

全国高等职业教育规划教材

机械设计制造类专业

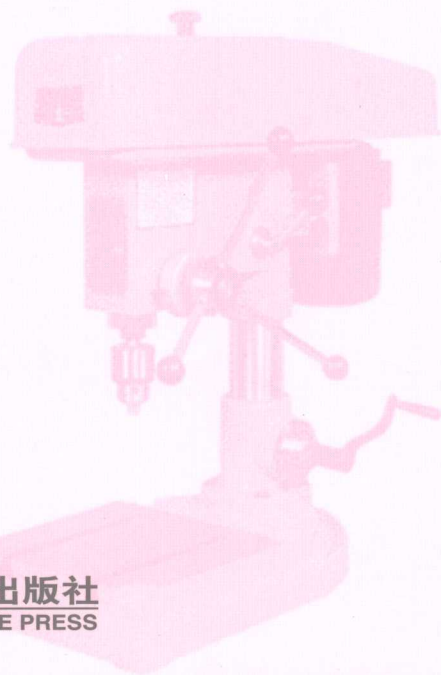
# 机 钳 工

# 实训教程

卢建生 主编

陈 星 刘晓强 参编

韩满林 主审



 **机械工业出版社**  
CHINA MACHINE PRESS



全国高等职业教育规划教材  
机械设计制造类专业

# 机 钳 工 实 训 教 程

卢建生 主编

陈 星 刘晓强 参编

韩满林 主审



机械工业出版社

本书内容包括机钳工的基础知识、钳工实训、钳工项目教学、车工实训和铣工实训等教学内容，并附有中级车工理论知识练习卷和高级装配钳工理论知识练习卷。通过本书，可指导学生将机械制造工艺和生产实践结合起来，完成常用的钳工和机加工作，并培养良好的职业素质。

本书可作为高职高专院校金工实习类实训课程的教材或参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

机钳工实训教程/卢建生主编. —北京: 机械工业出版社, 2008.9  
全国高等职业教育规划教材. 机械设计制造类专业  
ISBN 978-7-111-24894-1

I. 机… II. 卢… III. 机修钳工 - 高等学校: 技术学校 - 教材  
IV. TG947

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 120733 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 祝 伟 版式设计: 霍永明

责任校对: 张 媛 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷 (北京樱花印刷厂装订)

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.75 印张 · 337 千字

0 001—5 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-24894-1

定价: 23.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

# 全国高等职业教育规划教材 机电类专业编委会成员名单

主 任 吴家礼

副主任 任建伟 李望云 张 华 梁 栋

盛靖琪

委 员 (排名不分先后)

陈志刚 陈剑鹤 韩满林 李柏青

盛定高 张 伟 李晓宏 刘靖华

陈文杰 程时甘 韩全立 张宪立

胡光耀 苑喜军 李新平 吕 汀

杨华明 刘达有 程 奎 李益民

吴元凯 王国玉 王启洋 杨文龙

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 郝秀凯

## 出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- (1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- (2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- (3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- (4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- (5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

# 前 言

机钳工实训是机电类专业学生必修的实践性很强的技术基础课。学生在机钳工实习过程中,通过独立的实践操作,将有关机械制造的基本工艺知识、基本工艺方法和基本工艺实践等有机结合起来,进行工程实践综合能力的训练,以及进行思想品德和职业素质的培养与锻炼。

为适应教学改革和专业改造,对机钳工实训提出了更高的要求,机钳工实训应在教学内容、教学方法和教学手段上进行改革。为此,我们精选传统工艺内容,增加新知识内容,以体现教材的系统性和先进性。学习中提倡启发式、讨论式等教学方法,以提高学生的自学能力,扩大知识面。大力提倡在原有教学基础上,配合多媒体教学和(局域)网络教学等先进教学手段进行讲授。

本教材力求取材新颖、联系实际、结构紧凑、文字简练、基本概念清晰、重点突出。

本课程教学参考学时为 90 学时,各章学时分配见下表。

| 章 次 | 学 时 数 | 章 次 | 学 时 数 |
|-----|-------|-----|-------|
| 绪 论 | 2     | 第三章 | 30    |
| 第一章 | 8     | 第四章 | 20    |
| 第二章 | 30    | 共 计 | 90    |

本书由卢建生任主编,负责编写前言、绪论、第一章和附录,并担任全书的统稿工作;陈星编写第三、四章;刘晓强编写第二章;韩满林担任主审。

本书编写过程中得到南京信息职业技术学院机电工程系各教研室多方面的指导,在此向他们及所有关心、支持和帮助本书编写的老师们表示衷心的感谢!由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请广大读者提出宝贵意见,以求改进!

