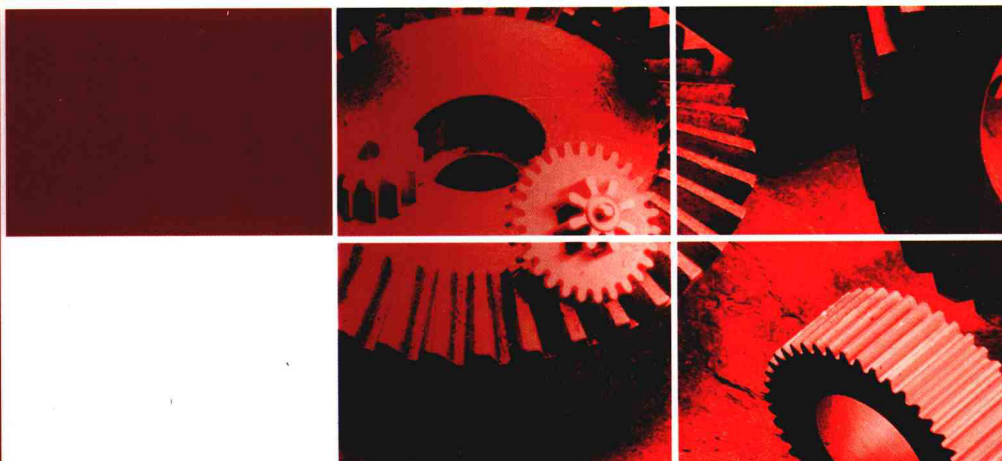


普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材



基础制造技术与 项目实训

杨树财 张玉华 主编



普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材

基础制造技术与项目实训

主 编 杨树财 张玉华
副主编 齐俊杰 卜庆国
参 编 徐守波 王雪茹 纪 珊
谭 丽 王宝山 孙彦新
主 审 司乃钧



机械工业出版社

1111111111
1111111111

本书介绍了机械制造的一般过程,常用工程材料,刀具、量具、表面粗糙度的基本概念,切削加工的基础知识,金属材料热处理,还介绍了铸造、锻造、焊接等毛坯制备工艺以及钳工与装配工艺,详细介绍了机械加工方法中的车削、铣削、刨削、磨削等的加工工艺特点、工艺方法、工艺参数的选择。通过车、铣、刨、磨等机加工工种的基本操作和技能训练,使学生能够使用车床、铣床、磨床、刨床等进行机械加工。本书除作为普通高等学校、高职高专院校的机械制造、机械加工专业学生的实习教材外,亦可作为有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

基础制造技术与项目实训/杨树财,张玉华主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 9

普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材

ISBN 978-7-111-39209-5

I. ①基… II. ①杨… ②张… 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(2012)第 167740 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:丁昕祯 责任编辑:丁昕祯 余 皞

版式设计:霍永明 责任校对:张 媛

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.25 印张·399 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-39209-5

定价:32.00 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

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国高等教育教学改革的逐步深入,高等工科院校的人才培养正由知识型向知识、能力、素质和创新思维综合型方向发展,以满足国家对高等工程技术人才的需要。

长期教学实践经验表明,工程实践是提高高等院校学生素质、能力和创新思维的有效途径,而工程训练是大学生在校学习期间进行的第一次比较系统的、典型的工程实践,通过工程训练不仅为大学生学习相关技术基础课和专业课打下基础,也使大学生具备了一定的技术素养和能力,并初步建立了工业生产的概念,这对教学科研型高校而言,更为突出,更为重要。

本书是根据教育部工程材料及机械制造基础课程指导组制定的“工程训练教学基本要求”和教育部“高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”的基本要求,结合哈尔滨理工大学《工程训练教学大纲》内容编写的。

在教材的编写过程中,作者本着重视基础、强化实践、扩大知识面、从感性到理性、理论联系实际的原则,突出能力培养,通过项目实训熟悉或掌握基础制造过程,获得初步的操作技能,巩固所学知识。主要特点如下:

1) 本书以加强基础、重视实践、优化传统内容为切入点,由浅入深,通过项目实训,帮助学生正确掌握金属的主要加工方法,了解毛坯和零件的加工工艺过程,初步获得操作技能,提高学生的工程素质和创新能力。

2) 本书打破了传统的知识编排模式,根据每一个知识点的学习与技能需要进行讲解,便于学生有针对性地掌握每一个知识点。内容丰富,涵盖了机械工程材料、热处理、铸造、锻压、焊接、基础机械制造技术等内容。

3) 增设具有实用性、代表性的实训项目,便于学生学习,同时增加综合性的与生产实际相结合的典型案例,强调技术应用能力学习,注重培养学生的创新能力。

本书由哈尔滨理工大学工程训练中心组织编写,杨树财、张玉华担任主编,其中第1章由杨树财编写,第2章由齐俊杰编写,第3章由徐守波编写,第4章由张玉华编写,第5章由纪珊编写,第6章由王宝山编写,第7章由孙彦新、谭丽编写,第8章由王雪茹、卜庆国编写。

本书特别邀请司乃钧教授担任主审,司教授提出了许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢。由于编者水平和经验有限,书中难免有欠妥之处,恳请读者批评指正!

