

高等学校教材



TEXTBOOK
FOR HIGHER
EDUCATION



XIANDAI ZHIZAO GONGYI JICHU

现代制造工艺基础

阎光明 侯忠滨 张云鹏 编

西北工业大学出版社

高等学校教材

机械制造工艺学

(第2版)

田锡天 侯忠滨 阎光明 张云鹏 编
荆长生 审校

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书全面系统地介绍了机械制造工艺过程设计的基础知识,内容包括机械加工工艺过程设计、加工精度、表面质量、机床夹具设计、典型零件加工工艺、机械装配工艺基础、计算机辅助工艺过程设计。本书叙述简明,概念清楚,内容丰富,注重理论与实践的结合,突出了实用性。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业,以及其他机械类专业和近机械类专业的教材,也可作为从事机械设计和机械制造的工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺学/田锡天,侯忠滨,阎光明,张云鹏编. —西安:西北工业大学出版社,2007. 8
ISBN 978-7-5612-2268-3

I. 现… II. ①阎… ②侯… ③张… III. 机械制造工艺 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 121176 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西丰源印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:14.5

字 数:353 千字

版 次:2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定 价:24.00 元

前 言

《机械制造工艺学》是机械类机械设计与制造专业的专业课教材,是参照专业教材编审委员会讨论推荐的参考性教学计划,结合这几年来高等学校机械制造工艺学教学工作的实际情况而编写的。

对于机械类机械设计与制造专业(或某产品设计与制造专业)的学生来说,要使自己设计的产品在保证质量的前提下,按照预定的生产率要求,在一定的生产条件下,最经济地制造出来,首先要求自己设计的图纸具有良好的结构工艺性;要达到好造、好用、好修的目的。因此一个好的设计师也应该是一个好的工艺师,应该具备一定的工艺知识。

本课程的目的是使学生通过学习,能掌握机械制造工艺的基本理论知识,学会进行工艺分析、计算的方法,初步具备综合地解决工艺问题的能力;在设计、制造产品时,能够根据设计要求和工厂现有生产条件,确定合理的产品结构,并选取适当的加工方法,将产品经济地制造出来。

本课程是一门实践性很强的课程,教科书的内容必须与学生的实践基础相适应。多年来教学实践证明,如果学生连最基本的加工方法都不了解,单纯加强工艺理论部分的教学内容,是学不好工艺课的。因此该课程必须是在学完先修课程'金属工艺学'(热、冷加工部分),并在金工实习操作的基础上来进行讲授。考虑到本课程的实践性强,涉及的知识面广,建议在教学过程中安排一些现场教学,如各种典型夹具结构,典型零件加工过程,特种加工等。这样不仅可以增强学生的感性知识,而且有利于进行课堂教学。

本书各章的编者是:第一章邓修瑾;第二、九章王威廉;第三、七、八章荆长生;第四章马修德;第五、六章韩淑媛。

本书承西北纺织学院王承武教授审阅并提出不少宝贵意见,谨致谢意。

本书大部分内容虽经多次的教学实践,并在实践中不断修改补充,但由于编者水平有限,书中难免有不少缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

2000年5月

第 2 版前言

《机械制造工艺学》第 2 版是为适应机械设计制造及其自动化专业教学改革的需要,参照全国高等工业学校教学指导委员会机械制造教学指导小组审议通过的教学大纲,结合编者多年来在机械制造工艺学方面的教学实践和经验,考虑先进制造技术的发展,并参照同类教材编写而成的。

针对近年来专业培养方案改革和专业课程调整的情况,为保证学生在有限的学时内能够比较全面系统地掌握必要的专业基础知识,获得初步的解决工程实际问题的能力,笔者坚持“拓宽知识面、精简内容、加强实践应用”的原则进行内容的调整和编写。在内容安排上将机械加工工艺过程设计、机床夹具设计和机械装配工艺基础等内容有机结合,并适当增加了计算机辅助工艺过程设计的内容,使本书的知识体系更加完整。本书以机械制造工艺为主,通过与其他专业课程的结合,可使学生建立能满足现代机械制造企业实际需求的、系统完整的专业知识体系结构,为从事机械制造工程技术和管理奠定坚实的理论基础。

本书第 1,2 章和第 3 章由侯忠滨编写,第 4 章由阎光明编写,第 5 章由张云鹏编写,第 6,7 章由田锡天编写。全书由田锡天教授负责统稿。

本书是在西北工业大学荆长生教授主编的教材《机械制造工艺学》的基础上修订而成的,并承蒙荆长生教授审校,在此表示崇高的敬意和真挚的感谢。

本书在修订过程中,难免有疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 12 月

目 录

第 1 章 机械加工工艺过程设计

- 1.1 基本概念
 - 1.2 零件图的工艺分析
 - 1.3 加工方法的选
 - 1.4 加工阶段的划分
 - 1.5 工序的集中与分
 - 1.6 基准的选
 - 1.7 热处理工序位置的安排
 - 1.8 其他工序的安排
 - 1.9 工序尺寸的确定和工艺尺寸的计算
- 习题

