

普通高等教育“十三五”规划教材

Metal processing practice

金工实习

陈志鹏◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

金工实习

主 编 陈志鹏
副主编 何长亮 陈 钰
参 编 季亚军 田晓晰
邓嘉祥 丁 凯
主 审 李永军



机械工业出版社

本书以实用为主线,在介绍安全文明生产、金工实习知识和普通加工方法的基础上,增加和完善了数控加工、特种加工、3D 打印、工业机器人等实用性较强的内容,使内容更加贴合现代生产制造。

本书共 13 章,内容包括基础理论知识(安全文明生产、金工实习基础知识)、机械制造中的一般加工方法(铸造、锻压、焊接、热处理、车削加工、铣削加工、磨削及其他加工、钳工等)、自动化类制造方法(数控加工、3D 打印、特种加工、工业机器人)。基础理论知识以讲授为主,一般加工方法和自动化类制造方法的内容以实习与案例操作为主,讲授为辅,注重实用。

本书可作为高等院校机械类、近机械类、非机械类各专业的“金工实习”课程教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习/陈志鹏主编. —北京:机械工业出版社, 2015. 8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-111-50526-6

I. ①金… II. ①陈… III. ①金属加工—实习—高等学校—教材

IV. ①TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 177311 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:舒 恬 责任编辑:舒 恬、武 晋

版式设计:霍永明 封面校对:佟瑞鑫

封面设计:张 静 责任印制:康朝琦

北京富生印刷厂印刷

2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.5 印张·406 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-50526-6

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言

金工实习是工科类学生必修的一门实践性很强的技术基础课。常规金工实习一般会安排铸、焊、车、铣、磨、压力加工及钳工等工种，有条件的高校还增加了数控加工和特种加工的内容。对此，本书都有详细介绍。

近年来，随着一些新技术在生产中的不断应用，不少高校对金工实习的教学内容进行了改革和探索，如增加了激光切割、3D打印、工业机器人等介绍新技术的内容，这些新技术对现代制造业产生了非常大的影响，本书编者把这些内容也一并增加到教材之中，有助于加深学生对于现代制造业的认识。

本书作为应用型本科院校的专用教材，在传授理论知识的同时，着重强调对学生基本技能的培养。书中的材料牌号、技术术语等方面均采用最新国家标准，优化了讲授和操作环节，以达到最佳的教学效果。

参加本书编写的人员有陈志鹏（第1、2、3、4、9、10、12章）、丁凯（第5章）、田晓晰（第6章）、季亚军（第7章）、邓嘉祥（第8章）、何长亮（第11章）、陈钰（第13章）。陈志鹏担任本书主编并负责统稿。

本书由北京工业大学耿丹学院副院长、实践教学管理部主任、工程训练中心主任李永军教授任主审。李教授对本书提出很多宝贵意见，对此表示衷心感谢！

各兄弟院校可根据现有设备的情况，自行开设相关实习工种和自拟实习报告。

囿于编者的水平和经验，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正，以便再版时修正和完善。

编者

目 录

前言	1	7.5 车削的基本操作内容及要点	96
绪论	1	7.6 典型综合件车削实例	108
第1章 安全文明生产	2	第8章 铣削、磨削及其他加工	110
1.1 劳动保护	2	8.1 铣削加工	110
1.2 金工实习中的劳动保护	3	8.2 磨削加工	125
第2章 金工实习基础知识	8	8.3 其他加工	131
2.1 常用的金属材料及非金属材料	8	第9章 钳工	142
2.2 常用量具	13	9.1 钳工概述	142
第3章 铸造	22	9.2 划线	143
3.1 铸造概述	22	9.3 锯削	146
3.2 砂型铸造	23	9.4 锉削	148
3.3 造型	25	9.5 钻孔、扩孔和铰孔	151
3.4 金属的熔炼与浇注	35	9.6 攻螺纹和套螺纹	155
3.5 铸件常见缺陷的分析	39	9.7 装配	157
3.6 特种铸造	40	9.8 典型综合件钳工实例	159
第4章 锻压	46	第10章 数控加工	162
4.1 锻压概述	46	10.1 数控加工概述	162
4.2 锻造生产过程	47	10.2 数控编程基础知识	164
4.3 自由锻	48	10.3 数控铣床和加工中心的编程	168
4.4 模锻与胎模锻简介	52	10.4 数控车床编程及操作要点	184
4.5 板料冲压	53	10.5 CAD/CAM 自动编程	199
4.6 锻造生产技术要求	56	第11章 特种加工	214
第5章 焊接	59	11.1 特种加工概述	214
5.1 焊接概述	59	11.2 电火花加工	217
5.2 电弧焊	60	11.3 电火花线切割加工	223
5.3 气焊与气割	66	11.4 激光加工	234
5.4 其他焊接方法	69	第12章 3D 打印	240
5.5 焊接检验	76	12.1 3D 打印概述	240
第6章 热处理	79	12.2 工作原理	241
6.1 热处理概述	79	12.3 三维建模及设备操作	242
6.2 钢的热处理方法	80	12.4 3D 打印的发展趋势	247
第7章 车削加工	84	第13章 工业机器人	249
7.1 车削加工概述	84	13.1 工业机器人概述	249
7.2 车床	86	13.2 工业机器人操作简介	251
7.3 车刀	89	13.3 工业机器人的应用	252
7.4 工件的安装及车床附件	94	13.4 虚拟轴简介	254
		参考文献	258