编 者

目 录

前言

第1章 机械制造基础知识	1
1.1 机械制造过程概述	1
1.1.1 毛坯制造	1
1.1.2 切削加工	1
1.1.3 装配与调试	1
1.2 工程材料概述	2
1.2.1 常用工程材料	2
1.2.2 金属材料的主要性能	6
1.3 切削加工概述	7
1.3.1 机械加工的切削运动	7
1.3.2 切削工件表面	9
1.3.3 切削用量的定义及其选择	9
1.4 切削加工零件的技术要求	10
1.4.1 表面粗糙度及其选择	10
1.4.2 零件精度及其选择	12
1.5 切削刀具及材料	15
1.5.1 刀具的组成及结构	15
1.5.2 刀具角度	16
1.5.3 刀具材料	20
1.6 常用量具	23
1.6.1 量具的种类	23
1.6.2 量具的保养	27
1.7 实训安全	28
训练项目一 零件测绘训练	28
思考题	30
第2章 热处理实训	31
2.1 概述	31
2.1.1 实训目的和要求	32
2.1.2 实训安全守则	32
2.2 常用的热处理设备	32
2.2.1 加热设备	32
2.2.2 冷却设备	34
2.2.3 检验设备	34
2.3 钢的热处理工艺方法	34
2.3.1 钢的退火与正火	34
2.3.2 钢的淬火与回火	35

2.3.3 表面热处理	37
2.4 热处理常见缺陷分析	42
2.4.1 热处理工艺对质量的影响	42
2.4.2 合理的热处理零件结构设计	43
2.4.3 合理的热处理工序位置	44
2.4.4 正确的热处理操作	45
训练项目二 热处理操作训练	46
思考题	46
第3章 铸造实训	47
3.1 实训概述	47
3.1.1 实训目的和要求	47
3.1.2 实训安全守则	47
3.2 砂型铸造	48
3.2.1 砂型铸造简述	48
3.2.2 型砂和芯砂	50
3.2.3 整模造型及造芯	52
3.2.4 分模造型	58
3.2.5 其他手工造型方法	59
3.2.6 机器造型	61
3.3 金属的熔炼与浇注	62
3.3.1 铸铁熔炼与浇注	62
3.3.2 铝合金的熔炼与浇注	65
3.4 铸件的落砂、清理和缺陷分析	65
3.4.1 铸件的落砂和清理	65
3.4.2 铸件常见缺陷的分析	66
3.5 特种铸造	68
3.5.1 金属型铸造	68
3.5.2 压力铸造	68
3.5.3 离心铸造	68
3.5.4 熔模铸造	69
3.6 铸造技术的发展趋势	69
训练项目三 整模造型操作训练	70
训练项目四 铸造铝合金的熔炼与浇注	70
训练	70
思考题	70
第4章 锻压实训	71

4.1 实训概述	71	措施	113
4.1.1 实训目的和要求	71	5.4 其他焊接方法	113
4.1.2 实训安全守则	71	5.4.1 气体保护焊	114
4.2 锻压概述	71	5.4.2 埋弧焊	115
4.2.1 金属塑性加工	72	5.4.3 钎焊	116
4.2.2 金属的锻压性能	72	5.4.4 电阻焊	116
4.3 坯料加热与锻件冷却	74	5.4.5 摩擦焊	118
4.3.1 锻造温度范围	74	5.5 焊接技术发展趋势	119
4.3.2 加热方法与设备	75	5.5.1 先进焊接技术的出现	119
4.3.3 加热缺陷及其防止措施	77	5.5.2 焊接自动化水平的提高	120
4.3.4 锻件冷却	78	训练项目七 焊条电弧焊训练	121
4.4 锻造方法	78	训练项目八 气焊和气割训练	121
4.4.1 手工自由锻	78	训练项目九 点焊训练	121
4.4.2 机器自由锻	84	思考题	122
4.4.3 模锻	88	第6章 车削加工实训	123
4.4.4 锻件质量与检验	89	6.1 实训概述	123
4.5 板料冲压	91	6.1.1 实训目的和要求	123
4.5.1 冲压的特点及应用	91	6.1.2 实训安全守则	123
4.5.2 压力机	91	6.2 车工基础知识	123
4.5.3 冲压模具结构	92	6.2.1 卧式车床	123
4.5.4 冲压基本工序	94	6.2.2 车床附件及工件安装	126
4.6 锻压技术与发展趋势	96	6.2.3 车刀的安裝及刃磨	130
4.6.1 超塑性成形技术	96	6.3 卧式车床基本操作	131
4.6.2 高速高能成形技术	97	6.3.1 空车练习	131
4.6.3 液态模锻	98	6.3.2 车削和切削用量	132
4.6.4 摆动辗压	98	6.3.3 试切的方法与步骤	133
4.6.5 计算机在锻压技术中的应用	98	6.3.4 粗车与精车	134
训练项目五 六角头螺栓的手工锻造		6.4 零件的车削	134
训练	99	6.4.1 车削外圆、端面与台阶	134
训练项目六 空气锤锻粗训练	100	6.4.2 钻孔与车内圆	136
思考题	100	6.4.3 车削圆锥面	138
第5章 焊接实训	101	6.4.4 车槽与车断	140
5.1 实训概述	101	6.4.5 车削螺纹	142
5.1.1 实训目的和要求	101	6.4.6 车成形面及滚花的方法	145
5.1.2 实训安全守则	101	6.4.7 车削典型零件示例	147
5.2 焊接概述	102	6.5 车削中的物理现象	149
5.2.1 焊条电弧焊	103	6.5.1 切屑	149
5.2.2 气焊和气割	108	6.5.2 切削力	150
5.3 焊接变形和焊接缺陷	111	6.5.3 切削热	151
5.3.1 焊接变形及焊接缺陷产生的		6.5.4 刀具磨损与刀具寿命	152
原因	111	训练项目十 粗车外圆及端面训练	153
5.3.2 焊接应力对工件质量的影响	112	训练项目十一 车内圆训练	154
5.3.3 防止焊接缺陷产生的工艺		训练项目十二 车槽与车断训练	154

