



国家示范性高等院校核心课程规划教材

机电一体化技术专业及专业群教材

JIDIAN YITIHUA JISHI
ZHUANYE JI ZHUANYE
QUN JIAOCAI

机械零部件的制造

JIXIE LINGBUJIAN DE ZHIZAO

主 编 卢建波
副主编 张 荣 张 华
主 审 张君维



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

机械零部件的制造

主 编 卢建波
副主编 张 荣 张 华
主 审 张君维

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书主要包括:合理地设计、选用刀具和切削参数;制订零件的加工工艺规程;轴类零件的加工,套筒类零件的加工,箱体类零件的加工,圆柱齿轮的加工;零件加工质量与加工精度的分析和控制等典型工作任务及任务描述、任务分析、相关知识、任务实施、任务考评等内容。本书立足于对学生实践能力的培养,让学生在完成具体工作任务的过程中构建相关的理论知识,并发展职业能力。

本书为高职高专机械制造类专业及中职相关专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械零部件的制造/卢建波主编. —重庆:重庆大学出版社, 2009. 10

(机电一体化技术专业及专业群教材)

ISBN 978-7-5624-5096-2

I. 机… II. 卢… III. 机械元件—制造—高等学校:技术学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 162274 号

机电一体化技术专业及专业群教材

机械零部件的制造

主 编 卢建波

副主编 张 荣 张 华

主 审 张君维

责任编辑:朱开波 高鸿宽 版式设计:朱开波

责任校对:张洪梅 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:412 千

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5096-2 定价:28.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

编写委员会

编委会主任 张亚杭

编委会副主任 李海燕

编委会委员

唐继红

黄福盛

吴再生

李天和

游普元

韩治华

陈光海

宁望辅

粟俊江

冯明伟

兰 玲

庞 成

序

本套系列教材,是重庆工程职业技术学院国家示范高职院校专业建设的系列成果之一。根据《教育部财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划 加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)和《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件精神,重庆工程职业技术学院以专业建设大力推进“校企合作、工学结合”的人才培养模式改革,在重构以能力为本位的课程体系的基础上,配套建设了重点建设专业和专业群的系列教材。

本套系列教材主要包括重庆工程职业技术学院五个重点建设专业及专业群的核心课程教材,涵盖了煤矿开采技术、工程测量技术、机电一体化技术、建筑工程技术和计算机网络技术专业及专业群的最新改革成果。系列教材的主要特色是:与行业企业密切合作,制定了突出专业职业能力培养的课程标准,课程教材反映了行业新规范、新方法和新工艺;教材的编写打破了传统的学科体系教材编写模式,以工作过程为导向系统设计课程的内容,融“教、学、做”为一体,体现了高职教育“工学结合”的特色,对高职院校专业课程改革进行了有益尝试。

我们希望这套系列教材的出版,能够推动高职院校的课程改革,为高职专业建设工作作出我们的贡献。

重庆工程职业技术学院示范建设教材编写委员会
2009年10月

前言

为满足以工作任务为中心,组织课程内容和课程教学的要求,我们根据机械零部件的制造,合理地设计、选用刀具和切削参数,制订零件的加工工艺规程,完成典型零件的加工以及进行零件加工质量与加工精度的分析和控制4个典型工作任务,以每个典型工作任务为框架,按任务描述、任务分析、相关知识、任务实施、任务考评的层次编写了这本教材。本书立足于对学生实践能力的培养,因此对教材内容的选择标准作了根本性改革,打破了以知识传授为主要特征的传统学科式课程模式,转变为以工作任务为中心组织教材内容和课程教学,让学生在完成具体工作任务的培养过程中,构建相关理论知识,发展职业能力。

