

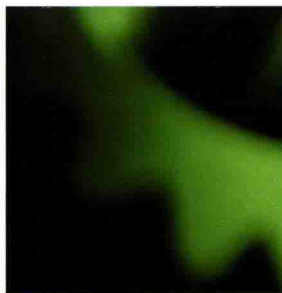
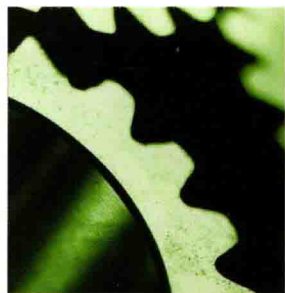


普通高等教育“十三五”规划教材
国家级工程训练实验教学示范中心系列规划教材

工程训练教程

(机械类及近机械类)

张立红 尹显明 主编



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材
国家级工程训练实验教学示范中心系列规划教材

工程训练教程

(机械类及近机械类)

主 编 张立红 尹显明

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以2014年教育部工程训练教学指导委员会课程建设组关于《高等学校工程训练类课程教学质量标准(整合版本2.0)》的精神为指导,结合工程训练实践教学内容及课程体系改革研究与实践成果编写而成。

全书分为14章,主要介绍了材料成形(工程材料、铸造、焊接)、传统切削加工技术(切削加工基础、车削、铣削、磨削钳工)、现代制造技术(数控加工技术、特种加工技术、三坐标测量技术、柔性制造技术等)、电子工艺、综合与创新(汽车构造、ERP沙盘模拟经营、铁艺制作、慧鱼机器人创新训练、综合设计与制作)等。注重培养学生理论联系实际,通过实际制作来强化学生的工程训练效果,发挥学生的潜力,提高学生的综合创新实践能力。

本书作为高等院校机械类及近机械类专业工程训练实习教材,也可供高职和成人教育相关专业师生及有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程训练教程. 机械类及近机械类/张立红,尹显明主编. —北京:科学出版社,2017.1

普通高等教育“十三五”规划教材 国家级工程训练实验教学示范中心系列规划教材

ISBN 978-7-03-051184-3

I. ①工… II. ①张… ②尹… 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(2016)第321185号

责任编辑:邓 静 张丽花 / 责任校对:桂伟利

责任印制:霍 兵 / 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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2017年1月第一次印刷 印张:20 1/4

字数:480 000

定价:56.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

版权所有,盗版必究

举报电话:010-64034315; 010-64010630

前 言

“工程训练”是一门实践性技术基础课，是机械类及近机械类有关专业教学计划中重要的实践教学环节之一，是提高学生综合素质、培养学生综合创新实践能力的有效途径。

本书以 2014 年教育部工程训练教学指导委员会课程建设组关于《高等学校工程训练类课程教学质量标准（整合版本 2.0）》的精神为指导，结合工程训练实践教学内容及课程体系改革研究与实践成果编写而成。针对机械类及近机械类学生的特点，本教材以拓宽知识面，培养应用型人才为目标，强调“贴近实际，体现应用”，既注重学生获取知识、分析问题与解决问题的实践能力培养，又充分体现学生工程素质和创新思维能力的培养。通过工程训练锻炼学生的工程实践能力和综合创新能力。

教材结合机械类及近机械类工程训练教学实践，在传统机械制造方法的基础上，增加了数控加工、电加工、激光加工、3D 打印、三坐标测量、柔性制造系统、电子工艺、汽车构造、ERP 沙盘模拟训练、慧鱼机器人创新训练等项目。教材内容由浅入深，语言通俗易懂，并配有大量的插图，增强实用性知识，将理论知识与实习实训融为一体。教材中所涉及的各项技术标准及专业名词术语，尽可能采用最新的国家标准或相关部门标准。

本书由西南科技大学张立红、尹显明担任主编并统稿全书，参加编写的有陈聪聪（第 1 章）、段康容（第 2 章、10.4 节）、杨应洪（第 3 章、11.2 节）、徐春梅（第 4 章、第 7 章、10.1 节、10.2 节）、张祖军（第 5 章、第 6 章）、张立红（绪论、第 8 章、11.1 节、13.4 节、14.2 节）、赖思琦（第 9 章、13.1 节、13.2 节）、陈吉明（10.3 节）、阎世梁（第 12 章）、郭磊（13.3 节）、肖晓萍（14.1 节）。对在编写过程中所用参考文献的作者和出版社以及相关网站表示衷心的感谢。

由于编者知识水平与实践经验有限，书中不足与不妥之处在所难免，敬请读者和同仁提出意见与建议，以便再版时修正。

编 者

2016 年 10 月

目 录

| | | | |
|-------------------|---|-----------------------|---|
| 0 绪论..... | 1 | 0.3 机械制造工程训练教学要求..... | 2 |
| 0.1 工程训练教学内容..... | 1 | 0.4 机械制造工程训练学生实习 | |
| 0.2 工程训练教学目标..... | 2 | 守则..... | 3 |