绪论

金工实习是一门传授机械制造工艺知识的实践性技术基础课。它是工科机械类学生学习工程材料及机械制造课程必不可少的专业基础课。该课程也是高等工科院校培养学生工程实践能力、进行工程训练的主要环节,是工科类各专业学生的一门必修课。

金工实习是金属工艺学实习的简称。因为传统意义上的机械都是用金属材料加工制造的,所以人们将有关机械制造的基础知识称为金属工艺学。但是,随着科学和生产技术的发展,机械制造所用的材料已扩展到包括金属、非金属和复合材料在内的各种工程材料,机械制造的工艺技术也越来越先进,因此金工实习的内容也就不再局限于传统意义上的金属加工的范围。现在,金工实习的主要内容包括铸造、锻压、焊接、塑料成型、钳工、车工、铣工、刨工、磨工、数控加工、特种加工、3D 打印、工业机器人、零件的热处理及表面处理等一系列工种的实习教学,从而使学生能从中了解到机械产品是用什么材料制造的,及怎样制造出来的。

该课程以实习教学的方式对学生传授关于机械制造生产的基本知识和进行工程实践的基本训练。但从更完整的意义上来看,金工实习不仅包括学习机械制造方面的各种加工工艺技术,而且还提供了安全防护、生产管理和环境保护等方面的综合工程背景。由于大多数工科专业的学生在进入大学之前的学习阶段中,很少能接触制造工程环境,缺乏对工业生产实际的了解,因此他们在金工实习过程中,可通过参加有教学要求的工程实践训练,弥补过去在实践知识上的不足,增加在大学学习阶段和今后的工作中所需要的工艺技术知识与技能。

通过在生产劳动中接触工人、工程技术人员和生产管理人员,并且受到工程实际环境的熏陶,学生可初步树立起工程意识,增强劳动观念、集体观念、组织纪律性和敬业爱岗精神,提高其综合素质。

通过该课程的学习,学生既能了解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,又能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,独立完成简单零件的加工制造,培养一定的工艺实践能力,培养生产质量和经济观念,理论联系实际、认真细致的科学作风,以及热爱劳动、爱护公物等的基本素质。

第 1 章 安全文明生产

1.1 劳动保护

生产安全已成为人们日益关注的问题，而劳动保护与生产安全密切相关。

劳动保护，就是保护劳动者在劳动生产过程中的人身安全与健康。由于工艺、设备上的原因，或者人为的疏忽，劳动者在实施生产的过程中，面对繁杂的工种、情况多变的具体条件，各种不安全、不卫生因素随时存在。如果不采取必要的安全措施加以防护，就有可能发生工伤事故或职业病，劳动者的人身安全和健康就会受到威胁。在各种加工工艺实施过程中，亦同样会产生对人身伤害的威胁。例如机械切削加工和压力加工中可能发生的人身伤害，铸造中可能存在高温或硅尘危害等。此外，在劳动过程中还有一些因素，对劳动者的健康和安全也有影响，如劳动者每天工作时间过长会造成疲劳过度，容易发生事故，甚至会积劳成疾等。

劳动者是社会的主人，更是创造财富的主体；实践“以人为本”的理念，把人的健康与安全摆在首要地位是毫无疑问的。因此，必须采取有效的技术措施，保护劳动者在生产过程中的安全与健康。

从技术措施上，保护劳动者在劳动过程的安全与健康，应包括安全技术与劳动卫生。

1. 安全技术

安全技术是指在生产过程中为防止各种伤害，以及火灾、爆炸等事故，并为职工提供安全、良好的劳动条件而采取的各种技术措施。

安全技术的研究范围包括机械、物理、化学等因素引起急性的，即突然发生的人身伤害事故。机械方面的不安全因素有碰击、绞轧造成的砸、割损伤，压力容器爆炸发生的伤害等；物理方面的不安全因素有火焰、熔融金属造成的高温烧伤或灼伤，触电引起的电伤、电击；化学方面的不安全因素有化学物品（如氰化物等）急性中毒。

安全技术措施，主要是进行技术改造，改善劳动条件，实现机械化、自动化操作；设置防护、保险机构和实现劳动者的自我防护。

2. 劳动卫生

劳动卫生是指针对长期从事有害健康的劳动，以致使身体发生慢性病理改变，导致职业中毒或患职业病而应该采取的防护措施。

如果说安全技术是以防止突然发生的急性伤亡事故为研究对象，那么，劳动卫生研究的则为慢性职业中毒和职业病的预防。

劳动卫生研究的内容有物理、化学、物理化学和生物等方面的不卫生因素。物理方面的不卫生因素包括气象条件、热辐射、电磁波、电离辐射、噪声等；化学、物理化学和生物方面的不卫生因素有生产性毒物（如有机溶剂蒸气等）、生产性粉尘（如硅尘、煤尘等）、微生物与寄生虫的侵袭等。

