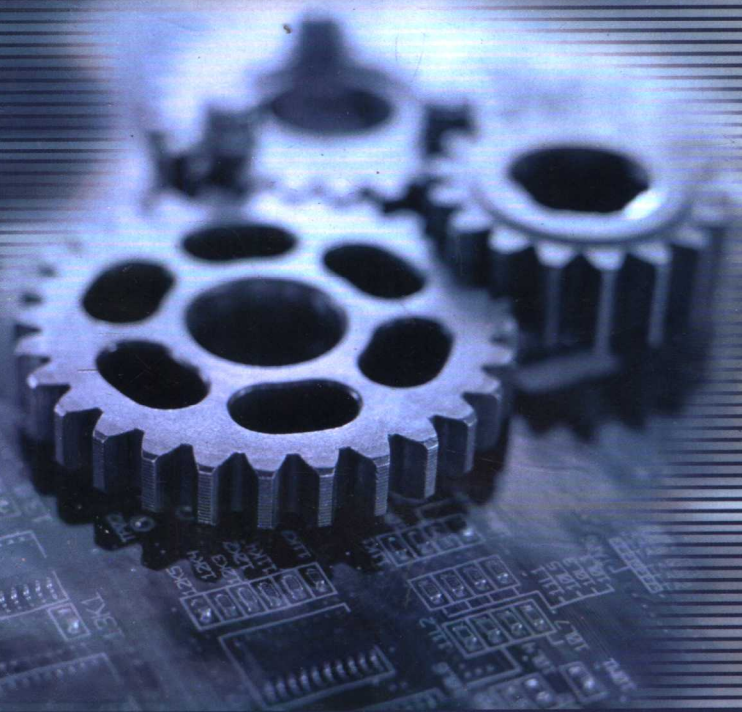




高职高专“十一五”规划教材

机电类

数控加工工艺



● 庞浩 李文星 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专“十一五”规划教材·机电类

数控加工工艺

主 编 庞 浩 李文星

副主编 张美荣

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

全书以数控加工工艺为主线,从工艺实施的生产实际出发,将常规机械加工工艺和数控加工工艺、常用的夹具、刀具和量具等内容有机地结合为一体。

全书共分 10 章,内容包括数控加工工艺规程制订、数控加工质量、数控机床夹具、数控加工用刀具、数控车削加工工艺、数控铣削加工工艺、加工中心加工工艺、数控磨削加工工艺、数控电加工工艺和数控加工与现代制造技术。

本书可作为高等职业学校机电技术应用专业和数控技术专业的教学用书,也可作为职工大学、业余大学、电大等相关专业的教材,还可供有关工程技术人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺/庞浩,李文星主编. —北京:北京理工大学出版社,
2007.8

高职高专“十一五”规划教材.机电类
ISBN 978-7-5640-1208-3

I.数… II.①庞… ②李… III.数控机床-加工工艺-高等学校:技术
学校-教材 IV.TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 134593 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市业和印务有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16.75

字 数 / 390 千字

版 次 / 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

责任校对 / 张 宏

定 价 / 32.00 元

责任印制 / 母长新

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

数控技术是先进制造技术中的核心技术,随着微电子技术、计算机技术、自动控制技术的发展,数控技术也得到飞速发展,数控技术极大地推动计算机辅助设计、计算机辅助制造、柔性制造系统、计算机集成制造系统、虚拟制造系统和敏捷制造的发展,并为实现绿色制造打下了基础。有关专家们预言,21世纪机械制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争。目前,随着国际制造业向中国转移,国内数控机床用量的剧增,急需培养一大批熟悉数控加工工艺、能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。为了适应我国高等职业技术教育发展及应用型高级技能人才培养的需要,我们总结了近几年来高等职业技术教育课程改革的经验,并在此基础上编写了本教材。

数控加工工艺是数控编程与操作的基础,合理的工艺是保证数控加工质量、提高生产效率及降低成本的关键。本书正是从数控加工的实用角度出发,以数控加工的实际生产为基础,以掌握数控加工工艺为目标,介绍数控加工工艺规程制订、数控加工用刀具、数控加工中工件定位与装夹以及数控加工质量,分析了数控车削、数控铣削、加工中心、数控磨削及数控电加工等加工工艺,并介绍现代制造技术。全书系统性、综合性强,前后各章联系紧密;书中精选了大量的典型实例,均经过实践检验,具有很高的可信度和可操作性。

本书可作为高等职业技术教育机电类专业通用教材,适合于作为高等职业院校数控专业与机电一体化专业的教材,还可作为数控加工技术人员工作的参考用书。

本书由庞浩、李文星担任主编,由张美荣担任副主编。参加本书编写的人员还有:王丽洁、吴东、董科、王荪馨。

本书在编写过程中得到了浙江纺织服装职业技术学院各级领导的关心和大力支持,还得到各兄弟院校的大力帮助,部分从事数控专业教学的教师对该书的编写提出了一些建设性的建议,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中缺陷乃至错误在所难免,恳请广大读者给予批评指正。如果读者在使用本书的过程中有任何建议,请与编者(bjzhangxf@126.com)联系。

