高耐磨性。

2. 表面质量对耐疲劳性的影响

1) 表面粗糙度对耐疲劳性的影响

表面粗糙度对承受交变载荷零件的疲劳强度影响很大。在交变载荷作用下,表面粗糙度值大,容易产生疲劳裂纹,其抵抗疲劳破坏的能力较差;表面粗糙度值小,表面缺陷少,工件耐疲劳性较好。

2) 表面层的物理力学性能对耐疲劳性的影响

表面层金属的冷作硬化一定会存在残余压应力,残余压应力在一定程度上能够阻止疲劳裂纹的生长,可提高零件的耐疲劳强度。

3. 表面质量对耐蚀性的影响

1) 表面粗糙度对耐蚀性的影响

零件的表面粗糙度对耐蚀性影响很大。表面粗糙度值小,有助于减少加工表面与外界气体、液体接触的面积,有助于减少腐蚀物质沉积,因此有助于提高耐蚀性能。

2) 表面层力学物理性能对耐蚀性的影响

当零件表面层有残余压应力时,能够阻止表面裂纹的进一步扩大,有利于提高零件表面抵抗腐蚀的能力。

4. 表面质量对零件配合质量的影响

零件的表面粗糙度一方面会影响零件磨损,间接影响零件配合质量;另一方面零件的表面粗糙度也会影响配合表面的实际有效接触面积,影响接触刚度。当承受较大载荷时,两表面相配合表面微观变形较大,对零件配合产生影响。

1.4 加工精度的获得方法

机械产品纷繁多样,机械零件的尺寸、形状等可能千差万别。零件加工表面的尺寸、形状和位置都需要采用一定的加工方法获得其尺寸精度、形状精度以及位置精度。

1. 尺寸精度的获得方法

在机械加工中,获得尺寸精度的方法主要有下面四种。

1) 试切法

试切法是最早采用的获得零件尺寸精度的加工方法,同时也是目前常用的能获得高精度尺寸的主要加工方法之一。所谓试切法,即是在零件加工过程中不断对已加工表面的尺寸进行测量,以测量数据为依据调整刀具相对工件加工表面的位置,进行尝试切削,直至达到工件

要求尺寸精度的加工方法。例如,轴类零件上轴颈尺寸的试切车削加工和轴颈尺寸的在线测量磨削、箱体零件孔系的试镗加工及精密量块的手工精研等都是采用试切法加工的。

2) 调整法

调整法是在成批生产条件下经常采用的一种加工方法。调整法是按试切好的工件尺寸、标准件或对刀块等进行调整并确定刀具相对工件定位基准的准确位置,在保持此准确位置不变的条件下,对一批工件进行加工的方法。例如,在多刀车床或六角自动车床上加工轴类零件、在铣床上铣槽、在无芯磨床上磨削外圆及在摇臂钻床上用钻床夹具加工孔系等都是采用调整法加工的。

3) 定尺寸刀具法

定尺寸刀具法是在加工过程中依靠刀具或组合刀具尺寸保证被加工零件尺寸精度的一种加工方法。常见定尺寸刀具加工方法如用方形拉刀拉方孔,用钻头、扩孔钻或铰刀加工内孔,用组合铣刀铣工件两侧面和槽面等。

4) 自动控制法

在加工过程中,通过由尺寸测量装置、动力进给装置和控制机构等组成的自动控制系统,使加工过程中的尺寸测量、刀具的补偿调整和切削加工等一系列工作自动完成,从而自动获得所要求尺寸精度的一种加工方法。例如,在无芯磨床上磨削轴承圈外圆时,通过测量装置控制导轮架进行微量的补偿进给,从而保证工作的尺寸精度;在数控机床上,通过数控装置、测量装置及伺服驱动机构,控制刀具在加工时应具有的准确位置,从而保证零件的尺寸精度等。

2. 形状精度的获得方法

在机械加工中,获得形状精度的方法主要有下面两种。

1) 成形运动法

以刀具的刀尖作为一个点相对工件做有规律的切削成形运动,从而使加工表面获得所要求形状的加工方法称为成形运动法。刀具相对工件运动的切削成形面即是工件的加工表面。

虽然机器零件形状可能差别很大,但它们的表面一般都由几种简单的几何形面及其组合构成。例如,由圆柱面、圆锥面、平面、球面、螺旋面和渐开线面等及它们的组合构成了常见零件的表面形状,上述典型几何形面都可通过成形运动法加工出来。

为了提高效率,在生产中往往不是使用刀具刃口上的一个点加工工件,而是采用刀具的整个切削刃口加工工件。如采用拉刀、成形车刀及宽砂轮等对工件进行加工。在上述情况下,由于制造刀具刃口的成形运动已在刀具的制造和刃磨过程中完成,故可明显简化零件加工过程中的成形运动。采用宽砂轮横进给磨削、成形车刀切削及螺纹表面的车削加工等,都是刀具刃口的成形加工和提高生产效率的实例。

通过成形刀具相对工件所做的展成啮合运动,还可以加工出形状更为复杂的几何形面。如各种花键表面和齿形表面,就常常采用展成法加工,刀具相对于工件做展成啮合的成形运动,其加工后的几何形面即是刀刃在成形运动中的包络面。

