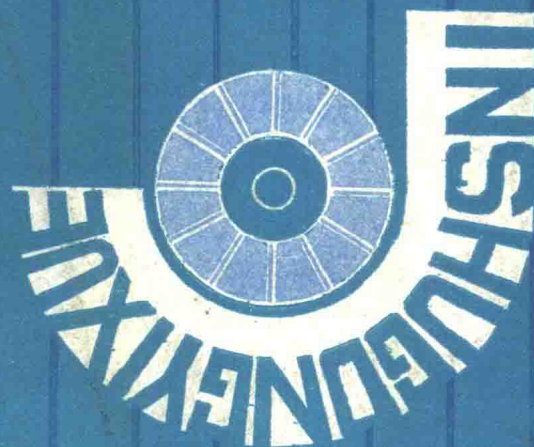


• 高等学校教学用书
• 王东升 李铭棠 崔之光 编

金属· · 工艺学



浙江大学出版社

金属工艺学

浙江大学金属工艺学教研室

王东升 李铭棠 崔之光 编

浙江大学出版社

内 容 简 介

本书是根据1986年国家教委金工课程指导小组审订的《非机类金工教学基本要求》，结合多年来的教学实践进行编写的。供高等工科院校非机类各专业使用。

编写意图旨在理论与实际紧密联系，使金属工艺学教学实习和课堂教学两个环节有机结合，成为金工实习和课堂讲课合一的教材，有利于开发智力，培养能力。全书在概括实习内容的基础上，进一步简述了金属加工的基本知识、基本工艺及基本原理。在保证教学基本要求的前提下，拓宽了内容，便于各专业侧重选用。叙述较为详细，适合学生自学。本书对工科类型的职工大学、电视大学等亦可使用。

金属工艺学

王东升、李铭棠、崔之光 编

责任编辑 沈翔

浙江大学出版社出版

浙江大学印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

787×1092 16开本 18.75 印张 418 千字

1987年8月第1版 1987年8月第1次印刷

印数：1-9000

ISBN 7-308-00024-9

T6·001 定价：3.14元

(统一书号：15337·032)

前 言

本书是根据1986年国家教委金工课程指导小组审订的高等工业学校《非机类金工教学基本要求》，结合我校的教学实践进行编写的。可供非机类学生在金工实习期间完成金属工艺学学习的基本教材，也可供机械类专业学生在金工实习中参考。

本书内容包括金属材料、铸造、压力加工、焊接及金属切削加工等几部分，是按金属工艺学教学实习和课堂教学两个教学环节有机结合的要求编写而成。对于在实习期间可以学到的感性知识及具体操作方法、步骤等，书中不再重复，只是适当概括实习内容，重点是进一步阐述金属加工的基本知识、基本工艺及基本原理，叙述较为详细，适合学生自学。每章末附有思考与练习题，以帮助学生复习。学生在金工实习期间，通过操作实践、参观、示范表演或电教手段等方法，自学教材、并辅以适当的辅导课，使学生学到机械制造的基础知识。金工实习完毕，不再另外安排课堂教学时间。

本书是金工实习与课堂讲课合一的教材，为使教材有较大的通用性，在保证教学基本要求的前提下，拓宽了内容，便于各专业侧重选用。此外，对于工科类型的职工大学作为课堂讲课的教材亦可适用。

书中技术名词、定义符号均按国际标准化组织(ISO)的规定，计量单位基本采用国际单位制(SI)。

参加本书编写的有：浙江大学金工教研室李铭棠（绪论、第1、2、3、4章）；王东升（第5、6、7、8、14、15章）；崔之光（第9、10、11、12、13、16章）。由王东升担任主编。

本书经朱世英副教授详细审阅，金工教研室许多老师对本书提出不少宝贵意见，在此表示衷心感谢。

限于水平，书中缺点错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

编 者

1987年3月

绪 论

任何机器或设备都是由相应的零件装配而成。这些机器或设备种类繁多，大至船舶、桥梁、内燃机车，小至各种仪器仪表。使用的材料也是多种多样，有金属材料，也有非金属材料。因此，只有制造出合乎要求的零件，最后才能装配出合格的机器设备。机械零件的制造工艺方法很多，各有其特点和适用范围。工程师不但要能设计出有关的机器设备，同时还必须了解材料的选用，零件制造等有关问题。而且在着手设计时就应该对这些问题给以仔细的考虑。因为同样的零件可以采用不同的材料，不同的加工方法来制造。只有这样，才能使设计出来的机器设备既满足工作上的要求、又使材料和能源消耗少，制造方便，从而缩短生产周期和降低产品制造成本。