第 2 章 加工精度

- 2.1 概述
 - 2.2 加工误差产生的原因
 - 2.3 确定加工误差的统计分析方法
- 习题

第 3 章 表面质量(表面完整性)

- 3.1 基本概念
 - 3.2 表面粗糙度
 - 3.3 表面冷作硬化
 - 3.4 表面残余应力
 - 3.5 表面质量对零件使用性能的
 - 3.6 磨削的表面质量
 - 3.7 表面喷丸工艺
 - 3.8 机械加工过程中的振动
- 习题

第 4 章 机床夹具设计基础

- 4.1 机床夹具设计概述
 - 4.2 工件的定位原理、定位方法和定位设计
 - 4.3 工件的夹紧及典型夹紧装置
 - 4.4 机床夹具的典型装置
 - 4.5 各类机床夹具及其设计特点
 - 4.6 机床夹具设计的全过程
 - 4.7 现代机床夹具
- 习题

第 5 章 典型零件加工工艺

- 5.1 轴类零件
 - 5.2 套筒类零件
 - 5.3 盘类零件
 - 5.4 箱体类零件
- 习题

第 6 章 机械装配工艺基础

- 6.1 概述
 - 6.2 装配工艺规程的制定
 - 6.3 装配尺寸链
- 习题

第 7 章 计算机辅助工艺过程设计

- 7.1 CAPP 的概念
 - 7.2 修订式 CAPP 系统
 - 7.3 生成式 CAPP 系统
 - 7.4 CAPP 技术的发展
 - 7.5 CAPP 软件系统——CAPPFramework
- 习题

参考文献

第 1 章 机械加工工艺规程设计

1.1 基本概念

一、生产过程

机械加工工艺过程是指用机械加工方法逐步改变毛坯的状态(形状、尺寸和表面质量等),使之成为合格零件所进行的全部过程。把工艺过程的有关内容,用文件的形式确定下来,称为机械加工工艺规程。工艺规程用来指导零件的加工过程。

机械加工工艺过程可分为如下组成部分:

(1)工序。工序是指一个(或一组)工人,在一台机床(或一个工作地点),对一个(或同时对几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程。工序是组成工艺过程的基本单元。

(2)工步。工步是在加工表面不变、切削工具不变、切削用量(主要是切削速度和进给量)不变的情况下,所连续完成的那一部分工艺过程。

如果几个加工表面完全相同,所用的刀具及切削用量亦不变,在工艺过程中则看做是一个工步,如图 1.1 所示。或者为了提高生产效率,用几把刀具同时分别加工几个表面时,也看做是一个复合工步,如图 1.2 所示。

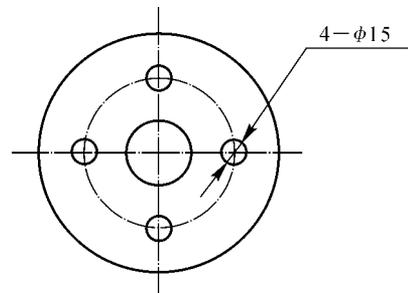


图 1.1 多个相同表面加工的复合工步

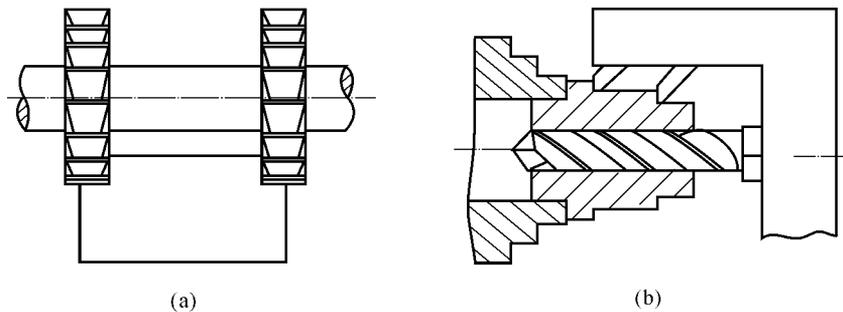


图 1.2 多刀加工的复合工步

(3)走刀。走刀是切削工具在加工表面上切削一次所完成的那一部分工艺过程。整个工艺过程由若干个工序组成,每一个工序可包括一个工步或几个工步,每一个工步通常包括一次走刀,也可包括几次走刀。

(4)安装。使工件在机床上(或在夹具中)定位并将它夹紧的过程称为安装。在一道工序中,工件可能只安装一次,也可能安装几次。但应尽可能减少安装次数,以减少加工误差和减少装卸工件的辅助时间。

