

21
世纪

21世纪高职高专系列教材

金工实习

中国机械工业教育协会 组编



机械工业出版社
China Machine Press

21世纪高职高专系列教材

金 工 实 习

中国机械工业教育协会 组编

主 编 山东工程学院 栾振涛
参 编 山东工程学院 陈宗民
 金华职业技术学院 倪兆荣
 金华职业技术学院 盛继生
主 审 哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录



机械工业出版社

本教材是依照 1999 年 6 月中共中央国务院召开的“第三次全国教育工作会议”及教育部关于“加强高职高专教学工作会议”的精神,结合多年的实习教学经验而编写的。其内容包括:工程材料、铸造、锻压、焊接、热处理、切削加工、钳工、特种加工等,每章附有复习思考题。

本教材还可作为电大、职大等有关专业使用,也可作为有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

金工实习/中国机械工业教育协会组编. —北京:机械工业出版社, 2001. 6

21 世纪高职高专系列教材

ISBN 7-111-08369-5

I. 金… II. 中… III. 金属加工-实习-高等学校: 技术学校-教材 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 042822 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: 吴天培 版式设计: 冉晓华 责任校对: 程俊巧

封面设计: 姚毅 责任印制: 郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·12.5 印张·303 千字

0 001—4 000 册

定价: 19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

21 世纪高职高专系列教材编委会名单

编委会主任 中国机械工业教育协会 郝广发

编委会副主任 (单位按笔画排)

山东工程学院 仪垂杰

大连理工大学 唐志宏

天津大学 周志刚

甘肃工业大学 路文江

江苏理工大学 杨继昌

成都航空职业技术学院 陈玉华

机械工业出版社 陈瑞藻 (常务)

沈阳工业大学 李荣德

河北工业大学 檀润华

武汉船舶职业技术学院 郭江平

金华职业技术学院 余党军

编委会委员 (单位按笔画排)

广东白云职业技术学院 谢瀚华

山东省职业技术教育师资培训中心 邹培明

上海电机技术高等专科学校 徐余法

天津中德职业技术学院 李大卫

天津理工学院职业技术学院 沙洪均

日照职业技术学院 李连业

北方交通大学职业技术学院 佟立本

辽宁工学院职业技术学院 李居参

包头职业技术学院 郑刚

北京科技大学职业技术学院 马德青

北京建设职工大学 常莲

北京海淀走读大学 成运花

江苏理工大学 吴向阳

合肥联合大学 杨久志

同济大学 孙章

机械工业出版社 李超群 余茂祚 (常务)

沈阳建筑工程学院 王宝金

佳木斯大学职业技术学院 王跃国

河北工业大学 范顺成

哈尔滨理工大学工业技术学院 线恒录

洛阳大学 吴锐

洛阳工学院职业技术学院 李德顺

南昌大学 肖玉梅

厦门大学 朱立秒

湖北工学院高等职业技术学院 吴振彪

彭城职业大学 陈嘉莉

燕山大学 刘德有

序

1999年6月中共中央国务院召开第三次全国教育工作会议,作出了“关于深化教育改革,全面推进素质教育的决定”的重大决策,强调教育在综合国力的形成中处于基础地位,坚持实施科教兴国的战略。决定中明确提出要大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的理论知识和较强的实践能力,适应生产、建设、管理、服务第一线急需的高等技术应用性专门人才。为此,教育部召开了关于加强高职高专教学工作会议,进一步明确了高职高专是以培养技术应用性专门人才为根本任务;以适应社会需要为目标;以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案;以“应用”为主旨和特征来构建课程和教学内容体系;高职高专的专业设置要体现地区、行业经济和社会发展的需要,即用人的需求;教材可以“一纲多本”,形成有特色的高职高专教材系列。

“教书育人,教材先行”,教育离不开教材。为了贯彻中共中央国务院以及教育部关于高职高专人才培养目标及教材建设的总体要求,中国机械工业教育协会、机械工业出版社组织全国部分有高职高专教学经验的职业技术学院、普通高等学校编写了这套《21世纪高职高专系列教材》。教材首批80余本(书目附书后)已陆续出版发行。

