



机械制造工艺编制 与机床夹具设计实例

● 柳青松 赵利民 主编 ● 李荣兵 主审

JIXIE ZHIZAO GONGYI BIANZHI
YU JICHUANG JIAJU SHEJI SHILI



化学工业出版社

机械制造工艺编制 与机床夹具设计实例

- 柳青松 赵利民 主 编
- 朱成俊 王家珂 夏晓平 副主编
- 李荣兵 主 审

JIXIE ZHIZAO GONGYI BIANZHI
YU JICHUANG JIAJU SHEJI SHILI



化学工业出版社

· 北京 ·

《机械制造工艺编制与机床夹具设计实例》涵盖了机械制图、机械工程材料与热处理、金属冷热加工基础(含机床、刀具)、机械原理、机械零件、公差与配合、机械制造工艺、机床夹具设计等课程有关知识的应用,其内容包括课程(毕业)设计任务书、资料查询、方案分析、工艺工装设计,直至课程(毕业)设计说明书的撰写工作。

本书可作为应用技术大学、高职高专机械设计与制造、机械制造与自动化、数控技术、模具设计与制造、机电一体化等机械类专业工艺夹具课程设计或专业实践课教学用书,也可指导同类专业学生开展毕业设计工作,还可作为从事机械制造工作的专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺编制与机床夹具设计实例/柳青松,赵利民
主编. —北京:化学工业出版社,2019.9
ISBN 978-7-122-34753-4

I. ①机… II. ①柳… ②赵… III. ①机械制造工艺-
高等职业教育-教材②机床夹具-设计-高等职业教育-教材
IV. ①TH16②TG750.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第128647号

责任编辑:高钰
责任校对:宋玮

文字编辑:陈喆
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:三河市航远印刷有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张12¼ 字数299千字 2019年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:49.00元

版权所有 违者必究

前言

《机械制造工艺编制与机床夹具设计实例》内容是按照“课程（毕业）设计的基础知识、课程（毕业）设计实例”两部分编撰的。

① 课程（毕业）设计的基础知识：包含课程设计要求、课程设计要求、4类11种典型零件工艺分析及机械加工工艺过程卡、4类30种机械制造工艺编制与机床夹具设计推荐题目选编，以及机械制造工艺编制与机床夹具设计实例常用的相关资料。

② 课程（毕业）设计实例：展现了犁刀变速齿轮箱体的机械加工工艺规程与专用夹具设计的全部内容。学习者按论文开始→零件工艺设计过程与指定工序夹具设计→说明书撰写→参考资料与相关资料的顺序安排学习。

本书由扬州工业职业技术学院、扬州力创机床有限公司、河南工业职业技术学院、常州机电职业技术学院、徐州工业职业技术学院等单位合作编写完成。其中：机械制造工艺编制与机床夹具设计概述由柳青松、赵利民、庄蕾负责编写；典型零件工艺分析及机械加工工艺过程卡片由夏晓平、许晓东、田万英、高梦星负责编写；机械制造工艺与夹具课程（毕业）设计推荐题目由王家珂、徐颖梅、帅率、冯辰负责编写；制造工艺与夹具课程（毕业）设计的常用资料由赵利民、李洪强、王树凤负责编写；犁刀变速齿轮箱体的机械加工工艺规程与专用夹具设计实例由朱成俊、王伟负责编写。全书由柳青松、赵利民任主编并负责统稿，朱成俊、王家珂、夏晓平任副主编，李荣兵任主审。

在编写过程中，编者参考并选用了近几年来国内出版的有关机械加工工艺、机械加工余量、机床夹具设计等方面的著作、标准，我们向有关的著作者表示诚挚的谢意并希望得到他们的指教。

限于编者的水平，书中的不妥之处敬请读者批评指正。

编者
2019年6月

目录

第一部分 课程（毕业）设计的基础知识

第一章 机械制造工艺编制与机床夹具设计概述 / 002

一、工艺编制与夹具设计的目的	002
二、工艺编制与夹具设计的任务及要求	003
(一) 任务书	003
(二) 要求	003
(三) 进度与时间安排	003
(四) 成绩评定	004
三、工艺编制与夹具设计的方法与步骤	004
(一) 工艺设计	005
(二) 专用夹具设计	014
(三) 编写课程设计说明书	015
(四) 参考资料	016
四、对学习者的建议	016
(一) 设计应贯彻标准化原则	016
(二) 撰写说明书应注意的事项	017
(三) 拟定工艺路线应注意的事项	017
五、工艺编制与夹具设计的内容	018
(一) 文本内容及要求	018
(二) 文本打印要求	019
(三) 封面格式	020
(四) “课程（毕业）设计说明书”目录格式	021
(五) 任务书	022
(六) 论文文本内容	023