编 者

目 录

第1章 数控加工工艺规程制订	1	制订与分析	130
1.1 基本概念	1	第6章 数控铣削加工工艺	138
1.2 制订数控工艺规程的准备	5	6.1 数控铣削加工的对象	138
1.3 定位基准的选择	8	6.2 工件在数控铣床上的装夹	142
1.4 数控加工工艺路线的拟定	13	6.3 数控铣削刀具与选用	144
1.5 数控加工工序设计	14	6.4 数控铣削加工工艺制订	149
1.6 工艺尺寸链	23	6.5 典型工件的数控铣削工艺 规程制订与分析	160
第2章 数控加工质量	35	第7章 加工中心加工工艺	167
2.1 数控加工精度	35	7.1 加工中心加工的对象	167
2.2 数控加工表面质量	45	7.2 工件在加工中心上的装夹	169
2.3 数控加工质量的分析	54	7.3 加工中心刀具与选用	179
2.4 数控加工质量分析实例	58	7.4 加工中心加工工艺制订	188
第3章 数控机床夹具	70	第8章 数控磨削加工工艺	199
3.1 数控机床夹具概述	70	8.1 数控磨削加工的对象	199
3.2 工件在夹具中的定位	72	8.2 数控磨削加工工艺制订	204
3.3 定位误差及其计算	75	8.3 实训典型工件的数控磨削 加工工艺规程制订与分析	218
3.4 工件的夹紧	81	第9章 数控电加工工艺	224
3.5 夹具设计方法与步骤	89	9.1 电火花加工	224
第4章 数控加工用刀具	92	9.2 数控线切割加工	237
4.1 数控加工刀具概述	92	第10章 数控加工与现代制造技术	247
4.2 数控用机夹刀具	94	10.1 概述	247
4.3 数控工具系统	100	10.2 计算机辅助设计与制造	248
第5章 数控车削加工工艺	104	10.3 计算机辅助工艺过程设计	250
5.1 数控车削加工的对象	104	10.4 柔性制造系统(FMS)	254
5.2 工件在数控车床上的装夹	106	10.5 计算机集成制造系统(CIMS)	256
5.3 数控车削刀具与选用	112	参考文献	260
5.4 数控车削加工工艺制订	114		
5.5 确定工件的检测方法	123		
5.6 典型工件的数控车削工艺规程			

第 1 章 数控加工工艺规程制订

1.1 基本概念

1.1.1 生产过程和工艺过程

(1) 生产过程。

机械制造厂生产的机械产品，可以是一种机器，也可以是机器中的某种部件，或是某一种零件。机械产品的生产过程是将原材料转变为成品的全过程。机械制造厂中的生产过程包括原材料的运输和保存，产品的技术准备和生产准备，毛坯的制造，零件的机械加工及热处理，产品的装配、调试、检验、包装，以及产品的销售和售后服务等。

(2) 工艺过程。

在生产过程中，直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程，如生产过程中的毛坯的制造，零件的机械加工及热处理，产品的装配、调试、检验等过程。

(3) 机械加工工艺过程。

机械加工工艺过程是指用机械加工方法改变毛坯形状、尺寸、相对位置和性质，使其成为零件的全过程。

(4) 数控加工工艺过程。

数控加工工艺过程是指用数控机床加工方法改变毛坯形状、尺寸、相对位置和性质，使其成为零件或半成品的过程，由于数控机床应用日益广泛，数控加工工艺过程已是机械加工工艺流程的主导和关键部分。

(5) 数控加工工艺过程的组成。

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对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。划分工序要素是工作地和连续作业，其中任一个要素的变化即构成新的工序。如图 1-1 所示的阶梯轴，当加工数量不同时，其工艺过程的工序划分也不同，见表 1-1。

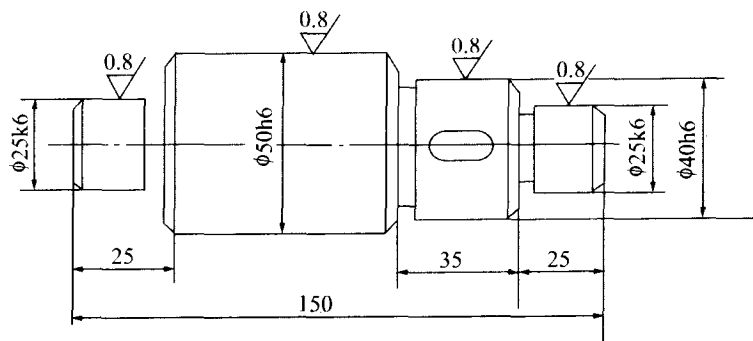


图 1-1 阶梯轴

表 1-1 阶梯轴工序划分

单件小批量生产的工艺过程			大批量生产的工艺过程		
工序号	工序内容	设备	工序号	工序内容	设备
1	车两端面、钻两端中心孔	普通车床	1	两端同时铣端面、钻中心孔	专用机床
2	车外圆、车槽和倒角	数控车床	2	车一端外圆、车槽和倒角	数控车床
3	铣键槽、去毛刺	数控铣床	3	车另一端外圆、车槽和倒角	数控车床
4	磨外圆	数控磨床	4	铣键槽	数控铣床
			5	上毛刺	钳工台
			6	磨外圆	数控磨床

② 安装。工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。在一道工序中工件可能安装一次或多次才能完成加工。工件在加工过程中，应尽量减少安装次数，因为多一次安装就会增加安装时间，还会增加装夹误差。

