



“十三五” 职业教育国家规划教材
高等院校“互联网+”系列精品教材

国家精品
资源共享课
配套教材

零件制造工艺与装备 (第2版)

韩邦华 王 骏 主 编
许 岚 周 刚 副主编
袁志明 夏国锋 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据教育部最新的职业教育专业课程改革要求,在充分调研长三角地区机械行业技能型应用人才需求基础上,结合第1版教材的使用反馈意见和多项课程改革成果进行修订的。每个项目从生产实际要求和职业素养养成出发,设置三四个典型工作任务,通过大量的加工案例和图样,突出“N+1证书”和岗位应用能力培养。

全书分为两个模块。第一个模块(项目1~2)为编制机械加工工艺文件必备的基础知识,内容是按照编制工艺文件需具备的技能和过程展开,介绍从零件识读到毛坯选用、表面加工方法确定、机床与刀具选用、初拟零件加工工艺路线,到确定各工艺参数、编制工艺文件的一个完整过程。第二个模块(项目3~8)为典型零件的工艺工装制订,介绍轴类、套类、轮盘类、箱体类、叉架类五种典型零件的工艺制订和工装设计思路与方法,每类零件均选取两个具有代表性的零件进行介绍,并给出一个真实零件作为实训任务。

本书利用企业岗位工作任务单形式导入教学,内容新颖丰富,任务具有代表性,讲解举一反三,采用最新国家标准,收集大量精美插图,并配有“职业导航”“教学导航”“知识分布网络”“知识梳理与总结”“知识链接”“想一想”“做一做”等内容,有利于教师开展互动性教学和学生高效率学习。

本书为高等职业本专科院校机械制造类、数控类、模具类、机电类等专业的教材,也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材,以及机械行业工程技术人员的参考工具书。

本教材配有免费的微课视频、电子教学课件、演示动画、习题参考答案等,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

零件制造工艺与装备 / 韩邦华, 王骏主编. —2版. —北京: 电子工业出版社, 2021.11

高等院校“互联网+”系列精品教材

ISBN 978-7-121-38131-7

I. ①零… II. ①韩… ②王… III. ①机械元件—制造—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 271234 号

责任编辑: 陈健德 (E-mail: chenjd@phei.com.cn)

印 刷:

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15.75 字数: 403.2 千字

版 次: 2010 年 2 月第 1 版

2021 年 11 月第 2 版

印 次: 2021 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 55.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: chenjd@phei.com.cn。

第2版前言



本书是根据教育部最新的职业教育专业课程改革要求,在充分调研长三角地区机械行业技能型应用人才需求基础上,结合第1版教材的使用反馈意见和多项课程改革成果进行修订的。本书结合高职教育特色,以职业岗位技能需求为主线,围绕培养高素质技能型人才为核心构建课程内容,以“N+1证书”和校企合作为导向组织教学过程,力求更好地服务于行业、服务于地方、服务于企业。

本书按照工艺技术员岗位所需的知识、能力、素质来选取典型项目,按照工艺技术员完成具体工作任务过程来组织内容层次,紧密结合行业企业元素,选用企业真实案例进行分析描述,内容丰富新颖。全书分为两个模块,设有8个项目。第一个模块(项目1~2)为编制机械加工工艺文件必备的基础知识,以工艺技术员岗位所应具备的编制工艺文件的能力进行编排;第二个模块(项目3~8)以企业典型零件为载体,按照工艺技术员岗位所应完成的工作任务过程来进行工艺制订和工装设计。结合职业教育“产学研”实践成果,系统训练服务行业企业工艺技术员岗位的实用技能。

本书采用项目教学+典型案例的形式,从生产实际出发,在突出应用能力培养的同时,论述必备的理论知识。其实用性和针对性较强,有以下明显特点。

1. 按照生产技术岗位应具备的知识、能力和工作流程设计教学项目,每个项目从生产实际出发,设置三四个典型工作任务,通过大量的加工案例和图样,着重培养岗位应用能力。所选案例注重实用性和代表性,且大都从生产现场选取,符合生产实际的需要,既能使学生较快融入企业生产实际,又能为学生的可持续发展提供一定的理论基础。

2. 根据职业教育的教学特点,将每个项目的目标任务与理论知识有机结合在一起,通过“教学导航”和“知识分布网络”反映每个项目的重点内容。在案例教学过程中,以“知识链接”“想一想”“做一做”“注意”“思考”等方式,强化和拓展学生的知识理解能力和应用能力,既通俗易懂,内容丰富,又紧密联系生产实际。

3. 以传统的机械制造方法为分析基础,重点按照单件小批的生产类型展开加工思路,并融入大批大量生产的生产类型展开分析,培养学生正确、合理地编制零件加工工艺规程的应用能力。

4. 采用最新的国家标准,每个任务采用企业的工作任务单形式引出,使学生在学习过程中感受企业的氛围。

5. 增添大量的精美实物图片和典型案例,增强互动性和感官认识,举一反三,达到更好地掌握技能的目的。

本书由无锡职业技术学院韩邦华、王骏主编，许岚、周刚为副主编，由我院机制专业聘请的专家和兼职教师——企业高级工程师袁志明、夏国锋主审。参与本书编写的还有无锡职业技术学院薛庆红、芦敏等老师，全书由韩邦华统稿和定稿。在本书的编写过程中，我院友好合作企业的技术专家为本书的编写提出宝贵的意见，在这里表示衷心的感谢！

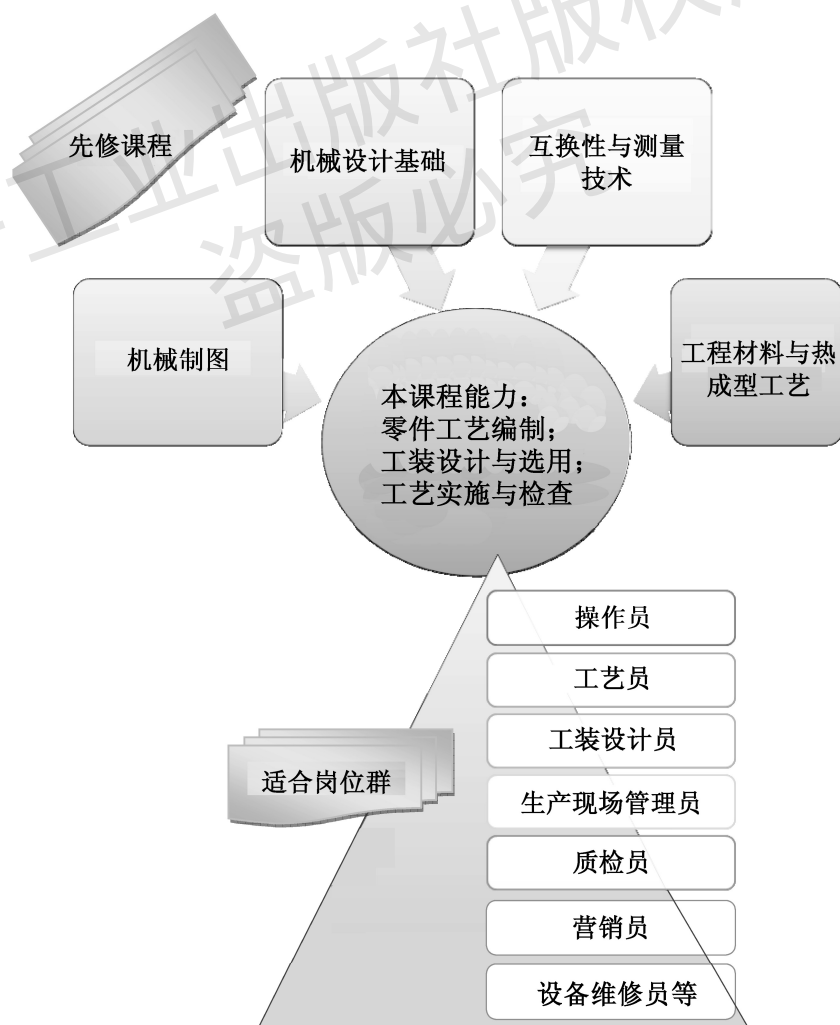
由于编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

在本书中配有 74 个微课视频、12 个教学课件、10 个电子教案、51 个演示动画和 40 个教学录像等立体化多媒体教学资源，扫一扫二维码后可浏览或下载相应资源，有助于开展信息化教学，提高教学质量与效果。本书提供的电子教学课件和练习题参考答案等资源，还可登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 免费注册后进行下载。如有问题请在网站留言或与电子工业出版社联系 (E-mail: hxedu@phei.com.cn)。

编者



职业
导航



目 录

课程导入	1
项目 1 零件加工工艺路线的拟定	8
教学导航	8
任务 1.1 了解生产过程	9
1.1.1 生产过程与机械加工工艺过程	9
1.1.2 工艺过程的组成	10
1.1.3 生产类型及工艺特征	12
任务 1.2 了解工艺规程的作用与要求	14
1.2.1 制订工艺规程的作用	14
1.2.2 制订工艺规程的原则与要求	15
1.2.3 制订工艺规程的步骤	15
任务 1.3 分析零件的工艺性	16
1.3.1 零件图和装配图分析	16
1.3.2 零件的结构工艺性分析	17
任务 1.4 确定毛坯	18
1.4.1 毛坯的种类	18
1.4.2 毛坯的选择原则	20
1.4.3 毛坯形状及尺寸的确定	20
任务 1.5 选择定位基准	21
1.5.1 基准	21
1.5.2 定位基准的选择原则	22
任务 1.6 拟订零件工艺路线	25
1.6.1 确定表面加工方法	26
1.6.2 划分加工阶段	29
1.6.3 安排加工顺序	30
1.6.4 确定工序集中和工序分散的程度	31
知识梳理与总结	32
思考与练习题 1	32
项目 2 编制零件加工工艺文件	34
教学导航	34
任务 2.1 选择工序基准及工件装夹方法	35
2.1.1 工序基准的选择	35
2.1.2 工件装夹	35
2.1.3 工件定位	38
2.1.4 工件夹紧	55