第二章 典型零件工艺分析及机械加工工艺过程卡 / 024

第一节 轴类零件工艺分析及机械加工工艺过程卡	024
一、定位销轴零件的加工	024
(一) 定位销轴零件的图样分析	024
(二) 定位销轴零件的工艺分析	025
(三) 定位销轴零件的机械加工工艺过程卡	025

二、凸轮轴零件的加工	025
(一) 凸轮轴零件的图样分析	025
(二) 凸轮轴零件的工艺分析	025
(三) 凸轮轴零件的机械加工工艺过程卡	026
三、活塞杆零件的加工	026
(一) 活塞杆零件的图样分析	026
(二) 活塞杆零件的工艺分析	027
(三) 活塞杆零件的机械加工工艺过程卡	028
第二节 盘套类零件工艺分析及机械加工工艺过程卡	028
一、偏心套零件的加工	028
(一) 偏心套零件的图样分析	028
(二) 偏心套零件的工艺分析	028
(三) 偏心套零件的机械加工工艺过程卡	029
二、密封件定位套零件的加工	029
(一) 密封件定位套零件的图样分析	029
(二) 密封件定位套零件的工艺分析	030
(三) 密封件定位套零件的机械加工工艺过程卡	030
三、柱塞套零件的加工	030
(一) 柱塞套零件的图样分析	030
(二) 柱塞套零件的工艺分析	031
(三) 柱塞套零件的机械加工工艺过程卡	031
第三节 箱体类零件工艺分析及机械加工工艺过程卡	032
一、车床尾座体零件的加工	032
(一) 车床尾座体零件的图样分析	032
(二) 车床尾座体零件的工艺分析	032
(三) 车床尾座体零件的机械加工工艺过程卡	034
二、减速器箱体零件的加工	034
(一) 减速器箱体零件的图样分析	034
(二) 减速器箱体零件的工艺过程分析	035
(三) 减速器箱体零件的机械加工工艺过程卡	035
三、不同生产条件下箱体类零件的工艺规程编制方法	035
第四节 支架类零件工艺分析及机械加工工艺过程卡	038
一、连杆零件的加工	038
(一) 连杆零件的图样分析	038
(二) 连杆零件的工艺分析	040
(三) 连杆零件的机械加工工艺过程卡	040
二、气门摇臂轴支座零件的加工	041
(一) 气门摇臂轴支座零件的图样分析	041
(二) 气门摇臂轴支座零件的工艺分析	041
(三) 气门摇臂轴支座零件的机械加工工艺过程卡	041

三、轴承座零件的加工·····	041
(一) 轴承座零件的图样分析·····	041
(二) 轴承座零件的工艺分析·····	043
(三) 轴承座零件的机械加工工艺过程卡·····	043
第三章 机械制造工艺与夹具课程(毕业)设计推荐题目 / 044	
第一节 课程(毕业)设计推荐题目·····	044
一、轴类零件课程设计题目·····	044
二、盘套类零件课程设计题目·····	049
三、箱体类零件课程设计题目·····	055
四、支架类零件课程设计题目·····	061
第二节 使用推荐题目的简要说明·····	067
第四章 制造工艺与夹具课程(毕业)设计的常用资料 / 073	
第一节 各种加工方法的经济精度及表面粗糙度·····	073
一、典型表面加工的经济精度及表面粗糙度·····	073
(一) 内圆表面加工的经济精度及表面粗糙度·····	073
(二) 外圆表面加工的经济精度及表面粗糙度·····	074
(三) 平面加工的经济精度及表面粗糙度·····	074
(四) 花键加工的经济精度·····	076
(五) 齿形加工的经济精度·····	076
(六) 齿轮、花键加工的表面粗糙度·····	076
(七) 圆锥形孔加工的经济精度·····	077
(八) 公制螺纹(即米制螺纹)加工的经济精度及表面粗糙度·····	077
二、常用加工方法的形状和位置经济精度·····	077
(一) 直线度、平面度的经济精度·····	077
(二) 圆度、圆柱度的经济精度·····	078
(三) 平行度、倾斜度、垂直度的经济精度·····	078
(四) 同轴度、圆跳动、全跳动的经济精度·····	078
三、常用机床加工的形状和位置精度·····	078
(一) 车床加工的经济精度·····	078
(二) 铣床加工的经济精度·····	079
(三) 钻床加工的经济精度·····	079
四、各种加工方法的经济精度·····	079
五、标准公差值与形位公差值·····	080
(一) 标准公差值·····	080
(二) 平面度、直线度公差值·····	081
(三) 圆度、圆柱度公差值·····	081
(四) 平行度、垂直度、倾斜度公差值·····	082
(五) 同轴度、对称度、圆跳动、全跳动公差值·····	082