本书任务3由卢建波编写,任务1、任务4由张荣编写,任务2由张华编写。全书由张君维审定。

限于编者的水平,对书中不妥之处恳请读者指正。

编 者

2009年6月

目 录

绪 论	1
任务1 合理地设计、选用刀具和切削参数	5
任务描述	5
任务分析	5
相关知识	5
(一)机械的生产过程和工艺过程	5
(二)机械加工表面成形	9
(三)机械加工工艺系统的组成	13
(四)金属切削的过程与原理	26
任务实施	36
(一)刀具几何参数的合理选择	36
(二)切削用量的选用	45
任务考评	52
思考与练习题	52
任务2 机械加工工艺规程的制订	54
任务描述	54
任务分析	54
相关知识	55
(一)零件加工工艺规程设计的准备工作	55
(二)拟订零件加工工艺路线	57
(三)零件的加工余量及工序尺寸的确定	76
(四)工艺尺寸链的运用	79
(五)时间定额及提高生产效率的工艺措施	87
任务实施	90

任务考评	94
思考与练习题	95
任务3 典型零件的加工	98
项目1 轴类零件的加工	98
任务描述	98
任务分析	99
相关知识	99
(一)轴类零件的材料、毛坯及热处理	99
(二)轴类零件外圆表面的加工	100
(三)外圆表面加工常用工艺装备	104
任务实施	116
(一)CA6140 型卧式车床主轴的加工	116
(二)细长轴的加工	120
任务考评	122
思考与练习题	122
项目2 套筒类零件的加工	123
任务描述	123
任务分析	124
相关知识	125
(一)套筒类零件的材料、毛坯及热处理	125
(二)套筒类零件内孔表面的加工	125
(三)孔加工常用的工艺装备	133
(四)保证表面相互位置精度的方法及防止加工中 工件变形的措施	141
任务实施	142
任务考评	143
思考与练习题	144
项目3 箱体类零件的加工	145
任务描述	145
任务分析	146
相关知识	147
(一)箱体类零件的材料、毛坯、热处理及加工方法	147
(二)平面加工	147
(三)铣削加工常用的工艺装备	157
(四)箱体类零件的孔系加工	163
任务实施	173
任务考评	178
思考与练习题	179

项目 4 圆柱齿轮类零件的加工	179
任务描述	179
任务分析	181
相关知识	181
(一) 常用齿轮的材料和毛坯	181
(二) 滚齿	183
(三) 插齿	188
(四) 圆柱齿轮齿面的精加工	191
任务实施	195
(一) 圆柱齿轮加工的主要工艺问题	195
(二) 制订双联齿轮加工工艺过程	198
任务考评	199
思考与练习题	199
 任务 4 零件加工质量与加工精度的分析与控制	201
任务描述	201
任务分析	201
相关知识	202
(一) 机械加工误差概述	202
(二) 加工原理误差及其对加工精度的影响	202
(三) 工艺系统的几何误差	203
(四) 定位误差	209
(五) 系统的受力变形误差	216
(六) 系统的热变形误差	223
(七) 内应力造成的误差	226
(八) 加工误差的统计分析	230
(九) 机械加工表面质量	236
任务实施	243
任务考评	245
思考与练习题	246
 参考文献	248

绪 论

一、机械制造业及其发展

(一) 机械工业及其在国民经济中的地位

机械制造业就是用机器为主要工具,以金属为主要原材料进行加工的工业。

世界上各个发达工业国经济上的竞争,主要是制造技术的竞争。在各个国家企业生产力的构成中,制造技术的作用一般占 55% ~ 65%。发达国家的发展,在很大程度上都是依靠他们重视制造技术,通过制造技术,形成独、特、高的产品,首先抢占世界市场,这就是他们之所以能崛起、腾飞的诀窍。

事实上,虽然世界已进入信息化的时代,但发达国家仍然高度重视制造业的发展。据悉,美国制造业对 GDP 的贡献率始终大于 20%,拉动其他产业 30%。美、日等国已将制造科学与信息科学、材料科学、生物科学一起列为当今时代四大支柱学科。日本将振兴制造业的基础技术纳入国家基本法。他们认为:“无论今后科学技术怎样进步,发展先进的制造业将永远是人类社会的‘首席产业’。”