第1篇 材料成形

| | | | |
|-------------------------|----|-------------------------|----|
| 第1章 工程材料及金属热处理..... | 4 | 2.2.9 铸件落砂与清理..... | 33 |
| 1.1 工程材料概论..... | 4 | 2.3 特种铸造及新技术..... | 33 |
| 1.2 常用金属材料简介..... | 5 | 2.3.1 熔模铸造..... | 33 |
| 1.2.1 常用金属材料..... | 5 | 2.3.2 压力铸造..... | 34 |
| 1.2.2 常用钢铁材料的牌号和用途..... | 6 | 2.3.3 金属型铸造..... | 35 |
| 1.2.3 金属材料的力学性能..... | 7 | 2.3.4 离心铸造..... | 35 |
| 1.3 钢材的火花鉴别..... | 8 | 2.3.5 铸造新技术..... | 36 |
| 1.3.1 火花的组成和名称..... | 8 | 2.4 铸件质量分析与控制..... | 37 |
| 1.3.2 碳钢火花的特征..... | 9 | 2.5 铸造实训..... | 40 |
| 1.3.3 常用钢的火花特征..... | 10 | 第3章 焊接..... | 44 |
| 1.4 钢的热处理..... | 11 | 3.1 焊接工艺概述..... | 44 |
| 1.4.1 热处理及其分类..... | 11 | 3.2 焊条电弧焊..... | 45 |
| 1.4.2 热处理的常用设备..... | 14 | 3.2.1 焊条电弧焊的焊接过程..... | 45 |
| 1.5 常用金属材料显微组织观察..... | 17 | 3.2.2 焊条电弧焊的电源设备..... | 46 |
| 1.5.1 铁碳合金基本组织..... | 17 | 3.2.3 焊条电弧焊常用工量具..... | 47 |
| 1.5.2 金相显微镜..... | 20 | 3.2.4 电焊条的分类..... | 47 |
| 1.6 热处理实训..... | 20 | 3.2.5 焊接接头及坡口形式..... | 48 |
| 第2章 铸造..... | 23 | 3.2.6 焊接位置..... | 49 |
| 2.1 铸造工艺概述..... | 23 | 3.2.7 焊条电弧焊的基本操作方法..... | 49 |
| 2.2 砂型铸造..... | 23 | 3.3 气焊与气割..... | 51 |
| 2.2.1 铸型..... | 23 | 3.3.1 气焊..... | 51 |
| 2.2.2 型砂的性能要求、组成 | | 3.3.2 气割..... | 52 |
| 及其制备..... | 24 | 3.4 其他焊接工艺..... | 53 |
| 2.2.3 制作模样和芯盒..... | 25 | 3.4.1 二氧化碳气体保护焊..... | 53 |
| 2.2.4 手工造型..... | 27 | 3.4.2 氩弧焊技术..... | 54 |
| 2.2.5 制造砂芯..... | 29 | 3.4.3 埋弧焊技术..... | 55 |
| 2.2.6 浇注系统..... | 30 | 3.5 焊接变形与焊接缺陷分析..... | 56 |
| 2.2.7 合型..... | 31 | 3.5.1 焊接变形..... | 56 |
| 2.2.8 合金的熔炼和浇注..... | 32 | 3.5.2 焊接缺陷及分析..... | 56 |

| | | | |
|--------------------|----|----------------|----|
| 3.5.3 焊接质量检验 | 58 | 3.6 焊接实训 | 59 |
|--------------------|----|----------------|----|

第 2 篇 传统切削加工

| | | | |
|---------------------------------|----|-------------------------|-----|
| 第 4 章 切削加工基础知识 | 61 | 5.5.4 车床上的孔加工 | 95 |
| 4.1 切削加工概述 | 61 | 5.5.5 切槽和切断 | 96 |
| 4.1.1 切削运动 | 61 | 5.5.6 车圆锥面 | 98 |
| 4.1.2 金属切削机床 | 63 | 5.5.7 车螺纹 | 99 |
| 4.2 金属切削刀具 | 66 | 5.5.8 滚花 | 100 |
| 4.2.1 金属切削刀具的结构及分类 | 66 | 5.6 车削实训 | 100 |
| 4.2.2 刀具几何角度 | 67 | 第 6 章 铣削与刨削 | 102 |
| 4.2.3 常用刀具材料的种类、性能 及应用 | 68 | 6.1 铣削工艺概述 | 102 |
| 4.3 机械加工质量 | 70 | 6.2 铣床 | 102 |
| 4.3.1 加工精度 | 70 | 6.2.1 卧式万能铣床 | 103 |
| 4.3.2 表面质量 | 71 | 6.2.2 立式铣床 | 104 |
| 4.3.3 加工误差 | 71 | 6.3 铣刀 | 104 |
| 4.4 测量技术及实训 | 71 | 6.3.1 铣刀的种类 | 104 |
| 4.4.1 测量技术基础 | 72 | 6.3.2 铣刀的安装 | 105 |
| 4.4.2 常用量具 | 73 | 6.4 铣床的附件及应用 | 106 |
| 4.4.3 测量技术实训 | 80 | 6.4.1 分度头 | 106 |
| 第 5 章 车削 | 82 | 6.4.2 其他附件 | 107 |
| 5.1 车削工艺概述 | 82 | 6.5 铣削基本工艺 | 108 |
| 5.2 普通卧式车床 | 83 | 6.5.1 铣平面 | 108 |
| 5.3 车刀 | 86 | 6.5.2 铣斜面 | 109 |
| 5.3.1 车刀的种类 | 86 | 6.5.3 铣沟槽 | 109 |
| 5.3.2 车刀的结构 | 87 | 6.6 刨削工艺简介 | 110 |
| 5.3.3 车刀的安装 | 88 | 6.6.1 牛头刨床 | 110 |
| 5.4 工件的安装 | 89 | 6.6.2 刨刀与工件的安装 | 113 |
| 5.4.1 用三爪自定心卡盘安装工件 | 89 | 6.7 铣削实训 | 115 |
| 5.4.2 用四爪单动卡盘安装工件 | 89 | 第 7 章 磨削 | 117 |
| 5.4.3 用顶尖安装工件 | 90 | 7.1 磨削工艺概述 | 117 |
| 5.4.4 中心架和跟刀架的使用 | 91 | 7.2 磨床 | 118 |
| 5.4.5 用心轴安装工件 | 92 | 7.2.1 外圆磨床 | 118 |
| 5.4.6 用花盘安装工件 | 92 | 7.2.2 平面磨床 | 120 |
| 5.5 车削基本工艺 | 93 | 7.3 砂轮 | 120 |
| 5.5.1 车端面 | 93 | 7.3.1 砂轮的特性 | 121 |
| 5.5.2 钻中心孔 | 93 | 7.3.2 砂轮形状 | 122 |
| 5.5.3 车外圆 | 94 | 7.3.3 砂轮的平衡、安装与修正 | 123 |
| | | 7.4 磨削基本工艺 | 124 |