③ 工位。在带有转位(或移位)工作台(或夹具)的机床上进行加工时，在一次装夹中，工件(或刀具)相对机床要经过几个位置依次进行加工或装卸，此时，为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，称为工位。如图 1-2 所示，在具有回转工作台的卧式加工中心有二个工位，工位 1 用于加工工件，工位 2 用于装卸工件。采用多工位加工方法，可以减少工件的装夹次数，提高加工精度和生产率。

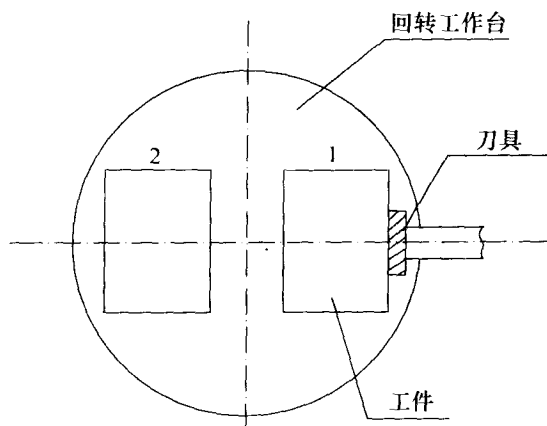


图 1-2 多工位加工

1—铣平面；2—装卸工件

④ 工步。工步是指在一个工序中，当加工表面不变、切削工具不变、切削用量中的进给量和切削速度不变的情况下所完成的那部分工艺过程。以上三种因素中任一因素改变后，即成为新的工步。一个工序可以只包括一个工步，也可以包括几个工步。如图 1-3 所示，在多刀车床，转塔车床上，经常有用一把车刀和一个钻头同时加工外圆和孔的情况。这种用几把不同刀具同时加工一个零件的几个表面的工步，称为复合工步，在工艺文件中视为一个工步。对于一次安装中连续进行的若干个相同的工步，为丁简化工序内容的叙

述,也视为一个工步。图 1-4 所示零件,如用一把钻头连续钻削四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔,可写成一个工步。

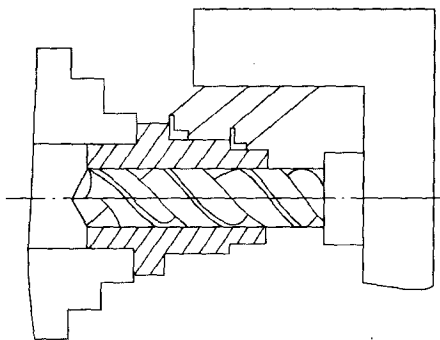


图 1-3 复合工步

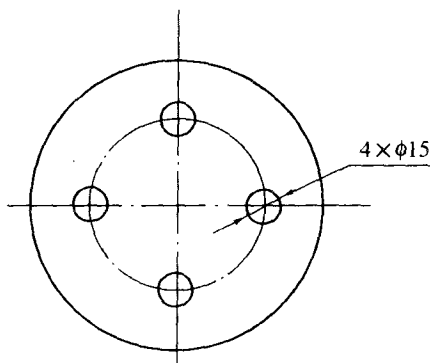


图 1-4 加工四个相同孔的工步

⑤ 走刀。走刀是指在一个工步内,如果被加工表面需切去的金属层很厚,一次切削无法完成,则应分几次切削,每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可以包括一次或几次走刀。

1.1.2 工艺规程的制订

(1) 机械制造工艺规程的作用。

工艺规程是反映比较合理的工艺过程的技术文件,是机械制造厂最主要的技术文件之一。它一般应包括下列内容:工件加工工艺路线及所经过的车间和工段,各工序的内容及所采用机床和工艺装备;工件的检验项目及检验方法;切削用量,工时定额及工人技术等级等。

工艺规程有以下几方面的作用:

- ① 工艺规程是指导生产的主要技术文件。
- ② 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据。
- ③ 工艺规程是新建和扩建工厂或车间的基本资料。

(2) 机械制造工艺规程设计原则。

① 必须可靠地保证零件图纸上的所有技术要求的实现。在设计机械加工工艺规程时,如果发现图纸某一技术要求规定不适当,只能向有关部门提出建议,不得擅自修改图纸或不按图纸要求去做。

- ② 在规定的生产纲领和生产批量下,一般要求工艺成本最低。
- ③ 充分利用现有生产条件,少花钱,多办事。
- ④ 尽量减轻工人的劳动强度,保障生产安全,创造良好的劳动条件。

(3) 设计机械加工工艺规程的步骤和内容。

① 阅读装配图和零件图。了解产品的用途、性能和工作条件,熟悉零件在产品中的作用。

② 工艺审查。审查图纸上的尺寸、视图和技术要求是否完整、正确、统一,找出零

件主要技术要求和分析关键的技术问题, 审查零件的结构工艺性。如果审查中发现了问题, 应向产品设计部门联系, 共同研究解决办法。

③ 熟悉或确定毛坯。确定毛坯的主要依据是零件在产品中的作用和生产纲领以及零件本身的结构。在设计机械加工工艺规程之前, 首先要熟悉毛坯的特点。例如, 对于铸件应了解其分型面, 浇口和冒口的位置以及铸件公差和拔模斜度等。这些都是设计零件机械加工工艺规程时不可缺少的原始资料。毛坯的种类和质量与机械加工工艺关系密切。例如精密铸件、压铸件、精锻件等, 毛坯质量好, 精度高, 它们对保证加工质量、提高劳动生产率和降低机械加工工艺成本有重要作用。当然, 这里所说的降低机械加工工艺成本是以提高毛坯制作成本为代价的。在选择毛坯的时候, 应从实际出发, 除了要考虑零件的作用, 生产纲领和零件的结构以外, 还要充分考虑国情和厂情。

