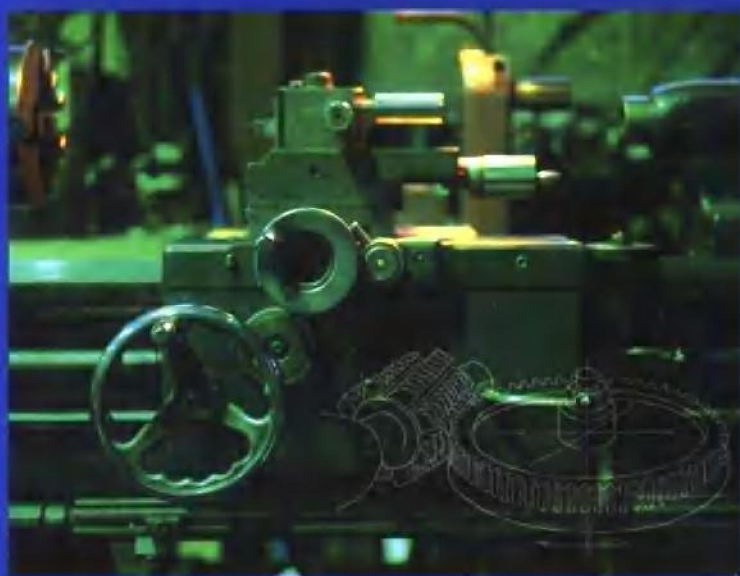


XIANDAI JIXIE ZHIZAO JISHU

机电一体化丛书

现代机械制造技术

姚智慧 张广玉 侯珍秀 赵维缓 编著



哈尔滨工业大学出版社

现代机械制造技术

姚智慧 张广玉 侯珍秀 赵维缓 编著

ND29/118

哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨

前 言

“机械制造技术”是机械、机电结合类专业的主要课程,也是国家“九五”重点图书《机电一体化》丛书中的一种。本书是根据机械类、机电结合类专业的教学要求,结合作者多年的教学实践经验和体会,参考近年来国内外有关机械制造领域的技术资料,本着加强理论基础和基本概念、强调理论结合实际、着重培养学生解决问题的能力和认真推行国家标准的指导思想编写而成的。本书主要有以下几个方面的内容:

一是介绍机械加工工艺规程、装配工艺规程、机床夹具设计的基本概念、基本原理、设计方法及有关的计算。

二是介绍机械加工的质量要求,包括机械加工精度和机械加工表面质量的实现。这是制造技术的核心问题和首要问题。

三是强调劳动生产率和经济效益的关系。在保证质量的前提下,如何提高劳动生产率和降低成本是获取最大经济效益的主要手段。

四是为了扩大读者的工艺知识面,考虑到目前课程门数的精简,适当地编写了一些典型表面加工方法的基本知识和特种加工方法的基本原理、基本特点及其应用情况等。

全书共分八章,第一章与第八章由赵维缓编写,第二章由侯珍秀编写,第四章与第五章由姚智慧编写,第六章、第七章和第三章由张广玉编写。姚智慧、张广玉任主编,赵维缓教授任主审。

由于水平所限,编写中一定会有不少缺点和不足,恳请读者批评与指正。

编 者

1999年11月

目 录

第一章 机械加工工艺规程设计.....	(1)
§ 1-1 概述.....	(1)
§ 1-2 加工对象的工艺分析.....	(5)
§ 1-3 工艺路线的拟定.....	(9)
§ 1-4 毛坯的选择和加工余量	(18)
§ 1-5 工序尺寸的计算	(22)
§ 1-6 计算机辅助工艺过程设计(CAPP).....	(34)
第二章 机床夹具设计基础	(39)
§ 2-1 概述	(39)
§ 2-2 工件的定位	(42)
§ 2-3 工件的夹紧	(80)
§ 2-4 夹具的对定、分度装置与夹具体	(107)
§ 2-5 专用夹具设计实例及设计步骤.....	(120)
§ 2-6 计算机辅助夹具设计.....	(123)
第三章 机械加工精度.....	(127)
§ 3-1 概述.....	(127)
§ 3-2 工艺系统的几何误差.....	(133)
§ 3-3 工艺系统受力变形.....	(151)
§ 3-4 工艺系统的热变形.....	(167)
§ 3-5 加工过程中的其他误差.....	(180)
§ 3-6 加工误差的统计分析.....	(189)
第四章 机械加工的表面技术.....	(205)
§ 4-1 概述.....	(205)
§ 4-2 表面质量对零件使用性能的影响.....	(210)
§ 4-3 表面粗糙度形成的原因及其影响因素.....	(213)
§ 4-4 表面物理机械性能的变化及其影响因素.....	(222)
§ 4-5 机械加工中的振动.....	(234)
第五章 劳动生产率与经济性.....	(252)
§ 5-1 劳动生产率.....	(252)