劳动卫生的技术措施主要从技术工艺改进着手,把有毒、有尘作业改为无毒、无尘作业;同时采取防尘、防毒措施,以及劳动者个人使用防护用品加以保护。

劳动保护还应从管理上采取措施,如劳动保护方针、政策的制定,安全系统的建立、监督检查、评价,伤亡事故的统计与分析,劳动时间和安全有关的劳动制度以及女工保护等。

1.2 金工实习中的劳动保护

金工实习中涉及劳动保护的内容主要有铸造、金属压力加工、焊接、金属热处理、机械切削加工和钳工等。这些工艺实施和相关设备的运行过程中都潜在种种不安全、不卫生因素,对操作者的身体安全和健康构成威胁,应分别加以认识并采取必要的措施进行防范。

1.2.1 铸造中的劳动保护

1. 铸造中的不安全因素

铸造工艺的实施,必须将固态金属加热熔化成为具有流动性的液态。金属的熔点甚高,而且为了使熔融金属具有流动性,必须使加热温度高于金属熔点,即所谓的浇注温度。金属的浇注温度视金属的种类而异,铸铝合金为 $680\sim 720^{\circ}\text{C}$,铸铜合金为 $1040\sim 1100^{\circ}\text{C}$,铸铁为 1300°C ,铸钢为 $1600\sim 1640^{\circ}\text{C}$ 。因此,高温金属液的烧伤、灼伤、热辐射损伤,对人体将会产生重大伤害。

砂型铸造所使用的铸造用砂,其主要成分为二氧化硅,铸造过程中进行干砂搅拌和落砂清理时,会有大量含硅粉尘飞扬,通过呼吸道进入人体。当进入人体的含硅粉尘数量达到一定程度后,就会形成不可逆转的硅肺病,严重时将会威胁人的生命。

还有混砂机、造型机和各种熔化炉的运行,都可能产生机械绞轧或碰击伤害。

2. 铸造中的安全保护

铸造中的安全保护措施,除了对运动机器加以必要的防护外,更重要的是注意安全操作和操作者的自我保护。主要措施如下:

(1) 避免高温伤害

1) 浇注前必须坚固铸型,上、下型要用卡紧机械锁紧,或者在上砂箱放置比铸件重量大3~5倍的压铁,以免浇注时抬箱或跑火。

2) 浇注用工具使用前必须烘干、预热,彻底除去水分。

3) 浇注场地要通畅无阻,无积水。

4) 浇包中的金属液不能太满,一般不能超过容量的80%,抬运时,动作要协调。

5) 剩余金属液不得乱倒,铸件完全冷却后才能用手接触。

6) 色盲者不得进入浇注区。

7) 必须按规定穿戴劳动防护用品,如石棉服装、手套、皮靴、防护眼镜等。

(2) 避免硅尘进入体内 搅拌型砂、落砂清理时,采用湿式搅拌、清理。按规定,操作者必须戴符合要求的口罩。

(3) 其他安全操作

1) 锤击去除浇冒口时,应注意敲打方向,不要正对他人。

2) 不可坐卧在机器和输送设备上休息,不得横跨运输带,更不要在起重机吊起物的下

方停留。

3) 制造砂型或型芯时,不可用嘴吹砂。

1.2.2 压力加工中的劳动保护

1. 压力加工中的不安全因素

金属压力加工,包括自由锻造、模型锻造和冷冲压,它们的工艺过程都是对金属施加冲击力(或压力)而改变其形状,其间,机械设备或工具均处于连续锻击的运动状态,引起十分强烈的振动。强烈的振动通过手持工具或地面传到人体,若长年积累会致振动病,表现为手麻、手痛、关节痛和神经衰弱等。

和振动相伴是噪声。噪声会使人的注意力分散、烦躁,劳动者若长期暴露于噪声中,听觉器官和其他系统会受到损伤而发生病变,从而引起噪声性疾病。

运动中的机械极易发生机械碰击,直接伤害人体。

除冷冲压外的其他压力加工中,金属在高温状态下受力变形,亦属于高温作业,存在着高温、热辐射等不安全因素。

2. 压力加工中的安全保护

金属压力加工中的安全保护主要包括如下内容:

(1) 机械设备的防护 各种锻压机床的齿轮传动或带传动部分,必须加上牢固的防护罩,防止人体误入而受到伤害。

(2) 遵守安全操作规程

1) 操作者在工作前应认真检查机电设备、辅助设备、工具、模具、液压管道等是否安全可靠,并按规定将锤头、锤杆、上下砧面、工具等预热,预热温度一般为 $100 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