历史证明，新产品的出现在很大程度上依赖于材料科学和制造工艺水平。因为理论研究的成功并非立刻就能转变为产品，必须要有相应的材料及加工工艺水平的配合。这种情况在科学技术发展史上是不乏其例的。例如无线电是在1867年发明的，但直到1902年才形成产品，中间相隔了35年之久。值得注意的是这种时间间隔正在日益缩短。晶体管的发明到形成产品只相隔3年，而激光器则在当年就形成产品。这是由于50年代以后，新材料和新工艺得到了迅速发展的缘故。因此，在产品的研制过程中，除了运用传统的材料和加工方法外，还必须充分注意并利用当代的新材料和先进的加工方法。

一般的机械制造过程如图1所示。

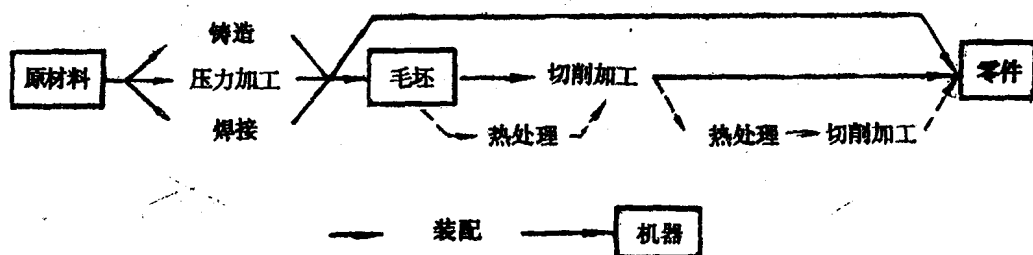


图1 机械制造过程示意图

众所周知，任何机器设备都是由毛坯经加工获得各种合乎要求（包括形状、尺寸精度要求和表面质量要求）的零件，最后经装配而成。有时还必须在毛坯制造和加工过程中穿插不同的热处理工艺，以调整或改善零件的机械性能。

通常可以通过两种不同的途径来制造毛坯。一种是将金属熔化后浇注到具有一定形状和尺寸的铸型中，金属在铸型中凝固后即成为所需的毛坯（铸件），这种方法称为铸造。另一种方法是对固态金属施加外力，使其产生塑性变形而成为具有一定形状和尺寸的毛坯（锻件），这种方法称为锻造。亦可通过轧制的方法使金属产生塑性变形而成为具有一定截面形状的型材（如圆钢、方钢、工字钢、槽钢、管件等）。这类型材可以直接使用，也可作为毛坯进一步加工。

但是同一零件，根据要求及其他情况的不同可以采用不同的方法制造毛坯。因此，毛

坯制造方法的选择，必须根据零件工作条件及性能的要求，形状的复杂程度，尺寸大小，生产批量和制造成本等多方面因素综合考虑。

在某些情况下，例如制造重型零件，但又缺乏大型铸造或锻造设备时，亦可采用铸造、锻造和焊接联合的方法来制造毛坯。

因此，要做到合理选择毛坯，必须对铸造、锻造和焊接等工艺方法及其应用范围具有一定的认识。

同样，在零件加工过程中也存在着类似的情况，因为毛坯可以通过各种不同的加工方法加工成为零件。因此必须根据实际情况选择合适的加工方法，使能够在满足零件要求的条件下，其加工方法最简便，加工工时最少。要达到这一目的，并不只是工艺师或加工车间的事，而且也是设计者必须关心的。因为不良的设计，譬如单纯追求外形美观而使零件结构复杂化，或规定过高的精度及表面质量的要求等，均将导致加工过程复杂化，因而提高了加工成本。所以设计和制造应该是紧密配合的，工艺师应尽量在加工上满足设计的要求，而设计者又应广泛了解多种加工方法，使其设计的产品加工方便而经济。

金属工艺学是一门综合性的技术基础课。其目的和任务是使学生了解常用金属材料性质及其加工工艺的基础知识，为学习其他有关课程及以后从事生产实践工作奠定必要的金属工艺学基础。

