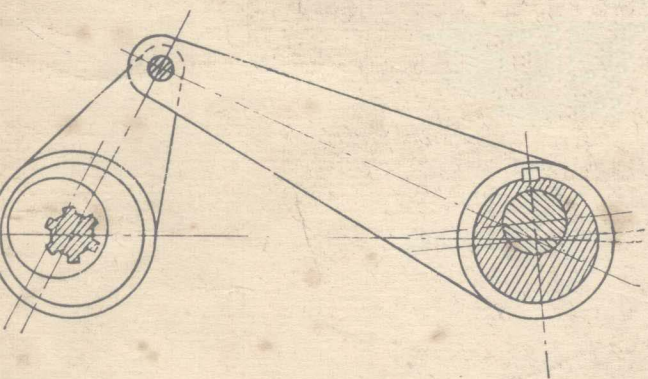


机械制造 工艺学

顾崇銓 等编著

陕西科学技术出版社



机 械 制 造 工 艺 学

顾 崇 銜 等 编 著

陕 西 科 学 技 术 出 版 社

内 容 提 要

本书包括机械加工工艺规程制订与工艺尺寸链, 典型零件加工工艺, 机械加工精度与提高加工精度的途径, 机械加工表面质量与机械加工振动, 提高劳动生产率的基本途径与成组技术, 机械装配工艺基础与装配尺寸链等共六章。

结合多年来《机械制造工艺学》的教学实践和科研成果, 反复精选教材内容, 突出课程基本理论, 并反映现代机械制造工艺方面的新发展, 是本书内容上的主要特点。本书内容精炼, 由浅入深, 理论阐述清晰, 实例分析简明, 适用于教学。

本书可供高等院校机械制造专业师生及有关工程技术人员学习参考。

机 械 制 造 工 艺 学

顾崇銓等 编著

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街 131 号)

陕西省新华书店发行 西安交通大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 22.5 字数 546,000

印数 1—31,000

1981 年 8 月第 1 版 1981 年 8 月第 1 次印刷

统一书号: 15202.40 定价: 2.55 元

前 言

《机械制造工艺学》是机械制造工艺、设备及自动化专业的专业课教材。本书是参照目前试行的教学计划和教学大纲，结合教学工作的实践和科学研究的成果编写而成的。

为了有利于掌握本书的基本内容和突出教学中的重点，编写中力求各章、节的篇幅与所分配的学时数相适应，除第二章“典型零件加工工艺”供各院校结合具体情况，在下厂实习和进行现场教学时，可选用其中2~3个典型零件的加工工艺进行教学外，其余五章基本内容的教学时数，大体上适用于70学时左右的教学要求。并在一些非必读内容前加标了符号“*”，表示该部份内容可供课外阅读和学时数较多的院校教学中选用。

参加本书写作工作的有：顾崇銓、陈人亨、袁家骧、褚家麟、林志航、史逸芬、唐擷茹和黄协清同志。全书由顾崇銓和陈人亨同志负责审定。

本书初稿曾经我校和一些兄弟院校多年教学试用，作过多次修改和充实。潘德豫、龚定安、杨公仆、戴德沛、任孝华和万德安等同志先后参加过搜集素材、编写和修改初稿等工作。

另外，兄弟院校的同志们对本书编写工作也给予了大力支持，在此谨表感谢。

本书不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

于西安交通大学

1981年3月

目 录

第一章 机械加工工艺规程的制订	1
§ 1 机械加工工艺过程的基本概念.....	1
§ 2 工件的安装与获得尺寸的方法.....	2
§ 3 机械加工工艺规程的作用及其制订的原始资料与步骤.....	4
一、机械加工工艺规程的作用.....	4
二、制订机械加工工艺规程的原始资料.....	4
三、制订机械加工工艺过程的步骤.....	6
§ 4 制订机械加工工艺过程时要解决的主要问题.....	7
一、定位基准的选择.....	7
二、工艺路线的拟订.....	12
三、加工余量的确定.....	16
四、工艺尺寸的计算.....	18
§ 5 工艺尺寸链.....	19
一、工艺尺寸链的定义和特征.....	19
二、尺寸链的组成和尺寸链图的作法.....	20
三、尺寸链的基本计算式.....	21
四、几种工艺尺寸链的分析和解算.....	23
§ 6 工艺过程的技术经济分析及工艺文件.....	31
一、时间定额.....	31
二、工艺过程的技术经济分析.....	32
三、工艺文件.....	33
§ 7 制订机械加工工艺规程实例	
——C6150 型车床主轴箱箱体工艺规程编制.....	37
§ 8* 利用计算机制订机械加工工艺过程.....	45
附 表.....	48
第二章 典型零件加工工艺	69
§ 1 车床主轴加工.....	69
§ 2 柴油机连杆加工.....	84
§ 3 铝活塞加工.....	103
§ 4 精密丝杠加工.....	118
§ 5 圆柱齿轮加工.....	130