编 者

2008 年 6 月

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 出版说明               | 106 |
| 前言                 | 109 |
| 绪论                 | 1   |
| 第一章 机钳工基础知识        | 4   |
| 第一节 金属材料与钢的热处理     | 4   |
| 第二节 零件的加工精度        | 8   |
| 第三节 常用测量工具         | 18  |
| 第四节 切削加工常用冷却润滑液    | 30  |
| 第二章 钳工             | 32  |
| 第一节 概述             | 32  |
| 第二节 划线             | 33  |
| 第三节 锯削             | 36  |
| 第四节 錾削             | 39  |
| 第五节 锉削             | 41  |
| 第六节 钻孔、扩孔和铰孔       | 45  |
| 第七节 攻螺纹和套螺纹        | 55  |
| 第八节 矫正、弯形和铆接       | 58  |
| 第九节 刮削和研磨          | 63  |
| 第三章 车工             | 69  |
| 第一节 概述             | 69  |
| 第二节 车床             | 70  |
| 第三节 车刀及其安装         | 73  |
| 第四节 车外圆            | 77  |
| 第五节 车端面 and 阶台     | 83  |
| 第六节 切断与切槽          | 85  |
| 第七节 钻孔、镗孔和铰孔       | 88  |
| 第八节 圆锥面的车削加工       | 92  |
| 第九节 车成形面和滚花        | 95  |
| 第十节 车螺纹            | 97  |
| 第十一节 复杂零件的安装与加工    | 100 |
| 第四章 铣工             | 103 |
| 第一节 概述             | 103 |
| 第二节 铣床及附件安装        | 105 |
| 第三节 铣刀和工件的安装       | 106 |
| 第四节 铣平面            | 109 |
| 第五节 铣槽与切断          | 115 |
| 第六节 万能分度头          | 120 |
| 第七节 铣齿轮            | 123 |
| 附录                 | 127 |
| 附录 A 钳工项目教学        | 127 |
| 项目一 钳工基本工、量具的使用    | 127 |
| 课题一 场地和设备          | 127 |
| 课题二 钳工基本量具的使用      | 133 |
| 项目二 加工正六边形         | 137 |
| 课题一 划线             | 138 |
| 课题二 锯、锉基准面         | 140 |
| 课题三 锯、锉平行面         | 144 |
| 课题四 锯、锉第三、第四面      | 146 |
| 课题五 锯、锉第五、第六面      | 149 |
| 项目三 正六边形配合         | 151 |
| 课题一 锉外轮廓面          | 151 |
| 课题二 打排孔、锉去内六边形     | 156 |
| 课题三 修配内六边形         | 161 |
| 项目四 制作小锤子          | 166 |
| 课题一 锯、锉长方体         | 167 |
| 课题二 精锉长方体          | 175 |
| 课题三 锯、锉斜面、倒角       | 178 |
| 课题四 圆弧锉削           | 181 |
| 课题五 钻孔             | 183 |
| 课题六 修整孔口、砂纸抛光      | 188 |
| 附录 B 中级车工理论知识练习卷   | 191 |
| 附录 C 高级装配钳工理论知识练习卷 | 194 |
| 练习卷一               | 194 |
| 练习卷二               | 200 |
| 练习卷三               | 206 |
| 参考文献               | 212 |

# 绪 论

## 一、机钳工实训教学的目的和任务

“机钳工实训”是学生进行工程实践训练必不可少的课程，也是获得机电产品制造基本知识和基本技能的必修课。

“机钳工实训”是一门实践性很强的技术基础课。学生在机钳工实训过程中，通过独立的实践操作，能将有关机电产品制造的基本工艺理论、知识、方法和基本工艺实践有机地结合起来。

“机钳工实训”课程的主要任务是：

- (1) 使学生掌握现代机械制造的一般过程和基本知识，熟悉机械零件的常用加工方法及主要设备和工具的使用，了解新工艺、新技术、新材料在现代机械制造中的应用。
- (2) 使学生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，能独立完成简单零件的加工制造，并培养一定的工艺实验和工程实践的能力。
- (3) 培养学生的生产质量和经济观念，理论联系实际、一丝不苟的科学作风，热爱劳动、爱护公物等基本素质。