2) 向加热炉装料和出料时,不得用力过猛或乱撞炉膛;起重机吊运红热锻件时,除指挥吊运人员外,其他人员应主动避开,更不得处于吊运物体的下方。

3) 严禁锻打过热或低于终锻温度的锻件。

4) 安装模具或检查锻、冲机床时,必须关闭电源,并采取安全措施,防止机床动作;工作中严禁将头、手和身体其他部位伸入机床的行程范围之内。

5) 锻造时,应握住手钳的尾部,手指不要放在两个钳把的中间,并将钳把置于身体的侧面;每次操作完毕,手或脚必须离开控制按钮或踏板。

6) 不允许用剪床剪切淬火钢、高速钢、铸铁等高硬度脆性材料。

7) 冷冲压生产操作简单而又重复,速度快,必须集中精神,不能东张西望。

(3) 个人防护

1) 进入锻造车间必须穿好工作服、隔热胶(皮)底鞋,戴安全帽。噪声强烈时,应戴上防噪声耳塞。

2) 锻造时,不得在容易飞出毛刺、料头、铁渣、火星的方向或区域停留;不得用手或脚清除砧面上、炉膛内的氧化皮,不得用手直接触摸锻件和工具。

1.2.3 焊接中的劳动保护

1. 焊接中的不安全因素

电弧焊、埋弧焊、电阻焊、气体保护焊等的动力来源均是强大的电流。电流在绝缘的载

体内流动,对人体无害,但一旦暴露于外,并与人体接触时,就会对人体造成电击、电伤。

电弧焊工艺过程会产生很多的无机性烟尘和废气,人在这种高浓度的烟尘和废气环境中,短时间就会产生呼吸困难进而窒息;若长期处于这种低浓度的烟尘和废气环境中,烟尘和废气经过呼吸道进入肺部,会令人患上难以治疗的电焊式尘肺病;电焊烟尘、废气经呼吸道进入人体血液,会导致人体植物神经功能紊乱;电焊中的氟,若长期积蓄于人体骨骼中,会形成骨质感化性改变的氟骨症。

电弧焊工艺过程还会产生电弧,电弧温度高达 3000°C 以上,在此温度下可产生大量紫外线,作用于人眼,使人眼产生急性角膜炎、结膜炎,称为电光性眼炎。

气焊、气割使用的氧和可燃气体,均储存于高压钢瓶内。这些钢瓶一旦爆裂,将会造成极大的危害。

2. 焊接中的安全保护

(1) 焊接设备的安全技术

1) 操作者在焊接前要认真检查焊机、氧气瓶、乙炔瓶等是否完好。

2) 乙炔瓶或乙炔发生器附近严禁烟火;焊接场地要配备有效的消防器材;乙炔瓶在使用和运输过程中必须直立,不能倒放。

3) 氧气瓶,尤其是瓶嘴附近,严禁接触油脂,以免油脂遇到压缩纯氧时引起自燃。

(2) 自我防护

1) 焊工进行操作时,必须穿好工作服、工作鞋,戴上手套、电焊防护面罩或气焊眼镜;不得直视弧光。

2) 在狭小空间、容器内或通风条件差的环境下实施焊接时,应设置通风系统,并保证这些系统运转正常,将焊接产生的烟尘、有害废气向外排放。若短时施焊或无法设置通风系统时,应外设一人监护,万一发生意外能及时抢救;或者二人轮流交换作业。

3) 若多人同在某一工作地同时进行电弧焊,应设弧光遮挡屏,以免弧光伤害他人。

(3) 触电的预防与救护

1) 电焊设备的外壳必须接零或接地,并定期进行检查,确保其可靠性;还应检查电焊工作鞋的绝缘性能是否有效。

2) 电焊设备进行检修或进线连接时,必须先切断电源,并应由电工操作,电焊工不得自行装拆。

3) 使用便携式照明灯时,其工作电压不得超过 36V 。

4) 对触电者进行抢救时,首先要切断电源,绝不能用手拉动触电者;应对其先实施就地人工呼吸抢救,然后迅速送往医院。

1.2.4 金属热处理中的劳动保护

1. 金属热处理中的不安全因素

金属热处理中的正火、淬火、退火和渗碳,须将钢材加热到 $750\sim 1250^{\circ}\text{C}$,炽热的金属会对人体造成灼伤。

金属加热所需的能源多数来自电能,电能的使用有触电的潜在危险。

金属加热设备中的盐浴炉炉温高达 1300°C ,盐呈熔融状态,容易飞溅伤人。

较重的热处理件处于高温状态,且均用起重机进行操作,有可能因起重机操作失误而造

成伤害事故。

2. 金属热处理中的安全保护

(1) 自我防护

- 1) 作业时应穿工作服、工作鞋；操作酸洗、碱洗、盐浴炉时，应戴防护眼镜和口罩。
- 2) 进行强腐蚀作业后，应用质量百分比为1%的硫酸亚铁溶液洗手，再用肥皂和清水洗净。