第三章 机械加工精度	151
§ 1 加工精度的基本概念	151
§ 2 影响加工精度的因素及其分析	151
一、原理误差	152
二、机床误差	154
三、调整误差	162
四、工艺系统的受力变形	164
五、工艺系统的热变形	182
六、内应力引起的变形	190
§ 3 加工误差的综合分析	192
一、误差的性质	193
二、加工误差的统计分析法	193
§ 4 分析和解决加工误差问题实例	209
一、车床尾架体镗孔精度问题	209
二、半自动内圆磨床定程磨削精度问题	216
§ 5 保证和提高加工精度的途径	218
一、抓住实质,因势利导,直接消除或减少原始误差的方法	218
二、利用矛盾,相反相成,补偿或抵消原始误差的方法	221
三、化整为零,各个击破,分组调整或均分误差的方法	225
四、创造条件,转移矛盾,变形转移和误差转移的方法	226
五、有的放矢,用力用在刀口上,“就地加工”达到最终精度的方法	228
六、有较比,才有鉴别,误差平均的方法	229
七、化劣势为优势,变被动为主动,积极控制和偶件自动配制的方法	235
第四章 机械加工的表面质量	239
§ 1 加工表面质量的基本概念	239
一、概 述	239
二、表面质量对零件使用性能的影响	240
§ 2 机械加工后的表面光洁度及其影响因素	241
§ 3 机械加工后表面物理机械性能的变化	245
一、加工表面的冷作硬化	245
二、加工表面的金相组织变化——磨削烧伤	246
三、加工表面层的残余应力	247
§ 4 控制加工表面质量的途径	252
§ 5 机械加工振动	256
一、特 征	256
二、再生自激振动(再生颤振)	264
三、主振模态耦合原理	270

§ 6	自激振动的抑制	272
§ 7 *	机械加工颤振的诊断及其处理	276
§ 8 *	切削振动中切痕形成机理的新扩展	280
第五章	提高劳动生产率的基本途径	286
§ 1	提高劳动生产率的基本概念	286
§ 2	提高机械加工劳动生产率的工艺措施	287
§ 3	高效及自动化加工	293
§ 4	成组技术	297
§ 5 *	计算机辅助制造	308
第六章	机械装配工艺基础	318
§ 1	机械装配生产类型及其特点	318
§ 2	达到装配精度的工艺方法	319
	一、互换法	320
	二、选配法	320
	三、修配法	322
	四、调整法	323
§ 3	装配尺寸链	327
	一、装配尺寸链的基本概念	327
	二、装配尺寸链的建立	328
	三、角度尺寸链的特点	330
	四、装配尺寸链的计算方法	332
	五、装配尺寸链的解算实例	337
§ 4	装配工艺规程的制订	344
	一、制订装配工艺规程的基本原则	344
	二、装配工艺规程的内容、制订方法与步骤	345
	主要参考资料	350

第一章 机械加工工艺规程的制订

§ 1 机械加工艺过程的基本概念

机器的**生产过程**包括从原材料转变到成品的全部过程。为了降低生产成本和有利于生产技术的发展,目前很多机器往往不是在一个工厂内单独生产,而是由许多专业工厂共同完成。

机器零件要经过毛坯制造、机械加工、热处理等阶段,才能变成成品。它通过的整个路线称为**工艺路线(或工艺流程)**。工艺路线是制订工艺过程和进行车间分工的重要依据。

工艺就是制造产品的方法。**机械制造工艺过程**一般是指零件的机械加工工艺过程和机器的装配工艺过程。本章只讨论机械加工工艺过程(以下简称工艺过程)的制订问题。

毛坯进入机械加工车间后,要依次在一些机床上进行加工。为了便于分析说明机械加工的情况和制订工艺过程,有必要细分为如下的组成部分:

1. 工序、工步和走刀

工序是组成工艺过程的基本单元。**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部分工艺过程。通常就把仅列出主要工序名称的简略工艺过程简称为工艺路线。

工步是在加工表面不变、切削工具不变、切削用量不变的条件下所连续完成的那部分工艺过程。

走刀是切削工具在加工表面上切削一次所完成的那部分工艺过程。

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。

现在以图 1-1 所示的阶梯轴的加工为例来说明。若阶梯轴的精度和光洁度要求不高,则加工这根阶梯轴的工艺过程将包含下列加工内容:(1)切一端面;(2)打中心孔;(3)切另一端面;(4)打中心孔;(5)车大外圆;(6)大外圆倒角;(7)车小外圆;(8)小外圆倒角;(9)铣键槽;(10)去毛刺。

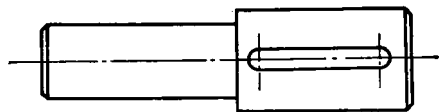


图 1-1 阶梯轴

随着车间条件的不同和生产规模的不同,可以采用不同的方案来完成这个工件的加工。在表 1-1 及表 1-2 中分别表示在单件小批生产及大批大量生产中工序的划分和所用的机床(加工这根阶梯轴的方案还有很多,此处仅举两个为例)。

从表中可以看出,随着生产规模的不同,工序的划分及每一个工序所包含的加工内容是不同的。

在单件小批生产的工序 1 中,包括四个工步:两次车端面,两次打中心孔。分为四个工步的原因是加工表面变了。在工序 2 中也包括四个工步,这时加工表面和切削工具都变了。在大批大量生产中,工序 1 由于采用了两面同时加工的方法,所以只有两个工步。而车大、小外圆及倒角则分为两个工序,每个工序包括两个工步。

表 1-1 单件小批生产的工艺过程

工序号	工 序 内 容	设 备
1	车一端面，打中心孔； 调头； 车另一端面，打中心孔。	车 床
2	车大外圆及倒角； 调头； 车小外圆及倒角。	车 床
3	铣键槽； 去毛刺。	铣 床

表 1-2 大批大量生产的工艺过程

工序号	工 序 内 容	设 备
1	铣端面、打中心孔。	铣端面打中心孔机床
2	车大外圆及倒角。	车床
3	车小外圆及倒角。	车床
4	铣键槽。	键槽铣床
5	去毛刺。	钳工台

若在车小外圆时，由于毛坯余量过大，必须分两次切削，每次切削的工作转速、进给量及切削深度都相同(或切削深度大致相同)，则切削一次就是一次走刀。在加工小外圆时，若一次是粗加工，一次是精加工，则因为工件转速、进给量及切削深度都不相同，刀具也不同，所以它们是两个工步。

另外，去毛刺的工作在单件小批生产中由铣工在加工后顺便进行。而在大批大量生产中，由于生产率较高，铣工忙于装卸工件及操作机床，因此必须另立一道工序，专门清除毛刺。

2. 安装和工位

采取一定的方法放准工件在机床上的位置，使得加工表面有适当的余量，并使已加工表面和不加工表面的尺寸、位置符合该工序的加工要求，称为**定位**。

工件在机床上(或在夹具中)定位后加以夹紧的过程称为**安装**。在表 1-1 的工序 1 和 2 中都是两次安装，而在工序 3 中以及表 1-2 的各道工序中都是一次安装。

采用转位(或移位)夹具、回转工作台、或在多轴机床上加工时，工件在机床上安装后，要经过若干个位置依次进行加工，工件在机床上所占据的每一个位置上所完成的那部分工艺过程就称为**工位**。

§ 2 工件的安装与获得尺寸的方法

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。例如，在四爪卡盘上加工一个有台阶的短轴(图 1-2)。要求待加工表面 B 与表面 A 同轴。若同轴度要求不高，可用划针找正(定位精度可达 0.5 毫米左右)；若同轴度要求较高，则可用百分表找正(定位精度可达 0.02 毫米左右)。

