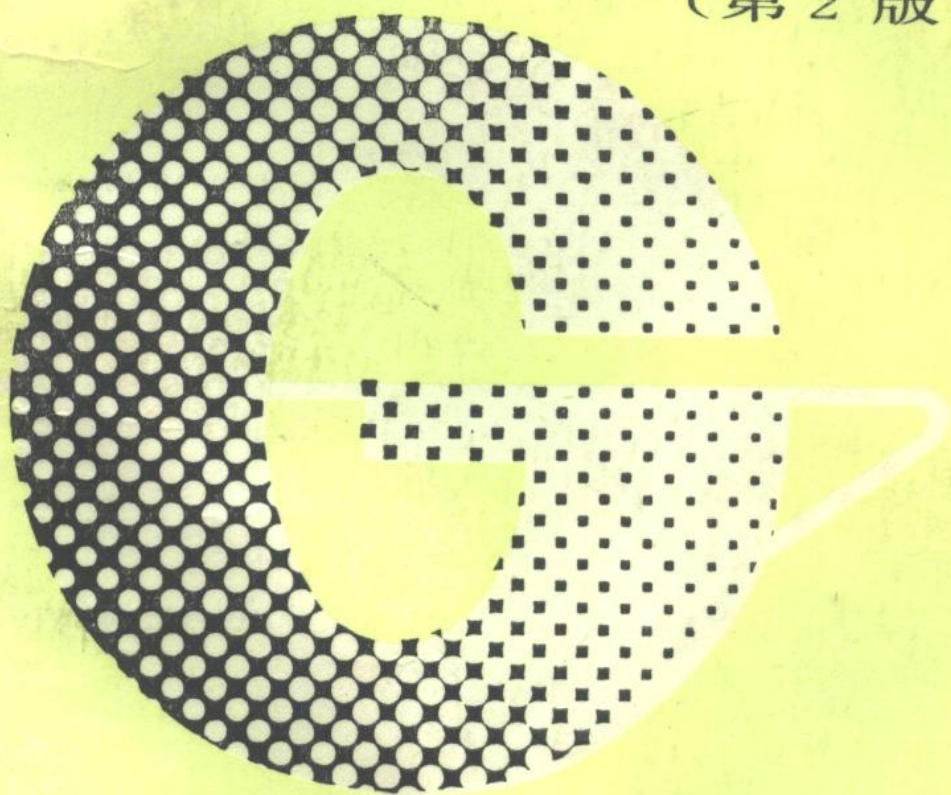


普通高等专科学校教育规划教材

机械工程学基础

(第2版)



南京机械专科学校 丁家镛 主编
上海市机电职工大学二分校 吴一江

机械工业出版社

TH
3-2

普通高等专科学校教育规划教材

机械工程学基础

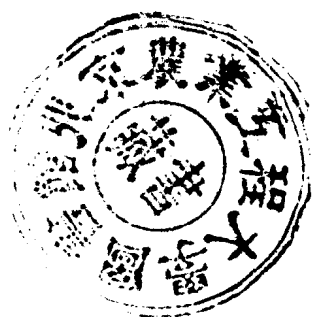
(第2版)

主编 丁家镛 吴一江

主审 冯 轩

编者 (按编写章节顺序排)

关迺文 丁家镛 左建民



机械工业出版社

前 言

本书是根据全国高等专科学校管理及财会专业教材编审委员会审定的教学计划与教学大纲编写的。本书为普通高等专科学校教育规划教材。适用于高等专科学校管理类专业及财会专业。

本书系统地介绍了机械工程技术的基础知识。全书共5篇25章。机械工程材料篇内容包括：金属材料基础知识、碳素钢、钢的热处理、合金钢、铸铁、有色金属及其合金、非金属材料、涂料及润滑材料。毛坯生产篇内容包括：铸造、锻压、焊接。机械加工及装配篇内容包括：公差与配合、测量与量具、金属切削机床、金属切削加工基础、机床夹具、机械加工工艺流程、装配。机械产品概论篇内容包括：产品分类与产品目录、机械产品标准化、液压传动。工厂通用设备及其他篇内容包括：起重运输设备、泵、风机、工厂动力系统。

本书主编丁家镛、吴一江、主审冯轩。第一章~第十一章由关迺文编写，绪论、第十二章~第十八章由丁家镛编写，第十九章~第二十五章由左建民编写。

本书是在吴一江主编《机械工程学基础》一书的基础上修订和编写的，该书曾作为试用教材使用多年，受到好评。本书在编写过程中，得到了上海机械专科学校、长春大学、湘潭机电专科学校等兄弟学校的热忱帮助和大力支持。李健、张亮峰对本书稿提出了许多宝贵意见。谨此表示衷心感谢。

由于本书内容较为广泛，编者水平有限，如有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

1993年6月

20667
03

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 机械工程材料

第一章 金属材料基础知识	5
第一节 钢材生产概述	5
第二节 金属材料的力学性能	10
第三节 金属的物理、化学性能及工艺性能	15
复习思考题	16
第二章 碳素钢	17
第一节 碳素钢的成分、组织和性能	17
第二节 碳素钢的分类和应用	20
复习思考题	25
第三章 钢的热处理	27
第一节 钢的退火与正火	27
第二节 钢的淬火与回火	28
第三节 钢的表面热处理	30
第四节 钢的表面处理	33
第五节 热处理设备	35
复习思考题	38
第四章 合金钢	39
第一节 合金钢的性能和分类	39
第二节 合金结构钢	41
第三节 合金工具钢	46
第四节 特殊性能钢	50
复习思考题	51
第五章 铸铁	52
第一节 普通灰铸铁	52
第二节 可锻铸铁	56
第三节 球墨铸铁	58
第四节 合金铸铁	60
复习思考题	60
第六章 有色金属及其合金	61
第一节 铜及铜合金	61
第二节 铝及铝合金	65
第三节 轴承合金	69
第四节 粉末冶金及其材料	72
复习思考题	75