| | | | | | |
|--------------|--------------------------|------------|-------|---------------|-----|
| 7.4.1 | 外圆磨削 | 124 | 8.2 | 钳工基本工艺 | 131 |
| 7.4.2 | 平面磨削 | 125 | 8.2.1 | 划线 | 131 |
| 7.4.3 | 内圆表面及齿轮轮齿的 磨削加工 | 127 | 8.2.2 | 锯切 | 136 |
| 7.5 | 磨削实训 | 128 | 8.2.3 | 锉削 | 137 |
| 第 8 章 | 钳工 | 130 | 8.2.4 | 钻孔 | 140 |
| 8.1 | 钳工工艺概述 | 130 | 8.2.5 | 攻螺纹和套螺纹 | 146 |
| | | | 8.3 | 钳工实训 | 149 |

第 3 篇 现代制造技术

| | | | | | |
|---------------|-------------------|------------|---------------|-----------------------------|------------|
| 第 9 章 | 数控加工 | 151 | 10.3.2 | 激光加工工艺概述 | 195 |
| 9.1 | 数控加工工艺概述 | 151 | 10.3.3 | 激光加工基本工艺 | 197 |
| 9.2 | 数控机床编程基础 | 154 | 10.3.4 | 激光加工实训 | 202 |
| 9.2.1 | 数控机床的坐标系 | 154 | 10.4 | 3D 打印技术及实训 | 203 |
| 9.2.2 | 数控编程 | 155 | 10.4.1 | 3D 打印技术概述 | 203 |
| 9.3 | 数控车削加工及实训 | 156 | 10.4.2 | 3D 打印技术的基本原理和 工艺流程 | 205 |
| 9.3.1 | 数控车削概述 | 156 | 10.4.3 | 3D 打印技术的应用 | 207 |
| 9.3.2 | 数控车编程基础 | 157 | 10.4.4 | 常见的几种 3D 打印工艺 | 208 |
| 9.3.3 | 数控车系统操作面板 | 160 | 10.4.5 | 熔融挤压成形操作实例 | 211 |
| 9.3.4 | 数控车实训 | 162 | 10.4.6 | 3D 打印实训 | 216 |
| 9.4 | 数控铣削加工及实训 | 164 | 第 11 章 | 其他先进制造技术 | 218 |
| 9.4.1 | 数控铣床概述 | 164 | 11.1 | 三坐标测量技术及实训 | 218 |
| 9.4.2 | 数控铣削编程基础 | 165 | 11.1.1 | 概述 | 218 |
| 9.4.3 | 数控铣削编程 | 167 | 11.1.2 | 三坐标测量机 | 221 |
| 9.4.4 | 数控铣实训 | 171 | 11.1.3 | 三坐标测量基本步骤 | 224 |
| 第 10 章 | 特种加工 | 177 | 11.1.4 | 三坐标测量技术实训 | 231 |
| 10.1 | 特种加工工艺概述 | 177 | 11.2 | 柔性制造系统及实训 | 232 |
| 10.1.1 | 电火花加工 | 177 | 11.2.1 | 柔性制造系统的定义 及发展 | 232 |
| 10.1.2 | 其他常见特种加工简述 | 180 | 11.2.2 | 柔性制造系统的特点及 使用范围 | 233 |
| 10.1.3 | 特种加工的发展趋势 | 181 | 11.2.3 | 柔性制造系统的组成 | 234 |
| 10.2 | 数控线切割加工及实训 | 181 | 11.2.4 | 典型柔性制造系统案例 与分析 | 238 |
| 10.2.1 | 线切割加工原理 | 182 | 11.2.5 | 实训项目 搬运机器人示教 与再现实验 | 241 |
| 10.2.2 | 线切割加工的特点 | 182 | | | |
| 10.2.3 | 线切割机床 | 182 | | | |
| 10.2.4 | 线切割加工的程序编制 | 186 | | | |
| 10.2.5 | 数控线切割实训 | 191 | | | |
| 10.3 | 激光加工及实训 | 193 | | | |
| 10.3.1 | 激光技术与激光器概述 | 193 | | | |

第4篇 电子工艺

| | | | |
|----------------------|-----|------------------------------|-----|
| 第12章 电子工艺实训 | 242 | 12.2.4 手工焊接操作的注意 事项 | 249 |
| 12.1 常用电子元器件 | 242 | 12.2.5 焊点质量的评价 | 249 |
| 12.1.1 电阻器 | 242 | 12.3 SMT 工艺 | 250 |
| 12.1.2 电容器 | 243 | 12.3.1 SMT 基本工艺流程 | 250 |
| 12.1.3 电感器 | 243 | 12.3.2 表面组装元件 | 251 |
| 12.1.4 晶体二极管 | 244 | 12.3.3 表面组装器件 | 254 |
| 12.1.5 晶体三极管 | 244 | 12.3.4 焊接方式与组装类型 | 255 |
| 12.1.6 场效应晶体管 | 245 | 12.4 电子产品与工艺实训 | 256 |
| 12.1.7 集成电路 | 246 | 12.4.1 实训目的和要求 | 256 |
| 12.2 手工焊接技术 | 247 | 12.4.2 实训基础知识 | 257 |
| 12.2.1 焊接工具与焊料 | 247 | 12.4.3 实训器材 | 259 |
| 12.2.2 锡焊机理 | 248 | 12.4.4 实训步骤 | 259 |
| 12.2.3 手工焊接方法 | 248 | | |