直接找正定位的安装费时费事，因此一般只适用于：

(1) 工件批量小，采用夹具不经济时。这种方法，常在单件小批生产的加工车间，修理、试制、工具车间中得到应用。

(2) 对工件的定位精度要求特别高(例如,小于 $0.01\sim 0.005$ 毫米),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 $0.2\sim 0.5$ 毫米。

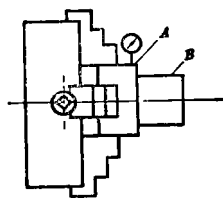


图 1-2 直接找正定位的安装

划线加工需要技术高的划线工,而且非常费时,因此它只适用于:

- (1) 批量不大,形状复杂的铸件;
- (2) 在重型机械制造中,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

目前,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(用定位键)安装在机床上,工件按照六点定位的原则(详见《机床夹具设计原理》)在夹具中定位并夹紧,不需要进行找正。这样既能保证工件在机床上的定位精度(一般可达 0.01 毫米),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,因此妨害它在单件小批生产中的应用。现在这个困难已可由组合夹具来解决。

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。

显然,工件上各表面间的位置精度(平行度、垂直度等)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**——即先试切一下,测量尺寸,再试切,再测量,如此经过两三次试切和测量,达到图纸要求的尺寸(在一定的误差范围内)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(在一定的误差范围内)。

(3) **调整法**——先按试切法调整好刀具相对于机床或夹具的位置,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。

(4) **自动获得尺寸法**——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:

(a) **自动测量**——即机床上有自动测量工件尺寸的装置,在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。

(b) **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、滚动丝杠螺母副及整套数字控制装置,尺寸的获得(刀架的移动或工作台的移动)由预先编制好的穿孔带通过数字控制装置自动控制。

§ 3 机械加工工艺规程的作用及其制订的原始资料与步骤

一、机械加工工艺规程的作用

在生产中使用的工艺过程的全部内容，是劳动人民长期生产实践经验的总结。把工艺过程按一定的格式用文件的形式固定下来，便成为**工艺规程**。生产中有了这种工艺规程，就有利于稳定生产秩序，保证产品质量，指导车间的生产工作，便于计划和组织生产，充分发挥设备的利用率。工艺规程是一切有关的生产人员都应严格执行、认真贯彻的纪律性文件。

工艺规程还可以有下面几种作用：在新产品试制中，有了工艺规程，就可以有计划地作好技术准备和生产准备工作，例如，刀、夹、量具的设计、制造和采购，原材料、半成品、外购件的供应，人员的配备等；先进工厂的工艺规程还能起交流和推广先进经验的作用，缩短其它工厂摸索和试制的过程；在设计新厂(车间)或扩建、改建旧厂(车间)时，更需要有产品的全套工艺规程作为决定设备、人员、车间面积和投资额等的原始资料。

制订的工艺规程要能保证加工质量，可靠地达到产品图纸所提出的全部技术条件；要有高的生产率，保证按期完成并力争超额完成国家规定的生产任务；要减少人力和物力的消耗，降低生产成本，成为最经济合理的工艺方案。此外，还必须尽量降低工人的劳动强度，使操作工人有安全良好的工作条件。

制订工艺规程必须贯彻“自力更生、勤俭建国”的原则，从本厂的实际条件出发，充分利用现有设备，挖掘企业潜力，结合具体生产条件，采用国内外先进技术。提高生产率和提高经济性，有时两者会是矛盾的：采用了先进的高生产率设备，虽可提高生产率，但这些设备价格较高，投资较大，若产品的年产量不够大，其经济效果就可能很差。只有当产品数量增加到一定程度时，高生产率设备才能得到充分的利用，这样就不但提高了生产率，而且制造成本也会随之降低。可见，生产率与经济性的问题是与年产量密切联系的，所以在制订工艺规程时必须使在高生产率设备方面的投资与年产量相适应。

生产技术是在不断地发展，人们的认识也是在不断地发展。已制订的工艺规程在实际生产过程中也常常会产生问题、遇到困难和发现缺点，必须及时予以解决。随着产品设计的改进，对产品质量和数量要求的提高，新工艺、新技术、新材料的采用，就必须对现行工艺规程及时进行修改和定期进行整顿，并反映出经过生产实践考验的技术革新的新成果和国内外的先进生产经验。我们不应把工艺规程看成一成不变的东西。

