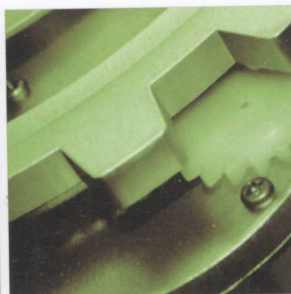
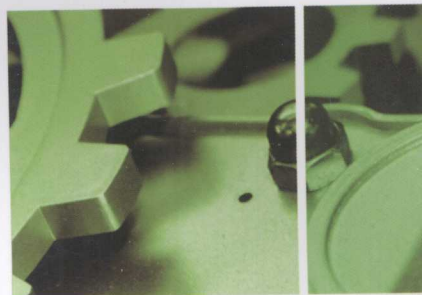




国家级工程训练实验教学示范中心系列规划教材

工程训练

主 编 张艳蕊 王明川 刘晓微
主 审 李世杰



科学出版社

013071557

TH16
271

国家级工程训练实验教学示范中心系列规划教材

工程训练

主 编 张艳蕊 王明川 刘晓微

副主编 王铁成 毕海霞 王海涛

主 审 李世杰



科学出版社

北京

TH16

271

013071257

内 容 简 介

为了培养学生在现代化工程训练过程中的工程素质和综合能力，建立大机械、大制造、大工程的概念，本书按照适应现代化大工程背景下工程训练的要求而编写。本书分为四篇共 17 章，包括工程训练总论篇的工程训练概述、工程训练基础知识；传统加工篇的铸造、锻压、焊接、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、钳工；现代加工篇的数控加工技术基础知识、数控车削加工、数控铣削加工、数控电火花线切割加工、特种加工技术；工程创新启迪篇的创新基本理论、产品方案设计。

本书可供高等院校机械类和非机械类专业学生参加工程训练实践教学使用，也可供大专、职专、技校以及其他工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练 / 张艳蕊, 王明川, 刘晓微主编. —北京: 科学出版社, 2013.7
国家级工程训练实验教学示范中心系列规划教材

ISBN 978-7-03-038116-3

I. ①工… II. ①张…②王…③刘… III. ①机械制造工艺—高等学校—教材
IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 149116 号

责任编辑: 邓 静 / 责任校对: 宣 慧

责任印制: 闫 磊 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

安泰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 7 月第一次印刷 印张: 18.5

字数: 492 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

京 北

d1HT
1/5

前 言

随着现代科学技术的迅猛发展, 整个社会对人才的需求发生着深刻的变化, 高等教育对学生的培养目标也发生着很大的转变。工程训练实践教学作为高等教育的一个重要环节, 为了适应时代的需求, 在工程训练的实践教学, 逐步实现由传统的金工实习向现代工程训练的教学方向转化, 由单一技能训练向综合化、拓展化、网络化、系统化的集成技术训练方向转化, 由操作技能训练向技能与管理、技能与创新实践相结合的方向转化。为了培养学生在现代化工程训练过程中的工程素质和综合能力, 建立大机械、大制造、大工程的概念, 本书按照适应现代化大工程背景下工程训练的要求而编写。

本书结合编者多年的教学经验, 在编写过程中体现出以下特点:

(1) 本书根据教育部制定并实施的“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神, 以“学习工艺知识, 提高工程素质, 培养创新精神”为宗旨, 探索现代工程训练的的内涵和方式, 遵循实践教学的特点而编写;

(2) 加强基本知识介绍, 以更好地帮助学生理解各工艺方法的实质, 使学生在工程训练实习过程中可以有意识地完成各种操作, 达到培养实践能力的目的;

(3) 加强了对先进制造技术和新工艺、新材料内容的介绍, 以扩展学生的眼界和知识面;

(4) 注重对学生工程素质和综合能力的培养, 在介绍各种工艺方法和设备的同时, 还注意帮助学生建立质量、经济、安全、环保、市场等意识。

本书可供高等院校机械类和非机械类专业参加工程训练教学使用, 也可供大专、职校、技校以及工程技术人员使用。全书共分为四篇, 由张艳蕊、毕海霞、王铁成、王海涛编写第一篇和第四篇, 由刘晓微、邢军、李华年、刘磊、张啸、王跃华、路莉、安伟、王力、张桂芳、吴顺利、杨瑾编写第二篇, 由王明川、张玉珮、王伟、马玉琼、由希雨编写第三篇。李世杰教授对本书进行了细致的审阅, 并提出很多宝贵意见, 在此表示衷心感谢。

在本书的编写过程中, 参考了许多有关的教材和资料, 借鉴了一些高校近年来金工实习教学改革成果, 在此一并致以谢意。由于编者水平有限, 书中疏漏和不妥之处在所难免, 敬请读者和同行们批评指正。