任务 2.2 确定加工余量	62
2.2.1 加工余量的概念与影响因素	62
2.2.2 加工余量的确定方法	63
任务 2.3 确定工序尺寸及公差	64
2.3.1 工艺尺寸链的概念及计算方法	64
2.3.2 确定工序尺寸及公差	66
任务 2.4 确定切削要素	71
2.4.1 切削用量	71
2.4.2 合理切削用量的选择原则	72
2.4.3 切削层参数	73
任务 2.5 技术经济分析	74
2.5.1 提高生产率的途径	74
2.5.2 工艺方案的经济分析	77
任务 2.6 填写工艺文件	79
2.6.1 工艺文件的格式	79
2.6.2 编制的注意事项	82
2.6.3 工艺文件的管理	82
知识梳理与总结	83
思考与练习题 2	83
项目 3 轴类零件的工艺工装制订	87
教学导航	87
任务 3.1 制订传动轴零件的工艺规程, 分析轴类零件的工艺工装	88
3.1.1 制订传动轴零件的工艺规程	89
3.1.2 分析轴类零件的工艺与工装设计要点	93
任务 3.2 分析传动丝杠零件的工艺, 解决轴类零件加工的工艺问题	102
3.2.1 分析丝杠零件的工艺	103
3.2.2 解决轴类零件加工的几个工艺问题	107
知识梳理与总结	109
实训 1 制订搅拌轴的工艺规程	109
思考与练习题 3	110
项目 4 套类零件的工艺工装制订	112
教学导航	112
任务 4.1 制订轴承套零件的工艺规程, 分析套类零件的工艺工装	113
4.1.1 制订轴承套零件的工艺规程	114
4.1.2 分析套类零件的工艺与工装设计要点	116
任务 4.2 分析液压缸零件的工艺, 解决套类零件加工的工艺问题	134
4.2.1 分析液压缸零件的工艺	135
4.2.2 解决套类零件加工中的几个工艺问题	137

知识梳理与总结	138
实训 2 制订转换套的工艺规程	139
思考与练习题 4	139
项目 5 轮盘类零件的工艺工装制订	142
教学导航	142
任务 5.1 制订法兰盘零件的工艺规程, 分析轮盘类零件的工艺工装	143
5.1.1 制订法兰盘零件的工艺规程	143
5.1.2 分析轮盘类零件的工艺与工装设计要点	147
任务 5.2 分析硬齿面齿轮零件的加工工艺, 解决齿轮加工的工艺问题	149
5.2.1 分析硬齿面齿轮零件的工艺	151
5.2.2 解决齿轮零件的加工工艺问题	152
知识梳理与总结	156
实训 3 制订法兰盘的工艺规程	156
思考与练习题 5	158
项目 6 箱体类零件的工艺工装制订	159
教学导航	159
任务 6.1 制订车床主轴箱的工艺规程, 分析箱体类零件的工艺工装	160
6.1.1 制订车床主轴箱的工艺规程	160
6.1.2 分析箱体类零件的工艺与工装设计要点	164
任务 6.2 分析分离式箱体零件的工艺, 解决箱体类零件加工的工艺问题	179
6.2.1 分析减速箱零件的工艺	180
6.2.2 解决箱体类零件加工的工艺问题	182
知识梳理与总结	186
实训 4 制订固定钳身零件的工艺规程	186
思考与练习题 6	187
项目 7 叉架类零件的工艺工装制订	189
教学导航	189
任务 7.1 制订拨叉零件的工艺规程, 分析叉架类零件的工艺工装设计要点	190
7.1.1 制订拨叉零件的工艺规程	190
7.1.2 分析叉架类零件的工艺与工装设计要点	194
任务 7.2 制订连杆零件的工艺规程, 解决连杆零件加工的工艺问题	206
7.2.1 分析连杆零件的工艺	207
7.2.2 连杆零件加工的工艺路线	208
7.2.3 解决连杆零件加工的工艺问题	208
知识梳理与总结	210
实训 5 制订拨叉的工艺规程	210
思考与练习题 7	211

项目 8 机械装配工艺制订	212
教学导航	212
任务 8.1 了解装配工作特点	213
8.1.1 装配工作的基本内容	213
8.1.2 装配的组织形式	214
8.1.3 装配精度	214
任务 8.2 建立装配尺寸链	215
8.2.1 装配尺寸链的概念及建立步骤	215
8.2.2 装配尺寸链的计算	216
任务 8.3 保证装配精度	217
8.3.1 互换装配法	217
8.3.2 选择装配法	220
8.3.3 修配装配法	222
8.3.4 调整装配法	224
任务 8.4 制订装配工艺规程	225
8.4.1 制订的基本原则及原始资料	226
8.4.2 制订步骤	226
8.4.3 填写装配工艺文件	228
8.4.4 制定产品检测与试验规范	228
知识梳理与总结	228
思考与练习题 8	228
附录 A 加工余量参数表	230
附录 B 切削用量参数表	236
参考文献	242



项目1

零件加工工艺流程的拟定

教学导航



扫一扫看
本项目教
学课件



扫一扫看
本项目电
子教案

学习目标	掌握编制零件加工工艺流程的一般原则
工作任务	按零件技术要求拟订零件机械加工工艺路线
教学重点	零件工艺分析、定位基准的选择、工艺流程的拟定
教学难点	工艺流程的拟定
教学方法建议	案例教学、任务导入、任务分析、实施、评价
选用案例	以衬套零件的加工案例贯穿本项目教学
教学设施、设备 及工具	多媒体教学系统、课件、零件实物等
考核与评价	项目成果评定 60%；学习过程评价 30%；团队合作 评价 10%
参考学时	8



项目1 零件加工工艺路线的拟定

??想一想 通过前面的学习，我们知道了各机床和刀具的用途，那么对给定的零件或零件图，如图1-1所示，应如何实现它的加工呢？要考虑什么因素？怎样用合适的机床、合适的刀具、合适的路线来实现加工呢？

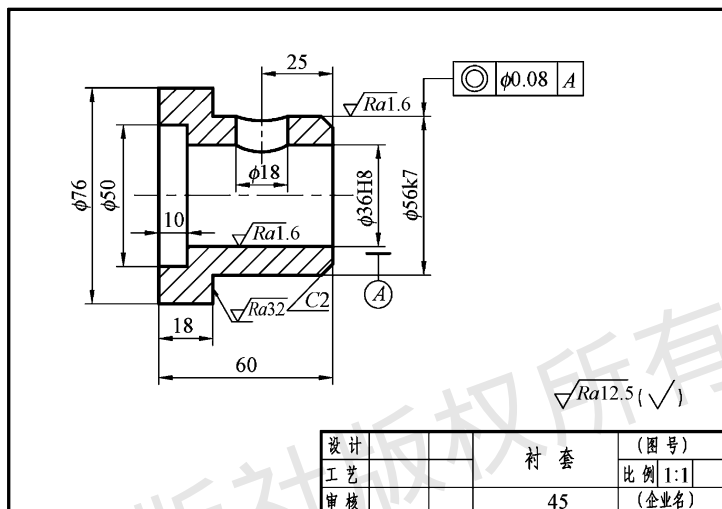
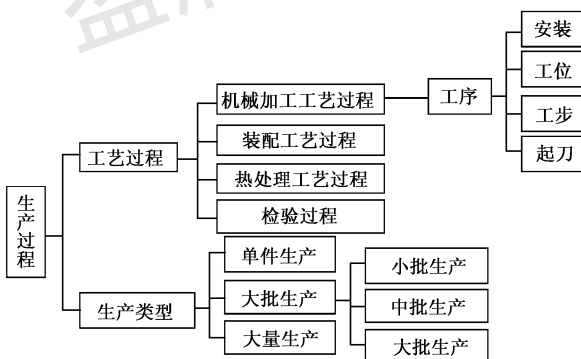


图1-1

任务1.1 了解生产过程

知识分布网络



1.1.1 生产过程与机械加工工艺过程

1. 生产过程

生产过程是指将原材料转变成成为成品的全过程。它包括原材料运输和保管、生产准备工作、毛坯制造、零件加工和热处理、产品装配、调试、检验以及油漆和包装等。生产过程可以由一个工厂完成，也可以由多个工厂联合完成；可以指整台机器的制造过程，也可以指某种零件或部件的制造过程。



2. 工艺过程与机械加工工艺过程

工艺过程是指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。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。而生产过程中,利用机械加工方法直接改变原材料或毛坯的形状、尺寸和表面质量使之变为成品的过程,称为机械加工工艺过程。例如,切削加工、磨削加工、特种加工、精密和超精密加工等都属于机械加工工艺过程。本书中除最后一章讲的是装配工艺外,其余所讨论的工艺过程,主要是机械加工工艺过程。



注意 应该指出,上述的“原材料”和“产品”的概念是相对的,一个工厂的“产品”可能是另一个工厂的“原材料”,而另一个工厂的“产品”又可能是其他工厂的“原材料”。因为在现代制造业中,通常是组织专业化生产的,如汽车制造,汽车上的轮胎、仪表、电气元件、标准件及其他许多零部件都是由其他专业厂生产的,汽车制造厂只生产一些关键零部件和配套件,并最后组装成完整的产品——汽车。产品按专业化组织生产,使工厂的生产过程变得较为简单,有利于提高产品质量,提高劳动生产率和降低成本,是现代机械工业的发展趋势。

1.1.2 工艺过程的组成

无论哪一种工艺过程,都是按一定的顺序逐步进行的。为了便于组织生产,合理使用设备和劳力,以确保产品质量和提高生产效率,任何一种工艺过程又可划分为一系列工序。

机械加工工艺过程是由一个或若干个工序所组成的。每一个工序又可依次分为安装、工位、工步和走刀。

1. 工序



扫一扫看车床
基本运动操作
教学录像

工序是指一个或一组工人,在一个工作地点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。

划分工序的主要依据是工作地点(或机床)是否改变和加工是否连续。这里所说的连续是指该工序的全部工作要不间断地连续完成。

一个工序内容由被加工零件结构复杂的程度、加工要求及生产类型来决定,同样的加工内容,可以有不同的工序安排。例如,加工如图 1-2 所示的阶梯轴,不同生产类型的工序划分见表 1-1 和表 1-2。