机钳工实训的基本内容是通过现场教学、实际操作、多媒体教学、综合训练、实验、参观、演示、课堂讨论、实训报告或作业以及考核等方式和手段，完成实践教学任务。

## 二、学生机钳工实训守则

学生在机钳工实训时应做到“五好”：

### 1. 劳动态度好

- (1) 服从分配，不怕脏、不怕累。
- (2) 培养劳动观念，珍惜劳动成果。

### 2. 组织纪律好

- (1) 遵守车间各项规章制度。
- (2) 不迟到，不早退，有事请假。

### 3. 学习态度好

- (1) 尊敬指导人员和教师，虚心学习。
- (2) 认真听课，刻苦训练，独立按时完成实训报告。

### 4. 科学作风好

- (1) 要做到工程技术人员应有的严谨科学作风。
- (2) 实训操作严肃认真，注意产品质量，出了废品不得掩盖。

### 5. 安全意识好

- (1) 严格遵守各种安全操作规程。
- (2) 时刻注意人身安全和设备安全。

### 三、文明生产

文明生产就是要以现代科学技术为基础，有秩序地组织生产。其基本内容有：

#### 1. 设备的润滑和保养

做好设备的润滑和保养，是为了使设备处于正常工作状态，保证生产顺利进行，而且能保证零件的加工质量和延长设备的使用寿命。

润滑设备常用的润滑油有 20 号、30 号或 40 号全损耗系统用油（即机械油）及钙基润滑脂（黄油）等。

润滑的主要方式有：

- (1) 浇油润滑。将外露表面擦净后用油壶浇油。
- (2) 弹子油杯润滑。用油壶的油嘴把弹子掀下，注入润滑油。
- (3) 黄油杯。在黄油杯中装满润滑脂，拧紧油杯盖时，润滑脂就被挤到需润滑部位。
- (4) 油绳润滑。把棉线浸在油槽内，利用毛细管作用把油引到需润滑部位。
- (5) 溅油润滑。利用旋转的零件把油池内的润滑油飞溅到需润滑部位。
- (6) 油泵润滑。利用油泵把油压入需润滑部位。

润滑油的加油周期有每班一次或数次，也有每隔几天一次的；换油周期为数月一次。设备的润滑位置和具体要求，见设备润滑说明书或设备上标牌的说明。

设备运转一段时间后需进行一级保养。保养工作以操作工人为主，维修工人配合进行。其主要内容和要求是：

- (1) 清洗、检查设备外部，调整和补齐缺损零件。
- (2) 清洗、检查设备内部，调整松动的紧固件或零件间的配合间隙。
- (3) 清洗、检查润滑装置，要求油路畅通，油标醒目。
- (4) 清除电气设备上的脏物。

#### 2. 设备的正确操作

- (1) 了解设备的性能、功用、各手柄的位置和操作具体要求。
- (2) 开车前，检查外部和安全装置是否完好，操纵手柄应处在空挡位置，手动运动部件确认无故障后，试车 1 ~ 2 min。
- (3) 根据图样和工艺要求，正确装夹工件和刀具，并调整设备。
- (4) 工作中要变换速度时，必须先停车，发现异常现象时，要立即停车检查。
- (5) 严防重物碰撞和污物弄脏设备，重要部位（如机床导轨、工作台面）上不准放工件、工具或其他物品。
- (6) 工作结束后，要扫除切屑，清洗设备，添加润滑液。将部件调整到正常位置，切断电源。

#### 3. 正确组织工作位置

(1) 工作时要用的工、夹、量具和工件，应根据取放方便的原则布置在操作者的周围。如右手取用的就放右边，常用的放得靠近些等。物件要有固定位置，用完放回原处。

(2) 工具箱内的物品要分类放置，重物放在下面，精密的物件要特别放置，并保持清洁整齐。

(3) 图样和工艺文件的放置应便于阅读，有利于保持清洁完整。

(4) 毛坯、半成品和成品应分别放置整齐，便于取放。

(5) 工作位置周围应经常保持清洁。

此外，还要做到正确使用工、量具，不准用扳手代替锤子或用钢尺代替螺钉旋具等。量具用完要擦净、涂油、放入盒内。

#### 四、安全技术

安全技术是在生产过程中，为防止人身伤害事故和工量具、设备损坏事故而采取的技术措施，它是生产顺利进行的重要保证。

安全技术措施的内容是多方面的，我们必须认真学习和严格遵守有关的规章、制度和各项安全操作规程。其主要内容如下：

(1) 设备上的安全装置必须完好有效。

(2) 个人防护用品要齐全。如穿工作服，戴套袖，女同志戴工作帽，切屑飞溅和闪光刺眼处要戴防护眼镜等。

(3) 工件、刀具、锤头与锤柄的安装必须牢固，防止飞出伤人。搬运重物要稳妥，防止砸伤。

(4) 操作时，必须精神集中，不得擅自离开设备和做与操作无关的事。两人以上同时操作一台设备时，要分工明确，配合协调，防止失误。离开设备时，须切断电源。

(5) 手和身体要远离设备的运动部件，不准用手去阻止部件运动。设备开动时，不能测量工件，也不要用手去摸工件表面。

(6) 热加工要防止烫伤；切削加工的切屑要用钩子清除或刷子清扫，不得用手直接清除或用嘴吹；要注意用电安全，防止触电等。

(7) 装卸、测量工件必须先停车。

(8) 其他电器、设备，未经许可不能使用。

3

# 第一章 机钳工基础知识

## 第一节 金属材料与钢的热处理

我们在生产中要用各种工具来加工零件，这些工具和零件是用什么金属材料制造的，性能如何，用什么热处理方法可以改变材料的性能，使其便于加工和满足使用的技术要求，这些都是必须掌握的基本知识。