④ 拟定机械加工工艺路线。是制订机械加工工艺规程的核心。主要内容有: 选择定位基准、确定加工方法、安排加工阶段以及安排热处理、检验和其他工序等。

机械加工工艺路线的最终确定, 一般要通过一定范围的论证, 即通过对几条工艺路线的分析与比较, 从中选出一条适合本单位条件的, 确保加工质量、高效和低成本的满意的工艺路线。

⑤ 确定满足各工序要求的工艺装备(包括机床、夹具、刀具和量具等)。对需要改装或重新设计的专用工艺装备应提出具体设计任务书。

⑥ 确定各主要工序的技术要求和检验方法。

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。数控加工工艺应详细确定各工序的切削用量。为了保证生产的合理性和节奏均衡, 在大批大量生产时, 不得随意改动。

⑨ 确定时间定额。

⑩ 填写工艺文件。

1.1.3 常用工艺文件

将工艺规程的内容, 填入一定格式的卡片, 即成为生产准备和施工的工艺文件。

(1) 机械加工工艺过程卡片。

机械加工工艺过程卡片主要列出零件加工所经过的工艺路线, 包括毛坯制造、机械加工、热处理等, 是编制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。

由于这种卡片对各工序的说明不够具体, 一般不能直接指导工人操作, 而多作为生产管理方面使用。在单件小批生产中, 通常不编制其他较详细的工艺文件, 可用它指导工人操作。

(2) 机械加工工艺卡片。

工艺卡片是以工序为单位详细说明整个工艺过程的工艺文件, 它用来指导工人操作和帮助管理人员及技术人员掌握零件加工过程, 广泛用于成批生产的零件和小批生产的重要零件。

(3) 机械加工工序卡片。

工序卡片是用来指导生产的一种详细的工艺文件。它详细地说明该工序中的每个工步的加工内容、工艺参数、操作要求、所用设备和工艺装备等。一般都有工序简图,注明该工序的加工表面和应达到的尺寸公差、形位公差和表面粗糙度值等,它主要用于大批量生产。

(4) 数控机床进给路线图。

进给路线图详细说明了该工序中每个工步的进给路线、坐标系、进刀和退刀点等。数控机床进给路线图见表 1-2。

表 1-2 数控机床进给路线图

工 厂	数控机床进给路线图			产品名称		零(部)件名称		工序名称	
				产品型号		零(部)件型号		工序号	
机床名称型号		工步号		程序号		加工内容		共 页	第 页

编 制		年 月 日	校 对	年 月 日		审 核		年 月 日
-----	--	-------	-----	-------	--	-----	--	-------

(5) 其他文件

数控加工程序单、数控加工刀具单等用于指导数控加工程序输入和安装刀具。

1.2 制订数控工艺规程的准备

1.2.1 生产纲领与生产类型

(1) 生产纲领。

生产纲领是指在计划期内企业应当生产的产品产量和进度计划。

(2) 生产类型。

机械制造业的生产可分为三种类型:单件生产、成批生产和大量生产。

生产类型的具体划分,可根据生产纲领和产品及零件的特征或工作地每月担负的工序数。

(3) 各种类型的工艺特征。

生产类型不同,零件和产品的制造工艺、所用设备及工艺装备、对工人的技术要求、采取的技术措施和达到的技术经济效果也会不同。各种生产类型的工艺特征归纳在工艺特征表,制订零件机械加工工艺规程时,先确定生产类型,再参考表 1-3,确定该生产类型的工艺特征,以使所制定的工艺规程正确合理。

表 1-3 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	生 产 类 型		
	单件生产	中批生产	大批量生产
零件的互换性	用修配法,钳工修配,缺乏互换性	大部分具有互换性,装配精度要求高时,灵活应用分组装配法和调整法,同时还保留某些修配法	具有广泛的互换性。少数装配精度较高处,采用分组装配法和调整法
毛坯的制造方法与加工余量	木模手工造型或自由锻造。毛坯精度低,加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻。毛坯精度和加工余量中等	广泛采用金属模机器造型、模锻或其他高效方法。毛坯精度高,加工余量小
机床设备及其布置形式	通用机床。按机床类别采用机群式布置	部分通用机床和高效机床。按工件类别分工段排列设备	广泛采用高效专用机床及自动机床。按流水线和自动线排列
工艺装备	大多采用通用夹具、标准附件、通用刀具和万能量具。靠划线和试切法达到精度要求	广泛采用夹具,部分靠找正装夹达到精度要求。较多采用专用具和量具	广泛采用专用高效夹具、复合刀具、专用量具或自动校验装置。靠调整法达到精度要求
对工人的技术要求	需技术水平较高的工人	需一定技术水平的工人	对调整工的技术水平要求高,对操作工的技术水平要求较低
工艺文件	有工艺过程卡、关键工序要工序卡	有工艺过程卡、关键零件要工序卡	有工艺过程卡和工序卡、关键工序要调整卡和检验卡
成本	较高	中等	较低