第七章 非金属材料	76
第一节 工程塑料	76
第二节 橡胶	80
第三节 陶瓷	81
第四节 复合材料	82
第五节 粘接剂	84
复习思考题	85
第八章 涂料及润滑材料	86
第一节 涂料	86
第二节 润滑材料	88
复习思考题	89

第二篇 毛坯生产

第九章 铸造生产	91
第一节 概述	91
第二节 砂型制造	92
第三节 铸铁的熔炼和浇注	100
第四节 特种铸造	105
第五节 铸造生产的经济分析	110
复习思考题	111
第十章 锻压生产	112
第一节 概述	112
第二节 锻造工艺	113
第三节 锻造用设备	118
第四节 板料冲压	120
第五节 锻压生产经济分析	124
复习思考题	126
第十一章 焊接	127
第一节 概述	127
第二节 手工电弧焊	127
第三节 气焊与气割	132
第四节 其他焊接方法	133
复习思考题	136

第三篇 机械加工及装配

第十二章 公差与配合	137
第一节 公差配合的基本概念	137

IV

第二节 公差配合的国家标准	140
第三节 配合种类的选择	144
第四节 表面形状和位置公差	145
第五节 表面粗糙度	153
复习思考题	156
第十三章 测量与量具	158
第一节 技术测量基础	158
第二节 常用测量工具	159
复习思考题	174
第十四章 金属切削机床	175
第一节 机床种类及编号	175
第二节 机床传动部件	178
第三节 常用机床	181
复习思考题	191
第十五章 金属切削加工基础	192
第一节 金属的切削	192
第二节 金属切削刀具	196
第三节 金属切削加工方法	199
第四节 金属少无切削加工和特种加工	214
第五节 数控加工技术	218
复习思考题	220
第十六章 机床夹具	221
第一节 机床夹具的功用和分类	221
第二节 工件定位原理	222
第三节 机床夹具结构	223
复习思考题	230
第十七章 机械加工工艺过程	231
第一节 概述	231
第二节 毛坯选择	233
第三节 基准及其选择	235
第四节 工艺路线的拟定	237
第五节 工艺文件	241
第六节 机械加工的经济分析	244
复习思考题	248
第十八章 装配	249
第一节 装配类型和方法	249
第二节 装配工艺过程	250
第三节 减速器装配工艺	252

复习思考题	254
-------------	-----

第四篇 机械产品概论

第十九章 产品分类与产品目录	255
第一节 机械产品的分类	255
第二节 机械产品目录及使用	256
复习思考题	258
第二十章 机械产品标准化	259
第一节 标准化的概念	259
第二节 常用标准零件	263
复习思考题	271
第二十一章 液压传动	272
第一节 液压传动基本原理及其特点	272
第二节 液压元件	275
第三节 液压基本回路	283
复习思考题	285

第五篇 工厂通用设备及其他

第二十二章 起重输送设备	287
第一节 起重设备	287
第二节 输送设备	294
复习思考题	296
第二十三章 泵	297
第一节 离心泵	297
第二节 轴流泵及其他	299
复习思考题	303
第二十四章 风机	304
第一节 风机的作用和分类	304
第二节 往复式空气压缩机	305
第三节 鼓风机及其他	306
第四节 提高通用设备利用率的途径	308
复习思考题	309
第二十五章 工厂动力系统	310
第一节 概述	310
第二节 动力系统的管理	312
复习思考题	315
参考文献	316

绪 论

随着国民经济的迅速发展,工业企业管理及财务会计必须为生产技术的发展服务,以提高经济效益。在机械工业企业中,从事工业企业管理及财务会计的专业人员,对机械产品常用的原材料、生产过程、制造方法和一般的生产设备等,应该具有一定的基本知识。这样,才能把工业企业管理及财务会计工作与生产实际更好地结合起来,使之符合企业生产规律和社会主义市场经济的发展,更好地为生产服务,为我国社会主义建设服务。

《机械工程学基础》是一门系统介绍有关机械工程基础知识的综合性课程,主要介绍机械产品制造的全过程及其相关的系统知识。下面首先对机械和机械制造概念作简明的阐述。

一、机械的性质、分类、特征及其组成

(一) 机械的性质

机械是一种人为的执行机械运动的实物装置,是人们在生产实践中逐步形成和发展起来的进行社会物质生产的重要手段。人们很早就利用斜面、杠杆、滑动与滚动等原理制造了机械,促进了社会生产力的提高。同时,机械自身也不断得到发展。当今,由于利用了电气、电子、核能、激光、计算技术等,使机械得到了飞速的发展。机械广泛地应用在工农业生产、科学研究、文化教育、医疗卫生、国防建设和人们的日常生活中,并越来越多地进入人类社会的各个领域。机械不仅可以减轻劳动强度,提高生产效率,还能完成用人力无法达到的生产要求。机械已成为社会生产力飞速发展的重要因素。

