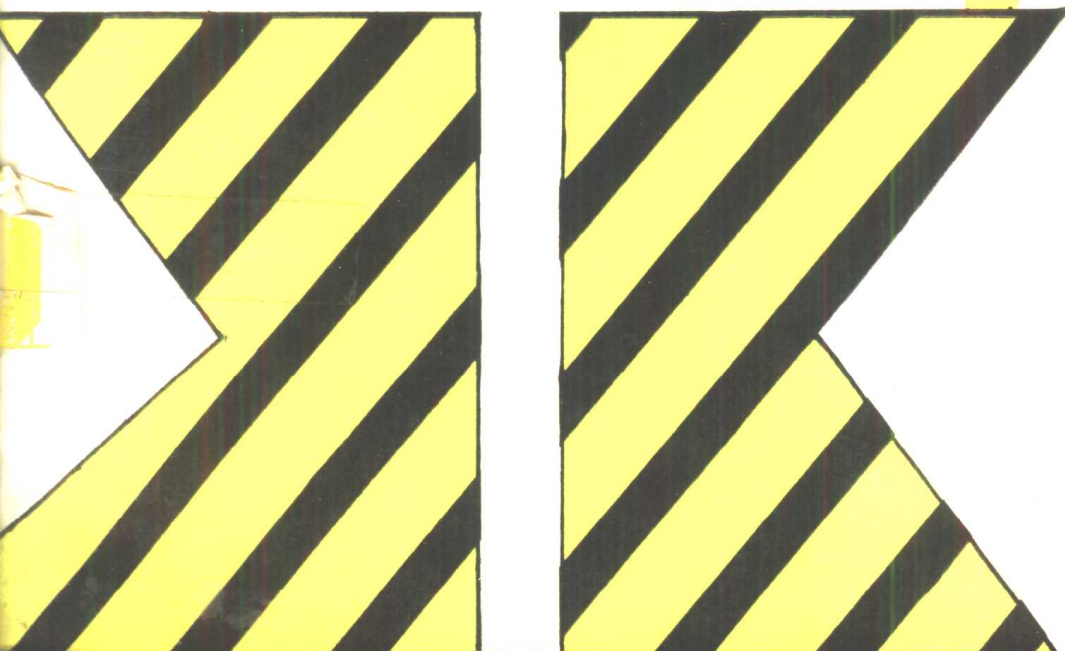


虞同书 文允钢 主编

机械工程基础

航空工业出版社



机 械 工 程 基 础

虞同书 文允钢 主编

航空工业出版社

1996

内 容 提 要

本书是根据航空工业总公司所属中等专业学校共同制订的电类专业《机械工程基础》参考教学大纲并参照机械委属中专《机械工学》教学大纲编写的,是中等专业学校电类专业的试用教材。书中全面介绍了机械工程材料与毛坯制造方法、机械传动与通用机械零件、液压传动、公差配合、金属切削机床与切削加工方法,以及机械加工工艺过程等方面的基础知识。

本书还可作为中专工科其他非机类专业的教材,也适用于职工中专和专科学校的有关专业,并可供工程技术人员和工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础/虞同书,文允钢主编. —北京:航空工业出版社,1996.1

ISBN 7-80046-938-7

I. 机… II. ①虞… ②文… III. 机械工程-基本知识 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 10744 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

航空工业出版社印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1996 年 1 月第 1 版

1996 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:31.5 字数:784 千字

印数:1—3500

定价:28.00 元

前 言

《机械工程基础》一书,是根据航空工业总公司所属中等专业学校共同制订的电类专业《机械工程基础》参考教学大纲,并参照机械委属中等专业学校工业企业电气化专业《机械工学》教学大纲编写的,是中等专业学校电类专业的一门试用教材,也可用于同类工科学校的其他非机类专业。本教材还适合职工中专和专科学校的有关专业,并可供工程技术人员和工人参考。

《机械工程基础》是电类专业的一门综合性技术基础课。由于机械工程学涉及的范围相当广泛,故只能在相对全面和系统的基础上,有选择地介绍机械工程学方面的基础知识,以便为学生的总体知识结构搭建起机械工程方面的知识框架。

本书以机械结构及传动(机械、液压)为基础,以机械加工为中心,介绍机械工程材料与毛坯制造方法、机械传动与通用机械零件、液压传动、公差配合、金属切削机床与切削加工(附特种加工)、机械加工工艺流程基础及零件的结构工艺性等六个方面的基础知识。原属机械工程学范畴的机械制图、工程力学等已列为专门课程并有教材,而其他的机械工程方面的知识因教学要求及篇幅所限,均未编入本教材。

本教材的特点是:(1)将前述六部分内容编于一书,并注意使各部分相互呼应;(2)着重基本原理、基本加工方法的阐述,文字简练通俗,便于自学;(3)突出了“电”在零件加工和机械、液压传动的控制和操纵等方面的应用;(4)精选和设计的插图、表格直观醒目,简明易懂;(5)书中有关内容均按照新的国家标准讲述,计量单位基本采用国际单位制;(6)各篇之后均附有一定数量的习题和思考题。

