

● 高等学校教学用书 ●

9 重型机器制造工艺学

(修订版)

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

PDG

修 订 版 前 言

根据机械工程(矿山机械、冶金机械、机械设计与制造)专业的教学计划和重型机器制造工艺学新修订的教学大纲并结合教学工作的实践,对原《重型机器制造工艺学》(1980年版)进行修订和改编。

在本修订本中,加强了机械加工工艺规程制订与工艺尺寸链以及机械加工精度、机械加工表面质量章节的内容,对典型零件加工作了适当的删减,并增加了计算机辅助制造的内容,删掉了特种工艺及大型机床等章节。

本书可作为机械工程专业“重型机械制造工艺学”课的教材,也适于同类专业的“机械制造工艺学”课教材,并可供从事重型机械制造工作的工程技术人员参考。

本书由中南工业大学颜竞成编写第一章,第六章,第七章;昆明工学院张梓华编写第二章,第五章;江西冶金学院赵李鑫编写第三章;东北工学院王生力编写绪论、第四章、第八章、第九章、第十章。全书由王生力主编,由颜竞成主审,参加此修订本审阅工作的有张庆云、齐景贵、刘金声、蔡光起。

此外,兄弟院校及各大重型机器制造厂的有关同志,对本书的编写及修订工作给予了大力支持,在此谨表感谢。

本书不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

1986.9

前 言

本书是根据冶金部1977年教材会议制订的冶金机械、矿山机械专业教学计划和重型机器制造工艺学教学大纲编写的。

本书内容主要包括：机器制造工艺基础理论；典型表面及典型零件加工；机器装配及尺寸链；大型机床；夹具设计基础及特种工艺等。书中着重阐述重型机器制造工艺特点，并力求反映国内外重型机器制造的新技术及新成就。

本书作为冶金机械专业和矿山机械专业“重型机器制造工艺学”课的教材，也适于类似此两专业的“机器制造工艺学”课的教材，并可供从事重型机器制造工作的工程技术人员参考。

本书由中南矿冶学院顾竞成编写第一章、第六章；昆明工学院张梓华编写第二章、第八章；江西冶金学院宋安仁、赵李鑫编写第三章；东北工学院何维玲编写第四章、第十一章（第七节）；东北工学院张澄编写第五章、第十一章；西安冶金建筑学院王正槐编写第七章；东北工学院王生力编写第九章、第十章，并负责校对、修改、整理全书内容。

本书在编写过程中得到许多工厂、学校的大力支持，编写后又得到第一重型机器厂、第二重型机器厂、太原重型机器厂、衡阳冶金机械修造厂及东北重型机械学院、吉林工业大学、重庆大学等单位的有关同志的审阅，提出了许多宝贵意见，特此表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中缺点和错误在所难免，请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 机械加工工艺规程的制订	1
1.1 机械加工工艺过程的基本概念.....	1
1.2 制订机械加工工艺规程的原始资料与步骤.....	6
1.3 制订机械加工工艺规程时几个主要问题的分析讨论.....	7
1.4 工艺尺寸的计算.....	17
1.5 机械加工的生产率和经济性分析.....	25
第二章 工件的安装与夹具设计基础	34
2.1 概述.....	34
2.2 定位原理及其应用.....	37
2.3 定位误差分析及计算.....	45
2.4 工件的夹紧及典型夹紧机构分析.....	52
2.5 典型夹具实例.....	65
第三章 机械加工精度	71
3.1 加工精度的基本概念.....	71
3.2 影响加工精度的因素.....	73
3.3 加工误差的综合统计分析法.....	95
第四章 机械加工的表面质量	106
4.1 基本概念.....	106
4.2 影响表面粗糙度的因素.....	108
4.3 表面层物理机械性能的变化及影响因素.....	110
4.4 机械加工过程中的振动.....	116
第五章 轴、套类零件的加工	128
5.1 轴类零件加工.....	128
5.2 套筒类零件加工.....	144
第六章 箱体及机架加工	155
6.1 概述.....	155
6.2 箱体的机械加工工艺过程及其分析.....	156
6.3 机架的加工工艺过程及其分析.....	161
6.4 箱体及机架主要表面的机械加工.....	168
6.5 加工中心在箱体零件加工中的应用.....	175
第七章 齿轮加工	177
7.1 概述.....	177
7.2 圆柱齿轮机械加工工艺过程及其分析.....	179
7.3 圆柱齿轮齿形加工.....	183
7.4 圆柱齿轮加工精度分析.....	201
7.5 直齿圆锥齿轮加工.....	205
7.6 蜗轮副加工.....	208

第八章 机器的装配	212
8.1 装配生产类型及其特点.....	212
8.2 装配尺寸链.....	213
8.3 保证装配精度的方法.....	220
8.4 装配工作法.....	232
8.5 典型部件装配.....	235
8.6 装配工艺规程制订.....	239
第九章 机器结构工艺性	243
9.1 零件机械加工的结构工艺性.....	243
9.2 机器结构的装配工艺性.....	253
第十章 计算机辅助制造	259
10.1 概述.....	259
10.2 计算机辅助制造的基础——成组技术.....	261
10.3 计算机数字控制.....	268
10.4 直接数字控制.....	269
10.5 适应控制.....	271
10.6 柔性制造系统.....	272
10.7 计算机辅助工艺过程设计.....	274
10.8 计算机辅助编制数控程序.....	276
参考书	277