本套教材是根据高中毕业3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划需要编写的。在内容上突出了基础理论知识的应用和实践能力的培养。基础理论课以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课加强了针对性和实用性,强化了实践教学。为了扩大使用面,在内容的取舍上也考虑到电大、职大、业大、函大等教育的教学、自学需要。

每类专业的教材在内容安排和体系上是有机联系、相互衔接的,但每本教材又有各自的独立性。因此各地区院校可根据自己的教学特点进行选择使用。

为了提高质量,真正编写出有显著特色的21世纪高职高专系列教材,组织编写队伍时,采取专门办高职的院校与办高职的普通高等院校相互协作编写并交叉审稿,以便实践教学和理论教学能相互渗透。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,在教材编辑出版方面有雄厚的实力和丰富的经验,出版了一大批适用于全国研究生、大学本科、专科、中专、职工培训等各种层次的成套系列教材,在国内享有很高的声誉。我们相信这套教材也一定能成为具有我国特色的、适合21世纪高职高专教育特点的系列教材。

中国机械工业教育协会

前 言

本书是21世纪高职高专系列教材之一。是高等职业技术教育理工类专业学生金工实习教学用书。

编写本教材的目的是：帮助学生在金工实习时，正确地掌握金属材料的主要加工方法，了解机械加工工艺流程，指导实训操作，以获得初步的工作技能，帮助学生巩固实习中所形成的感性知识，并使之条理化，为以后的专业学习和工作奠定必要的实践基础。

在编写本书时，我们从高职教育的实际出发，确定了编写的指导思想和教材特色：以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用和加强实训为重点。具体为：

1) 在内容上删去了深奥难懂的工艺理论，突出了基础理论知识。以讲清概念、够用为度。注意了理论和生产实践相联系，以强化应用和加强实训为重点，突出应用能力的培养。根据生产实际加强了针对性和实用性，强化了实践教学。

2) 在编写时力求应用性强，适用面放宽；内容丰富，文字简明通顺；插图清晰生动，易为读者接受和掌握。因此，本书除可作为高职高专理工科类教学用书外，也可作为成人高校、业大、职大、函大等大专层次的教学用书，也适合广大自学者及工程技术人员作为自学参考书。

书中的技术名词、定义符号均采用国际标准化组织（ISO）标准和最新国家标准。

全书共13章，总课时为160~180学时。

参加编写的单位和人员有：

第1、2、3、12章由山东工程学院陈宗民编写；第4章由金华职业技术学院盛继生编写；第5、13章由金华职业技术学院倪兆荣编写；第6、7、8、9、10、11章由山东工程学院栾振涛编写。

本书由栾振涛任主编，由栾振涛、陈宗民统稿，由哈尔滨理工大学工业技术学院线恒录主审。主审认真、仔细审阅了全稿，并提出了许多宝贵的修改意见，对此表示衷心感谢。

由于作者的水平有限，加之时间仓促，书中难免有缺点和不当之处，敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

