



高职高专国家级骨干院校

重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

机械制造基础

JIXIE ZHIZAO JICHU

主 编 ⊙ 熊建强 周 青



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高职高专国家级骨干院校
重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

机械制造基础

主 编 熊建强 周 青
副主编 胡正胜 唐 宁
参 编 余晓东 刘志凌 黄诚忠
邹振洪 王 耀
主 审 京玉海

合肥工业大学出版社

内容简介

本书是机械类专业基础课程教材。本书突出了高等职业教育注重实践能力和创业能力培养的特点,着重培养既能动脑又能动手的应用型技术人才。

本书是以“基础—方法—结构”为课程主线,系统而简明地阐述了热处理的原理和方法、工程材料的种类及其选择、毛坯成形方法和零件加工方法的基本理论和基本工艺。全书分三篇共12章,主要包括工程材料、铸造、锻压、焊接和金属切削加工等内容。每章后面都附有复习思考题,便于学生巩固所学内容。

本书可作为高等工科院校机械类、近机械类的专业教材,还可作为相关工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造基础/熊建强,周青主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012.6

ISBN 978-7-5650-0748-4

I. ①机… II. ①熊…②周… III. ①机械制造—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 124641 号

机械制造基础

熊建强 周 青 主编

责任编辑 马成勋

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2012年6月第1版
地 址	合肥市屯溪路193号	印 次	2012年6月第1次印刷
邮 编	230009	开 本	787毫米×1092毫米 1/16
电 话	总编室:0551—2903038	印 张	20.5
	发行部:0551—2903198	字 数	490千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥星光印务有限责任公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0748-4

定价:41.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

前 言

为了满足高等职业教育注重实践能力和创业能力的培养要求,着重培养既能动脑又能动手的应用型技术人才,我们特组织老师根据教育部基础课程教学指导委员会规定的“机械制造基础教学基本要求”,经优化、整合编写了本书。

全书分三篇共12章。第1篇为“工程材料”,主要阐述工程材料的性能、金属的内部结构与结晶、热处理方法和常用工程材料的选择。第2篇为“毛坯成型方法”,主要阐述铸造、锻压和焊接等毛坯制造方法的工艺基础、成形方法和结构设计。第3篇为“金属切削加工”,主要阐述零件加工方法的基础知识、常用加工方法综述和零件的结构设计。

本书主要有以下特点:

(1)以加工方法为主线,分别阐述了各自的基本理论和基本工艺,着重分析各种加工方法的原理、过程和结构工艺性。

(2)坚持“少而精”的原则,做到内容够用,重点突出。

(3)以项目驱动的方式编写,不仅注重学生获取知识和分析问题能力的培养,而且力求体现对学生工程素质和创新能力的培养。

(4)全面贯彻国家最新标准,如材料的标准、名词术语、符号及单位等。

(5)在各章的后面都附有复习思考题,以加强学生对基本概念的理解,培养学生分析问题和解决问题的能力。每章还附有小结,以供学生复习时使用。

(6)鉴于各院校实习条件不同,本书在编写过程中,是以课堂教学为主,适当增加了部分实习内容,将讲课教材与实习教材融为一体。这样不仅有助于体系完整,又可以根据实习条件灵活组织教学。对实习过的内容,在课堂

上便于分析对比;对缺乏实习条件的内容,也便于在课堂教学中加以弥补。

本书由江西渝州科技职业学院熊建强、江西科技学院周青任主编,赣西科技职业学院胡正胜、赣西科技职业学院唐宁任副主编,华东交通大学余晓东、刘志凌、黄诚忠、邹振洪、王耀参与了本书编写。南昌大学京玉海教授对本书进行了审读,在此对他表示深深的感谢。

由于编者水平有限,书中错误与不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 6 月

绪 论

机械制造业是人类在生产实践中发展起来的一门既古老又充满活力的行业。几千年来,中国人民在机械制造的发展历史上写下了许多光辉的篇章。

1. 机械制造的概念

机械制造是指将毛坯(或材料)或其他辅助材料作为原料,输入制造系统,经过存储、运输、加工、检验等环节,最终实现符合要求的零件或产品,而从系统输出的过程。概括地讲,机械制造就是将原材料转变为成品的各种劳动的总和,过程如图 0-1 所示。