(2) 使用起重机进行作业时，不在悬空物下方站立或工作。

(2) 遵守安全操作规程

- 1) 装炉操作时工件要轻放，以免打坏炉膛或飞溅盐液，装炉量不允许超过规定范围，而且工件与周边距离不少于3mm，以免引起短路。

- 2) 工件进入盐浴炉前必须烘干，工件进入油槽淬火时，应特别注意防止工件露出油面引起燃烧，对人造成烧伤。

- 3) 所有加热炉使用时一律不允许超过额定的温度。

- 4) 所有油炉、盐浴炉万一起火，严禁使用水或泡沫灭火器抢救，应立即使用干砂扑灭。

(3) 预防触电事故

- 1) 所有电气设备必须有良好的接地或接零，使用前应严格检查。

- 2) 使用电阻炉装卸工件时，必须先停电后操作，若使用断路器，也应先检查其敏感性，以免引起触电事故。万一发生触电事故，应迅速切断电源，然后施救，不得在未切断电源前直接拉、推触电者。

1.2.5 机械切削加工中的劳动保护

1. 机械切削加工中的不安全因素

机械切削加工主要是在工件与刀具之间，经由切削机床产生旋转或往返的相对运动，将工件多余部分切除，以达到设计的要求。因此，机械相对运动所产生的碰撞、绞轧也有可能对人体造成严重威胁。

各种切屑在切削力的作用下形成，多数具有锋利的刃口，极易损伤人体肌肤。

各种机床的动力来源亦来自电能，人体受电击、电伤也不能忽视。

2. 机械切削加工中的安全保护

(1) 个人自我防护

- 1) 进入工作场地进行操作时，操作者必须穿紧袖口和紧下摆的工作服，长发者必须戴工作帽，并将头发塞于帽内。不得穿凉鞋或拖鞋。

- 2) 如果机器正在运转，操作者不得戴手套进行切削加工（如车削、铣削等）的操作，也不得用手直接清理切屑。

- 3) 高速铣削或用砂轮机磨刀具时，操作者要戴上防护眼镜；若有切屑进入眼睛，不得用手揉搓，应及时请医生治疗。

(2) 遵守操作安全规程

- 1) 工件与刀具必须装夹牢固，开动机床前先用手扳动卡盘（或刀具），检查工件与床面、刀架、滑板或其他部件是否会干涉。

2) 开动机床前必须检查各部位机构是否完好, 各种手柄是否处于正确位置。

3) 卡盘扳手和其他手动装夹工具, 用毕应随手取下。

4) 正在进行切削加工时, 不得用手触摸工件或进行测量。观察加工过程时, 头部不能太靠近工作物体或旋转的刀具。

5) 改变主轴转速必须先停机(也称“停车”), 不得边运行边调整主轴转速。切削加工过程中若发现异常, 应立即停机进行检查, 排除故障后方可重新开动机床。

6) 进行磨削加工时, 应检查砂轮是否完整、有无裂纹, 砂轮螺钉是否松动, 垫片是否完好。一切正常后, 先空转1~2min, 若无异常方可工作。

7) 手持刀具在砂轮机上进行刃磨时, 操作者应站在砂轮的侧面, 紧握刀具; 靠近砂轮时应均匀施力, 不能突然用力过猛。

(3) 用电和设备安全

1) 所有电气设备必须良好接地或接零, 若有电路故障应请电工及时排除。

2) 机床传动机构(如齿轮传动或带传动)必须有稳固的防护罩。

1.2.6 钳工操作中的劳动保护

1. 钳工操作中的不安全因素

钳工操作虽然以操作者的双手为主, 但也存在不安全因素。例如, 錾削时挥动锤子, 就可能脱锤伤人; 锯削用力不当可能造成断锯刺伤; 刮削时可能因工件的毛刺刮伤肌肤等。

同时, 钳工操作中还会用钻床钻孔、用砂轮机磨削刀具, 而钻床、砂轮机都是旋转运动的机器, 亦有可能造成人身伤害事故。

2. 钳工操作中的安全防护

穿好工作服, 戴好工作帽, 将长发塞入帽中。进行锯、锉、刮、錾削应戴手套, 但使用钻床等旋转运动机器时, 不得戴手套。

使用锉刀、刮刀前应检查木柄是否开裂; 不能使用没有木柄的锉刀、刮刀进行操作。

使用锤子前要检查锤子的木柄是否牢固, 防止脱锤伤人, 钳工桌上要装置防护网。

锉削过程中, 不要用手直接去清除锉刀上的切屑, 亦不能用嘴去吹切屑。

放置锉刀时, 不要把锉刀露出钳台外面。

使用手锯时, 不可突然用力过猛; 当将要锯断时, 适当减力, 以免锯条折断刮伤。

使用钻床、砂轮机前要检查设备有无故障, 确认没有钻夹头钥匙或楔铁插在钻床主轴上; 要变更钻床转速, 必须在停机状态下进行; 停机时应待钻床自然停止, 切不可用手去停止; 装卸钻削工件, 必须待钻床主轴停止转动后才能进行。

手持工件使用砂轮机进行磨削时, 不可用力过猛, 并且人体不要站在砂轮旋转的前方, 以防砂轮意外破碎而飞出伤人。

第2章 金工实习基础知识

2.1 常用的金属材料及非金属材料

2.1.1 金属材料

1. 金属材料的分类

金属是指具有良好的导电性和导热性，有一定的强度和塑性，并具有光泽的物质，如铁、铝和铜等。金属材料是由金属元素组成的材料或以金属元素为主要成分，并具有金属特性的工程材料。金属材料包括纯金属和合金两类。