目 录

序	
前言	
绪论	1
0.1 金工实习教学目的和任务	1
0.2 学生金工实习守则	1
0.3 金工实习教学的有关规定	2
第1章 机械工程材料	3
1.1 金属材料的力学性能	3
1.1.1 强度	3
1.1.2 塑性	3
1.1.3 硬度	3
1.1.4 冲击韧度	3
1.2 机械工程材料的分类及应用	4
1.2.1 机械工程材料的分类	4
1.2.2 机械工程材料的应用	4
1.3 常用钢铁材料简介	4
1.3.1 钢	4
1.3.2 铸铁	6
1.4 钢铁材料现场鉴别方法	6
1.4.1 火花鉴别	6
1.4.2 色标鉴别	8
1.4.3 断口鉴别	8
1.4.4 音响鉴别	8
复习思考题	8
第2章 铸造	9
2.1 铸造生产工艺简介	9
2.2 砂型铸造	9
2.2.1 造型材料性能及组成	9
2.2.2 常用造型方法	11
2.2.3 浇注系统及其设备	15
2.2.4 型芯的结构及制作	17
2.3 铸铁的熔炼及浇注工艺	19
2.3.1 冲天炉的构造	20
2.3.2 炉料	21
2.3.3 冲天炉的基本操作工艺	21
2.3.4 浇注	21
2.4 特种铸造方法及应用	22
2.4.1 熔模铸造	23
2.4.2 金属型铸造	23
2.4.3 离心铸造	23
2.4.4 压力铸造	23
2.4.5 低压铸造	23
2.4.6 实型铸造	23
2.5 铸造缺陷及其分析	24
复习思考题	25
第3章 锻压	26
3.1 锻压生产概述	26
3.1.1 常用压力加工方法	26
3.1.2 坯料的加热和锻件的冷却	27
3.2 自由锻	29
3.2.1 自由锻设备	29
3.2.2 自由锻工具	31
3.2.3 自由锻工序	31
3.2.4 自由锻工艺规程	33
3.3 模锻和胎模锻	36
3.3.1 模锻	36
3.3.2 胎模锻	36
3.4 板料冲压	37
3.4.1 冲压设备	37
3.4.2 冲压工序	38
3.4.3 冲模	38
3.5 先进锻压方法简介	39
复习思考题	40
第4章 焊接	41
4.1 焊接工艺概述	41

4.2 焊条电弧焊	41	6.3 量具	65
4.2.1 焊条电弧焊设备	42	6.3.1 量具的种类	65
4.2.2 焊条	43	6.3.2 量具的保养	71
4.2.3 焊条电弧焊工艺	44	复习思考题	72
4.3 气焊与气割	46	第7章 钳工	73
4.3.1 气焊设备	46	7.1 概述	73
4.3.2 气焊工艺	49	7.2 钳工的基本操作	73
4.3.3 氧气切割	51	7.2.1 划线	73
4.4 其它焊接方法	52	7.2.2 錾削	77
4.4.1 埋弧焊	52	7.2.3 锯削	78
4.4.2 气体保护焊	52	7.2.4 锉削	81
4.4.3 电阻焊	53	7.2.5 孔加工	84
4.4.4 钎焊	53	7.2.6 螺纹加工	89
4.5 常见焊接缺陷及焊接质量 控制	54	7.2.7 刮削与研磨	92
4.5.1 常见焊接缺陷	54	7.2.8 钳工加工工艺示例	95
4.5.2 焊接生产质量控制	55	7.3 装配和拆卸	97
复习思考题	56	7.3.1 装配	97
第5章 金属热处理	57	7.3.2 常用联接方式的装配	99
5.1 概述	57	7.3.3 拆卸	100
5.2 退火与正火	57	7.3.4 装配示例	100
5.2.1 退火	57	7.4 装配新工艺	101
5.2.2 正火	57	7.4.1 装配自动化	101
5.3 淬火与回火	58	7.4.2 柔性装配系统	102
5.3.1 淬火	58	复习思考题	103
5.3.2 回火	59	第8章 车削	105
5.4 表面热处理	60	8.1 概述	105
5.4.1 表面淬火	60	8.2 卧式车床	106
5.4.2 化学热处理	60	8.2.1 车床的型号	106
复习思考题	61	8.2.2 车床的组成	106
第6章 切削加工的基础知识	62	8.2.3 主轴的转速及进给量的 调整	108
6.1 概述	62	8.2.4 车床的传动	108
6.1.1 机械加工的切削运动	62	8.3 车刀	110
6.1.2 机械加工的切削用量 要素	62	8.3.1 刀具材料	110
6.1.3 切削用量的选择	63	8.3.2 车刀的种类及主要角度	111
6.2 加工精度和表面质量	63	8.3.3 车刀的刃磨	113
6.2.1 加工精度	63	8.3.4 车刀的安装	114
6.2.2 表面粗糙度	65	8.4 工件的安装	114
		8.4.1 三爪自定心卡盘装夹工件	114