(二) 机械的分类

机械按其服务的行业不同,可分为建筑机械、运输机械、起重机械、采掘机械、冶金机械、石油机械、金属加工机械、化工机械、纺织机械、印刷机械、造纸机械、电工机械、邮电机械、食品机械、包装机械以及仪器仪表机械等类别。这些机械在各个行业的生产过程中,进行各种机械化的生产作业,提高了生产效率,减轻了劳动强度,降低了生产成本,大大丰富了社会的物质生活。

机械按其使用的目的不同,又可分为动力机械和工作机械两大类。动力机械将自然界的燃料能、水能、风能、太阳能、原子能等或其他非机械能变为机械能,以驱动其他机械工作,如内燃机、蒸汽机、燃气轮机、电动机等。工作机械则是将机械能作出有用功或完成一定的能量转换,以达到作业的目的。例如,发电机将获得的机械能转换为电能,以达到照明等目的;起重机吊起重物以达到搬运的目的等。有些机械是动力机械和工作机械的联合体,如汽车,既是动力机械,又是工作机械。

(三) 机械的特征

各类机械的用途、性能和构造虽然不同,但存在着三个共同的特征:

- (1) 各类机械都是由各种零件组合的实体,单一物体不能称为机械。
- (2) 机械的各部分之间存在着确定的、互相协调的相对运动,而不是任意的运动。
- (3) 能代替人们的劳动,以完成一定的能量转换或作出有用的功。

同时具有上述三个特征的称为机器;只具有上述前两个特征的称为机构。机械则是机器

和机构的总称。

(四) 机械的组成

各类机器通常由四个部分组成。

(1) 原动部分：机器的动力发生装置，产生动力以驱动机器的其余部分工作，如机床中的电动机。

(2) 执行部分：机器实现作业所需的机械动作的工作装置，以完成能量转换或作出有用的功，如车床的主轴箱及刀架。

(3) 传动部分：机器中把动力由原动部分传递给执行部分的中间传递装置，如机床中的平带、齿轮等传动装置。

(4) 操纵控制部分：机器中由操作者根据需要改变机器运行状态的装置，通常由机械的、电气的或液压的元件构成，如开关按钮、操作手把等。在现代机械中，有的操纵控制部分已发展成一种独立的自动控制系统，能按照预先编制的程序自动控制机器的运行和完成作业所需的各种动作，并进行自动反馈和调节，可代替人工操作。

汽车是一种典型的运输机械，具有机器的三个特征和四个组成部分。汽车是一种人们按预定作业目的制造的各种零件组合的实体；它的各部分之间具有确定的相对运动；它用于货运和客运，以作出有用的功。汽车的原动部分是发动机，用来产生驱动汽车工作的动力；执行部分是载重的车厢和驱动汽车行驶的前后桥及车轮；传动部分是变速箱、传动轴等部件，用来传递动力；操纵控制部分是驾驶室中的各种开关旋钮、操作手把、方向盘等操作器件以及点火、供油、制动等控制系统。未来的汽车将实现电脑控制。

二、机械制造的基本过程

任何一种机械产品都有着自己特定的生产过程。机械产品其生产过程的主要阶段可以划分为生产准备、毛坯制造、零件的机械加工、装配调试和油漆包装等阶段。生产准备阶段的工作包括制定工艺文件；设计和制造专用工艺装备；组织原材料及外购件等生产物资的供应；制定生产计划，组织车间生产等。在毛坯制造阶段，将原材料通过铸造、锻造、冲压、焊接等方法制造出零件的毛坯。在零件机械加工阶段，将毛坯进行机械加工，制成符合图样要求的零件。有的零件还要经过热处理或表面处理等工序。在装配调试阶段，将各种零件和外购件按装配要求装配成各种部件，然后总装成整台产品，并进行试机和调整。经检验合格后，再进行油漆、包装、最后入库、出厂。

同一种机械产品，由于客观生产条件的不同，以及技术水平和生产组织管理水平不同，会有不同的生产过程。一个好的生产过程，应该满足对产品品种、产量和质量的要求，并能降低消耗以获得较好的经济效益。为此，要做好大量的技术工作，还要做好生产管理工作。

三、我国机械工业的发展及其作用

机械工业为国民经济各部门提供技术装备，为国民经济的全面发展提供了坚实的基础，在我国的社会现代化建设中占有十分重要的地位。因此，大力发展机械工业，用先进的机械设备去装备国民经济各部门，对促进我国国民经济和社会发展具有重大意义。机械工业发展的技术水平及其生产能力，是衡量一个国家的现代化程度的重要标志之一。

建国以来，我国机械工业有了巨大的发展，取得了很大的成绩，建成了具有相当规模、产品门类齐全的机械工业体系，奠定了现代化的机械工业基础。我国已经能够设计和制造成套关键设备等一批具有世界先进水平的产品。我国机械工业正在依靠技术进步，通过技术开

发、技术引进、技术推广和技术改造来促进基础技术、基础机械、基础元件的发展，推进微电子技术和机械电子一体化技术的开发和应用，加速产品开发。同时，为满足国民经济发展的需要，正不断提高管理水平，提高机械产品的质量和经济效益。