2) 非成形运动法

采用非成形运动法加工零件时,零件表面形状精度的获得不是依靠刀具相对于工件的准确成形运动,而是依靠在加工过程中对加工表面形状的不断检验和工人对其进行精细修整。

虽然非成形运动法是获得零件表面形状精度最原始的加工方法,但是它现在仍然是某

些复杂的形状表面和形状精度要求很高表面的加工方法。例如,精密刮研高精度测量平台,精研具有较复杂空间型面锻模,手工研磨精密丝杠等。

3. 位置精度的获得方法

获得位置精度的机械加工方法主要有下面两种。

1) 一次装夹获得法

零件有关表面间的位置精度是在工件的同一次装夹中,由各有关刀具相对工件的成形运动之间的位置关系保证的。

轴类零件加工时,将零件主要外圆、端面和端台均在工件一次装夹中加工完成,则可以保证它们的同轴度与垂直度等位置精度要求;在箱体零件加工时,将孔系中的重要孔安排在工件一次装夹中加工,可以保证孔间的同轴度、平行度及垂直度。

2) 多次装夹获得法

当零件复杂程度较大,在一次装夹中无法将重要表面全部加工完,需要多次装夹工件才能完成零件主要表面加工时,零件的位置精度是由多次装夹获得法获得的。

采用多次装夹获得法加工时,零件有关表面间的位置精度是由刀具相对工件的成形运动与工件定位基准面(亦是工件在前几次装夹时的加工面)之间的位置关系保证的。如轴类零件上键槽对外圆表面的对称度,箱体平面与平面之间的平行度、垂直度,箱体孔与平面之间的平行度和垂直度等,均可采用多次装夹获得法。在多次装夹获得法中,又可根据工件的不同装夹方式划分为直接装夹法、找正装夹法和夹具装夹法。

1.5 机械加工工艺过程组成

为了更精确地描述生产过程的工艺问题,需要将工序细分为安装、工位、工步和走刀,它们的层次关系大致如图 1.5 所示。

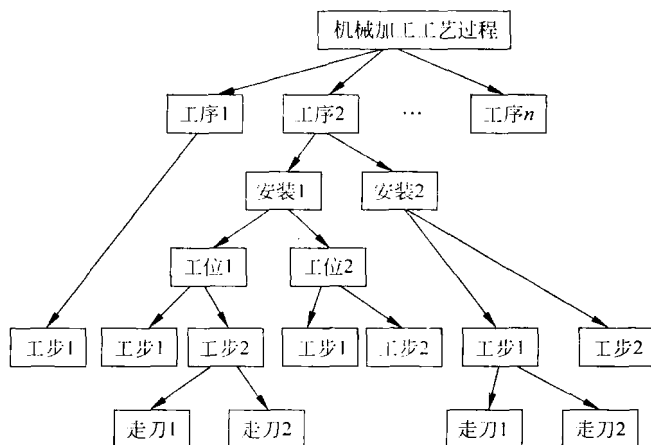


图 1.5 机械加工工艺过程

1. 工序

工序是一个或一组工人,在相同的工作地点对同一个或同时对几个工件连续完成的那一部分工艺过程。零件的机械加工过程就是该零件加工工序的序列。工序是工艺过程的基础。

本单元,也是生产计划、成本核算的基本单元。

一个零件的加工过程需要包括哪些工序,由被加工零件的复杂程度、加工精度要求及其产量等因素决定。例如,单件生产如图 1.6 所示的阶梯轴时,其加工过程可以由两个工序组成,见表 1.3;小批生产该阶梯轴时,其加工过程可以由三个工序组成,见表 1.4;大批量生产时,该阶梯轴的加工过程可以分为 5 个工序,见表 1.5。

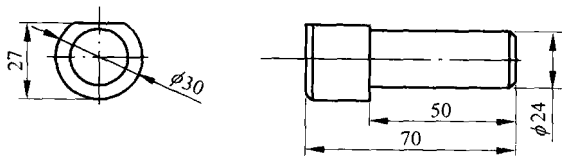


图 1.6 阶梯轴

表 1.3 单件生产的工艺过程

工序	工序内容	机床	夹具
1	车大端面,车大外圆及倒角;调头安装,车小端面,车小外圆及倒角	车床	三爪自定心卡盘
2	铣平面、去毛刺	铣床	平口钳

表 1.4 小批生产的工艺过程

工序	工序内容	机床	夹具
1	车大端面,打中心孔;调头安装,车小端面,打中心孔	车床	三爪自定心卡盘
2	车大外圆及倒角;调头安装,车小外圆及倒角	车床	专用夹具
3	铣平面、去毛刺	铣床	平口钳

表 1.5 大批大量生产的工艺过程

工序	工序内容	机床	夹具
1	同时铣两端面;同时打两中心孔	组合机床	多工位专用夹具
2	车大外圆及倒角	车床	专用夹具
3	车小外圆及倒角	车床	专用夹具
4	铣平面	铣床	专用夹具
5	去毛刺	钳工台	

2. 安装

安装指在一道工序中,工件经一次定位夹紧所完成的那一部分工序内容。安装概念原指工件在机床上的固定与夹紧,在机械制造工艺学中,安装概念被赋予新的内涵,其内容是一部分工序内容。

如表 1.3 中工序 1 是两次安装,如表 1.4 中工序 1 和 2 都是两次安装,而表 1.5 中各工序都是一次安装。

在大批大量生产中,减少工序中的安装次数,将增加工件每次装夹中完成的加工内容,有助于提高和保证加工精度;增加工序中的安装次数,将简化工件每次装夹中完成的加工内容,可以提高机械加工的专业化分工,以提高生产率。

3. 工位

在工艺过程的一个安装中,通过分度(或移动)装置,使工件相对于机床床身变换加工位