### 一、金属材料的力学性能

金属材料在外力作用下所表现出来的性能称为金属材料的力学性能。

#### (一) 强度

金属材料抵抗永久变形和断裂的能力称为强度。常用的强度判据有屈服点和抗拉强度。强度指标一般用单位面积所承受的载荷（应力）表示，符号为 $\sigma$ ，单位为MPa。屈服点是指试样在试验过程中力不增加（保持恒定）仍能继续伸长（变形）时的应力，用 $\sigma_s$ 表示。抗拉强度是指试样在拉断前承受的最大标准拉应力，用 $\sigma_b$ 表示。它们是零件设计时的主要依据，也是评定金属材料强度的重要指标。

#### (二) 弹性和塑性

材料在外力作用下会产生变形。如果外力去除后变形全部消失，这种变形叫弹性变形，材料的这种性质叫弹性。如果外力去除后变形仍保留下来，这种变形叫塑性变形或永久变形，材料的这种性质叫塑性。常用的塑性判据是断后伸长率 $A$ 和断面收缩率 $Z$ 。断后伸长率是材料受拉力作用断裂时，伸长的长度与原来长度的百分比。断后伸长率和断面收缩率越大，材料的塑性越好。良好的塑性是材料进行成形加工的必要条件，也是保证零件工作安全，不发生突然脆断的必要条件。

#### (三) 硬度

材料抵抗硬物压入的能力叫硬度。生产上常用的衡量材料软硬度的指标有两种，对硬度不高的材料多用布氏硬度，用符号HBW表示，单位是Pa，但一般只写数值，如HBW200，即表示硬度值近似为 $200 \times 10^7 \text{Pa}$ 。数值越大，材料越硬。对硬度较高的材料多用洛氏硬度，用符号HRC表示，洛氏硬度没有单位，直接用数值表示，如HRC42。数值越大，材料越硬。

#### (四) 冲击韧度

材料在冲击力作用下抵抗破坏的能力叫冲击韧度。抵抗冲击力能力越大的材料，韧性越好。我们通常采用规定形状和尺寸的试样在冲击试验力作用下折断时吸收的功 $A_k$ ，来评定材料冲击韧度的好坏。一般将 $A_k$ 值低的材料称为脆性材料， $A_k$ 值高的材料称为韧性材料。

## 二、常用金属材料

常用的金属材料有钢铁材料（黑色金属）和非铁材料（有色金属）两大类。钢铁材料

包括钢和铸铁。钢铁材料以外的其他金属材料都属于非铁材料。钢和铸铁都是铁碳合金。铸铁的含碳量在 2.11% 以上，钢的含碳量在 2.11% 以下。钢的种类很多，按化学成分分类，有碳素钢和合金钢；按含碳量分类，有低碳钢、中碳钢和高碳钢；按钢中有害杂质硫、磷的含量分类，有普通钢、优质钢和高级优质钢；按钢的用途分类，有结构钢、工具钢和特殊用途钢等。

### (一) 结构钢

结构钢用作建筑构件及机器零件。

#### 1. 普通碳素结构钢

碳素钢可分为：低碳钢 [ $w(C) < 0.25\%$ ]、中碳钢 [ $0.25\% < w(C) < 0.60\%$ ]、高碳钢 [ $w(C) > 0.60\%$ ]。

普通碳素结构钢内含有较多硫、磷等杂质 [ $w(S \cdot P) \leq 0.05\%$ ]，用于制造不重要的机器零件。

碳素结构钢的牌号用屈服点“屈”字汉语拼音第一个字母 (Q)、屈服点数值、质量等级符号 (A、B、C、D) 及脱氧方法符号 (F、b、Z、TZ) 四部分组成，如 Q235-AF。

#### 2. 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢既保证钢的力学性能，又保证钢的化学成分，同时钢中的杂质含量较低 [ $w(S \cdot P) \leq 0.04\%$ ]，故多用来制造重要的机器零件。