§ 5-2 工艺方案的经济分析·····	(270)
第六章 零件表面的加工方法·····	(275)
§ 6-1 外圆柱面加工·····	(275)
§ 6-2 孔加工·····	(285)
§ 6-3 平面加工·····	(295)
§ 6-4 螺纹精加工·····	(303)
§ 6-5 圆柱齿轮加工·····	(308)
第七章 特种加工·····	(320)
§ 7-1 电火花加工·····	(320)
§ 7-2 电解加工·····	(326)
§ 7-3 超声加工·····	(328)
§ 7-4 激光加工·····	(336)
§ 7-5 电子束加工·····	(339)
§ 7-6 离子束加工·····	(341)
§ 7-7 其他特种加工·····	(344)
第八章 装配工艺基础·····	(349)
§ 8-1 概述·····	(349)
§ 8-2 保证装配精度的方法·····	(352)
§ 8-3 装配工艺规程设计·····	(360)
参考文献·····	(363)

第一章 机械加工工艺规程设计

§ 1-1 概 述

一、生产过程与工艺过程

1. 生产过程

生产过程是指将原材料转变为成品的全过程。一台产品的生产过程是很复杂的,它包括原材料、半成品、元器件、标准件、工具、工装、设备的购置、运输、检验、保管,专用工具、工装、设备的设计与制造等生产准备工作和毛坯制造、零件加工、热处理、表面处理,产品装配与调试、性能试验以及产品的包装、发运等工作。为了便于组织管理生产和有利于保证质量,提高生产率,降低成本,一台产品的生产过程往往是由几个工厂共同完成,所以一个工厂的成品可以是另一个工厂的原材料或半成品。一个工厂的生产过程,又可分为各个车间的生产过程,这样,一个车间的成品,可能是另一个车间的原材料或半成品。例如,铸造车间、锻造车间的成品——铸件、锻件就是机械加工车间的毛坯,而机械加工车间的成品,又是装配车间的“原材料”。

2. 工艺过程

生产过程中直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性能等的主要过程,称为工艺过程。上述过程可以通过不同的工艺方法来完成,因而工艺过程又可具体分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、特种加工、热处理、表面处理、装配等工艺过程。

采用机械加工方法,直接改变加工对象的形状、尺寸和表面性能,使之成为成品的过程,称为机械加工工艺过程。本课程的内容主要是讲述和研究机械加工工艺过程中的一些主要问题。

二、工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由若干个按一定顺序排列的工序组成。工序是组成工艺过程的基本单元,也是制定生产计划、进行经济核算的基本单元。工序又可细分为安装、工位、工步、走刀等组成部分。

1. 工序

工序是指一个或一组工人,在一个工作地对同一个或同时几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。

划分工序的条件是操作者、工作地、加工对象三者不变和工作的连续性,其中有一个不满足即为另一道工序。

这里的连续性,是指工序内的工作需连续完成,不能插入其他工作内容或者阶段性加

工。例如,加工一批轴,外圆粗、精车加工时,虽然在同一设备(工作地)上由同一操作者加工,但粗车之后,为了消除粗车后工件产生的内应力而安排了人工时效然后再精车,或者为了减小粗车时切削力、切削热产生的变形,一批工件粗车之后,再进行该批工件的精车。这时粗车、精车就应是两道工序了。

2. 安装

安装是指工件(或装配单元)通过一次装夹后所完成的那一部分工序。

工件某道工序的加工,往往不可能一次装夹全部完成。例如,图 1-1 所示的工件最少需两道工序,即车全部和钻四孔。在车工序中,需两次装夹;第一次装夹车 $\phi 40_{-0.039}^0$ 外圆、端面 A、B 及孔 $\phi 20_{+0.033}^0$;第二次装夹车削 $\phi 70$ 外圆及端面 C。因而这一工序便有两个安装。

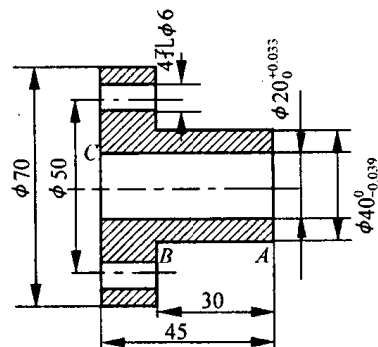


图 1-1 加工零件

3. 工位

工位是指为了完成一定的工序部分,一次装夹工件后,工件(或装配单元)与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置所完成的那部分工序。

采用多工位夹具或者在多轴机床上加工时,工件只需装夹一次即可把不同位置的表面加工出来。例如,上例钻四孔工序,采用多工位钻模,就可以用一次装夹经四个工位将工件上四个 $\phi 6$ 的孔加工出来。采用多工位加工,既可以减少装夹次数、缩短工时、提高效率,又可提高四孔间的位置精度。

4. 工步

工步是指在加工表面(或装配时的连接表面)不变、加工(或装配)工具不变的情况下,所连续完成的那部分工序。

工步是构成工序的基本单元。当加工表面或者加工刀具变化时,即为另一工步。对于多刀同时加工几个表面的情况,这仍算一个工步,称为复合工步。

5. 走刀

走刀是指刀具相对工件加工表面完成一次切削所完成的那部分工作。有些工步由于加工余量太大或者为了提高加工精度,同一加工表面需用相同刀具、相同的切削速度和进给量进行多次切削,每次切削即为一个走刀。

三、工艺规程及其作用

规定产品或零部件制造工艺过程和方法等的工艺文件称为工艺规程。

同样一个生产或加工对象,可以通过不同的工艺过程来达到其技术要求。根据加工对象的技术要求、产量、工厂现有条件和技术水平,用文件形式将合理的工艺过程确定下来,就形成了工艺规程。所以,工艺规程反映了比较合理的工艺过程,是很重要的工艺文件,其主要作用为:

