

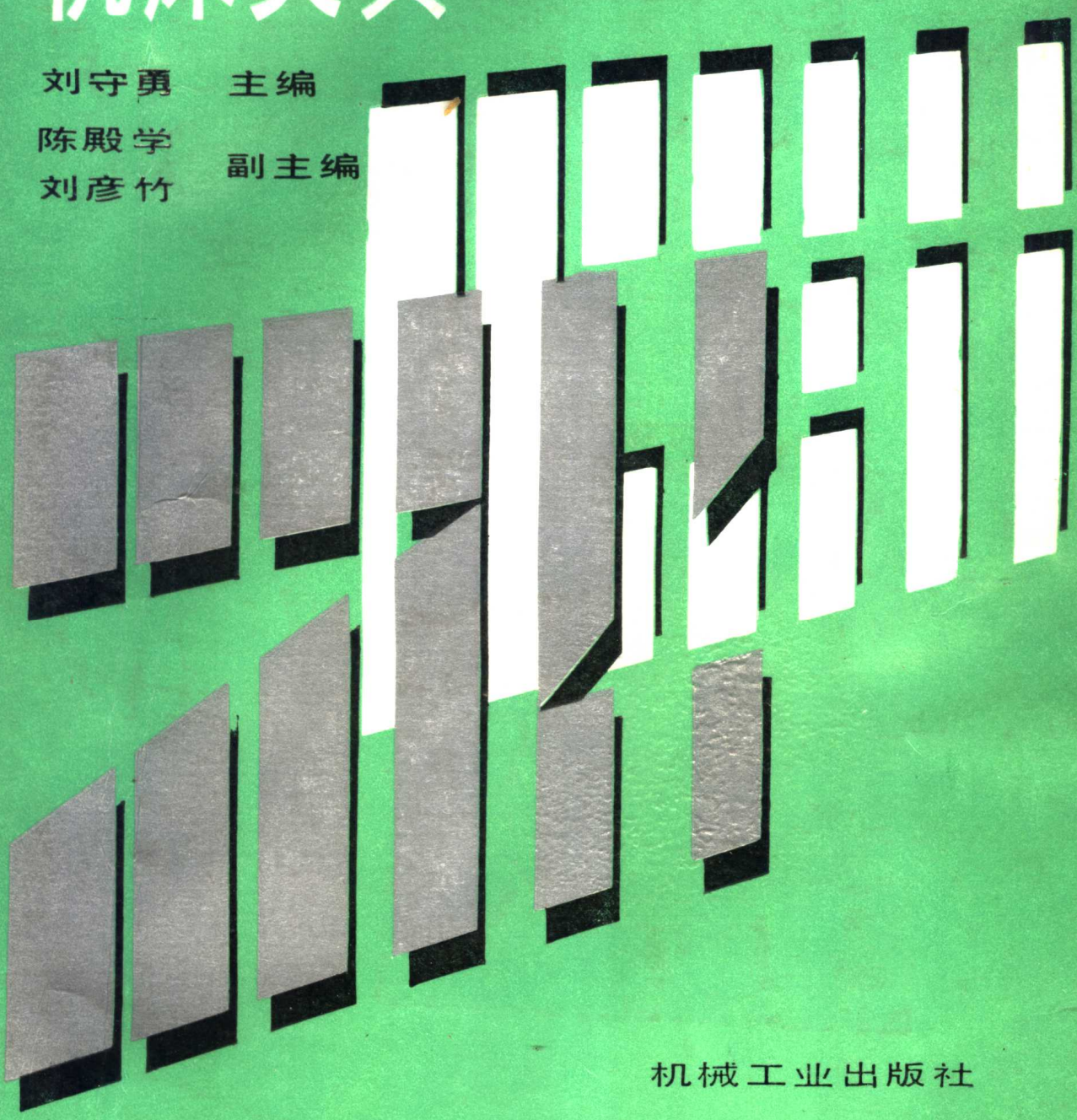
职工高等工业专科学校试用教材

机械制造工艺与 机床夹具

刘守勇 主编

陈殿学 副主编

刘彦竹



机械工业出版社

职工高等工业专科学校试用教材

机械制造工艺与机床夹具

主 编	刘守勇	
副主编	陈殿学	刘彦竹
参 编	李增平	刘吉玉
	王金龙	李玉芬
	袁明龙	朱德荪
	胡国荣	解勤山
主 审	范敬宗	



机械工业出版社

本书包括机械加工工艺规程的制订、加工精度、表面质量、机床夹具设计基础、专用夹具设计方法、典型零件加工、特种加工、计算机辅助工艺设计以及装配工艺基础共九章。

本书突出了基本概念，内容精炼，由浅入深，实例分析简明、注重实际应用，是职工高等工业专科学校教材，也可供普通高校师生及有关工程技术人员参考。

机械制造工艺与机床夹具

主编 刘守勇

责任编辑：王世陶

版式设计：李松山

封面设计：姚 翥

责任校对：丁丽丽

机械工业出版社 (北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码：100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

科达公司激光照排

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张 22.75·字数 568 千字

1994年7月北京第1版·1996年9月北京第2次印刷

印数 6001—13025 定价：23.00元

ISBN 7-111-04247-6/TH·535 (G)

序 言

随着机电一体化技术与产品在世界范围内的兴起与发展，教育必须紧紧跟上形势及经济发展的需要。1990年4月我会受原机械电子工业部教育司委托，组织了全国部分成人高等学校的专家、教授在天津编写了“机电一体化”等专业指导性教学文件，对本专业的研究与发展起了一定的推动和示范作用。编写组获得1991年全国学会工作成果奖。