四、本课程的学习目的及学习方法

学习本课程的目的是了解和掌握机械工程的基本知识，为学习专业课程作好准备，为培养学生具有企业管理及用财理财的初步能力打下基础。

本课程内容涉及的知识面较广，实践性较强。为了保证教学的顺利进行，在学习本课程前，学生应先通过教学实习，获得一定的感性知识。在教学过程中，应加强实践性环节，以便更好地达到学习本课程的目的。

第一篇 机械工程材料

机械工程材料是机械制造业中所用材料的统称，它包括金属材料、非金属材料 and 复合材料。金属材料又分黑色金属材料和有色金属材料两类。黑色金属材料是指铁和铁基合金，例如各种碳素钢、合金钢和铸铁等钢铁材料。铁及铁基以外的金属材料及其合金都属于有色金属材料。

钢铁材料具有良好的力学性能和加工工艺性能，其资源丰富，冶炼容易，成本低，是机械制造中应用最为广泛的金属材料。

塑料、橡胶及陶瓷等非金属材料以及由多种材料构成的复合材料，具有新的优良性能和某些特殊性能。随着材料科学的发展，具有更优良性能的新型工程塑料和复合材料在不断出现和应用，日益显示着非金属材料不可忽视的发展前景。

第一章 金属材料基础知识

第一节 钢材生产概述

钢材是机械制造中使用的主要金属材料，它可以直接使用，但更多的是经过铸、锻、冲、焊以及切削加工后，为机器零件和装配成机器所用。

一、钢与生铁

钢和生铁都是铁碳合金。其中，固态下可以形变的铁碳合金称为钢（一般含碳量低于2.11%）；固态下几乎不发生形变的铁碳合金称为生铁（含碳量高于2%），它们还都含有少量的硅、锰、磷、硫等杂质元素。不同含碳量的钢铁材料组织结构和性能各不相同。碳元素是影响钢铁材料性能的主要元素。

二、钢的分类

为便于生产、管理和使用钢铁材料，必须对其进行分类。

（一）按钢的化学成分分类

按钢的化学成分，钢可分为：

1. 碳素钢 碳素钢是含碳量低于2.11%的铁碳合金。
2. 合金钢 合金钢是加入了某些合金元素的碳素钢。

（二）按钢的质量分类

钢的质量是以钢中有害杂质元素——硫、磷含量的多少来衡量的。硫、磷含量多的钢质量劣，少则优。按钢的质量可分为：

1. 普通钢 $S \leq 0.050\%$ ， $P \leq 0.045\%$ 。
2. 优质钢 $S \leq 0.035\%$ ， $P \leq 0.035\%$ 。

3. 高级优质钢 $S \leq 0.020\%$, $P \leq 0.030\%$ 。

(三) 按钢的用途分类

按钢的用途可分为:

1. 结构钢 是用于制造各种结构构件的钢。主要用于制造桥梁、船舶、建筑结构的工程构件和制造齿轮、轴、连杆、弹簧、螺钉、螺母等机器零件。

2. 工具钢 是用于制造刀具、量具和模具的钢。

3. 特殊用途钢 是用于有耐热、耐蚀、耐磨等特殊性能要求的钢。

此外, 还可按钢的冶炼方法、脱氧程度等进行分类, 本章不列举介绍了。

(四) 钢材的涂色标志

为便于管理和使用钢材, 成品钢材出厂前, 钢厂在各种钢材的两端面上, 按照国家标准规定的颜色涂上油漆作为标志, 以示分类区别。例如, 优质碳素结构钢中的05~15钢涂白色油漆; 45~85钢涂白色+棕色两色油漆; 15Mn~40Mn钢涂白色油漆二条。各种钢材所涂油漆颜色可查阅有关金属材料手册。