纯金属在工业生产中虽然具有一定的用途，但是由于它的强度、硬度一般都较低，而且冶炼难度大、价格较高，因此在使用上受到很大的限制。目前，在工业生产中广泛使用的是合金状态的金属材料。

合金是一种金属元素与其他金属元素或非金属元素，通过熔炼或其他方法结合的具有金属特性的物质。例如，普通黄铜是由铜和锌两种金属元素组成的合金，碳素钢是由铁和碳组成的合金。与组成合金的纯金属相比，合金具有更好的力学性能，并且人们还可通过调整组成元素之间比例的方法，获得一系列性能各不相同的合金，从而满足工业生产上对于不同的性能要求。

金属材料可分为黑色金属和有色金属两大类。铁或以铁为主而形成的金属，称为黑色金属，如钢和铸铁。除黑色金属以外的其他金属，称为有色金属，如铜、铝、镁、锌等。

2. 金属材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中表现出来的特性，包括力学性能、物理性能和化学性能等，它们决定金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命。工艺性能是指材料对各种加工工艺适应的能力，包括铸造性能、可锻性、焊接性、切削加工性能和热处理工艺性能等。

在选用金属来制造机械零件时，主要考虑其力学性能和工艺性能。对于在某些特定条件下工作的零件，还要考虑材料的物理性能和化学性能。

金属材料的使用性能见表 2-1。

表 2-1 金属材料的使用性能

性能名称		使用性能
物理性能		物理性能是金属材料对自然界各种物理现象的表现，如密度、熔点、热膨胀性、导电性和磁性等
化学性能		金属材料的化学性能主要是指在常温或高温时，抵抗各种活泼介质的化学侵蚀的能力，如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等
力学性能	强度	强度是指金属材料在静载荷作用下，抵抗塑性变形和断裂的能力，分为屈服强度 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、抗弯强度、抗剪强度、抗压强度等

(续)

性能名称		使用性能
力学性能	硬度	硬度是指金属材料抵抗更硬物体压入其内的能力，常用的硬度测试方法有布氏硬度（HBW）、洛氏硬度（HRA、HRB、HRC）和维氏硬度（HV）
	塑性	塑性是指金属材料产生塑性变形而不被破坏的能力，通常用伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 表示材料塑性的好坏
	冲击韧度	冲击韧度是指金属材料在冲击载荷作用下，抵抗破坏的能力，用 a_k 表示
	疲劳强度	疲劳强度是指金属材料经无数次循环载荷作用而不致引起断裂的最大应力

3. 常用钢铁材料

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) 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) 按化学成分分类，可分为碳素钢和合金钢。碳素钢可以分为低碳钢（碳质量分数 < 0.25%）、中碳钢（碳质量分数 0.25% ~ 0.6%）、高碳钢（碳质量分数 > 0.6%）；合金钢可以分为低合金钢（合金元素总质量分数 < 5%）、中合金钢（合金元素总质量分数为 5% ~ 10%）、高合金钢（合金元素总质量分数 > 10%）。

2) 按用途分类，钢可以分为结构钢（主要用于制造各种机械零件和工程构件）、工具钢（主要用于制造各种刀具、量具和模具等）、特殊性能钢（具有特殊的物理、化学性能的钢，可分为不锈钢、耐热钢、耐磨钢等）。

3) 按品质分类，分为普通钢（ $w_p \leq 0.045\%$ ， $w_s \leq 0.05\%$ ）、优质钢（ $w_p \leq 0.035\%$ ， $w_s \leq 0.035\%$ ）、高级优质钢（ $w_p \leq 0.025\%$ ， $w_s \leq 0.025\%$ ）。

(2) 碳素钢的牌号、性能及用途 碳素结构钢的牌号用“Q + 数字”表示，其中“Q”为屈服强度的“屈”字汉语拼音首字母，数字表示屈服强度的数值。牌号后可加注字母，表示钢材的质量等级或脱氧方法。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示钢的平均碳质量分数的万分数，例如，20 钢的平均碳质量分数为 0.2%。

常见碳素结构钢的牌号、力学性能及用途见表 2-2。

表 2-2 常见碳素结构钢的牌号、力学性能及用途

类 别	常用牌 号	力 学 性 能			用 途
		屈服强度 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ (%)	
碳素结构钢	Q195	195	315 ~ 390	33	塑性较好，有一定的强度，通常轧制成钢筋、钢板、钢管等。可作为桥梁、建筑物等的构件，也可用做螺钉、螺母、铆钉等
	Q215	215	335 ~ 410	31	
	Q235A	235	375 ~ 460	26	
	Q235B				
	Q235C				
	Q235D				
					可用于重要的焊接件
Q275	275	490 ~ 610	20	强度较高，可轧制成型钢、钢板，作构件用	

(续)