(5)工位。为了减少工件的安装次数,常采用转位或移位夹具、回转工作台或在多轴机床上加工。工件在机床上一次安装后,要经过若干个位置依次进行加工,则工件在机床上所占据的每一个位置所完成的那一部分工艺过程称为工位,如图 1.3 所示。

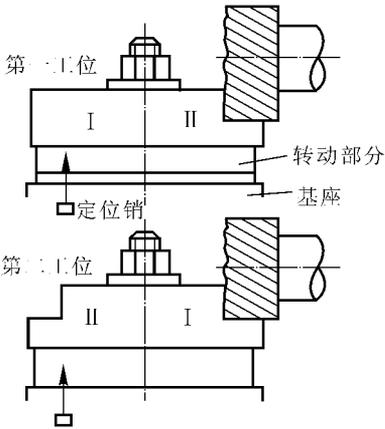


图 1.3 工位

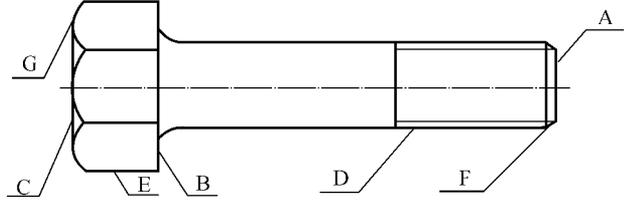


图 1.4 螺钉

最后以六角螺钉的加工为例,说明工艺过程组成常用名词术语的具体应用。零件图见图 1.4,工艺过程的组成见表 1.1。

表 1.1 螺钉机械加工工艺流程

工 序	安 装	工 步	走 刀	工 位
05: 车	1 (三爪卡盘)	1)车端面 A	1	1
		2)车外圆 E	1	
		3)车螺纹外径 D	3	
		4)车端面 B	1	
		5)倒角 F	1	
		6)车螺纹	6	
		7)切断	1	
10: 车	1 (三爪卡盘)	1)车端面 C	1	1
		2)倒棱 G	1	
15: 铣	1 (旋转夹具)	1)铣六方 (复合工步)	3	3

二、生产类型与工艺过程的关系

工艺过程必须根据给定的生产量的大小来设计。生产量的大小决定着生产类型,一般可

分为三种基本类型。

(1)单件生产。单件生产的基本特点是生产的产品品种繁多,每种产品仅制造一个或少数几个,而且很少再重复生产。

(2)成批生产。成批生产的基本特点是生产的产品品种较多,每种产品均有一定的数量,各种产品是分期分批地轮番进行生产。

(3)大量生产。大量生产的基本特点是产品的产量大、品种少,需要长期重复地进行某一零件的某一工序的加工。

生产类型不同,产品制造的工艺方法、所用的设备及工装、生产的组织与管理等均不相同。例如,大批量生产采用高生产率的工艺方法及设备工装,经济效率高;而单件小批量生产常采用通用设备及工装,生产率低,经济效率较差。

三、工件的安装与获得尺寸的方法

1. 工件安装定位的方法

随着批量的不同、加工精度要求的不同、工件大小的不同,工件在安装中定位的方法也不同。

(1)直接找正定位的安装。对于形状简单的工件可以采用直接找正定位的安装方法,即用划针、百分表等直接在机床上找正工件的位置。用划针找正定位精度可达 0.5 mm 左右,用百分表找正定位精度可达 0.02 mm 左右。

直接找正定位的安装费时费事,因此一般只适用下面情况:

1)工件批量小,采用夹具不经济时;

2)对工件的定位精度要求特别高(例如小于 $0.01\sim 0.005\text{ mm}$),采用夹具不能保证精度时,只能用精密量具直接找正定位。

(2)按划线找正定位的安装。对于形状复杂的零件(例如车床主轴箱),采用直接安装找正法会顾此失彼,这时就有必要按照零件图在毛坯上先划出中心线、对称线及各待加工表面的加工线,并检查它们与各不加工表面的尺寸和位置,然后按照划好的线找正工件在机床上的位置。对于形状复杂的工件,常常需要经过几次划线。划线找正的定位精度一般只能达到 $0.2\sim 0.5\text{ mm}$ 。

划线加工需要技术高的划线工,而且非常费时,因此一般只适用下面情况:

1)批量不大,形状复杂的铸件;

2)尺寸和重量都很大的铸件和锻件;

3)毛坯的尺寸公差很大,表面很粗糙,一般无法直接使用夹具时。

(3)用夹具定位的安装。对中小尺寸的工件,在批量较大时都用夹具定位来安装。夹具以一定的位置安装在机床上,工件以定位基准在夹具的定位件上实现定位,不需要进行找正。这样不仅能保证工件在机床上的定位精度(一般可达 0.01 mm),而且装卸方便,可以节省大量辅助时间。但是制造专用夹具的费用高、周期长,因此妨碍它在单件小批量生产中的使用。现在这个困难已可由组合夹具和成组夹具来解决。对于某些零件(例如连杆、曲轴),即使批量不大,但是为了达到某些特殊的加工要求,仍需要设计制造专用夹具。