三、钢铁材料的生产过程

钢铁材料通常经过下列三个阶段获得。先由铁矿石冶炼成生铁; 再由生铁冶炼成钢, 并铸成钢锭; 然后经压力加工将钢锭轧制成各种类型的钢材, 如图1-1所示。

(一) 生铁冶炼

生铁冶炼是将炼铁原料——铁矿石、燃料——焦炭、熔剂——石灰石等炉料, 按一定比

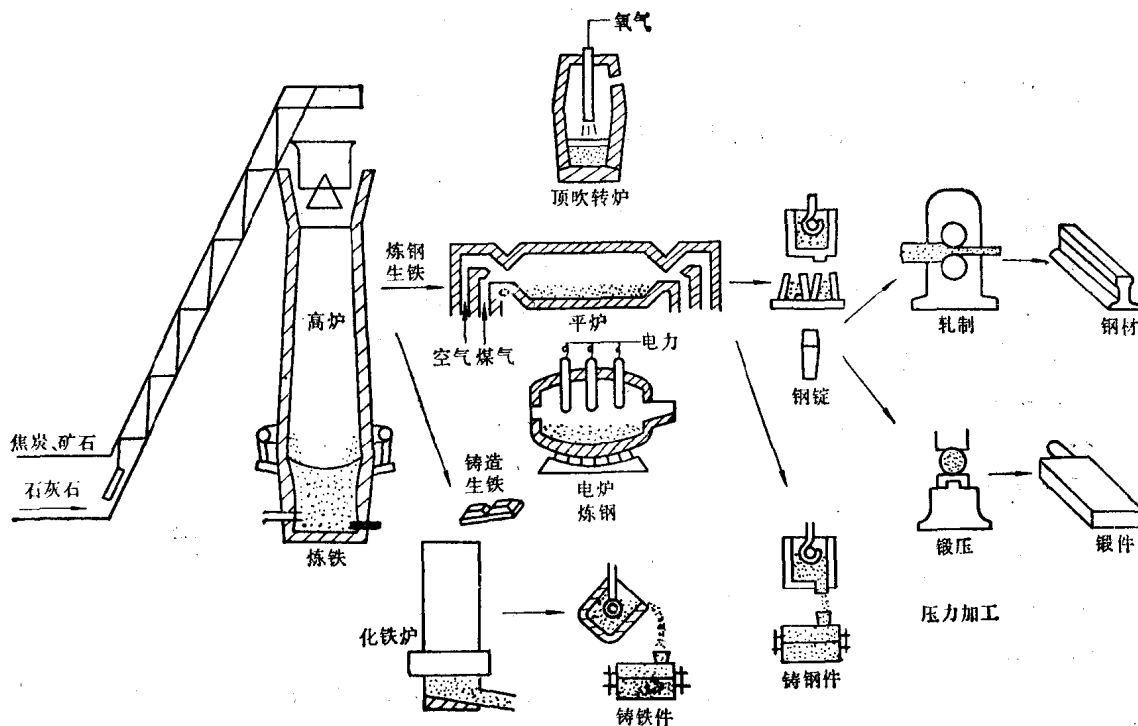


图1-1 钢铁材料生产过程示意图

例装入高炉中，经一系列物理、化学变化过程，从铁矿石中首先还原出固体海绵状铁。在高炉冶炼条件下，海绵状铁不断吸收焦炭中的碳，形成了含碳量高、熔点低的液态铁碳合金，称为生铁，其中还溶解着硅、锰、磷、硫等杂质元素。液态生铁经浇注、凝固成生铁锭，供用户使用。

高炉生铁可分为炼钢用生铁和铸造用生铁两类。炼钢用生铁是用于炼钢的生铁，硬度很高，脆性特大，在机械制造中极少被直接使用。铸造用生铁是用于铸造成铸件的生铁，硬度低，具有良好的铸造性能，适于铸造成各种铸铁件作为机器零件的毛坯。铸造用生铁是机器制造工厂铸造车间使用的主要金属材料。铸造用生铁的牌号用铸××或代号Z××来表示。常用代号有Z34、Z30、Z26、Z22、Z18、Z14等，其数字表示平均含硅量，以千分之几计。

(二) 炼钢

生产中，大量使用的钢其含碳量一般均低于1.4%。炼钢的任务就是根据所炼钢种要求，将生铁中的碳和硅、锰、磷、硫等元素含量降低到规定范围。如果炼制合金钢，还需加入所要求的合金元素，获得所需要的合金钢。所以炼钢的过程就是将生铁进行精炼，降低其含碳量，并除去其他多余杂质的过程。炼钢过程主要是一个氧化过程，在1500~1700℃的高温下，通过氧化使生铁中的杂质进入熔渣被排除，使过剩的碳氧化成一氧化碳气体而排出，最后得到所需成分的钢。炼钢过程是在金属炉料熔融状态下进行的，通入炼钢炉中纯氧气或空气中的氧等，首先与铁生成氧化亚铁，氧化亚铁再去氧化其他元素。这种间接氧化过程是炼钢的主要反应形式。

在炼钢的后期，碳和其他杂质已被调整到规定的范围，但钢液中尚有大量的氧化亚铁存在，即钢中残存着过多的氧。氧是有害杂质，使钢中产生气泡、出现脆性等，所以必须经过脱氧，才能获得符合要求的钢。脱氧时要向钢水中加入脱氧剂，如锰铁、硅铁和铝等。脱氧剂使钢水中的氧化亚铁还原，生成氧化物熔渣，然后上浮排除。经脱氧的钢液，除小部分浇注成铸钢件外，绝大部分浇注成钢锭，经压力加工制成各种钢材。

根据钢液脱氧程度的不同，浇注成锭的钢可分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢。镇静钢是钢液经过充分脱氧的钢，注入钢锭模后，放出气体很少，凝固平稳，处于镇静状态。镇静钢质量好，组织致密，气泡少，力学性能好。绝大部分优质钢和合金钢都是镇静钢。凡重要结构件，例如锅炉、化工容器和机器上需经热处理的受力零件都选用镇静钢。沸腾钢是仅进行轻度脱氧的钢，钢液中氧的含量较高，注入钢锭模后，析出大量一氧化碳气体，产生沸腾现象。沸腾钢成本低，表面质量好，具有良好的塑性、冲压性能和焊接性能，多用于低碳钢轧成薄板使用，例如建筑用钢、汽车外壳、油箱所用深冲钢板等。但沸腾钢的偏析重，韧性低，故一般不宜用于制造需经热处理的重要零件。脱氧程度介于镇静钢与沸腾钢之间的钢称为半镇静钢，其性能介于二者之间。

当前炼钢用炉，主要有转炉、平炉和电炉。它们所炼制的钢分别称为转炉钢、平炉钢和电炉钢。转炉利用鼓入的氧气或空气进行吹炼。现在主要采用氧气顶吹转炉。转炉炼钢周期短，生产率高，成本低，投资少，所以应用广泛。主要生产普通碳素结构钢、部分低合金结构钢和优质钢。平炉炼钢主要用煤气作燃料进行燃烧，使炉料熔化、升温，靠炉气中的氧和加入的铁矿石使铁水中的杂质氧化。平炉炼钢能用劣质原料炼出优质钢，便于大量回收废钢；成分易于控制，质量稳定。但炼钢时间长，能源耗量大，投资多。主要用于生产优质碳素结