1992年我会机械制造专业委员会桂林年会发起编写“机电一体化”成套教材，以解决本专业当前教学急需。经过一年多的工作，重新编写了“机电一体化”专业教学计划（分为应用型和技术型两类）及各科教学大纲。并在部分职工高校试用。在此同时，着手组织编写教材及出版工作。鉴于这套教材涉及几个专业委员会的教学研究领域，为保证编写质量，加快出版进程以及工作上的方便，自1993年5月济南会议起，由学会秘书处统一组织工作，并委托我会学术委员会具体负责本次编辑出版的协调和实施工作。

这套教材以我会学术委员会、机械制造专业委员会、工程材料专业委员会、技术基础课委员会、基础学科委员会为主，集中我会全国学术骨干力量，在三年内分两批出齐。第一批共计出版：1. 工程材料与金属工艺学；2. 金属切削机床与数控机床；3. 伺服系统与机床电气控制；4. 机械制造工艺与机床夹具；5. 计算机绘图；6. 微机与可编程序器；7. 数控原理与编程；8. 电子技术；9. 单片机原理与应用；10. 高等数学；11. 工程数学；12. 工程力学等十二种教材。其余教材将于第二批进行出版，以供全国职工高校试用。

中国机械工程学会
职工高等教育专业学会
1994年元月

2002 8/10/04

前 言

《机械制造工艺与机床夹具》教材是根据全国职工高教学会推荐的大纲而编写的。全书共九章。参加编写的有：江西省机械职工大学刘守勇（主编并编写部分章节）、烟台职工大学陈殿学（副主编并编写第九章）、南昌飞机制造公司工学院刘彦竹（副主编并编写第四章第四、五节和第五章）、江西省机械职工大学李增平（第一章）、安阳钢铁公司职工大学刘吉玉（第二章）、茂名石化公司职工大学王金龙（第三章）、抚顺职工大学李玉芬（第四章第一、二、三节）、济宁职工大学山东拖拉机厂分校袁明龙（第六章第一、二节）、西南航天职工大学朱德荪（第六章第三节）、贵州机械职工大学胡国荣（第七章）、鞍山钢铁公司职工工学院解勤山（第八章）。本书由苏州市职工业余大学范敬宗副教授主审，参加审稿的还有苏州丝绸工学院孟详裕副教授。