工序是工艺过程的基本组成部分,是制订生产计划和进行成本核算的基本单元。



注意 在工序定义中,“工作地”是指一台机床、一个钳工台或一个装配地点;“连续”是指对一个具体的工件的加工是连续进行的,中间没有另一个工件的加工插入。

2. 安装

工件经一次装夹后所完成的那一部分工艺内容称为安装。在一道工序中,工件可能需装

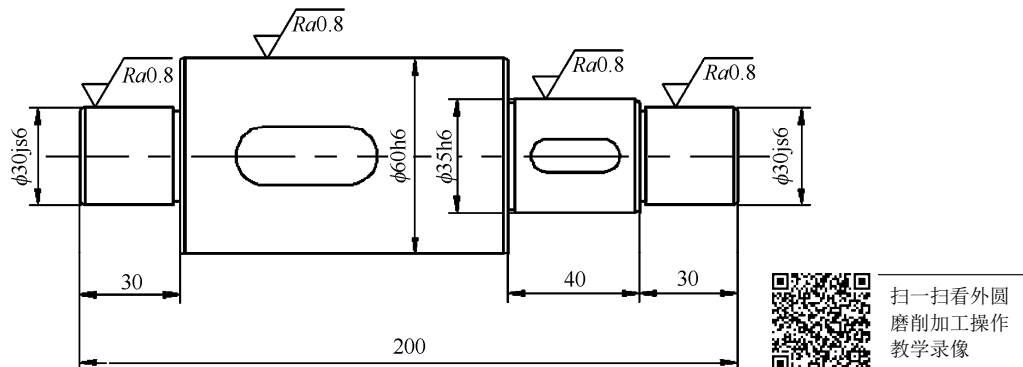


图 1-2 阶梯轴零件简图

表 1-1 阶梯轴工艺过程（单件小批生产）

工序号	工序内容	设备
10	车端面、钻中心孔、车各外圆、车槽、倒角	车床
20	铣键槽、去毛刺	铣床
30	磨各外圆	磨床

表 1-2 阶梯轴工艺过程（大批大量生产）

工序号	工序内容	设备
10	车端面、钻中心孔，调头车端面、钻中心孔	车端面、钻中心孔机床
20	车一端外圆、车槽、倒角	车床
30	车另一端外圆、车槽、倒角	车床
40	铣键槽	铣床
50	去毛刺	钳工台
60	磨各外圆	磨床

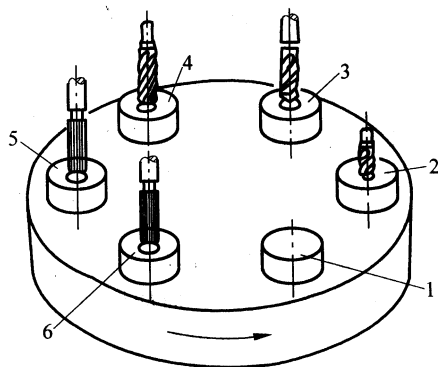
夹一次或多次才能完成加工。如表 1-2 所示的工序 10 中，工件在一次装夹后还需要掉头装夹，才能完成全部工序内容，所以该工序有两次安装。

工件在加工中应尽量减少装夹次数，因为多一次装夹，就会增加装夹的时间，还会增加装夹误差。

想一想 在加工过程中有什么好的方法来解决装夹次数问题呢？下面我们会逐步讲到，注意整理哟！

3. 工位

工位是指为了完成一定的工艺内容，一次装夹工件后，工件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。图 1-3 所示为在多工位组合机床上加工 $\phi 25H7$ 孔的例子，它利用机床的回转工作台，使工件能在 6 个工位上依次进行装卸工件、预钻孔、钻孔、扩孔、粗铰和精铰工作，本工序由 6 个工位组成。为了减少工件的安装次数，提高生产效率，常采用多工位夹具或多轴（或多工位）机床，使工件在一次安装后先后经过若干个不同位置顺次进行加工。



工位1—装卸工件；工位2—预钻孔；工位3—钻孔；
工位4—扩孔；工位5—粗铰；工位6—精铰

图 1-3 多工位加工



4. 工步

在加工表面不变和加工工具不变的情况下, 所连续完成的那一部分工艺内容称为工步。工步是构成工序的基本单元, 一个工序可以只包括一个工步, 也可以包括几个工步。对于那些连续进行的若干个相同的工步, 生产中常视为一个工步, 如在图 1-4 所示零件上钻 $6 \times \phi 20$ 孔, 可视为一个工步; 采用复合刀具或多刀同时加工的工步, 可视为一个复合工步 (这也是减少安装次数, 提高生产效率的方法), 如图 1-5 所示。

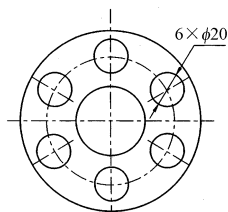


图 1-4 6 个表面相同的工步

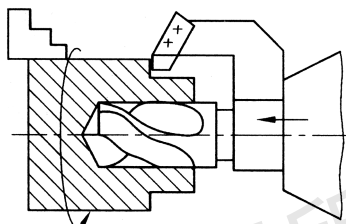


图 1-5 复合工步图



注意 工步的划分: 工步的 3 个要素中 (加工表面、切削刀具和切削用量) 只要有一个要素改变了, 就不能认为是同一个工步。同学们, 分析一下表 1-1 中每道工序各有几个工步。

5. 走刀

走刀是指刀具在加工表面上切削一次所完成的工艺内容。它是构成工艺过程的最小单元。在一个工步中, 有时材料层要分几次去除, 则每切去一层材料称为一次走刀。一个工步包括一次或几次走刀, 如图 1-6 所示。

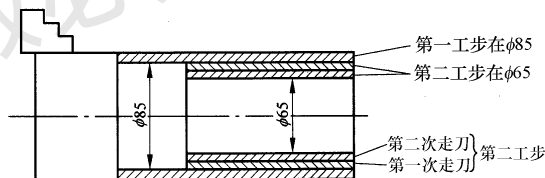


图 1-6 走刀与工步



注意 综上分析可知, 工艺过程的组成是很复杂的。工艺过程由许多工序组成, 一个工序可能有几个安装, 一个安装可能有几个工位, 一个工位可能有几个工步, 如此等等。

1.1.3 生产类型及工艺特征



扫一扫看基
本概念术语
微课视频



扫一扫看工
艺要素术语
微课视频

1. 生产纲领

生产纲领是企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。机器产品中某零件的生产纲领除了预计的年生产计划数量以外, 还要包括一定的备品率和平均废品率, 所以机器零件的生产纲领可按式计算:

$$N = Q \times n (1 + \alpha\% + \beta\%)$$

式中, N —— 零件的生产纲领 (件/年); Q —— 产品的年产量 (台/年); n —— 每台产品中含该零件的数量 (件/台); $\alpha\%$ —— 备品率; $\beta\%$ —— 废品率。



项目 1 零件加工工艺路线的拟定

机器零件的生产纲领确定之后,就要根据生产车间的具体情况按一定期限分批投入生产。一次投入或生产同一产品(或零件)的数量称为生产批量。所以说,生产纲领的大小对生产组织和零件加工工艺过程有重要作用,决定着零件加工工序所需的专业化和自动化程序、工艺方法和机床设备。

2. 生产类型

生产类型是企业生产专业化程度的分类,一般分为单件生产、成批生产和大量生产 3 种类型。

(1) 单件生产:单个生产不同结构和尺寸的产品,很少重复或不重复,如重型机器的制造,新产品的试制等。

(2) 成批生产:产品周期性成批投入生产。其中又可按批量的大小和产品特征分为小批生产、中批生产和大批生产 3 种。

(3) 大量生产:同一产品的生产数量很大,每一个工作地用重复的工序加工产品。

生产类型决定于生产纲领,但也和产品的大小和复杂程度有关。生产类型与生产纲领的关系请参见表 1-3。

表 1-3 生产类型与生产纲领的关系

生 产 类 型	零件的年生产纲领 (件/年)		
	重 型 机 械	中 型 机 械	轻 型 机 械
单件生产	≤ 5	≤ 20	≤ 100
小批生产	$> 5, \leq 100$	$> 20, \leq 200$	$> 100, \leq 500$
中批生产	$> 100, \leq 300$	$> 200, \leq 500$	$> 500, \leq 5\ 000$
大批生产	$> 300, \leq 1\ 000$	$> 500, \leq 5\ 000$	$> 5\ 000, \leq 50\ 000$
大量生产	$> 1\ 000$	$> 5\ 000$	$> 50\ 000$

3. 工艺特征

若生产类型不同,则无论在生产组织、生产管理、车间机床布置,还是在毛坯制造方法、机床种类、工具、加工或装配方法、工人技术要求等方面均有所不同,它们各自的工艺特征见表 1-4。

表 1-4 各种生产类型的工艺特征

项 目	单件、小批生产	中批生产	大批、大量生产
加工对象	不固定、经常换	周期性地变换	固定不变
机床设备和布置	采用通用设备,按机群式布置	采用通用和专用设备,按工艺路线成流水线布置或机群式布置	广泛采用专用设备,全按流水线布置,广泛采用自动线
夹具	必要时不采用专用夹具	广泛使用专用夹具	广泛使用高效率的专用夹具
刀具和量具	通用刀具和量具	广泛使用专用刀、量具	广泛使用高效率专用刀、量具
毛坯情况	用木模手工造型,自由锻,精度低	金属模、模锻,精度中等	金属模机器造型、精密铸造、模锻,精度高
安装方法	广泛采用划线找正等方法	保持一部分划线找正,广泛使用夹具	不需划线找正,一律用夹具
尺寸获得方法	试切法	调整法	用调整法,自动化加工



续表

项 目	单件、小批生产	中批生产	大批、大量生产
零件互换性	广泛使用配刮	一般不用配刮	全部互换，可进行选配
工艺文件形式	过程卡片	工序卡片	操作卡及调整卡
操作工人平均技术水平	高	中等	低
生产率	低	中等	高
成本	高	中等	低

 **知识链接** 据国内外统计表明：目前在机械制造中，单件和小批生产占多数。随着科学技术的发展，产品更新周期越来越短，产品的品种规格将会不断增加，多品种、小批量生产在今后还会有增长趋势。近年来，柔性加工系统的出现，为单件、小批量生产提供了高效的先进设备，是机械制造工艺的一个重要发展方向。

任务 1.2 了解工艺规程的作用与要求

1.2.1 制订工艺规程的作用

工艺规程是在总结工人及技术人员实践经验的基础上，依据科学的理论和必要的工艺试验制订的。生产中有了工艺规程生产秩序才能稳定，产品质量才有保证。对于经审定批准的工艺规程，工厂有关人员必须严格执行，这是工艺纪律。

工艺规程的作用主要体现在以下 3 个方面。

1. 工艺规程是指导生产的主要技术性文件

生产的计划、调度只有根据工艺规程安排才能保持各个生产环节之间的相互协调，才能按计划完成生产任务；工人的操作和产品质量的检查只有按照工艺规程进行，才能保证加工质量，提高生产效率和降低生产成本。生产实践表明，不按照工艺规程进行生产，往往会引起产品质量下降，生产效率降低，甚至使生产陷入混乱状态。

2. 工艺规程是组织和管理生产的依据

产品在投入生产以前要做大量的生产准备工作，如原材料和毛坯的供应，机床的准备和调整，专用工艺装备的设计与制造以及人员的配备等，都要以工艺规程为依据进行安排。

3. 工艺规程是新建和扩建制造厂（或车间）的基本资料

在新建和扩建工厂（或车间）时，确定生产所需机床的种类和数量，布置机床，确定车间和工厂的面积，确定生产工人的工种、等级、数量以及各个辅助部门的安排等，都是以工艺规程为依据进行的。