制造业的发展是工业文明形成的必经之路。

世界经济的发展趋势表明:机械工业的发展速度、规模和产品质量水平决定一个国家工业发展的水平,是国民经济各部门的技术基础,是一个国家经济发展的基石。机械工业的规模和水平是衡量一个国家科学技术水平与经济实力的重要标志。没有制造能力的民族是没有竞争力的民族。

机械制造业是现代工业的主体,它为国民经济各产业与国防建设提供技术装备、为人民生活提供耐用消费品的国民经济支柱产业。

(二) 我国机械工业发展现状

我国机械工业的发展可概括为:发展迅速、相对落后。

1. 迅速发展的表现

新中国成立 60 年来特别是改革开放 30 年的发展,已是我国机械工业从十分落后的状况发展到今天的机械制造大国(不是强国)。机械工业的经济总量已达到 1.85 万亿人民币以

上,仅次于美国、日本、德国及法国机械工业的规模,居世界第5位。

我国已经建成门类比较齐全、具有较大规模的制造体系。基础工业部门80%以上的生产能力是由国内设备提供的;农业装备几乎全部由国内提供;部分重要产品的产量已跃居世界前列。

一些产品已经形成综合比较优势,具有价格竞争力。例如,国产工程机械的价格仅为同型号进口产品的1/4左右。

我国掌握了一批重大技术装备的核心技术和关键技术。例如,已能制造达到国外先进水平的30万kW汽轮发电机组、葛洲坝电站用大型低水头水轮发电机组和交流50万V超高压输变电设备等。以“远望”号综合测量船、“向阳红”10号科学考察船为主力的科学考察船队达到了世界一流水平。

2. 相对落后的表现

产品品种少,技术含量低,质量不稳定,早期故障率高,可靠性差。

目前,我国主要机械产品中达到当代世界先进水平的不到5%,国产金属切削机床中,数控机床仅占12.8%,而日本1987年已达30%,德国1990年达54%。我国一些机械产品的质量标准和总体上低于发达国家,国家标准与国际标准存在差距;高新技术产品、机械基础产品和重大技术装备成套供应能力不能满足市场需求,长期依赖进口;中低档机械产品出现结构性过剩,积压严重。

技术装备水平低,科研开发力量薄弱,资金投入不足,技术进步缓慢。改革开放以来,较早地引进了一批国外先进技术,但对消化吸收缺乏足够的软、硬件投入。据国外经验,引进技术与消化吸收所需资金的比例约为1:7,而我国对此认识不够,故使消化吸收较慢。

国外先进的制造工艺及装备、设计技术手段和先进的管理思想方法,在我国只有少数企业刚刚开始采用。缺少拥有自主知识产权的产品技术,新开发产品的技术大部分来自国外,基本上没有掌握产品开发的主动权。新产品开发周期比工业发达国家长1倍以上,产品更新周期更长,市场快速反应能力差。这已成为我国机械产品在市场竞争中不断失利的首要原因。

(三)要重新认识机械制造业

机械制造已经不是传统意义上的机械制造,即所谓的机械加工。它是集机械、电子、光学、信息科学、材料科学、生物科学、激光学、管理学等最新成就为一体的一个新兴技术与新兴工业。

制造技术不只是一些经验的积累,实际上它是一个从产品设计——进入市场——返回产品设计的大系统。

信息化与工业化相辅相成。信息化不能代替工业化,但可以提升工业化、促进工业化,提高技术、生产、流通、管理的效率。一方面机械制造工业必须依靠信息科学、材料科学来改造自己,另一方面信息科学、材料科学也必须依赖于制造技术来取得新的发展。

(四)机械制造技术的重要性

机械工业是国民经济的装备工业,机械工业的水平和规模在很大程度上决定了国民经济各部门的水平和规模,也在很大程度上决定了国防工业的水平和实力。机械工业是促进农业现代化的重要技术保障和加强农业基础地位的物质保障,也是满足人民消费日益增长的物质