在编审过程中，得到江西省机械职工大学、苏州市职工业余大学以及各编者所在校的大力支持。刘彦竹、李增平协助主编对书稿的文字、图表的校改做了大量工作，徐跃宁帮忙绘制第四章部分插图。谨此一并表示感谢。

由于编者水平有限，错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

1994.2

目 录

序言

前言

第一章 机械加工工艺规程制订	1
第一节 基本概念	1
第二节 工艺规程概述	5
第三节 制订工艺规程时要解决的主要问题	10
第四节 加工余量的确定	23
第五节 工序尺寸及其公差确定	30
第六节 机械加工生产率和技术经济分析	41
习题一	47
第二章 机械加工精度	52
第一节 概述	52
第二节 影响加工精度的因素及其分析	52
第三节 加工误差综合分析	80
第四节 提高加工精度的工艺措施	89
习题二	97
第三章 机械加工的表面质量	100
第一节 零件的表面质量及其对使用性能的影响	100
第二节 影响机械加工表面粗糙度的因素	103
第三节 影响表面物理力学性能的工艺因素	108
第四节 机械加工中的振动	110
第五节 控制表面质量的工艺途径	120
习题三	126
第四章 机床夹具设计基础	128
第一节 概述	128
第二节 工件的定位原则及定位元件	131
第三节 定位误差的分析和计算	154
第四节 工件的夹紧	175
第五节 分度装置	195
习题四	198
第五章 机床专用夹具及其设计方法	206
第一节 各类机床夹具及其设计特点	206
第二节 专用夹具设计的全过程	221
习题五	231
第六章 典型零件加工	233
第一节 车床主轴加工	233

第二节	箱体加工	248
第三节	圆柱齿轮加工	261
习题六	.....	285
第七章	特种加工工艺	287
第一节	概述	287
第二节	电火花加工	288
第三节	电解加工	296
第四节	其它特种加工	302
习题七	.....	306
第八章	计算机辅助工艺设计	307
第一节	成组技术及其在工艺中的应用	307
第二节	计算机辅助工艺过程设计	318
习题八	.....	332
第九章	装配工艺基础	333
第一节	概述	333
第二节	装配尺寸链	334
第三节	保证装配精度的工艺方法	342
第四节	装配工艺的制订	353
习题九	.....	356
参考文献	.....	358

第一章 机械加工工艺流程制订

第一节 基本概念

一、生产过程和工艺过程

1. 生产过程

机械产品制造时，将原材料转变为成品的所有劳动过程，称为生产过程。制造任何一种产品（机器或零件）都有各自的生产过程。对于机器的制造而言，其生产过程包括：

(1) 生产技术准备过程 即完成产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如产品设计，工艺流程的编制和专用工装设备的设计与制造，各种生产资料的准备和生产组织等方面的工作。

(2) 毛坯制造过程。

(3) 零件的机械加工、热处理和其它表面处理等。

(4) 产品的装配、调试、检验和油漆。

(5) 原材料和成品的运输与保管。

机器由很多零件组成，它的生产过程一般比较复杂，为了便于组织生产和提高劳动生产率，现代机械工业的发展趋势是组织专业化生产，即机器的生产往往不是在一个工厂内单独完成，而是由许多工厂和车间联合起来共同完成。例如，汽车的生产过程就是包括玻璃、电气设备、仪表、轮胎、发动机等协作工厂以及汽车总装厂等单位的劳动过程的总和。

生产过程可以是指整台机器的制造过程，也可以指某一部件或零件的制造过程。一个工厂将进厂的原材料制成该厂的产品过程即为该厂的生产过程，它又可分为若干个车间的生产过程。某个车间的成品可能是另一个车间的原材料。如毛坯制造车间的成品是金工车间的原材料，而金工车间的成品又是装配车间的原材料。