训练项目十三 车削螺纹训练	155	训练项目十六 铣削六方体训练	205
训练项目十四 滚花训练	156	训练项目十七 铣削 V 形铁训练	206
训练项目十五 综合作业训练	156	训练项目十八 刨平面训练	207
思考题	157	训练项目十九 磨削平面及外圆训练	207
第 7 章 铣削、刨削、磨削加工		思考题	208
实训	159	第 8 章 钳工与装配实训	209
7.1 实训概述	159	8.1 实训概述	209
7.1.1 实训目的和要求	159	8.1.1 实训目的和要求	209
7.1.2 实训安全守则	159	8.1.2 实训安全守则	209
7.2 铣削	160	8.2 钳工概述	209
7.2.1 铣削概述	160	8.2.1 工艺特点及应用范围	209
7.2.2 铣床及常用附件	162	8.2.2 常用设备	210
7.2.3 铣刀	168	8.3 钳工基本操作	211
7.2.4 铣削平面、斜面、台阶面	171	8.3.1 划线	211
7.2.5 铣沟槽	173	8.3.2 整削	217
7.2.6 铣等分零件	174	8.3.3 锯削	222
7.2.7 铣螺旋槽	178	8.3.4 铰削	226
7.2.8 齿轮加工	180	8.3.5 螺纹加工	229
7.3 刨削加工	182	8.3.6 钻削	232
7.3.1 刨削概述	182	8.3.7 刮削	237
7.3.2 刨床及刨刀	184	8.3.8 研磨	240
7.3.3 刨平面及沟槽	187	8.4 装配	243
7.3.4 龙门刨床和插床	190	8.4.1 装配概述	243
7.4 磨削加工	191	8.4.2 装配方法及装配步骤	243
7.4.1 磨削概述	191	训练项目二十 六角螺母制作训练	247
7.4.2 砂轮	193	训练项目二十一 手锤制作训练	249
7.4.3 常用磨床	195	思考题	251
7.4.4 磨平面	201	参考文献	252
7.4.5 磨外圆、内圆及圆锥面	202		

第1章 机械制造基础知识

1.1 机械制造过程概述

任何机器或设备，如汽车或机床，都是由相应的零件装配而成的。只有制造出合乎要求的零件，才能装配出合格的机器设备。零件可以直接用型材经切削加工制成，如某些尺寸不重要的轴、齿轮、套类零件。一般情况下，则要求将原材料经铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成毛坯，然后将毛坯经切削加工制成零件。有的零件还需要在毛坯制造和加工过程中施加不同的热处理工艺。因此，一般的机械制造过程可简要归纳为：毛坯制造→切削加工→装配和调试。

1.1.1 毛坯制造

常用毛坯制造方法有铸造、锻造、冲压及焊接。

(1) 铸造 铸造指制造铸型，熔炼金属，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状和性能铸件的成形方法。

(2) 锻造 锻造指在加工设备及模具的作用下，使金属坯料产生塑性变形，以获得一定几何尺寸、形状和质量的锻件的加工方法。

(3) 冲压 冲压指在压力机上利用冲模对板料施加压力，使其产生分离或变形，从而获得一定形状、尺寸的产品的方法。冲压产品具有足够的精度和表面质量，可以直接应用或经少量切削加工后应用。

(4) 焊接 焊接指通过加热或加压并辅之使用或不使用填充料，使工件达到原子结合的加工方法。

毛坯的外形与零件近似，其需要加工部分的外部尺寸大于零件的相应尺寸，而空腔则小于零件的相应尺寸。毛坯尺寸与零件尺寸之差即为毛坯的加工余量。

采用先进的铸造、锻压方法，可直接生产出成品零件。

1.1.2 切削加工

若使零件达到所需精度和相应的表面质量要求，须将毛坯上的加工余量经切削去除。常用的方法有车、铣、刨、磨、钻和镗等。一般来说，毛坯要经过若干道切削加工工序才能成为成品零件。由于工艺的需要，这些工序又分为粗加工、半精加工与精加工。

在毛坯制造及切削加工过程中，为便于切削和保证零件的力学性能，还需要在某些工艺之前（或之后）对工件进行热处理。所谓热处理，是指将金属材料（工件）采用适当的方式进行加热、保温和冷却，以获得所需的组织结构和性能的一种工艺方法。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）安排在最终热处理之后进行。

1.1.3 装配和调试

加工完毕并检验合格的零件，按机械产品的技术要求，用钳工或与机械加工相结合的方

法按一定顺序组合、连接、调整固定，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，也是保证机械达到各项技术指标的关键工序。