当然，工艺规程并不是一成不变的。随着科学技术的进步，工人及技术人员不断革新创



项目1 零件加工工艺路线的拟定

造, 工艺规程也将不断改进和完善, 以便更好地指导生产; 但这并不意味着工人和技术人员可以随意更改工艺规程, 更改工艺规程必须履行严格的审批手续。



注意 工艺规程在生产上就是法律, 要严格遵守, 任何人不得随意更改。

1.2.2 制订工艺规程的原则与要求



扫一扫看机械
制造工艺文件
识读微课视频

1. 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, 在保证质量的前提下, 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, 应尽量做到技术上先进, 经济上合理, 并具有良好的劳动条件。

2. 制订工艺规程的原始资料

在制订零件的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) 产品的生产纲领;
- (3) 毛坯的生产情况;
- (4) 本厂现有的生产条件和发展前景;
- (5) 国内外先进工艺及生产技术。

1.2.3 制订工艺规程的步骤

在掌握上述资料的基础上, 机械加工工艺规程的设计步骤如下。

- (1) 分析产品装配图样和零件图样, 主要包括零件的加工工艺性、装配工艺性、主要加工表面及技术要求, 了解零件在产品中的功用;
- (2) 计算零件的生产纲领, 确定生产类型;
- (3) 确定毛坯的类型、结构形状、制造方法等;
- (4) 选择定位基准;
- (5) 拟订工艺路线, 包括选择定位基准, 确定各表面的加工方法, 划分加工阶段, 确定工序的集中和分散的程度, 合理安排加工顺序等;
- (6) 确定各工序的加工余量, 计算工序尺寸及公差;
- (7) 确定各工序的设备、刀具、夹具、量具和辅助工具;
- (8) 确定切削用量及计算时间定额;
- (9) 确定各主要工序的技术要求及检验方法;
- (10) 填写工艺文件。



注意 制订工艺规程一定要结合企业现有的生产实际条件, 因其涉及的知识面广, 会出现各种问题, 所以必须对制订的工艺规程进行反复分析、验证修改完善, 才能用于指导生产。



任务 1.3 分析零件的工艺性

想一想 针对图 1-1 所示的零件, 我们要制订其工艺规程, 在确定其生产纲领后, 首要任务该做什么呢?

1.3.1 零件图和装配图分析



扫一扫看零件
工艺性分析基
础微课视频

在编制零件机械加工工艺规程前, 首先应研究零件的工作图样和产品装配图样, 熟悉该产品的用途、性能及工作条件, 明确该零件在产品中的位置和作用; 了解并研究各项技术条件制订的依据, 找出其主要技术要求和技术关键, 以便在拟订工艺规程时采用适当的措施加以保证。

工艺分析的目的, 一是审查零件的结构形状及尺寸精度、相互位置精度、表面粗糙度、材料及热处理等的技术要求是否合理, 是否便于加工和装配; 二是通过工艺分析, 对零件的工艺要求有进一步的了解, 以便制订出合理的工艺规程。

如图 1-7 所示为汽车钢板弹簧吊耳, 使用时, 钢板弹簧与吊耳两侧面是不接触的, 所以吊耳内侧的粗糙度可由原来的设计要求 $Ra\ 3.2\ \mu\text{m}$ 建议改为 $Ra\ 12.5\ \mu\text{m}$ 。这样在铣削时可只用粗铣不用精铣, 减少铣削时间。

再如图 1-8 所示的方头销, 其头部要求淬火硬度 $\text{HRC}55\sim60$, 所选用的材料为 T8A, 该零件上有一孔 $\phi 2\text{H}7$ 要求在装配时配作。由于零件长度只有 15 mm, 方头部长度仅有 4 mm, 如用 T8A 材料局部淬火, 势必全长均被淬硬, 配作时, $\phi 2\text{H}7$ 孔无法加工。若将材料改用 20Cr 进行渗碳淬火, 便能解决问题。

知识链接 零件的技术要求包括: ①加工表面的尺寸精度; ②加工表面的形状精度; ③主要加工表面之间的相互位置精度; ④加工表面的粗糙度及其他表面质量要求; ⑤热处理及其他要求。

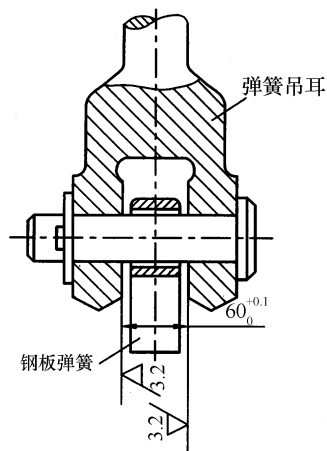


图 1-7 汽车钢板弹簧吊耳

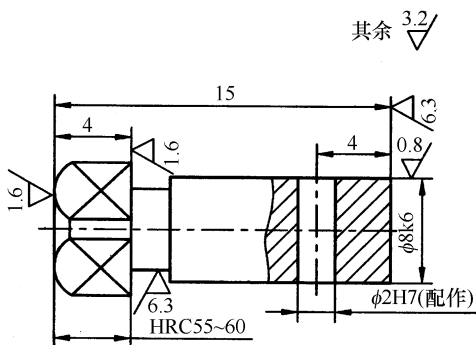


图 1-8 方头销



1.3.2 零件的结构工艺性分析



扫一扫看零件
工艺分析实例
微课视频

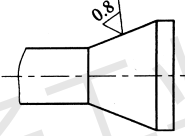
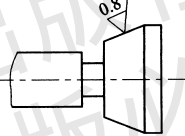
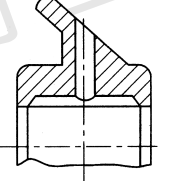
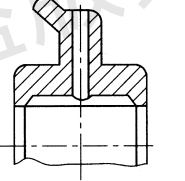
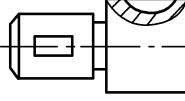
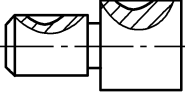
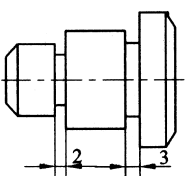
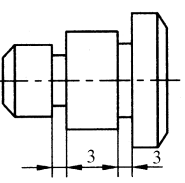
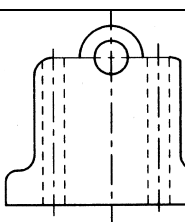
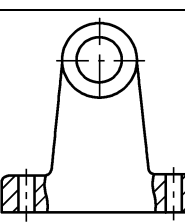
零件的结构工艺性的好坏对其工艺过程影响非常大，结构不同、使用性能相同的两个零件，它们的制造成本上就可能会有很大差别。良好的结构工艺性，就是指在满足使用性能的前提下，能够以较高的生产率和最低的成本将零件方便地加工出来。零件结构工艺性审查是一项复杂而细致的工作，要凭借丰富的实践经验和理论知识。

零件的结构工艺性除了要满足使用性能之外，还应满足以下一些要求。

- (1) 在装配方面：要使产品装配周期最短，劳动量最小，且容易保证装配质量。
- (2) 在毛坯制造方面：铸造毛坯应便于造型，零件壁厚应大体均匀，不应有尖边、尖角；锻造毛坯的形状应尽量简单，也不应有尖边、尖角，模锻件应易于出模等。
- (3) 在加工方面：应便于加工和减少工时，即应尽量简化零件结构形状，尽量减少加工面数量和减小加工面面积，有时还要考虑有便于安装的工作表面，合理标注零件的技术要求。

表 1-5 中列出零件结构工艺性对比的一些实例。

表 1-5 零件结构工艺性对比

序号	工艺性不好的结构 I	工艺性好的结构 II	说 明
1			结构 II 有砂轮越程槽，保证了加工的可能性，减少了砂轮的磨损
2			避免了钻头偏斜甚至折断，提高了加工钻孔精度
3			结构 II 键槽的尺寸、方位相同，则可在一次装夹中加工出全部键槽，以提高生产率
4			结构 II 凹槽尺寸相同，可减少刀具种类，减少换刀时间
5			结构 II 避免了深孔加工，节约了零件材料，紧固连接稳定可靠



续表

序号	工艺性不好的结构 I	工艺性好的结构 II	说 明
6			结构 II 可采用标准刀具和辅具, 方便加工
7			结构 II 可一次走刀加工出所有凸台表面

**知识链接** 机械加工对零件结构的要求如下。

(1) 便于装夹: 零件的结构应便于加工时的定位和夹紧, 装夹次数要少。

(2) 便于加工: 零件的结构应尽量采用标准化数值, 以便使用标准化刀具和量具。同时还应注意退刀和进刀, 易于保证加工精度要求, 减小加工面积及减少难加工表面数量等。

(3) 便于数控机床加工: 零件的外形、内腔最好采用统一的几何类型或尺寸, 这样可以减少换刀次数, 并尽可能应用控制程序或专用程序以缩短程序长度。

(4) 便于测量: 设计零件结构时, 还应考虑测量的可能性与方便性。

**做一做** 请同学们对本任务【想一想】中的零件进行工艺分析, 分析结构、技术要求!

任务 1.4 确定毛坯



扫一扫看
连杆模锻
演示动画



扫一扫看零件
结构审查案例
微课视频

毛坯种类的选择不仅影响毛坯的制造工艺及费用, 而且也与零件的机械加工工艺和加工质量密切相关。为此需要毛坯制造和机械加工两方面的工艺人员密切配合, 合理地确定毛坯的种类、结构形状, 并绘出毛坯图。