类 别	常用牌号	力学性能			用 途
		屈服强度 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ (%)	
优质碳素结构钢	08F	175	295	35	塑性好, 可制造冲压零件
	10	205	335	31	冲压性与焊接性良好, 可用做冲压件及焊接件, 经过热处理也可以制造轴、销等零件
	20	245	410	25	
	35	315	530	20	
	40	335	570	19	经调质处理后, 可获得良好的综合力学性能, 用来制造齿轮、轴类、套筒等零件
	45	355	600	16	
	50	375	630	14	
	60	400	675	12	主要用来制造弹簧
	65	410	695	10	

(3) 合金钢的牌号、性能及用途 为了提高钢的性能, 在碳素钢基础上特意加入合金元素所获得的钢种称为合金钢。

低合金高强度结构钢的牌号由屈服强度的“屈”字汉语拼音首字母“Q”、屈服强度数值、质量等级符号按顺序组成。

合金结构钢的牌号用“两位数字(平均碳质量分数的万分之几) + 元素符号 + 数字(该合金元素质量分数, 小于1.5%不标出; 1.5% ~ 2.5%标2; 2.5% ~ 3.5%标3, 依次类推)”表示。

对合金工具钢的牌号而言, 当碳的质量分数小于1%时, 用“一位数字(表示碳质量分数的千分之几) + 元素符号 + 数字”表示; 当碳的质量分数大于或等于1%时, 用“元素符号 + 数字”表示。

注: 高速工具钢中碳的质量分数小于1%时, 其含碳量也不标出。

常见合金钢的牌号、力学性能及用途见表2-3。

表 2-3 常见合金钢的牌号、力学性能及用途

类 别	常用牌号	力学性能			用 途
		屈服强度 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ (%)	
低合金高强度结构钢	Q345	≥ 345	470 ~ 630	21 ~ 22	具有高强度、高韧性、良好的焊接性和冷成形性能。主要用于制造桥梁、船舶、车辆、锅炉、高压容器、输油输气管道、大型钢结构等
	Q390	≥ 390	490 ~ 650	19 ~ 20	
	Q420	≥ 420	520 ~ 680	18 ~ 19	
	Q460	≥ 460	550 ~ 720	17	
合金结构钢	20Cr	540	835	10	主要用于制造汽车、拖拉机中的变速齿轮、内燃机上的凸轮轴、活塞销等机器零件
	20CrMnTi	835	1080	10	
	20Cr2Ni4	1080	1175	10	
	40Cr	785	980	9	
	30CrMnTi	—	1470	9	主要用于制造汽车和机床上的轴、齿轮等
	38CrMoAl	835	980	14	

(4) 铸钢的牌号、性能及用途 铸钢主要用于制造形状复杂，具有一定强度、塑性和韧性的零件。碳是影响铸钢性能的主要元素，随着碳质量分数的增加，铸钢的屈服强度和抗拉强度均增加，而且抗拉强度比屈服强度增加得更快；但是当碳的质量分数大于0.45%时，铸钢的屈服强度增加很少，而塑性、韧性却显著下降。因此，在生产中使用最多的是ZG 230-450、ZG 270-500、ZG 310-570 三种。常见铸钢的化学成分、力学性能及用途见表2-4。

表 2-4 常见铸钢的化学成分、力学性能及用途

牌 号	化 学 成 分			力 学 性 能					应用举例
	C	Mn	Si	σ_s	σ_b	δ	ψ	a_K	
ZG 200-400	0.20	0.80	0.50	200	400	25	40	600	机座、变速箱壳
ZG 230-450	0.30	0.90	0.50	230	450	22	32	450	机座、锤轮、箱体
ZG 270-500	0.40	0.90	0.50	270	500	18	25	350	飞轮、机架、蒸汽锤、水压机、工作缸、横梁
ZG 310-570	0.50	0.90	0.60	310	570	15	21	300	联轴器、气缸、齿轮、齿圈
ZG 340-640	0.60	0.90	0.60	340	640	10	18	200	起重运输机中的齿轮、联轴器等

(5) 铸铁的牌号、力学性能及用途 铸铁是碳质量分数大于2.11%，并含有较多Si、Mn、S、P等元素的铁碳合金。铸铁的生产工艺和生产设备简单，价格便宜，具有许多优良的使用性能和工艺性能，所以应用非常广泛，是工程上最常用的金属材料之一。