装配好的机器，还需要试运转，以观察其在工作条件下的效能和整机质量。只有在检验、试车合格之后，才能包装出厂。

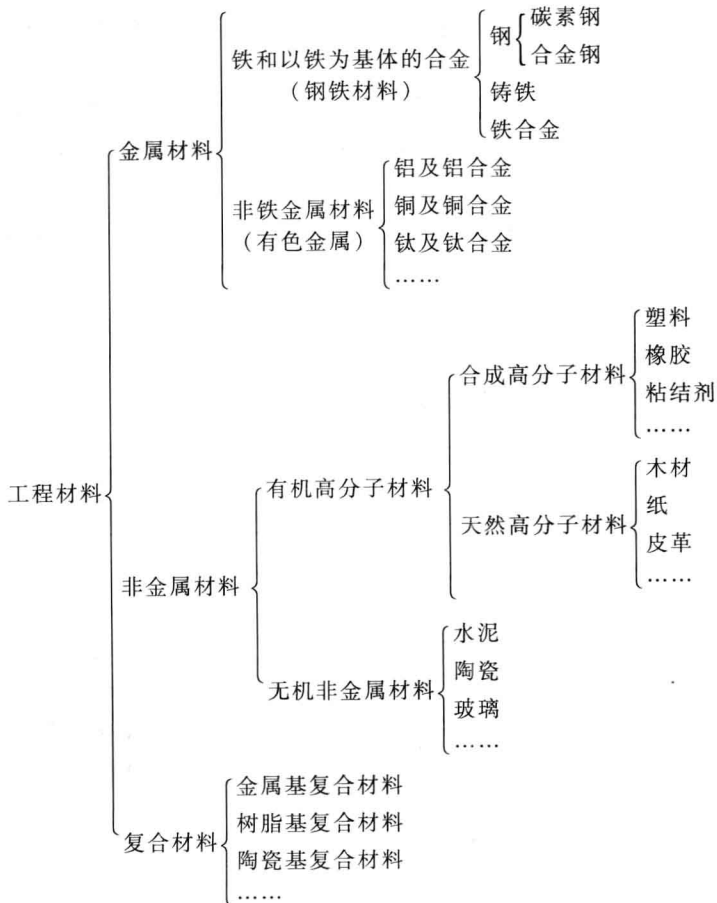
1.2 工程材料概述

材料是人类生产和活动的物质基础。人类社会发展的历史表明，生产技术的进步和生活水平的提高与材料的应用息息相关。每一种新材料的发明和应用，都使社会生产和生活发生了重大变化，并有力地推动人类文明的进步。

目前，通常把信息、材料、能源和生物工程称为现代技术的四大支柱，许多工业化国家都把材料科学作为重点发展的学科之一，材料的研究和工艺水平已成为国家工业技术水平的重要标志。

1.2.1 常用工程材料

材料的种类很多，其中用于机械制造的各种材料称为机械工程材料，简称为工程材料。常用工程材料按组成特点，可分为：



金属材料是应用最广泛的工程材料。随着科学技术的发展,非金属材料 and 复合材料的应用也得到了迅速提高。

1. 钢铁材料简介

(1) 钢 钢是机械工程中应用最广泛的金属材料,钢是指以铁为主要元素,一般 $w_c < 2.0\%$, 并含有其他元素的材料。按照化学成分,钢可分为非合金钢、低合金钢和合金钢。非合金钢中除铁和碳外,还有少量的锰、硅、硫、磷等元素,这些元素是在冶炼过程中由原料、燃料带入钢中的,通常称为杂质。低合金钢和合金钢是在非合金钢的基础上,在炼钢过程中有目的地加入某几种元素而成的钢种。

非合金钢俗称碳素钢, $w_c < 2.11\%$, 并含有少量硅、锰、磷、硫等杂质元素的铁碳合金。碳素钢具有一定的力学性能和良好的工艺性能,且价格低廉,在工业中广泛应用。但碳素钢淬透性低,强度较低,且不能满足某些特殊要求(如耐蚀、耐热、抗氧化、耐磨等)。为改善碳素钢的组织 and 性能,在碳素钢的基础上有目的地加入一种或几种合金元素所形成的铁基合金称为合金钢。

碳素钢按主要质量等级、主要性能和使用特性,可分为普通碳素钢、优质碳素钢 and 高级优质碳素钢。下面列举常用的碳素钢牌号并作简单说明。

普通碳素钢 Q235A (Q 为钢的屈服强度“屈”字汉语拼音字首,235 表示屈服强度值为 235MPa, A 表示质量等级为 A 级),常用于制作螺钉、螺母、垫圈等。

优质碳素钢 08F 钢、10 钢用于制作冲压成型的外壳、容器、罩子等。40 钢用于制作轴、杆等,45 钢用于制作齿轮、连杆等。

高级优质碳素钢主要包括碳素工具钢、碳素弹簧钢、特殊易切钢等。T7 钢、T8 钢用于制作手钳、镊子、手锤、螺钉旋具等,T10 钢用于制作手锯锯条,T12 钢用于制作锉刀、刮刀(T 表示碳素工具钢“碳”字汉语拼音字首)。

此外,按钢中碳含量的不同,可将碳素钢分为低碳钢、中碳钢 and 高碳钢。

1) 低碳钢。 $w_c < 0.25\%$, 强度低,塑性好,易于成形,焊接性能好,常用于受力不大的结构件。

2) 中碳钢。 $w_c = 0.25\% \sim 0.6\%$, 具有较高的强度,并兼有一定的塑性、韧性,适用于制造机器零件。

3) 高碳钢。 $w_c = 0.6\% \sim 1.4\%$ (不含 0.6%), 塑性和焊接性能较差,但热处理可达到很高的强度和硬度,用于制作工、模具。

合金钢的分类在本书中不予详述,下面只举两例说明其用途。

1) 合金工具钢。用于制作刀具、模具、量具等工具。含钨、铬、钒、钼元素的工具钢可作切削速度较高的刀具,并在 600°C 高温时仍能保持其原有硬度,这些材料通常称为高速工具钢(又称锋钢、白钢)。用于制作车刀的高速工具钢牌号为 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2。

2) 不锈钢、耐蚀和耐热钢。在空气、水、酸、碱等介质中具有较强的耐蚀性或在高温时具有良好的抗氧化性能且能保持高的强度,典型牌号有 20Cr13、12Cr18Ni9 等。