优质碳素结构钢的钢号用两位数字表示，这两位数字表示钢中平均含碳量的万分数。如 45 号钢，其平均含碳量是万分之四十五，即 0.45%。

08、10、15、20、25 号钢是低碳钢，塑性、韧性和焊接性能好，易于冲压加工，但强度低，多用来制造受力不大的零件，如螺钉、小轴、拉杆、容器、冲压件和焊接构件等。15、20 和 25 号钢，经过渗碳热处理后，可制成能承受冲击力作用的耐磨小零件，如小轴、齿轮等。

30、40、45、50 号钢是中碳钢，强度、硬度、塑性和韧性都较好，广泛用于制造较重要的机器零件，如轴、丝杆、齿轮、键、销、螺钉等。经调质热处理后，其综合力学性能更好。

55、60、65 号钢含碳量较高，淬火后有较好的弹性，可用来制造弹簧等零件。

#### 3. 合金结构钢

在碳素结构钢中加入一种或数种合金元素（如锰、硅、铬、镍、钼、钨、钒、钛等），就成为合金结构钢。它具有优良的综合力学性能和好的热处理工艺性，用来制造各种重要的机器零件及构件。当合金元素的含量少于 1.5% 时，钢号中只标明元素，不注明其含量；如果合金元素含量等于或大于 1.5%、2.5%、...，则相应以 2、3、... 表示，如 20Cr、20Mn<sub>2</sub>B、40Cr、40MnB 等。常用合金钢的名称、牌号、用途见表 1-1。

表 1-1 常用合金钢的名称、牌号、用途

| 名 称       | 常用牌号     | 用 途                 |
|-----------|----------|---------------------|
| 低合金高强度结构钢 | Q345     | 船舶、桥梁、车辆、大型钢结构、起重机械 |
| 合金结构钢     | 20CrMnTi | 汽车、拖拉机齿轮、凸轮         |
|           | 40Cr     | 齿轮轴、连杆螺栓、曲轴         |

(续)

| 名 称   | 常用牌号     | 用 途                |
|-------|----------|--------------------|
| 合金弹簧钢 | 60Si2Mn  | 汽车、拖拉机减振板簧、螺旋板簧    |
| 滚动轴承钢 | GCr15    | 中小型轴承内外套圈及滚动体      |
| 量具刀具钢 | 9SiCr    | 丝锥、板牙、冷冲模、铰刀       |
| 高速工具钢 | W18Cr4V  | 齿轮铣刀、插齿刀           |
| 冷作模具钢 | Cr12     | 冷作模及冲头、拉丝模、压印模、搓丝板 |
| 热作模具钢 | 5Cr MnMo | 中小型热锻模             |

低合金钢[ $w(\text{Me}) < 5\%$ ]、中合金钢[ $w(\text{Me}) = 5\% \sim 10\%$ ]、高合金钢[ $w(\text{Me}) > 10\%$ ]。

## (二) 工具钢

工具钢用来制造各种刀具、量具和模具。工具钢应具有高的强度、硬度和耐磨性，对于受冲击力作用的工具，还要求有良好的韧性。

碳素工具钢的含碳量在  $0.7\% \sim 1.3\%$  之间，主要用来制造铰子、锯条、锉刀、刮刀、手绞刀、手丝锥等手用工具。钢号用“碳”或“T”表示，数字表示钢中平均含碳量的千分数，如“碳10”或“T10”表示含碳量为1%的碳素工具钢。高级优质碳素工具钢中杂质含量更低[ $w(\text{S} \cdot \text{P}) \leq 0.03\%$ ]，在钢号后面加“高”或“A”字，如“碳10高”或“T10A”。碳素工具钢常用的牌号为 T7、T8、……、T13，各牌号淬火后硬度相近。但随着含碳量的增加，耐磨性增加，韧性降低。因此，T7、T8 适于制作承受一定冲击的工具，如钳工铰子等；T9、T10、T11 适于制作冲击较小而硬度、耐磨性要求较高的小丝锥、钻头；T12、T13 则适于制作耐磨但不受冲击的锉刀、刮刀等。

合金工具钢有更好的耐热性及热处理工艺性，用来制造切削速度较高、形状较复杂等要求较高的工具。常用合金工具钢有 Cr12、9SiCr、9Mn<sub>2</sub>V、CrWMn 等。

高速钢是含有较多合金元素的工具钢，能耐  $500 \sim 600^\circ\text{C}$  的高温，用来制造切削速度更高一些的刀具。常用高速钢有 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。