1.2.2 零件工艺分析

零件的工艺分析,是指对所设计的零件在满足使用要求的前提下进行制造的可行性和经济性分析。它包括零件的铸造、锻造、冲压、焊接、热处理、切削加工工艺性能分析等。当制定数控加工工艺规程时,主要进行零件数控加工工艺性分析。

(1) 零件工艺性审查。

制定数控加工工艺规程前,必须对零件图样数控加工工艺性分析,否则会影响零件加工程序的编制及加工结果。首先熟悉零件在产品中作用、位置、装配关系和工作条件,搞清各项技术要求对零件装配质量和使用性能的影响,找出主要的和关键的技术要求,然后对零件图样进行分析。

① 审查与分析零件图样中的尺寸标注方法是否适合数控加工的特点。对数控加工来说,最倾向于以同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸。这种标注法,既便于编程,也便

于尺寸之间的相互协调,在保持设计、工艺、检测基准与编程原点设置的一致性方面带来很大方便。由于零件设计人员往往在尺寸标注中较多地考虑装配等使用特性,而不得不采取局部分散的标注方法,这样会给工序安排与数控加工带来诸多不便。事实上,由于数控加工精度及重复定位精度都很高,不会因产生较大的积累误差而破坏使用特性,因而改变局部分散标注法为集中引注或坐标式标注是完全可行的。

② 审查与分析零件图样中构成轮廓的几何元素是否充分。由于零件设计人员在设计过程中考虑不周或被忽略,常常遇到构成零件轮廓的几何元素的条件不充分或模糊不清,如圆弧与直线到底是相切还是相交,含糊不清;有些明明画得相切,但根据图样给出的尺寸计算相切条件不充分而变为相交或相离状态,使编程无从下手;有时,所给条件又过于苛刻或自相矛盾,增加了数学处理与节点计算的难度。因为在动手编程时,要对构成轮廓的所有几何元素进行定义,手工编程时要计算出每一个节点坐标,无论哪一点不明确或不明确,编程都无法进行。所以,在审查与分析图样时,一定要仔细认真,发现问题及时找设计人员更改。

③ 审查与分析定位基准的可靠性。数控加工工艺特别强调用同一个基准定位,尤其正反两面都采用数控加工的零件,以同一基准定位十分必要,否则很难保证两次定位安装加工后两个面上的轮廓位置及尺寸协调。所以,如零件本身有合适的孔,最好就用它来作定位基准孔,即使零件上没有合适的孔,也要想办法专门设置工艺孔作为定位基准。如零件上实在无法加工工艺孔,可以考虑以零件轮廓的基准边或在毛坯上增加工艺凸耳,打出工艺孔,在完成定位加工后再除去的方法。

④ 审查和分析零件所要求的加工精度、尺寸公差是否都可以得到保证,数控机床尽管比普通机床加工精度高,但数控加工与普通加工一样,在加工过程中都会遇到受力变形的干扰。因此,对于薄壁件、刚性差的零件加工,一定要注意加强零件加工部位的刚性,防止变形的产生。

(2) 数控加工内容选择。

数控加工的特点是自动化程度高,加工精度高,对加工对象的适应性强,但数控机床价格较高。根据上述特点,一般可按下列原则确定数控加工内容。

- ① 加工精度高,具有形状复杂的曲线或曲面的零件加工。
- ② 普通机床加工难度大、质量不容易稳定保证的零件。
- ③ 用普通机床加工时,需要复杂的专用夹具或需要很长的调整时间的零件的加工。
- ④ 需要多次改型设计的零件的加工或单件小批生产的零件的加工。
- ⑤ 成批生产中的关键工序的加工。
- ⑥ 需要钻、镗、铰、攻螺纹及铣削多个工步加工的工件,如箱体零件的加工。
- ⑦ 需要多次改型设计的零件的加工和进行精密复制的零件的加工。

1.2.3 毛坯选择

(1) 常用的毛坯类型。

① 铸件:将熔融金属浇入铸型,凝固后所得到的金属毛坯。这适用于形状比较复杂,所用材料又具备可铸性的零件。铸件的材料可以是铸铁、铸钢或有色金属。

② 锻件：金属材料经过锻造变形而得到的毛坯。这适用于力学性能要求高，材料(钢材)又具有可锻性，形状比较简单的零件。生产批量大时，可用模锻代替自由锻。

③ 型材：各种热轧和冷拉的圆钢、板材、异型材等，适用于形状简单的、尺寸较小的零件。

④ 焊接件：是将各种金属零件用焊接的方法而得到的结合件。在单件小批生产中，用焊接件制作大件毛坯，可以缩短生产周期。

(2) 毛坯类型选择要考虑的因素。

① 零件的材料及其力学性能。当零件的材料选定后，毛坯的类型就大致确定了。例如，材料是铸铁，就选铸造毛坯；材料是钢材，且力学性能要求高时，可选锻件；而力学性能要求较低时，可选型材或铸钢。

② 零件的形状和尺寸。形状复杂的毛坯，常用铸造方法。薄壁零件，不可用砂型铸造，尺寸大的铸件宜用砂型铸造；中、小型零件，可用较先进的铸造方法。常见的一般用途的钢质阶梯轴零件，如各台阶的直径相差较大，可用棒料；尺寸大的零件，因受设备限制一般用自由锻，中、小型零件可选模锻；形状复杂的钢制零件不宜用自由锻。