(2) 铸铁 铸铁是指由铁、碳和硅组成合金的总称。生产上用的铸铁,一般 $w_c = 2.5\% \sim 4.0\%$, 硅、锰、磷、硫等杂质的含量也比钢高。

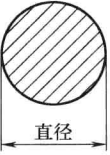
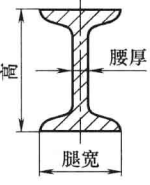
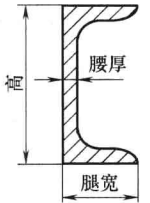
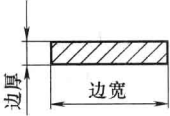
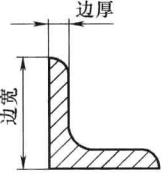
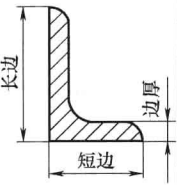
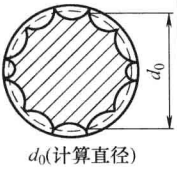
常用的铸铁是灰铸铁,灰铸铁中的碳主要以片状石墨的形式存在,断口呈灰色。其抗拉强度、塑性和韧性都较低,但抗压性能较好,减磨、减振性较好,切削加工性能较好,且生

产成本低廉,因而应用广泛。灰铸铁铸造性能好,可以浇铸形状复杂或薄壁铸件。灰铸铁属脆性材料,不能锻压,其焊接性能也差。常用牌号有 HT200 (HT 是“灰铁”两字的汉语拼音字首,数字表示该灰铸铁的最低抗拉强度值,单位为 MPa),用于制造机床床身、齿轮箱、底座和刀架等。

(3) 常用钢材的种类和规格 常用钢材的种类有型钢、钢板、钢管和钢丝。

型钢的种类有很多,常见的有圆钢、方钢、扁钢、槽钢、角钢、工字钢等。每种型钢都有具体的规格,通常用反映其断面形状的主要轮廓尺寸表示。常用型钢规格的表示方法见表 1-1。

表 1-1 型钢规格的表示方法

材料名称	断面形状	规格表示方法	材料名称	断面形状	规格表示方法
圆钢		直径	工字钢		高 × 腿宽 × 腰厚
方钢		边宽	槽钢		高 × 腿宽 × 腰厚
扁钢		边厚 × 边宽	等边角钢		边宽 × 边宽 × 边厚
六角钢		对边距离 (即内切圆直径)	不等边角钢		长边 × 短边 × 边厚
八角钢		对边距离 (即内切圆直径)	螺纹钢		计算直径

工字钢、槽钢和角钢还可以用数字 (号数) 表示其规格和主要尺寸。例如 12 (12#) 工字钢,表示高度为 12cm 的工字钢; 40 钢 (40#)、10/6.3 (10/6.3#) 分别表示边宽为 40cm

的等边角钢和长边为 10cm、短边为 6.3cm 的不等边角钢。此外,型钢中直径在 10mm 以下的圆钢称为线材,由于轧制的线材常盘成圆形,所以通常称为盘圆或盘条。普通低碳钢热轧盘圆大量用于拔丝、制钉、捆扎、牵拉等,也可用作混凝土中的钢筋。

钢板厚度分为厚板(厚度 $> 4\text{mm}$)和薄板(厚度 $\leq 4\text{mm}$)。厚板经热轧制成,薄板有热轧和冷轧两种。薄板经镀锌、镀锡等处理后制成镀锌薄钢板(或称白铁皮)、镀锡薄钢板(或称马口铁),可提高耐蚀性能。钢带又称带钢,是指厚度和宽度很小,长度很长的钢板,也分热轧和冷轧两种,大多为成卷供应。

钢管分为无缝钢管和焊接钢管两类,断面形状多为圆形,也有异型钢管。无缝钢管的规格以外径 $\times$ 壁厚 $\times$ 长度表示。若无长度要求,则只标注为外径 $\times$ 壁厚。

钢丝是由盘圆拉拔加工而制成的。钢丝的截面一般为圆形,其规格用直径的数值(单位为 mm)表示。在实际生产中,钢丝的规格也用号数表示。号数越大,直径越小。例如,10 钢丝的直径为 3.251mm,17 钢丝的直径为 1.422mm。

2. 非铁金属材料简介

非铁金属材料主要是指有色金属材料。其中应用最多的是铝、铜及其合金。

工业纯铝和纯铜具有良好的导电、导热性和耐蚀性,塑性好,强度低,主要用于制造电线、油管、日用器皿等。

铝合金分为变形铝合金和铸造铝合金两类。变形铝合金塑性较好(如 5A05),常制成各种型材、板材、管材等,用于制造门窗、油箱、铆钉和飞机构件等。铸造铝合金(如 ZAlSi12),其铸造性能好,用于制造形状复杂且有一定力学性能要求的零件,如活塞、仪表壳体等。

铜合金主要有黄铜和青铜。黄铜(如 H62、H68)是以锌为主要添加元素的铜合金,主要用于制造冷冲压件、轴套和耐蚀零件等;青铜按主要添加元素的不同,又分为锡青铜、铝青铜、铍青铜等,主要用于制造轴瓦、涡轮、弹簧以及要求减磨、耐蚀的零件。

另外,钛及钛合金由于具有耐蚀、质轻、强度高和良好的加工性能,因而在石油化工、航空发电等领域也得到了广泛应用。

3. 非金属材料简介

非金属材料一般泛指高分子材料和陶瓷材料等。因其原料来源广泛、成形工艺简单,具有金属材料所不具备的某些性能,近年来发展迅速,应用日益广泛,现已成为机械工程材料不可缺少的、独立的组成部分。

(1) 高分子材料 高分子材料分天然的(如松香、淀粉、天然橡胶等)和人工合成的。机械上常用的高分子材料,如塑料、合成橡胶、合成纤维、涂料和粘结剂等均是人工合成的。