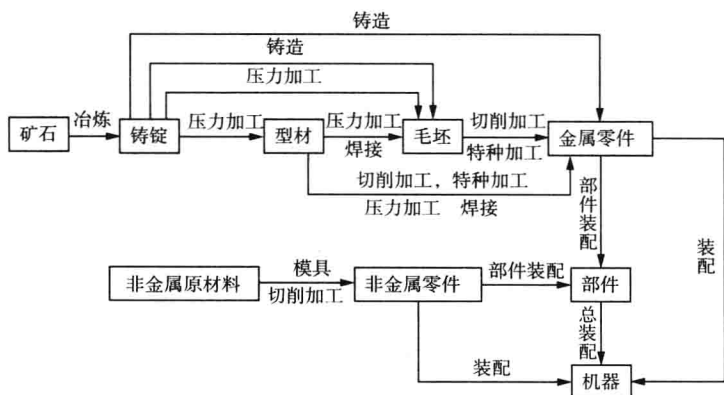


图 0-1 机械制造框图

从图 0-1 可以看出,多数零件是先用铸造、压力加工或焊接等方法制成毛坯,再用切削加工的方法加工而成。为了改善材料的加工性能,在各工序中间常穿插各种不同的热处理。这就构成了本书的三大篇。

第 1 篇为“工程材料”,主要阐述工程材料的性能、金属的内部结构与结晶、热处理方法和常用工程材料的种类及其选择。

第 2 篇为“毛坯的成型方法”,分别阐述了铸造、锻压和焊接的工艺基础、常用成型方法、和结构设计。

第 3 篇为“金属切削加工”,主要阐述零件加工方法的基础知识、常用加工方法综述和零件的结构设计。

2. 机械制造业在国民经济中的作用

机械制造业是所有与机械制造有关的企业及机构的总和,它是基础产业。在国民经济及生活中广泛使用的大量机器设备、仪器、工具都是由机械制造业提供的。因此,机械制造业不仅能提高人民生活水平,而且对科学技术发展,尤其是现代高新技术的发展有着积极的推动作用。如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,将阻碍工业、农业、交通、科研和国防各部门的生产技术和整体水平,进而影响一个国家的综合生产力。“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”。可见,机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科技水平的重要标志之一。21 世纪是综合国力竞争的时代,我国要实现四个现代化,全面进入小康社会,就必须大力发展机械制造业及机械制造技术。

3. 课程的性质、目的及任务

机械制造基础是研究常用机械零件制造方法的综合性学科,也是工科院校、高职高专机械类各专业必修的课程。它主要传授各种工艺方法本身的规律性及其在机械制造中的应用和相互联系;金属零件的加工工艺过程和结构工艺性;常用工程材料的性能、改性、应用及对加工工艺的影响;工艺方法的综合分析等。

学习本课程的目的是:

① 提高三个能力。即选材能力、选毛坯和切削加工方法的能力以及工艺分析能力。

② 两个了解。即了解各种主要加工方法所用设备与工具的组成、结构和工作原理;了解现代机械制造的新技术和发展方向。

本课程的任务是使学生获得常用工程材料及机械零件加工工艺的基础知识,培养工艺实践的初步能力,为学习其他相关课程,并为以后从事机械设计和加工制造方面的工作奠定基础。

由于本课程是实践性很强的工艺性课程,因此,在学习本课程之前,应到工程训练中心或机械制造工厂实习或参观,以具备必要的感性认识。

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第 1 篇 工程材料

第 1 章 金属材料的性能	(5)
1.1 材料的种类	(5)
1.2 材料的性能	(8)
小 结	(15)
第 2 章 铁碳合金	(17)
2.1 金属的晶体结构与结晶	(17)
2.2 合金的结构和相图	(25)
2.3 铁碳合金相图	(28)
小 结	(37)
第 3 章 钢的热处理	(41)
3.1 钢在加热时的组织转变	(42)
3.2 钢在冷却时的组织转变	(44)
3.3 钢的热处理工艺	(50)
小 结	(61)
第 4 章 常用金属材料	(64)
4.1 钢	(65)
4.2 铸铁	(79)
4.3 有色金属	(87)
小 结	(92)
第 5 章 工程材料的选择与应用	(94)
5.1 机械零件的失效分析	(94)
5.2 机械零件材料的选用	(97)
5.3 典型零件选材	(99)
小 结	(103)