第二节 机械加工工序间的加工余量及偏差	083
一、轴的加工余量及偏差	083
(一) 粗车及半精车外圆加工余量及偏差	083
(二) 半精车后磨外圆加工余量及偏差	084
(三) 研磨外圆加工余量	084
(四) 抛光外圆加工余量	084
(五) 超精加工余量	085
二、端面的加工余量及偏差	085
(一) 粗车端面后, 正火调质的加工余量	085
(二) 精车端面的加工余量	085
(三) 精车端面后, 经淬火的端面磨削加工余量	086
(四) 磨端面的加工余量	086
三、槽的加工余量及公差	086
四、孔的加工余量	087
(一) 基孔制 7 级公差等级 (H7) 孔的加工余量	087
(二) 基孔制 8 级公差等级 (H8) 孔的加工余量	088
五、研磨孔的加工余量	089
六、平面的加工余量	089
(一) 平面第一次粗加工余量	089
(二) 平面粗刨后精铣加工余量	089
(三) 铣平面加工余量	089
(四) 磨平面加工余量	090
(五) 凹槽加工的加工余量及偏差	090
(六) 研磨平面的加工余量	090
七、切除渗碳层的加工余量	091
第三节 攻螺纹前底孔直径和套螺纹前圆杆直径尺寸的确定	091
一、普通螺纹钻底孔用钻头的直径尺寸	091
二、英制螺纹钻底孔用钻头的直径尺寸	093
三、圆柱管螺纹钻底孔用钻头的直径尺寸	093
四、圆锥管螺纹钻底孔用钻头的直径尺寸	093
五、套螺纹前圆杆的直径尺寸	094
第四节 《工艺规程格式》(JB/T 9165.2—1998) 摘录	095
一、机械加工工艺过程卡 (格式 9)	095
二、机械加工工序卡 (格式 10)	096
第五节 《机械加工定位、夹紧符号》(JB/T 5061—2006) 摘录	097
一、符号	097
(一) 定位支承符号	097
(二) 辅助支承符号	097
(三) 夹紧符号	097
(四) 常用装置符号	098

二、定位、夹紧符号和装置符号的标注示例·····	101
第六节 刀具的锥柄·····	105
一、7/24 螺旋拉紧锥柄·····	105
二、莫氏带扁尾刀柄·····	106
三、莫氏带螺纹刀柄·····	106
第七节 夹具设计部分元件资料·····	107
一、固定式定位销 (JB/T 8014.2—1999)·····	107
二、座耳主要尺寸·····	108
三、T形槽主要尺寸·····	109
四、内六角头螺栓的相关连接尺寸·····	109
第八节 机械加工余量·····	110
第九节 切削用量计算与工时定额计算·····	110
一、切削用量的选择原则·····	110
(一) 粗加工时切削用量的选择原则·····	110
(二) 精加工时切削用量的选择原则·····	111
二、切削用量计算·····	112
三、机械加工工时定额计算·····	113
第十节 工艺设计手册、教材与相关标准参考书目·····	113
一、工艺设计手册·····	113
二、教材·····	114
三、相关标准·····	114

第二部分 犁刀变速齿轮箱体的机械加工工艺流程与专用夹具设计实例

附表一 定位销轴零件的机械加工工艺流程卡 / 168
附表二 凸轮轴零件的机械加工工艺流程卡 / 169
附表三 活塞杆零件的机械加工工艺流程卡 / 171
附表四 偏心套零件的机械加工工艺流程卡 / 173
附表五 密封件定位套零件的机械加工工艺流程卡 / 175
附表六 柱塞套零件的机械加工工艺流程卡 / 177
附表七 C6125 车床尾座体零件的机械加工工艺流程卡 / 178
附表八 一级减速器箱体零件的机械加工工艺流程卡 / 179
附表九 连杆零件的机械加工工艺流程卡 / 181
附表十 气门摇臂轴支座零件的机械加工工艺流程卡 / 184
附表十一 轴承座零件的机械加工工艺流程卡 / 185
参考文献 / 186