(2) 陶瓷材料 陶瓷材料是指经原料配制、坯料成形、高温烧结制成的无机非金属材料。陶瓷材料一般都具有硬度高、耐高温、绝缘电阻大、脆性大等特性。陶瓷材料分为普通陶瓷和特种陶瓷两种。

4. 复合材料简介

复合材料是由两种或两种以上物理、化学性质不同的物质复合而成的多相固体材料。它具有各组成材料的优点,还能获得原组成材料无法具备的优良性能。例如,混凝土性脆,抗压强度高;钢筋性韧,抗拉强度高。为使性能取长补短,制成了钢筋混凝土。

复合材料一般具有比强度和比模量高、抗疲劳性能好、减振性强、高温性能好、断裂安全性高等优点。因此,应用日益广泛。

常用复合材料有纤维增强复合材料,如玻璃纤维复合材料、碳纤维复合材料等;层叠复合材料,如双金属复合材料、塑料-金属多层复合材料;颗粒复合材料,如金属陶瓷等。

随着社会进步和科学技术的发展,新材料发展突飞猛进,采用高科技方法制取的新型功能材料如形状记忆合金、纳米材料、储氢材料、超导材料、非晶态合金与微晶合金、超塑合金等,在社会各个领域得到了广泛应用。

1.2.2 金属材料的主要性能

为了正确、合理地使用金属材料,必须了解其性能。金属材料的性能包括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所表现出来的性能,主要有力学性能、物理性能和化学性能;工艺性能是指金属材料在加工过程中所表现出来的性能,主要有铸造、锻造、焊接、热处理和切削加工等性能。

1. 金属材料的力学性能

在机械行业中选用材料,一般以力学性能作为主要依据。力学性能是指金属在外力作用下表现出来的特性,常用的指标有强度、硬度、韧性、塑性和疲劳强度等。金属力学性能指标表示金属抵抗各种损伤的能力,是设计金属构件时选材和进行强度计算的主要依据。

(1) 强度 强度是指金属材料抵抗塑性变形和断裂的能力,通过拉伸试验测得。塑性变形又称永久变形。常用强度判据是屈服强度和抗拉强度。屈服强度以符号 σ_s (或 $\sigma_{0.2}$) 表示,单位为 MPa,屈服强度代表材料抗微量永久变形的能力;抗拉强度以符号 σ_b 表示,单位为 MPa,抗拉强度代表材料抵抗断裂的能力。

(2) 硬度 硬度是指材料抵抗局部塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬程度的指标,材料的硬度是通过硬度试验测得的。硬度试验方法较多,生产中常用布氏硬度试验和洛氏硬度试验。

布氏硬度试验,使用硬质合金球作为压头,以相应的试验力 F 将其压入被测材料表面,保持规定的时间后卸载,测量其表面的压痕直径,通过相应公式计算出布氏硬度值,布氏硬度用 HBW 表示。布氏硬度试验适用于 650HBW 以下的材料,其测定结果较为准确,但由于压痕大,不适于成品检验。

洛氏硬度试验,使用顶角为 120° 的金刚石锥体(或用直径为 1.588mm 的淬硬钢球或硬质合金球)作为压头,以规定的压力将其压入被测材料表面。洛氏硬度值从硬度计的度盘上直接读取。国家标准规定,洛氏硬度用 HR 表示。根据压头和压力不同,洛氏硬度的标定分别为 HBA、HRB、HRC 表示,其中应用最为广泛的是 HRC,如热处理后高速工具钢车刀刀头硬度约为 62HRC。

在生产现场如没有硬度试验计时,可采用锉刀锉削金属的方法来判别工件硬度的高低。锉刀应使用新的细锉刀,长度为 200mm 左右,硬度在 60HRC 以上。锉削时如锉刀打滑或锉刀上有划痕,说明工件材料的硬度高于锉刀硬度;如能锉削工件,则可根据锉削的难易程度,判别该工件大致的硬度值。当工件硬度为 30~40HRC 时,稍用力即可锉削;硬度为 50~55HRC 时,不易锉削;硬度为 55~60HRC 时,需用力锉削。

(3) 韧性 韧性是指金属在断裂前吸收变形能量的能力,它表示金属材料抗冲击的能

力。

生产中有许多零件是在冲击力作用下工作的,如压力机用的冲头、锻锤的锤杆、风动工具等。对这类零件,不仅要满足其在静力作用下的强度、塑性、硬度等性能指标,还应有足够的韧性。

韧性的指标是通过冲击试验确定的,它是在专门的摆锤试验机上进行的。其方法应执行GB/T 12778—2008《金属夏比冲击断口测试方法》规定。

(4) 塑性 塑性是指金属材料在断裂前发生塑性变形的能力。常用指标有断后伸长率(用符号 δ 表示)和断面收缩率(用符号 ψ 表示)。断后伸长率和断面收缩率数值越大,则材料的塑性越好。

(5) 疲劳强度 许多零件如轴、齿轮、连杆、弹簧等都是在交变应力(亦称循环应力)作用下工作的。零件在交变应力作用下,在一处或几处产生局部永久性累积损伤,经一定循环次数后产生裂纹或突然发生完全断裂的过程,称为疲劳。疲劳断裂前无明显塑性变形,因此危险性很大,常造成严重事故。据统计,大部分零件的损坏是由疲劳造成的。

材料存在气孔、微裂纹、夹杂物等缺陷,材料表面划痕、局部应力集中等因素,均可加快疲劳断裂。因此,减小零件表面粗糙度值和进行表面淬火、喷丸处理、表面滚压等方法均可提高材料的疲劳强度。