第 2 篇 毛坯成型方法

第 6 章 铸造成型工艺	(107)
6.1 铸造工艺基础	(108)
6.2 铸造方法	(115)

6.3 铸件结构设计	(136)
小 结	(143)
第7章 金属压力加工	(145)
7.1 金属的塑性变形	(146)
7.2 压力加工方法	(152)
7.3 锻压件结构设计	(173)
小 结	(178)
第8章 焊 接	(181)
8.1 焊接工艺基础	(182)
8.2 焊接方法	(192)
8.3 焊接结构设计	(206)
小 结	(209)
第9章 机械零件毛坯的选择	(212)
9.1 常见零件毛坯的种类	(212)
9.2 毛坯选择的原则	(214)
9.3 典型零件毛坯的选择	(216)
小 结	(218)

第3篇 金属切削加工

第10章 金属切削加工及切削机床基础知识	(223)
10.1 切削运动及切削要素	(224)
10.2 刀具材料与刀具几何形状	(226)
10.3 金属切削过程的一般规律	(234)
10.4 材料的切削加工性	(242)
10.5 金属切削机床基本知识	(244)
小 结	(254)
第11章 常用切削加工方法	(257)
11.1 车削加工	(258)
11.2 钻、镗削加工	(269)
11.3 刨、插和拉削加工	(277)
11.4 铣削加工	(283)
11.5 磨削加工	(293)
11.6 典型表面加工分析	(306)
小 结	(312)
第12章 零件的结构工艺性	(314)
12.1 一般原则	(314)
12.2 实例分析	(315)
小 结	(319)

绪 论

机械制造业是人类在生产实践中发展起来的一门既古老又充满活力的行业。几千年来,中国人民在机械制造的发展历史上写下了许多光辉的篇章。

1. 机械制造的概念

机械制造是指将毛坯(或材料)或其他辅助材料作为原料,输入制造系统,经过存储、运输、加工、检验等环节,最终实现符合要求的零件或产品,而从系统输出的过程。概括地讲,机械制造就是将原材料转变为成品的各种劳动的总和,过程如图 0-1 所示。

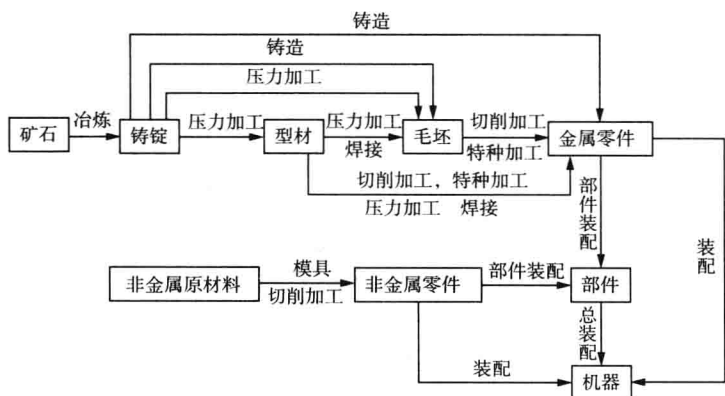


图 0-1 机械制造框图

从图 0-1 可以看出,多数零件是先用铸造、压力加工或焊接等方法制成毛坯,再用切削加工的方法加工而成。为了改善材料的加工性能,在各工序中间常穿插各种不同的热处理。这就构成了本书的三大篇。

第1篇为“工程材料”，主要阐述工程材料的性能、金属的内部结构与结晶、热处理方法和常用工程材料的种类及其选择。

第2篇为“毛坯的成型方法”,分别阐述了铸造、锻压和焊接的工艺基础、常用成型方法、和结构设计。

第3篇为“金属切削加工”,主要阐述零件加工方法的基础知识、常用加工方法综述和零件的结构设计。

2. 机械制造业在国民经济中的作用

机械制造业是所有与机械制造有关的企业及机构的总和,它是基础产业。在国民经济及生活中广泛使用的大量机器设备、仪器、工具都是由机械制造业提供的。因此,机械制造业不仅能提高人民生活水平,而且对科学技术发展,尤其是现代高新技术的发展有着积极的推动作用。如果没有机械制造业提供质量优良、技术先进的技术装备,将阻碍工业、农业、交通、科研和国防各部门的生产技术和整体水平,进而影响一个国家的综合生产力。“经济的竞争归根到底是制造技术和制造能力的竞争”。可见,机械制造业的发展水平是衡量一个国家经济实力和科技水平的重要标志之一。21世纪是综合国力竞争的时代,我国要实现四个现代化,全面进入小康社会,就必须大力发展机械制造业及机械制造技术。