8.4.2	四爪单动卡盘装夹工件	114	9.4.4	铣键槽	147
8.4.3	用顶尖装夹工件	115	9.4.5	铣圆弧槽	148
8.4.4	中心架和跟刀架的使用	116	9.4.6	铣螺旋槽	148
8.4.5	用心轴装夹工件	117	9.4.7	铣成形面、曲面	149
8.4.6	用花盘安装工件	118	9.5 齿轮齿形加工	149	
8.5 车削加工	118	9.5.1	滚齿、插齿	150	
8.5.1	车外圆	118	9.5.2	剃齿、珩齿、磨齿	152
8.5.2	车端面	119	复习思考题	153	
8.5.3	钻孔与车孔	121	第10章 刨削、拉削与镗削	154	
8.5.4	车锥面	122	10.1 刨削	154	
8.5.5	车槽与切断	124	10.1.1	刨削运动及刨削用量	154
8.5.6	滚花	125	10.1.2	刨削类机床	155
8.5.7	车螺纹	125	10.1.3	刨刀及其安装	158
8.5.8	典型零件车削加工	126	10.1.4	工件的装夹	159
8.6 车削质量检验	130	10.1.5	刨削加工	160	
8.7 数控车床加工	131	10.2 拉削与镗削	162		
8.7.1	数控概述	131	10.2.1	拉削	162
8.7.2	数控车床的组成与工作 原理	132	10.2.2	镗削	163
8.7.3	数控车床坐标系统及运动控制 方式	132	复习思考题	164	
8.7.4	数控机床的应用场合及经济 效益	133	第11章 磨削	165	
8.7.5	数控机床编程方法简述	133	11.1 概述	165	
8.8 其它类型车床	135	11.2 磨床	166		
8.8.1	转塔车床	135	11.2.1	外圆磨床	166
8.8.2	自动和半自动车床	135	11.2.2	内圆磨床	167
8.8.3	立式车床	136	11.2.3	平面磨床	168
复习思考题	137	11.2.4	无心磨床	168	
第9章 铣削	139	11.3 砂轮	169		
9.1 铣削的运动及铣削用量	139	11.3.1	砂轮的特性及代号	169	
9.2 铣床及其附件	141	11.3.2	砂轮的平衡、安装及修整	170	
9.2.1	铣床	141	11.4 磨削加工	170	
9.2.2	铣床附件	143	11.4.1	外圆磨削	170
9.3 铣刀及其装夹	145	11.4.2	内圆磨削	172	
9.3.1	铣刀	145	11.4.3	平面磨削	172
9.3.2	工件的装夹	146	11.4.4	磨外圆锥面	173
9.4 铣削加工	147	复习思考题	174		
9.4.1	铣平面及垂直面	147	第12章 特种加工	175	
9.4.2	铣台阶面	147	12.1 特种加工概述	175	
9.4.3	铣斜面	147	12.2 电火花加工	176	

12.3	电解加工	177	13.2	零件表面镀镍处理	182
12.4	超声波加工	178	13.3	零件表面磷化处理	183
12.5	激光加工	179	13.4	零件表面处理先进	
12.6	电子束加工	180		工艺简介	185
12.7	离子束加工	180	13.4.1	塑料涂敷	185
12.8	电铸加工	181	13.4.2	激光表面处理	185
第13章	表面处理	182	复习思考题	186
13.1	零件表面氧化处理	182			

绪 论

0.1 金工实习教学目的和任务

《金工实习》是学生进行工程实践训练及学习机械制造系列课程必不可少的先修课，也是获得机械制造基本知识和基本技能的必修课。

《金工实习》是一门实践性很强的技术基础课，学生在金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理论、基本工艺知识、基本工艺方法和基本工艺实践有机结合起来，进行工程实践综合能力的训练。工科院校是工程师的摇篮，金工实习能对学生成为工程师所应具备的基本知识和基本技能等综合素质进行培养和训练。

《金工实习》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其所用的主要设备和工具，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，在主要工种方面应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。

金工实习的基本内容分为铸造、锻压、焊接、车削、铣削、刨削、磨削加工、特种加工、热处理及表面处理等工种。通过实际操作、现场教学、专题讲座、电化教学、综合训练、实验、参观、演示、课堂讨论、实习报告或作业以及考核等方式和手段，丰富教学内容，完成实践教学任务。