2. 工件尺寸的获得方法

工件上各表面间的位置精度可由上述适当的定位安装来解决,而各表面的尺寸精度则可通过下列方法获得。

(1)试切法。即先试切出很小一部分加工表面,测量试切所得的尺寸,再试切,再测量,直至达到图纸要求的尺寸后,再切削整个待加工表面。

(2)定尺寸刀具法。在孔加工中,钻头、扩孔钻、铰刀等的尺寸是有一定的精度的,因此加工出来的孔的尺寸也是一定的。

(3)调整法。利用机床上的定程装置或对刀装置或预先调整好的刀架,使刀具相对于机床或夹具达到一定的位置精度,然后加工一批工件。

在机床上按照刻度盘进刀然后切削,也是调整法的一种。这种方法需要先按试切法决定刻度盘上的刻度。大批量生产中,多用定程挡块、样件、样板等对刀装置进行调整。

(4)自动控制法。使用一定的装置,在工件达到要求的尺寸时,自动停止加工。具体方法有两种:

1)自动测量,即机床上有自动测量工件尺寸的装置,当工件达到要求尺寸时,自动测量装置即发出指令使机床自动退刀并停止工作。

2)数字控制,即机床中有控制刀架或工作台精确移动的步进马达、滚动丝杠螺母及整套数字控制装置,尺寸的获得由预先编制好的程序通过计算机数字控制装置自动控制。

四、制定工艺规程的技术依据和步骤

下列原始资料是制定工艺规程的主要依据和条件:

- (1)产品的零件图、必要的装配图和有关的生产说明;
- (2)毛坯图或型材规格资料;
- (3)现场生产条件(主要包括设备、工装和工艺水平等)及其他技术资料;
- (4)产品的生产类型。

制定工艺规程时一般是按以下几个步骤进行:

- (1)分析研究产品的零件图和装配图,进行工艺审查和分析。
- (2)确定毛坯或按材料标准确定型材的尺寸。
- (3)拟定工艺线路(其中包括确定各表面的加工方法,选择各工序的定位基准和安装方式,划分加工阶段和安排工序顺序等)。
- (4)确定各工序的尺寸及公差,技术要求及检验方法。
- (5)确定各工序的设备、刀夹、量具和辅助工具。
- (6)填写全部工艺文件。

1.2 定位基准的选择

一、基准的概念

零件是由若干表面组成的,它们之间有一定的相互位置和距离(尺寸)的要求。在加工过程中,也必须相应地以某个或某几个表面为依据来加工其他表面,以保证零件图上所规定的要求。由零件表面间的各种相互依赖关系,就引出了基准的概念。

所谓基准,就是零件上用来确定其他点、线、面的位置的那些点、线、面。根据基准功用的不同,又可分为设计基准和工艺基准两大类。

1. 设计基准

设计基准是在零件图上用来确定其他点、线、面的位置的基准。例如,图 1.5 中的主轴箱箱体,顶面 B 的设计基准是底面 D;孔 IV 的设计基准在垂直方向是底面 D,在水平方向是导向面 E;孔 II 的设计基准是孔 III 和孔 IV 的轴心线(在图纸上应标注 R_2 及 R_3 两个尺寸)。设计基准是由该零件在产品结构中的功用来决定的。

2. 工艺基准

工艺基准是在加工及装配过程中使用的基准。按照用途的不同又可分为:

(1)定位基准。定位基准是在加工中使工件在机床或夹具上占有正确位置所采用的基准。例如,在镗床上镗如图 1.5 所示的主轴箱箱体的孔时,若以底面 D 和导向面 E 定位,此时,底面 D 和导向面 E 就是加工时的定位基准。

(2)度量基准。度量基准是在检验时使用的基准。例如,在检验车床主轴时,用支撑轴颈表面作度量基准。

(3)装配基准。装配基准是在装配时用来确定零件或部件在产品中的位置所采用的基准。例如,主轴箱箱体的底面 D 和导向面 E、活塞的活塞销孔、车床主轴的支撑轴颈等都是它们的装配基准。

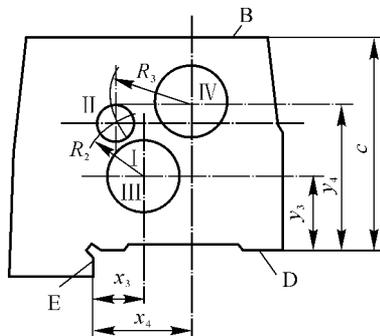


图 1.5 设计基准

在分析基准问题时,必须注意下列几点:

(1)作为基准的点、线、面在工件上不一定具体存在(例如,孔的中心、轴心线、对称面等),而常由某些具体的表面来体现。这些表面就可称为基面。例如,在车床上用三爪卡盘夹持一根短圆轴,实际定位表面(基面)是外圆柱面,而它所体现的定位基准是这根圆轴的轴心线。因此选择定位基准的问题就是选择恰当的定位基面的问题。

(2)作为基准,可以是没有面积的点、线或很小的面;但是代表这种基准的工件上具体的基面总是有一定面积的。例如,代表轴心线的中心孔锥面;用 V 形块使支撑轴颈定位,理论上是一条线,但实际上由于弹性变形的关系也还是有一定的接触面积的。

(3)上面所分析的都是尺寸关系的基准问题,表面位置精度(平行度、垂直度等)的关系也是一样的。例如,图 1.5 中顶面 B 对底面 D 的平行度,孔 IV 轴心线对底面 D 和导向面 E 的平行度,也同样具有基准关系。

二、基准不重合的误差

如图 1.5 所示的车床主轴箱箱体,已知孔 IV 的轴心线在垂直方向上的设计基准是底面 D。若在加工时,为了在镗孔夹具上能布置固定的中间导向支撑,把箱体倒放,采用顶面作为定位基面(见图 1.6)。此时,用调整法加工一批主轴箱箱体,由夹具保证的尺寸则是 a ,而零件图中规定了加工要求的尺寸却是 b (即图 1.5 中的 y_1)。可见,尺寸 b 是通过尺寸 c 和尺寸 a 间接保证的。由于尺寸 a 和 c 都有加工误差,若设它们分别为 $a \pm \frac{1}{2}\delta_a$ 和 $c \pm \frac{1}{2}\delta_c$,则这一批主轴箱箱体的尺寸 b 的变化为

$$b_{\max} = c_{\max} - a_{\min}$$

即

$$b + \frac{1}{2}\delta_b = c + \frac{1}{2}\delta_c - (a - \frac{1}{2}\delta_a)$$

$$b_{\min} = c_{\min} - a_{\max}$$

即

$$b - \frac{1}{2}\delta_b = c - \frac{1}{2}\delta_c - (a + \frac{1}{2}\delta_a)$$

两式相减,可得

$$\delta_b = \delta_c + \delta_a$$

尺寸 c 原来对孔 IV 的轴心线的尺寸无关,但是由于采用了顶面作为定位表面,使尺寸 b 的误差中引入了一个从定位基准到设计基准之间的尺寸 c 的误差 δ_c ,这个误差就是基准不重合误差。因为它是在定位过程中产生的,所以是一种定位误差。

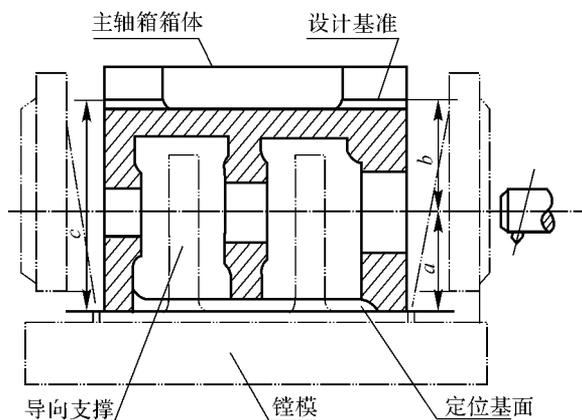


图 1.6 定位基准与设计基准不重合的影响

设零件图中规定 $\delta_b = 0.6$, $\delta_c = 0.4$ 。若采用底面作为定位基准,直接获得尺寸 b ,则只要求加工误差在 ± 0.3 范围之内就达到要求。这是定位基准与设计基准相重合的情况。

若采用顶面作为定位基准,即基准不重合时,则

$$\delta_a = \delta_b - \delta_c = 0.6 - 0.4 = 0.2$$

尺寸 a 的加工误差必须在 ± 0.1 范围之内,才能保证这一批主轴箱箱体的尺寸 b 符合图纸规定的要求。这就比基准重合的情况提高了加工要求。

设零件图中只规定 $\delta_b = 0.6$,而尺寸 c (370 mm) 未注公差,若按标准公差 IT13 级的极限偏差考虑,即 $\delta_c = 0.89$ mm,则得

$$\delta_a = \delta_b - \delta_c = 0.6 - 0.89 = -0.29$$

但加工误差不可能是零或是负值,这就意味着这种定位方法不能保证尺寸 b 的加工要求。这时就必须采取措施,提高镗孔以前工序的加工精度,减小尺寸 c 的误差,不但要使 $\delta_c < \delta_b$,还必须选择尺寸 a 的加工方法,使加工误差 δ_a 不大于 $\delta_b - \delta_c$ 。