第一部分

课程（毕业）设计的基础知识

课程（毕

业）设计的基础知识由机械制造

工艺编制与机床夹具设计概述、典型零件的

工艺分析及机械加工工艺过程卡、机械制造工艺与

夹具课程（毕业）设计推荐题目，以及制造工艺与夹具

课程（毕业）设计的常用资料4部分内容构成，为学习者

开展机械制造工艺编制与机床夹具设计学习提供设计程

序、内容、相关资料以及依据等。

第一章

机械制造工艺编制与机床夹具设计概述

我们已经学习了机械制图、机械工程材料与热处理、金属冷热加工基础（含机床、刀具）、机械原理、机械零件、公差与配合、机械制造工艺、机床夹具设计等课程。为了更好地将相关知识高效综合应用在课程设计（毕业设计）专业实战学习过程中，本章以机械制造工艺编制与机床夹具设计的目的、任务与要求、方法与步骤、建议以及设计内容为顺序进行编撰，以期学习者准确合理开展课程设计（毕业设计）、资料查询、方案分析、工艺工装设计直至说明书的撰写工作。

一、工艺编制与夹具设计的目的

在学习机械制图、机械工程材料与热处理、金属冷热加工基础（含机床、刀具）、机械原理、机械零件、公差与配合、机械制造工艺、机床夹具设计等课程后的一个重要实践教学环节是以机械制造工艺为核心的课程设计。学生通过课程设计能获得综合运用所学知识进行工艺设计和结构设计的能力，为以后做好毕业设计、走上工作岗位进行一次综合训练，做好准备。它要求学生全面、综合运用本课程及有关已修课程的理论和实践知识，进行零件加工工艺规程的设计和机床专用夹具的设计。培养目标如下。

① 通过课程设计，熟练运用机械制造工艺学课程中的基本理论以及在生产实习中学到的知识，正确解决零件在加工中定位、夹紧以及工艺路线安排、工艺尺寸确定等问题，保证零件的加工质量，初步具备设计一个中等复杂程度零件的工艺规程的能力。

② 学生通过夹具设计的训练，能根据被加工零件的加工要求，运用夹具设计的基本原理和方法，学会拟定夹具设计方案，设计出高效、省力、经济合理并能保证加工质量的夹具，提高结构设计能力。

③ 培养学生应用工艺设计手册、夹具设计手册、切削手册以及相关标准、图表等技术资料的能力，指导学生分析零件加工的技术要求和企业具备的加工条件，掌握从事工艺设计的方法和步骤。

④ 进一步培养学生的识图、制图、设计计算、结构设计和编写技术文件等基础技能。

⑤ 培养学生耐心细致、科学分析、周密思考、吃苦耐劳的良好习惯。

⑥ 培养学生解决工艺问题的能力，为学生今后进行毕业设计和去企业从事工艺编制、夹具设计等工作打下良好的基础。

⑦ 通过工程训练以及科学的思想作风和工作作风的培养，使学生具有工程质量的概念，初步具备机械制造工艺综合设计能力。

二、工艺编制与夹具设计的任务及要求

课程（毕业）设计任务书是指高等学校专业教师依据国家标准、教学管理制度以及课程（毕业）设计标准，承载一定的教学评价目的，并将技术要求以文字、图表形式写出的文件。包含课程（毕业）设计的题目、专业、学生学号、姓名、主要内容、基本要求、主要参考文献等。

（一）任务书

题目：设计×××××零件的机械加工工艺规程及×××××工序的专用机床夹具。

根据所提供的零件图样、年产量、每日班次（生产纲领）和生产条件等原始资料，完成以下任务：

- | | |
|----------------------------------|-------|
| ① 绘制被加工零件的零件图 | 1 张 |
| ② 绘制被加工零件的毛坯图（零件-毛坯合图） | 1 张 |
| ③ 编制机械加工工艺规程卡（工艺过程卡、工序卡或工艺过程综合卡） | 1 套 |
| ④ 设计并绘制夹具装配总图 | 1 张 |
| ⑤ 设计并绘制夹具主要零件图（通常为夹具体与关键零件） | 1~2 张 |
| ⑥ 编写课程设计说明书 | 1 份 |

（二）要求

本次设计要求编制一个中等复杂程度、中批或大批生产的零件的机械加工工艺规程，学生应像在工厂接受实际设计任务一样，认真对待课程设计，在老师的指导下，根据设计任务，合理安排时间和进度，认真地、有计划地按时完成设计任务，培养良好的工作作风；按教师指定的任务设计其中一道工序的专用夹具，并撰写设计说明书。必须以负责的态度对待自己所做的技术决定、数据和计算结果。注意理论与实践的结合，以期使整个设计在技术上是先进的，在经济上是合理的，在生产上是可行的。