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

1.1.1 机器的生产过程和工艺过程

要制造一台符合质量要求的机器,必须经过生产技术准备、毛坯的制造、零件的各种加工(包括机械加工和热处理)、机器的装配(包括部装、总装、调试、油漆)等几个过程。这种由原材料或半成品变成成品的各个相互关联的劳动过程的总和,称为生产过程。

由于机器的用途、复杂程度和生产数量的不同,整台机器的生产过程是多种多样的。为了便于组织生产和提高劳动生产率,要求组织专业化生产,即将一台比较复杂的机器生产过程,分散在若干个工厂进行,最后集中到一个工厂里制造成完整的机器产品。这就要求有些工厂专门负责制造零部件。一个工厂只负责某些零部件的生产,称为这个工厂的生产过程。因此,生产过程这个概念,可以是整台机器的制造过程,也可以是某部件或某一零件的制造过程。

生产过程是由主要过程和辅助过程两部分组成的。主要过程是与原材料或半成品改变为成品直接有关的过程,这些直接有关的过程称为工艺过程。例如切削加工、热处理、装配等。辅助过程是与原材料或半成品改变为成品间接有关的过程。例如运输、保管、机床维修、工艺装备的设计制造等。

机械加工车间生产过程中的主要过程称为机械加工工艺过程。它是直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量、使之成为成品的一部分生产过程。同样,装配车间中零部件装配成机器的过程称为装配工艺过程。

1.1.2 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或若干个按顺序排列的工序组成的,而工序又可细分为工步或走刀。

(1) 工序 工序是指一个或一组工人,在一个工作地(例如一台机床或一个钳工位置),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。

划分工序的主要依据是工作地点是否变动,若零件加工的工作地变动后,即构成另一道工序。例如图1-1所示阶梯轴,当单件小批生产时可用表1-1所示加工方案,只需四道工序加工完成。如果是中批生产,则应改为表1-2加工方案,需六道工序完成。

工序是工艺过程的基本单元,也是制订劳动定额、配备工人、安排作业计划和质量检查的基本依据。

(2) 工步与走刀 当被加工表面、切削刀具和切削用量中的转速和进给量均保持不变时所完成的那部分工序,称为工步。一道工序中可以包括几个工步,也可以只包括一个工步。例如表1-2的工序2中,包括粗精车各外圆、切槽及倒角等工步,而工序4中,当采用键槽铣刀铣键槽时只包括一个工步。为了提高生产率。用几把刀具同时加工几个表面的工步,称为复合工步,在工艺文件上,复合工步可以看成是一个工步。

在一个工步内,若被加工表面的总加工余量大,需要分几次切削,则每一次切削称为一

次走刀。一个工步可包括一次或几次走刀。

(3) 安装与工位 工件在加工之前必须在机床或夹具上占据一个正确的位置，然后夹紧压牢，这一过程称为安装。在一道工序中，可能只需一次安装，也可能需几次安装。例如表1-1工序2中，为了车削全部外圆表面则需两次安装，而表1-2工序2中，只用一次安装。

为了减少工件的安装次数，常常采用各种回转工作台、回转夹具或移位夹具、使工件在一次安装中先后处于几个不同位置进行加工。这时，工件在机床上占据每一个加工位置所完成的那部分工艺过程称为工位。如图1-2所示为一利用回转工作台在一次安装中顺次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四个工位加工的实例。

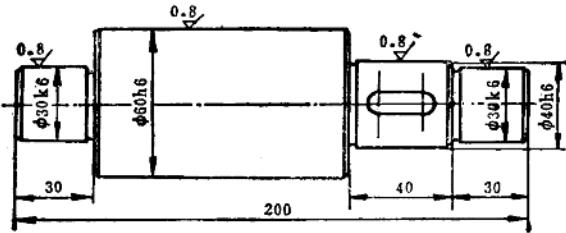


图 1-1 阶梯轴简图

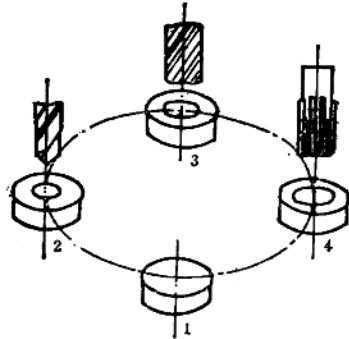


图 1-2 多工位加工

工位 1—装卸工件；2—钻孔；3—扩孔；4—铰孔

表 1-1 单件小批生产的加工工艺过程

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	车端面打中心孔	车端面，打中心孔，调头车另一端面，打中心孔	车床
2	车	车全部外圆、切槽、倒角	车床
3	铣	划键槽加工线，铣键槽，去毛刺	铣床
4	磨	磨各外圆到尺寸	外圆磨床

