

●谢世龙 主编

劳动经济管理专业系列教材

工业技术基础



劳动经济管理专业系列教材编审委员会

主任编委 刘子卿

副主任编委 裴 烽 慕绥新 彭祖庚

委 员 (按姓氏笔划为序)

白景泽 何晓萍 陈友常 高庆福

陶 黄 葛建明 解恒谦 魏凤芝

绪 论

我们所处的时代，是一个科学技术迅猛发展的时代。科学是人类认识自然的知识体系，是人们征服自然、改造自然的一种精神力量，是一种潜在的生产力。技术是生产过程中的劳动手段、工艺方法，是人们所掌握的科学知识、劳动技能和生产经验的物化形态，是现实的生产力。工业技术是科学技术与工业生产过程相结合的产物，是从事工业生产劳动的人们所掌握的科学知识、劳动技能和生产经验的物化形态，是非常重要的现实的生产力。

科学技术的迅猛发展，已成为推动社会经济发展的首要因素，也是推动工业经济蓬勃发展的首要因素。据统计，近四十年来，工业经济增长的各种因素中，技术进步所占的比重，苏联为63%，美国为71%，日本为65%，我国仅为19%，显然差距颇大。专家们认为，切实解决我国国民经济大起大落的问题，科技进步是关键。他们回顾了建国以来经济起落的八个周期，其发生机制有惊人的相似之处，都是“投资饥俄症”推动经济扩张，于是信贷扩大，社会总需求骤然上升，导致供需缺口扩大，出现资金不足、外汇紧缺、一些基础工业部门产生“瓶颈”现象，然后国家采取紧缩政策，经济收缩，增长率急剧下降。因此，他们认为，再不能不顾国力，单纯靠增加人力和物力的投入、用落后的技术手段来搞经济建设，必须依靠科技进步这一重大因素，通过内涵的自我更新和发展来使经济稳步增长。应当看到，科学技术的发

展是提高生产社会化程度的巨大动力，是提高劳动生产率的决定性因素，是扩大资金积累的主要途径。它对经济发展的推动作用是相当巨大的；反过来，经济的发展，又推动着科学技术和经济管理的发展，二者相辅相成，互相促进。

劳动经济管理人员的任务是：研究“……劳动的社会形式，劳动的社会结构，换句话说，是人们在参加社会劳动方面彼此的关系。”^①而人们参加社会劳动，不可能脱离科学技术。因此，工业技术与劳动经济有着密切的联系。

第一，由于工业技术的迅速发展，促使社会分工愈来愈细，综合性愈来愈强，现代化大生产的专业化、社会化程度越来越高，协作范围越来越广，环境变化越来越快，局部与全局的关系越来越密切。这些发展变化，必然影响到劳动的社会形式和劳动的社会结构，并使之发生相应的变化。

第二，由于工业技术的迅速发展，使生产力发生了很大改变。从劳动工具方面来说，以往的机器只能减轻人们的劳动强度，或者代替人们的体力劳动；而现代工业技术提供的设备，不仅可以代替人们的体力劳动，还能部分地代替人们的脑力劳动。从劳动对象方面来说，以往主要靠大自然提供原材料，而现代工业技术已能为生产提供大量的原材料，例如世界上的合成染料已占全部染料的99%，合成橡胶已占全部橡胶的70%以上，人造纤维已取代了大量织物的原料，凡此等等，都极大地扩大了劳动对象的范围。从劳动力方面来说，现代工业技术已改变了生产过程脑力劳动者与体力劳动者的比例，即使是体力劳动者，也不再是原来意义上的单纯体力劳动，他们在劳动中越来越多地依靠智力。这些重大

^① 列宁：《社会革命党人所复活的庸俗社会主义和民粹主义》，《列宁全集》第6卷，第234页。

的改变，对于人们参加社会劳动的方式，即劳动力与生产资料的结合方式；对于人们在劳动过程中的组织形式，即劳动分工与协作的形式；对于劳动者个人消费品的分配形式，即人们因参加劳动而得到的劳动报酬和福利待遇等，都必然要随着这些改变而发生相应的改变。

第三，由于以上两方面的变化，劳动管理体制，劳动管理机构，劳动管理人员的素质，劳动就业，劳动力的分配，对劳动者的教育与培训，劳动定额定额与劳动组织，劳动工资与劳动者的生活水平等等，也必须根据工业技术的现状和发展趋势，作出相应的改革。