具体内容如下。

- ① 确定生产类型（一般为中批或大批生产），对零件进行工艺分析。
- ② 选择毛坯种类及制造方法，绘制毛坯图（零件-毛坯合图）。
- ③ 拟定零件的机械加工工艺过程，选择各工序加工设备及工艺装备（刀具、夹具、量具、辅具），确定各工序切削用量及工序尺寸，计算某一代表工序的工时定额。
- ④ 填写工艺文件，包括工艺过程卡（或工艺卡片）、工序卡（也可视工作量大小只填部分主要工序的工序卡）。
- ⑤ 设计指定工序的专用夹具，绘制装配总图和主要零件图 1~2 张。
- ⑥ 撰写设计说明书。

（三）进度与时间安排

根据教学计划，本课程设计时间为 2~3 周，参考的进度及时间大致分配如下：

- ① 明确生产类型，熟悉零件及各种资料，分析研究被加工零件，画零件图 约占 8%
- ② 工艺设计（画毛坯图、拟定工艺路线，选择加工设备及工艺装备，填写工艺过程卡）
约占 8%
- ③ 工序设计（加工余量，切削用量，工序尺寸，时间定额，工序简图，填写工序卡）
约占 20%
- ④ 夹具设计（草图、夹具装配图及夹具零件图）
约占 45%

⑤ 编写课程设计说明书

约占 15%

⑥ 答辩

约占 4%

(四) 成绩评定

学生在完成课程设计任务后,应在课程设计的全部图样及说明书上签字,指导教师予以审核。教师对照课程设计的培养目标,根据学生所提交工艺文件、图样和说明书质量,答辩时回答问题的情况,以及平时的工作态度、独立工作能力等诸方面表现,综合评定学生的成绩。设计成绩分优秀、良好、中等、及格和不及格五级。不及格者将另行安排时间补做。