(1)是指导生产、组织生产、管理生产的主要工艺文件,是生产加工、检验验收、生产调度与安排的主要依据;

(2)是产品投产前生产准备和技术准备,例如通用设备、工装的购置,专用设备、工装的设计与制造,原材料、半成品、元器件、标准件的供应以及人员配备等的依据;

(3)是筹建或扩建工厂及车间时计算车间和工厂面积、动力用量、设备布置等的依据;

(4)有利于先进技术、先进经验的交流与推广。

工艺规程是一切生产人员都必须认真贯彻、严格执行的纪律性文件,不得违反与改动。但是随着科学技术的发展,先进经验、先进技术、先进设备、先进工艺方法不断涌现,工艺规程也应作相应的修订,但一定要有审批手续,不得擅自改动。

四、制订工艺规程的原则和原始资料

在制订工艺规程时,首先应贯彻质量第一的思想,也就是说确保加工质量是制订工艺规程的首要原则。要可靠地保证加工对象的技术要求。

其次是在保证质量的前提下,提高生产率,降低工艺成本,取得好的经济效果。在一定的生产条件下,往往会有几个不同的工艺方案都能实现加工对象的技术要求。评定工艺方案好坏的主要标志是工艺方案的经济性。

另外,在制订工艺规程时,还应树立减轻工人劳动强度、保障生产安全和创造文明劳动条件的思想。

制订工艺规程之前应具备以下原始资料:

- ①技术要求齐全的被加工零件的工作图和必要的装配图;
- ②产品的生产纲领和生产类型;
- ③本厂的生产条件,如加工设备、工艺装备情况,工人技术水平,毛坯生产条件以及专用设备、专用工装的制造能力等;
- ④国内外先进技术、先进工艺资料及必要的工艺手册等。

五、生产纲领与生产类型

某产品某零件的生产纲领,即包括必要的备件和允许的废品在内的年产量,可按下式计算:

$$N = nQ(1 + \alpha\% + \beta\%)$$

式中 N ——某零件的生产纲领(件/年);

Q ——某产品的生产纲领(台/年);

n ——一台产品中该零件的数量(件/台);

$\alpha\%$ ——必要的备件率;

$\beta\%$ ——允许的废品率。

根据生产纲领的大小、产品品种及产品结构大小和复杂程度等常把生产分成单件生产、成批生产和大量生产三种类型。成批生产常按其批量的大小又分为小批、中批和大批三种类型。小批生产的特点与单件生产相似,大批生产的特点又与大量生产的特点相似,所以又常分为单件小批生产、中批生产和大批大量生产三种类型。划分生产类型除和生产纲领有关外,还与产品的大小及复杂程度有关,但没有严格界限和明确的标准,多按经验和习惯来处理,表1-1所介绍的情况可供参考。

为了取得最佳经济效益,同一产品不同生产类型,其工艺过程是迥然不同的。不同生产类型的主要工艺特点,可参见表1-2。

表 1-1 生产类型

生 产 类 型	同一产品的生产纲领(件/年)		
	重 型 机 械	中 型 机 械	小 型 机 械
单件生产	<5	<20	<100
小批生产	5~100	20~200	100~500
中批生产	100~200	200~500	500~5 000
大批生产	—	500~5 000	5 000~50 000
大量生产	—	>5 000	>50 000

表 1-2 各种生产类型工艺过程的特点

项 目	工 艺 特 点		
	单件小批生产	中批生产	大批大量生产
加工对象	经常变换	周期变换	固定不变
产品数量	少	中	大量
机床设备和布置	采用通用设备和机群布置	采用通用和专业设备按工艺路线或机群布置	广泛采用专用设备、自动机床按流水线布置或采用自动线
夹具	多采用通用夹具,极少用专用夹具	主要采用专用夹具	广泛采用高效专用夹具
刀具和量具	采用通用刀具和通用量具	较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用高效专用刀具和专用量具
毛坯制造和加工余量	木模造型,自由锻造,毛坯精度低,加工余量大	部分采用金属模和模锻,毛坯精度和加工余量中等	广泛采用模锻、金属模压力铸造等高效高精度方法制造毛坯,毛坯精度高,加工余量小
尺寸获得方法	试切法	调整法	调整法、自动获得法
工艺文件	只制定简单的工艺过程卡	要有工艺过程卡和重要工件主要工序的工序卡	要有很详细的工艺规程和各种工艺文件
操作工人技术水平	高	中等	一般
生产率	低	中等	高
成本	高	中等	低

六、制定工艺规程的内容与步骤

在具备了上述的原始资料之后,即可制定工艺规程,其主要内容和步骤为:

(1)对加工对象进行工艺分析。一方面对加工对象的技术要求、用途以及在产品中的作用进行深入了解,另一方面是对加工对象进行工艺审查。

(2)确定毛坯的种类、形状、尺寸及精度。

(3)拟定工艺路线,包括基准的选择,定位夹紧方法的确定,各表面加工方法的选择,加工阶段的划分,工序数目及顺序的确定等。往往要提出几个方案,然后加以比较。

(4)确定加工设备和工艺装备,即确定各工序所用的设备(机床)、夹具、刀具、量具以及其他辅具等,提出专用工装的设计任务书。

(5)确定各工序的加工余量,计算工序尺寸。

(6)确定各主要工序技术检验要求和检验方法,必要时制定检验卡。

(7)确定各工序的切削用量和时间定额。

(8)填写工艺文件。生产类型不同,对工艺文件的要求与数量亦不同。单件小批生产,一般只填写内容简单的工艺过程卡;大批生产,除填写工艺过程卡以外,还要填写内容详细的工序卡以及检验卡、调整卡等。

§ 1-2 加工对象的工艺分析

在设计零件的机械加工工艺规程时,首先要对加工对象进行深入分析。其目的,一是对加工对象有个深入全面的了解,作到心中有数;二是对加工对象的结构从工艺角度进行审查,即审查其结构工艺性,以便在保证质量要求前提下进行高效率、低成本生产。在审查中如发现问题,要与设计人员协商解决,并提出改进意见。

一、加工对象结构分析

要作到心中有数,首先要结合该零件的功用及其在产品中的作用,对其结构进行分析,主要包括以下几个方面。

(1)组成零件各表面的几何形状。零件通常是由一些简单或有规律的表面,如平面、圆柱面、圆锥面、球面、螺旋面、渐开线面……构成。不同的表面,其典型的工艺方法不同。

(2)零件的技术要求。包括尺寸、形状、位置、粗糙度等几何方面的技术要求,也包括机械、物理、化学性能等方面的技术要求。后者的要求主要取决于选用的材料,但也受工艺方法的影响。

(3)零件的材料。材料除具备一定的工作性能外,还具有一定的工艺性能。这种工艺性能影响着其毛坯制造和机械加工的工艺过程。例如,铸铁、青铜、铸铝等复杂零件的毛坯,适合用铸造方法制作,在精加工时不宜选用磨削工艺方法等。

二、加工对象结构工艺性分析

产品和零件的结构与其适合的制造工艺方法是密切相关的。同一产品和零件可以有多种不同的结构,而这些不同的结构在一定的条件下,其制造的难易程度相差很大。结构工艺性把产品和零件的结构和工艺之间的关系建立起来了。

1. 结构工艺性的概念

结构工艺性是指在满足使用要求的前提下,制造、维修的可行性和经济性。

结构工艺性具有综合性和相对性的特点。所谓综合性,是指必须对毛坯制造、零件的加工、产品的装配、调整、维修等各环节进行综合分析比较,全面评价。例如某道工序的改善,可能引起毛坯的制造或者装配工作的困难等。相对性是指,某一结构的好坏是相对一定的条件而言,如生产类型、工厂车间现有条件、现实的科学技术水平等。在某一定的条件下认为工艺性好的结构,在另一条件下则不一定好。

2. 结构工艺性指标

衡量一台产品结构工艺性好坏,尤其是定量衡量是很困难的。下面介绍几项衡量产品结构工艺性的指标,可供参考。这些指标是在对产品结构质量进行技术-经济分析的基础上,主要依据产品的加工量建立起来的。

(1) 产品中不同零件结构形成系数 K_x

产品中的零件按其作用可分为:

基本件 N_a 决定产品基本功能的零件,如完成一定的运动、动力、光电等作用的零件;

补充件 N_b 与基本件类似,但不起基本功能的作用。没有它仍可实现产品的基本功能,但它影响产品的使用质量;

辅助件 N_c 其余的专用件,不包括紧固件,其作用是支承和覆盖基本件;

紧固件 N_d 起连接和固定作用。

由这些零件可计算出结构形成系数

$$K_x = \frac{N_b + N_c + N_d}{N_a}$$

K_x 值小,说明基本件占比例多,结构合理。

(2) 产品中零件重复系数 K_c

若产品中零件品种数(序号数)为 N_c ,零件总数为 N_o ,则

$$K_c = \frac{N_c}{N_o}$$

K_c 值小,说明产品零件的品种少,同类件数目多,便于加工。

(3) 标准化系数 K_b

$$K_b = \frac{N_B}{N_o - (N_d + N_m)}$$

式中 N_B ——产品中标准件件数;

N_m ——产品中外购的标准件件数。

K_b 值大,说明标准件数多,可增大生产批量,便于提高生产率和降低成本。

(4) 产品结构继承系数 K_j

若在产品的结构中,采用以往已生产过的零件数为 N_i ,则

$$K_j = \frac{N_i}{N_o - (N_d + N_m)}$$

K_j 值大,说明该产品继承了很多已生产过的零件,这可减少许多生产准备工作。

(5) 产品材料利用率系数 K_l

设产品零件总净重重量为 Q_j ,产品毛坯总毛重重量为 Q_m ,则

$$K_l = \frac{Q_j}{Q_m}$$

K_l 值大,说明零件的重量接近毛坯的重量,这不仅可以节省材料,还可减少加工量。

(6) 产品零件平均精度等级系数 K_p

将产品零件按精度等级分组,求出各组的零件数 N_i ,其相应的精度等级数为 i ,则

$$K_p = \frac{\sum N_i i}{N_o}$$

式中 $N_o = N_G + N_6 + N_7 + N_8 + N_9 + N_{10} + N_{11} + N_{12} + N_D$;