本教材适合 120 学时的教学需要,如学时有限可根据具体情况有选择地讲授,亦可将部分内容放在实习期间讲授。

书中带有※号的部分为选讲内容。

参加本书编写的有:成都航空工业学校谢太熹(第 1、2、12、13、14 章);上海航空工业学校虞同书(第 3、4、5 章)、吴志瑜(第 5(5.7)、6、7 章);大庸航空工业学校于兴华(第 8、9 章(9.1、9.2、9.5))、廖家璞(第 15、25、26 章);西安航空工业技术专科学校顾柏和(第 9(9.4)、10 章)、文允钢(前言、绪论、第 16、17、18、19、20、21、22、23、24 章及第 5 篇部分内容的小结)。全书由虞同书、文允钢主编,顾柏和对第 3 篇进行了初审并协助主编做了许多有成效的工作。

本书由北京航空航天大学鲁明山教授和张耀宸教授主审,他们对本书提出了许多宝贵的意见和建议。在本书的编写过程中,还得到了有关学校、工厂的大力支持和帮助,书中借鉴了许多教材和专著,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加上时间短促,书中难免存在不足之处,敬请读者和专家们批评指正。

编 者

1995 年 9 月

目 录

绪 论	1
-----	---

第 1 篇 机械工程材料与毛坯制造方法

第 1 章 机械工程材料	4
1.1 材料的性能	4
1.2 钢铁材料	8
1.3 有色金属材料	25
1.4 非金属材料	30
1.5 复合材料	33
1.6 零件材料的选择	35
第 2 章 毛坯制造方法	37
2.1 铸造	37
2.2 压力加工	41
2.3 焊接	50
2.4 塑料制品的成型工艺	55
习 题	57

第 2 篇 机械传动与通用机械零件

第 3 章 机械传动(常用机构)	58
3.1 机械的构成和运动副简介	58
3.2 平面连杆机构	61
3.3 凸轮机构	68
3.4 间歇运动机构	73
第 4 章 带传动与链传动	77
4.1 带传动	77
4.2 链传动的特点与应用	82
第 5 章 齿轮传动与轮系	84
5.1 齿轮传动的特点、分类与传动的基本要求	84
5.2 渐开线的形成与性质	85
5.3 直齿圆柱齿轮传动	86
5.4 斜齿圆柱齿轮传动	93
5.5 直齿圆锥齿轮传动	96
5.6 蜗杆传动	99
5.7 轮系	103
第 6 章 轴系零件	110

6.1 轴	110
6.2 滑动轴承	114
6.3 滚动轴承	116
6.4 联轴器与离合器	120
第7章 联接零件与弹簧	125
7.1 键联接与销联接	125
7.2 螺纹联接与螺旋机构	130
7.3 弹簧	141
习 题	145

第3篇 液压传动

第8章 液压传动概述	151
8.1 液压传动的原理和系统的组成	151
8.2 液压传动的几个基本参数	155
第9章 液压元件	161
9.1 液压泵	161
9.2 液压马达	167
9.3 液压缸	170
9.4 液压控制阀	175
9.5 液压辅助元件	195
第10章 液压系统	199
10.1 液压基本回路	199
10.2 液压系统	209
10.3 液压伺服系统	219
习 题	225

第4编 公差配合及其检测

概 述	228
第11章 公差与配合	229
11.1 基本术语及定义	229
11.2 公差配合的国家标准	236
11.3 公差与配合的选择	250
第12章 几何量检测与测量器具	260
12.1 测量单位与测量器具	260
12.2 几何量的测量	267
第13章 形状和位置公差	269
13.1 基本概念	269
13.2 形状和位置公差	272
* 13.3 形位公差等级及其选择	277

第 14 章 表面粗糙度	280
14.1 表面粗糙度的评定	280
14.2 表面粗糙度的选择与标注	283
*14.3 表面粗糙度的测量	285
习 题	286

第 5 篇 金属切削机床与切削加工(附特种加工)

第 15 章 金属切削基本知识	291
15.1 切削运动和切削用量	291
15.2 金属切削刀具	295
15.3 金属切削过程	300
15.4 工件材料的切削加工性	304
第 16 章 金属切削机床基本知识	306
16.1 机床的作用、组成、分类及型号	306
16.2 机床传动系统的基本概念	310
第 17 章 车床及车削加工	315
17.1 车床的加工范围、普通车床的主要工作和车削加工的工艺特点及应用	315
17.2 CA6140 型普通车床	323
17.3 其他常用车床简介	334
第 18 章 钻床及钻、扩(铰)、铰削加工和镗床及镗削加工	340
18.1 钻床及钻、扩(铰)、铰削加工	340
18.2 镗床及镗削加工	350
第 19 章 铣床及铣削加工	354
19.1 铣床的加工范围、常见的铣削工作和铣削加工的工艺特点及应用	354
19.2 X6132 型万能卧式升降台铣床	361
19.3 其他常用的铣床	368
第 20 章 刨床、刨削加工及插削加工和拉削加工	371
20.1 刨床及刨削加工	371
20.2 插削加工简介	382
*20.3 拉削加工简介	383
第 21 章 磨床、磨削加工及光整加工	385
21.1 磨削加工及磨床	385
*21.2 光整加工简介	396
第 2 章 数字程序控制机床	400
22.1 概述	400
22.2 数控机床	407
22.3 用微电子技术改造旧机床	415
第 23 章 组合机床及机械加工自动线	419
23.1 概述	419