构钢、低合金钢。转炉和平炉按炉衬材料可分为酸性炉和碱性炉。我国主要采用碱性炉衬。电炉炼钢利用电能作热源，炉料主要是废钢。电炉炼钢质量最高，主要生产各种优质合金钢，如不锈钢、高速钢、耐热合金钢等。

(三) 钢的成材

钢锭除一部分直接用于生产大型锻件外，大部分要通过压力加工制成各种截面、尺寸规格不同的钢材，供用户使用。轧制、挤压、拉拔、锻造等都是常用压力加工的几种主要方法，如图1-2所示。

压力加工就是对金属施加外力，使其产生塑性变形。钢材在获得所需要的截面形状和尺寸的同时，其内部组织趋于致密，成分均匀，晶粒得到细化，从而改善了结构，提高了力学性能。

轧制是生产钢材的最基本方法。它是利用钢与轧机、轧辊接触表面间的摩擦力，使钢坯连续进入两个旋转方向相反的轧辊的辊缝中，经塑性变形而获得所需钢材(图1-2 a)。轧制有热轧和冷轧之分。热轧是将钢锭加热到一定的温度后进行轧制。热轧变形程度大，生产率高，并能消除铸造缺陷。但热轧时钢表面易氧化，不仅造成钢的损耗，也使钢材表面粗糙，尺寸变动较大，力学性能差。冷轧一般都在室温下进行，其目的是进一步减小热轧钢材的厚度，改善表面质量，同时借助加工硬化提高钢材强度和硬度。

拉拔是一种重要的成材方法。它是在室温下施加拉力于被拉金属前端，将金属坯料从小于坯料横截面尺寸的模孔中拉出，使其横截面积减小，并逐渐成形，从而长度增加(图1-2 c)。拉拔可生产各种线材、钢丝、型材、异型材和无缝钢管等，还可以生产热轧难以直接制出的极薄钢板或极细钢管等。

四、钢材品种

钢材品种、规格繁多，可分为钢板、型钢、钢管和钢丝四类。

(一) 钢板

钢板按厚度分为薄板(厚度 $\delta \leq 4\text{ mm}$)和厚板(厚度 $\delta > 4\text{ mm}$)。习惯上常把厚度在4~20mm的钢板称为中厚板。钢板以成张或成卷供应。成张钢板的规格以厚度×宽度×长度表示；成卷供应的钢板规格以厚度×宽度表示。

厚钢板都是热轧产品；薄钢板有热轧产品，也有冷轧产品。薄钢板经镀锌后称镀锌铁板，也称白铁皮；经镀锡后称马口铁，或称镀锡铁均可防锈。厚度较薄、宽度较窄、长度很长的钢板常称为钢带。热轧钢带厚2~6mm，冷轧钢带厚0.05~3.6mm。钢板用途很广，如船舶、坦克、锅炉等需要大量厚板和中厚板制造；汽车、拖拉机、电机、食品工业需要较多的薄板；钢带广泛用于制造焊接钢管、弹簧片、锯条、刀片等。

(二) 型钢

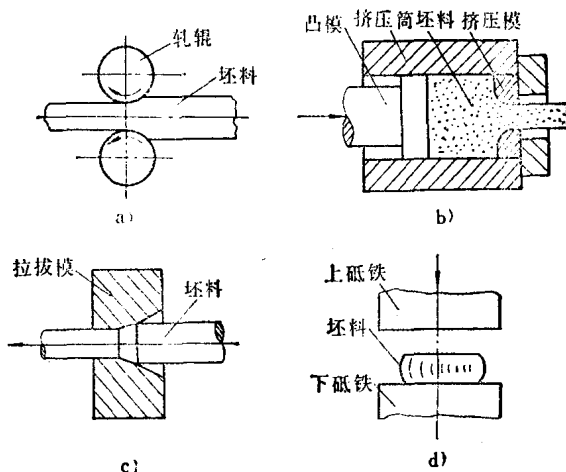
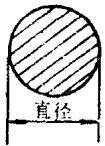
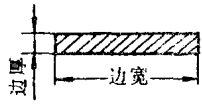
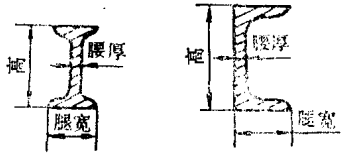
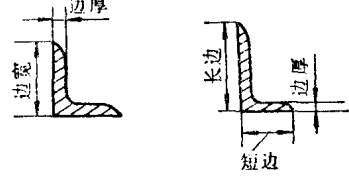


图1-2 压力加工生产方式示意图

a) 轧制 b) 挤压 c) 拉拔 d) 锻造

型钢的品种很多,常用的型钢有圆钢、方钢、扁钢、六角钢、角钢、槽钢和工字钢等。直径在6~9mm的圆钢常称为线材。各种型钢都有具体的规格,通常以其断面形状的主要尺寸来表示。常用的型钢断面形状及其规格如表1-1所示。