表 1-2 中批生产的加工工艺过程

工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备
1	铣端面打中心孔	铣两头端面，打中心孔	专用机床
2	车	车 $\phi 60$ 、 $\phi 40$ 、 $\phi 30$ 外圆、切槽、倒角	车床
3	车	车另一头 $\phi 30$ 外圆、切槽、倒角	车床
4	铣	铣键槽	键槽铣床
5	钳工	去毛刺	钳工台
6	磨	磨各外圆到尺寸	外圆磨床

在重型机器制造中多是单件小批生产，通常只列出工序，不再细分为工步、走刀等，只是把加工内容扼要地填入工艺过程卡片的工序内容一栏中。

1.1.3 生产类型对机械加工工艺过程的影响

被加工零件的结构和技术要求是决定工艺过程内容的基本因素，而生产类型对工艺过程的内容和特征有着重要影响。

每年所需制造的零件数量称为生产纲领。根据生产纲领的大小不同，可分为三种生产类型：

(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。重型机器产品制造通常属这类。

(2) 成批生产 成批生产的基本特点是生产某几种产品，每种产品均有一定数量，各种产品是分期分批地轮番生产。部分矿山机械的生产属这类。

成批生产时，每批制造相同产品的数量称为批量，呈周期性重复。根据批量大小，成批生产还可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产的工艺特征接近于单件生产，而大批生产的工艺特征接近于大量生产。

(3) 大量生产 大量生产的基本特点是产品的产量大、品种少，大多数工作地长期地重复进行一种零件的某一工序的加工。汽车、拖拉机、轴承和自行车的制造属于大量生产。

由于生产类型不同，无论在生产组织、车间布置、毛坯制造方法、工夹具、加工方法和工人的熟练程度等各方面要求均不相同。例如，大批大量生产采用高生产率的工艺及设

表 1-3 各种生产类型的工艺特征

特 征	类 型		
	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
零件出产型式	事先不决定是否重复生产	周期地成批生产	长时间连续生产
毛坯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，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。
机床设备及布置	采用通用机床，按机群式布置	采用部分通用机床及部分高生产率专用机床，按零件类别分工段安排	广泛采用高生产率专用机床及自动机床，按流水线排列或采用自动线
夹具	多用通用夹具，很少用专用夹具，靠划线和试切法来保证尺寸精度	用专用夹具，部分靠划线法来保证加工精度	广泛采用高生产率夹具，靠夹具及调整法来保证加工精度
刀具及量具	采用通用刀具及万能量具	较多采用专用刀具万能量具	广泛采用高效专用刀具及量具
对工人技术要求	熟练	中等熟练	对操作工人一般要求，对调整工人技术要求高
工艺文件	只编制简单的工艺过程卡片	编制成较详细的工艺卡片	编制工艺卡片或工序卡片，有详细的工艺文件
发展趋势	箱体类复杂零件采用加工中心加工	采用成组技术，由数控机床或柔性制造系统等进行加工	在计算机控制的自动化制造系统中加工，并可能实现在线故障诊断、自动报警和加工误差自动补偿

备,经济效益好;而单件小批生产常采用通用设备及工装,生产率低,经济效益较差。各种不同生产类型的特征见表1-3。

1.1.4 机械加工工艺规程

任何零件的机械加工工艺过程可以是多种多样的,但对某种生产条件来说,其中总有一个工艺过程是最合理的,将合理的工艺过程各项内容编写成工艺文件,用来指导生产,这就是工艺规程。工艺规程应包括的内容有:工艺路线、各工序具体加工内容、切削用量、工时定额、以及所采用的加工设备和工艺装备等。

工艺规程的作用是:

(1) 工艺规程是指导生产的主要技术文件 合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员的实践经验的基础上,根据工艺理论和必要的工艺试验而拟订的。按着工艺规程进行生产,可以保证产品的质量和较好的经济效果。因此,生产中一般应严格执行既定的工艺规程。

(2) 工艺规程是生产准备和管理工作的基本依据 在产品投入生产之前,需做大量的生产准备工作。例如工夹量具的设计与制造或采购,原材料、半成品、外购件的供应,毛坯的制造,劳动力的组织,以及生产成本的核算等,都是以工艺规程作为基本依据。

(3) 工艺规程是新建或扩建工厂或车间时的基本资料 在新建或扩建工厂或车间时,只有根据工艺规程和生产纲领才能正确地确定:生产所需的机床和其他设备的类型、规格和数量,车间的面积,机床的布置,生产工人的工种、等级及数量等。

(4) 行之有效的先进工艺规程还起着交流和推广先进经验的作用,有利于其他工厂缩短试制过程,提高工艺水平。

因此,工艺规程是机械制造厂最主要的技术文件之一。但是工艺规程不应当是固定不变的,工艺技术人员应注意总结工人的革新创造,及时地吸取国内外的先进技术,对现行的工艺规程不断地予以改进和完善。

将工艺规程的内容填入一定格式的卡片中,即成为生产准备和施工依据的工艺文件。目前工艺文件还没有统一格式,各厂根据零件的复杂程度和生产类型自行确定。常见的有以下三种卡片:

(1) 工艺过程综合卡片 这种卡片主要列出整个零件加工所经过的工艺路线(包括毛坯、机械加工和热处理等)。它是制订其他工艺文件的基础,也是生产技术准备、编制作业计划和组织生产的依据。在这种卡片中,由于各工序的说明不够具体,故一般不能直接指导工人操作,多作为生产管理方面使用。在以单件小批生产为主的重型机械制造厂中,通常不编制其他较详细的工艺文件,而是用这种卡片指导生产。因此应将这种卡片(尤其是对较复杂的重要零件)编制得比较详细。表1-4是这种卡片的格式。

(2) 机械加工工艺卡片 这种卡片是以工序为单位详细说明整个工艺过程的工艺文件。它是用来指导工人生产和帮助车间技术人员掌握整个零件加工过程的一种主要技术文件,广泛用于成批生产的零件和单件小批生产中的重要零件。工艺卡片内容包括零件的工艺特征(材料、重量、加工表面及其精度和表面粗糙度等)、毛坯特征、各道工序的具体内容及加工要求等。表1-5为工艺卡片的格式。在矿山机械厂生产中多采用工艺卡片,重型机械厂重要零件的制造,通常也编制成工艺卡片。

(3) 机械加工程序卡片 这种卡片是用来具体指导工人进行操作的一种工艺文件。

工序卡片中详细记载了该工序加工时所必须的工艺资料，如定位基准的选择、工件的安装方法、工序尺寸及公差，以及机床、刀具、量具、切削用量的选择和工时定额的确定等，

表 1-4 综合工艺过程卡片

(工厂名)	综合工	产品名称及型号		零件名称			零件图号					
	艺过程 卡片	材料	名称	毛坯	种类		零件重量	毛重		第	页	
			牌号		尺寸		(kg)	净重				
			性能	每料件数			每台件数		每批件数			
工序号	工 序 内 容			加工 车间	设备名称 及编号	工艺装备名称 及编号			技术等级	时间定额 (min)		
						夹具	刀具	量具		单件	准备-终结	
更改内容												
编 制		抄写		校对		审核			批准			

表 1-5 机械加工工艺卡片

(工厂名)	机械加工 工艺卡片	产品名称及型号		零件名称			零件图号								
		材料	名称	毛坯	种类		零件重量	毛重		第	页				
			牌号		尺寸		(kg)	净重							
			性能	每料件数			每台件数		每批件数						
工	安	工	工序内容	同时加 工零件 数	切 削 用 量				设备 名称 及编号	工艺装备名称及编号			技术 等级	工时定额 (min)	
序	装	步			切削 深度 (mm)	切削速 度 (m/ min)	每分钟转 数或往复 次数	进给量 (mm/r 或mm/ 双行程)		夹具	刀具	量具		单件	准备- 终结
更改内容															
编 制		抄写		校对		审核			批准						

其格式见表1-6。工序卡片多用于大批大量生产的零件和成批生产中的重要零件。

此外，对半自动及自动机床应有调整卡片，对检验工序还有检验工序卡片等。

表 1-6 机械加工工序卡片

(工厂名)	机械加工工序卡片	产品名称及型号	零件名称	零件图号	工序名称	工序号	第 页										
							共 页										
(工序简图)			车 间	工 段	材料名称	材料牌号	机械性能										
			同时加工件数	每料件数	技术等级	单件时间 (min)	准备-终结时间 (min)										
			设备名称	设备编号	夹具名称	夹具编号	冷却液										
			更改内容														
工步号	工步内容	计算数据 (mm)			走刀次数	切削用量				工时定额(min)			刀具量具及辅助工具				
		直径或 长 度	走刀 长度	单边 余量		切削 深度 (mm)	进给量 (mm/r 或mm/ min)	每分钟 转数或 双行程 数	切削 速度 (m/ min)	基本 时间	辅助 时间	工作地 点服务 时间	工具 号	名 称	规 格	编 号	数 量
编制		抄写		校对		审核		批准									

1.2 制订机械加工工艺规程的原始资料与步骤

1.2.1 制订工艺规程的原始资料

在制订工艺规程时，一般应具备以下原始资料：

- (1) 产品的全套装配图和零件工作图。
- (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。
- (4) 毛坯资料 毛坯资料包括各种毛坯制造方法的技术经济特征；各种钢材型料的品种和规格；毛坯图等。在单件小批生产的重型零件制造中常常无毛坯图，应具体地了解毛坯的形状、尺寸和机械性能等。
- (5) 实现工艺过程的具体条件 即现有的机床和工夹量具的目录和说明书；机床精度现状；设备更新计划；工夹具制造能力；生产工人的技术水平及车间组织形式等。
- (6) 国内外工艺技术发展情况。
- (7) 其他有关参考资料 如各类工艺手册和图册，各类主要零件的典型工艺过程，或相类似零件并经过生产实践考验过的工艺过程等。

1·2·2 制订工艺规程的步骤

制订机械加工工艺规程的主要步骤大致如下：

(1) 分析产品装配图和零件图。

(2) 确定毛坯。

(3) 拟定工艺路线。这是制订工艺规程的核心。其主要内容是：选择工艺基准，确定加工方法，划分加工阶段，合理安排加工顺序等。在拟订工艺路线时，最好提出几个方案来进行分析比较，最后确定一个最佳方案。