23.2 组合机床的几种通用部件·····	422
23.3 机械加工自动线简介·····	430
第24章 特种加工及精密和超精密加工 ·····	432
24.1 特种加工简介·····	432
*24.2 精密和超精密加工简介·····	440
第5篇部分内容的小结(机械零件基本表面的加工方法综述)·····	444
习 题 ·····	451

第6篇 机械加工工艺过程基础 及零件的结构工艺性

第25章 机械加工工艺过程基础 ·····	454
25.1 基本知识·····	454
25.2 工件的安装、定位基准的选择及专用夹具知识 ·····	456
25.3 机械加工工艺规程的拟定·····	467
25.4 基本典型零件的工艺过程·····	472
25.5 机箱(盒)、机柜及印制线路板的加工 ·····	476
第26章 零件的结构工艺性 ·····	485
26.1 概述·····	485
26.2 零件结构的切削加工工艺性举例·····	485
26.3 零件结构的装配工艺性·····	490
习 题 ·····	490
参考文献 ·····	494

绪 论

一、机械的作用及机械工业在国民经济中的地位

人类进行生产斗争,通过劳动改造了自然,同时也为自身的生存和发展创造了更好的物质条件。

机械(包括仪器、仪表及工具等)是人类从事物质生产的重要手段(生产工具)。它们是人类经过长期生产实践逐步创造出来的,并得到了广泛的应用。蒸汽机的出现,使机械得到突飞猛进的发展,在采用电动机作动力和利用电气等进行控制以后,机械成了人类主要的生产工具。

机械科学技术(简称机械技术)是伴随机械的产生、发展而出现和形成的,并在不断进步和变革。进入 20 世纪以来,特别是近 20 年中,机械技术获得了飞速发展。

在我国及其他国家的国民经济各部门,广泛使用各种机械。它们在制造过程中,进行各种机械化和自动化生产,大大促进了社会物质生产,保证并提高了产品质量,还在提高劳动生产率、降低成本和减轻工人劳动强度等方面发挥了重要作用。几乎任何生产资料和生活资料的生产都是在机械直接或间接参与下完成的。各种机械不仅广泛用于生产中,而且还在科研、国防、办公、文化教育及人们日常生活等方面起着十分重要的作用,机械技术及机械(以下统称为“机械”)由生产渗入人类生活领域的广度和深度正日益加强。

因而可以毫不夸张地说,“机械”为人类生产、科学技术进步、文化教育发展和生活水平的提高做出了巨大的贡献。

各种机械都是机械工业部门生产的,同时科技成果的物化(通过作为劳动工具的机械,转化为商品和劳务)和社会生产力的提高,机械工业都是基础,因此机械工业的发展程度、技术水平及其生产能力,是一个国家现代化的重要标志之一。

我国劳动人民在“机械”的发展方面有过许多杰出贡献。但由于我国经历了漫长的封建社会,加上帝国主义的入侵,在半封建、半殖民地的旧中国,我国的机械工业和机械技术的水平十分落后。新中国成立 40 多年来,经过艰苦奋斗和建设,我国的机械工业(包括设计、科研和生产的水平)已具有相当规模和实力,取得了巨大成就,在某些方面已处于世界前列,但总体水平与发达国家相比差距还不小,急需迎头赶上。

二、机(械)与电的紧密联系、机电一体化和开设本课程的目的

机、电的关系是十分密切的,因为电的产生和电信号的获得、电效能的发挥及电的控制对象等均离不开机械;电器(子)元件及其产品的制造、装配和调试等也离不开机械;有些产品本身就是机、电结合的产物。

近代,由于电子学等的进步,特别是微电子技术、计算机技术、信息技术、精密机械制造、测量技术和自动控制技术等飞速发展,机械进入了机电一体化时代。机械向机电一体化方向发展,不仅是机械本身发展的需要,而且是现代化生产装备和产品向技术密集型(高效、多功能等)发展的客观需要和重要方向,因而是机械和机械工业发展的必然趋势。

为发展、推广、应用机电一体化技术和开发其产品,迫切需要大量既懂“机”又懂“电”的复合型技术人才。又因为在解决改进生产、生活和工作的质量,提高其效率和降低成本等方面的问题时,经常用到机械技术并最终通过机械实现,所以必须加强电类专业学生的“机械”(包括制造)方面的知识,以便他们在走上工作岗位后,能更好地完成各自的任务,在机电结合基础上,更好地推动本专业科学技术的发展。为此,航空工业总公司所属中等专业学校电类专业的教学计划规定开设并加强《机械工程基础》这门课程。