## (三) 灰口铸铁

铸铁的含碳量一般为  $2.2\% \sim 3.8\%$ ，按照碳在铸铁中存在形式的不同，可分为白口铸铁、灰铸铁和球墨铸铁等。

在灰铸铁中，碳大部分以片状石墨的形式存在，断口呈暗灰色。灰铸铁性软而脆，抗拉强度低，但抗压强度高，不易焊接，有良好的铸造性、切削加工性、抗磨性和消振性，价格低廉，因而广泛用于制造机器的机身、底座、壳体、支架等。灰铸铁的牌号有 HT200、HT150 等。灰铸铁用“HT”表示，后面的数字表示抗拉强度值。

## (四) 铜和铜合金

纯铜有良好的导电性、导热性和塑性，熔点较高，但强度低，多用来制造导电零件。

铜与锌的合金叫黄铜。除黄铜外的铜合金都叫青铜。黄铜有较好的力学性能和抗蚀性，用来制造螺钉、管接头和冲压件等。青铜分为锡青铜和无锡青铜。锡青铜有良好的耐磨性和

抗蚀性，用来制造轴承、蜗轮等耐磨性要求高的零件。无锡青铜是锡青铜的代用品，价格低廉，而且强度较高。

### （五）铝和铝合金

纯铝有良好的导电性、导热性和塑性，但强度低，主要用来制造导电零件。

在纯铝中加入硅、铜、镁、锰等合金元素，即可制成力学性能较高的铝合金。铝合金可分为铸造铝合金和变形铝合金，后者又可分为硬铝、锻铝和防锈铝等。铝合金广泛用于制造轻质零件。

## 三、钢的热处理

钢的热处理是将钢在一定的介质中加热、保温和冷却，以改变其整体或表面组织，从而获得所需要性能的加工方法。常用的热处理工艺有以下几种：

### （一）淬火

将钢加热到淬火温度，保温一段时间，然后在水、盐水或油中急速冷却，这个操作过程叫淬火。淬火的目的是提高钢的硬度和强度。但是钢在淬火后性能较脆，同时在急速冷却过程中，由于零件里外温差及组织变化的原因，使内部产生较大的应力。

### （二）回火

将淬火后的零件加热到回火温度，保温一段时间，然后在油或空气中冷却，这个操作过程叫回火。回火的目的是消除淬火件中的内应力，减少脆性。回火后，零件的强度、硬度略有降低，但韧性有所提高。

### （三）退火

将钢加热到退火温度，保温一段时间，然后在炉内或埋入导热差的材料中，使其缓慢冷却，这个操作过程叫退火。退火的目的是消除铸件、锻件、焊接件的内应力和组织的不均匀性，还可以细化晶粒、降低硬度，以便于切削加工或为淬火准备条件。

### （四）正火

将钢加热到正火温度，保温一段时间，然后在空气中冷却，这个操作过程叫正火。正火的目的是细化晶粒，增加钢的强度与韧性，减少内应力，以改善低碳钢的切削加工性。正火的加热和保温情况与退火一样，所不同的是冷却速度比退火快，所以正火钢的强度、硬度比退火钢高，塑性比退火钢低，同时由于缩短了冷却时间，故经济性较好。

### （五）调质

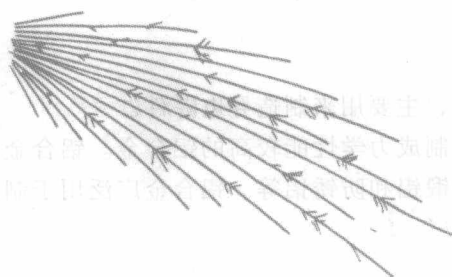
淬火后进行高温回火就叫调质。调质的目的是提高钢件的强度和韧性，获得良好的综合力学性能。很多重要的轴、丝杆、齿轮等零件常进行调质热处理。

### （六）渗碳

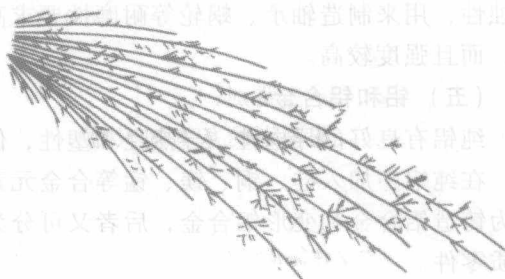
将碳原子渗入钢件表面的过程叫渗碳。渗碳的目的是提高低碳钢零件表面的含碳量，随后经过淬火、回火，使零件表面获得高的硬度和耐磨性，而中心仍保持较好的韧性。

## 四、钢铁材料的火花鉴别

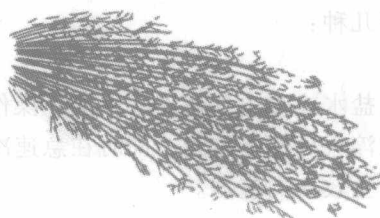
火花鉴别是将钢铁材料轻轻压在旋转的砂轮上打磨，观察迸射出的火花形状和颜色，以判断钢铁成分范围的方法。见图 1-1 钢铁材料的火花鉴别。