三、工艺编制与夹具设计的方法与步骤

机械制造工艺与机床夹具课程设计内容主要由工艺设计、专用夹具设计、撰写课程设计说明书以及答辩 4 部分组成,如图 1-1 所示。

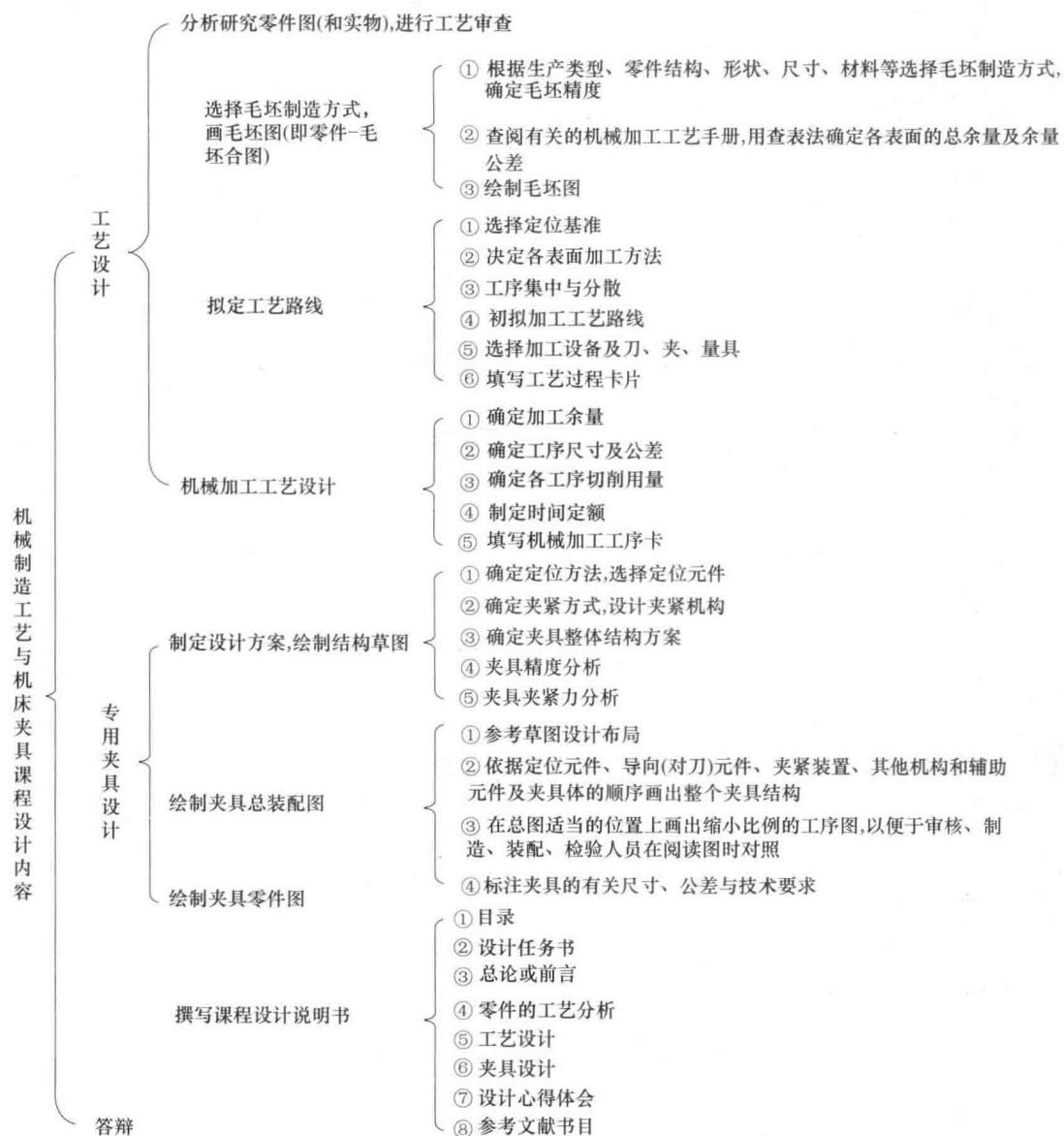


图 1-1 机械制造工艺与机床夹具课程设计内容框图

(一) 工艺设计

1. 分析研究被加工零件及画零件图

学生接受设计任务后,应首先对被加工零件进行结构分析和工艺分析。其主要内容包括:

① 弄清零件的结构形状,明白哪些表面需要加工、哪些表面不要加工、哪些是主要加工表面、哪些表面是次要加工表面,分析各加工表面的形状、尺寸、精度、表面粗糙度以及设计基准等;

② 在有条件的情况下,了解零件在整个机器上的作用及工作条件;

③ 明确零件的材质、热处理方法及零件图上的技术要求;

④ 分析零件的工艺性,对各个加工表面制造的难易程度做到心中有数。

所谓结构工艺性好,是指在一定的工艺条件下,既能方便制造,又有较低的成本。王家珂主编《机械零件加工工艺编制》在轴类零件加工工艺编制与实施一章中列举了常见的零件结构工艺性分析实例。一般情况下,指导教师所给课程设计零件具有较好的工艺性,但学生如发现零件的结构工艺性差,或尺寸不全,可向教师提出。

零件各尺寸精度等级、各表面形状位置精度一般不同,设计开始前应找出精度要求高的参数及其所涉及的表面。

绘制被加工零件图的目的是加深对零件的理解,并非机械地抄图。绘图时应进一步认识、分析零件。学生就原始零件图上遗漏、错误、工艺性差或不符合标准处所提出的修改意见,经指导教师认可后,在绘图时加以改正。应按机械制图国家标准仔细绘图,除特殊情况需经指导教师同意外,均按 1:1 比例画出。

2. 明确生产类型和工艺过程特点

在计划期内应当生产的产品产量和进度计划称为生产纲领。计划期为一年的生产纲领称为年生产纲领。

根据产品大小和年生产纲领,可按表 1-1 所示明确零件的生产类型。

表 1-1 生产类型与零件的年生产纲领的关系

件/年

生产类型		零件的年生产纲领		
		重型(零件质量大于 2000kg)	中型(零件质量 100~2000kg)	小型 (零件质量小于 100kg)
单件生产		≤5	≤20	≤100
成批生产	小批生产	5~100	20~200	100~500
	中批生产	100~300	200~500	500~5000
	大批生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

各种生产类型的工艺过程特点如表 1-2 所示。

表 1-2 各种生产类型的工艺过程特点

项目	生产类型		
	单件生产	成批生产	大批量生产
工件的互换性	一般是配对制造,没有互换性,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