第四，从劳动经济管理专业的学科体系和知识结构来说，工业技术基础既是为劳动统计学、劳动经济管理学、劳动定额学、劳动报酬学、劳动保险与保护等课程打基础的，它本身又是一门重要的专业课。

综上所述，可见工业技术与劳动经济的关系十分密切，劳动经济管理专业人员学习并掌握一定的工业技术基础知识，对于学好本专业的专业课程；对于做好本职工作；对于探讨研究劳动经济理论和目前改革、开放过程中出现的新情况、新问题；对于搞好劳动经济管理，提高劳动生产率，加速社会主义现代化建设，都有重大作用和意义。

当前，工业技术正在蓬勃发展，欣欣向荣。我们党和国家已把科学技术和教育事业放到经济发展战略的首位，依靠科技振兴经济、振兴企业是今后一个时期的总方向。在这个总方向既定的情况下，今后工业技术发展的趋势是：

1. 着重于老企业的技术改造；
2. 强化新技术、新工艺、新材料的开发利用；
3. 有条件地引进国外先进技术，并充分消化、吸收和

创新；

4. 发展高新技术和新兴技术，并逐步形成相应的产业结构；

5. 开展多种形式的技术协作；

6. 加强技术基础工作；

7. 重视软科学和管理科学的发展，推进决策科学化和民主化。

工业技术是一个非常广阔的领域，其内容浩瀚如海，如果把它当作一门学科，取名为《工业技术学》，则它所考察的领域实在太广，其研究对象很难界定，而且要用几十万字概括所有的工业技术，也很难办到。为此，本书根据劳动经济专业自学考试的需要，按照该专业系列教材编审委员会审定的编写大纲，把该专业学员应该了解和掌握的工业技术基础知识及主要工业部门的典型生产工艺技术，编写为工程材料、能源、冶金、化工、机械、轻纺、电子、建筑工业技术等九章，定名为《工业技术基础》。本书基本内容的深广度相当于全日制高等学校教材，但在阐述上力求照顾自学的特点，注意了详略适当，深入浅出，“梯度”相宜，并附上较多直观易懂的图表。它不仅是劳动经济管理专业自学考试教材，也可作为全日制财经类院校相同课程的教材，还可作为大专层次专业证书班和岗位培训班用书。

由于本书内容广泛，包括各种材料的基本性能和分类方法，各种加工工艺的基本原理和操作技术，以及所用设备的工作原理和性能等。因此，自学每一章时，都要根据本课程的自学考试纲要，抓住重点内容的有机联系，掌握其规律性。对于图表，不必硬背，但要弄清其原理和数据的使用范围。

目 录

绪论	1
第一章 工程材料	1
第一节 金属及合金的主要性能	1
第二节 金属的结晶和合金的构造	10
第三节 铁碳合金	20
第四节 钢的热处理	42
第五节 其他金属材料	59
第六节 非金属材料	74
第二章 能源工业技术	82
第一节 煤炭工业	82
第二节 石油和天然气工业	95
第三节 电力工业	106
第四节 新能源和节能新技术	120
第三章 冶金工业技术	123
第一节 金属矿床开采与选矿	123
第二节 高炉炼铁	144
第三节 转炉炼钢	157
第四节 钢材轧制	174
第五节 有色冶炼	188
第四章 化学工业技术	199
第一节 化工生产中的单元操作及设备	199
第二节 典型化工生产工艺	224

第五章 机械加工技术(热加工)	232
第一节 铸造	232
第二节 压力加工	249
第三节 焊接技术	261
第六章 机械加工技术(冷加工)	274
第一节 金属切削加工基本知识	274
第二节 金属切削机床基本知识	291
第三节 车削加工	313
第四节 钻削加工和镗削加工	322
第五节 铣削加工	327
第六节 刨削、插削和拉削加工	333
第七节 磨削加工	338
第七章 轻纺工业技术	357
第一节 造纸	357
第二节 食品、饮料工业	368
第三节 纺织工业	379
第八章 电子工业技术	396
第一节 电真空器件生产技术	396
第二节 微电子技术	418
第三节 激光简介	422
第九章 建筑工业技术	427
第一节 建筑材料	427
第二节 建筑施工机械简介	448
第三节 建筑施工技术	455

第一章 工程材料

工程材料包括金属材料和非金属材料。它是现代工业、农业、国防、科学技术和日常生活所不可缺少的物质基础。研究工业技术，首先应对工程材料有一个基本的了解，并重点掌握工程材料的某些性能和特点。