0.2 学生金工实习守则

学生在金工实习时应做到五好：

1. 劳动态度好

- 1) 服从分配，不怕脏、不怕累。
- 2) 培养劳动观点，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，独立按时完成实习报告。

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) 实习操作严肃认真，一丝不苟，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) 时时刻刻注意人身安全和设备安全。

0.3 金工实习教学的有关规定

1. 关于考勤的规定

1) 实习人员须按工厂规定的时间上、下班，每次迟到、早退达 15min，满四次作为旷课半天，超过四次作为旷课一天处理。

2) 实习时间中途不得擅自离岗位，否则作旷课论。

3) 实习中不得请假、会客，如有特殊情况需经批准。半天由实习教学科老师批准，半天以上由教务处批准。

4) 实习中需请病假，必须由医生开具证明，到医院看病需经实习指导人员批准。

5) 实习中因故请假而影响某工种实习，应予补做，否则该工种不予评定成绩。

2. 关于遵守实习纪律

1) 应虚心听从指导人员的指导，注意听课及示范。

2) 按指定地点工作，不得随便离岗走动、高声喧哗和打闹嬉戏。

3) 实习中要尊敬实习指导人员，虚心请教、热情礼貌，如有意见可按级反映，对无礼取闹的，可暂停实习。

4) 不带与实习无关的书报、随身听、BP 机进厂，不穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋进厂。

3. 关于操作机器设备的规定

1) 机器设备，未经许可，不准擅自动手，否则所发生事故，由本人自负并酌情赔偿。

2) 操作机器须绝对遵守安全操作规程，个别工种因机床有限，有时实习人员多，要轮换操作，严禁两个人同时操作一台机床。

3) 实习时应注意保养和爱护机器、工具，防止损坏，每次实习完毕应按规定做好清洁和整理工作。对不符合要求者，指导人员可令其重做，否则本次实习可视为不合格。

4. 其它

1) 实习时按规定穿戴好劳动防护用品，自觉遵守各车间的安全规则。

2) 工作休息时，不得在厂区乱窜，不得踢球、哄闹，防止损坏门窗及花木。

第 1 章 机械工程材料

1.1 金属材料的力学性能

金属材料在力作用下所显示与弹性和非弹性反应相关或涉及应力-应变关系的性能称为金属材料的力学性能。材料的力学性能是设计零件及选择材料的重要依据。常用的力学性能指标有：强度、塑性、硬度、冲击韧度等。

1.1.1 强度

强度是指金属材料抵抗永久变形和断裂的能力。常用的强度判据例如屈服点、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 σ ，单位为 MPa。屈服点是指试样在试验过程中力不增力（保持恒定）仍能继续伸长（变形）时的应力，用 σ_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 σ_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。

1.1.2 塑性

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。常用的塑性判据是伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。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。

1.1.3 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度的测试方法很多，生产中常用的有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法两种。

洛氏硬度试验法是用一锥角为 120° 的金刚石圆锥体或钢球直径为 1.588mm ($1/16\text{in}$) 的淬火钢球为压头，在初始试验力及总试验力先后作用下，将压头压入被测试金属表面，经规定保持时间后卸除主试验力，根据压痕的深度直接在硬度机指示盘上读出硬度值。常用的洛氏硬度指标有 HRA、HRB、HRC、三种，见表 1-1。

表 1-1 洛氏硬度试验规范

符号	压头	载荷/N	测量范围	应用范围
HRA	120° 金刚石锥体	600	60~85	硬质合金、表面硬化钢、淬火工具钢
HRB	1.588mm 钢球	1000	25~100	有色金属、可锻铸铁、退火或正火钢
HRC	120° 金刚石锥体	1500	20~67	淬火钢、调质钢

洛氏硬度试验法操作方便，压痕小，可直接在零件或工具上测试而不破坏工件，特别适用于较薄件和成品件硬度值的测定，并可根据测得的硬度值估算出近似的强度值，从而了解材料的力学性能及工艺性能。因此，洛氏硬度试验法在生产中得到了广泛的应用。但因压痕较小，准确度较差，故须在零件的不同部位测量数点取其平均值。