③ 生产类型。大量生产应选精度和生产率都比较高的毛坯制造方法，用于毛坯制造的昂贵费用可由材料消耗的减少和机械加工费用的降低来补偿。如铸件应采用金属模造型或精密铸造；锻件应采用模锻、冷轧或冷拉型材等。单件小批生产则应采用木模手工造型或自由锻。

④ 生产条件。确定毛坯必须结合具体生产条件，如现场毛坯制造的实际水平和能力，外协的可能性等。有条件时，应积极组织地区专业化生产，统一供应毛坯。

⑤ 充分考虑利用新工艺、新技术和新材料的可能性。为节约材料和能源，随着毛坯制造专业化生产的发展，目前毛坯制造方面的新工艺、新技术和新材料的发展很快。如，精铸、精锻、冷轧、冷挤压、粉末冶金和工程塑料等在机械中的应用日益增加。应用这些方法后，可大大减少机械加工量，有时甚至可不再进行机械加工，其经济效益非常显著。

1.3 定位基准的选择

1.3.1 基准的概念与分类

定位基准是加工中用来使工件在机床或夹具上定位的所依据的工件上的点、线、面。按工件上用作定位的表面状况把定位基准分为粗基准、精基准，以及辅助基准。

(1) 粗基准 在零件加工的第一道工序中，只能用毛坯上未经加工的表面作为定位基准，这种定位基准称为粗基准。粗基准是用工件上未经加工的表面定位。

(2) 精基准 利用工件上已加工过的表面作为定位基准面，称为精基准。

零件的加工过程是首先用粗基准定位，加工出精基准表面；然后采用精基准定位，加工零件的其他表面。在选择定位基准时，首先考虑用哪一组精基准定位加工出工件的主要表面，然后确定用怎样的粗基准定位加工出精基准的表面。

1.3.2 定位基准的选择原则

1) 粗基准的选择原则

粗基准的选择, 一般情况下也就是第一道工序定位基准的选择, 往往是为了加工出后续工序的精基准。在选择粗基准时, 重点考虑两方面: 一是加工表面的余量分配; 二是保证加工面与不加工面之间的相互位置要求。因此, 粗基准的选择原则如下:

(1) 首先保证工件加工面与不加工面之间的相互位置要求, 这应以不加工表面为粗基准。如图 1-5 所示的套类零件, 毛坯在铸造时内外圆有偏心, 若加工后的内孔与外圆有同轴度要求, 则选不需加工的外圆 1 作为粗基准镗削内孔 2。这样镗孔时, 虽加工余量不均匀, 但可使镗后的内孔与外圆具有较好的同轴度, 而且壁厚均匀, 外形对称。

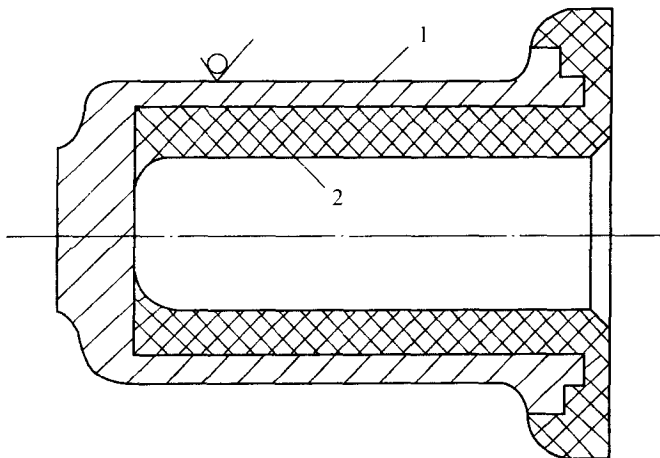


图 1-5 套的粗基准选择

1—不需加工的外圆; 2—粗基准镗削内孔

若工件上有几个不需加工的表面, 则应以其中与加工面之间的位置精度要求较高者作为粗基准。若工件上每个表面都要加工, 则应以余量最小者为粗基准, 以保证该表面后续工序不会因余量不足而报废。例如图 1-6 所示的阶梯轴, $\phi 50\text{mm}$ 外圆的余量比 $\phi 100\text{mm}$ 外圆的余量小, 所以应选余量小的小端外圆为粗基准加工出 $\phi 100\text{mm}$ 外圆, 然后再以 $\phi 100\text{mm}$ 外圆为精基准加工出 $\phi 50\text{mm}$ 外圆, 这样可使小端外圆有足够而均匀的余量。反之, 则可能使小端外圆余量不足。

(2) 若首先保证工件某重要表面的加工余量均匀, 则应以该表面为粗基准。例如图 1-7 所示的床身导轨加工: 导轨面要求硬度高而且金属组织均匀。其毛坯铸造时, 导轨面向下放置, 使其表层金属组织细致均匀, 没有气孔、夹砂等缺陷。因此, 希望在加工时只切去一层薄而均匀的余量, 保留组织细密耐磨的表层, 而且达到较高的加工精度, 故而应先以导轨面为粗基准, 加工床脚平面, 然后再以床脚平面为精基准加工导轨面, 如图 1-7(a) 所示。这时床脚平面加工余量可能不均匀, 但加工后的床脚底面与床身导轨的毛坯表面基本平行, 所以以其为精基准可保证导轨面加工余量的均匀。然而如图 1-7(b) 所示, 由于这两