第一节 金属及合金的主要性能

一、金属及合金的机械性能

所谓机械性能（或称力学性能），是指金属材料在外力作用下所表现的抵抗能力。它包括弹性、塑性、强度、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

金属材料在加工及使用过程中所受的外力称为载荷。根据载荷作用性质的不同，又可分为静载荷、冲击载荷及交变载荷等。

静载荷：是指大小不变或变动很慢的载荷。

冲击载荷：是指突然增加的载荷。

交变载荷：是指大小、方向或大小和方向随时间发生周期性变化的载荷。

1. 弹性和塑性

金属材料在外力作用下都会或多或少地产生变形，金属材料受载荷作用而发生的尺寸和形状的变化称为变形。

金属材料受外力作用时产生变形，当外力去掉后能恢复原来形状的性能，叫做弹性。这种随着外力消失而消失的变形，叫做弹性变形。

金属材料在受外力作用下能够产生显著的变形（或称永久变形）而不破裂的性能，叫塑性。在外力消失后留下来的这部分不可恢复的变形，叫做塑性变形。

金属材料是一种既具有弹性又具有塑性的材料。其弹性和塑性的表现，常常是有条件的。在室温和一般载荷的条件下，如果外力的作用时间不太长，则某种金属材料在作用力达到某一定值以前，变形是弹性的，超过此值，变形是塑性的。

金属材料的塑性指标通常用延伸率（ δ ）和断面收缩率（ ψ ）来表示。

为了测试金属材料的延伸率和断面收缩率，需要把被测材料制成试样，然后安装在拉伸试验机上进行拉伸试验。

（1）拉伸试样。拉伸试样的形状通常有圆形和板状两

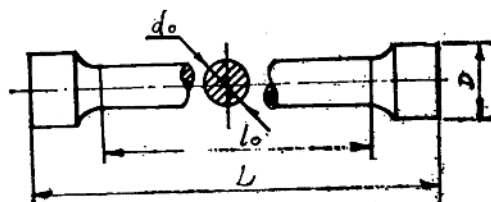


图1—1 拉伸试样

类。在国家标准中，对试样的形状、尺寸及加工要求均有明确的规定。图1—1所示的为圆形拉伸试样。

图中 d_0 是试样的直径。 L_0 为标距长度，是指试样计算时的有效长度。

（2）拉伸曲线。将试样安装在拉伸试验机上，对其两端施加轴向静拉力 P ，试样产生变形。若将试样从开始直到断

裂前所受的拉力 P ，与其所对应的伸长 ΔL 绘成曲线，可得拉伸图。图1—2是普通低碳钢拉伸图。它反映金属材料在拉伸过程中的弹性变形、塑性变形直至断裂的全部力学特性。

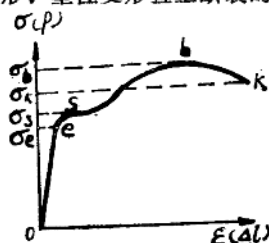


图1—2 普通低碳钢拉伸图

拉伸图与试样尺寸有关。因此，可分别以应力 σ （单位截面上的拉力 $\frac{P}{\frac{\pi d_0^2}{4}}$ ）和应变 ε （单位长度上的伸长量 $\frac{\Delta L}{L_0}$ ）来代替 P 和 ΔL 。由此绘成的曲线叫做应力—应变图，

它和拉伸图具有相同的形式。

从图1—2中可知，当载荷未达到 e 点以前，试样只产生弹性变形。故 σ_e 为材料所承受的、不产生永久变形的最大应力，叫弹性极限。当载荷超过 e 点时，试样开始产生永久变形，即塑性变形。当载荷继续增加到 s 点时，试样所承受的载荷虽不增加，仍继续产生塑性变形，图上出现水平线段，这种现象叫做屈服， S 点就叫屈服点。它是金属材料从弹性状态转向塑性状态的标志。当开始出现明显的塑性变形时的应力叫做屈服极限，通常用 σ_s 来表示。有些金属材料在拉伸图中没有明显的水平线段，它的屈服极限很难测定，一般规定产生 0.2% 塑性变形时的应力作为屈服极限，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。当载荷继续增加至 b 点时，试样截面出现局部变细的缩颈现象，因为

截面变小,使试样变形所需要的载荷,也就下降,至k点时试样被拉断。b点的拉力是试样在拉断前所能承受的最大载荷。

延伸率是指试样拉断后标距增长量与原来长度的比值,用百分率来表示:

$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中, L_0 ——试样原来的长度, mm;