1.1.4 冲击韧度

冲击试样缺口底部单位横截面积上的冲击吸收功称为冲击韧度。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 ，然后根据相同试验条件下材料 A_K 值

的大小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。

[示范内容]

洛氏硬度试验机的操作：

介绍并示范洛氏硬度试验机在生产中的应用。

[实践内容]

用洛氏硬度试验机测定 20、45、T12 钢淬火态硬度值，每试样须测定三个不同部位的硬度，取其平均值。

1.2 机械工程材料的分类及应用

1.2.1 机械工程材料的分类

常用机械工程材料可以分为以下类型：

1. 金属材料 包括钢铁材料（黑色金属），其中有钢、铸铁等及非铁材料（有色金属）其中有铜、铝等。
2. 非金属材料 包括高分子材料（塑料、合成纤维、合成橡胶）、陶瓷材料（硅酸盐材料、工程陶瓷）。
3. 复合材料 包括纤维增强复合材料、粒子增强复合材料、层叠复合材料。

1.2.2 机械工程材料的应用

金属材料来源丰富，并且有优良的使用性能和加工性能，是机械工程中应用最普遍的材料，常用以制造机械设备、工具、模具，并广泛应用于工程结构中，如船舶、桥梁、锅炉等。

工程非金属材料具有耐腐蚀性、绝缘性、绝热性和优异的成形能力，并且质轻价廉，因而发展迅速。如工程塑料，全世界的年产量以 300% 的速度飞速增长，已广泛应用于轻工产品、机械产品、现代工程机械，如家用电器外壳、齿轮、轴承阀门、叶片、汽车零件等。而陶瓷材料作为结构材料，具有强度高、耐热性好的特点，广泛应用于发动机、燃气轮机；作为耐磨损材料，则可用作新型的刀具材料，能极大地提高刀具的使用寿命。

复合材料则是将两种或两种以上成分、性能不同的材料经人工合成获得的。它既保留了各组成材料的优点，又具有优于原材料的特性。其中碳纤维增强树脂复合材料由于具有较高的比强度、比模量，因此可应用于航天工业中，如火箭喷嘴、密封垫圈等。

1.3 常用钢铁材料简介

1.3.1 钢

工业上将碳的质量分数小于 2.11% 的铁碳合金称为钢。钢具有良好的使用性能和工艺性能，因此获得了广泛的应用。

1.3.1.1 钢的分类

钢的分类方法很多，常用的分类方法有以下几种：

1. 按化学成分分

(1) 碳素钢：低碳钢 ($w(C) < 0.25\%$)、中碳钢 ($w(C) = 0.25\% \sim 0.60\%$)、高碳钢 ($w(C) > 0.60\%$)；

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

2. 按用途分

(1) 结构钢：可分为工程结构钢和机器零件用钢。

(2) 工具钢：用于制作各类工具，包括刀具钢、量具钢、模具钢。

(3) 特殊性能钢：可分为不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

3. 按质量分 普通钢 ($w(\text{S} \cdot \text{P}) \leq 0.05\%$)、优质钢 ($w(\text{S} \cdot \text{P}) \leq 0.04\%$)、高级优质钢 ($w(\text{S} \cdot \text{P}) \leq 0.03\%$)。

1.3.1.2 钢的牌号、性能及用途

1. 碳素钢

(1) 碳素结构钢 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)等四部分组成，如Q235—A·F。碳素结构钢一般以热轧空冷状态供应，主要用来制造各种型钢、薄板、冲压件或焊接结构件及一些力学性能要求不高的机器零件。