表1-1 常用型钢断面形状及规格表示

名称	断面形状尺寸	规格表示	举 例
圆钢		直径(mm)	直径为25mm的圆钢, 写作: $\phi 25$
六角钢		对边距离(mm)	对边距离为10mm的六角钢, 写作: S10
扁钢		边宽×边厚(mm)	边宽为100mm, 边厚为10mm的扁钢, 写作: 100×10
方钢		边宽(mm)	边宽为20mm的方钢, 写作: 20
工字钢 槽 钢		高×腿宽×腰厚(cm) 或: 号数	18号工字钢, 表示高度为18cm; 36a, 36b, 36c工字钢, 表示三者高度均为36cm, 但腿宽, 腰厚不同
角钢		号数	5号角钢, 表示边宽为5cm×5cm的等边角钢; 2.5/1.6号角钢, 表示长边为2.5cm, 短边为1.6cm的不等边角钢

(三) 钢管

钢管有无缝钢管和有缝钢管(焊接钢管)两类。其断面形状一般为圆形中空, 也有方形, 三角形等异型断面钢管。

1. 无缝钢管 它是钢坯经穿孔、轧制、拉拔等多种工序制成的。由于其圆周上无缝, 比有缝的焊接钢管强度高。其规格以外径×壁厚来表示。外径小于5mm的钢管称为毛细钢管。

2. 有缝钢管 它是以钢带或钢板为坯料, 经卷压成形、焊接、精整等工序制成。其规格用公称口径来表示, 单位为英寸。公称口径是其内径的近似尺寸值, 一般都略小于其实际内径尺寸。焊接钢管有 $1/8"$ ~ $6"$ 共14种口径; 镀锌焊接钢管有 $1/2"$ ~ $2\frac{1}{2}"$ 共7种口径。

(四) 钢丝

直径小于6mm的小型圆钢称为钢丝。其规格以直径的毫米数表示，以前也常用线规格号表示。为查阅方便，将钢丝的线规格号与其直径的对照关系列于表1-2。例如，线规格号为8号的钢丝，其直径为4mm。钢丝都是经过拉拔制成的。部分钢丝拉拔后进行镀锌处理。

表1-2 部分钢丝的线规格号与直径

线规格号	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
直径(mm)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.2	2.9	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7

上述各种钢材的规格尺寸及重量可查阅有关金属材料手册。

第二节 金属材料的力学性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。所谓使用性能，是指机器零件在正常工作情况下材料所应具备的性能，如力学性能和物理、化学性能。它决定了金属材料的使用范围和使用寿命。工艺性能则是指在制造机器零件和工具过程中，材料能够接受各种冷、热加工的能力，如材料的铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能。它决定了金属材料在加工过程中对加工成形的适应能力。

金属材料在承受外力作用时所表现出来的性能通称为力学性能。主要力学性能有：强度、塑性、硬度、冲击韧度和疲劳强度等。

一、强度

强度是指金属材料在载荷作用下，抵抗产生塑性变形和破坏的能力。材料的强度越高，表示所能承受的载荷越大。根据载荷作用方式不同，强度有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪切强度之分，其中抗拉强度是最基本的强度指标。

抗拉强度指标是通过拉伸试验测定的。试验前，先将被测金属制成如图1-3a所示的标准试棒。试验时，将试棒夹紧在拉伸试验机上，在试棒两端缓慢地施加载荷，使试棒受轴向拉力。随拉力不断增加，试棒逐渐产生变形而被拉长，直至试棒被拉断为止。

在试验过程中，试验机将自动记录下每一瞬时所施加的载荷 F 和试棒发生相应的伸长变形量 Δl ，并绘制出载荷与变形间变化关系的曲线——拉伸曲线。

图1-4为低碳钢的拉伸曲线。图中说明：当载荷 F 小于 F_e 时，载荷与变形之间是正比直线关系。此时，若去掉载荷，变形将立即完全消失，试棒恢复原长度，这是一种暂时变形，称为弹性变形。弹性变形反映了材料的弹性大小。通过热处理或加工硬化方法均可提高金属材料的弹性。当载荷大于 F_e 后，试棒除发生弹性变形外，还发生部分不能消失的永久变形，称为塑性变形，若去掉载荷后，试棒不再能恢复其原来长度了。当载荷继续增加到 F_s ，拉伸曲线上出现了水平线段，它表示载荷虽未增加，但试棒仍在继续伸长，此现象称为“屈服现象”， s 点称屈服点，随载荷增大，试棒将发生显著的、均匀的塑性变形。当载荷增大到 F_b ，试棒某部分开始变细，此现象称为“缩颈”（图1-3b），变形将集中于缩颈附近。由于缩颈处横截面的面积缩小，继续变形所需要的载荷减小。当载荷达到 F_b 时，试棒在缩颈处将发生断裂。