铸铁按照石墨的形态可以分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁。

常见灰铸铁的牌号、力学性能及用途见表2-5。

表 2-5 常见灰铸铁的牌号、力学性能及用途

牌 号	铸件壁厚/mm	力 学 性 能		用 途 举 例
		σ_b /MPa	硬度（HBW）	
HT100	2.5 ~ 10	130	110 ~ 166	适用于载荷小、对摩擦和磨损无特殊要求的不重要的零件，如防护罩、盖、油盘、手轮、支架、底板、重锤等
	10 ~ 20	100	93 ~ 140	
	20 ~ 30	90	87 ~ 131	
HT150	2.5 ~ 10	175	137 ~ 205	适用于承受中等载荷的零件，如机座、支架、箱体、刀架、床身、轴承座、工作台、带轮、阀体、飞轮、电动机座等
	10 ~ 20	145	119 ~ 179	
	20 ~ 30	130	110 ~ 166	
HT200	2.5 ~ 10	220	157 ~ 236	适用于承受较大载荷和要求有一定气密性或耐蚀性等等的较重要零件、如气缸、齿轮、机座、飞轮、床身、气缸体、活塞、齿轮箱、制动轮、联轴器盘、中等压力阀体、泵体、液压缸、阀门等
	10 ~ 20	195	148 ~ 222	
	20 ~ 30	170	134 ~ 200	
HT250	4.0 ~ 10	270	175 ~ 262	
	10 ~ 20	240	164 ~ 247	
	20 ~ 30	220	157 ~ 236	
HT300	10 ~ 20	290	182 ~ 272	适用于承受高载荷、要求耐磨和高气密性的重要零件，如重型机床，剪床，压力机，自动机床的床身、机座、机架、高压液压件、活塞环、齿轮、凸轮、车床卡盘、衬套，大型发动机的气缸体、缸套、气缸盖等
	20 ~ 30	250	168 ~ 251	
	30 ~ 50	230	161 ~ 241	
HT350	10 ~ 20	340	199 ~ 298	
	20 ~ 30	290 +	182 ~ 272	
	30 ~ 50	260	171 ~ 257	

4. 有色金属材料

有色金属材料中应用最广的是铝及铝合金、铜及铜合金。

(1) 铝及铝合金 纯铝主要用于熔炼铝合金、制造电线,以及要求导热、耐蚀的器具等。铝合金是在纯铝中加入铜、锌、镁等合金元素配制而成的,如 5A05、2A12、7A04、2A70。铝合金除保持纯铝密度小、耐蚀性好等特点外,还具有较高的力学性能,经过一定热处理后的铝合金强度甚至可以和钢铁材料相媲美。因此,铝合金常用于制作各种型材、骨架、铆钉及日常生活用品。

(2) 铜及铜合金 纯铜具有优良的导电性和导热性,工业中主要用于制造导体和配制合金。黄铜是指以铜和锌为主的铜合金,其力学性能较好,用于制作散热、抗腐蚀等性能较好的零件,如 H80、H62、HPb59—1。白铜是指以铜和镍为主的铜合金,主要用于制造精密机械零件、电气元件、装饰器件等,如 B19、BZn。青铜是指除黄铜和白铜以外的铜合金,含有锡、铝、硅、锰、铍、铅等元素,其中铜-锡合金称为锡青铜,其他的有铝青铜、铍青铜、硅青铜等,用于制作耐磨、抗腐蚀零件,如滑动轴承、齿轮、轴套等,代号如 QSn4-3、QBe2、QA19-4。

2.1.2 非金属材料

目前,在机械制造工程中使用的非金属材料主要有橡胶、工程塑料、陶瓷、粘结剂及复合材料等,它们已经成为机械工程材料中不可缺少的重要组成部分。

1. 橡胶

橡胶是以高聚物为基础的高分子材料。它具有弹性好、抗折、耐磨、可塑性和加工工艺性能好的优点,但易老化,耐热性和热稳定性差,耐碱不耐强酸,耐油、耐溶剂性能差等缺点,广泛用于制作轮胎、胶带、胶管、密封件等橡胶制品。

2. 塑料

塑料是以合成树脂为主要原料,加入各种改善性能的添加剂,在一定温度和压力的条件下,塑制成形的高分子材料。塑料是机械制造和日常生活中常用的一种非金属材料,种类很多,具有密度小、耐腐蚀、电绝缘性能好、透明度高、力学性能较高的特点。例如聚氯乙烯(PVC)可代替铜、铝、不锈钢等,用于制作耐腐蚀设备和零件;尼龙(聚酰胺 PA)由于其具有疲劳强度和刚性较高、耐磨性好的特点,用于制作齿轮等传动件。

3. 陶瓷材料

陶瓷材料是无机非金属材料的统称,包括陶器、瓷器、玻璃、搪瓷、耐火材料等。陶瓷材料最突出的特点是其具有极好的耐热性能、绝缘性能和耐蚀性。例如三氧化二铝(刚玉)陶瓷材料可耐高温 1700℃,氮化硅和氮化硼陶瓷材料的硬度接近金刚石,是比硬质合金更优良的刀具材料。

常用陶瓷材料分为两大类:一类是普通陶瓷,另一类是特种陶瓷。

普通陶瓷是由黏土、长石、石英等天然原料,经粉碎、制坯、烧结等工序获得所需的性能和形状的制品。普通陶瓷按应用范围又可分为日用陶瓷、建筑陶瓷、化工陶瓷、多孔陶瓷和电器绝缘陶瓷等。特种陶瓷是用人工化合物为原料,如氧化物、氮化物、硅化物等,采用烧结工艺制成的具有各种特殊的力学、物理或化学性能的陶瓷。特种陶瓷按应用范围又可分为压电陶瓷、磁性陶瓷、电光陶瓷、高温陶瓷、电容陶瓷等,它们主要用于化工、电子、冶