2. 金属材料的工艺性能

金属材料工艺性能的优劣,是制造合格机器零件难易程度的体现。在机械产品设计中,选择具有良好工艺性能的金属材料,是制造合格机器零件的基础,是提高生产效率和经济效益的保证。

(1) 铸造性能 铸造性能是指金属材料能否用铸造方法生产优质铸件的性能。铸造性能的好坏取决于熔融金属的流动性和收缩性。

(2) 锻造性能 锻造性能是指金属材料在锻压过程中能否获得优良锻压件的性能。它与金属材料的塑性和变形抗力有关。塑性越高,变形抗力越小,则锻造性能越好;反之,则锻造性能越差。

(3) 焊接性能 焊接性能是指金属材料在一定焊接工艺条件下,获得优质焊接接头的难易程度。焊接性能好的材料,易于用一般的焊接方法和简单的工艺措施进行焊接。

(4) 热处理性能 热处理性能是指金属材料在一定的热处理工艺条件下,获得一定强度和硬度的能力。热处理性能好的金属材料在一般条件下,易于获得优良的组织 and 性能,且尺寸变形小。

(5) 切削加工性能 用刀具对金属材料进行切削加工的难易程度称为切削加工性能。切削加工性能好的材料,加工刀具的磨损量小,切削用量大,加工的表面质量较好。对一般中碳钢来说,其硬度在200HBW左右时具有良好的切削加工性能。

1.3 切削加工概述

1.3.1 机械加工的切削运动

机械零件的形状虽然各异,但从几何成形的角度来看,他们基本上都是由圆柱面、圆锥

面、平面和成形面等组成的。因此，只要能对这几种表面进行加工，就能完成几乎所有机械零件的加工。

圆柱面和圆锥面是以直线为素线，以圆为运动轨迹作旋转运动时所形成的表面；平面是以一条直线为素线，以另一条直线为运动轨迹作平移运动时所形成的表面；成形面是以曲线为素线，以圆为运动轨迹作旋转运动时，或以直线为运动轨迹作平移运动时所形成的表面。

要加工出以上这些表面，就要求刀具与工件间必须有一定的相对运动，即主运动和进给运动。

(1) 主运动 主运动是指直接切除工件上的切削层，形成已加工表面所需的最基本运动，它使刀具与工件间产生主要的相对运动。车削时，主运动是工件的回转运动（图 1-1）。牛头刨床刨削时，主运动是刀具的往复直线运动（图 1-2）。其特点为速度最高，消耗功率最大。机床主运动只有一个。

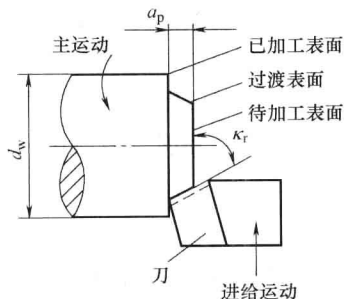


图 1-1 车削运动和工件上的表面

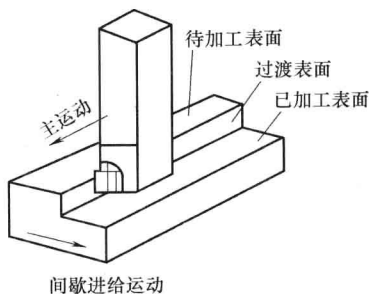


图 1-2 刨削运动和工件上的表面

(2) 进给运动 进给运动是指不断地把切削层投入切削的运动，以加工出完整表面所需的运动。它使刀具与工件间产生附加的相对运动，车削外圆时，进给运动是刀具的纵向运动和横向运动；牛头刨床刨削时，进给运动是工作台的移动。其特点为速度较低，消耗功率较小。进给运动有一个或几个。

主运动和进给运动可由工件或刀具完成，也可由工件和刀具共同完成。运动形式有旋转、平移，有连续的、间歇的。

(3) 主运动和进给运动的合成 同时进行的主运动和进给运动合成的运动，称为合成切削运动。

切削刃上任一点相对工件的合成切削运动的瞬时速度称为合成切削速度，常用合成速度矢量 v_c 来表示（图 1-3）。它是同一选定点的主运动速度 v_c 与进给运动速度 v_f 的矢量和，即：

$$v_c = v_c + v_f$$

合成切削运动方向与主运动方向的夹角称为合成。切削速度角，用 η 表示。

在一些间歇进给的机床（如刨床）上，主运动就是合成切削运动。但在大多数情况下， v_f 与 v_c 相比是很小的，可略去不计，则在大小上近似认为

$$v_c \approx v_c \quad (v_f \ll v_c)$$

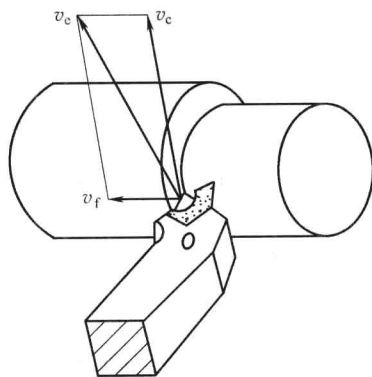


图 1-3 合成速度

1.3.2 切削工件表面

在工件切削过程中,工件上有三个依次变化的表面,它们分别为:

- 1) 待加工表面。即将被切去的金属层表面。
- 2) 过渡表面。切削刃正在切削而形成的表面,过渡表面又称加工表面或切削表面。
- 3) 已加工表面。已经切去多余金属层而形成的新表面(图1-4)。