三、课程的内容和基本要求

由于机电产品从设计到制成的全过程是一个涉及面很广的综合系统工程。从事这方面工作的工程技术人员,只有掌握各相关学科的基础知识和方法,才能处理好该系统工程有关的技术问题。以其中的机械零件从设计到制成的子系统工程为例,就直接涉及到机械制图、工程力学、工程材料及毛坯制造、机械设计、公差配合及检测技术、液压传动、金属切削加工、机床和机械制造工艺等学科。

《机械工程基础》是一门综合上述学科有关基础知识和方法的课程。由于本书《前言》中提到的原因,这本教材主要包括了前述的六大部分内容。

通过本课程的学习,学生除了应初步掌握和了解前述各学科的有关基础知识、基本原理和基本方法外,还应初步具有下述能力:(1)对国家公差配合标准(限光滑圆柱体)、通用机械零件标准(部分)和有关手册及资料的应用能力;(2)设计简单机械零件和为它们合理选材,拟定机械加工工艺过程(路线)的能力;(3)识读机械装配图和零件图及在图上正确标注有关公差配合和表面粗糙度的能力;(4)根据机床及有关设备的说明书和资料,看懂简单机床和设备的传动(机械、液压)系统和某些部分的结构及机构的能力等。

四、本课程的作用及学习方法

本书除有《前言》中提到的作用外,还有为电类专业的学生学习有关专业课时,在其应用和控制对象方面铺垫一定基础和提供实际例证的作用,以及有将本课程涉及的知识、技术和方法直接用于生产的作用。

要学好本课程必须按照课程的性质和特点采取正确的学习方法,除弄清课程的基础知识、基本原理和基本方法之外,特别要注意以下几点:

1. 用综合思维方法学习 本课程是许多学科和多种先修课程的综合应用,课程的各章既相对独立又紧密联系和相互渗透。零件设计与制造需运用多学科知识,所设计的零件,既要结构合理、性能优良,又要能优质、方便、高效、低耗和低成本地制造出来,因此要学会从不同学科、不同角度全面考虑问题,并培养综合分析能力,掌握和运用好综合思维方法。

2. 注意紧密联系实际 前已指出本课程是实践性、应用性很强的课程。课程的许多内容和方法从生产实践中发展总结而来,又直接用于生产,解决实际问题,故应在搞好热、冷加工实习的基础上学习本课程。在学习中应重视实践,联系实习、实验和生产实践并经常深入生产现场加强感性认识,注意培养解决实际问题的能力。

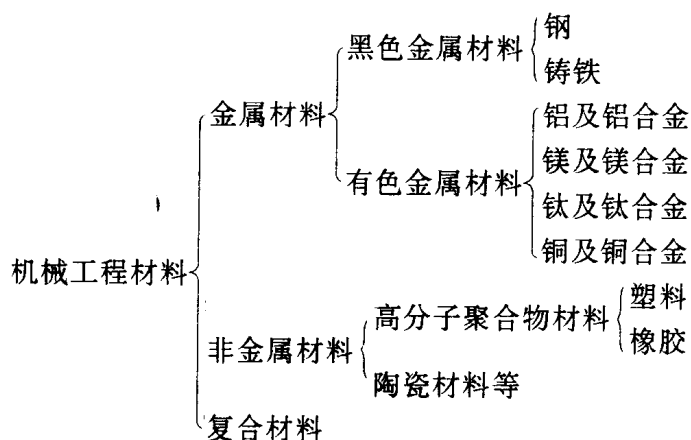
3. 重视能力的培养 学习中要特别注意能力的培养,重视标准、手册、资料、经验数据和工艺方法等的应用。

第 1 篇 机械工程材料与 毛坯制造方法

材料是生产各种物质产品所必需的物质要素。自古以来,材料就与人类文明有着密切的联系,一个时代中人类所使用的材料,在很大程度上决定了这个时代的生产力和社会发展的水平。例如石器时代、青铜器时代和铁器时代,大致上分别与原始社会、奴隶社会和封建社会相对应。在现代,材料更是发展高新技术的关键之一。人们把材料科学与信息科学、能源科学、生物科学并列为现代科技的几大支柱。纵观历史,材料科学与社会生产力发展是相互促进、相辅相成的。新材料的出现引起科学技术的发展,反过来,科学技术的进步又对材料提出更高的要求,促使各种新材料不断问世。鉴于材料在现代科技领域的重要地位和作用,从事机电工程的技术工作者掌握一些有关材料的知识,就是很有必要的了。

材料的种类很多,为了便于研究、管理和使用,可以从不同的角度对它们进行分类。按照材料的化学成分,可分为金属材料和非金属材料两大类;按照材料的性能和用途,可分为结构材料 and 功能材料两大类。结构材料是用来制造各种受力结构和机械零件的材料(例如钢铁、水泥、木材等),主要利用其能承受外力作用的力学性能,广泛用于机械、建筑、交通工具制造等行业。功能材料是具有特殊理化性能的材料(如半导体材料、磁性材料、光学材料等),主要用于电子、通讯等行业。

本篇主要介绍机械工程材料。机械工程上常用的材料一般属于结构材料范畴,大体上有如下一些材料:



对于任何一种机械产品,为了使之具有良好的功能和低廉的成本,首先要有一个优良的设计方案。在这个方案中,机械的总体结构、每个零件的形状和尺寸等固然是至关重要的,但还必须确定制造每个零件所采用的材料,否则这个方案不能算是完整的。所以,如何从众多的材料中选择性能良好、加工方便、价格便宜的来制造零件,也是决定机械产品能否取得良好的技术经济效益的关键因素之一。了解各种材料的性能特点和应用范围是正确选材的前提条件。

此外,采用何种工艺方法来高效率、高质量、低成本地制造零件,也是机械工程上的重要课题。本篇还将介绍一些把材料加工成零件的雏形——毛坯的工艺方法。

第1章 机械工程材料

1.1 材料的性能

材料的性能包括力学性能、物理性能和化学性能。材料的性能是评价和选择材料的主要依据。

一、材料的力学性能

材料的力学性能是材料在受外力作用时所表现出的特性。对于机械工程材料来说,力学性能是最重要的选材依据。

(一)强度、塑性和刚性

测定材料强度、塑性和刚性的常用方法是拉伸试验。将被测试的材料制成图 1-1(a)所示的试样,安装在拉伸试验机上缓慢施加拉力,使之变形伸长直到断裂。图 1-1(b)是试样被拉断后对接起来的情况。在拉伸试验中同时记录拉力(F)和变形量(Δl)的关系曲线(称为拉伸曲线)。如图 1-2 所示的是低碳钢的拉伸曲线,下面就以此为例来说明材料有关力学性能指标的测定。

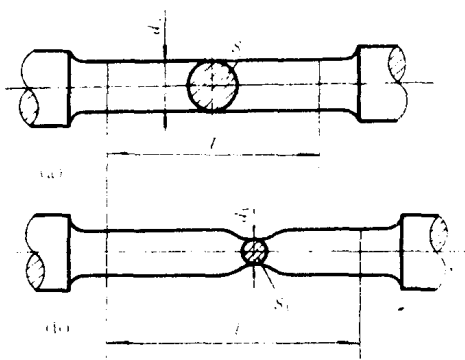


图 1-1 拉伸试样

从图 1-2 可以看出,当拉力小于 F_s 时,试样的变形量与拉力成正比,保持线性关系,这是材料弹性变形的特征。此时若外力消失,则变形也会随之消失。当拉力超过 F_s 时,试样将发生永久性变形(又称塑性变形),变形量与拉力不再保持线性关系。当拉力达到 F_b 时,试样在拉力保持不变的情况下继续发生塑性变形,这种现象叫“屈服”。在屈服之后,继续增大拉力,试样将发生明显的塑性变形。拉力达到 F_k ,试样上某一部位急剧变细,出现所谓“颈缩”现象。由于颈缩,使继续变形所需的拉力减少,试样很快在颈缩处断裂。

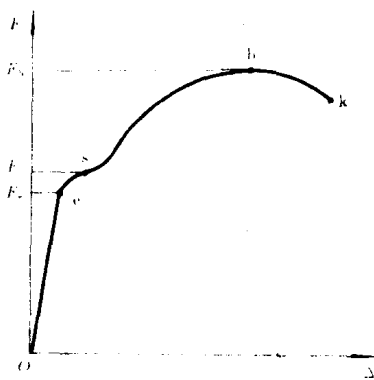


图 1-2 低碳钢拉伸曲线

1. 强度

材料在受外力作用时,抵抗塑性变形和断裂的能力称为强度。常用的强度指标是屈服强度和抗拉强度。

(1)屈服强度 材料发生屈服现象时所承受的应力* 称为材料的屈服强度,亦称屈服极

* 应力是材料单位截面积承受的力,用 σ 表示, $\sigma = F/S$, F 是材料所承受的力, S 是试样横截面的面积。当采用国际单位制时,应力的单位为帕(Pa)或兆帕(MPa), $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$, $1\text{MPa} = 10^6\text{Pa} = 1\text{N/mm}^2$ 。

限,用 σ_s 表示。

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

式中: F_s ——屈服时的拉力(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

有些材料如高碳钢、有色金属等,受力时没有明显的屈服现象,无法确定 F_s 值。这时就人为地规定:将试样的塑性变形量等于试样原长度(l_0)的0.2%时的应力值,作为该材料的屈服强度,记为 $\sigma_{0.2}$ 。 $\sigma_{0.2} = F_{0.2}/S_0$, $F_{0.2}$ 的求法如图1-3所示。

屈服强度表征材料受力时抵抗塑性变形的能力,是机械设计中选材和确定零件截面尺寸的主要依据。由于机械零件在工作中一般是不允许发生塑性变形的,所以在设计时应满足工作应力低于材料屈服强度的条件。

(2)抗拉强度 拉伸试验时,试样在断裂前所能承受的最大应力称为材料的抗拉强度,用 σ_b 表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \quad (\text{MPa})$$

式中: F_b ——试样在断裂前承受的最大拉力(N);