N_G ——精度等级高于 6 级(不包括 6 级)的零件数;

N_D ——精度等级低于 12 级(不包括 12 级)的零件数;

$N_6, N_7, \dots, N_{12}$ ——精度为 6, 7, $\dots$, 12 级的零件数。

当零件的精度高于 6 级(不包括 6 级)时 i 取 0.5, 当零件的精度低于 12 级(不包括 12 级)时, i 取 8, 其余精度等级的零件, i 为其相应的精度等级数。

K_p 值大, 说明产品要求的加工精度低, 工艺性好。

(7) 产品可划分的部件程度系数 K_k

如果产品可划分成的部件数为 N_k , 则

$$K_k = \frac{N_k}{N_o}$$

K_k 值大, 说明产品的部件数多, 这不仅可以分组并行组装, 缩短装配周期, 而且由于每个部件零件少, 也便于装配、维修、调整, 易于保证质量。

(8) 产品装配复杂程度系数 K_f

装配复杂程度主要由装配过程中装配的难易程度决定, 其中最简单的是参加装配的零件装配时, 不需作任何附加加工和调整, 即可达到装配的要求; 最复杂的是参加装配的零件必经过研配、刮研等附加加工, 方可达到装配要求。设前者的零件数为 N_H , 后者的零件数为 N_y , 则

$$K_f = \frac{N_H}{N_y}$$

K_f 值大, 说明装配工作简单, 工艺性好。

(9) 产品中易磨损件可更换系数 K_g

设产品中可更换的易磨损件数为 N_g , 则

$$K_g = \frac{N_g}{N_o}$$

K_g 值大, 说明维修起来比较容易, 结构工艺性好。

上面介绍的九项指标, 可作对产品进行工艺审查时的参考。

3. 零件的结构工艺性

零件可以采用不同的工艺方法来制造, 每种工艺方法都具有该工艺方法特点所决定的评定零件结构工艺性的依据。这里只介绍如何来分析或评定用机械加工工艺方法制作的零件的结构工艺性。归纳起来, 可从以下几个方面来分析。

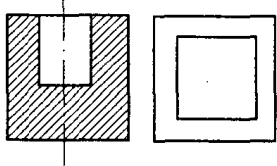
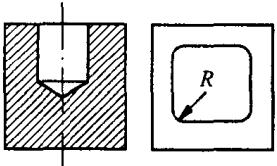
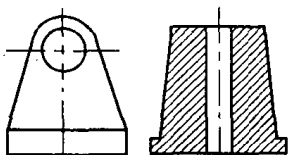
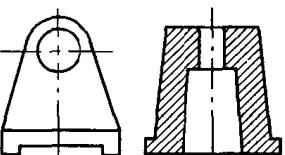
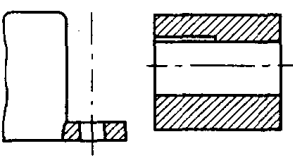
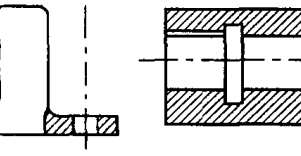
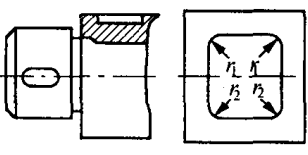
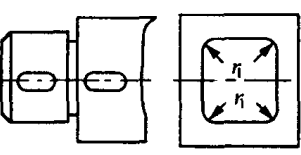
(1) 零件应由一些简单或者有规律的表面, 如平面、回转表面、螺旋面、渐开线面等组成, 避免奇异无规律的表面, 否则将给加工带来困难。

(2) 零件表面的有关尺寸应标准化和规格化, 例如孔、螺纹、轴颈等的尺寸标准化、规格化, 可采用标准刀具加工, 也便于与标准件配合。

(3) 零件有关表面形状应与加工刀具形状相适应。否则将增加加工难度, 例如表 1-3 中例 1。

(4) 尽量减小加工面积。这不仅减小加工工作量,而且保证接触良好,例如表 1-3 中例 2。

表 1-3 零件机械加工结构工艺性实例

序号	改进前结构	改进后结构	说 明
1			改进前的孔底和槽壁形状不易加工;改进后的形状与刀具结构形状相适应,很自然形成。
2			改进前,底面积和孔加工量大,既浪费材料又增加加工量;改进后,既减少材料,又减少加工量。
3			改进前,孔距立壁太近,钻夹下不来,键槽无空刀,不便加工;改进后,便于刀具引进和退出。
4			改进前二键槽不在同一方向,需两次装夹(或工位),槽壁圆角半径不等,增加换刀次数;改进后,只需一次装夹(或工位),只需一把铣刀。

(5) 尺寸标注要保证加工的方便性。这不仅可以去掉尺寸换算,而且便于保证加工精度。诸如,①不要由一个加工表面确定几个不加工表面,这可避免加工中的多尺寸保证的问题,如图 1-2a 所示;②标尺寸所用的基准应便于作加工过程中的测量和定位基准,如图 1-2b 所示;③标注尺寸要符合加工顺序,如图 1-2c 所示。