编 者

2012 年 12 月

目 录

| | | |
|----------------------|--------------------|----|
| 前言 | 3.3.1 造型 | 31 |
| | 3.3.2 造芯 | 38 |
| | 3.3.3 合型 | 39 |
| | 3.4 熔炼、浇铸、落砂与清理 | 39 |
| | 3.4.1 合金的熔炼 | 39 |
| | 3.4.2 合金的浇铸 | 42 |
| | 3.4.3 铸件的落砂 | 42 |
| | 3.4.4 铸件的清理 | 43 |
| | 3.5 砂型铸造工艺设计 | 43 |
| | 3.5.1 分型面和浇铸位置 | 43 |
| | 3.5.2 浇铸系统 | 44 |
| | 3.5.3 冒口 | 46 |
| | 3.5.4 铸造工艺参数 | 46 |
| | 3.5.5 铸造工艺图 | 47 |
| | 3.6 特种铸造及铸造新技术 | 47 |
| | 3.6.1 特种铸造 | 47 |
| | 3.6.2 铸造新技术 | 50 |
| | 3.7 铸件质量分析与控制 | 53 |
| | 3.7.1 常见铸件缺陷及分析 | 53 |
| | 3.7.2 铸件缺陷的检验 | 55 |
| | 3.7.3 铸件质量控制 | 55 |
| | 第4章 锻压 | 56 |
| | 4.1 锻压概述 | 56 |
| | 4.2 锻造生产过程 | 57 |
| | 4.3 自由锻造 | 60 |
| | 4.3.1 自由锻所用设备及工具 | 60 |
| | 4.3.2 自由锻基本工序及其操作 | 63 |
| | 4.3.3 典型自由锻件工艺过程示例 | 67 |
| | 4.4 板料冲压 | 68 |
| | 4.5 锻压件质量分析 | 72 |
| | 第5章 焊接 | 74 |
| | 5.1 焊接概述 | 74 |
| | 5.2 焊条电弧焊 | 75 |
| | 5.3 气焊与气割 | 81 |
| | 5.3.1 气焊 | 81 |
| 第一篇 工程训练总论 | | |
| 第1章 工程训练概述 | 1 | |
| 1.1 工程训练的学习目的和学习方法 | 1 | |
| 1.2 工程训练总则 | 2 | |
| 1.2.1 工程训练必须注意的事项 | 2 | |
| 1.2.2 工程训练实习考勤制度 | 3 | |
| 1.2.3 实习考核参考评分标准 | 3 | |
| 第2章 工程训练基础知识 | 5 | |
| 2.1 机械产品设计与制造 | 5 | |
| 2.1.1 产品设计 | 5 | |
| 2.1.2 机械产品制造过程 | 5 | |
| 2.1.3 机械产品的制造方法 | 6 | |
| 2.1.4 企业生产制造过程的组织与管理 | 6 | |
| 2.2 切削加工基础知识 | 7 | |
| 2.2.1 切削加工概述 | 7 | |
| 2.2.2 刀具材料 | 9 | |
| 2.2.3 机床基本知识 | 11 | |
| 2.2.4 零件的加工质量 | 15 | |
| 2.2.5 工艺和夹具基本知识 | 18 | |
| 2.3 技术测量基本知识 | 20 | |
| 2.3.1 技术测量的基本概念 | 20 | |
| 2.3.2 常用量具 | 22 | |
| 第二篇 传统加工 | | |
| 第3章 铸造 | 27 | |
| 3.1 铸造概述 | 27 | |
| 3.2 铸型与造型材料 | 28 | |
| 3.2.1 砂型及其组成 | 28 | |
| 3.2.2 模样与芯盒 | 29 | |
| 3.2.3 型(芯)砂 | 29 | |
| 3.3 造型、造芯、合型 | 31 | |

| | | | |
|-------------------------|-----|------------------------|-----|
| 5.3.2 气割 | 85 | 8.5 刨削基本工艺 | 128 |
| 5.4 焊接变形与焊接缺陷分析 | 86 | 8.5.1 刨削水平面 | 128 |
| 第6章 车削加工 | 89 | 8.5.2 刨削垂直面和斜面 | 128 |
| 6.1 车削加工概述 | 89 | 8.5.3 刨削沟槽 | 129 |
| 6.2 普通卧式车床 | 90 | 8.5.4 刨削成形面 | 129 |
| 6.3 车刀及其安装 | 92 | 第9章 磨削加工 | 130 |
| 6.4 车床通用夹具及工件的安装 | 93 | 9.1 磨削加工概述 | 130 |
| 6.5 车床操作基础 | 97 | 9.2 磨床 | 131 |
| 6.6 基本车削方法 | 98 | 9.2.1 外圆磨床 | 131 |
| 6.6.1 车外圆及台阶 | 98 | 9.2.2 内圆磨床 | 131 |
| 6.6.2 车端面 | 99 | 9.2.3 平面磨床 | 133 |
| 6.6.3 钻孔、扩孔、铰孔和镗孔 | 100 | 9.3 砂轮 | 133 |
| 6.6.4 切槽和切断 | 101 | 9.4 基本磨削工艺 | 136 |
| 6.6.5 车锥面 | 102 | 9.4.1 外圆磨削 | 136 |
| 6.6.6 车螺纹 | 102 | 9.4.2 内圆磨削 | 138 |
| 6.6.7 滚花 | 103 | 9.4.3 圆锥面磨削 | 138 |
| 6.6.8 车回转成形面 | 103 | 9.4.4 平面磨削 | 139 |
| 6.7 典型零件车削工艺简介 | 104 | 9.4.5 其他磨削方法简介 | 140 |
| 第7章 铣削加工 | 106 | 第10章 钳工 | 142 |
| 7.1 铣削加工概述 | 106 | 10.1 钳工概述 | 142 |
| 7.2 铣床 | 108 | 10.2 划线 | 143 |
| 7.2.1 卧式铣床 | 108 | 10.2.1 划线的作用 | 143 |
| 7.2.2 立式铣床 | 109 | 10.2.2 划线工具 | 143 |
| 7.2.3 龙门铣床 | 110 | 10.2.3 划线基准 | 146 |
| 7.3 铣刀及其安装 | 110 | 10.2.4 划线操作 | 147 |
| 7.4 铣床附件及工件的安装 | 112 | 10.3 锯切 | 148 |
| 7.4.1 铣床附件 | 112 | 10.3.1 手锯 | 148 |
| 7.4.2 工件的安装 | 114 | 10.3.2 锯切操作步骤和方法 | 148 |
| 7.5 铣削基本工艺 | 115 | 10.3.3 锯切应用 | 149 |
| 7.5.1 铣平面 | 115 | 10.4 锉削 | 150 |
| 7.5.2 铣斜面 | 116 | 10.4.1 锉刀及其使用 | 150 |
| 7.5.3 铣台阶面 | 116 | 10.4.2 锉削应用 | 151 |
| 7.5.4 铣沟槽 | 116 | 10.5 钻孔、扩孔和铰孔 | 153 |
| 7.6 齿轮齿形加工 | 117 | 10.5.1 钻床 | 153 |
| 第8章 刨削加工 | 120 | 10.5.2 钻孔 | 154 |
| 8.1 刨削加工概述 | 120 | 10.5.3 扩孔和铰孔 | 156 |
| 8.2 刨床 | 120 | 10.6 攻螺纹和套螺纹 | 157 |
| 8.2.1 牛头刨床 | 121 | 10.6.1 攻螺纹 | 157 |
| 8.2.2 龙门刨床 | 124 | 10.6.2 套螺纹 | 158 |
| 8.2.3 插床 | 125 | 10.7 刮削 | 159 |
| 8.3 刨刀及安装 | 125 | 10.7.1 刮刀及其使用 | 159 |
| 8.4 工件的安装 | 126 | 10.7.2 刮削质量检验 | 159 |