基础。

制造技术已经是生产、国际经济竞争、产品革新的重要手段。

自20世纪50年代起,由于各种原因,美国把传统的制造业视作“夕阳工业”,制造技术的发展受到极大的冷遇。这样做的结果导致美国产品的市场竞争力大大下降,整个制造业遇到国际竞争者的致命打击,大量日本、欧洲机械电子产品纷纷涌入美国市场,贸易赤字剧增,经济空前滑坡。直到20世纪80年代后期,重新重视制造技术后才挽回当时的经济形势。

在信息技术发展的今天,日本依然坚信制造业是立国之本,制造业是日本的生命线,没有制造业就没有信息产业和软件产业。在信息时代,制造技术的重要性不仅没有减少,反而是进一步增加了。因此,他们采取各种措施加紧研究开发新的制造技术,期望以此重振经济大国雄风并成为世界高技术产品的供应基地。

像我们这样一个大国,要实现四个现代化,制造业始终起着核心的作用,机械工业更起着重要的关键作用。

(五)机械制造业的特点

1. 机械工业是典型的离散型制造业

各个环节之间可以彼此关联或不关联、依赖个人的经验和技能较多,实现自动化的难度较大。

2. 机械工业有多种生产经营模式

机械工业有单件生产、多品种/小批量和重复大批量生产等多种方式。

3. 离散型制造业产品结构复杂,制造工艺复杂,生产过程所需机器设备和工装夹具种类繁多

由于市场需求变化,从而要用到的设备资源也随之变化。同时,由于产品中各部件制造周期长短不一和产品加工工艺路线的不确定性,造成管理对象动态多变。因此,为了保证产品成套、按期交货,又要尽可能减少在制品积压,导致生产物资管理工作十分复杂,需要从每一产品的交货期倒推,周密安排各部件、零件、毛坯的投入/产出数量和时间。

4. 工程设计任务重

由于机械制造业产品结构复杂、工艺复杂,因此,工程设计任务很重,不仅新产品开发要重新设计,而且生产过程中也有大量的变型设计和工艺设计任务,设计版本在不断更改。为了不断推出知识含量高且价格能被用户接受的新产品,机械制造企业必须具备强有力的新产品开发能力。

5. 为了适应产品结构的不断变化,机械制造业的底层加工设备应具有足够的柔性 不断以数控机床代替普通机床,以加工中心代替专用工种机床是发展的趋势。

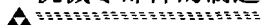
6. 由于机械产品设计与制造涉及多学科、多种技术

在当今全球化市场竞争的形势下,靠一家企业单打一的局面已缺乏竞争力,目前主机厂与零件制造厂的分离,组织跨地区的企业动态联盟已成为机械制造业产业结构调整의必然趋势。

二、本课程的任务

①掌握切削过程的一般现象及基本规律,能合理地设计、选用刀具和切削参数。

②掌握机械加工工艺的基本理论、掌握机械加工工艺规程制订的原则、步骤和方法,并能



结合具体条件制订出工艺上可行、经济上合理的零件加工工艺规程。

③学习影响加工质量的各项因素,掌握零件加工质量与加工精度的分析和控制方法。

④了解当前制造技术的发展,培养学生具有善于分析、总结实际生产中的先进经验,善于分析地吸收国内外新技术、新工艺和新方法,并应用于解决实际问题的能力。

任务 1

合理地设计、选用刀具和切削参数

知识点

- ◆生产过程与工艺过程的总体认识。
- ◆机械加工表面成形方法。
- ◆机械加工工艺系统的组成。
- ◆认知金属切削过程基本规律及应用。

技能点

- ◆加工机床、刀具参数和切削用量的选择。



任务描述

机械零件表面的切削加工是通过刀具与被加工零件的相对运动完成的,这一过程要在金属切削机床、刀具、夹具及工件构成的工艺系统中完成。金属切削过程是指在机床上通过刀具与工件的相对运动,利用刀具从工件上切下多余的金属层、形成切屑和已加工表面的过程。