项目	生产类型		
	单件生产	成批生产	大批量生产
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, 或数控机床、加工中心	数控机床、加工中心或柔性制造单元。设备条件不够时, 也采用部分通用机床、专用机床	专用生产线、自动生产线、柔性制造生产线或数控机床
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	广泛采用夹具或组合夹具, 部分靠加工中心一次安装	广泛采用高生产率夹具, 靠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	可以采用专用刀具及专用量具或三坐标测量机	广泛采用高生产率刀具和量具, 或采用统计分析法保证质量
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和编程技术人员	对操作工人的技术要求较低, 对生产线维护人员要求高
工艺规程	有简单的工艺卡	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

3. 选择毛坯, 确定毛坯的尺寸与公差

(1) 选择毛坯

毛坯分为铸件、锻件、型材、焊接件等。各类毛坯的比较如表 1-3 所示。

表 1-3 各类毛坯的比较

毛坯种类	制造精度 (IT)	加工余量	原材料	工件尺寸	工件形状	机械性能	适用生产类型
型材	—	大	各种材料	小型	简单	较好	各种类型
型材焊接件	—	一般	钢材	大、中型	较复杂	有内应力	单件
砂型铸造	13 级以下	大	铸铁、铸钢、青铜	各种尺寸	复杂	差	单件小批
自由锻造	13 级以下	大	钢材为主	各种尺寸	较简单	好	单件小批
普通模锻	11~15	一般	钢、锻铝、铜等	中、小型	一般	好	中、大批量
钢模铸造	10~12	较小	铸铝为主	中、小型	较复杂	较好	中、大批量
精密锻造	8~11	较小	钢材、锻铝等	小型	较复杂	较好	大批量
压力铸造	8~11	小	铸铁、铸钢、青铜	中、小型	复杂	较好	中、大批量
熔模铸造	7~10	很小	铸铁、铸钢、青铜	小型为主	复杂	较好	中、大批量
冲压件	8~10	小	钢	各种尺寸	复杂	好	大批量
粉末冶金件	7~9	很小	铁、铜、铝基材料	中、小尺寸	较复杂	一般	中、大批量
工程塑料件	9~11	较小	工程塑料	中、小尺寸	复杂	一般	中、大批量

选择毛坯时应考虑以下因素。

① 生产批量的大小。当零件生产批量较大时, 应采用精度与生产率都比较高的毛坯制

造方法，以便减少材料消耗和机械加工费用；当零件产量较小时，应选用精度和生产率较低的毛坯制造方法，如自由锻造锻件和手工造型铸件等。

② 零件材料及对材料组织和性能的要求。铸铁、青铜、铝等材料具有较好的可铸性，可用于铸件，但可塑性较差，不宜做锻件。重要的钢制零件，为保证良好的力学性能，无论结构形状简单还是复杂，均不宜直接选取轧制型材，而应选用锻件毛坯。锻件机械性能较好，有较高的强度和冲击韧性，但毛坯的形状不宜复杂，如轴类和齿轮类零件的毛坯常用锻件。

③ 零件的结构形状及外形尺寸。铸件毛坯的形状可以相当复杂，尺寸可以相当大，且吸振性能较好，但铸件的机械性能较低，一般壳体零件的毛坯多用铸件。台阶直径相差不大的阶梯轴，可直接选取圆棒料（力学性能无特殊要求时）；直径相差较大时，为减少材料消耗和机械加工劳动量，则宜选择锻件毛坯。一些非旋转体的板条形钢制零件，多为锻件。尺寸大的零件，目前只能选取毛坯精度和生产率都比较低的自由锻造和砂型铸造；而中小型零件，则可选用模锻、精锻、熔模铸造及压力铸造等先进的毛坯制造方法。

型材包括圆形、方形、六角形及其他断面形状的棒料、管料及板料。棒料常用在普通车床、六角车床及自动和半自动车床上加工轴类、盘类及套类等中小型零件。冷拉棒料比热轧棒料精度高且机械性能好，但直径较小。板料常用冷冲压的方法制成零件，但毛坯的厚度不宜过大。

④ 现有生产条件。选择毛坯时，要考虑毛坯制造的实际水平、生产能力、设备情况及外协的可能性和经济性。

(2) 确定毛坯的尺寸与公差

由零件的最终加工尺寸和加工余量可确定毛坯的尺寸，对于铸件可依据国家标准“GB/T 6414—2017 铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量”，对于锻件可依据国家标准“GB/T 12362—2016 钢质模锻件公差及机械加工余量”。具体详见第四章的“第十节 三、相关标准”的内容。