| | | | | | |
|------------------------|-----------------|-----|------------------------|---------------|-----|
| 10.7.3 | 平面刮削 | 160 | 13.2 | 数控铣削常用刀具 | 204 |
| 10.7.4 | 曲面刮削 | 160 | 13.2.1 | 刀柄系统分类 | 204 |
| 10.8 | 装配 | 160 | 13.2.2 | 常用刀具与刀柄的安装方法 | 206 |
| 10.8.1 | 装配的概念 | 160 | 13.2.3 | 铣削加工中的工件定位与安装 | 209 |
| 10.8.2 | 装配过程 | 161 | 13.3 | 数控加工中心 | 210 |
| 10.8.3 | 典型零件的装配方法 | 161 | 13.3.1 | 加工中心的主要功能 | 211 |
| 10.8.4 | 拆卸 | 162 | 13.3.2 | 加工中心加工的主要对象 | 211 |
| | | | 13.3.3 | 加工中心编程 | 213 |
| | | | 13.4 | 数控铣削典型零件的程序编制 | 235 |
| | 第三篇 现代加工 | | 第14章 数控电火花线切割加工 | 239 | |
| | | | 14.1 | 电火花线切割加工概述 | 239 |
| 第11章 数控加工技术基础知识 | 163 | | 14.1.1 | 线切割加工的原理和特点 | 239 |
| 11.1 | 数控加工概述 | 163 | 14.1.2 | 电火花线切割的分类 | 240 |
| 11.2 | 数控机床组成及特点 | 163 | 14.1.3 | 电火花线切割的应用 | 241 |
| 11.2.1 | 数控机床的组成 | 163 | 14.2 | 线切割加工机床的组成 | 241 |
| 11.2.2 | 数控机床的特点 | 165 | 14.2.1 | 线切割机械部件构成 | 242 |
| 11.3 | 数控机床编程基础 | 166 | 14.2.2 | 电气部件构成 | 244 |
| 11.3.1 | 数控机床的坐标系 | 167 | 14.3 | 电火花线切割加工工艺 | 245 |
| 11.3.2 | 数控机床的几个重要坐标点 | 168 | 14.4 | 线切割手工编程 | 246 |
| 11.3.3 | 切削用量的选择 | 170 | 第15章 特种加工技术 | 249 | |
| 第12章 数控车削加工 | 172 | | 15.1 | 激光加工 | 249 |
| 12.1 | 数控车削加工概述 | 172 | 15.1.1 | 激光加工概述 | 249 |
| 12.1.1 | 数控车床的机械构成 | 172 | 15.1.2 | 激光加工的应用 | 249 |
| 12.1.2 | 数控车床的特点 | 175 | 15.2 | 快速成形制造技术 | 251 |
| 12.2 | 数控车削刀具 | 176 | 15.2.1 | 快速成形技术概述 | 251 |
| 12.2.1 | 刀具的选择 | 176 | 15.2.2 | 快速成形技术原理及特点 | 252 |
| 12.2.2 | 刀具的切削参数 | 178 | 15.2.3 | 几种常用的快速成形技术 | 254 |
| 12.3 | 数控车床编程指令 | 178 | 15.2.4 | 快速成形技术的应用领域 | 258 |
| 12.3.1 | G功能常用指令 | 181 | | | |
| 12.3.2 | 刀具功能指令 | 188 | 第四篇 工程创新启迪 | | |
| 12.3.3 | 辅助功能指令 | 188 | 第16章 创新基本理论 | 259 | |
| 12.3.4 | 单一固定循环指令 | 188 | 16.1 | 概述 | 259 |
| 12.3.5 | 复合固定循环指令 | 192 | 16.2 | 创新的特性 | 260 |
| 12.3.6 | 倒角和拐角R指令 | 195 | 16.3 | 创新思维的一般方法 | 262 |
| 12.4 | 数控车床程序的构成与特点 | 197 | 16.4 | 创新设计技法 | 275 |
| 12.4.1 | 程序的构成 | 197 | 第17章 产品方案设计 | 282 | |
| 12.4.2 | 数控车床程序的特点 | 198 | | | |
| 12.5 | 数控车床典型零件的程序编制 | 198 | 附录 复习思考题 | 286 | |
| 第13章 数控铣削加工 | 202 | | 参考文献 | 290 | |
| 13.1 | 数控铣削加工概述 | 202 | | | |
| 13.1.1 | 数控铣削加工的主要对象 | 202 | | | |
| 13.1.2 | 数控铣削机床的组成与分类 | 203 | | | |

第一篇 工程训练总论

第1章 工程训练概述

1.1 工程训练的学习目的和学习方法

1. 工程实践与训练的学习目的

工程实践与训练是高等院校各专业教学计划中一个重要的实践性教学环节,是学生获得工程实践知识、建立工程意识、训练操作技能的主要教育形式;是学生接触实际生产、获得生产技术及管理知识,进行工程师基本素质训练的必要途径。其学习目的是:

(1) 建立起对机械制造生产基本过程的感性认识,学习机械制造的基础工艺知识,了解机械制造生产的主要设备。

在实训中,学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用主要设备的基本结构、工作原理和操作方法,并正确使用各类工具、夹具、量具,熟悉各种加工方法、工艺技术、图样文件和安全技术,了解加工工艺过程和工程术语,使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识。这些实践知识将为以后学习有关专业技术基础课、专业课及毕业设计等打下良好的基础。