S_0 ——试样原始横截面积(mm^2)。

抗拉强度表征材料受拉力作用时,抵抗断裂的能力。 σ_b 也是机械设计的重要依据之一。

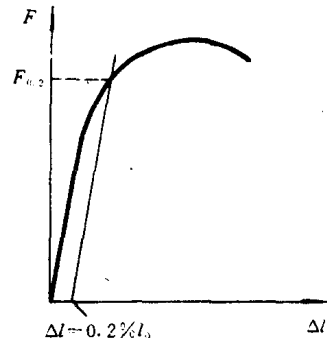


图 1-3 $F_{0.2}$ 的确定方法

2. 塑性

材料在外力作用下发生永久性变形的能力称为塑性。表示塑性的指标有延伸率和截面收缩率。

(1)延伸率 试样被拉断后标距长度的伸长量与原标距长度之比称为延伸率,用 δ 表示。

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

式中: l_0 ——试样原标距长度(mm);

l_1 ——试样拉断后对接起来的标距长度(mm)。

(2)截面收缩率 试样断口部位截面面积的收缩量与原截面面积的比值称为截面收缩率,用 ψ 表示。

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中: S_0 ——试样原截面面积, $S_0 = \pi d_0^2/4$ (mm^2), d_0 是试样原直径(mm);

S_1 ——试样断口处的截面面积, $S_1 = \pi d_1^2/4$ (mm^2), d_1 是断口处的直径(mm)。

材料的延伸率和截面收缩率数值越大,说明其塑性越好。材料的塑性对零件的制造和使用都有重大意义。塑性好的材料可以用冷冲压和锻造等变形加工方法来制成零件。用塑性材料制成的零件在使用中不容易发生突然的脆性断裂,安全性较高。

(3)刚性 刚性是材料在受外力作用时,抵抗弹性变形的能力。常用的刚性指标是弹性模量 E 。 E 是在拉伸试验中,试样在弹性变形范围内应力与应变的比值,即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (\text{MPa})$$

式中： σ ——在弹性变形范围内试样承受的应力(MPa)；

ϵ ——弹性应变，即试样单位长度上的弹性伸长量， $\epsilon = \Delta l / l_0$ 。

一些常用金属的弹性模量值如表 1-1 所示。在一定的应力作用下， E 值越高的材料发生的弹性变形越小，亦即刚性越大。很多零件在工作中均有刚性要求。例如机床的主轴与床身，若刚性不足就会降低机床的整体精度，因此要选用弹性模量大的钢铁材料来制造。但并非任何机械零件都要求高的弹性模量，例如仪表中的弹性元件受力很小，并要求能灵敏地反映力的变化，就应选用铜合金等弹性模量小的材料来制造。

表 1-1 常用金属的弹性模量

金属	弹性模量 $E(\text{MPa})$
铁	214 000
镍	210 000
铜	132 400
钛	118 010
铝	72 000
镁	45 000

(二) 硬度

硬度表征材料表面抵抗硬物压入或刻划的能力。硬度是常用的力学性能指标。硬度的测定简便迅速，对材料损伤很小。对于刀具、量具、模具和一些耐磨性要求较高的机械零件来说，硬度是主要的性能指标。只有达到足够高的硬度，才能保证使用性能和具有足够的寿命。

硬度试验的方法很多，下面介绍两种常用的硬度试验方法。

1. 布氏硬度

试验原理如图 1-4 所示。以一定的压力 F 将直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球压入试样表面，并保持一段时间(10~30s)，在试样表面形成直径为 d 的压痕，以压痕单位面积上承受的压力值来衡量材料的硬度，计算公式为：

$$\text{布氏硬度 (HB)} = \frac{F}{S} = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{kgf/mm}^2)$$

式中：HB——布氏硬度符号，采用钢球压头时，标为 HBS，采用硬质合金压头时，标为 HBW；

F ——试验的压力值 (kgf)；

S ——压痕凹坑的表面积 (mm^2)；

D ——压头球体直径 (mm)；

d ——压痕直径 (mm)。

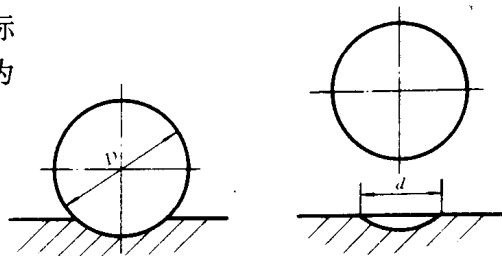


图 1-4

显然，按上式计算硬度值是比较麻烦的，所以人们制定了布氏硬度试验数据表。在试验时，根据 F 、 D 和 d 值查表就能得出布氏硬度值。在标注布氏硬度时，可将单位略去。例如 150HBS 表示采用钢球压头测得的某材料的布氏硬度为 150kgf/mm^2 。(法定单位应力为 N/mm^2 ， $1\text{N/mm}^2 = 1\text{MN/m}^2 = 1\text{MPa} = 0.1\text{kgf/mm}^2$)