个毛坯平面误差很大, 将导致导轨面加工余量很不均匀甚至余量不够。

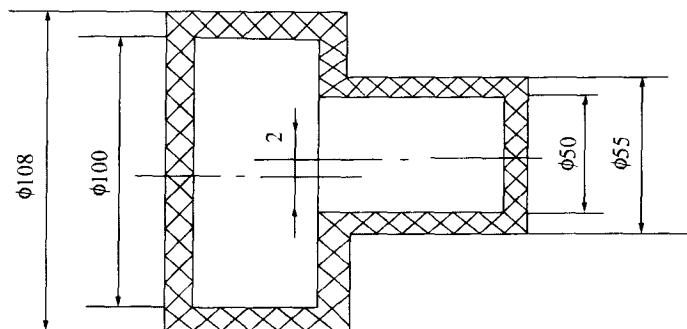


图 1-6 阶梯轴粗基准的选择

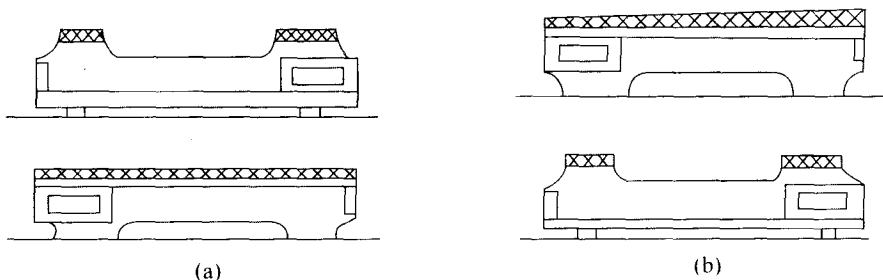


图 1-7 加工床身导轨面的两种定位方案的比较

(3) 尽量选用位置可靠、平整光洁的表面作粗基准。应避免选用有飞边、浇口、冒门或其他缺陷的表面作粗基准, 以保证定位准确, 夹紧可靠。

(4) 粗基准一般不重复使用。这是因为粗基准比较粗糙, 重复使用会产生很大的基准位置误差, 影响加工精度。但是若采用精化毛坯, 而相应的加工要求不高, 重复安装的定位误差在允许范围内, 则粗基准可灵活使用。

2) 精基准选择原则

选择精基准时, 重点考虑如何减少定位误差, 提高加工精度, 以及使工件安装准确、可靠、方便。精基准的选择原则如下。

(1) 基准重合原则: 尽量选用设计基准作为精基准。这样可以避免因基准不重合而引起基准不重合误差。例如如图1-8所示主轴箱箱体, 孔IV轴线在垂直方向的设计基准是底面D。加工孔IV时采用设计基准作定位基准, 能直接保证尺寸 Y_{IV} 精度, 即遵循基准重合原则。若用夹具安装, 调整法加工, 为了能在镗模上布置固定的中间导向支承, 提高镗杆的刚性, 需把箱体倒放, 采用F面作为基准, 此时, 加工一批主轴箱箱体, 由于镗模能直接保证尺寸A, 而与设计要求尺寸 Y_{IV} , 两者不同。这样尺寸 Y_{IV} 只能通过控制尺寸C和A间接保证。控制尺寸A和C就是控制它们误差变化范围。设尺寸A和C的误差变化范围分别为其公差值 $\pm \frac{T_A}{2}$ 和 $\pm \frac{T_C}{2}$, 在调整好镗杆加工一批主轴箱箱体后, 尺寸 Y_{IV} 误差变化范围可能为:

$$Y_{K_{\max}} = C_{\max} - A_{\min}$$

$$Y_{IV_{\min}} = C_{\min} - A_{\max}$$

两式相减, 可得:

$$T_{Y_{IV}} = Y_{IV_{\max}} - Y_{IV_{\min}} = C_{\max} - A_{\min} - (C_{\min} - A_{\max}) = T_c - T_A$$

此式说明: 尺寸 Y_{IV} 所产生的误差变化范围是尺寸 C 和 A 误差变化范围之和。

从上面分析可知, 零件图上原设计要求尺寸 C 和 A , 它们是分别单独要求的, 彼此无关。但是, 由于加工时定位基准与设计基准不重合, 致使尺寸 Y_{IV} 的加工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, 这个误差称为基准不重合误差。