(2) 培养实践动手能力,进行工程师的基本训练。

工科院校是工程师的摇篮。为培养学生的工程实践能力,强化工程意识,学校安排了各种实验、实习、设计等多种实践性教学环节和相应的课程。工程训练就是其中一门重要的实践性教学课程。在实训中,学生通过直接参加生产实践,操作各种设备,使用各类工具、夹具、量具,独立完成简单零件的加工制造全过程,以培养学生对简单零件具有初步选择加工方法和分析工艺过程的能力,并具有操作主要设备和加工作业的技能,初步奠定工程师应具备的基础知识和基本技能。

(3) 全面开展素质教育,树立实践观点、劳动观点和团队协作观点,培养高质量人才。

工程实践与训练一般在学校工程培训中心的现场进行。实训现场不同于教室,它是生产、教学、科研三结合的基地,教学内容丰富,实习环境多变,接触面宽广。这样一个特定的教学环境正是对学生进行思想作风教育的好场所、好时机。例如,增强劳动观念、遵守组织纪律、培养团队协作的工作作风;爱惜国家财产、建立经济观点和质量意识、培养理论联系实际和一丝不苟的科学作风;初步培养学生在生产实践中调查、观察问题的能力,以及学会理论联系实际、运用所学知识分析问题、解决工程实际问题的能力。这都是全面开展素质教育不可缺少的重要组成部分,也是工程实践与训练为提高人才综合素质、培养高质量人才需要完成的一项重要任务。

2. 工程训练的学习方法

本课程通过参观、现场教学、综合训练、实验、实习报告、作品考核、理论考试等多种方

式开展教学。学习本课程时要注意以下几点。

(1) 首先应高度重视安全问题。本课程与先前所学习的各课程的最大不同是教学主要在工厂环境下进行。人身安全和设备安全成为需要高度关注的问题。学生在实习时要注意遵守各项规定,注意看设备上的提示;一般实习场所还放置有关的安全提示或操作规程展示板,务必注意观看。

(2) 虽然本课程实践性非常强,现场教学主要以师傅们的言传身教为主,但课前还是应该注意预习本教材或实习前发放的各种教学资料,以提高学习效率。

(3) 学生学习时要善于观察,积极思考,将已经学过的或正在学习的理论知识应用到自己的实习中,去分析实习中所碰到的各种问题和现象。

(4) 要高度重视本教材附录的各章复习思考题或指导教师指定的作业。这些内容都是经过精心设计的,应认真对待。

(5) 要注意培养自己的创新意识和创新能力。例如,思考哪些实习设备、工具等有需要改进的地方。对于指导教师所指定的具有开放性、创新性设计要求的作业或训练,应积极思考,认真完成。同时,注意观看、体会实习场所关于大学生创新实践活动的相关展示,以期对自己能有所启发和激励。

一般来说,工程训练(特别是钳工实习)劳动强度大,很多同学从来没有这样的体验,心理上会出现一些波动,这时应主动调节自己的心态,克服怕苦、怕脏、怕累的思想。

1.2 工程训练总则

1.2.1 工程训练必须注意事项

(1) 学生在工程训练中心实训期间,必须遵守中心制定的各项规章制度和安全操作规程。

(2) 进入车间实训,必须穿工作服或紧身服,上衣下摆不能敞开,袖口要扎紧,严禁戴手套,不准穿凉鞋、拖鞋、裙子、戴围巾等进入车间。不得在开动的机床旁脱换衣服,以防被机器绞伤。女同学必须戴工作帽,将长发或辫子纳入帽内。

(3) 参加实训的学生(学员)必须在指导老师的指导下使用加工设备。任何人使用机床时,必须严格遵守该机床的操作规程。

(4) 学生(学员)除在指定的设备上进行实训外,其他一切设备、工具等未经同意不准私自动用。工具、材料不能带出中心,否则将按中心有关规定处理。

(5) 学生必须听从指导人员的教学安排,必须按指导人员的布置进行操作,不许做与工程训练无关的事情。

(6) 学生在工程训练过程中应了解各工种的工艺过程、设备结构情况、熟悉机床的操作、工装夹具的使用等,努力做到理论与实践相结合,提高自己的创新意识和创新能力。

(7) 在操作过程中不得将自己所操作的机床、设备擅自让给别人操作。不准两个或两个以上同学同时操作同一台机床,以免发生意外。

(8) 操作机床时必须思想集中,不准与别人谈话、阅读书刊、背诵外文单词和收听广播等。

(9) 操作机床时,手、身体或其他物件不能靠近正在运转的机械设备。头不能靠工件太近,以防切屑或其他物件飞入眼中或撞伤面部;不得用手触摸未冷却的工件;不可用手直接清除切屑,应用专用钩子或其他物件清除;装夹零件、测量零件及清除切屑时,必须在机械设

备停止运转时进行。

- (10) 严禁在车间内追逐、打闹、喧哗，走路要当心。
- (11) 启动电钮时必须注意前后、左右是否有人或物件阻碍，若有人必须通知对方，有物件必须搬开后方可启动电钮。
- (12) 夹具、工件、刀具必须装夹牢固后才能开车，以防其飞出伤人。
- (13) 工、夹、量具应放在适当的位置，以免损坏。
- (14) 现场教学和参观时，必须服从组织安排，注意听讲，不得随意走动。
- (15) 工作完毕，养成随时切断机床设备电源的好习惯，做好设备、量具、工具等的整理。
- (16) 实施5S，做到文明实习，保持实习场地及设备的清洁，坚持每日及时清理打扫实习场所及设备的卫生。
- (17) 对与违反中心的有关规定，不听劝阻者，视情节轻重分别给予以下处理：批评教育、取消实习资格、实习成绩以零分计等，特别严重者交有关部门处理。
- (18) 要爱护公物。丢失或损坏公物者，要照价赔偿；因违反操作规程而造成的经济损失由本人负责。