第5篇 综合与创新

| | | | |
|---------------------------------|-----|------------------------------------|-----|
| 第13章 综合训练 | 261 | 13.4 铁艺制作及实训 | 289 |
| 13.1 装配与拆卸基础知识 | 261 | 13.4.1 铁艺制作概述 | 289 |
| 13.1.1 装配 | 261 | 13.4.2 铁艺制作工艺 | 291 |
| 13.1.2 拆卸 | 262 | 13.4.3 铁艺实训 | 295 |
| 13.2 发动机构造及实训 | 262 | 第14章 创新训练 | 296 |
| 13.2.1 发动机概述 | 262 | 14.1 慧鱼机器人创新训练 | 296 |
| 13.2.2 发动机结构 | 268 | 14.1.1 慧鱼组合模型主要构成 | 296 |
| 13.2.3 发动机拆装实训 | 270 | 14.1.2 创新训练 | 305 |
| 13.3 ERP 沙盘模拟经营及实训 | 276 | 14.2 综合创新设计与制作 | 309 |
| 13.3.1 ERP 沙盘模拟经营课程 简介 | 276 | 14.2.1 教学目的 | 309 |
| 13.3.2 ERP 沙盘设计 | 276 | 14.2.2 设计要求 | 309 |
| 13.3.3 模拟企业简介 | 279 | 14.2.3 工艺设计 | 311 |
| 13.3.4 模拟企业财务状况 | 280 | 14.2.4 成本计算 | 314 |
| 13.3.5 模拟企业经营规则 | 281 | 14.2.5 提供的设备、刀具、量具、 夹具和材料 | 314 |
| 13.3.6 ERP 沙盘模拟经营实训 | 285 | 14.2.6 产品设计说明书 | 315 |
| 参考文献 | | | 316 |

0 绪 论

机械制造业是工业的基础和重要组成部分，其发展水平是衡量一个国家经济发展水平和综合国力的重要标志。随着现代工业的快速发展，新知识与新技术的加速更替，各种类型的制造工程对综合创新性与复合应用型人才的需求剧增。因此，传授机械制造基础知识、培养基本操作技能的工程训练课程就成为工科大学生的必修课。对于机械类各专业的大学生，工程训练还是学习其他技术基础课的重要先修课程。

工程训练中心是全校性实践教学平台，工程训练课程是实践性的技术基础课，建立了以强化制造工程基础，注重机、电、信息、控制、管理多学科交叉，以提高工程实践能力和创新能力为核心的人才培养模式。学生通过本课程的学习获得机械制造的基本知识，建立工程意识；在培养一定操作技能的基础上增强学生的工程实践能力；在劳动观点、创新意识、理论联系实际的科学作风等基本素质方面受到培养和锻炼；为综合创新性与复合应用型人才的培养提供了实践基础。

0.1 工程训练教学内容

机械产品的制造过程也就是把原材料加工成合格零件的过程。一些尺寸不大的轴、销、套类等零件，可以直接用型材，经机械加工而成。还有一些制造方法可将原材料直接制成零件，例如：粉末冶金、熔模铸造等。一般的零件是将原材料经过铸造、锻压、焊接等方法制成毛坯，然后将毛坯由机械加工（特种加工）的方法制成零件。许多零件在毛坯制造和机械加工的过程中还需要进行不同的热处理工艺才能达到要求。因此，一般的机械产品制造过程如图 0-1 所示。

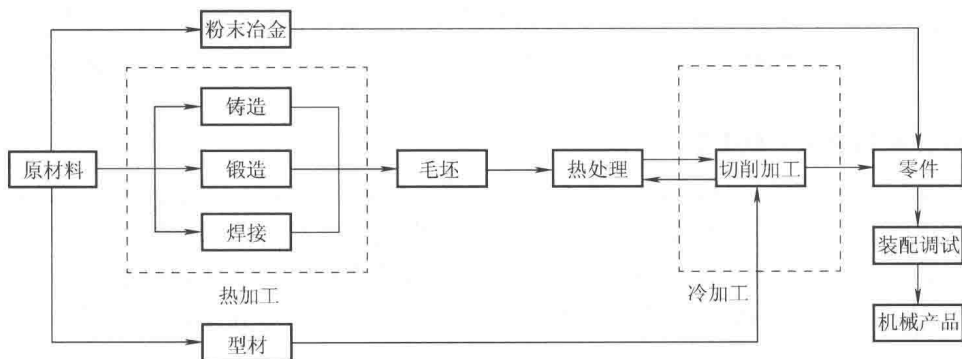


图 0-1 机械产品制造过程

工程训练的基本教学内容包括机械制造中常见的加工方法及其常用设备、工具、量具的操作和使用方法，分别进行了机械制造基础、材料成形、金属切削、电子工艺、装配等内容的现场实践教学。