1.4.1 毛坯的种类



扫一扫看毛
坯的种类微
课视频

毛坯的选择直接影响毛坯的制造工艺及费用和零件机械加工工艺、生产率与经济性。故正确选择毛坯具有重大的技术经济意义。

零件常用毛坯的特点及应用范围见表 1-6。



项目 1 零件加工工艺路线的拟定

表 1-6 各类毛坯的特点及应用范围

毛坯制造方法		主要特点	应用范围
铸造	木模手工砂型	可铸出形状复杂的铸件。但铸出的毛坯精度低，表面有气孔、砂眼、硬皮等缺陷，废品率高，生产率低，加工余量较大	单件及小批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	金属模机械砂型	可铸出形状复杂的铸件，铸件精度较高，生产率较高，铸件加工余量小，但铸件成本较高	大批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	金属型浇铸	可铸出形状不太复杂的铸件。铸件尺寸精度可达 $0.1 \sim 0.5 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 可达 $12.5 \sim 6.3 \mu\text{m}$ ，铸件力学性能较好	中小型零件的大批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	离心铸造	铸件精度约为 IT8~IT9 级，表面粗糙度 Ra 可达 $12.5 \mu\text{m}$ ，铸件力学性能较好，材料消耗较低，生产率高，但需要专用设备	空心旋转体零件的大批量生产。适于铸造铁碳合金、有色金属及其合金
	熔模浇铸	可铸造形状复杂的小型零件，铸件精度高，尺寸公差可达 $0.05 \sim 0.15 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 可达 $12.5 \sim 3.2 \mu\text{m}$ ，可直接铸出成品	单件及成批生产。适于铸造难加工材料
	压铸	铸造形状的复杂程度取决于模具，铸件精度高，尺寸公差可达 $0.05 \sim 0.15 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 可达 $6.3 \sim 3.2 \mu\text{m}$ ，可直接铸出成品，生产率最高。但设备昂贵	大批量生产。适于压铸有色金属零件
锻造	自由锻造	锻造的形状简单，精度低，毛坯加工余量 $1.5 \sim 10 \text{ mm}$ ，生产率低	单件、小批生产。适于锻造碳素钢、合金钢
	模锻	锻造形状复杂的毛坯，尺寸精度较高，尺寸公差 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 为 $12.5 \mu\text{m}$ ，毛坯的纤维组织好，强度高，生产率较高。但需要专用模锻及锻锤设备	大批量生产。适于锻造碳素钢、合金钢
	精密模锻	锻件形状的复杂程度取决于锻模，尺寸精度高，尺寸公差 $0.05 \sim 0.1 \text{ mm}$ ，锻件变形小，能节省材料和工时，生产率高。但需专门的精锻机	成批及大量生产。适于锻造碳素钢、合金钢
冲压		可冲压出形状复杂的零件，毛坯尺寸公差达 $0.05 \sim 0.5 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 为 $1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}$ ，再进行机械加工或只进行精加工，生产率高	批量较大的中小尺寸的板料零件
冷挤压		可挤压形状简单，尺寸较小的零件，精度可达 IT6~IT7，表面粗糙度 Ra 可达 $1.6 \sim 0.8 \mu\text{m}$ ，可不经切削加工	大批量生产。适于挤压有色金属、碳钢、低合金钢、高速钢、轴承钢和不锈钢
焊接		制造简单，节约材料，质量轻，生产周期短，但抗振性差，热变形大，需时效处理后进行切削加工	单件及成批生产。适于焊接碳素钢及合金钢
型材	热轧	型材截面形状有圆形、方形、扁形、六角形及其他形状，尺寸公差一般为 $1 \sim 2.5 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 为 $12.5 \sim 6.3 \mu\text{m}$	适于各种批量的生产
	冷轧	截面形状同热轧型材，精度比热轧高，尺寸公差为 $0.05 \sim 1.5 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 为 $3.2 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 。价格较高	大批量生产
粉末冶金		由于成型较困难，一般形状比较简单，尺寸精度较高，尺寸公差可达 $0.02 \sim 0.05 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 Ra 为 $0.4 \sim 0.1 \mu\text{m}$ ，所用设备较简单，但金属粉末生产成本高	大批量生产。以铁基、铜基金属粉末为原料

几种毛坯样件见图 1-9。

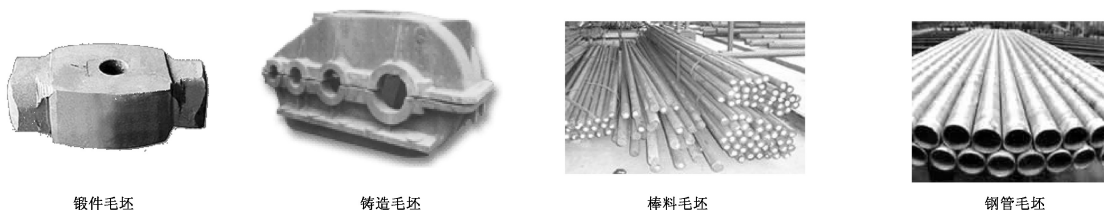


图 1-9 毛坯样件



1.4.2 毛坯的选择原则



扫一扫看毛坯
的选择与热处
理微课视频

毛坯选择时,应全面考虑以下因素。

(1) 零件的材料和机械性能要求。对铸铁和有色金属材料,选铸造毛坯;对钢材,机械性能要求较高时,选锻件毛坯,机械性能要求较低时,选型材或铸钢毛坯。

(2) 零件结构形状和尺寸大小。形状复杂和薄壁的毛坯,一般不能采用金属型铸造;尺寸较大的毛坯,往往不能采用模锻、压铸和精铸。对某些外形较特殊的小零件,往往采用较精密的毛坯制造方法,如压铸、熔模铸造等,以最大限度地减少机械加工量。

(3) 生产类型。它在很大程度上决定采用毛坯制造方法的经济性。如生产批量较大,便可采用高精度和高生产率的毛坯制造方法,这样,虽然一次投资较高,但均分到每个毛坯上的成本就较少。单件、小批生产时则应选用木模手工造型或自由锻造。

(4) 现有的生产条件。结合本厂的现有设备和技术水平考虑可能性和经济性。

(5) 充分考虑利用新技术、新工艺、新材料的可能性。为节约材料和能源,采用少切屑、无切屑的毛坯制造方法,如精铸、精锻、冷轧、冷挤压等。可大大减少机械加工量甚至不要加工,大大提高经济效益。

1.4.3 毛坯形状及尺寸的确定



扫一扫看毛坯形状
尺寸的确定与简图
绘制微课视频

毛坯的形状和尺寸主要由零件组成表面的形状、结构、尺寸及加工余量等因素确定,并尽量与零件相接近,以减少机械加工的劳动量,力求达到少或无切削加工。但是,由于现有毛坯制造技术及成本的限制,以及产品零件的加工精度和表面质量要求越来越高,所以,毛坯的某些表面仍需留有一定的加工余量,以便通过机械加工达到零件的技术要求。

毛坯尺寸与零件图样上的尺寸之差称为毛坯余量。铸件公称尺寸所允许的最大尺寸和最小尺寸之差称为铸件尺寸公差。毛坯余量与毛坯的尺寸、部位及形状有关。如铸造毛坯的加工余量是由铸件最大尺寸、公称尺寸(两相对加工表面的最大距离或基准面到加工面的距离)、毛坯浇注时的位置(顶面、底面、侧面)、铸孔的尺寸等因素确定的。对于单件、小批生产,铸件上直径小于 30 mm 和铸钢件上直径小于 60 mm 的孔可以不铸出。而对于锻件,若用自由锻,则孔径小于 30 mm 或长径比大于 3 的孔可以不锻出。对于锻件应考虑锻造圆角和模锻斜度。带孔的模锻件不能直接锻出通孔,应留冲孔连皮等。

毛坯的形状和尺寸的确定,除了将毛坯余量附在零件相应的加工表面上之外,有时还要考虑毛坯的制造、机械加工及热处理等工艺因素的影响。在这种情况下,毛坯的形状可能与工件的形状有所不同。例如,为了加工时安装方便,有的铸件毛坯需要铸出必要的工艺凸台,工艺凸台在零件加工后一般应切去,如图 1-10 所示。又如车床开合螺母外壳,它由两个零件合成一个铸件,待加工到一定阶段后再切开,以保证加工质量和加工方便。

有时为了提高生产率和加工过程中便于装夹,可以将一些小零件多件合成一个毛坯进行加工。

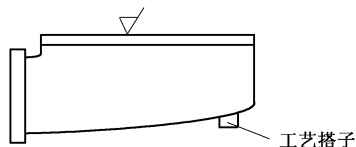


图 1-10 铸件上的工艺搭子

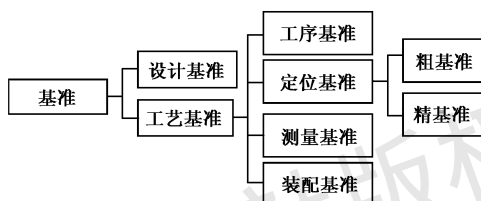


知识链接 毛坯图画法：应包括毛坯形状、尺寸及公差、分型面及浇冒口位置、拔模斜度及圆角。在毛坯图中，毛坯外形用粗实线表示，零件外形用双点画线表示，加工后零件尺寸应括在括号内，作为参考尺寸注在毛坯尺寸之中，各表面加工余量用细交叉线表示。

做一做 对本任务【想一想】中的零件该选什么样的毛坯呢？

任务 1.5 选择定位基准

知识分布网络



扫一扫看基准的概念及分类
微课视频



扫一扫看定位基准的选择原则
微课视频

1.5.1 基准

基准是用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的点、线、面。它往往是计算、测量或标注尺寸的起点。根据基准功用的不同，它可以分为设计基准和工艺基准两大类。

1. 设计基准

设计图样上所采用的基准。它是标注设计尺寸的起始位置。如图 1-11 中所示的柴油机机体，平面 2 和孔 3 的设计基准是平面 1，孔 4 和孔 5 的设计基准均是孔 3 中心线。

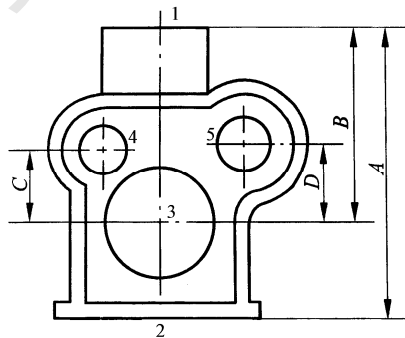


图 1-11 柴油机机体

2. 工艺基准

零件在加工工艺过程中所采用的基准称为工艺基准。根据用途的不同，工艺基准可分为定位基准、工序基准、测量基准和装配基准。

1) 定位基准

在加工过程中用于定位的基准，即用以确定工件在机床上或夹具中正确位置所依据的基准，称为定位基准。如图 1-11 所示的机体，在加工孔 3、4、5 时，一般用底面 2 在夹具的支承板上定位，所以底面 2 是加工孔 3、4、5 时的定位基准。工序尺寸方向不同，作为定位基准的表面也会不同。



2) 工序基准

在工序图上用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准,称为工序基准。如图 1-11 所示机体,加工孔 3 时,按尺寸 B 进行加工,则平面 1 即为工序基准。加工尺寸 B 叫做工序尺寸。