从上面的分析可知:当定位基准与设计基准不重合时,必须检查有关尺寸的公差及加工方法是否能满足条件

$$\delta_b \geq \delta_c + \delta_a$$

若不能满足,则要求改变加工方法,提高尺寸 a 和 c 的加工精度,另行规定合理的制造公差。若工艺上仍无法达到上述要求,就需要考虑另选定位基准或改变工艺方案。

在分析定位误差时要注意下面几个问题:

(1) 从上例可知,定位基准与设计基准不重合而产生定位误差的问题,只发生于用调整法

获得尺寸的场合,即镗杆(或镗刀)相对于定位基面的尺寸 a 是预先调整好的(或用导向套保证的)。若用试切法加工,即加工每一个主轴箱箱体孔Ⅳ时都直接测量尺寸 b ,则此时虽然仍用顶面安装,但它已不再决定刀具相对于工作的位置,所以顶面就不是定位基面,也就不产生定位误差。因此要搞清楚,定位误差问题是在用调整法加工一批零件时才产生的,若用试切法直接保证每个零件的尺寸,就不存在定位误差问题。

(2) 基准不重合误差不仅指定位过程而言,对度量也有类似的情况。即度量基准和设计基准不重合也会产生基准不重合误差,其分析方法和上述完全相同或类似。

(3) 上面所举的例子是指各表面的尺寸关系而言,但各表面的位置精度也有类似的情况。例如,主轴箱箱体孔Ⅳ的轴心线对底面有一定的平行度要求。若以底面为定位基面加工孔Ⅳ,则可直接保证其平行度要求(由夹具的制造精度保证)。若以顶面为定位基面加工孔Ⅳ,则就会在孔Ⅳ的轴心线与底面的不平行度误差中引入顶面对底面的不平行度误差。这个误差也是定位误差,其分析方法也和尺寸关系的分析方法相似。

三、基准的选择

合理选择定位基准对保证加工精度和确定加工顺序都有决定性影响。因此,它是制定工艺规程时要解决的主要问题。如前所述,基准的选择实际上就是基面的选择问题,在第一道工序中,只能使用毛坯的表面来定位,这种定位基面就称为粗基面(或毛基面)。在以后各工序的加工中,可以采用已经切削加工过的表面作为定位基面,这种定位基面就称为精基面(或光基面)。

经常遇到这样的情况,工件上没有能作为定位基面用的恰当的表面,这时就有必要在工件上专门加工出定位基面,这种基面称为辅助基面。辅助基面在零件的工作中是没有用的,它是仅为加工需要而设计的。例如轴类零件加工时用的中心孔,活塞加工时用的止口和下端面等都是辅助基面。

在选择基面时,需要同时考虑三个问题:

- (1) 用哪一个表面作为加工时的精基面,才有利于经济、合理地达到零件的加工精度要求?
- (2) 为加工出上述精基面,应采用哪一个表面作为粗基面?
- (3) 是否有个别工序为了特殊的加工要求,需要采用第二个精基面?

在选择基面时有两个基本要求:

(1) 各加工表面有足够的加工余量(至少不留下黑斑),使不加工表面的尺寸、位置符合图纸要求,对一面要加工、一面不加工的壁,要有足够的厚度。

(2) 定位基面有足够大的接触面积和分布面积。接触面积大就能承受大的切削力;分布面积大可使定位稳定可靠。必要时,可在工件上增加工艺搭子或在夹具上增加辅助支撑。

由于对精基面、粗基面的加工要求和用途都不同,所以在选择精基面和粗基面时所考虑问题的侧重点也不同。对于精基面考虑的重点是如何减少误差,提高定位精度,因此选择精基面的原则有以下几个方面:

(1) 应尽可能选用设计基准作为定位基准,这称为基准重合原则,特别在最后精加工时,为保证精度,更应该注意这个原则。这样可以避免因基准不重合而引起的定位误差。

(2) 所选的定位基准,应能使工件定位准确、稳定、刚性好、变形小和夹具结构简单。

(3) 应尽可能选择统一的定位基准加工各表面,以保证各表面间的位置精度,这称为统一基准原则。例如,车床主轴采用中心孔作为统一基准加工各外圆表面,不但能在一次安装中加

工大多数表面,而且保证了各级外圆表面的同轴度要求以及端面与轴心线的垂直度要求。又如图 1.5 所示的主轴箱箱体,采用底面和导向面作为统一基准加工各轴孔、前后端面和侧面等,这样不仅保证了这些表面间的位置精度,而且大大简化了夹具的设计和制造工作,缩短了生产准备时间。

(4) 有时还要遵循互为基准、反复加工的原则。如加工精密齿轮,当齿面经高频淬火后磨削时,因其淬硬层较薄,应使磨削余量小而均匀,所以要先以齿面为基准磨内孔,再以内孔为基准磨齿面,以保证齿面余量均匀。又如,当车床主轴支撑轴颈与主轴锥孔的同轴度要求很高时,也常常采用互为基准、反复加工的方法来达到。