(4) 确定各工序所采用的机床、夹具、刀具和量具，对所需要的专用工夹量具应提出设计任务书，交有关人员设计。

(5) 确定加工余量，计算工序尺寸和公差。

(6) 确定各工序的切削用量和工时定额。目前大多数工厂未规定切削用量，由操作者结合具体生产情况选取。但对流水线，特别是自动线生产，各工序工步需规定切削用量，以保证各工序的生产节奏均衡。工时定额是按经过生产实践验证而累计起来的统计资料来确定的，对于流水线和自动线，由于规定了切削用量，也可以通过计算来确定部分工时定额。

(7) 确定各主要工序的技术要求和检验方法。

(8) 填写工艺文件。

1·3 制订机械加工工艺规程时几个主要问题的分析讨论

1·3·1 研究分析产品的装配图和零件图，进行工艺审查

零件图是制订工艺规程最主要的原始资料，必须首先进行认真分析。在研究分析零件图之前，应对产品的装配图进行研究，从而熟悉该产品的用途、性能及工作条件，并了解被加工零件在产品中的地位和作用，然后对零件图进行工艺分析和工艺审查。

工艺分析就是分析被加工要求与加工方法之间的矛盾。在一般情况下，设计人员在产品结构设计时，就考虑到工艺上的可能性，即进行了工艺分析，所以通常都能满足加工要求。但在个别情况下，发现图纸上某些要求不恰当或加工很难达到技术要求时，可以在不影响产品性能的前提下，通过一定的手续进行修改，以简化加工方法。在工艺分析和工艺审查中应抓住主要矛盾，因为零件上一般都有许多表面要加工，但其中必定有一些加工表面是主要的，它的精度、粗糙度、硬度要求均较高，如冷轧工作辊的辊颈和辊身、齿轮的齿面和基准孔等，是加工中的主要矛盾。

对零件图进行工艺分析和工艺审查的主要内容是：

(1) 审查零件图纸的完整性和正确性 即零件图视图是否足够，尺寸、技术要求是否标注齐全等，如有错误或遗漏，应提出修改意见。

(2) 审查零件材料是否恰当 材料的选择要立足于国内，并考虑制造厂和修理厂的具体情况，尽可能采用现有材料，少用贵重金属。此外，所用材料必须有良好的切削加工性。

(3) 分析零件的技术要求 零件的技术要求一般包括：被加工表面的尺寸精度、主要加工表面的形状精度、主要加工表面之间的相互位置精度、各加工表面的粗糙度、热处理要求及其它要求（如动平衡等）。我们分析和审查这些技术要求是否合理，在现有的生

产条件下能否达到, 需要采取何种工艺措施。

(4) 审查零件的结构工艺性 零件结构对加工工艺过程影响很大, 因为零件的使用性能相同, 其加工工艺和制造成本有很大的差别。因此, 在进行零件结构设计时, 不仅要考虑使用性能、操作方便和强度、刚度, 还应考虑零件能否容易地、经济地进行机械加工和装配, 即要求零件具有良好的结构工艺性。如图1-3所示组件, 件1为轴, 件2为孔, 当采用图1-3a结构时, 件2上的凹槽A不便于加工和测量, 若改用图1-3b结构, 将凹槽A改到件1上, 对使用性能毫无影响, 而零件的结构工艺性好多了。

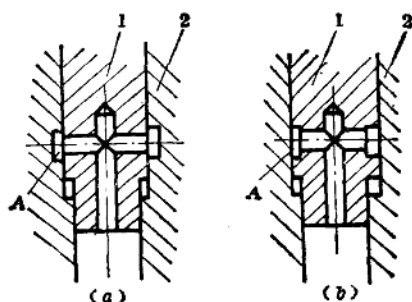


图 1-3 凹槽的结构工艺性

1—轴; 2—孔

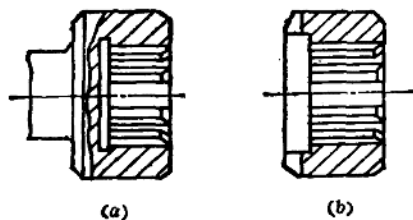


图 1-4 内齿离合器结构工艺性

结构工艺性与生产规模和生产条件有密切关系。如图1-4a所示内齿离合器需在插齿机上加工内齿, 属中小批生产类型。如果是大批生产, 则应改为图1-4b图结构, 以便可采用高生产率的拉削加工。

1.3.2 毛坯选择

毛坯种类不同, 机械加工工艺规程也不同, 因此必须了解毛坯情况, 正确选择毛坯。

在单件小批生产的冶金矿山机械制造中, 制造零件所用毛坯类型主要有: 铸件(铸钢件、铸铁件和有色金属铸件)、锻压件(主要是锻钢件)、型材和焊接结构件(包括铸-焊、铸-锻-焊、型材-锻-焊等组合结构)等。