3) 测量基准

它是测量时所采用的基准,即用以检验已加工表面的尺寸及各表面之间位置精度的基准。

4) 装配基准

它是装配时用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准。



注意 作为基准的点、线、面,在零件上有时并不具体存在(例如轴心线、对称平面等),而是由具体存在的表面来体现的,该表面称为基准面。例如上述图 1-11 中孔径的中心线并不具体存在,而是通过孔的表面来体现的,所以孔 3 的内圆表面就是基准面。而在定位时通过具体存在表面起定位作用的这些表面就称为定位基面。

1.5.2 定位基准的选择原则



扫一扫看定位
基准的选择指
导微课视频

定位基准可分为粗基准和精基准:用毛坯上未经加工的表面作为定位基准的称为粗基准;用经过切削加工的表面作为定位基准的称为精基准。

1. 粗基准的选择原则

选择粗基准时,应考虑两个问题:一是保证加工面与不加工面之间的相互位置精度要求,二是合理分配各加工面的加工余量,所以一般应遵循下列原则。

1) 重要表面原则

为了保证重要加工面的余量均匀,应选重要加工表面为粗基准。

如图 1-12 所示车床床身导轨表面是重要表面,车床床身粗加工时,为保证导轨面有均匀的金相组织和较高的耐磨性,应使其加工余量适当而且均匀,为此先以导轨面作为粗基准加工床脚面,再以床脚面为精基准加工导轨面。

2) 不加工表面原则

若在设计上要求保证加工面与不加工面间的相互位置精度,则应选不加工面为粗基准。如图 1-13 所示的工件,在毛坯铸造时毛孔 2 与外圆 1 之间有偏心。如果外圆 1 是不加工表面,设计上要求外圆 1 与加工后的孔 2 保证一定的同轴度,则在加工时应选不加工表面 1 作为粗基准,加工孔 2 与外圆 1 同轴,壁厚均匀。

如果工件上有好几个不加工表面,则应选其中加工面位置要求较高的不加工面为粗基准,以便于保证精度要求,使外形对称等。

3) 余量最小原则

如果零件上每个表面都要加工,则应选加工余量最小的表面为粗基准,以避免该表面在



项目1 零件加工工艺路线的拟定

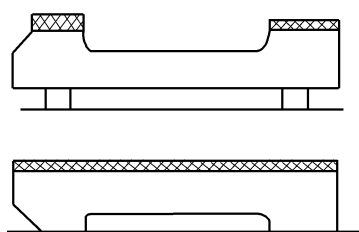


图 1-12 床身加工的粗基准选择

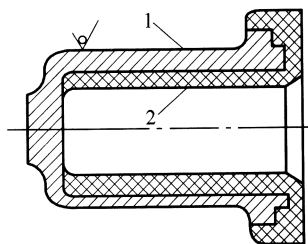


图 1-13 用不需加工的外圆作为粗基准

加工时因余量不足而留下部分毛坯面，造成工件报废。如图 1-14 所示的阶梯轴， A 、 B 、 C 三个外圆表面均需加工， B 外圆表面的加工余量最小，故取其作为粗基准。

4) 使用一次原则

粗基准一般只在第一工序中使用一次，尽量避免重复使用。因为毛坯面粗糙且精度低，重复使用易产生较大的误差。

5) 平整光洁原则

作为粗基准的表面，应尽量平整光洁，有一定面积，不能有飞边、浇口、冒口或其他缺陷，以使工件定位可靠，夹紧方便。

2. 精基准的选择原则

选择精基准时，主要应考虑保证加工精度和工件装夹方便可靠。一般应考虑以下原则。

1) 基准重合原则

应尽量选用零件上的设计基准作为定位基准，以避免定位基准与设计基准不重合而引起的定位误差，如图 1-15 所示。

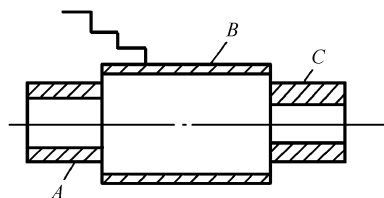


图 1-14 选择余量最小为粗基准

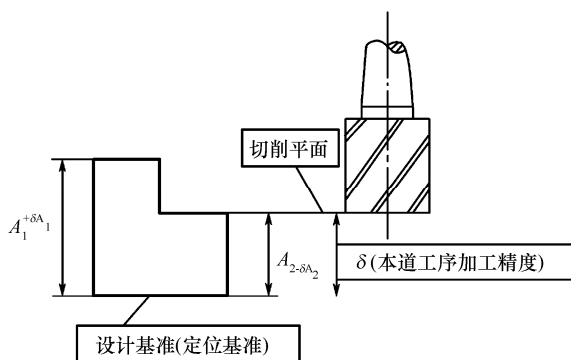


图 1-15 采用基准重合原则加工

2) 基准统一原则

尽可能采用同一个基准定位加工零件上尽可能多的表面，这就是基准统一原则。这样可以减少基准转换，便于保证各加工表面的相互位置精度。例如，加工轴类零件时，如图 1-16 所示，采用两中心孔定位加工各外圆表面，就符合基准统一原则。箱体零件采用一面两孔定



位, 齿轮的齿坯和齿形加工多采用齿轮的内孔及一端面为定位基准, 均属于基准统一原则。采用这一原则可减少工装设计制造的费用, 提高生产率, 并可避免因基准转换所造成的误差。

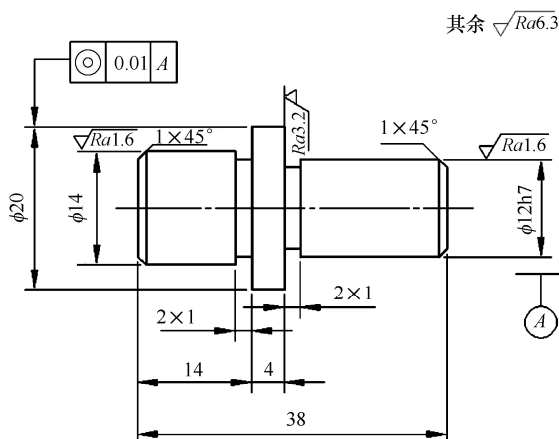


图 1-16 采用基准统一原则定位加工

3) 自为基准原则

某些表面精加工要求加工余量小而均匀时, 常选择加工表面本身作为定位基准, 称为自为基准原则。如图 1-17 所示, 磨削床身导轨面时, 就以导轨面本身为基准, 加工前用千分表找正导轨面, 然后就可以从导轨面上去除一层小且均匀的加工余量。还有浮动镗刀镗孔、珩磨孔、无心磨外圆等, 也都是自为基准的实例。

4) 互为基准原则

当对工件上两个相互位置精度要求很高的表面进行加工时, 需要用两个表面互相作为基准, 反复进行加工, 以保证位置精度要求。如图 1-18 所示, 要保证精密齿轮的齿圈跳动精度, 在齿面淬硬后, 先以齿面定位磨内孔, 再以内孔定位磨齿面, 从而保证位置精度。

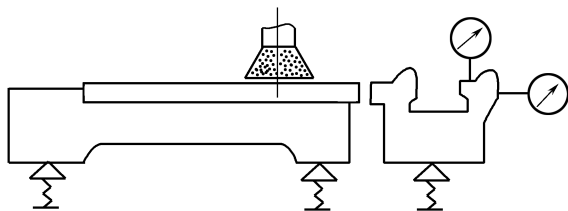
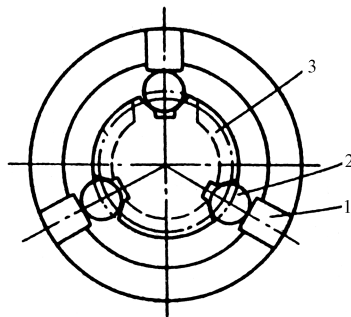


图 1-17 采用自为基准原则加工



1—卡盘; 2—滚柱; 3—齿轮

图 1-18 采用互为基准原则加工

5) 所选精基准应保证工件定位准确, 夹紧可靠, 操作方便

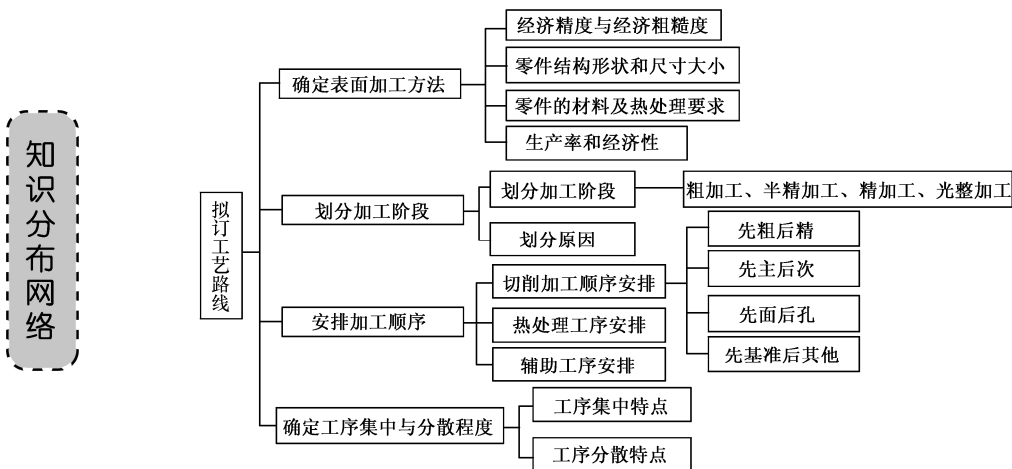
定位基准应有足够大的支承面积, 表面粗糙度值较小, 精度较高。

实际上, 在进行粗、精基准的选择时, 上述原则常常不可能同时满足, 有时还会出现互相矛盾的情况。因此, 在选择时应根据具体情况进行分析, 权衡利弊, 保证其主要的要求。

[illegible]

图 1-19 端盖零件图

任务 1.6 拟订零件工艺路线



机械加工工艺路线是指主要用机械加工的方法将毛坯加工成零件的整个加工路线。在毛



坏确定后，根据零件的技术要求、表面形状、已知的各机床的加工工艺范围、刀具的用途，可以初步拟订零件表面的加工方法，工序的先后顺序，工序是集中还是分散，如何划分加工阶段等。工艺路线不但影响加工质量和生产效率，而且影响工人的劳动强度，影响设备投资、车间面积、生产成本等，是制订工艺规程的关键一步。

1.6.1 确定表面加工方法



扫一扫看确定
表面加工的方法
微课视频

达到同样技术要求的加工方法有很多，在选择表面加工方法时，应在了解各种加工方法特点的基础上，考虑生产率和经济性，考虑零件的结构形状、尺寸大小、材料和热处理要求及工厂的生产条件等。下面分别简要说明表面加工方法选择时主要考虑的几个因素。