3. 课程的性质、目的及任务

机械制造基础是研究常用机械零件制造方法的综合性学科,也是工科院校、高职高专机械类各专业必修的课程。它主要传授各种工艺方法本身的规律性及其在机械制造中的应用和相互联系;金属零件的加工工艺过程和结构工艺性;常用工程材料的性能、改性、应用及对加工工艺的影响;工艺方法的综合分析等。

学习本课程的目的:

① 提高三个能力。即选材能力、选毛坯和切削加工方法的能力以及工艺分析能力。

② 两个了解。即了解各种主要加工方法所用设备与工具的组成、结构和工作原理;了解现代机械制造的新技术和发展方向。

本课程的任务是使学生获得常用工程材料及机械零件加工工艺的基础知识,培养工艺实践的初步能力,为学习其他相关课程,并为以后从事机械设计和加工制造方面的工作奠定基础。

由于本课程是实践性很强的工艺性课程,因此,在学习本课程之前,应到工程训练中心或机械制造工厂实习或参观,以具备必要的感性认识。

第 1 篇

工 程 材 料

知识导读

工程材料包括金属材料和非金属材料。金属材料因具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能,成为机器零件最常用的材料。本篇主要介绍常用金属材料的性能以及为改善性能所采用的热处理方法,使读者掌握金属材料的成分、组织和性能之间的关系,为合理选材和制订加工工艺打下基础。

第 1 章 金属材料的性能

【本章知识点】

- (1) 了解材料的分类；
- (2) 熟悉金属材料各项力学性能(强度、硬度、塑性、韧性等)具体指标的物理意义及表示符号等；
- (3) 了解金属材料的物理性能、化学性能、工艺性能的含义。

【先导案例】

按国家标准规定,15 钢出厂时力学性能应不低于下列数值: $\sigma_b = 380\text{MPa}$, $\sigma_s = 230\text{MPa}$, $\delta = 27\%$, $\psi = 55\%$ 。如何判断购进的 15 钢是否合格?

工程上所用的各种金属材料、非金属材料 and 复合材料统称为工程材料。人类发现和使用的材料种类繁多,为了便于材料的生产、应用与管理,也为了便于材料的研究与开发,有必要对材料进行分类。

1.1 材料的种类

1.1.1 金属材料

金属材料是以过渡族金属为基础的纯金属及其含有金属、半金属或非金属的合金。金属材料因具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能,成为机器零件最常用的材料。金属材料的分类见表 1-1。