毛坯的选择应全面考虑以下几个因素的影响:

(1) 零件材料的工艺特征, 以及零件对材料组织和性能的要求。例如铸铁和青铜只能铸造, 故选铸件; 重要的钢质零件, 如重要轴、齿轮、连杆等, 为了保证良好的机械性能, 应选用锻件。

(2) 零件的结构形状和外形尺寸。例如各台阶直径相差不大的一般阶梯轴, 可直接选取圆棒料; 若各台阶直径相差较大, 为了节省材料和减少机械加工的劳动量, 则宜选用锻件毛坯; 形状复杂的钢质箱体、机架、大齿轮等, 通常采用铸钢件; 巨型零件, 如大型轧机机架, 当熔铸设备条件有限时, 可以采用分段铸造或锻造, 然后用电渣焊拼焊在一起, 成为组合结构的毛坯。

(3) 生产纲领的大小。当零件批量较大时, 应选择生产率和精度较高的毛坯制造方法, 如金属型铸造、压力铸造、模锻等; 但在单件小批生产的重型机器制造厂中, 主要采用手工砂型铸造和自由锻造。

(4) 现有生产条件。选择毛坯时, 还要考虑现场毛坯的制造水平和设备能力。例如

某重型机器厂，在六十年代由于熔铸能力限制，78吨重轧机机架，采用铸-锻-焊组合结构毛坯，而到八十年代由于熔铸能力增强，178吨巨型机架可以一次浇铸成整体毛坯。

1.3.3 定位基准的选择

在制订机械加工工艺规程时，工件定位基准的选择，不仅影响零件加工的位置精度，而且对零件各表面的加工顺序也有很大的影响。

1.3.3.1 基准及其分类

零件是由若干表面所组成，它们之间有一定的相互位置和距离尺寸的要求。在机械加工过程中，就必须相应地以某一个或几个表面为依据来加工其他表面，以保证零件图所规定的技术要求。由零件表面间的各种相互依赖关系引出来基准的概念。

所谓基准就是指零件图上或实际零件上某一面、线、点，根据这些面、线、点来确定其他面、线、点的位置。这些作为依据的面、线、点叫作基准。基准根据作用不同可分为设计基准和工艺基准两大类。

(1) 设计基准 在零件图上用来确定其他面、线、点的位置的基准，称为设计基准。如图1-5a所示，A、B面是以C面为依据标出位置尺寸 l_1 和 l_2 ，所以C面为A、B面的设计基准。 $\phi D \pm \Delta D$ 、 $\phi d \pm \Delta d$ 的两个圆柱面及平面E都以轴线O-O为依据来确定其位置，所以轴线就是两圆柱面和E面的设计基准。

(2) 工艺基准（制造基准） 零件在加工和装配过程中所使用的基准称为工艺基准或制造基准。工艺基准又可分为定位基准、测量基准和装配基准。

1) 定位基准 加工时，使工件在机床或夹具中占有一正确位置所用的基准称为定位基准。如图1-5b中加工E平面， ϕd 圆柱体与定位块相接触的一条母线D是本工序的定位基准。

定位基准又可分为粗基准和精基准。在第一道工序中只能使用毛坯的表面来定位，这种定位基准称为粗基准（毛基准）。在以后各工序加工中，采用已加工表面作为定位基准，这种基准称精基准（光基准）。

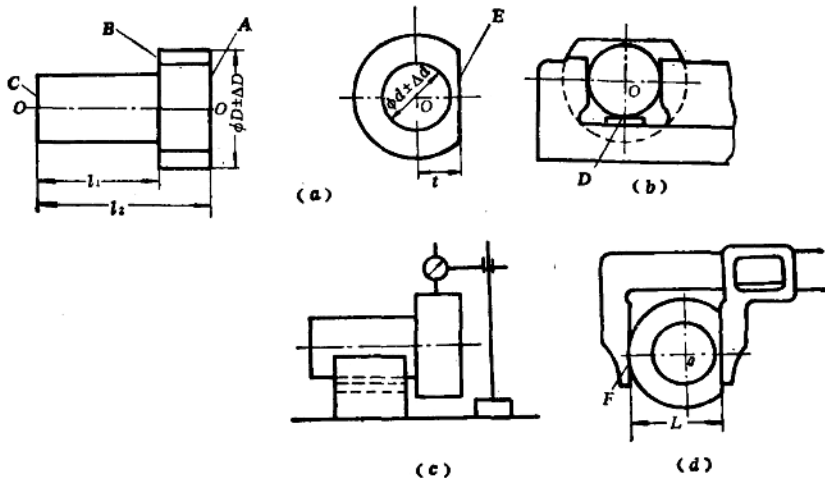


图 1-5 各种基准示例

2) 测量基准 (度量基准) 零件检验时用来测量已加工表面的尺寸和位置的基准, 称为测量基准。如图1-5c中以 ϕd 圆柱面为测量基准来测量 ϕD 圆柱面的同轴度。图1-5d是测量 E 面时以圆柱面上一条母线 F 为测量基准。