L_1 ——试样受拉伸断裂后的长度, mm。

断面收缩率是试样拉断处横截面积减少量与原横截面积的比值,用百分率表示:

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \times 100\%$$

式中, F_0 ——试样的原始截面积, mm^2 ;

F ——试样断口处的截面积, mm^2 。

金属材料的延伸率 δ 和断面收缩率 ψ 数值越大,表示材料的塑性越好。良好的塑性是金属材料进行塑性加工的必要条件。

2. 强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的能力。在工程上常用来表示金属材料强度的指标有屈服强度和抗拉强度。

屈服强度就是通过拉伸试验测得材料的屈服极限,亦即抵抗微量塑性变形的应力。它可按式计算:

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad P_s [\text{帕斯卡}] \textcircled{1}$$

式中, P_s ——试样产生屈服现象时所承受的最大外力, N[牛顿]②

① 应力的法定单位是帕斯卡,简称帕,单位符号为 Pa , 1帕 (Pa) = 1牛/米² (N/m^2)

② 力的法定单位是牛顿,简称牛,单位符号为 N , 1千克力 = 9.8牛 (N)。

F_0 ——试样原来的截面积, m^2 。

抗拉强度就是通过拉伸试验测得材料在断裂前所能承受的最大应力, 也称强度极限。它可用下式计算:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad Pa$$

式中, P_b ——试样在断裂前的最大拉力, N ;

F_0 ——试样原来的截面积, m^2 。

屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 在设计机械和选择、评定金属材料时有重要意义。因为金属材料不能在超过其 σ_s 的条件下工作, 否则会引起机件的塑性变形, 金属材料更不能在超过其 σ_b 的条件下工作, 否则会导致机件的破坏。

3. 硬度

金属材料抵抗其他更硬的物体压入其表面的能力, 叫做硬度。它是材料性能的一个综合的物理量, 表示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形或破断的能力。

金属材料的硬度可用专门仪器来测验, 常用的有布氏硬度机和洛氏硬度机。

布氏硬度机的原理是用一定直径的淬火钢球, 在一定压力 P 下, 将钢球垂直地压入被测金属材料表面, 并保持压力至规定的时间后卸荷, 测得压痕的直径。然后根据所用压力的大小和所得压痕面积, 算出压痕表面所承受的平均应力值。这个应力值叫做布氏硬度, 用符号 HB 表示, 即

$$HB = \frac{P}{F} \quad Pa$$

式中, P ——所加压力, N ;

F ——所得压痕面积, m^2 。

由于钢球直径和压力 P 都是已知的, 根据钢球直径和压

痕直径就可以求出F，所以在试验时只要用放大镜测得压痕直径，就可以直接查表得到HB值，一般只标出其大小，而不注明单位。

洛氏硬度机也是利用压力将坚硬的压头压入被测金属表面的原理，但它不是根据压痕的直径，而是根据压痕的深度来计算硬度。所用的压头和载荷，也和布氏硬度机不同。例如，洛氏硬度机有一种压头是顶角为 120° 的金刚石圆锥，用以试验较硬的材料。这种压头在150公斤载荷下测得的硬度值（可直接由硬度机的刻盘上读取），叫做洛氏硬度，用符号HRC表示。HRC的数值愈大，则硬度愈高。

由于采用不同压头和载荷相配合，洛氏硬度试验还有其他的标度，如HRA、HRB等。HRC洛氏硬度机以金刚石为压头，可以试验硬度很高的材料，而且压痕很小，几乎不损伤工件表面，故在钢铁热处理质量检查中应用最多。

布氏硬度与洛氏硬度可以利用特制的表格互相进行换算。

由于硬度反映金属材料在局部范围内对塑性变形的抗力，故硬度与强度之间有一定的关系，下列经验数据可供参考：

低碳钢	$\sigma_b \approx 0.36HB$
高碳钢	$\sigma_b \approx 0.34HB$
调质合金钢	$\sigma_b \approx 0.325HB$
灰铸铁	$\sigma_b \approx 0.1HB$