(5) 有些精加工工序要求加工余量小而均匀,以保证加工质量和提高生产率,这时就以加工面本身作为精基面。例如,在磨削车床床身导轨面时,就用百分表找正床身的导轨面(导轨面与其他表面的位置精度则应由磨前的精刨工序保证)。

在选择粗基面时,考虑的重点是如何保证各加工表面有足够的余量,使不加工表面与加工表面间的尺寸、位置符合图纸要求。因此选择粗基面的原则有以下几个方面。

(1) 如果必须首先保证工件某重要表面的余量均匀,就应该选择该表面作为粗基面。车床导轨面的加工就是一个例子,由于导轨面是车床床身的主要表面,精度要求高,并且要求耐磨。在铸造床身毛坯时,导轨面需向下放置,以使其表面层的金属组织细致均匀,没有气孔、夹砂等缺陷。因此在加工时要求加工余量均匀,以便达到高的加工精度,同时切去的金属层应尽可能薄一些,以便留下一层组织紧密、耐磨的金属层。同时,导轨面又是床身工件上最长的表面,容易发生余量不均匀和余量不够的危险,若导轨表面上的加工余量不均匀,切去又太多,如图 1.7(a) 所示,则不但影响加工精度,而且将把比较耐磨的金属层切去,露出较疏松的、不耐磨的金属组织。所以,应该用图 1.7(b) 的定位方法(先以导轨面作精基面加工床脚平面,再以床脚平面作精基面加工导轨面)进行加工,则导轨面的加工余量将比较均匀。至于床脚上的加工余量不均匀则并不影响床身的加工质量。

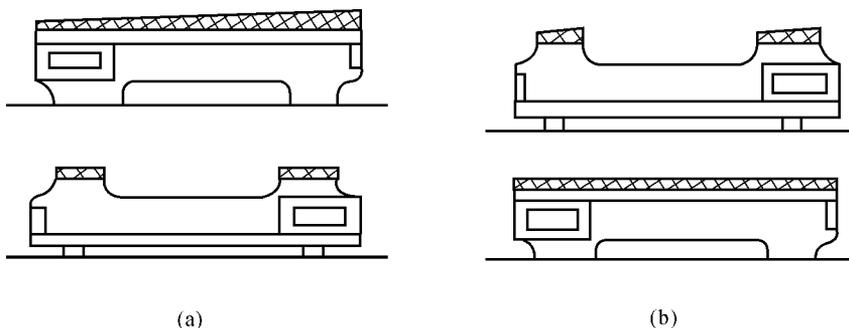


图 1.7 床身导轨面加工的两种定位方法的比较

(2) 如果必须首先保证工件上加工表面与不加工表面之间的位置要求,则应以不加工表面作为粗基面。如果工件上有好几个不需要加工的表面,则应以其中与加工表面的位置精度要求较高的表面作为精基面,以求壁厚均匀、外形对称等。图 1.8 所示的零件就是一个例子,若选不需要加工的外圆毛面作粗基面定位(见图 1.8(a)),此时虽然镗孔时切去的余量不均匀,但可获得与外圆具有较高的同轴度的内孔,壁厚均匀、外形对称;若选用需要加工的内孔毛面定位(见图 1.8(b)),则结果相反,切去的余量比较均匀,但零件壁厚不均匀。若零件上每个表面

都要加工,则应该以加工余量最小的表面作为粗基面,使这个表面在以后的加工中不会留下毛坯表面造成废品。例如,铸造或锻造的轴套(见图 1.9)通常总是孔的加工余量大,而外圆表面的加工余量较小,这时就应以外圆表面作为粗基面来加工孔。

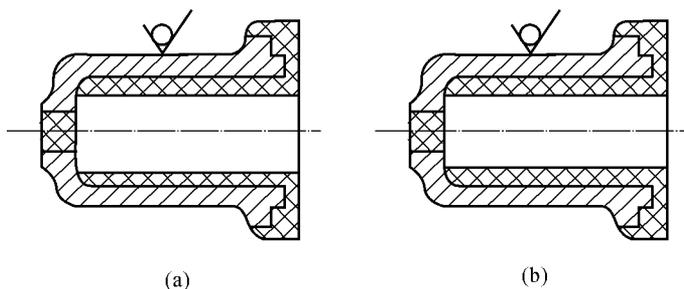


图 1.8 两种粗基面选择方案的对比

(3) 应该用毛坯制造中尺寸和位置比较可靠、平整光洁的表面作为粗基面,使加工后各加工表面对各不加工表面的尺寸精度、位置精度更容易符合图纸要求。在铸件上不应选择有浇冒口的表面、分模面、有飞刺或夹砂的表面作粗基面。在锻件上不应选择有飞边的表面作粗基面。上述原则常常互相矛盾,甚至同一个原则内亦存在彼此矛盾的表面。例如,在车床主轴箱箱体加工中,先要根据毛坯的主轴孔、内腔壁及两端面找正划线,也就是以主轴孔、内腔壁及两端面作粗基面。若主轴孔与内腔壁有矛盾,则容许主轴孔的加工余量不均匀。