1. 加工经济精度与经济粗糙度

任何一种加工方法可以获得的加工精度和表面粗糙度均有一个较大的范围。例如，精细的操作，选择低的切削用量，可以获得较高的精度，但又会降低生产率，提高成本；反之，如增大切削用量提高生产率，成本降低了，但精度也降低了。

由统计资料表明，各种加工方法的加工误差和加工成本之间的关系呈负指数函数曲线形状，如图 1-20 所示。图中横坐标是加工误差（其反方向就是加工精度），纵坐标是加工成本，由图可知，曲线 AB 段区间就属经济精度范围。

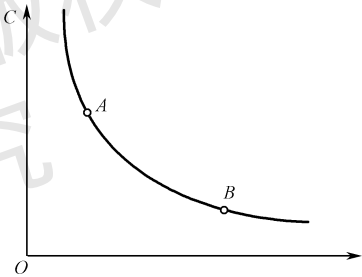


图 1-20 加工误差和成本的关系

所以，对一种加工方法，只有在一定的精度范围内才是经济的，这一定范围的精度就是指在正常加工条件下（采用符合质量标准的设备、工艺装备和标准技术等级的工人、合理的加工时间）所能达到的精度，这一定范围内的精度称为经济精度。相应的粗糙度称为经济粗糙度。

各种加工方法所能达到的经济精度和经济表面粗糙度，以及各种典型表面的加工方法，在机械加工的各种手册中均能查到，下面摘录了一些常用数据供选用时参考。表 1-7 所示为外圆表面加工方法，表 1-8 所示为孔加工方法，表 1-9 所示为平面加工方法，表 1-10 所示为轴线平行的孔的位置精度（经济精度）。

表 1-7 外圆表面加工方法

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济粗糙度值 Ra (μm)	适用范围
1	粗车	IT11~13	12.5~50	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车—半精车	IT8~10	3.2~6.3	
3	粗车—半精车—精车	IT7~8	0.8~1.6	
4	粗车—半精车—精车—滚压（或抛光）	IT7~8	0.025~0.2	
5	粗车—半精车—磨削	IT7~8	0.4~0.8	主要用于淬火钢，也可以用于未淬火钢，但不宜加工有色金属
6	粗车—半精车—粗磨—精磨	IT6~7	0.1~0.4	



项目 1 零件加工工艺路线的拟定

续表

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济粗糙度值 Ra (μm)	适用范围
7	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精加工 (或轮式超精磨)	IT5 以上	0.012~0.1	
8	粗车—半精车—精车—精细车(金刚车)	IT6~7	0.025~0.4	主要用于要求较高的 有色金属加工
9	粗车—半精车—粗磨—精磨—超精磨 (或镜面磨)	IT5 以上	0.006~0.025	极高精度的外圆加工
10	粗车—半精车—粗磨—精磨—研磨	IT5 以上	0.006~0.1	

表 1-8 孔加工方法

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济粗糙度 Ra (μm)	适用范围
1	钻	IT11~13	12.5	加工未淬火钢及铸铁的 实心毛坯, 也可用于加工 有色金属。孔径小于 15~ 20 mm
2	钻—铰	IT8~10	1.6~6.3	
3	钻—粗铰—精铰	IT7~8	0.8~1.6	
4	钻—扩	IT10~11	6.3~12.5	加工未淬火钢及铸铁的 实心毛坯, 也可用于加工 有色金属。孔径大于 15~ 20 mm
5	钻—扩—铰	IT8~9	1.6~3.2	
6	钻—扩—粗铰—精铰	IT7	0.8~1.6	
7	钻—扩—机铰—手铰	IT6~7	0.2~0.4	
8	钻—扩—拉	IT7~9	0.1~1.6	大批、大量生产(精度 由拉刀的精度而定)
9	粗镗(或扩孔)	IT11~13	6.3~12.5	除淬火钢外各种材料, 毛坯有铸出孔和锻出孔
10	粗镗(粗扩)—半精镗(精扩)	IT9~10	1.6~3.2	
11	粗镗(粗扩)—半精镗(精扩)—精镗(铰)	IT7~8	0.8~1.6	
12	粗镗(粗扩)—半精镗(精扩)—精镗— 浮动镗刀精镗	IT6~7	0.4~0.8	
13	粗镗(扩)—半精镗—磨孔	IT7~8	0.2~0.8	主要用于淬火钢, 也可 用于未淬火钢, 但不宜用 于有色金属
14	粗镗(扩)—半精镗—粗磨—精磨	IT6~7	0.1~0.2	
15	粗镗—半精镗—精镗—精细镗(金刚镗)	IT6~7	0.05~0.4	主要用于精度要求高的 有色金属加工
16	钻—(扩)—粗铰—精铰—珩磨; 钻—(扩) —拉—珩磨; 粗镗—半精镗—精镗—珩磨	IT6~7	0.025~0.2	精度要求很高的孔
17	以研磨代替上述方法中的珩磨	IT5~6	0.006~0.1	

表 1-9 平面加工方法

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济粗糙度 Ra (μm)	适用范围
1	粗车	IT11~13	12.5~50	端面
2	粗车—半精车	IT8~10	3.2~6.3	
3	粗车—半精车—精车	IT7~8	0.8~1.6	
4	粗车—半精车—磨削	IT6~8	0.2~0.8	
5	粗刨(或粗铣)	IT11~13	6.3~25	一般不淬平面(端铣表面 粗糙度 Ra 值较小)
6	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)	IT8~10	1.6~6.3	



续表

序号	加工方法	经济精度 (公差等级表示)	经济粗糙度 Ra (μm)	适用范围
7	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)—刮研	IT6~7	0.1~0.8	精度要求较高的不淬硬平面, 批量较大时宜采用宽刃精刨方案
8	以宽刃精刨代替7中的刮研	IT7	0.2~0.8	
9	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)—磨削	IT7	0.2~0.8	精度要求高的淬硬平面或不淬硬平面
10	粗刨(或粗铣)—精刨(或精铣)—粗磨—精磨	IT6~7	0.025~0.4	
11	粗铣—拉	IT7~9	0.2~0.8	大量生产, 较小的平面(精度视拉刀精度而定)
12	粗铣—精铣—磨削—研磨	IT5 以上	0.006~0.1 (或 Rz 0.05)	高精度平面

表 1-10 轴线平行的孔的位置精度（经济精度）

加工方法	工具的定位	两孔轴线间的距离误差 或从孔轴线到平面的 距离误差 (mm)	加工方法	工具的定位	两孔轴线间的距离误差 或从孔轴线到平面的 距离误差 (mm)
立式或摇臂钻钻孔	用钻模	0.1~0.2	卧式铣镗床镗孔	用镗模	0.05~0.08
	按划线	1.0~3.0		按定位样板	0.08~0.2
立式或摇臂钻镗孔	用镗模	0.05~0.03		按定位器的指示读数	0.04~0.06
车床镗孔	按划线	1.0~2.0		用量块	0.05~0.1
	用带有滑磨的角尺	0.1~0.3		用内径规或用塞尺	0.05~0.25
坐标镗床镗孔	用光学仪器	0.004~0.015		用程序控制的坐标装置	0.04~0.05
金刚镗床镗孔	—	0.008~0.02		用游标尺	0.2~0.4
多轴组合机床镗孔	用镗模	0.03~0.05		按划线	0.4~0.6

2. 零件结构形状和尺寸大小
- 零件的形状和尺寸影响加工方法的选择。如小孔一般用铰削，而较大的孔用镗削加工；箱体上的孔一般难于拉削而采用镗削或铰削方法加工；对于非圆的通孔，应优先考虑用拉削或批量较小时用插削加工；对于难磨削的小孔，则可采用研磨加工等。
3. 零件的材料及热处理要求
- 经淬火后的表面，一般应采用磨削加工；材料未淬硬的精密零件的配合表面，可采用刮研加工；对硬度低而韧性较大的金属，如铜、铝、镁铝合金等有色金属，为避免磨削时砂轮嵌塞，一般不采用磨削加工，而采用高速精车、精镗、精铣等加工方法等。
4. 生产率和经济性
- 对于较大的平面，铣削加工生产率较高，而窄长的工件宜用刨削加工；对于大量生产的低精度孔系，宜采用多轴钻；对批量较大的曲面加工，可采用机械靠模加工、数控加工和特种加工等加工方法。



1.6.2 划分加工阶段



扫一扫看加工阶段的划分微课视频

1. 加工阶段

零件的技术要求较高时,零件在进行加工时都应划分加工阶段,按工序性质不同,可划分如下几个阶段。

1) 粗加工阶段

此阶段的主要任务是提高生产率,切除零件被加工面上的大部分余量,使毛坯形状和尺寸接近于成品,所能达到的加工精度和表面质量都比较低。可采用大功率机床,并采用较大的切削用量,提高加工效率,降低零件的生产成本。

2) 半精加工阶段

此阶段要减小主要表面粗加工中留下的误差,使加工面达到一定的精度并留有一定的加工余量,并完成次要表面的加工(钻、攻丝、铣键槽等),为精加工做好准备。

3) 精加工阶段

切除少量加工余量,保证各主要表面达到图纸要求,所得精度和表面质量都比较高。所以此阶段主要目的是全面保证加工质量。

4) 光整加工阶段

此阶段主要针对要进一步提高尺寸精度、降低粗糙度(IT6级以上,表面粗糙度值为 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下)的表面。一般不用于提高形状、位置精度。

2. 划分加工阶段的原因

1) 保证加工质量

在粗加工阶段中加工余量大,切削力和切削热都比较大,所需的夹紧力也大,因而工件要产生较大的弹性变形和热变形。此外,在加工表面切除一层金属后,残存在工件中的内应力要重新分布,也会使工件变形。如果工艺过程不划分阶段,把各个表面的粗、精加工工序混在一起交错进行,那么安排在前面的精加工工序的加工效果,必然会被后续的粗加工工序所破坏,这是不合理的。加工过程划分阶段以后,粗加工工序造成的加工误差,可通过半精加工和精加工予以修正,使加工质量得到保证。