3) 装配基准 装配时用来确定零件在部件或产品中位置的基准, 称为装配基准。如图1-6所示齿轮, 内孔 A 和端面 C 是装配基准。又如轧机轧辊的轴颈、轧机机架地脚板面和窗口面等是装配基准。

1.3.3.2 粗基准的选择

粗基准选择的好坏, 对以后各加工表面的加工余量分配, 加工表面与不加工表面的相对位置均有较大的影响。因此必须重视粗基准的选择。粗基准选择总的要求是为后续工序提供必要的定位基准。具体选择时应考虑以下原则:

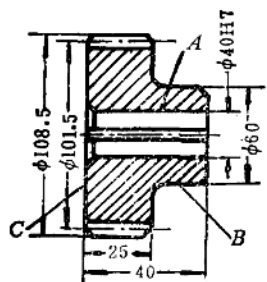


图 1-6 齿轮装配基准
B—不加工面, 其余均加工

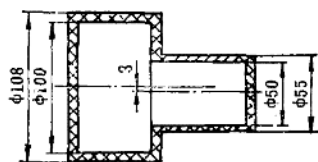


图 1-7 阶梯轴的粗基准选择

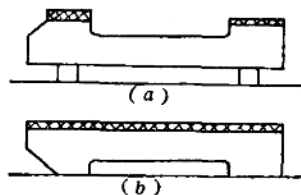


图 1-8 床身粗基准选择

(1) 对于具有较多加工表面的工件, 选择粗基准时应合理分配各加工表面的加工余量。在分配加工余量时应考虑以下各点:

- 1) 应保证各加工表面都有足够的加工余量;
- 2) 对于某些主要表面, 特别是一些重要表面和内表面, 应尽可能使加工余量分布均匀;
- 3) 使工件上各加工表面总的金属切除量最小。

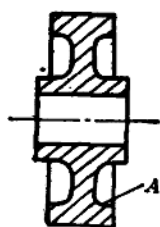
为了保证第一项要求, 粗基准应选择毛坯上加工余量最小的表面。例如图1-7所示阶梯轴, 应选择 $\phi 55\text{mm}$ 的外圆表面作粗基准, 因其加工余量较小; 如果选 $\phi 108\text{mm}$ 的外圆面作粗基准来加工 $\phi 55\text{mm}$ 表面, 当两个外圆面的偏心为 3mm 时, 则加工后的 $\phi 50\text{mm}$ 外圆面, 因一边加工余量不足而使工件报废。为了保证第二项要求, 应选择那些重要表面作粗基准, 车床导轨面加工就是一个典型例子 (图1-8), 由于导轨面是床身主要表面, 精度要求高, 且要求耐磨, 因而在加工导轨面时要求加工余量均匀, 并且尽可能切去的余量少一些, 所以应选择导轨面为粗基准来加工床身底平面, 再以底平面为基准加工导轨面。为了保证第三项要求, 应选择工件上那些加工面较大, 形状比较复杂, 加工劳动量较大的表面为粗基准。仍以床身加工为例, 当选择导轨面为粗基准加工床身底平面时, 由于加工面面积小, 即使切去较大的加工余量, 金属切除量并不大, 加之以导轨面的加工余量又较小, 故工件上总的金属切除量就较小。

(2) 对于具有不加工表面的工件, 为保证不加工表面与加工表面之间的相对位置要

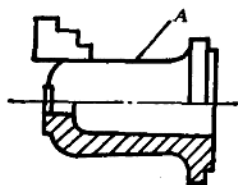
求，一般应选择^①不加工表面为粗基准。如图1-9 a所示轮坯，为保证轮缘的壁厚均匀，应以不加工表面A为粗基准加工外圆面，图1-9 b是一回转体零件，选择不加工的外圆面A为粗基准来镗内孔，以保证壁厚均匀。

(3) 选择粗基准时，必须考虑定位准确、夹紧可靠，以及夹具结构简单、操作方便。为此，应尽量选用平整、光洁和有足够大的尺寸，以及没有浇冒口、飞边等缺陷的表面作为粗基准。

(4) 粗基准一般只在第一道工序中使用，尽量避免重复使用。因为粗基准本身都是毛坯表面，如果在两次安装中重复使用同一粗基准，则会引起被加工表面间出现较大的位置误差。图1-10所示的小阶梯轴，如果重复使用毛坯表面B定位去分别加工表面A和C，必然会使这两加工表面产生较大的同轴度误差。



(a)



(b)

图 1-9 工件以不加工面为粗基准
A面为不加工面

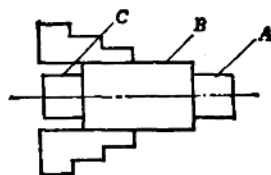


图 1-10 重复使用粗基准示例
A、C—加工面；B—毛坯面

上述粗基准选择的原则，每一条只说明一个方面的问题，实际应用时常会相互矛盾，这就要求全面考虑，灵活运用，保证主要的要求。当运用上述原则对毛坯进行划线时，还可通过“借”的办法，兼顾以上各原则（主要是前两条原则）。