1.2.2 工程训练实习考勤制度

- (1) 学生实习期间一般不得请事假；确实需请假者半日内向指导教师请假，半日以上需持学院准假单送工程训练中心教学组；一般不准事后补假。
- (2) 实习期间不得迟到、早退或擅自脱离实习岗位，累计在两次以上者实习成绩予以降级处理。
- (3) 有病需请病假者，要持医生证明方可准假；并需将证明交工程训练中心教学组，并通知指导教师和学生。
- (4) 因公请假者需由所属学院批准，并将假条交工程训练中心教学组，同时通知指导教师和学生。
- (5) 凡未经批准或逾期不归、无故不参加实习者，一律按旷课处理，不给实习成绩；该学生除要在所在班组进行公开检查外，还需通知所属学院，并按教育部《全日制普通高等学校学生学籍管理办法》和该校贯彻此办法的细则予以处理。
- (6) 学生在某工种的实习时间（因病，事假，公假）不满二分之一者，该工种不给实习成绩。
- (7) 学生实习期间的考勤情况，由指导教师计入学生教学记录表。

1.2.3 实习考核参考评分标准

- (1) 学生的实习总成绩由教学部根据学生的工种实习成绩、实习作业和理论考核三个方面评定；其中各工种实习成绩占60%，理论考核占30%，实习作业占10%。
- (2) 学生每个工种的实习成绩，由各工种指导教师，根据学生平时操作及个人表现按“优”、“良”、“中”、“及格”、“不及格”五级评分（实习期间一日以内（不包括一日）按及格、不及格评分）；各工种实习成绩由指导教师负责记入学生教学记录表。表1-1为工种实习评分标准。
- (3) 实习期间，凡迟到、早退或擅离实习岗位累计两次以上者，成绩降级评定；无故旷工者不给成绩。
- (4) 实习期间，病、事假累计达该工种实习总时间的二分之一的学生，该工种不给成绩。
- (5) 工程训练实习未取得成绩或主要工种不及格者，一律不予补作；个别情况可由学院、

教务处、工程训练中心共同研究，在允许的条件下方可补作。

(6) 学生实习期间违反劳动纪律，影响很坏或违反操作规程造成较大或重大事故者，其成绩应予降级或不及格处理。

(7) 学生实习期间出现顶替现象，按考试作弊处理。

表 1-1 工种实习评分标准

| 序号 | 项目 | 分值 | 细则 | 计分要点 |
|----|-----------|----|----------------------------------|---------------------|
| 1 | 完成实习任务情况 | 35 | (1) 全部完成实习加工零件，质量符合要求 | 得 35 分 |
| | | | (2) 质量基本符合图样要求 | 得 30 分 |
| | | | (3) 工件报废 | 扣 10~35 分 |
| 2 | 创新能力、动手能力 | 40 | (1) 机床操作熟练，工、量具使用正确，独立工作能力强，设计新颖 | 得 35~40 分 |
| | | | (2) 需适当指导，动手能力一般，设计制作一般 | 得 30 分 |
| | | | (3) 需重点指导，动手能力较弱 | 得 20 分 |
| | | | (4) 出现问题较多，动手能力差 | 得 15 分 |
| 3 | 安全操作 | 10 | (1) 无事故或事故苗头 | 得 10 分 |
| | | | (2) 有小事或事故苗头 | 得 5 分 |
| | | | (3) 导致较大事故 | 扣 10 分 |
| | | | (4) 导致重大事故并造成严重后果 | 严肃处理 |
| 4 | 文明生产 | 5 | (1) 工具柜(箱)内工具放置整齐 | 全部合乎要求得 5 分，否则扣 5 分 |
| | | | (2) 机床干净 | |
| | | | (3) 工作场地清洁 | |
| 5 | 实习态度 | 10 | (1) 能够严格遵守《学生实习守则》的各项规定 | 得 10 分 |
| | | | (2) 不听从老师指导，迟到或早退 2 次累计时间达 10 分钟 | 扣 5~10 分 |
| | | | (3) 严重违反实习纪律、造成不良后果 | 严肃处理 |

注：本标准只是一个参考标准，具体执行因学校、工种和具体的指导人员的不同而有所不同。

第2章 工程训练基础知识

工程训练涉及一般机械制造生产的全过程。因此,在学习工艺知识、训练动手能力的同时,还要全方位地了解与机械产品的设计、制造及生产的组织与管理等有关的各种基本知识,从而全面提高包括市场意识、质量意识、管理意识、经济意识、环保意识、安全意识和创新意识等在内的工程素质。

2.1 机械产品设计与制造

2.1.1 产品设计

现代工业产品设计,是根据市场的需求,运用工程技术方法,在社会、经济和时间等因素的约束范围内所进行的设计工作。产品设计是一种有特定目的的创造性行为,它应该基于现代技术因素,不但要注重外观,更要注意产品的结构和功能;它必须以满足市场需要为目标,追求经济效益,最终使消费者与制造者都感到满意。

产品设计是一个做出决策的过程,是在明确设计任务与要求以后,从构思到确定产品的具体结构和使用性能的整个过程中所进行的一系列工作。对机械产品而言,在图2-1所示的产品的整个寿命周期中,最为关键的是设计阶段。因为设计既要考虑使用方面的各种要求,又要考虑制造、安装、维修的可能和需要,既要根据研究试验得到的资料来进行验证,又要根据理论计算加以综合分析,从而将各个阶段按照它们的内在联系统一起来。