2. 工艺过程

所谓“工艺”，就是制造产品的方法，工艺过程是生产过程的主要部分，是指生产过程中由毛坯制造起到油漆为止的过程。它包括毛坯制造工艺过程、热处理工艺过程、机械加工工艺过程、装配工艺过程等。本章主要讨论机械加工工艺过程。

机械加工工艺过程是利用机械加工方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使其转变为成品的过程。为便于叙述，以下将机械加工工艺过程简称为工艺过程。

二、工艺过程的组成

要完成一个零件的工艺过程，需要采用多种不同的加工方法和设备，通过一系列加工工序，工艺过程就是由一个或若干个顺序排列的工序组成的。

(一) 工序

一个（或一组）工人，在一个工作地点（或一台机床上），对同一个零件（或一组零件）

进行加工所连续完成的那部分工艺过程，称为一个工序。划分工序的主要依据是工作地点（或机床）是否变动和加工是否连续。例如图 1-1 所示的阶梯轴，当加工数量较少时，其工艺过程及工序的划分如表 1-1 所示，共有三个工序。当加工数量较多时，其工艺过程及工序的划分如表 1-2 所示，共分为五个工序。

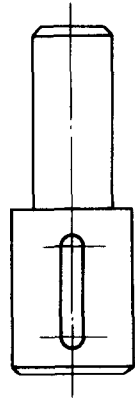


图 1-1 阶梯轴

工序是工艺过程的基本组成部分，是生产计划和经济核算的基本单元。

(二) 工步

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称为工步。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。如表 1-1 中的工序 1 和工序 2 均加工四个表面，所以各有四个工步。表 1-2 中的工序 4 只有一个工步。

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，钻中心孔； 调头 车另一端面，钻中心孔	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、钻中心孔	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

但是，对于在一次安装中连续进行的若干相同的工步，通常算作一个工步。如图 1-2 所示的零件，如用一把钻头连续钻削四个 $\phi 15\text{mm}$ 的孔，认为是一个工步——钻 4- $\phi 15\text{mm}$ 孔。

还有一种情况，用几把不同刀具或复合刀具同时加工一个零件的几个表面的工步，也看作是一个工步，这种工步称为复合工步。如图 1-3 所示的情况，就是一个复合工步。

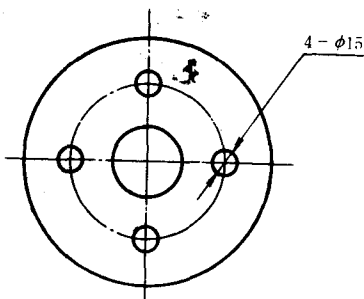


图 1-2 加工四个相同表面的工步

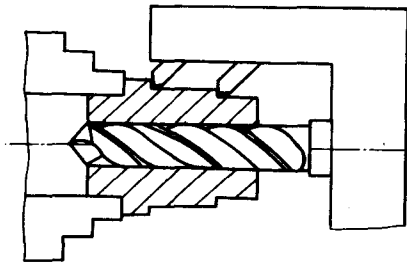


图 1-3 复合工步

(三) 走刀

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，每切去一层金属的过程就是一次走刀。一个工步可以包括一次或几次走刀。

(四) 安装

工件在加工之前，在机床或夹具上占据正确的位置（即为定位），然后加以夹紧的过程称为安装。在一个工序中，工件可能安装一次，也可能需要安装几次。如表 1-1 中的工序 1 和工序 2 均有两次安装，而表 1-2 中的工序只有一次安装。但是，在加工零件时，应尽量减少安装次数，因为，安装次数增多，会加大误差，同时增加辅助时间。

（五）工位

为了减少安装次数，常采用回转夹具、回转工作台和其它移位夹具，使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。工件在机床上所占据的每一个待加工位置称为工位。如图 1-4 所示，为一利用回转工作台或转位夹具，在一次安装中顺次完成装卸工件、钻孔、扩孔、铰孔四个工位加工的实例。采用这种多工位加工方法，可以提高加工精度和生产率。