(2) 优质碳素结构钢 优质结构碳素钢的牌号用两位数字表示。两位数字表示钢中以平均万分数表示的碳的质量分数，如45钢，表示平均 $w(\text{C}) = 0.45\%$ 的优质结构碳素钢。常用的优质碳素结构钢有：15、20钢，其强度、硬度较低，塑性好，常用作冲压件或形状简单，受力较小的渗碳件；40、45钢经适当的热处理（如调质）后，具有较好的力学性能，主要用于制造机床中形状简单，要求中等强度、韧性的零件，如轴、齿轮、曲轴、螺栓、螺母；60、65钢经淬火加中温回火后，具有较高的弹性极限和屈强比 σ_s/σ_b ，常用以制造直径小于120mm的小型弹簧。

(3) 碳素工具钢 碳素工具钢可分为优质碳素工具钢和高级优质碳素工具钢两类。它的牌号用“T”表示，后面的数字是以千分数表示的碳平均质量分数。若为高级优质钢，则需在数字后加“A”。例如T10A钢表示 $w(\text{C}) = 1.0\%$ 的高级优质碳素工具钢。碳素工具钢常用的牌号为T7、T8、……、T13，各牌号淬火后硬度相近。但随含碳量的增加，钢的耐磨性增加，韧性降低。因此，T7、T8适用于制作承受一定冲击的工具，如钳工錾子等；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。

2. 合金钢 为了提高钢的力学性能、工艺性能或某些特殊性能，在冶炼中有目的地加入一些合金元素，这种钢称为合金钢。生产中常用的合金元素有锰、硅、铬、镍、钼、钨、钒、钛等。通过合金化，大大提高了材料的性能，因此，合金钢在制造机器零件、工具、模具及特殊性能工件方面，得到了广泛的应用。常用合金钢的名称、牌号、用途见表1-2。

表 1-2 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
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

名 称	常用牌号	用 途
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	5CrMnMo	中小型热锻模

1.3.2 铸铁

铸铁是碳的质量分数大于 2.11%，主要组成元素是铁、碳、硅并含有较多的硫、磷、锰等杂质元素的铁碳合金。生产中常用的铸铁碳的质量分数通常在 2.5%~4.0%。由于铸铁具有良好铸造性能、切削加工性、减振性、低的缺口敏感性，且成本较低，因此，在机械工业中得到了广泛的应用。

1.3.2.1 铸铁的分类

根据铸铁中石墨形态的不同，铸铁常分为：灰铸铁（片状石墨）、球墨铸铁（球状石墨）、蠕墨铸铁（蠕虫状石墨）、可锻铸铁（团絮状石墨）。

1.3.2.2 铸铁的牌号，性能及用途

1. 灰铸铁 灰铸铁的牌号表示方法为“HT+数字”，其中“HT”是“灰铁”两字汉语拼音的第一个字母，其后数字表示最低抗拉强度。常用的牌号为 HT100、HT150…HT350。灰铸铁的抗拉强度、塑性、韧性较低，但抗压强度、硬度、耐磨性较好，并具有铸铁其它良好的使用性能，因此，广泛应用于机床床身、手轮、箱体、底座等。

2. 球墨铸铁 球墨铸铁牌号的表示方法为“QT+数字—数字”，其中“QT”是“球铁”两字汉语拼音的第一个字母，两组数字分别表示最低抗拉强度和最小伸长率，如 QT600-3。球墨铸铁通过热处理强化后力学性能有较大提高，应用范围较广，可代替中碳钢制造汽车、拖拉机中的曲轴、连杆、齿轮等。

3. 蠕墨铸铁 蠕墨铸铁牌号的表示方法为“RuT+数字”，其中“RuT”是“蠕铁”两字汉语拼音的第一个字母，数字表示最低抗拉强度。蠕墨铸铁的强度、韧性、疲劳极限等均比灰铸铁高，但比球墨铸铁低，主要用以制造柴油机气缸套、气缸盖、阀体等。

4. 可锻铸铁 可锻铸铁牌号表示方法为“KT+H（或 B，或 Z）+数字—数字”，其中“KT”是“可铁”两字汉语拼音的第一个字母，后面的“H”表示黑心可锻铸铁，“B”表示白心可锻铸铁，“Z”表示珠光体可锻铸铁，其后两组数字分别表示最低抗拉强度和最小伸长率，如 KTH300-06 等。可锻铸铁力学性能优于灰铸铁，因此，常用以制造管接头、农具及连杆类零件等。