对工业企业来讲,产品设计是企业经营的核心,产品的技术水平、质量水平、生产率水平及成本水平等,基本上确定于产品设计阶段。

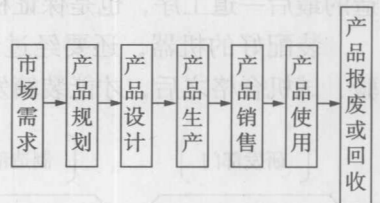


图 2-1 产品的寿命周期

2.1.2 机械产品制造过程

任何机器或设备,如汽车或机床,都是经由产品设计、零件制造及相应的零件装配而获得的。只有制造出合乎要求的零件,才能装配出合格的机器设备。某些尺寸不大的轴、销、套类零件,可以直接用型材,经机械加工制成;一般情况下,则要将原材料经铸造、锻压、焊接等方法制成毛坯,然后由毛坯经机械加工制成零件;有许多零件还需在毛坯制造和机械加工过程中穿插不同的热处理工艺。

因此,一般机械产品主要的生产制造过程如图2-2所示。

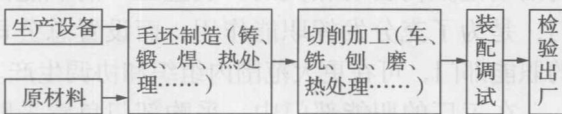


图 2-2 机械产品的制造过程

由于企业专业化协作的不断加强,机械产品许多零部件的生产不一定完全在一个企业内完成,可以分散在多个企业间进行生产协作。很多标准件,如螺钉、轴承等的加工常常由专业生产厂家完成。

2.1.3 机械产品的制造方法

1. 零件的加工

机械零件的加工根据各阶段所达到的质量要求的不同,可分为毛坯加工和切削加工两个主要阶段。

(1) 毛坯加工 毛坯成形加工的主要方法有铸造、锻造和焊接等,它们可以比较经济和高效地制作出各种形状(包括比较复杂的形状)和尺寸的工件。铸造、锻造、焊接等加工方法,因加工时往往要对原材料进行加热,所以通常称这些加工方法为热加工。

(2) 切削加工 切削加工是用切削刀具从毛坯或工件上切除多余的材料,以获得所要求的几何形状、尺寸和表面质量的加工方法,主要有车削、铣削、刨削、钻削、镗削、磨削等,分为机械加工和钳工加工两大类。其中,机械加工占有最重要的地位。对于一些难以适应切削加工的零件,如硬度过高的零件、形状过于复杂的零件或刚度较差的零件等,则可以使用特种加工方法来进行加工。一般,毛坯要经过若干道机械加工工序才能成为成品零件。由于工艺的需要,这些工序又可分为粗加工、半精加工与精加工等。

在毛坯制造及机械加工过程中,为便于切削和保证零件的力学性能,还需在某些工序之前(或之后)对工件进行热处理。热处理之后,工件可能有少量变形或表面氧化,所以精加工(如磨削)常安排在最终热处理之后进行。

2. 装配与调试

加工完毕并检验合格的各零件,按机械产品的技术要求,用钳工或钳工与机械相结合的方法,按一定的顺序组合、连接、固定起来,成为整台机器,这一过程称为装配。装配是机械制造的最后一道工序,也是保证机械产品达到各项技术要求的关键工序之一。

装配好的机器,还要经过试运转,以观察其在工作条件下的效能和整机质量。只有在检验、试机合格之后,才能装箱发运出厂。

2.1.4 企业生产制造过程的组织与管理

要制造出合乎要求的产品,并不只是生产加工的问题,还有如何科学有序地组织和管理生产过程的问题。生产过程组织与管理水平的高低,关系到企业能否有效地发挥其生产能力,能否为用户提供优质的产品和服务,能否取得良好的经济效益。

1. 企业组织

典型的机械制造企业是在总公司下面设立若干事业部门,并且设有若干工厂,由工厂执行实际的生产活动。图 2-3 所示为机械制造企业组织的示例,它反映了机械产品制造各个部门的活动是如何密切相关的。设置工厂的职能部门,是为了充分发挥职能作用;而设置总公司的职能部门,可在更大范围内组织和协调生产。

在工厂的职能部门中,采购部门负责采购原材料、各种外购零件,以及所必需的各种物

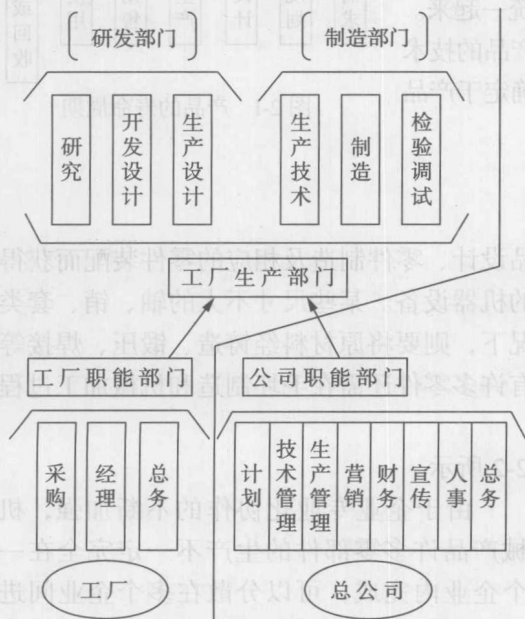


图 2-3 机械制造企业组织示例

资；经理部门负责管理各种资金；总务部门负责处理日常运转问题。

总公司通常集中了与生产有关的更多的职能部门，用以处理作为一个企业需要解决的许多问题。例如制定企业整体活动计划的计划部门，生产的管理部门，收集用户意见、销售产品的营销部门，以及财务部门、人事部门等。

2. 生产制造过程的组织与管理

要制造一种产品，必须先由研发部门汇集与之有关的各种知识和信息，然后设计部门应用这些知识和信息，设计出产品的结构和尺寸，再由制造部门根据设计部门提出的要求，具体地进行制造。广义的制造部门可分为：处理生产中的技术问题并决定生产方法的生产技术部门；直接进行产品生产的狭义的制造部门；对产品的性能进行检验的检验部门等。通过这些部门的活动，进行产品的生产。