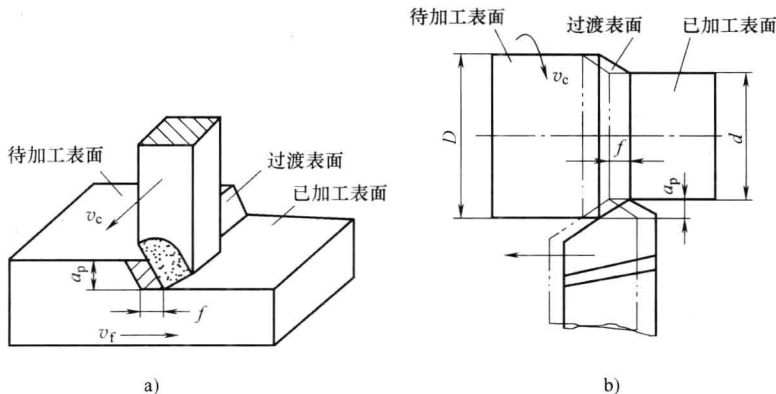


图 1-4 切削表面

a) 铣削加工示意 b) 车削加工示意

1.3.3 切削用量的定义及其选择

切削用量要素包括切削速度、进给量和吃刀量三要素。

(1) 切削速度 v_c 。切削刃上选定点在主运动方向上相对工件的瞬时速度,称为切削速度,即主运动速度,单位 m/s 。

若主运动为旋转运动,切削速度为其最大线速度,即

$$v_c = \pi d n / 1000 \times 60$$

式中, d 为待加工表面或刀具的最大直径 (mm); n 为工件或刀具转速 (r/min)。

若主运动为往复直线运动,则以其平均速度作为切削速度,即

$$v_c = 2 L n_r / 1000 \times 60$$

式中, L 为刀具或工件作往复直线运动的行程长度 (mm); n_r 为刀具或工件每分钟往复次数 (双行程/ min)。

(2) 进给量 f 。在进给运动方向上,刀具相对于工件的位移量,称为进给量,可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表示和度量。车削时, f 为工件每转一周车刀沿进给运动方向移动的距离 (mm/r); 刨削时, f 为刨刀 (或工件) 每往复一次 (或刨刀) 沿进给运动方向移动的距离 (mm/双行程)。

(3) 背吃刀量 a_p 。每次进给刀具切入工件的深度,称为吃刀量,俗称切削深度,单位为 mm 。实际加工中通常用背吃刀量计算,背吃刀量 a_p 是指通过切削刃基点 (一般是指主切削刃工作长度的中点), 在垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量。车外圆时,背吃刀量等于待加工表面与已加工表面之间的垂直距离,单位为 mm , 即

$$a_p = (d_w - d_m) / 2$$

式中， d_w 为待加工表面直径； d_m 为已加工表面直径。

1.4 切削加工零件的技术要求

零件的技术要求包括零件的加工精度和表面质量。表面质量是指工件经切削加工后的表面粗糙度、变形强化程度、表层残留应力的性质和大小以及金相组织等。它们对零件的使用性能有很大影响，特别是表面粗糙度对使用性能影响最大。所以，标示零件加工质量高低的主要指标是表面粗糙度和加工精度。

1.4.1 表面粗糙度及其选择

1. 表面粗糙度的评定参数

切削加工中，由于刃痕、振动以及刀具和工件之间的摩擦，在工件的已加工表面上不可避免地要产生微小的峰谷。即使是光滑的磨削表面，放大后也会产生高低不平的微小峰谷。表面上微小峰谷的高低程度和间距状况，称为表面粗糙度，也称微观几何不平度，是一种微观几何形状误差。

国家标准规定了表面粗糙度的评定参数和评定参数允许数值以及表面粗糙度的代号及其标注方法。常用的评定表面粗糙度的参数有以下两种：

(1) 轮廓算术平均偏差 Ra 在取样长度 lr 内，轮廓偏距绝对值的算术平均值，称为轮廓算术平均偏差，用 Ra 表示，如图 1-5 所示。图中 Z_1 、 Z_2 、 $\cdots$ 、 Z_n 为轮廓偏距值，轮廓偏距值即是被测轮廓上的点与中线 m （基准线）之间的距离。其数学表达式为

$$Ra = \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z(x)| dx$$

或近似为

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i|$$

式中， $Z(x)$ 为轮廓任意点至中线的距离； Z_i 为轮廓第 i 个取样到中线的距离； lr 、 n 分别为取样长度、取样点数。

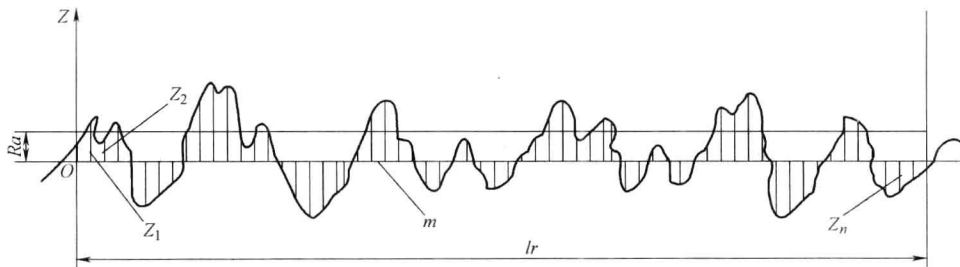


图 1-5 轮廓算术平均偏差

Ra 值越大，表面越粗糙，常用的 Ra 参数值范围为 $0.025 \sim 6.3 \mu m$ 。 Ra 是评定粗糙度的基本参数，在常用参数值范围内推荐优先选用。因受计量器具功能限制， Ra 不宜用作表面粗糙度值过大或表面粗糙度值非常小表面的评定参数。

(2) 轮廓的最大高度 Rz 在取样长度 lr 内，最大轮廓峰顶（高）线与最大轮廓谷底