0.2 工程训练教学目标

工程训练是一门实践性技术基础课，是让学生在一个真实的大制造环境中获得工程实践知识、建立工程意识、训练操作技能的实践课程；是学生接触生产实际，获得生产技术及管理知识，进行工程师基础素质训练的重要途径。根据我国工程实践教学的发展和创新人才的培养，教育部工程训练教学指导委员会提出了课程的教学目标为学习工艺知识，增强实践能力，提高综合素质，培养创新精神。

1. 学习工艺知识

工程训练是在教师的指导下通过独立的实践操作，建立起对制造过程的感性认识。在实训中，学生学习了机械制造主要加工方法及其主要设备的结构、工作原理及操作方法，正确使用了各类工具、夹具、量具及工艺文件，这些知识都是非常具体、生动而实际的，使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识，为学生后续相关专业课程的学习及毕业设计等打下了良好的基础。

2. 增强实践能力

为了培养学生的工程实践能力，强化工程意识，本科人才培养方案中安排了各种实验、实习、设计等实践性教学环节和课程。其中工程训练是最重要的实践课程之一，在实训中，学生通过直接参加生产实践，亲自操作各种机器设备，使用各种工具、夹具、量具、刀具等，独立完成简单零件的制造过程，使学生对简单零件初步具有选择加工方法和分析加工工艺的能力。用理论指导实践，以实践验证和充实理论，培养了工程师应具备的基础知识和基本技能。

3. 提高综合素质

工程训练课程是在生产实践的现场教学，它不同于教室，它是生产、教学、科研相结合的实践基地，教学内容丰富多样，实践环境多变，对大多数学生来说是第一次接触实际工程环境，是对学生进行思想作风教育的良好时机与场所。例如，遵守纪律与各项规章制度、加强劳动观念、爱惜国家财产、建立经济观点与质量意识等。一方面弥补了学生过去在实践知识上的不足，增加了以后学习和工作中所需要的工艺技术知识与技能，另一方面使学生初步树立起工程意识、劳动观念、集体观念、组织纪律性和爱岗敬业精神，从而提高了学生的综合素质。

4. 培养创新意识和创新能力

在工程训练中，学生要接触到几十种设备，并了解、熟悉和掌握其中一部分设备的结构、原理和使用方法，学习了一些基本的制造工艺。在学习过程中，经常会遇见新鲜事物，时常会产生新奇想法，要善于把这些新鲜感和好奇心转变为提出问题和解决问题的动力。同时这些基础工艺知识的学习为以后的创新孵化提供了实践方法和基本技能，增强了同学们的综合创新实践能力。

0.3 机械制造工程训练教学要求

工程训练是一门实践性很强的课程，不同于一般的理论课程。它没有系统的理论、定理和公式，除了一些基本原则以外，大都是一些具体的生产经验和工艺知识；主要的学习课堂

不是教室，而是工厂或实验室；主要的学习对象不是书本，而是具体的生产过程，学习的指导者是现场的教学指导人员，因此学生的学习方法主要是在实践中学习。要注重在生产过程中学习工艺知识和基本技能，并能理论联系实际融会贯通；同时应及时完成实习、实验报告，加强理论知识的巩固。

工程训练的教学要求是：

(1) 了解制造的一般过程和基础知识，熟悉零件的常用加工方法及其所用的主要设备与工具；了解新工艺、新技术、新材料在现代制造中的应用。

(2) 对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力，在主要加工工艺方面应能独立完成简单零件的加工，并培养一定的工艺实践能力。

(3) 培养学生的安全意识、生产质量和经济观念、理论联系实际和认真细致的科学作风以及热爱劳动和爱护公物等基本素质。

0.4 机械制造工程训练学生实习守则

(1) 严格遵守劳动纪律，做到不迟到、不早退、不旷课，一般不得请事假，特殊情况应履行请假手续，因病请假需医院证明。

(2) 实习期间要服从指导教师的安排，未经允许不得擅自开动设备，不允许串岗、不允许打闹、不允许抽烟、不允许玩手机。

(3) 实习时要穿合适的工作服，平底鞋，不准穿拖鞋、凉鞋、裙子、风衣，不得戴围巾、手套进行操作（规定可戴手套的工种除外），女同学要戴安全帽，并将长发或辫子纳入帽内。

(4) 实习时要认真听老师讲解，仔细观看老师的示范，操作设备时要大胆、心细，严格遵守各类设备的安全操作规程，避免人身、设备事故的发生。

(5) 操作设备时若发生问题，应立即停机，保护现场，并立即报告指导老师；多人共用一台机床时，只能一人操作，严禁两人同时操作，以防止事故发生。

(6) 实习中应注意勤俭节约，降低原材料和低值易耗品消耗，在保证实习的前提下尽量降低实习成本。

(7) 每天实习完毕，要求做到：

① 整理和清点自己的工件、工具和量具；

② 将设备擦拭干净，周边环境清扫干净；

③ 关好电源和窗户，经老师检查并同意后方可离岗。

(8) 如不遵守上述规定，经劝告无效，工程训练中心将停止其实习。

第1篇 材料成形

第1章 工程材料及金属热处理

1.1 工程材料概论

工程材料是指用来制造工程构件和机械零件的材料，它既指用于机械、车辆、船舶、建筑、化工、能源、仪器仪表、航空航天等工程领域的材料，也包括用于制造工具的材料和具有特殊性能的材料。现代工程材料种类繁多，目前世界上的材料已有 40 多万种，且每年还以 5% 的速度在增加。一般按照材料的组成、结合键的特点，可将工程材料分为三大类：金属材料、非金属材料 and 复合材料。它们的具体分类如图 1-1 所示。