在公司职能机构给制造部门下达了生产数量、使用设备、人员等的总体制造计划之后，研发部门需要给制造部门提供以下资料：标明每个零件制造方法的零件图、标明装配方法的装配图、作业指示书等。生产技术部门据此制定产品的生产计划和工艺技术文件（如工艺图、工装图、工艺卡等）。制订生产计划时，应确定制造零件的件数和外购零件、外购部件等的数量，以及交货期限等。如轴承、密封件、螺栓、螺母等都是最常见的外购零件，而电动机、减速器、各种液压或气动装置等都是典型的外购部件。

按照生产技术部门下达的任务，由制造部门进行制造。首先将生产任务分配给各加工组织（如生产车间或班组等），确定毛坯制造方法、机械加工方法、热处理方法和加工顺序（也称加工路线），进而确定各加工组织的加工方法和要使用的设备，然后确定每台机床的加工内容、加工时间等，制订详细的加工日程。制造零件时，通常加工所花的时间较短，而准备（刀具的装卸、毛坯的装卸等）时间则较长。此外，制成一个零件所需的时间大部分不是花在加工上，而是花在各工序间的输送和等待上。因此缩短这些时间，提高生产效率，缩短从制订生产计划到制成产品的过程，使生产计划具有柔性，是生产过程管理的主任务。对加工完成的零件进行各种检查以后，要移交到下面的装配工序。

装配完毕的机器通过性能检验合格后，即完成了制造任务。

随着机械制造系统自动化水平的不断提高，以及为适应生产类型从传统的少品种大批量生产向现代的多品种变批量生产的演进，人们正在不断开发出一些全新的现代制造技术和生产系统，如柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、精良生产(LP)、并行工程(CE)、敏捷制造(AM)、智能制造(IM)和虚拟制造(VM)等。这些新技术和生产系统的不断推广和发展，使制造业的面貌发生了巨大的变化。

2.2 切削加工基础知识

2.2.1 切削加工概述

1. 切削加工的实质和分类

切削加工是利用切削刀具（或工具）和工件作相对运动从毛坯（铸件、锻件、型材等）上，切除多余的金属层，以获得尺寸精度、形状和位置精度、表面质量完全符合图样要求的机器零件的加工方法。经过铸工、锻工、焊工所加工出来的大多为零件的毛坯，很少能在机器上直接使用，一般机器中绝大多数零件要经过切削加工才能获得。因而，切削加工对保证产品质量

和性能、降低产品成本有着重要的意义。

切削加工分为钳工和机械加工（简称机工）两大部分。

钳工一般是指通过工人手持工具对工件进行的切削加工，其主要内容有划线、錾削、锯切、锉削、刮削、研磨、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、机械装配和修理等。钳工使用的工具简单、方便灵活，能完成机工不便完成的工作，是机械制造、装配和修理工作中不可缺少的重要工种。随着生产的发展，钳工机械化的内容也逐渐丰富起来。

机械加工是指通过工人操纵机床对工件进行切削加工，其主要加工方式有车削、钻削、镗削、铣削、刨削、磨削等（图 2-4），所使用的相应为车床、钻床、镗床、铣床、刨床、磨床等。

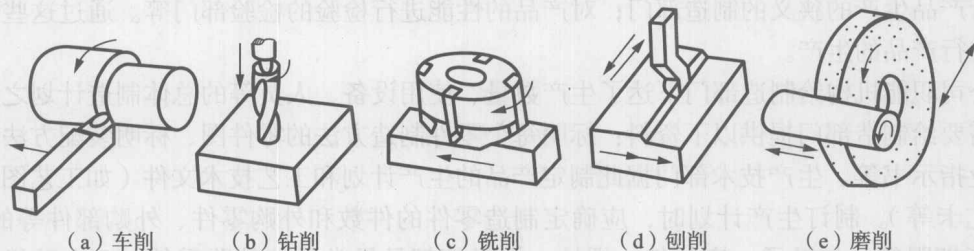


图 2-4 机械加工的主要方式

2. 切削运动

切削加工是靠刀具和工件之间的相对运动来实现的。各种机床为实现加工所必需的加工刀具与工件间的相对运动称为切削运动。根据在切削过程中所起的作用不同，切削运动分为主运动和进给运动。

(1) 主运动 主运动是提供切削可能性的运动。若没有这个运动，就无法切削。其特点是在切削过程中速度最高，消耗动力最大。如图 2-4 中车削时的工件、铣削时的铣刀、磨削时的砂轮、钻削时的钻头的旋转运动，刨削时刨刀的往复直线运动都是主运动。

(2) 进给运动（又称走刀运动） 进给运动是提供继续切削可能性的运动。若没有这个运动，就不能连续切削。其特点是切削过程中速度低、消耗动力小。

如图 2-4 所示，车刀、钻头及铣削时工件的移动，牛头刨刨削时工件的间歇移动，磨削外圆时工件的旋转和往复轴向移动及砂轮周期性横向移动都是进给运动。

切削加工中主运动只有一个，进给运动则可能是一个或多个。

主运动和进给运动可以由刀具单独完成（如钻床上钻孔），也可以由刀具和工件分别完成（如铣削、车床上钻孔）。主运动和进给运动可以同时进行（如车削、铣削、钻削、磨削），也可交替进行（如刨削）。

3. 切削用量三要素

切削运动使工件产生三个不断变化的表面（图 2-5）：待加工表面是工件上有待切除的表面；已加工表面是工件上经刀具切削后产生的新表面；过渡表面（又称切削表面）是工件上由切削刃形成的那部分表面。

切削用量三要素是指切削速度、进给量和背吃刀量（旧称切削深度）。它表示切削时各运动参数的数量，是切削加工前调整机床运动的依据。车削外圆、铣削平面和刨削平面时的切削用量三要素如图 2-5 所示。

(1) 切削速度 切削速度是切削刃选定点相对于工件的主运动的瞬时速度；用符号 v_c 表示，其单位为 m/s 。



图 2-5 车、铣、刨时的切削用量三要素

(2) 进给量 进给量是刀具在进给运动方向上相对工件的位移量；可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表述和度量；用符号 f 表示，其单位为 mm/r 或 mm/行程。