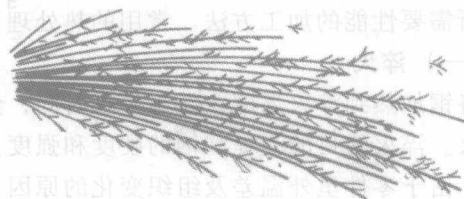
20钢火花特征



45钢火花特征



T12钢火花特征



HT20火花特征

图 1-1 钢铁材料的火花鉴别

## 第二节 零件的加工精度

从制成的相同规格的一批零件中任取一件，不需修配就能装配到机械设备上，而且达到规定的质量要求，这样的零件就称为有互换性的零件。

在生产中应用互换性，可以提高产品质量和劳动效率，降低生产成本，而且便于维修和实行专业化生产。

互换性取决于几何参数、理化参数、力学性能、电气性能和其它参数。这里仅介绍几何参数的互换性。几何参数是指零件的尺寸大小、几何形状（宏观、微观）以及相互的位置等。为了满足互换性的要求，零件的几何参数最好做得完全一致，但在实践中却是不可能的。实际上，只要将零件的几何参数限制在一定的变动范围内，就能达到互换性的要求。

零件的加工精度是衡量零件加工质量的主要指标。零件加工精度越高，允许零件几何参数的变动量就越小，加工所得零件的几何参数与图样规定的几何参数就越接近，这样有利于实现互换性生产。但是要求过高的加工精度，会增加制造的困难和产品的成本，因此，设计产品时，要规定合理的加工精度，加工零件时，要按规定的精度生产。

### 一、尺寸精度

有关尺寸、公差与配合等基本知识介绍如下。

#### （一）基本尺寸

设计时给定的尺寸叫基本尺寸。如图 1-2 中圆柱销的直径是 16mm，长度是 40mm，图样

上标注的 16 ( $\phi$  表示直径) 和 40 就是基本尺寸。

## (二) 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值, 它是以基本尺寸为基本参数来确定的。两个界限值中较大的称为最大极限尺寸, 较小的称为最小极限尺寸。极限尺寸可能大于、等于、小于基本尺寸。图 1-2 所示圆柱销直径的最大极限尺寸是 16.015mm, 最小极限尺寸是 15.988mm。

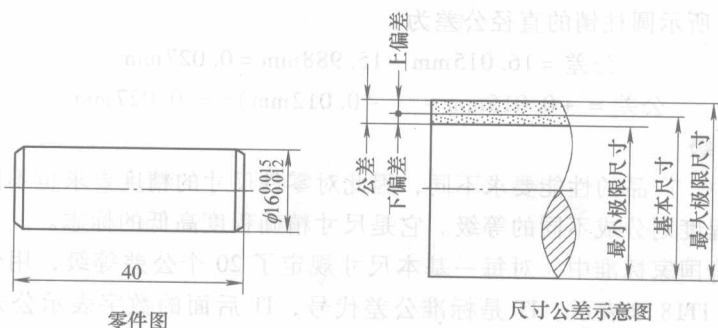


图 1-2 圆柱销

## (三) 实际尺寸

通过测量得到的零件尺寸, 称为零件的实际尺寸。由于存在测量误差, 所以实际尺寸并非尺寸的真值。合格零件的实际尺寸不得大于最大极限尺寸, 也不得小于最小极限尺寸。这就是说, 极限尺寸是实际尺寸允许的变动范围的两个界限值。如果有加工好的四件圆柱销, 测得其实际尺寸分别为 16.012mm、15.990mm、16.020mm 和 15.980mm, 则前两件合格, 后两件不合格 (对比图 1-2)。

## (四) 尺寸偏差 (简称偏差)

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差叫上偏差; 最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差叫下偏差。上偏差与下偏差统称为极限偏差。用公式表示为:

$$\text{上偏差} = \text{最大极限尺寸} - \text{基本尺寸} \quad (1-1)$$

$$\text{下偏差} = \text{最小极限尺寸} - \text{基本尺寸} \quad (1-2)$$

式 (1-1)、式 (1-2) 也可化为:

$$\text{最大极限尺寸} = \text{基本尺寸} + \text{上偏差} \quad (1-3)$$

$$\text{最小极限尺寸} = \text{基本尺寸} + \text{下偏差} \quad (1-4)$$

在零件工作图上, 通常不标注极限尺寸而标注基本尺寸和上、下偏差值。如图 1-2 所示的圆柱销, 图上注明基本尺寸为 16mm, 上偏差为 +0.015mm, 下偏差为 -0.012mm。