应当指出，屈服标志着金属材料由单一的弹性变形向弹—塑性变形的转化，屈服过后将

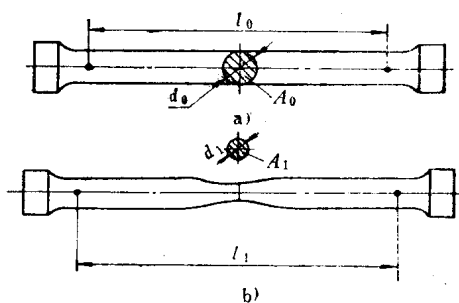


图1-3 拉伸试棒

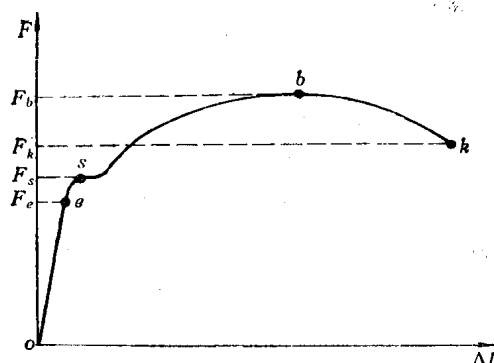


图1-4 低碳钢拉伸曲线

要发生显著而均匀的塑性变形；缩颈的出现，预示金属材料将要发生断裂，载荷 F_b 是材料在断裂前所承受的最大外力。

利用拉伸曲线可以求得金属材料的强度指标。为了对不同材料强度的比较，强度指标以应力表示。当材料受载荷作用而不破坏时，其内部相应产生与载荷相平衡的抵抗力，称为内力，其数值大小与载荷大小相等。单位截面积上所承受的内力称为应力。

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

式中 σ ——应力 (N/mm²或MPa)；

F ——载荷 (N)；

A ——试棒横截面积 (mm²)。

金属材料强度指标主要有屈服点和抗拉强度。

(一) 屈服点

屈服点是指金属材料开始产生显著塑性变形时的最低应力，即 s 点的应力。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}$$

式中 σ_s ——屈服点 (N/mm²或MPa)；

F_s ——试棒开始产生屈服时的最低载荷 (N)；

A_0 ——试棒原始横截面积 (mm²)。

有些金属材料，如高碳钢、铸铁、淬火钢等，屈服现象极不明显。工程上规定，以试棒原始标距长度 (l_0) 部分产生0.2%塑性变形时的应力值作为其屈服点，并称为条件屈服点，以符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(二) 抗拉强度

抗拉强度是指金属材料在断裂前所能承受的最大标称拉应力，即 b 点的应力，也称强度极限。以符号 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

式中 σ_b ——抗拉强度 (N/mm²或MPa)；

F_b ——试棒被拉断前所承受的最大载荷 (N)。

σ_s 和 σ_b 都是设计机器零件和评定钢材及其他金属材料质量的重要依据。机器零件一般都

是在材料的弹性状态下工作的，特别是精密机械的零件更不允许产生塑性变形。强度高，机器零件或金属构件的尺寸就可以减小、自重减轻、节省材料用量、降低产品成本。

二、塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下，产生塑性变形而不会被破坏的能力。

塑性也是通过拉伸试验测定的。表示塑性的指标是伸长率和断面收缩率。

(一) 伸长率

伸长率是指试样拉断后标距伸长量与原始标距长度之比，即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_0 ——试棒原始标距长度 (mm)；

l_1 ——试棒拉断后的标距长度 (mm)。

由于试棒在拉伸过程中受不均匀变形影响， δ 值与试棒尺寸有关。为便于比较不同材料的塑性值，规定试棒原始标距长度 l_0 为试棒原始直径 d_0 的 5 倍 ($l_0 = 5d_0$) 时，称短试棒，其伸长率以 δ_5 表示；当 $l_0 = 10d_0$ 时，称长试棒，伸长率以 δ_{10} 表示，通常写成 δ 。同一材料的伸长率， δ_5 与 δ_{10} 之间的关系为： $\delta_5 \approx (1.2 \sim 1.5)\delta_{10}$ 。不同材料的 δ 值比较时，只能在 δ_5 与 δ_5 之间、 δ_{10} 与 δ_{10} 之间才能比较。显然，伸长率不能更充分反映金属材料的塑性。

(二) 断面收缩率

试棒单位横截面积的减缩率称为断面收缩率。

$$\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

式中 A_0 ——试棒原始横截面积 (mm^2)；

A_1 ——试棒拉断处横截面积 (mm^2)。

金属材料的 δ 值和 ψ 值越大，说明其塑性越好。良好的塑性，是保证顺利完成轧制、锻造、拉拔、冲压等成形工艺及电阻焊、摩擦焊等工艺的必要条件；一定的塑性亦可避免机器零件在使用中万一超载而发生突然折断。

三、硬度

硬度是指金属材料抵抗更硬的物体压入金属表面的能力。金属材料的硬度指标是在硬度计上测定的。机械制造厂中常用的硬度测试方法主要是布氏硬度法和洛氏硬度法。

(一) 布氏硬度

布氏硬度试验原理如图1-5所示。它是以直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球作为压头，用规定的载荷 F 将压头垂直压入被测材料表面，经规定的保持载荷时间后卸除载荷，在被测材料表面形成了直径为 d 的压痕，用读数放大镜测量出压痕直径数值，并用此值查布氏硬度数值表，即可得到布氏硬度值。材料越软，压痕直径越大，则布氏硬度值越低。

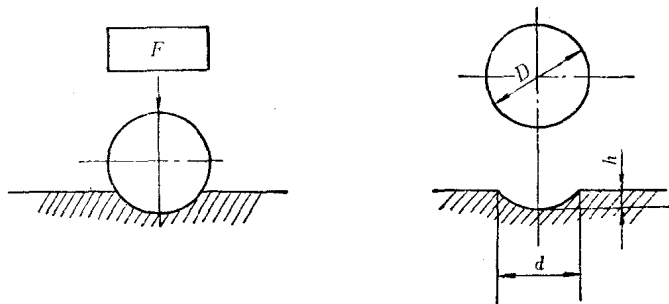


图1-5 布氏硬度试验原理示意图