二、制订机械加工工艺规程的原始资料

在制订机械加工工艺规程时，必须具备下列原始资料：

1. 产品的整套装配图和零件的工作图；
2. 产品验收的质量标准；
3. 产品的生产纲领(年产量)和生产类型。

某零件的生产纲领就是包括备品和废品在内的年产量，通常按下式计算：

$$N = Q \cdot n(1 + a\% + b\%)$$

式中 N ——零件的生产纲领(件/年)；

Q ——产品的年产量(台/年);

n ——每台产品中, 该零件的数量(件/台);

$a\%$ ——备品率;

$b\%$ ——废品率。

生产纲领不同, 生产规模也不同。人们按照投入生产的批量或生产的连续性, 把它分成三种生产类型:

(1) **单件生产**——单个地生产不同结构和不同尺寸的产品, 并且很少重复。例如, 重型机器制造、专用设备制造和新产品试制等。

(2) **成批生产**——一年中分批地制造相同的产品, 制造过程有一定的重复性。例如, 机床制造就是比较典型的成批生产。每批制造的相同产品的数量称为**批量**。根据批量大小, 成批生产又可分为:**小批生产**、**中批生产**和**大批生产**。小批生产的工艺过程的特点和单件生产相似; 大批生产的工艺过程的特点和大量生产相似; 中批生产的工艺过程的特点则介于单件小批生产和大批大量生产之间。

(3) **大量生产**——产品数量很大, 大多数工作地点经常重复地进行某一个零件的某道工序的加工。例如, 汽车、拖拉机、轴承等的制造通常都是以大量生产的方式进行。

各种生产类型的工艺过程的特点可归纳成表 1-3。

表 1-3 各种生产类型的工艺过程的主要特点

特 点	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
工 件 的 互 换 性	一般是配对制造, 没有互换性, 广泛用钳工修配。	大部分有互换性。少数用钳工修配。	全部有互换性。某些精度较高的配合件用分组选择装配法。
毛 坯 的 制 造 方 法 及 加 工 余 量	铸件用木模手工造型; 锻件用自由锻。毛坯精度低, 加工余量大。	部分铸件用金属模; 部分锻件用模锻。毛坯精度中等, 加工余量中等。	铸件广泛采用金属模机器造型, 锻件广泛采用模锻, 以及其他高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高, 加工余量小。
机 床 设 备	通用机床。按机床种类及大小采用“机群式”排列。	部分通用机床和部分高生产率机床。按加工零件类别分工段排列。	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。按流水线形式排列。
夹 具	多用标准附件, 极少采用夹具, 靠划线及试切法达到精度要求。	广泛采用夹具, 部分靠划线法达到精度要求。	广泛采用高生产率夹具, 靠夹具及调整法达到精度要求。
刀具与量具	采用通用刀具和万能量具。	较多采用专用刀具及专用量具。	广泛采用高生产率刀具和量具。
对 工 人 的 要 求	需要技术熟练的工人。	需要一定熟练程度的工人。	对操作工人的技术要求较低, 对调整工人的技术要求较高。
工 艺 规 程	有简单的工艺路线卡。	有工艺规程, 对关键零件有详细的工艺规程。	有详细的工艺规程。

生产纲领和生产类型的关系随产品的大小和复杂程度而不同。表 1-4 给出了一个大致的范围。

表 1-4 生产类型和生产纲领的关系

生 产 类 型	重 型 机 械	中 型 机 械	小 型 机 械
单 件 生 产	少于 5	少于 20	少于 100
小 批 生 产	5~100	20~200	100~500
中 批 生 产	—	200~500	500~5000
大 批 生 产	—	500~5000	5000~50000
大 量 生 产	—	5000 以上	50000 以上

注：“重型机械”、“中型机械”和“小型机械”可分别以轧钢机、柴油机、和缝纫机作代表。

4. 毛坯的情况

工艺人员应熟悉毛坯车间(或工厂)的生产能力与技术水平，各种钢材型料的品种规格，并根据产品图纸审查毛坯的材料选择及制造方法是否合适，从工艺的角度（如定位夹紧、加工余量及结构工艺性等）对毛坯制造提出要求。必要时，应和毛坯车间共同确定毛坯图。