应该注意,由于粗基面的定位精度很低,所以粗基面在同一尺寸方向上通常只允许使用一次,否则定位误差太大。因此在以后的工序中,都应使用已切削过的精基面。

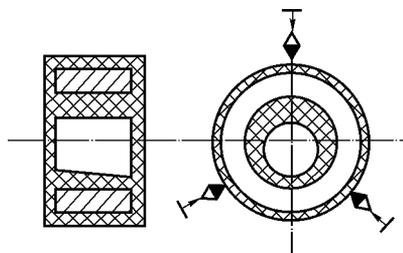


图 1.9 轴套加工的粗基面

总之,定位基面的选择原则是从生产实践中总结出来的,在保证加工精度的前提下,应使定位简单准确,夹紧可靠,加工方便,夹具结构简单。因此,必须结合具体的生产条件和生产类型来分析和运用这些原则。

1.3 工艺路线的拟定

一、加工方法的选择

在分析研究零件图的基础上,对各加工表面选择相应的加工方法。

(1) 首先要根据每个加工表面的技术要求,确定加工方法及分几次加工。这里的主要问题是选择零件表面的加工方案,这种方案必须在保证零件达到图纸要求方面是稳定而可靠的,并在生产率和加工成本方面是最经济合理的。表 1.2、表 1.3、表 1.4 分别介绍了三种最基本表面的较常用的加工方案及其所能达到的经济精度和表面粗糙度。表中所列都是根据生产实际中的统计资料得出的,可以根据对被加工零件加工表面的精度和粗糙度要求,零件的结构和被加

工表面的形状、大小,以及车间或工厂的具体条件,选取最经济合理的加工方案。

表 1.2 外圆表面加工方案及其经济精度

加工方案	经济精度公差等级 IT	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
粗车 └→半精车 └→精车 └→滚压(或抛光)	11 ~ 13 8 ~ 9 6 ~ 7 6 ~ 7	20 ~ 80 5 ~ 10 1.25 ~ 2.5 0.04 ~ 0.32	适用于除淬火钢以外的金属材料
粗车→半精车→磨削 └→粗磨→精磨 └→超精磨	6 ~ 7 5 ~ 7 5	0.63 ~ 1.25 0.16 ~ 0.63 0.02 ~ 0.16	除不宜用于有色金属外,主要适用于淬火钢件的加工
粗车 → 半精车 → 精车 → 金刚石车	5 ~ 6	0.04 ~ 0.63	主要用于有色金属
粗车→半精车→粗磨→精磨→镜面磨 └→精车→精磨→研磨 └→粗研→抛	5 级以上 5 级以上 5 级以上	0.01 ~ 0.04 0.01 ~ 0.04 0.01 ~ 0.16	主要用于高精度要求的钢件加工

表 1.3 内孔表面加工方案及其经济精度

加工方案	经济精度公差等级 IT	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
钻 └→扩 └→铰 └→粗铰→精铰 └→铰 └→粗铰→精铰	11 ~ 13 10 ~ 11 8 ~ 9 7 8 ~ 9 7 ~ 8	≥ 20 10 ~ 20 2.5 ~ 5 1.25 ~ 2.5 2.5 ~ 5 1.25 ~ 2.5	加工未淬火钢及铸铁的实心毛坯,也可用于加工有色金属(所得表面粗糙度 R_a 值稍大)
钻 → (扩) → 拉	7 ~ 9	1.25 ~ 2.5	大批量生产(精度可因拉刀精度而定),如校正拉削后,而 R_a 可降低到 0.63 ~ 0.32
粗镗(或扩) └→半精镗(或精扩) └→精镗(或铰) └→浮动镗	11 ~ 13 8 ~ 9 7 ~ 8 6 ~ 7	10 ~ 20 2.5 ~ 5 1.25 ~ 2.5 0.63 ~ 1.25	除淬火钢外的各种钢材,毛坯上已有铸出或锻出的孔
粗镗(扩)→半精镗→磨 └→粗磨→精磨	7 ~ 8 6 ~ 7	0.32 ~ 1.25 0.16 ~ 0.32	主要用于淬火钢,不宜用于有色金属
钻→(扩)→粗铰→精铰→珩磨 └→拉→珩磨 精镗 → 半精镗 → 精镗 → 珩磨	6 ~ 7 6 ~ 7 6 ~ 7	0.04 ~ 0.32 0.04 ~ 0.32 0.04 ~ 0.32	精度要求很高的孔,若以研磨代替珩磨,精度可达标准公差等级 IT6 以上, R_a 可降低到 0.16 ~ 0.01