1.1.2 高分子材料

高分子材料是指分子量很大的化合物,它们的分子量可达几千甚至几百万以上。高分子材料因其原料丰富,成本低,加工方便等优点,发展极其迅速,目前在工业上得到广

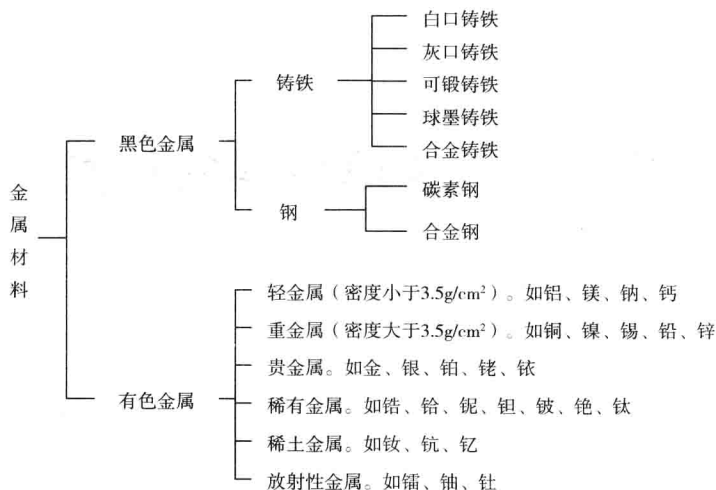


表 1-1 金属材料的分类

泛应用。高分子材料的分类见表 1-2。

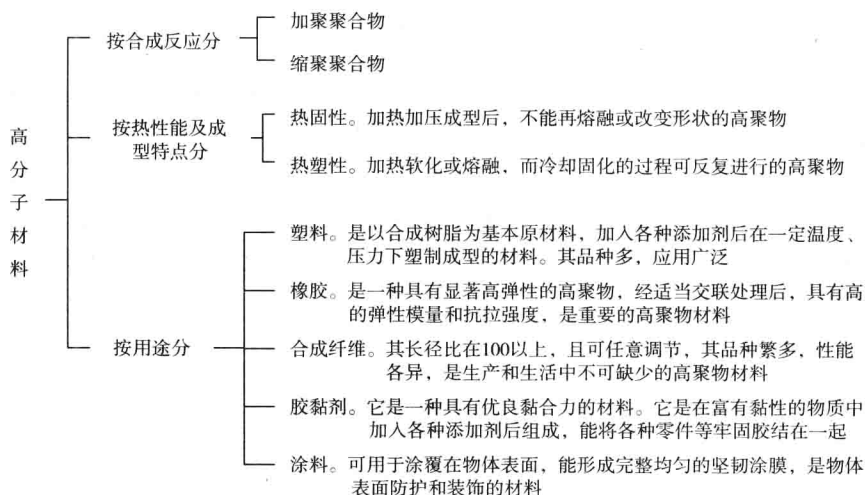


表 1-2 高分子材料分类

1.1.3 陶瓷材料

陶瓷是各种无机非金属材料的总称，是现代工业中很有发展前景的一类材料。今后将是陶瓷材料、高分子材料和金属材料三足鼎立的时代，它们构成固体材料的三大支柱。

陶瓷的种类繁多，工业陶瓷大致可分为普通陶瓷和特种陶瓷两大类。

(1) 普通陶瓷(传统陶瓷)。除陶、瓷器之外，玻璃、水泥、石灰、砖瓦、搪瓷、耐火材料都属于陶瓷材料。一般人们所说陶瓷常指日用陶瓷、建筑瓷、卫生瓷、电工瓷、化工瓷等。普通陶瓷以天然硅酸盐矿物如粘土(多种含水的铝硅酸盐混合物)、长石(碱金属或碱土

金属的铝硅酸盐)、石英、高岭土等为原料烧结而成的。

(2)特种陶瓷。它是以人工化合物为原料(如氧化物、氮化物、碳化物、硅化物、膨化无机氟化物等)制成的陶瓷,它具有特殊的化学、力学、电、磁、光学等性能,主要用于化工、冶金、机械、电子、能源行业。

1.1.4 复合材料

由两种或两种以上化学成分不同或组织结构不同、经人工合成获得的多相材料称为复合材料。它不仅具有各组成材料的优点,而且还具有单一材料无法具备的优越的综合性能。因此,复合材料发展迅速,在各个领域都得到广泛应用。如先进的 B-2 隐形战斗轰炸机的机身和机翼大量使用了石墨和碳纤维复合材料,这种材料不仅比强度大,而且具有雷达反射波小的特点。

复合材料依照增强相的性质和形态可分为纤维增强复合材料、层合复合材料与颗粒增强复合材料三类。

1. 纤维增强复合材料

纤维增强复合材料中承受载荷的主要是增强相纤维,而增强相纤维处于基体之中,彼此隔离,其表面受到基体的保护,因而不易遭受损伤;塑性和韧性较好的基体能阻止裂纹的扩展,并对纤维起到黏结作用,复合材料的强度因而得到很大的提高。常用的有玻璃纤维增强复合材料和碳纤维增强复合材料等。