学习本课程的基本要求是：

- (1) 了解常用金属材料的一般性质和应用范围；
- (2) 初步掌握各种主要加工方法的基本原理及特点，了解各种主要加工方法所用设备及工具的结构特点和应用范围；
- (3) 初步了解零件的结构工艺性，金属材料的工艺性，及选择毛坯和零件加工方法，并对机械制造生产过程具有较完整的概念。

目 录

1 金属材料		1.2 模型.....45	2 铸造合金及熔炼.....48
1 金属材料的机械性能..... 2	1.1 强度..... 2	2.1 金属的铸造性能.....48	2.2 常用铸造合金的铸造性能.....50
1.2 塑性..... 4	1.3 硬度..... 4	2.3 铸铁的熔炼.....50	2.4 铸钢的熔炼.....53
1.4 韧性..... 5	1.5 金属材料的工艺性能..... 7	2.5 有色金属的熔炼.....54	3 特种铸造.....55
2 金属的晶体结构与结晶..... 8	2.1 常见的金属晶格..... 8	3.1 金属型铸造.....55	3.2 熔模铸造.....56
2.2 纯金属结晶过程..... 9	2.3 金属的同素异晶转变.....10	3.3 压力铸造.....56	3.4 离心铸造.....58
2.4 合金的相结构和组织.....10	3 钢铁的组织 and 性能.....12	4 铸件结构工艺性.....59	
3.1 铁碳合金的组织.....12	3.2 铁碳合金状态图.....13		
4 钢的热处理.....16	4.1 钢在加热时的转变.....17	3 压力加工	
4.2 钢在冷却时的转变.....17	4.3 钢的热处理工艺.....19	1 压力加工主要方法.....64	2 塑性变形对金属性能的影响.....67
5 常用金属材料.....22	5.1 碳素钢.....22	2.1 加工硬化和再结晶.....67	2.2 热压力加工和冷压力加工.....68
5.2 合金钢.....26	5.3 铸铁.....30	2.3 纤维组织.....69	3 加热和冷却.....69
5.4 铜及铜合金.....31	5.5 铝及铝合金.....34	3.1 加热.....70	3.2 冷却.....71
5.6 粉末合金.....36		4 锻造工艺.....71	4.1 自由锻.....71
2 铸造		4.2 锤上模锻和胎模锻.....77	5 板料冲压工艺.....81
1 砂型铸造.....38	1.1 手工造型.....39	5.1 冲压工艺及设备.....81	5.2 冲压零件的结构工艺性.....87
		5.3 其他冲压方法简介.....90	

4 焊接

1 手工电弧焊	94
1.1 手工电弧焊过程	94
1.2 手工电弧焊装备	96
1.3 手工电弧焊焊条	98
1.4 手工电弧焊工艺	100
1.5 焊接接头常见缺陷	102
1.6 焊接应力和变形	103
2 气焊和气割	106
2.1 气焊火焰	107
2.2 气焊设备	108
2.3 焊丝和焊剂	111
2.4 气割(氧——乙炔切割)	111
3 电阻焊	112
3.1 对焊	113
3.2 点焊	114
3.3 缝焊	115
4 钎焊	115
5 金属材料的焊接性能	116
6 其他焊接方法	118
6.1 埋弧自动焊	118
6.2 气体保护焊	120
6.3 电渣焊	121
6.4 摩擦焊	122
6.5 等离子弧焊接与切割	123
6.6 真空电子束焊接	124
6.7 激光焊接	124

5 金属切削加工的基础知识

1 切削运动和切削用量	126
1.1 切削运动	126
1.2 切削要素	127
2 刀具材料和刀具的几何形状	128
2.1 刀具材料	128

2.2 刀具的几何形状	131
3 金属切削过程	135
3.1 切削过程及切屑种类	135
3.2 切削力和切削功率	136
3.3 切削热	137
3.4 刀具的磨损和耐用度	138
4 切削用量的选择原则	140
5 工件材料的切削加工性概念	141

6 车削加工

1 普通车床	144
1.1 普通车床的编号	144
1.2 普通车床的组成部分及功用	146
1.3 普通车床的传动系统	147
2 车削时工件的装夹方法	153
2.1 用三爪卡盘装夹工件	153
2.2 用四爪卡盘装夹工件	153
2.3 用花盘装夹工件	154
2.4 用顶尖装夹工件	155
2.5 中心架及跟刀架的使用	155
2.6 用心轴装夹工件	156
3 车外圆	156
3.1 外圆车刀的种类	156
3.2 车刀的安裝	157
3.3 车削用量的选择	157
3.4 硬质合金不重磨车刀	158
4 车端面、切槽和切断	159
4.1 车端面	159
4.2 切槽和切断	160
5 镗孔	160
5.1 常用镗孔刀	161
5.2 镗孔方法	161
6 车圆锥	162
6.1 转动小拖板法	162
6.2 偏移尾架法	162
6.3 靠尺法	163