4. 冲击韧性

有些机器零件和工具在工作时要受到冲击作用，如蒸汽锤的锤杆、柴油机的曲轴、冲床的冲头等。由于瞬时的外力冲击作用所引起的变形和应力，比静载荷的大得多。因此，

在设计受冲击载荷的零件和工具时，必须考虑所用材料的冲击韧性。

金属材料抵抗冲击载荷的能力，叫做冲击韧性。目前常用一次摆锤弯曲冲击试验来测定金属材料的冲击韧性，即把标准冲击试样（见国家标准 GB229—63）一次击断，就用试样缺口处单位截面积上的冲击功来表示冲击韧性，即：

$$\alpha_k = \frac{A_k}{F} \quad \text{J/m}^2$$

式中， α_k ——冲击值，

A_k ——折断试样所消耗的冲击功，J，

F ——试样缺口处的原始截面积， m^2 。

对于脆性材料（如铸铁、工具钢等），作冲击弯曲试验时，试样一般不开缺口，因为开了缺口的试样冲击值太低，难以比较不同材料冲击性能的差异。

冲击值的大小与很多因素有关，不仅受试样形状、表面粗糙度①、内部组织等的影响，还与周围温度有关。因此，冲击值一般作为选择材料的参考，不直接用于强度计算。

必须指出，在冲击载荷下工作的机器零件，很少是受大能量一次冲击而破坏的；往往是受小能量多次重复冲击而破坏的。因此，在一次冲断条件下确定冲击韧性，虽然方法简便，且其冲击值对于判别金属材料抵抗大能量冲击能力方面有一定的作用；但是对于大多数在工作中承受小能量重复冲击的机件来说，就不够适合。不过，试验研究表明：在冲击能量不太大的情况下，金属材料承受多次重复冲击的能力，

① 零件加工时，由于刀具在零件表面上留下的刀痕及切削分裂时表面金属塑性变形影响，使零件表面上具有较小间距和峰谷，而由它们所组成的微观几何形状特性，称为表面粗糙度。

主要决定于强度，而不是要求过高的冲击韧性，这时强度较高而冲击韧性较低的材料寿命较长。例如球墨铸铁的冲击性仅为 150KJ/m^2 ，只要强度足够，就能满意地用来制造柴油机曲轴。

5. 疲劳强度

在机械中有许多零件，如曲轴、齿轮、连杆、弹簧等，是在交变载荷的作用下工作的。这种受交变应力的零件，发生断裂时的应力，远低于该材料的屈服强度，这种现象叫做疲劳破坏。据统计，约有80%的机件失效都可归咎于疲劳破坏。

当金属材料在无数次重复交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力，叫做疲劳强度。实际上不可能进行无数次试验，故各种金属材料应有一定的应力循环基数。拿钢材来说，如应力循环次数达 10^7 次仍不发生疲劳破坏，就认为不会再发生疲劳破坏，所以钢材以 10^7 为基数。有色金属和某些超高强度钢则常取 10^8 为基数。

产生疲劳破坏的原因，一般认为是由于材料有夹杂、表面划痕及其他能引起应力集中的缺陷，而导致微裂纹的产生。这种微裂纹随应力循环次数的增加而逐渐扩展，致使零件不能承受所加载荷而突然破坏。

为了提高零件的疲劳强度，除改善其结构形状，避免应力集中外，还可采取表面强化的方法，如提高零件表面的表面光洁度（即表面粗糙度参数越小越好），对零件表面进行喷丸处理、表面淬火等。

二、金属材料的物理、化学及工艺性能

1. 物理性能

金属的物理性能，包括重度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和磁性等。

单位体积某种金属的重量，叫做这种金属的重度。

在飞机、导弹的设计制造中，零件的重量是个关键问题。在实际工作中，常用重度计算大型零件的重量。

金属或合金的熔化温度，称为熔点。金属都有固定的熔点。属于难熔的金属有钨、钼、铬、钒等，属于易熔的金属有锡、铅、锌等。

金属和合金受热时，它的体积会增大，冷却时则收缩。金属的这种性能称为热膨胀性。在实际工作中应该考虑热膨胀的影响，例如铸件冷却时工件体积收缩，精密量具因受温度变化而引起读数误差等。

金属在加热或冷却时能够传导热能的性质称为导热性。导热性好的金属散热也好，在制造散热器零件时，就应注意选用导热性好的金属。

金属能够传导电流的性能，称为导电性。导电性最好的是银，其次是铜和铝，工业上常用铜、铝或它们的合金做导电结构材料，用导电性较差的合金材料做电热元件或零件。

金属能导磁的性能，称为磁性。具有导磁能力的金属都能被磁铁吸引。如铁、镍、钴等都具有较高的磁性，也称为磁性金属。

2. 化学性能

金属的化学性能是指金属及合金在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力，如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。

对于在腐蚀介质中或在高温下工作的零件，比在空气中或室温下的腐蚀更为强烈。在设计这类零件时，应特别注意金属材料的化学性能，并采用化学稳定性良好的合金。如化