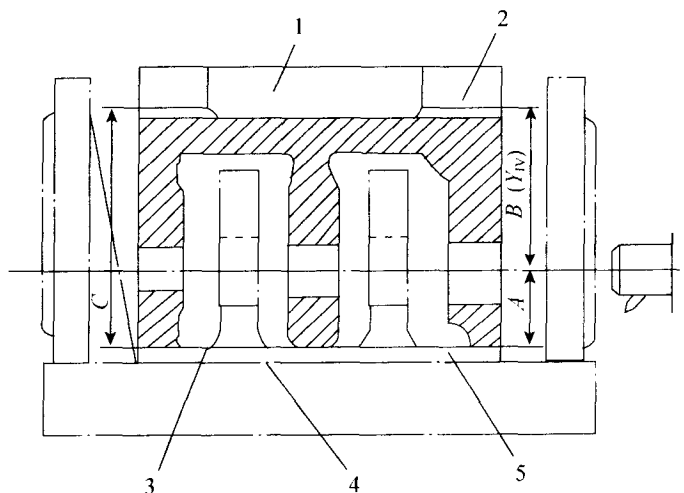


图 1-8 设计基准与定位基准不重合

1—主轴箱体; 2—设计基础 D; 3—导向支承; 4—镗模; 5—定位基准

为了加深对基准不重合误差的理解, 下面通过具体数据来进一步说明。设零件图样上要求 $TY_{IV}=0.6 \text{ mm}$, $T_c=0.4\text{mm}$ 。在基准重合时, 尺寸 Y_w 可直接获得, 加工误差在 $\pm 0.3\text{mm}$ 范围内就达到要求。若采用顶面定位, 即基准不重合, 则由 $T_{yw} = T_c + T_A$ 的关系式可得: $T_A = T_{yw} - T_c = 0.6 - 0.4 = 0.2\text{mm}$ 。即原零件图样上并无严格要求的尺寸 A , 现在必须将其加工误差控制在 $\pm 0.1\text{mm}$ 范围内。显然, 加工要求提高了。因此, 为有利于保证加工精度, 应尽量避免基准不重合。

关于基准不重合误差, 应注意以下几点。

① 定位基准与设计基准不重合而产生的基准不重合误差, 只发生在用调整法获得尺寸的情况下; 若用试切法直接保证每个零件尺寸 Y_{IV} (见图 1-8), 此时, 若以工件顶面 F 定位, 但它已不再决定刀具相对于工件位置, F 面也就不再是定位基面, 故也就无基准不重合误差。

② 无论加工、测量、装配都要尽量避免基准不重合误差。基准不重合一般在下列情

况发生：一种是不可能或不便于直接得到所要求尺寸；另一种是在制定零件机械加工工艺时，要求基准统一，以便减少夹具的设计、制造工作量。

③ 基准不重合误差不仅对尺寸关系而言，对于各表面间的位置精度也有类似的情况，其分析方法和上述尺寸关系的分析方法相似。

(2) 基准统一原则：应用统一的定位基准进行各道工序或大部分工序的加工。如图 1-8 主轴箱箱体，中小批生产中采用底面 D 和导向面正作统一基准，加工各轴向孔，前后端面及侧面等，在大批大量生产中，采用顶面 F 和两轴孔作为统一基准。采用基准统一原则有许多优点，由于用同一组基面定位加工大多数表面避免因基准转换而带来的误差，有利于保证各表面互位置精度，简化了夹具设计和制造工作，从而缩短了生产周期。

基准统一原则是成批、大量生产中常常采用的一条原则，但不排除个别工序中为了保证加工精度而采用基准重合，例如图 1-9 所示柴油机活塞，采用顶面和止口作定位统一基准，进行大部分工序加工。但是，在最后精镗活塞销孔时，为深证销孔与顶面间的距离精度及外圆与活塞销孔的位置精度，最后采用基准重合原则，以外圆顶面为定位基准加工活塞销孔。

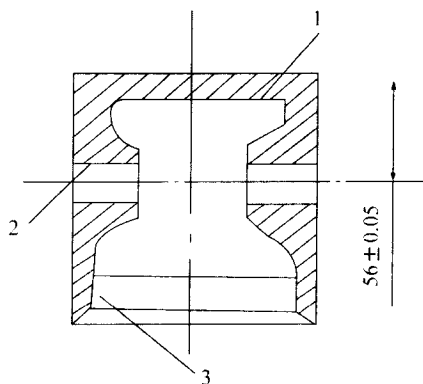


图 1-9 柴油机活塞

1—顶面；2—销孔；3—止口

(3) 自为基准原则：当某些精加工要求加工余量小而均匀时，选择加工表面本身作为定位基准称为自为基准原则。遵循自为基准原则时，不能提高加工面的位置精度，只是提高加工面本身的精度。例如图 1-10 所示是在导轨磨床上以自为基准原则磨削床身导轨面。方法是先用千分表找正工件的导轨面，然后加工导轨面，保证导轨面余量均匀，以满足对导轨面的质量要求。另外，如浮动镗刀、浮动铰刀和珩磨等加工孔的方法均是自为基准的实例。

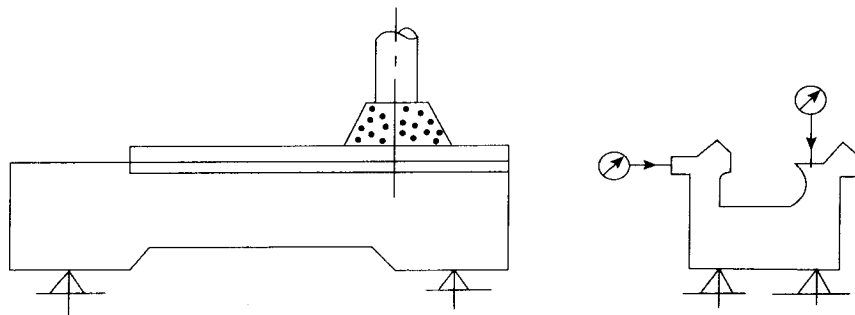


图 1-10 按加工表面本身找正定位

(4) 互为基准原则：为了使加工面间有较高的位置精度，使其加工余量小而均匀，可采取反复加工，互为基准原则。例如，加工精密齿轮时，用高频淬火把齿面淬硬后需进行磨齿。因齿面淬硬层较薄，所以要求磨削余量小而均匀。这时就得以齿面为基准磨孔，再