1.3.3.3 精基准的选择

精基准的选择主要考虑的问题是如何保证加工精度和安装准确、方便。因此选择精基准时应遵循以下原则：

(1) 基准重合的原则 即应尽量选择主要加工表面的设计基准作为精基准，这样可以减少因基准不重合而产生的定位误差。例如图1-11是车床床头箱，箱体上主轴孔的中心高 $H_1 = 205 \pm 0.1 \text{ mm}$ ，这一设计尺寸的设计基准是底面M。在选择精基准时，若镗主轴孔工序以底面M为定位基准，则定位基准与设计基准重合，可以直接保证尺寸 H_1 。若以顶面N为定位基准，则定位基准与设计基准不重合，这时直接保证尺寸H，而设计尺寸 H_1 是间接保证的，即只有当H和 H_2 两个尺寸加工好以后才能得到 H_1 ，所以尺寸 H_1 的精度取决于H和 H_2 的精度。尺寸 H_2 的误差即为设计基准M与定位基准N不重合而产生的误差，它将影响设计尺寸 H_1 达到的精度要求。

(2) 基准统一的原则 即应尽可能使多个表面加工时都采用同一的定位基准作为精基准。这样便于保证各加工表面间的相互位置精度，避免基准变换所产生的误差，并简化夹具设计和降低制造成本。例如，圆锥破碎机主轴、冷轧工作辊、人字齿轮轴等，采用中心孔作为统一基准加工各个外圆面，有利于保证各外圆表面的同轴度以及端面与轴线的垂直度。

(3) 互为基准的原则 当两个加工表面相互位置精度要求较高时, 可以用 A 面为精基准加工 B 面, 再以 B 面为精基准加工 A 面, 这样反复加工, 不断提高定位基准的精度, 进而提高两加工面 A 和 B 之间的位置精度。例如, 车床主轴的主轴颈和前端锥孔的同轴度要求很高, 常以主轴颈表面和锥孔表面互为基准反复加工来达到要求。又如球磨机端盖 (图1-12), 为了保证 A 、 B 面之间同轴度, 以 B 面定位加工 A 面, 再以 A 面定位加工 B 面, 最后又以 B 面定位加工 A 面。

(4) 自为基准的原则 有些精加工或光整加工工序要求余量小而均匀, 加工时就尽量选择加工表面本身作为精基准, 而该表面与其他表面之间的位置精度则由前工序保证。例如, 在导轨磨床上磨削床身的导轨面时, 就是以导轨面本身为定位精基准来找正定位。又如, 采用浮动铰刀铰孔, 用圆拉刀拉孔以及用无心磨床磨削外圆表面等, 都是以已加工表面本身作为定位基准的例子。

1.3.3.4 工艺定位基准 (辅助基准) 的应用

工件定位时, 为了保证加工表面的位置精度, 多优先选择设计基准或装配基准为定位基准, 这些基准一般均为零件上的重要工作表面。但有些零件的加工, 为了安装方便或易于实现基准统一, 人为地制造一种定位基准, 如轴类零件上的顶尖孔和图1-13所示轧机架架上 M 、 N 面 (焊上去的金属块 b 称为工艺搭子), 这些表面不是零件上的工作表面, 在零件的工作中不起任何作用, 只是由于工艺上需要才制造出来的, 这种基准称为工艺定位基准或辅助基准。

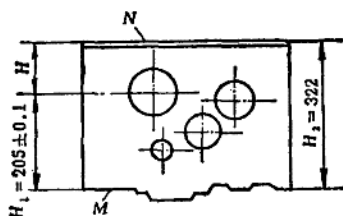


图 1-11 车床床头箱简图

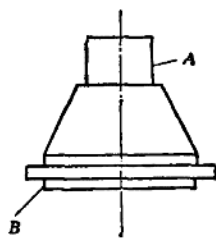


图 1-12 球磨机端盖简图

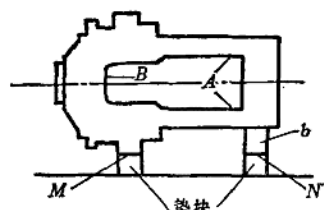


图 1-13 轧机架上的工艺定位基准

1.3.4 工艺路线的拟定

工艺路线的拟定是制订机械加工工艺规程中的关键性的一步, 其主要任务是选择各表面的加工方法和加工方案, 确定各表面的加工顺序以及整个工艺过程中工序数目的多少等。

关于工艺路线的拟定, 目前还没有一套普遍而完整的方法, 但经过多年来生产实践, 已总结出一些基本原则。在应用这些原则时, 应结合生产实际, 防止生搬硬套。

1.3.4.1 表面加工方法和加工方案的选择

在拟定零件的工艺路线时, 首先应选择好各个表面的加工方法和加工方案。

(1) 表面加工方法的选择 首先应保证加工表面的精度和粗糙度的要求。由于获得同一精度及表面粗糙度的加工方法往往有若干种, 实际选择时还要结合零件的结构形状、尺寸大小以及材料和热处理要求来全面考虑。例如加工 IT7 级精度的孔, 采用铰孔、镗孔、拉孔或磨孔均可达到要求。但箱体上的孔不宜用磨孔和拉孔, 而选用镗孔或铰孔,