任务分析

要学会机械零部件的制作,首先要了解制造过程和生产组织的相关知识,掌握机械制造工艺系统的组成,以及在机械制造工艺系统中的金属切削过程是怎样进行的。在机械生产中的许多影响加工表面质量的问题,如鳞刺、振动、卷屑和断屑等都与切削过程有关。



相关知识

(一)机械的生产过程和工艺过程

1. 机械的生产过程

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。这一过程完成产品投入生产前的各项生产和技术准备。例如,产品设计,工艺规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毛坯的制造过程。如铸造、锻造和冲压等。

③原材料及半成品的运输和保管。

④零件的机械加工、焊接、热处理和其他表面处理等。

⑤部件和产品的装配过程。这一过程包括组装、部装等。

⑥产品的检验、调试、油漆和包装等。

2. 机械制造工艺过程

工艺过程主要包括毛坯的制造(铸造、锻造、冲压等)、热处理、机械加工和装配。

3. 机械加工工艺过程的组成

利用机械加工的方法,直接改变毛坯形状、尺寸和表面质量,使其变为机械零件的过程,称为机械加工工艺过程。

它一般由一个或若干个工序组成,而工序又可分为安装、工位、工步和走刀等,它们按一定顺序排列,逐步改变毛坯的形状、尺寸和材料的性能,使之成为合格的零件。

(1) 工序

所谓工序,就是由一个(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。

工序是工艺过程的基本单元。

划分工序的主要依据:零件加工过程中的工作地(或设备)是否变动,该工序的工艺过程是否连续完成。若有变动或不连续完成表面加工,则构成了另一道工序。

(2) 安装

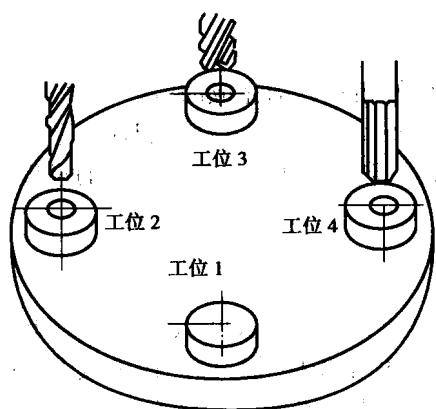


图 1.1 多工位加工

工位1—装卸工件;工位2—钻孔;

工位3—扩孔;工位4—铰孔

在机械加工中,使工件在机床或夹具中占据某一正确位置并被夹紧的过程,称为装夹。工件在机床上每装卸一次所完成的那部分工序,称为安装。

有时工件在机床上需经过多次装夹才能完成一个工序的工作内容。在一个工序中,工件的工作位置可能只需一次安装,也可能需要多次安装。零件在加工过程中应尽可能地减少安装次数。

(3) 工位

工件在一次安装下相对于机床每占据一个加工位置所完成的那部分工艺过程,称为工位。

为了减少工件的安装次数,在大批量生产时,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。工位又可分为单工位和多工位。如图 1.1 所示