(3) 背吃刀量 背吃刀量是在通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量；用符号 a_p 表示，其单位为 mm。

切削用量三要素是影响加工质量、刀具磨损、生产率及生产成本的重要参数。

粗加工时，一般以提高生产率为主，兼顾加工成本，可选用较大的背吃刀量和进给量，但切削速度受机床功率和刀具耐用度等因素的限制而不宜太高。

半精、精加工时，在首先保证加工质量的前提下，需考虑经济性，可选较小的背吃刀量和进给量，一般情况下选较高的切削速度。在切削加工时可参考切削加工手册及有关工艺文件来选择切削用量。

2.2.2 刀具材料

刀具是切削加工中影响生产率、加工质量和生产成本的最重要的因素。材料方面的知识，有关刀具其他知识将在后面几章中分别介绍。

1. 刀具材料应具备的性能

在切削过程中，刀具切削部分是在较大的切削压力、较高的切削温度以及剧烈摩擦条件下工作的。在切削余量不均匀或有断续的表面时，刀具会受到很大的冲击与振动。因此，刀具切削部分的材料必须具备下列性能。

1) 高硬度和高耐磨性

硬度是指刀具材料抵抗其他物体压入其表面的能力。刀具要从工件上切除多余的金属，其硬度必须大于工件材料硬度。一般常温下硬度应超过 60HRC。

耐磨性是指材料抵抗磨损的能力。耐磨性与硬度有密切关系，硬度越高，均匀分布的细化碳化物越多，则耐磨性越好。

2) 足够的强度和韧度

切削时刀具主要承受各种应力与冲击。一般用抗弯强度 σ_{bb} 和冲击韧度 a_k 来衡量刀具材料的强度和韧度的高低，它们能反映刀具材料抗断裂、崩刀的能力。但是，强度与韧度高的材料，必然引起其硬度与耐磨性的下降。

3) 高的耐热性与化学稳定性

耐热性是指在高温下刀具材料保持硬度、耐磨性、强度和韧度的能力。可用高温硬度表示，也可用红硬性（维持刀具材料切削性能的最高温度限度）表示。

耐热性越好，材料允许的切削速度越高。它是衡量刀具材料性能的主要指标。

化学稳定性是指刀具材料在高温下不易与工件材料或周围介质发生化学反应的能力。化学稳定性越好，刀具的磨损越慢。

4) 良好的工艺性和经济性

刀具材料应有锻造、焊接、热处理、磨削加工等良好的工艺性，还应尽可能满足资源丰富、价格低廉的要求。

2. 刀具材料的种类、性能与应用

切削刀具的材料有碳素工具钢、合金工具钢、高速钢、硬质合金、涂层刀具、陶瓷、立方氮化硼和人造金刚石等，目前以高速钢和硬质合金用得最多。常用刀具材料的主要性能和用途如表 2-1 所列。

表 2-1 常用刀具材料的主要性能、牌号和用途

| 种类 | 硬度 /HRC | 红硬温度 /℃ | 抗弯硬度 /10 ³ MPa | 工艺性能 | 常用牌号 | 用途 |
|-------|---------|----------|---------------------------|---------------------------------|--|---|
| 碳素工具钢 | 60~64 | 200 | 2.5~2.8 | 可冷、热加工成形，切削加工和热处理性能好 | T8A T10A T12A | 仅用于少数手动刀具，如锉刀、手用锯条等 |
| 合金工具钢 | 60~65 | 250~300 | 2.5~2.8 | 同上 | 9SiCr CrWMn | 用于低速刀具，如锉刀、丝锥、板牙等 |
| 高速钢 | 62~67 | 550~600 | 2.5~4.5 | 同上 | W18Cr4V W6Mo5Cr4V2 | 用于形状复杂的机动刀具，如钻头、铰刀、铣刀、齿轮刀具等 |
| 硬质合金 | 74~82 | 850~1000 | 0.9~2.5 | 不能切削加工，只能粉末压制烧结成形，磨削后即可使用。不能热处理 | 钨钴类 YG3 YG6 YG8 钨钛钴类 YT5 YT15 YT30 钨钛钽（铌）类 YW1 YW2 | 一般做成刀片镶嵌在刀体上使用，如车刀、刨刀的刀头等。钨钴类用于加工铸铁、有色金属与非金属材料。钨钛钴类用于加工钢件。钨钛钽（铌）类既适用于加工脆性材料又适用于加工塑性材料 |

3. 刀具的磨损和切削液的使用

在切削过程中，切屑和刀具、刀具和工件之间存在着强烈的摩擦和挤压作用，使刀具处在高温高压的作用下，切削刃由锋利逐渐变钝以致失去正常切削能力。

刀具磨损会使切削力增大，切削温度升高，切削时产生振动，最终使零件表面质量降低，并导致刀具急剧磨损或烧坏。刀具过早磨损会直接影响生产率、加工质量和加工成本。在生产中，常常根据切削过程中出现的异常现象，如工件表面粗糙度增加、切屑变色发毛、切削力突然增大、切削温度上升、发生振动和噪声显著增大等，来大致判断刀具是否已经磨钝。刀具磨钝后要及时刃磨。

减少刀具磨损的重要措施之一是切削过程中使用切削液。切削液有冷却、润滑、洗涤与排屑、防锈四大作用，生产中常用的切削液主要有水基、油基两种，其分类及适用范围如表 2-2 所列。

正确使用切削液，可使切削速度提高 30% 左右，切削温度下降 100~150℃，切削力减少 10%~30%，可使刀具寿命延长 4~5 倍。合理使用切削液，还可以减小工件变形，提高加工精度、已加工表面的质量和生产率。

(1) 合成切削液又称水溶液，合成切削液标准为 GB 6144—1985。

(2) 乳化油标准 SH/T 365—1992 规定乳化油分为 1 号、2 号、3 号、4 号；4 号是透明型的，适用于精磨工序。

(3) 硫化切削油标准为 SH/T 364—1992。