布氏硬度的优点是测量准确性较高。但因采用的压力较大，压痕也较大，故不宜用来测试成品零件和较薄的试样，通常用来测试硬度较低的原材料，如退火钢和铜、铝等。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度也是一种压入式硬度试验法，但其测量原理与布氏硬度不同，所用的压头和压力大小也不同。洛氏硬度是以压痕深度来衡量材料的硬度。试验时，从试验机的指示表上可

以直接读出硬度值。

为了使一台洛氏硬度试验机能适应测试不同的材料，把不同的压头和载荷相结合，形成几种洛氏硬度的测量标尺，常用的有 HRA、HRB 和 HRC 三种。它们的压头、载荷及适用范围见表 1-2。应当注意，不同标尺表示的硬度值之间无直接的可比性。例如，不能认为 65HRC 和 65HRA 表示相同的硬度。但经过查表换算成同一标尺后，就可相互比较了。

表 1-2 常用的洛氏硬度标尺及应用范围

标 尺	压 头	载 荷 (kgf)	硬度值有效范围	适用范围
HRA	120°圆锥金刚石	60	60~85	硬质合金、钢的表面硬化层
HRB	φ1.588mm 钢球	100	25~100	退火钢、铜合金等
HRC	120°圆锥金刚石	150	20~67	经淬火、回火的钢片

洛氏硬度的优点是压痕小，测试简便迅速，特别适合在生产现场测试零件硬度，但其测量准确性不及布氏硬度。

此外，还有维氏硬度 (HV) 等试验方法。

(三) 冲击韧性 (度)

有些机械零件如飞机起落架、枪炮的发射管、冲床的连杆等，工作中都要受到冲击载荷的作用。一些强度很高的材料，在受冲击时往往容易发生脆性断裂，说明强度不能反映材料对

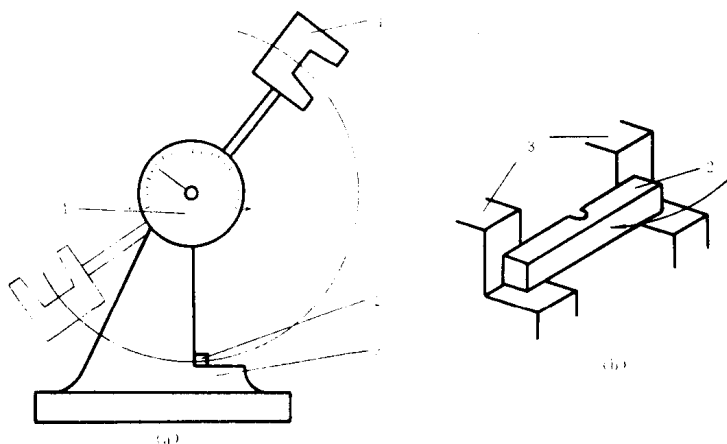


图 1-5 冲击韧性试验示意图

1—摆锤；2—试样；3—支座；4—记录指示盘

冲击载荷的抗力，因此需要测试材料在冲击载荷下的性能指标。

材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力称为冲击韧性，用符号 a_k 表示。冲击韧性是在冲击试验机上测定的，如图 1-5 所示。将被测材料按有关标准规定加工成带缺口的冲击试样，安放在试验机支座上。将试验机摆锤升起，使之获得一定势能，然后释放摆锤，将试样冲断。试验机自动记录下冲断试样时消耗的能量 A_k 。将 A_k 值除以试样缺口处的横截面积 S ，就得到冲击韧性值。

$$a_k = \frac{A_k}{S} \quad (\text{J/cm}^2)$$

式中： A_k ——冲断试样消耗的能量 (J)；

S ——试样缺口处截面积 (cm^2)。

冲击韧性高的材料，在使用中不易发生突然的脆性断裂，安全性高。

(四) 疲劳现象

许多机械零件如传动轴、齿轮、弹簧等，都是在交变应力下（大小和方向频繁变化的应力）作用下工作的。在正常情况下，零件受到的交变应力的最大值是低于零件材料的屈服强度的，但零件在这样的交变应力下工作一段时期后，仍有可能发生断裂。经研究发现，材料在交变应力作用下，可能会产生细微的裂纹，这些裂纹逐渐扩展，最终导致突然断裂，这种现象称为疲劳现象。飞机、车辆、大型机器的重要零件若发生疲劳断裂，会造成重大事故。因此，用来制造承受交变应力的重要零件的材料，都要测定其抗疲劳性能。

由于疲劳裂纹通常出现在零件应力比较集中的拐角、孔、槽等处的表面，所以降低零件表面的粗糙度、对表面进行强化处理和避免零件轮廓尺寸的突然变化等措施，都有利于防止疲劳破坏。

二、材料的物理性能

材料的物理性能主要有密度、熔点、导电性、导热性、热胀冷缩性、磁性等。某些机械零件在设计选材时，除了要考虑材料的力学性能外，还要考虑物理性能。例如电器中要承担导电任务的弹簧，应选用导电性好的铜合金；制造飞机用的材料要求质量小，所以密度小的铝合金、镁合金和钛合金是重要的航空材料；塑料有很高的电绝缘性，常用来制造要求绝缘的零件。