5. 本厂的生产条件

制订工艺过程一定要符合现有的生产条件。因此，应该深入生产现场调查研究，了解设备的规格、性能、能达到的加工精度；现有刀具、量具、夹具和辅助工具的规格和使用情况；工人的技术水平；制造专用设备或改装设备的能力；制造工艺装备的能力等；使制订的工艺过程切实可行。同时，也应该考虑在现有的生产情况下采用先进工艺和先进技术，能动地革新原有的生产条件，不断地提高工艺水平。

6. 国内外生产技术的发展情况

制订工艺过程时，还必须了解国内的生产技术发展情况，学习兄弟单位的先进经验，结合本厂具体情况加以推广，以便制订出先进的工艺过程。此外，还应该了解国外先进生产技术的发展情况，批判地分析研究，弃其糟粕，取其精华，做到洋为中用。

三、制订机械加工工艺过程的步骤

制订工艺过程的主要步骤大致如下：

1. 分析研究产品的装配图和零件图

首先要进行两方面的工作：

(1) 熟悉产品的性能、用途、工作条件；明确各零件的相互装配位置及其作用；了解及研究各项技术条件制订的依据，找出其主要技术要求和关键技术问题。

(2) 对装配图和零件图进行工艺审查。主要的审查内容有：图纸上规定的各项技术条件是否合理，零件的结构工艺性是否好，图纸上是否缺少必要的尺寸、视图或技术条件。过高的精度、光洁度和其他技术条件会使工艺过程复杂，加工困难。应尽可能减少加工和装配的劳动量，达到好造、好用、好修的目的。如果发现问题，则应及时提出，并会同有关设计人员共同讨论研究，按照规定手续对图纸进行修改与补充。

2. 确定毛坯

毛坯的种类和其质量对机械加工的质量、材料的节约、劳动生产率的提高和成本的降低

都有密切的关系。在确定毛坯时,总希望尽可能提高毛坯质量,减少机械加工劳动量,提高材料利用率,降低机械加工成本。但是这样就使毛坯的制造要求和成本提高。因此,两者是相互矛盾的,需要根据生产纲领和毛坯车间的具体条件来加以解决。要着重指出:在确定毛坯时就要充分注意到利用新工艺、新技术、新材料的可能性。在改进了毛坯的制造工艺和提高了毛坯质量后,往往可以大大节约机械加工劳动量,比采取某些高生产率的机械加工工艺措施更为有效。目前少无切屑加工有很大的发展,如精密铸造、精密锻造、冷轧、冷挤压、粉末冶金、异型钢材、工程塑料等都在迅速推广。用这些方法制造的毛坯,只要经过少量的机械加工,甚至不需要加工。少无切屑加工是目前机械制造业发展方向之一。

3. 拟订工艺路线,选择定位基准

这是制订工艺过程中关键性的一步,需要提出几个方案,进行分析对比。这里面包括:确定加工方法,安排加工顺序,确定定位夹紧方法,以及安排热处理、检验及其他辅助工序(去毛刺、倒角等)。

4. 确定各工序所采用的设备

如果需要制造改装设备或自制专用设备,则应提出具体的设计任务书。

5. 确定各工序所采用的刀、夹、量具和辅助工具

如果需要设计专用的刀、夹、量具和辅助工具,则应提出具体的设计任务书。

6. 确定各主要工序的技术要求及检验方法

7. 确定各工序的加工余量,计算工序尺寸和公差

8. 确定切削用量

目前很多工厂一般都不规定切削用量,而由操作者结合具体生产情况来选取。但对流水线生产,尤其是自动线生产,则各工序、工步都需规定切削用量,以保证各工序的生产节奏均衡。

9. 确定工时定额

目前主要是按经过生产实践验证而积累起来的统计资料来确定的。随着工艺过程的不断改进,也需要相应地修订工时定额。

对于流水线和自动线,由于有规定的切削用量,工时定额可以部分通过计算,部分应用统计资料得出。

10. 填写工艺文件

§ 4 制订机械加工工艺过程时要解决的主要问题

制订工艺过程所需考虑的问题很多,涉及的面也很广。下面只讨论制订工艺过程时要解决的主要问题。

一、定位基准的选择

定位基准的选择与工艺过程的制订是密切相关的。因此要求多设想几种定位方案,比较它们的优缺点,详细考虑定位方案与工艺过程的关系,以及对加工精度的影响。这里先介绍一些常用的术语、概念和选择的原则。