三、生产纲领与生产类型

（一）生产纲领

工厂一年中制造产品的数量，就是该产品的生产纲领。机器中某零件的生产纲领除了制造机器所需要的数量以外，还要包括一定的备品和废品，所以，零件的生产纲领就是指包括备品和废品在内的年产量。它可按下列式计算：

$$N = Qn(1+a\%)(1+b\%)$$

式中 N ——零件的生产纲领（件/年）；

Q ——产品的生产纲领（台/年）；

n ——每台产品中含该零件的数量（件/台）；

$a\%$ ——备品率；

$b\%$ ——废品率。

（二）生产类型

在机械制造业中，根据生产纲领的大小和产品的大小，可以分为三种不同的生产类型：单件生产、批量生产、大量生产。

1. 单件生产

生产中，单个地生产不同结构和尺寸的产品，很少重复或不重复，这种生产称为单件生产。如新产品试制、重型机械的制造等均是单件生产。

2. 大量生产

同一产品的生产数量很大，大多数工作地点重复地进行某一个零件的某一道工序的加工，这种生产称为大量生产。如汽车、拖拉机、轴承等的生产多属于大量生产。

3. 批量生产

一年中分批地制造相同的产品，工作地点的加工对象周期性重复，称为批量生产（或成批生产）。

批量生产中，同一产品（或零件）每批投入生产的数量称为批量。根据产品批量的大小，批量生产又分为小批生产、中批生产、大批生产。小批生产的工艺特点接近单件生产，常将两者合称为单件小批生产。大批生产的工艺特点接近大量生产，常合称为大批大量生产。生产类型的划分，可根据生产纲领和产品及零件的特征或者按工作地点每月担负的工序数，参照表 1-3 确定。

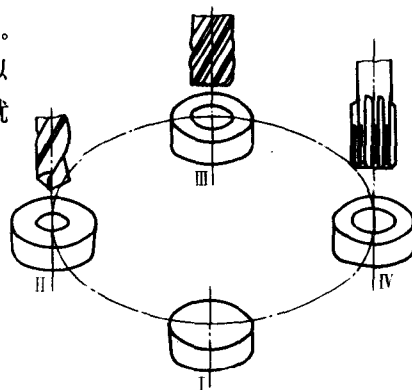


图 1-4 多工位加工

工位 I—装卸工件 工位 II—钻孔
工位 III—扩孔 工位 IV—铰孔

表 1-3 生产类型划分方法

生产类型	工作地点每月 担负的工序数	产 品 年 产 量		
		重 型 (零件重大于 2000kg)	中 型 (零件重 100~2000kg)	轻 型 (零件重小于 100kg)
单件生产	不作规定	<5	<20	<100
小批生产	>20~40	5~100	20~200	100~500
中批生产	>10~20	100~300	200~500	500~5000
大批生产	>1~10	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产	1	>1000	>5000	>50000

各种生产类型的工艺特点见表 1-4。从表中可看出,在制订零件的机械加工工艺规程时,应首先确定生产类型,根据不同生产类型的工艺特点,制订出合理的工艺规程。

表 1-4 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,缺乏互换性,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
生产率	低	中	高
成 本	高	中	低
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,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