锻件机械加工余量与形状复杂系数和零件的表面粗糙度要求有关。形状复杂时，加工余量应大些；形状简单时，加工余量可小些。零件加工后，表面粗糙度有大有小，因此所需的锻件余量是不同的。根据形状复杂系数和粗糙度容易查得锻件机械加工余量，还可根据国家标准 GB/T 12362—2016 确定锻件模锻斜度和圆角半径。

4. 选择加工方法，拟定工艺路线

对于比较复杂的零件，可以先考虑几个加工方法，经分析比较后，从中选出比较合理的加工方法，需要完成以下工作。

(1) 选择定位基准

定位是让工件占有正确位置的过程，夹紧是指在工件定位后将其固定。掌握“六点定位原理”，懂得“过定位”“欠定位”“完全定位”“不完全定位”是选择定位基准的基础。

定位基准分为粗基准和精基准。未经机械加工的毛坯表面作定位基准，称为粗基准，粗基准往往在第一道工序第一次装夹中使用。如果定位基准是经过机械加工的，称为精基准。精基准和粗基准的选择原则是不同的。

① 选择粗基准。

选择粗基准时，主要考虑如何保证加工表面与不加工表面之间的位置和尺寸要求，保证加工表面的加工余量均匀和足够，以及减少装夹次数等。具体原则有以下几方面。

- a. 粗基准要选择平整、面积大的表面。
- b. 如果零件上有一个不需加工的表面，在该表面能够被利用的情况下，应尽量选择该表面作粗基准。
- c. 如果零件上有几个不需要加工的表面，应选择其中与加工表面有较高位置精度要求的不加工表面作为第一次装夹的粗基准。
- d. 如果零件上所有表面都需机械加工，则应选择加工余量最小的毛坯表面作粗基准。
- e. 粗基准一般只能用一次。

② 选择精基准。选择精基准时，主要应考虑如何保证加工表面之间的位置精度、尺寸精度和装夹方便，其主要原则如下。

- a. 基准重合原则。即选择设计基准作为本道加工工序的定位基准，也就是说，应尽量使定位基准与设计基准相重合。这样可避免因基准不重合而引起的定位误差。
- b. 基准统一原则。在零件加工的整个工艺过程中，或者有关的某几道工序中，尽可能采用同一个（或一组）定位基准来定位，称为基准统一原则。
- c. 互为基准原则。若两表面间的相互位置精度要求很高，而表面自身的尺寸和形状精度很高时，可以采用互为基准、反复加工的方法。
- d. 自为基准原则。如果只要求从加工表面上均匀地去掉一层很薄的余量时，可采用已加工表面本身作定位基准。

(2) 选择表面加工方法

选择表面加工方法的原则是：既要保证精度要求，又要成本低，经济合算。例如，与外圆磨床相比，车床加工精度低，所获得的表面质量差，如要获得相同的加工精度，需要采取特别的措施，这样会大大增加成本，不够经济，因而不可取。各种加工方法在正常加工条件下（不采取特别的措施）所能保证的加工精度和表面粗糙度称为加工经济精度。很多工艺手册和工艺教材都有介绍“加工方法”或“经济精度”的章节，查阅这些资料，掌握各种加工方法及其所对应的经济精度可帮助正确选择加工方法。

(3) 安排加工顺序，划分加工阶段，拟定工艺路线

这部分内容工艺教材都有介绍。工艺过程一般分为粗加工阶段和精加工阶段，有时分得更细。精加工阶段倾向于采用先进、精密的设备，粗加工阶段使用普通设备和一般技术水平的工人，这种分开是必要的，可合理利用设备和人员。

机械加工顺序的安排一般应为：先粗加工，后精加工；先加工面，后加工孔；先加工主要表面，后加工次要表面；先加工用于定位的基准，再以基准定位加工其他表面；热处理按段穿插，检验按需安排。还需考虑工序集中与分散等问题。

工艺教材对外圆、内孔、平面（即所谓的典型表面）的加工路线都有详细介绍，学生可阅读相关内容。

5. 进行工序设计和工艺计算

(1) 选择机床及工艺装备

机床是加工装备，其他装备包括刀具、夹具、量具等。中批生产条件下，通常采用通用机床加专用工具、夹具；大批大量生产条件下，多采用高效专用机床、组合机床流水线、自动线与随行夹具。产品变换多，宜选数控机床；零件有难以加工或无法加工的复杂曲线、曲面，也宜选用数控机床。大型零件选择大型机床加工；小型零件选择小型机床加工。

多数工艺手册都有专门章节分别介绍常用机床、刀具、磨具、量具、量仪。通过第四章