2. 层合复合材料

层合复合材料是由两层或两层以上不同性质的材料复合而成,以达到增强的目的。三层复合材料是以钢板为基体,烧结铜为中间层,塑料为表面层制成的。它的物理、力学性能主要取决于基体,而摩擦、磨损性能取决于表面塑料层。中间多孔性青铜使三层之间有可靠的结合力。表面塑料层通常为聚四氟乙烯(如 SF-1 型)和聚甲醛(如 SF-2 型)。这种复合材料比单一塑料提高承载能力 20 倍,导热系数提高 50 倍,热膨胀系数降低 75%,从而改善了尺寸稳定性,常用作无油润滑轴承、机床导轨、衬套、垫片等。夹层复合材料是由两层薄而强的面板或蒙皮与中间夹一层轻而柔的材料构成。面板一般由强度高、弹性模量大的材料组成,如金属板、玻璃等。而心部结构有泡沫塑料和蜂窝格子两大类,这类材料的特点是密度小、刚性和抗压稳定性好、抗弯强度高,常用于航空、船舶、化工等工业,如飞机、船舱隔板和冷却塔等。

3. 颗粒增强复合材料

颗粒增强复合材料中承受载荷的主要是基体,颗粒增强的作用在于阻碍基体中位错或分子链的运动,从而达到增强的效果。增强效果与颗粒的体积含量、分布、粒径、粒间距有关,粒径为 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ 时的增强效果最好。粒径小于 $0.1\mu\text{m}$ 时,位错容易绕过,难以对位错运动起阻碍作用;粒径大于 $0.1\mu\text{m}$ 时,会造成附近基体中应力集中,或者使颗粒本身破碎,反而导致材料强度降低。常见的颗粒复合材料有两类:一类是颗粒增强树脂复合材料,如塑料中添加颗粒状填料,橡胶用炭黑增强等;另一类是颗粒增强金属复合材料,如陶瓷颗粒增强金属复合材料。

1.2 材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能两种。使用性能是指金属材料在使用过程中反映出来的特性,它决定金属材料的应用范围、安全可靠性和使用寿命。使用性能又分为力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指金属材料在制造加工过程中反映出来的各种特性,它决定材料是否易于加工或如何进行加工的重要因素。

在选用金属和制造机械零件时,主要考虑力学性能和工艺性能。在某些特定条件下工作的零件,还要考虑物理性能和化学性能。

1.2.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能又称机械性能,是金属材料在外力作用下所反映出来的性能。力学性能是零件设计计算、选择材料、工艺评定以及材料检验的主要依据。

不同的金属材料表现出来的力学性能是不一样的。衡量金属材料力学性能的主要指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

1. 强度、弹性与塑性

(1) 拉伸曲线

金属材料的强度、弹性与塑性一般可通过拉伸试验来测定。

拉伸试验是在拉伸试验机上进行的。试验时,先将被测金属材料制成如图 1-1 所示的标准试样,然后在试样的两端逐渐施加轴向载荷,直到试样被拉断为止。在拉伸过程中,试验机将自动记录每一瞬间的载荷 F 和伸长量 Δl ,并绘出拉伸曲线。

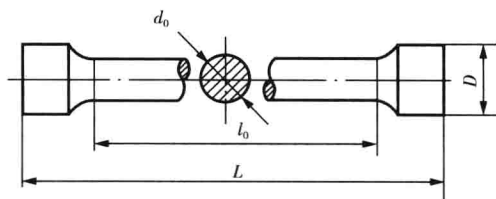


图 1-1 拉伸试样

图 1-2 为低碳钢的拉伸曲线。由图可见,低碳钢试样在拉伸过程中,可分为弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段。

当载荷不超过 F_e 时,拉伸曲线 Oe 段为一直线,表明试样的伸长量与载荷成正比,完全符合虎克定律,试样处于弹性变形阶段。当载荷 F_e 超过后试样除产生弹性变形外还将产生塑性变形。当载荷达到 F_s 时,试样开始产生明显的塑性变形,在拉伸曲线上出现了水平的或锯齿形的线段,这种现象称为“屈服”。当载荷继续增加到某一最大值 F_b 时,试样的局部截面缩小,产生“缩颈”。由于试样局部截面的逐渐减小,故载荷也逐渐降低,当达到拉伸曲线上的 k 点时,试样在缩颈处断裂。

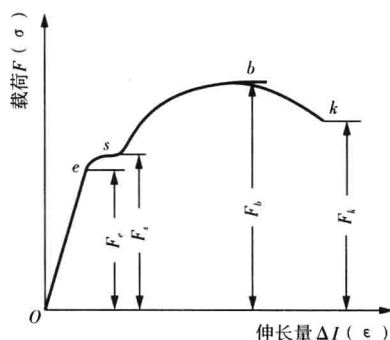


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线