为一种用回转工作台在一次安装中依次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔 4 个工位。

(4) 工步

加工表面、切削工具、切削速度和进给量都不变的情况下,所连续完成的那一部分工序,称为工步。

应该说明的是,构成工步的因素有加工表面、刀具、切削速度和进给量,它们中的任一因素

改变后,一般就变成了另一个工步。

有时为了提高生产率,用几把不同刀具同时加工几个不同表面,此类工步称为复合工步,如图1.2所示。在工艺文件上,复合工步视为一个工步。

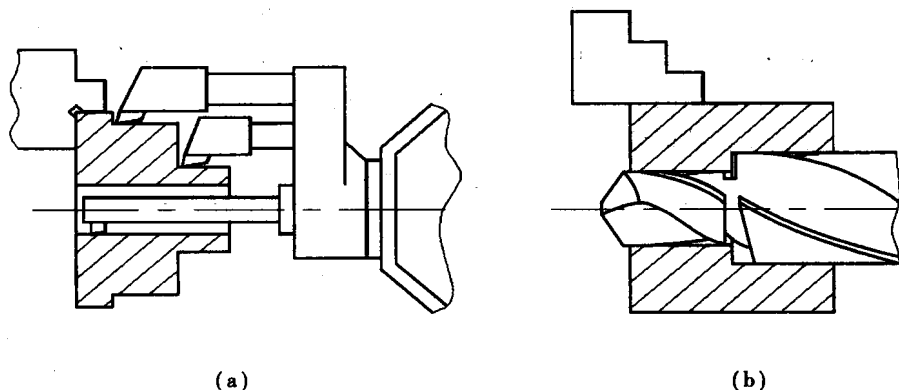


图1.2 复合工步

(a)立轴转塔车床的一个复合工步 (b)钻孔、扩孔复合工步

(5)走刀(或进给)

在一个工步中,若被加工表面要切除的金属层很厚(即加工余量较大),需要分几次切削,则每进行一次切削就是一次进给,也称为走刀。

4. 生产纲领、生产类型及其工艺特征

机械产品的制造工艺不仅和产品的结构、技术要求有很大关系,而且也与企业的生产类型有较大关系,而企业的生产类型是由企业的生产纲领来决定的。

(1)生产纲领

工厂1年中制造某产品的数量,就是该产品的生产纲领。

零件的生产纲领是指包括备品和废品在内的年产量。零件的生产纲领通常可计算为

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

式中 N ——零件的生产纲领,件/年;

Q ——产品的生产纲领(年产量),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。

(2)生产类型及其工艺特征

生产纲领不同,其生产规模也不同。

根据投入生产的批量或生产的连续性,机械制造可分为3种不同的生产类型,即单件生产、成批(小批、中批和大批)生产和大量生产。

①单件生产 单个生产不同结构和不同尺寸的产品,并且很少重复。例如,重型机械制造、专用设备制造和新产品试制等都属于单件生产。

②成批生产 1年中分批地制造相同的产品,制造过程有一定的重复性。同一产品(或零件)每批投入生产的数量称为批量。根据批量的大小和被加工零件的特征,成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产工艺过程的特点和单件生产相似;大批生产工艺

过程的特点和大量生产相似;中批生产工艺过程的特点则介于单件小批生产和大批量生产之间。

③大量生产 产品数量很大、品种少,大多数工作地点经常重复地进行某一个零件的某一道工序的加工。例如,汽车、拖拉机和轴承等的制造通常都是以大量生产的方式进行的。

生产类型的划分一方面要考虑生产纲领,即年产量;另一方面还必须考虑产品本身的大小和结构的复杂性。生产类型的划分如表 1.1 所示。不同机械产品的零件重量类型如表 1.2 所示。各种生产类型的工艺特征如表 1.3 所示。

表 1.1 生产类型的划分

生产类型		零件的年产量/件		
		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		<5	<10	<100
成批生产	小批	5 ~ 100	10 ~ 200	100 ~ 500
	中批	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5 000
	大批	300 ~ 1 000	500 ~ 5 000	5 000 ~ 50 000
大量生产		>1 000	>5 000	>50 000

表 1.2 不同机械产品的零件重量类型

机械产品类别	零件的质量/kg		
	轻型零件	中型零件	重型零件
电子机械	≤4	>4 ~ 30	>30
机床	≤15	>15 ~ 50	>50
重型机械	≤100	>100 ~ 2 000	>2 000

表 1.3 各种生产类型的工艺特征

工艺特征	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	大部分具有互换性,少数用钳工修配	全部有互换性,少数装配精度较高,采用分组装配法
毛坯的制造方法及加工余量	木模手工造型或自由锻,毛坯精度低,加工余量大	部分采用金属模铸造或模锻,毛坯精度中等,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	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	广泛使用高生产率的专用机床及自动化机床,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	广泛使用专用夹具,部分靠划线法达到精度要求	广泛使用高效率专用夹具,靠夹具及调整法达到精度要求