上偏差和下偏差的数值可以都是正值, 如  $\phi 16^{+0.023}_{+0.018}$ , 表示最大和最小极限尺寸都大于基本尺寸。上偏差和下偏差的数值也可以都是负值, 如  $\phi 16^{-0.032}_{-0.050}$ , 表示最大和最小极限尺寸都小于基本尺寸。上偏差和下偏差的数值也可以其中之一为零值, 如  $\phi 16^{+0.027}_0$ , 表示最大极限尺寸大于基本尺寸, 最小极限尺寸等于基本尺寸。当然, 也可以上偏差为正值, 下偏差为负值, 如  $\phi 16^{+0.015}_{-0.012}$ 。

## (五) 尺寸公差

尺寸公差 (简称叫公差) 是零件加工时允许尺寸的变动量。在数值上公差等于最大极

限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值。用公式表示为:

$$\text{公差} = \text{最大极限尺寸} - \text{最小极限尺寸} \quad (1-5)$$

很明显,公差也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。用公式表示为:

$$\text{公差} = \text{上偏差} - \text{下偏差} \quad (1-6)$$

公差数值永远是正的,负的公差没有任何意义,公差也不能是零。

例如,图 1-2 所示圆柱销的直径公差为:

$$\text{公差} = 16.015\text{mm} - 15.988\text{mm} = 0.027\text{mm}$$

或

$$\text{公差} = +0.015\text{mm} - (-0.012\text{mm}) = 0.027\text{mm}$$

## (六) 公差等级

在机械制造中,产品的性能要求不同,因此对零件尺寸的精度要求也不同。公差等级就是把尺寸的精确程度划分成不同的等级。它是尺寸精确程度高低的标志。

在公差与配合国家标准中,对每一基本尺寸规定了 20 个公差等级,用代号 IT01、IT0、IT1、IT2、……、IT18 来表示。IT 是标准公差代号,IT 后面的数字表示公差等级,数字越大,公差值越大,即尺寸的精确程度越低。

对基本尺寸相同的零件,可按照公差大小来评定尺寸精度的高低;但基本尺寸不同的零件,就不能单看公差大小,还要看基本尺寸的大小。国家标准中的 20 个公差等级,每一级的公差值是随基本尺寸的大小而变化的。为了使用方便,把基本尺寸分成若干尺寸分段,每一尺寸分段和每一公差等级有一个相应的公差值。例如,IT7 在 (3~6) mm 的尺寸分段中,公差值为 0.012mm,在 (50~80) mm 的尺寸分段中,公差值为 0.030mm。虽然两个尺寸分段中的公差值不同,但属于同一公差等级,也就是说,它们具有相同的尺寸精度等级。

IT01~IT7 一般用于块规和量规公差;IT3~IT11 一般用于配合尺寸公差;IT12~IT18 一般用于非配合尺寸及不重要的粗糙联结。图 1-2 中圆柱销直径尺寸  $\phi 16_{-0.012}^{+0.015}$  是 IT8 级公差等级,长度尺寸 40 是未注公差的非配合尺寸。

## (七) 孔和轴

孔主要是指圆柱形的内表面,也包括其他的内表面中由单一尺寸确定的部分。轴主要是指圆柱形的外表面,也包括其他的外表面中由单一尺寸确定的部分。如图 1-3 中齿轮 1 的孔和键槽两侧面、传动轴 2 上的键槽两侧面都属于孔;传动轴的外径和平键 3 两侧的外表面都属于轴。

## (八) 配合

基本尺寸相同的孔和轴相互结合叫配合。在配合中,由于孔和轴的极限尺寸规定不同,从而可以得到三类松紧程度不同的配合。

### 1. 间隙配合

在一批配合件中,当孔的尺寸总是大于轴的尺寸时,就产生一定间隙,这种有间隙的配

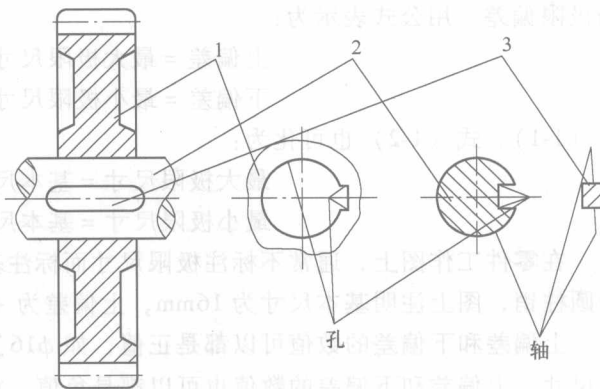


图 1-3 孔和轴的概念