图 1-1 常用机械工程材料

金属材料是最主要的工程材料，通常金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属是指以铁、锰、铬或以它们为主而形成的具有金属特性的物质，如钢、生铁、铁合金、铸铁等。有色金属是指除黑色金属以外的其他金属材料，如铜、铝、镁以及它们的合金等。应用最广的是黑色金属。以铁为基的合金材料占整个结构材料和工具材料的 90% 以上。黑色金属材料的工程性能比较优越，价格也较便宜，是最重要的工程金属材料。有色金属按照性能和特点可分为轻金属、易熔金属、难熔金属、贵金属、稀土金属和碱土金属。它们是重要的有特殊用途的材料。

非金属材料是重要的工程材料。近年来，高分子、陶瓷等非金属材料急剧发展，在材料

的生产和使用方面均有重大的进展,正在越来越多地应用于各类工程中。随着科技与生产力的发展,非金属材料得到了迅速发展。在一定程度上,非金属材料不仅能替代金属材料,在某些特性上也会起到一些金属材料所没有的作用。例如塑料,由于质轻,比强度高,不溶于水,不导电,不导热,可广泛用于各类工业产品包装、农业中地表薄膜、输水管道、家用电器外壳、医疗器械、电线、电缆、通讯、航空等现代领域。其中,ABS塑料还具有易加工、尺寸稳定,表面光泽度好,容易涂装、着色,还可以在表面喷镀金属、电镀、焊接、热压和黏结等二次加工,目前在新兴起的3D打印市场上颇受青睐,可用来制作机械、汽车、电子仪表和建筑等工业领域的各种构件,是一种用途极广的热塑性工程塑料。

陶瓷材料因具有硬度高、耐磨性好、熔点高、抗氧化性好和耐腐蚀性强等优点,可以用来制作刀具、模具、坩埚、耐高温零件以及多功能元件等。

复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料组合而成的人工合成固体材料。它不仅能保持各组成材料的优点,而且还可获得单一材料无法具备的优越综合机械性能。玻璃钢、碳纤维强化塑料(CFRP)、纤维增强金属(FRM)、金属-塑料层辑材料等都是复合材料的例子。

1.2 常用金属材料简介

1.2.1 常用金属材料

金属材料是指金属元素或以金属元素为主构成的具有金属特性的材料的统称。包括纯金属、合金、金属材料金属间化合物和特种金属材料等。常用金属材料分为黑色金属和有色金属两大类,黑色金属常常使人误会,以为黑色金属一定是黑的,其实不然。黑色金属只有三种:铁、锰、铬。而它们三个都不是黑色的!纯铁是银白色的,锰是银白色的,铬是灰白色的。因为铁的表面常常生锈,盖着一层黑色的四氧化三铁与棕褐色的三氧化二铁的混合物,看上去就是黑色的,所以人们称之为“黑色金属”。碳的质量分数在2.11%以下的铁碳合金称为钢,碳的质量分数在2.11%以上的合金称为生铁,把铸造生铁放在熔铁炉中熔炼成液体,浇注进模具型腔,就得到铸铁件。狭义有色金属又称非铁金属,是铁、锰、铬以外的所有金属的统称。广义有色金属还包括有色合金。有色合金是以一种有色金属为基体(通常大于50%),加入一种或几种其他元素而构成的合金。下面就常用的金属做简单的介绍。

1. 钢

钢按其化学成分可分为碳素钢和合金钢。碳素钢的主要成分为铁和碳,在碳素钢的基础上,冶炼时专门加入一种或几种合金元素就形成了合金钢。此外,钢中还含有少量其他杂质,如硅、锰、硫、磷等。其中硫和磷通常是有害杂质,必须严格控制其含量。

1) 碳素钢

根据生产上的需要有多种方法对碳素钢进行分类。

(1) 按化学成分不同,可将碳素钢分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。其中低碳钢的碳的质量分数 $\leq 0.25\%$,其性能特点是强度低,塑性、韧性好,锻压和焊接性能好;中碳钢的碳的质量分数在 $0.25\% \sim 0.60\%$,这类钢具有较高的强度和一定的塑性、韧性;高碳钢的碳的质量分数 $> 0.6\%$,经适当的热处理后,可达到很高的强度和硬度,但塑性和韧性较差。

(2) 按用途不同,可分为碳素结构钢和碳素工具钢。碳素结构钢主要用于制造机械零件和工程结构,大多是低碳钢和中碳钢;碳素工具钢主要用于制造硬度高、耐磨的工具、刀具、

模具和量具等，它们一般都是高碳钢。

(3) 按质量等级（有害杂质含量）不同，可将碳素钢分为普通质量碳素钢、优质碳素钢和特殊质量碳素钢。

2) 合金钢

合金钢按合金元素的含量，可分为低合金钢、中合金钢和高合金钢；按主要用途可分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢（不锈钢、耐热钢、耐磨钢等）。

2. 铸铁

生产上常用的铸铁有灰口铸铁（片状石墨）、球墨铸铁（球状石墨）、可锻铸铁（团絮状石墨）等，它们的碳的质量分数通常在 2.5%~4.0%。其中最常用的是灰铸铁，它的铸造性能好，可浇注出形状复杂和薄壁的零件，但灰铸铁脆性较大，不能锻压，且焊接性能也差，因此主要用于生产铸件。灰铁的抗拉强度、塑性和韧性都远低于钢，但抗压性能好，还具有良好的减振性、耐磨性和切削加工性能，生产方便，成本低廉，生产上主要用于制作机床床身、内燃机的气缸体、缸套、活塞环及轴瓦、曲轴等。