四、获得加工精度的方法

零件的机械加工有许多方法,加工的目的是要使零件获得一定的加工精度和表面质量。零件加工精度包括尺寸精度、形状精度和相互位置精度。

(一) 获得尺寸精度的方法

1. 试切法

通过试切一小段—测量—调刀—再试切,反复进行以达到规定尺寸的一种加工方法称为试切法。试切法的生产率低,加工精度取决于工人的技术水平,故常用于单件小批生产。

2. 调整法

先调整好刀具的位置,然后以不变的刀具位置加工一批零件的方法称为调整法。调整法加工生产率较高,精度较稳定,常用于批量、大量生产。

3. 定尺寸刀具法

通过刀具的尺寸来保证加工表面的尺寸精度，这种方法叫定尺寸刀具法。如钻孔、铰孔、拉孔均属于定尺寸刀具法，这种方法生产率较高，操作简便，加工精度也较稳定。

4. 自动控制法

通过自动测量和数字控制装置，在达到尺寸精度时自动停止加工的一种加工尺寸控制方法。

(二) 获得形状精度的方法

1. 刀尖轨迹法

通过刀尖的运动轨迹来获得形状精度的方法称为刀尖轨迹法。所获得的形状精度取决于刀具和工件间相对成形运动的精度。车削、铣削、刨削等均属于刀尖轨迹法。

2. 成形法

利用成形刀具对工件加工获得形状精度的方法称成形法。成形刀具替代一个成形运动，所获得的形状精度取决于成形刀的形状精度和其它成形运动的精度。

3. 展成法

利用刀具和工件作成切削运动形成包络面，从而获得形状精度的方法称为展成法（或称包络法）。如滚齿、插齿就属于展成法。

(三) 获得位置精度的方法（工件安装的定位方法）

当零件较复杂，加工面较多时，需要在多道工序中加工出来，其位置精度取决于工件的定位精度。工件安装常用的定位方法有：

1. 直接找正定位法

用划针或百分表直接在机床上找正工件位置的方法称直接找正定位法。如图 1-5 所示中用四爪卡盘安装工件，要保证加工后的 B 面与 A 面的同轴度，则先用百分表按工件外圆 A 进行找正，夹紧后车削 B 面，从而保证 B 与 A 面的同轴度要求。此法生产率低，精度取决于工人技术水平和测量工具的精确度，其定位精度一般在 0.01~0.5mm 之间，所以一般只用于单件小批生产。

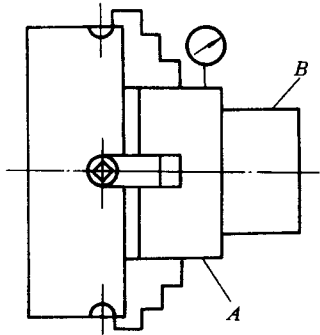


图 1-5 直接找正定位安装

2. 划线找正定位法
这是用划线先按零件图在毛坯上划好线，再根据所划线为基准找正它在机床上位置的一种方法。这种方法定位精度低，生产率低、需要技术高的划线工，一般用于批量不大，形状复杂而笨重的工件或低精度毛坯的加工。

3. 夹具定位法

夹具安装在机床上，工件放在夹具中定位，不需要找正，其定位精度高而且稳定，装卸方便省时。当以精基准定位时，定位精度一般可达 0.01mm。但是制造专用夹具的费用高，周期长，所以此法广泛应用于批量和大量生产。

第二节 工艺规程概述

一、工艺规程的概念

把工艺过程的各项内容用表格的形式固定下来，并用于指导和组织生产的工艺文件就是工艺规程。其格式工厂可根据具体情况自行确定。常见的有以下几种卡片。

1. 机械加工工艺过程卡

过程卡主要列出零件加工所经过的步骤(包括毛坯制造、机械加工、热处理等)。各工序的说明不具体,一般不用于直接指导工人操作,而多作为生产管理方面使用。但是,在单件小批生产时,通常用这种卡片指导生产,这时应编制得详细些。工艺过程卡的格式见表 1-5。

2. 机械加工工艺卡

工艺卡是以工序为单位,详细说明零件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,广泛用于批量生产的零件和小批生产的重要零件。工艺卡的格式和内容见表 1-6。

3. 机械加工工序卡

工序卡是用来具体指导生产的一种详细的工艺文件。它根据工艺卡以工序为单位制订,包括加工工序图和详细的工步内容,多用于大批大量生产。其格式和内容见表 1-7。

二、工艺规程的作用

工艺规程是机械制造厂最主要的技术文件之一,是工厂规章条例的重要组成部分。其具体作用如下:

(1) 它是指导生产的主要技术文件 工艺规程是最合理的工艺过程的表格化,是在工艺理论和实践经验的基础上制订的。工人只有按照工艺规程进行生产,才能保证产品质量和较高的生产率以及较好的经济效果。

(2) 它是组织和管理生产的基本依据 在产品投产前要根据工艺规程进行有关的技术准备和生产准备工作,如安排原材料的供应、通用工装设备的准备、专用工装设备的设计与制造、生产计划的编排、经济核算等工作。生产中对工人业务的考核也是以工艺规程为主要依据的。

(3) 它是新建和扩建工厂的基本资料 新建或扩建工厂或车间时,要根据工艺规程来确定所需要的机床设备的品种和数量、机床的布置、占地面积、辅助部门的安排等。

三、制订工艺规程的原则

制订工艺规程的基本原则是:所制订的工艺规程,能在一定的生产条件下,以最快的速度、最少的劳动量和最低的费用,可靠地加工出符合要求的零件。在制订工艺规程时,应尽力做到技术上先进,经济上合理并具有良好的劳动条件。

四、制订工艺规程的原始资料

制订工艺规程时,通常应具有下列原始资料:

- (1) 产品的整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;
- (4) 毛坯生产条件;
- (5) 工厂现有生产条件和发展前景;
- (6) 新技术、新工艺及其它有关工艺手册和资料。

五、制订工艺规程的步骤

- (1) 分析零件图和产品装配图;
- (2) 选择毛坯;
- (3) 选择定位基准;

- (4) 拟定工艺路线；
- (5) 确定加工余量和工序尺寸；
- (6) 确定切削用量和工时定额；
- (7) 确定各工序的设备、刀夹量具和辅助工具；
- (8) 确定各工序的技术要求及检验方法；
- (9) 填写工艺文件。

第三节 制订工艺规程时要解决的主要问题

制订工艺规程需解决的问题很多，涉及的面很广，只有圆满地解决了所有问题后，才能制订出较合理的工艺规程。下面只讨论制订工艺规程时要解决的几个主要问题。如零件的工艺分析，毛坯的选择，定位基准的选择，工艺路线的拟订，加工余量的确定，工序尺寸及其公差确定等。

一、零件的工艺分析

在制订工艺规程时，必须首先对零件进行工艺分析，以及对产品零件图提出修改意见，它包括以下几方面的工作：

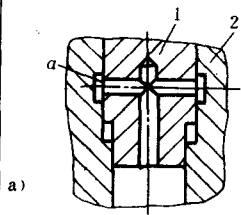
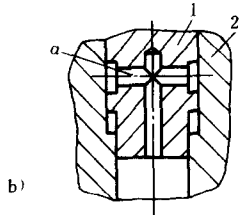
(一) 检查产品图样的完整性和正确性

应检查产品图纸是否完整、正确，表达是否清楚，绘制是否符合国家标准，尺寸、公差和技术要求是否齐全以及合理等。

(二) 审查零件的结构工艺性

零件结构工艺性好还是差对其工艺过程的影响非常大，不同结构的两个零件尽管都能满足使用性能要求，但它们的加工方法和制造成本却可能有很大的差别。良好的结构工艺性就是指在满足使用性能的前提下，能以较高的生产率和最低的成本而方便地加工出来。零件结构工艺性审查是一项复杂而细致的工作，要凭借丰富的实践经验和理论知识。审查时，发现问题应向设计部门提出修改意见加以改进。表 1-8 列出了零件结构工艺性对比的一些实例。

表 1-8 结构工艺性示例

序号	A 结构工艺性差	B 结构工艺性好	说明
1			在结构 A 中，件 2 上的凹槽 a 不便于加工和测量。宜将凹槽 a 改在件 1 上，如结构 B