(6) 合理地标注加工精度和表面粗糙度。在保证工作性能要求前提下,尽量降低对加工精度和粗糙度的要求,这既可提高生产率又可降低成本。

(7) 合理地选择零件的材料。能满足一定工作性能要求的材料,可能有许多种,但其价格、可加工性却有很大的差异,应该选择既能满足工作要求,又是价格便宜、可加工性好的材料。

(8) 零件的结构应保证加工时刀具的引进和退出,如表 1-3 中的例 3。

(9) 零件的结构应能尽量减少加工时的装夹或工位数以及换刀的次数,如表 1-3 中的例 4。

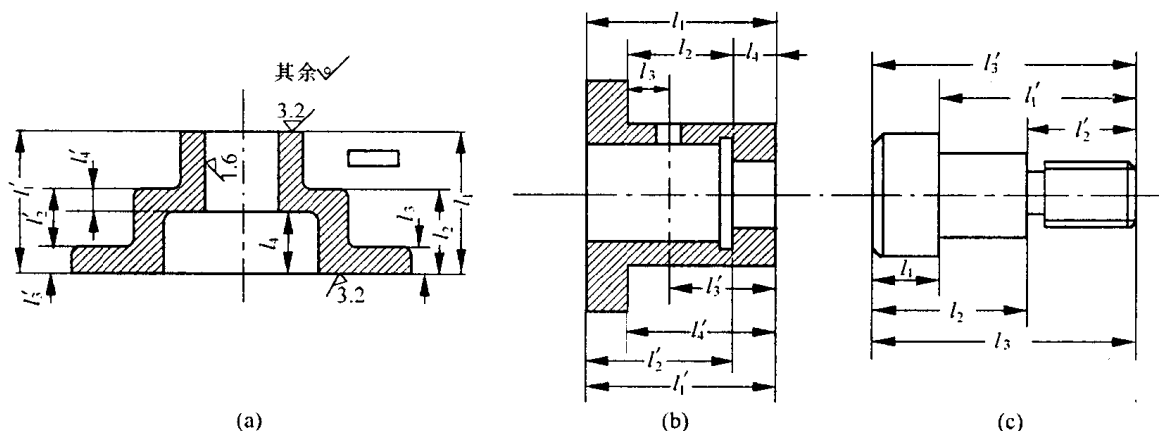


图 1-2

l_1, l_2, l_3, l_4 ——错误标法; l'_1, l'_2, l'_3, l'_4 ——正确标法

§ 1-3 工艺路线的拟定

拟定零件机械加工工艺路线,是工艺规程设计中的主要内容,这中间涉及的问题很多,诸如,确定工艺基准,选择加工方法、加工设备和工艺装备,确定工序数目,划分加工阶段和安排工序顺序等。

一、基准及其选择

1. 基准的概念及其分类

一个零件上往往有许多个面、线、点等几何要素,它们之间又往往有相互位置和尺寸要求。要确定它们之间的这些要求,就要有个依据,这个依据就是基准。所以,用来确定生产对象上点、线、面等几何要素的位置和尺寸所依据的那些点、线、面称为基准。

根据作用和应用场合的不同,基准可分为两类。

(1)设计基准:设计图样上所采用的基准。图1-3是某零件的设计图样,中心线 $O-O$ 是 A, B, C 面的设计基准; A 面是 C 面的设计基准; D 面是 E 和 F 面的设计基准。

(2)工艺基准:在工艺过程中所采用的基准。按其用途不同工艺基准又分为:

①工序基准:在工序图上用来确定本工序被加工表面位置和尺寸的基准。工序图上所标的尺寸称为工序尺寸。

②定位基准:在加工中用作定位的基准。它是用来确定被加工表面位置的,是工件上的具体的面或线、点。图1-4为在零件大端铣槽的工序简图,以 $\phi 40_{-0.039}^0$ 外圆作定位基准,工序尺寸为 $54_{-0.074}^0$ 。

③测量基准:测量时所采用的基准。例如,图1-4上的母线 a 。

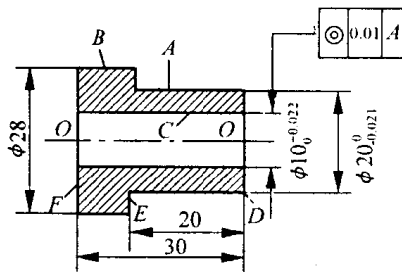


图 1-3 零件的设计基准

④装配基准:装配时用来确定零件或部件在部件或产品中位置的基准。如图 1-5,轴套上的外圆和端面就是确定该轴套在部件中的径向和轴向位置的装配基准;轴颈的外圆和轴肩又是轴的装配基准。

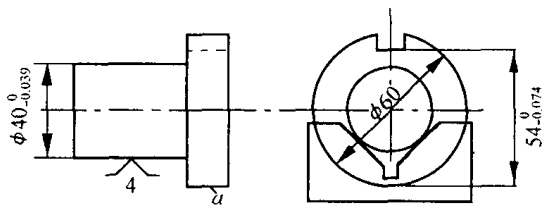


图 1-4 零件的定位与测量基准

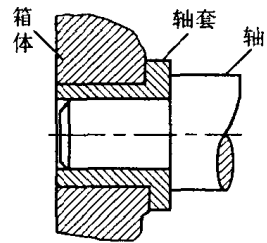


图 1-5 零件的装配基准

2. 基准的选择

在拟定工艺过程时,正确地选择工艺基准对确保加工精度和提高生产率都有很大的影响。

(1) 工序基准的选择

在工艺过程各主要工序设计中,要标出各主要工序加工表面的位置和尺寸要求。这就要确定出各主要工序的工序基准。确定时主要考虑加工中便于定位、对刀和测量,也就是说它和设计、定位、测量基准有密切关系。图 1-6a 为一零件的设计图, A、B、C、E 面在前工序已加工好,在加工孔 D 工序中,工序基准的选择有以下几种情况:

①选择孔 D 的设计基准 C 面作工序、定位、测量基准,即工序基准与设计、定位、测量基准重合(如试切法加工)。这时不要进行尺寸换算,设计尺寸即工序尺寸,也不产生基准不重合误差(但用调整法加工时,很不方便)。

②工序基准与设计基准重合,但不与定位基准重合。这时不需要进行尺寸换算,设计尺

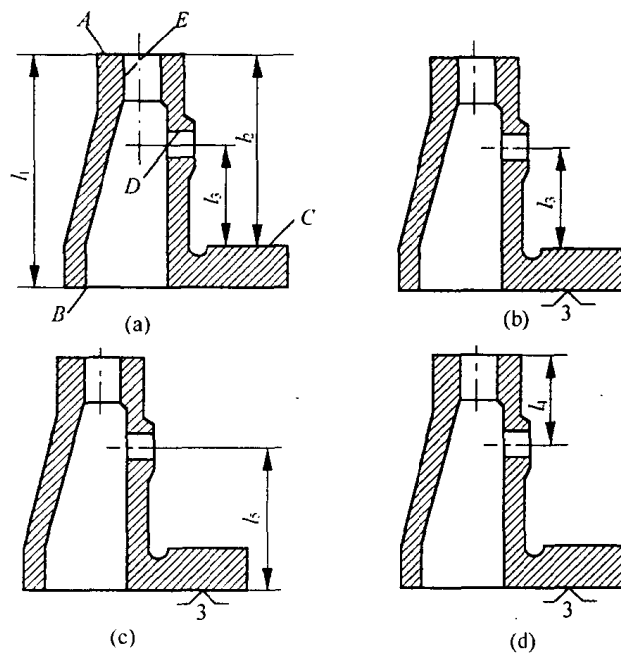


图 1-6 工序基准的选择

寸即工序尺寸。若用调整法加工时,对工序尺寸而言,要产生基准不重合误差,如图 1-6b (关于基准不重合误差的概念,可参见夹具设计一章)。

③工序基准与设计基准不重合,但与定位基准重合,如图 1-6c。这时要进行尺寸换算,在保证设计尺寸要求条件下求出工序尺寸。工序尺寸的精度要比设计尺寸精度有所提高,但对工序尺寸而言无基准不重合误差(用调整法加工时)。

④工序基准既不与设计基准重合又不与定位基准重合,但与测量基准重合,如图 1-6d。这时,既要换算出工序尺寸,提高加工精度,对工序尺寸而言又要产生基准不重合误差(用调整法加工时)。

一般来讲,工序基准是实际存在的几何要素,所以工序基准一般应与测量基准重合。工序基准既不与设计基准重合又不与定位基准、测量基准重合,这种情况极其罕见,实际上是不存在的。因为选某几何要素作工序基准的目的,或是为了加工时定位方便,或是为了加工中便于测量。

(2)定位基准的选择

根据定位基准表面状态,定位基准又分粗基准和精基准。凡是以未经过机械加工的毛坯表面作定位基准的,称为粗基准,这往往发生在第一道工序第一次装夹中。如果定位基准是经过机械加工的,称为精基准。粗基准和精基准的选择原则是不同的。

粗基准的选择,主要是考虑如何保证加工表面与不加工表面之间的位置和尺寸要求,保证加工表面的加工余量均匀足够,以及减少装夹次数等。具体原则有:

①如果零件上有一个不需加工的表面,如有可能,尽量选此不加工表面作第一次装夹的粗基准,如图 1-7a 应选择表面 A 作粗基准,这不仅只须一次装夹,而且 B 和 C 面及 C 与 A 面之间的位置精度也高。

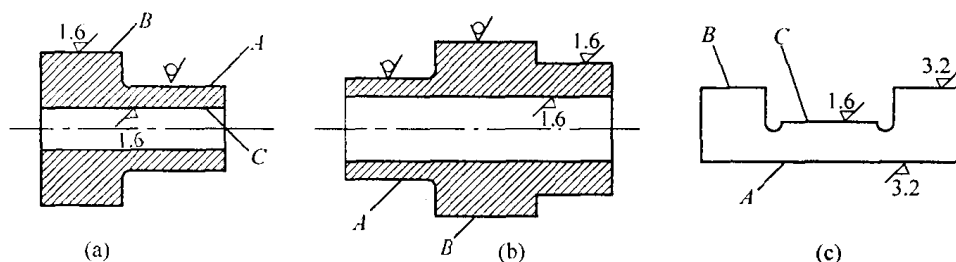


图 1-7 粗基准选择

②如果零件上有几个不需加工的表面,应选择其中与加工表面有较高位置精度要求的不加工表面作第一次装夹的粗基准,如图 1-7b 所示,零件上 A, B 面不需加工,但 A 面壁厚很薄,要求它与需加工面孔间有较高位置精度(同轴度),所以应选择 A 表面作粗基准。