3. 铝及其合金

铝的主要特点是比重小，导电、导热性较好，塑性好，抗大气腐蚀性好，能通过冷、热变形制成各种型材；铝的强度低，经加工硬化后强度可提高，但塑性下降。

工业纯铝主要用来制造电线、散热器等要求耐腐蚀而强度要求不高的零件以及生活用具等。铝的合金可用来制作门框、窗框、家具等。

4. 铜及其合金

铜具有良好的导电性、导热性、耐腐蚀性和延展性等物理化学特性。纯铜可拉成很细的铜丝，制成很薄的铜箔。纯铜的新鲜断面是玫瑰红色的，但表面形成氧化铜膜后，外观呈紫红色，故常称紫铜。铜可以与锡、锌、镍等金属化合成具有不同特点的合金，即青铜、黄铜和白铜。铜及其合金在电器、电力和电子工业中用量最大。据统计，世界上生产的铜，近一半消耗在电器工业中。军事上用铜制造各种子弹、炮弹、舰艇冷凝管和热交换器以及各种仪表的弹性元件等，还可用来制作轴承、轴瓦、油管、阀门、泵体，以及高压蒸汽设备、医疗器械、光学仪器、装饰材料及金属艺术品和各种日用器具等。

5. 钛——21 世纪金属

钛和钛合金被认为是 21 世纪的重要材料，它具有很多优良的性能，如熔点高、密度小、可塑性好、易于加工、机械性能好等。尤其是抗腐蚀性能非常好，即使把它们放在海水中数年，取出后仍光亮如新，其抗腐蚀性能远优于不锈钢，因此被广泛用于火箭、导弹、航天飞机、船舶、化工和通讯设备等，钛合金与人体有很好的“相容性”，因此可用来制造人造骨。

1.2.2 常用钢铁材料的牌号和用途

1. 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢的牌号主要由表示机械性能指标中屈服点的“屈”字拼音首字母“Q”和屈服点数值（以 MPa 为单位）构成。常用的种类有 Q195、Q235 等，它们常用于制造螺栓、螺钉、螺母、法兰盘、键、轴等。

2. 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢的牌号由代表钢中平均碳的质量分数的万分数的两位数字来表示。常用的有低碳钢 08、15、20；中碳钢 35、45、50；高碳钢 65 等。其中 08 钢主要用于冲压件和焊

接件, 45 钢可用于制造齿轮、轴、连杆等零件, 65 钢多用于制造弹簧等。

3. 碳素工具钢

碳素工具钢的牌号由“碳”字的拼音首字母“T”和代表钢中平均碳的质量分数的千分数的数字来表示。常用的牌号有 T8、T10、T12 等。碳素工具钢主要用于制造硬度高、耐磨的工具、量具和模具, 如锯条、手锤、刮刀、锉刀、丝锥、量规等。

4. 合金结构钢

合金结构钢可用于制造各种机械结构零件, 如 40Cr、40CrNiMoA、45CrNi 等可以做一些简单的齿轮、连杆、曲轴、车床主轴等; 合金工具钢主要有 Cr12、9SiCr、W6Mo5Cr4V2、W18Cr4V 等, 分别可用于制造冷作模具、量具、刀具等; 特殊性能钢中的不锈钢(0Cr19Ni9、1Cr18Ni9 等)可因其耐腐蚀性好用来做医疗器具、量具等, 耐热钢(2Cr12WMoVNbB、0Cr25Ni20 等)可用来做叶片、轮盘等, 耐磨钢(ZGMn13 等)可用来做铲斗、衬板等耐磨件。

5. 灰口铸铁

灰口铸铁的牌号以“灰铁”汉语拼音字母 HT 加表示其最低抗拉强度(MPa)的三位数字组成, 如 HT100、HT150、HT350 等。常用于机器设备的床身、底座、箱体、工作台等, 其商品产量占铸铁总产量的 80%以上。

6. 球墨铸铁

球墨铸铁的牌号以“球铁”汉语拼音字母 QT 加表示其最低抗拉强度(MPa)和最小伸长率(%)的两组数字组成, 如 QT600-3。球墨铸铁强化处理后比灰口铸铁有着更好的机械性能, 又保留了灰口铸铁的某些优良性能和价格低廉的优点, 可部分代替碳素结构钢用于制造曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、气缸体等重要零件。

1.2.3 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指材料在受外力作用时所表现出来的各种性能。由于机械零件大多是在受力的条件下工作, 因而所用材料的力学性能就显得格外重要。力学性能指标主要有: 强度、塑性、韧性、硬度等。

1. 强度

强度是指材料在外力的作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。金属强度指标主要以屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 最为常用。

2. 塑性

塑性是指金属材料在外力作用下发生塑性变形而不被破坏的能力。常用的塑性指标是延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 。二者数值越大, 表明材料的塑性越好。

3. 韧性

韧性是指材料在断裂前吸收变形能量的能力。常用的韧性指标是用通过冲击试验测得的材料冲击吸收功的大小来表示的。

4. 硬度

硬度是反应材料抵抗比它更硬的物体压入其表面的能力。常用的硬度指标有布氏硬度和洛氏硬度。在压缩状态下, 不同深度的金属所承受的压力及引起的变形不同, 硬度值是压痕附近局部区域内及金属材料的弹性、微量塑性变形能力、塑性变形强化能力、大量塑料变形抗力等机械性能的综合反映。

1.3 钢材的火花鉴别

钢材的品种繁多，应用广泛，性能差异也很大，因此对钢材的鉴别就显得异常重要。钢材的鉴别方法很多，现场主要用火花鉴别及根据钢材色标识别两种方法。火花鉴别法是依靠观察材料被砂轮磨削时所产生的流线、爆花及其色泽判断出钢材化学成分的一种简便方法。