1.4 钢铁材料现场鉴别方法

1.4.1 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，观察进射出的火花形状和颜色，以判断钢铁成分范围的方法。

1.4.1.1 火花组成

1. 火花束 火花束是指被测材料在砂轮上磨削时产生的全部火花，常由根部、中部、尾部三部分组成，见图 1-1。

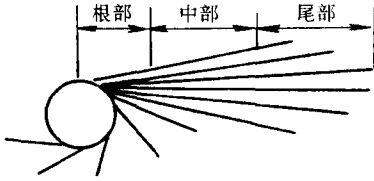


图 1-1 火花束

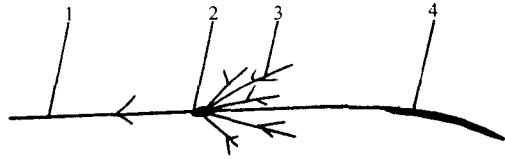


图 1-2 流线

1—流线 2—节点 3—爆花 4—尾花

2. 流线 线条状火花称为流线，每条流线都有节点、爆花和尾花组成，见图 1-2

3. 节点 节点就是流线上火花爆裂的原点，呈明亮点，见图 1-2。

4. 爆花 爆花就是节点处爆裂的火花，由许多小流线（芒线）及点状火花（花粉）组成，见图 1-2。通常，爆花可分为一次、二次、三次等，见图 1-3。

5. 尾花 尾花就是流线尾部的火花。钢的化学成分不同，尾花的形状也不同。通常，尾花可分为狐尾花（含钨）和枪尖尾花（含钼）等。

1.4.1.2 常用钢铁材料的火花特征。

1. 碳素钢的火花特征 碳素钢的含碳量越高，则流线越多，火花束变短，爆花增加，花粉也增多，火花亮度增加，硬度越高。

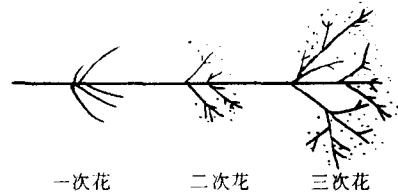


图 1-3 爆花的形式

20 钢 火花束长，颜色橙黄带红，流线成弧形，芒线多叉，为一次爆花，见图 1-4。

45 钢 火花束稍短，颜色澄黄，颜色较细长且多，芒线多叉，花粉较多，为二次爆花，见图 1-5。

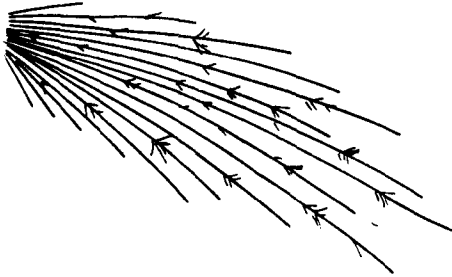


图 1-4 20 钢的火花特征

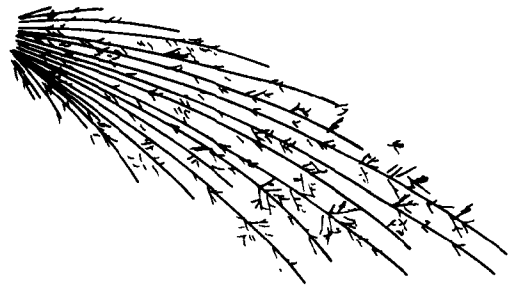


图 1-5 45 钢的火花特征

T12 钢 火花束短粗，颜色暗红，流线细密，碎花，花粉多，为多次爆花，见图 1-6。



图 1-6 T12 钢的火花特征

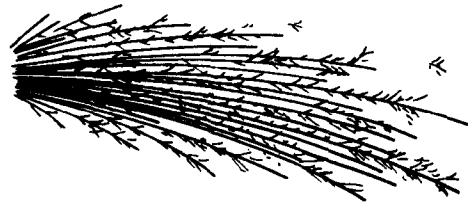


图 1-7 HT200 的火花特征