2) 有利于及早发现毛坯缺陷并得到及时处理

粗加工各表面后,由于切除了各加工表面大部分余量,可及早发现毛坯的缺陷(如气孔、砂眼、裂纹和余量不够等),以便及时处理。

3) 便于合理使用设备

粗加工采用刚性好、效率高而精度低的机床,精加工采用精度高的机床,这样可充分发挥机床的性能,延长使用寿命。

4) 便于安排热处理工序和检验工序

如粗加工阶段之后一般安排去应力的热处理,精加工前安排最终热处理,其变形可以通



过精加工予以消除。

应当指出,将工艺过程划分成几个阶段是对整个加工过程而言的,不能拘泥于某一表面的加工或某一工序的性质来判断。划分加工阶段也并不是绝对的。对于刚性好、加工精度要求不高或余量不大的工件,可在一次安装下完成全部粗加工和精加工,为减小夹紧变形对加工精度的影响,可在粗加工后松开夹紧机构,然后用较小的夹紧力重新夹紧工件,继续进行精加工,这对提高加工精度有利。



扫一扫看加工顺序的安排微课视频

1.6.3 安排加工顺序

复杂工件的机械加工工艺路线中要经过切削加工、热处理和辅助工序,如何将这些工序安排在一个合理的加工顺序中,生产中已总结出一些指导性的原则,现分述如下。

1. 切削加工工序顺序的安排原则

1) 先粗后精

一个零件的切削加工过程总是先进行粗加工再进行半精加工,最后是精加工和光整加工。这有利于加工误差和表面缺陷层的逐步消除,从而逐步提高零件的加工精度与表面质量。

2) 先主后次

零件的主要加工表面(一般是指设计基准面、主要工作面、装配基面等)应先加工,而次要表面(键槽、螺孔等)可在主要表面加工到一定精度之后、最终精度加工之前进行加工。

3) 先面后孔

对于箱体、支架、连杆、拨叉等一般机器零件,平面所占轮廓尺寸较大,用平面定位比较稳定可靠,因此其工艺过程总是选择平面作为定位精基准,先加工平面,再加工孔。此外,在加工过的平面上钻孔比在毛坯面上钻孔不易产生孔轴线的偏斜和较易保证孔距尺寸。

4) 先基准后其他

作为精基准的表面要首先加工出来。例如,轴类零件加工中采用中心孔作为统一基准,因此每个加工阶段开始,总是先钻中心孔,修研中心孔。

2. 热处理工序的安排

热处理的目的在于改变材料的性能和消除内应力,它可分为以下两种。

1) 预备热处理

预备热处理的目的是改善切削性能,为最终热处理做好准备和消除内应力,如正火、退火和时效处理等。正火、退火的目的是消除内应力,改善加工性能以及为最终热处理做准备,一般安排在粗加工之前。时效处理是以消除内应力,减小工件变形为目的的,一般安排在粗加工之前后,对于精密零件要进行多次时效处理。调质处理可消除内应力,改善加工性能并能获得较好的综合力学性能,对一些性能要求不高的零件,也可作为最



终热处理。

2) 最终热处理

最终热处理的目的是提高力学性能,如调质、淬火、渗碳淬火、液体碳氮共渗和渗氮等,都属最终热处理,应安排在精加工前后。变形较大的热处理,如渗碳淬火应安排在精加工后磨削前进行,以便在精加工磨削时纠正热处理的变形,调质也应安排在精加工前进行。变形较小的热处理如渗氮等,应安排在精加工后进行。



注意 对于高精度的零件,如精密丝杠等,应安排多次时效处理,以消除残余应力,减小变形。

3. 辅助工序的安排

辅助工序的种类较多,包括检验、去毛刺、清洗、防锈、去磁等。辅助工序也是工艺规程的重要组成部分。例如,未去净的毛刺将影响装夹精度、测量精度、装配精度以及工人安全。研磨后没清洗过的工件会带入残存的砂粒,加剧工件在使用中的磨损;用磁力夹紧的工件没有安排去磁工序,会使带有磁性的工件进入装配线,影响装配质量,等等。

检验工序是主要的辅助工序,它对保证质量,防止产生废品起到重要作用。除了工序中自检外,还需要在下列情况下单独安排检验工序。

- (1) 重要工序前后;
- (2) 送往外车间加工前后;
- (3) 全部加工工序完后。

还有一些特殊的检验,有的安排在精加工阶段(如探伤检验),有的安排在工艺过程最后(如密封性检验、性能测试等),所以要视需要而进行安排。

1.6.4 确定工序集中和工序分散的程度



扫一扫看零件
工艺路线的拟
定微课视频

确定加工方法以后,就要按生产类型和工厂(或车间)具体条件确定工艺过程的工序数。确定工序数有两种截然不同的原则,一是工序集中原则,就是使每个工序所包括的工作尽量多些,使许多工作组成一个复杂的工序,工序最大限度地集中,就是在一个工序内完成工件所有面的加工;另一种是工序分散原则,就是使每个工序所包括的工作尽量少些,工序最大限度地分散,就是某个工序只包括一个简单工步。

1. 工序集中的特点

- (1) 有利于采用高效专用机床和工艺装备,生产效率高;
- (2) 安装次数少,这不但缩短了辅助时间,而且在一次安装下所加工的各个表面之间还容易保持较高的位置精度;
- (3) 工序数目少,设备数量少,可相应减少操作工人人数和减小生产面积;
- (4) 由于采用比较复杂的专用设备和专用工艺装备,生产准备工作量大,调整费时,对产品更新的适应性差。



扫一扫看小
轴仿形加工
演示动画



2. 工序分散的特点

- (1) 机床、刀具、夹具等结构简单, 调整方便;
- (2) 生产准备工作量小, 改变生产对象容易, 生产适应性好;
- (3) 可以选用最合理的切削用量;
- (4) 工序数目多, 设备数量多, 相应地增加了操作工人人数和增大了生产面积。

工序集中和工序分散各有特点, 必须根据生产类型、零件的结构特点和技术要求设备等具体生产条件确定。

一般情况下, 在大批、大量生产中, 宜用多刀、多轴等高效机床和专用机床, 按工序集中原则组织工艺过程, 也可按工序分散原则组织工艺过程。后者特别适合加工尺寸较小, 形状比较简单的零件, 例如轴承制造厂加工轴承外圆、内圈等。在成批生产中, 既可按工序分散原则组织工艺过程, 也可采用多刀半自动车床和六角车床等高效通用机床按工序集中原则组织工艺过程。在单件、小批生产中, 多用工序集中原则组织工艺过程。



做一做 请同学们拟订如图 1-1 所示零件的加工工艺路线。

知识梳理与总结

通过本项目的学习, 我们了解了编制工艺规程的原因、步骤、方法和内容; 重点学习了工艺过程的组成、零件的工艺性分析、生产类型、毛坯的选择和设计、经济加工精度以及拟订零件加工工艺路线的几个原则。我们要借助这些原则, 结合前面所学的知识, 能够初步拟订出一个零件的加工工艺路线, 从而知道零件的加工过程。

思考与练习题 1



扫一扫看
本习题参
考答案

1. 什么是生产过程、工艺过程和工艺规程? 机械加工工艺规程在生产中起何作用?
2. 什么是工序、工步、安装、走刀和工位?
3. 常用的零件毛坯有哪些形式? 各应用于什么场合?
4. 机械加工工艺过程一般划分为哪几个加工阶段? 其主要任务是什么?
5. 机械加工工艺规程设计的步骤主要有哪些?
6. 零件的技术要求包括哪些?
7. 加工阶段是怎样划分的? 这样划分的理由是什么?
8. 工序的集中和分散各有什么优缺点? 各应用于什么场合?
9. 工序顺序安排应遵循哪些原则? 如何安排热处理工序?
10. 某厂年产 4105 型柴油机 2 000 台, 已知连杆的备品率为 5%, 机械加工废品率为 1%, 试计算连杆的年生产纲领, 并说明其生产类型和工艺特点。
11. 什么叫粗基准和精基准? 它们的选择原则是什么?
12. 试叙述在选择精基准时, 采用基准统一原则的好处。
13. 车床床身的导轨面和床脚底面都需加工, 应选取哪一个面为粗基准? 为什么?
14. 加工如图 1-21 (a) 所示零件, 按调整法加工, 试在图中指出:

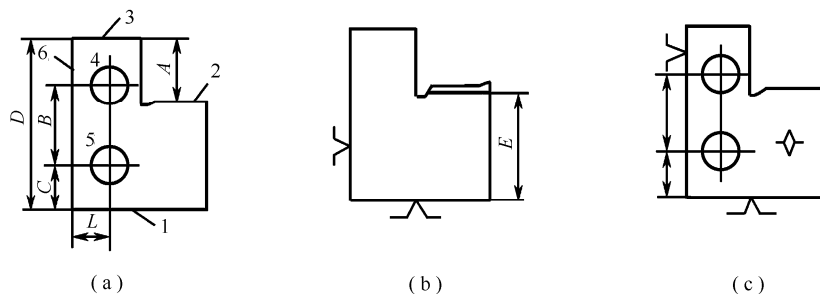


图 1-21

- (1) 指出平面 2 的设计基准，确定加工平面 2 的定位基准、工序基准和测量基准；
- (2) 指出孔 4 的设计基准，确定镗孔 4 的定位基准、工序基准和测量基准（孔 5 已加工完毕）。

15. 试分析图 1-22 所示零件的结构工艺性，并提出改进意见。

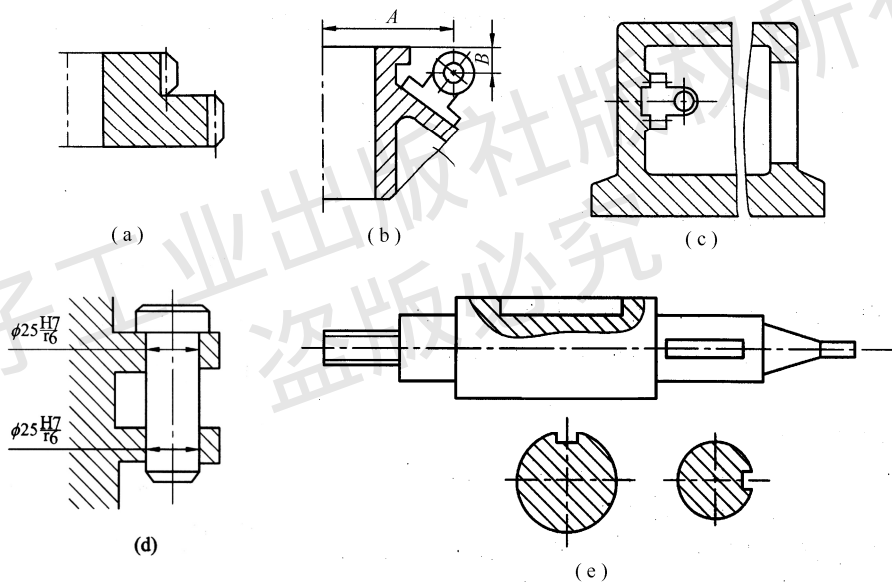


图 1-22