火花鉴别常用的设备为手提式砂轮机或台式砂轮机，砂轮宜采用 46~60 号普通氧化铝砂轮。手提式砂轮直径为 100~150mm，台式砂轮直径为 200~250mm，砂轮转速一般为 2800~4000r/min。

火花鉴别的要点是：详细观察火花的火束粗细、长短、花次层叠程度和它的色泽变化情况。注意观察组成火束的流线形态，火花束根部、中部及尾部的特殊情况和它的运动规律，同时还要观察火花爆裂形态、花粉大小和多少。施加的压力要适中，施加较大压力时应着重观察钢材的碳的含量；施加较小压力时应着重观察材料的合金元素。

1.3.1 火花的组成和名称

1. 火束

钢件与高速旋转的砂轮接触时产生的全部火花称为火花束，也叫火束。火束由根部火花、中部火花和尾部火花三部分组成，如图 1-2 所示。

2. 流线

钢件在磨削时产生的灼热粉末在空间高速飞行时所产生的光亮轨迹，称为流线。流线分直线流线、断续流线和波纹状流线等几种，如图 1-3 所示。碳钢火束的流线均为直线流线；铬钢、钨钢、高合金钢和灰铸件的火束流线均呈断续流线；而呈波纹状的流线不常见。

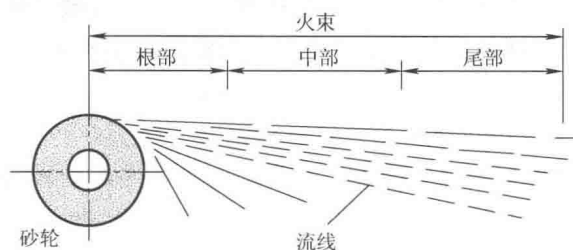


图 1-2 火束的组成

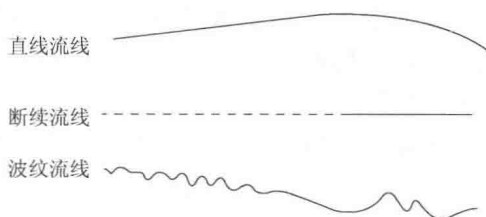


图 1-3 流线的形状

3. 节点和芒线

流线上中途爆裂而发出的明亮而稍粗的点，叫节点。火花爆裂时所产生的短流线称为芒线。因钢中碳的含量的不同，芒线有二根分叉、三根分叉、四根分叉和多根分叉等几种，如图 1-4 所示。

4. 爆花与花粉

在流线或芒线中途发生爆裂所形成的火花形状称为爆花，由节点和芒线组成。只有一次爆裂芒线的爆花称为一次花，在一次花的芒线上再次发生爆裂而产生的爆花称为二次花，以此类推，有三次花、多次花等，如图 1-5 所示。分散在爆花之间和流线附近的小亮点称为花粉。出现花粉为高碳钢的火花特征。

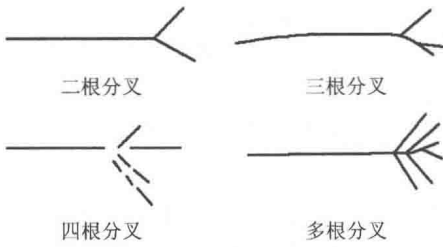


图 1-4 芒线的形式

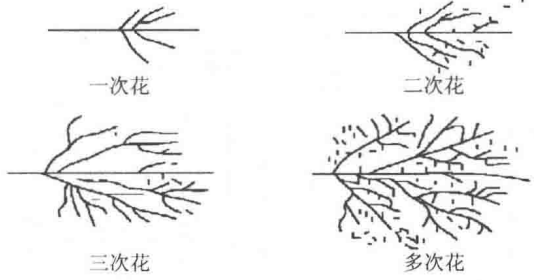


图 1-5 爆花的形式

5. 尾花

流线末端的火花，称为尾花。常见的尾花有两种形状：狐尾尾花和枪尖尾花，如图 1-6 所示。根据尾花可判断出所含合金元素的种类，狐尾尾花说明钢中含有钨元素，枪尖尾花说明钢中含有钼元素。



图 1-6 尾花的形状

6. 色泽

整个火束或某部分的火束的颜色，称为色泽。

1.3.2 碳钢火花特征

碳钢中火花爆裂情况随碳的质量分数的增加而分叉增多，且形成二次花、三次花甚至更复杂。火花爆裂的大小随碳的质量分数的增加而增大，碳的质量分数在 0.5% 左右时最大，火花爆裂数量由少到多，花粉增多，如图 1-7 所示。

碳钢的火花特征变化规律如表 1-1 所示。

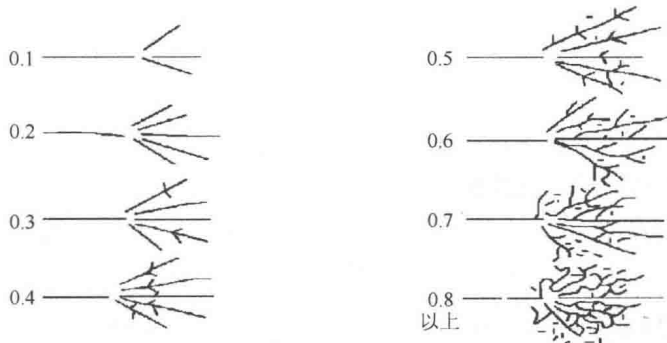


图 1-7 碳的质量分数与火花特征