1. 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它表面,以保证零件图上所规定的要求。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。根据基准的功用的不同,又可分为设计基准和工艺基准两大类。

(1) **设计基准**是在零件图上用来确定其他点、线、面的位置的基准。例如,图1-3中的

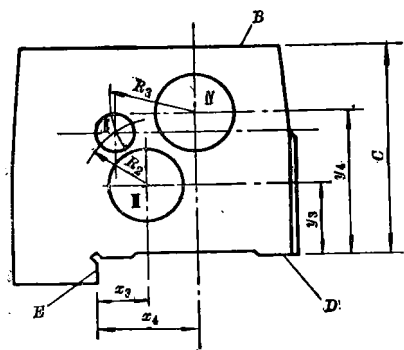


图 1-3 设计基准

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决定的。

(2) **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:

(a) **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,在镗床上镗图1-3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。

(b) **度量基准**是在检验时使用的基准。例如,在检验主轴时,用支承轴颈表面作度量基准。

(c) **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、主轴的支承轴颈都是它们的装配基准。

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、基准中心平面等),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和线,及很小的面;但是代表这种基准的点和线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 形块使支承轴颈定位,理论上是两条线,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。例如,图1-3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,也都具有基准关系。

2. 基准不重合的误差

如图1-3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承,把箱体倒放,采用顶面作为定位基面(图1-4)。此时,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1-3中的 y_4)。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,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, 可得到:

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

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基准, 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。

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 毫米) 不注公差 (即自由公差), 若按标准公差 13 级的极限偏差考虑, 即 $\delta_c = 0.89$ 毫米。则得到:

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

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, 必须检查一下有关尺寸的公差及加工方法是否能满足

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

的条件。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, 那么就需要考虑另选定位基准或改变工艺路线。

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情况, 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, 即加工每一只主轴箱箱体时都设法测量尺寸 B , 则此时虽然仍用顶面按装, 但是它已不再决定刀具相对于工件的位置, 所以顶面就不是定位基面, 也就不

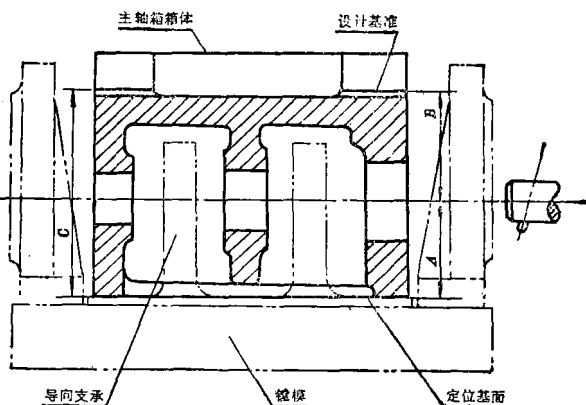


图 1-4 定位基准与设计基准不重合的影响

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。

3. 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，它是制订工艺过程中要解决的主要问题。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一无用处，它是仅为加工的需要而设置的。轴加工用的中心孔、活塞加工用的止口和下端面就是典型的例子（详见第二章）。

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，使整个机械加工工艺过程能顺利地进行？
- (2) 为加工上述精基面，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要求：

- (1) 各加工表面有足够的加工余量（至少不留下黑斑），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。

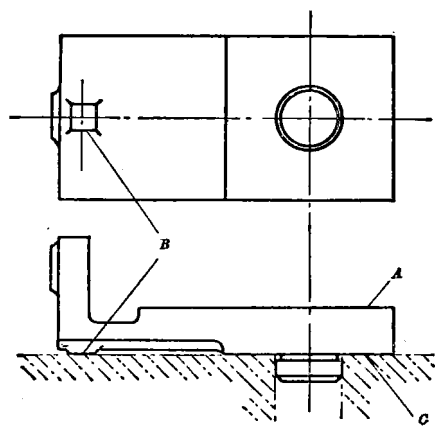


图 1-5 工艺搭子

(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承。图 1-5 所示：在加工车床小刀架的 A 面时，为了使定位稳定可靠，在小刀架的上表面 C 增加了工艺搭子 B，它和表面 C 同时加工出来。

由于精基面和粗基面的情况和用途都不同，所以在选择精基面和粗基面时所考虑的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是：

- (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**。特别在最后一道工序