三、材料的化学性能

对于机械工程材料，化学性能主要是指抗腐蚀性。一些与腐蚀介质接触的设备和不允许被腐蚀的设备，如化工设备、船舶、食品机械、医疗器材等，可根据介质种类选用耐蚀性较好的铝合金、铜合金、不锈钢和钛合金来制造零件，塑料和橡胶也是耐蚀性很好的材料。

四、材料的工艺性能

材料的工艺性能是指采用某种工艺方法对材料进行加工时，材料表现出的可加工性。常用的加工零件的工艺方法有铸造、锻压、焊接和切削加工。各种加工方法对材料提出不同的工艺性能要求。材料的工艺性能对零件制造的难易性和成本有重要的影响。材料工艺性能的具体内容将在后面的有关章节里分别介绍。

1.2 钢铁材料

钢铁材料是铁和碳的合金^{*}，是最重要、应用最广泛的金属材料。钢铁材料可分为工业纯铁、钢和铸铁三类。机械工程上应用的主要是钢和铸铁。工业纯铁在电器仪表行业中被作为一种软磁材料应用。

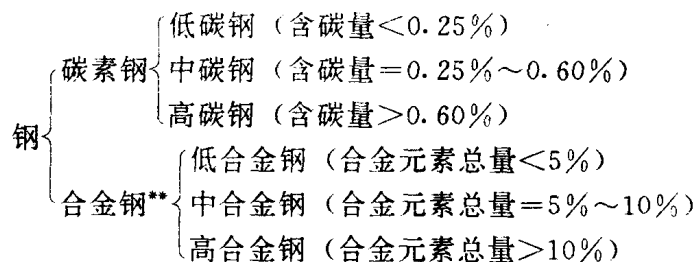
^{*} 合金是以一种金属元素为主，加入适量的其他化学元素，经熔炼而成的金属材料。一般来说，纯金属的性能难于满足工程上的各种要求，因而实际应用的金属材料大多数是合金。

一、钢及其分类

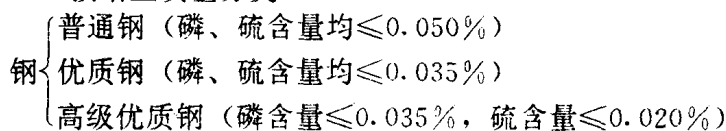
钢是含碳量在 $0.0218\% \sim 2.11\%$ 之间的铁碳合金。有些钢除了含有铁和碳这两种必备元素外,还含有其他种类的合金元素*,这些钢称为合金钢。不含合金元素的钢称为碳素钢。钢中常见的合金元素有铬(Cr)、锰(Mn)、硅(Si)、镍(Ni)、钨(W)、钼(Mo)等。此外,钢中还含有少量杂质元素。杂质元素是炼钢原料中带来的,有硅、锰、硫(S)、磷(P)等,其中硫和磷会使钢的性能降低,是有害杂质,因此高品质的钢必须严格限制硫和磷的含量。

钢的种类繁多,为了便于管理和使用,可以从不同的角度对钢加以分类。

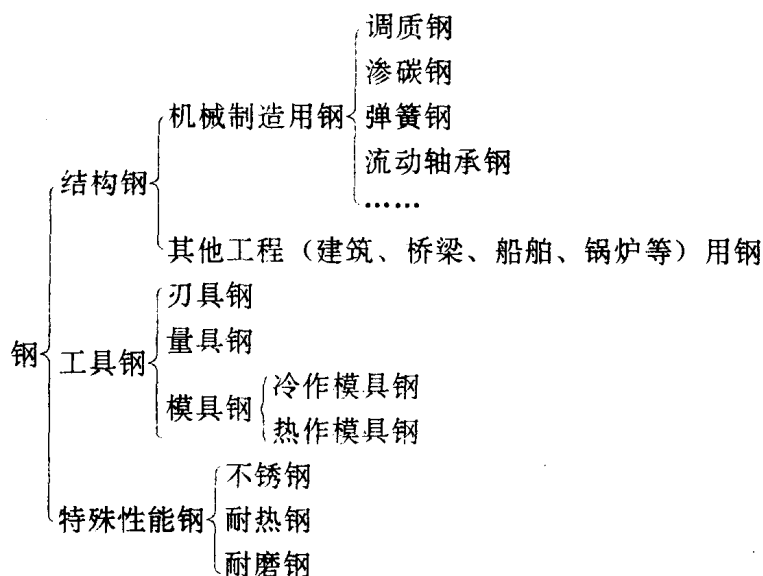
(1) 按化学成分分类



(2) 按冶金质量分类



(3) 按用途分类



二、钢的基本组织及其性能

不同种类的钢在性能上有明显的区别,例如高碳钢的硬度比低碳钢高。同一种钢,在不同

* 为改变合金的性能而有意加入的元素称为合金元素。钢中,有意加入的合金元素可提高钢的力学、物理、化学等性能和热处理工艺性能。

** 合金钢根据其含碳量又可分为低碳合金钢、中碳合金钢和高碳合金钢。