③如果零件上所有的表面都需要机械加工,则应选择加工余量最小的不加工表面作粗基准,如图 1-7c 所示的零件, A, B, C 三面都需加工,但其加工余量不等, $Z_A > Z_B > Z_C$, 应选 C 面作粗基准,因为 A, B, C 三面在长度方向上存在同样平行度误差时,这样选择能使保证加工余量最小的表面加工余量足够的可能性最大。

④粗基准只能用一次,因为粗基准误差大,重复使用将导致位置误差大,如图 1-8 所示的零件, D, B 面需要加工,需两道工序。正确的选择应该是:先以 C 为粗基准加工孔 D,再以 D 为基准加工 4 个孔 B。若第二道工序选 C 或 A 不加工面作基准,很难保证 B, D 加工表面间的位置要求。

⑤粗基准要选择平整、面积较大的表面,不应有冒口、浇口和飞边等。

选择精基准时,主要应考虑如何保证加工表面之间的位置精度、尺寸精度和装夹方便等,主要原则有:

①基准重合原则。即选工序基准作定位基准。这样,在用调整法加工时可使本工序尺寸不产生基准不重合误差。如图 1-9 所示,在零件上铣一个尺寸为 L, b 和 H 的槽,零件上 A, B, C, D 四面在前工序已加工好,其尺寸为 h_{1-TL1}^0 和 L_{1-TL1}^0 ,由图可知,表面 B 和 C 是本工序尺寸 H 和 L 的工序基准。若选 C 和 B 面作定位基准,在铣刀位置按加工要求调整好之后,加工一批零件,其尺寸 H 和 L 不受 h_{1-TL1}^0 和 L_{1-TL1}^0 的影响,即无基准不重合误差。若选用 A 和 D 面作定位基准,同样将铣刀位置调整好之后加工一批零件,工序尺寸 H 和 L 将受前道工序尺寸 h_{1-TL1}^0 和 L_{1-TL1}^0 的影响,其最大变动范围为 T_h 和 T_{L1} ,这就是由于定位基准与工序基准不重合所造成的基准不重合误差。尺寸 b 是由铣刀宽度来保证的。

②基准统一原则。是指零件上许多加工表面或同一表面不同工序,选用同一(或一组)表面作不同表面、不同工序的基准。基准统一的主要优点是:

i)便于保证各表面间的位置精度。因为可以一次装夹加工几个表面;另外还可能减小或避免基准转换时带来的误差,例如图 1-10 所示的零件, K, N, M 表面前工序已加工好,现分两道工序加工 A, B 面,各工序尺寸如图示。

若工序 I 以 K 定位加工 A ,加工出工序尺寸为 $a_0^{+T_a}$;工序 II 又以 N 定位加工 B ,则工序尺寸 b 将产生基准不重合误差 $\Delta BC_{(b)} = T_a + T_c$ 。

若工序 I 以 K 定位加工 A ,保证工序尺寸 $a_0^{+T_a}$;工序 II 仍以 K 定位加工 B ,则工序尺寸 b 所产生的基准不重合误差 $\Delta BC'_{(b)} = T_a$ 。显然, $\Delta BC'_{(b)} < \Delta BC_{(b)}$,相差 T_c 这就是由于基准转换而带来的误差。

ii)可以减少装夹次数,便于工序集中,简化工艺过程,提高生产率。

iii)可以减少夹具数量和简化夹具设计。

基准统一的例子很多,例如,阶梯轴类零件各表面各工序大都以两顶针孔作定位基准,套类齿轮各工序都以内孔和端面作定位基准等。

如果统一原则与重合原则有矛盾时,一般采用基准重合原则。所谓有矛盾,是指由于基准统一而不能基准重合所产生的基准不重合误差超过允许值的情况,如图 1-10,以 K 面作基准加工 B 面时,产生的基准不重合误差为 T_a 。若 T_a 超过允许值时,原则上应以 A 面作

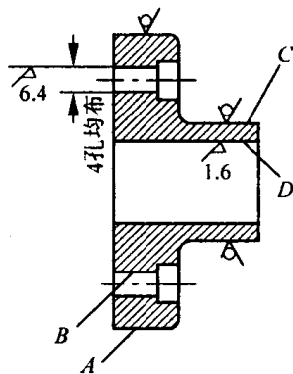


图 1-8 粗基准的选择

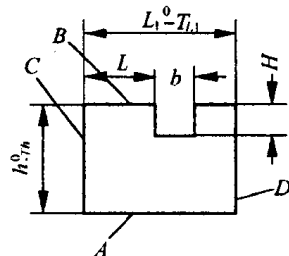


图 1-9 基准不重合误差

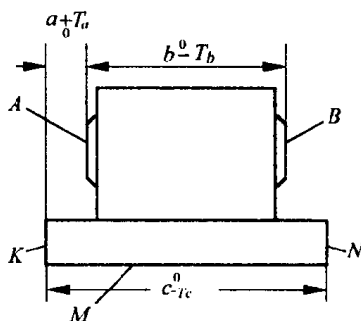


图 1-10 基准变更带来误差