6.4	宽刀法	163
7	车成形面	164
8	车螺纹	164
9	其他车床	166
9.1	六角(转塔)车床	167
9.2	立式车床	167
9.3	自动车床	167

7 钻削与镗削加工

1	钻床	169
1.1	台式钻床	169
1.2	立式钻床	169
1.3	摇臂钻床	169
2	钻头及钻削过程	170
2.1	钻头	170
2.2	钻削过程	171
3	扩孔和铰孔	171
3.1	扩孔	171
3.2	铰孔	172
4	镗削加工	173

8 刨削加工

1	刨床	176
1.1	牛头刨床	176
1.2	龙门刨床	178
1.3	插床	179
2	刨刀及刨削工作	179
2.1	刨刀	179
2.2	刨削工作	179
3	拉削工作简介	180
3.1	拉刀及刀齿的几何形状	181
3.2	拉床及其工作	182

9 铣削加工

1	铣床	183
1.1	万能卧式铣床	183

1.2	万能回转头铣床	184
1.3	立式铣床	185
2	铣刀	185
3	铣削用量及其选择	186
3.1	铣削用量	186
3.2	铣削用量的选择	187
4	铣削方式	188
4.1	端铣与周铣	188
4.2	逆铣与顺铣	188
5	万能分度头及其工作	189
5.1	万能分度头的功用	189
5.2	万能分度头的构造	190
5.3	分度方法	191
6	铣削加工	193
6.1	工件的装夹	193
6.2	铣削工作	193

10 磨削加工

1	磨削过程及其特点	199
1.1	磨削过程	199
1.2	磨削特点	200
2	砂轮	201
2.1	砂轮特性及其选择	201
2.2	砂轮的形状和尺寸	204
2.3	砂轮的使用和修整	205
3	磨削运动和磨削用量	206
4	磨床及其工作	207
4.1	外圆磨床及其工作	207
4.2	内圆磨床及其工作	210
4.3	平面磨床及其工作	211
5	磨床的液压传动	212

11 齿轮加工

1	渐开线齿廓的形成	215
2	直齿圆柱齿轮的主要尺寸	215
3	齿轮的传动精度要求	216
4	圆柱齿轮齿形加工	218

4.1	铣齿	219
4.2	滚齿	220
4.3	插齿	222
4.4	磨齿	224

12 基本表面加工方法综述

1	外圆加工	227
2	孔加工	227
3	平面加工	229
4	成形面加工	230

13 机械加工工艺过程

1	机械加工工艺过程的基础知识	232
1.1	机械加工工艺过程	232
1.2	生产纲领与生产类型	233
2	机械加工工艺规程	234
2.1	审查零件图, 进行工艺分析	235
2.2	选择毛坯	238
2.3	安装与基准	238
2.4	制定工艺路线	242
3	制订机械加工工艺过程的实例	245
3.1	轴类零件	245
3.2	套类零件	247

14 特种加工

1	电火花加工	250
1.1	电火花加工的基本原理	250
1.2	电火花加工机床	251
1.3	电火花成型加工的工艺特点	252
1.4	电火花线切割加工	253
2	电解加工	254
2.1	电解加工的基本原理	254
2.2	电解加工的工艺特点和应用	

	范围	255
2.3	电解加工的生产率和加工精度	255
2.4	电解磨削	256
3	超声波加工	257
3.1	超声波加工的原理和特点	257
3.2	超声波加工装置	258
3.3	超声波加工的应用	259
4	激光加工	259
4.1	激光加工原理	259
4.2	激光加工的特点及应用	261

15 数控机床加工

1	数控机床的基本概念	262
2	数控机床的类型及加工特点	264
2.1	数控机床的类型	264
2.2	数控机床加工的特点	265
3	数控机床加工的控制原理	265
3.1	逐点比较法插补原理	266
3.2	插补运算程序	267
3.3	加工运算举例	270
4	数控机床加工的程序编制概念	271

16 钳工和装配

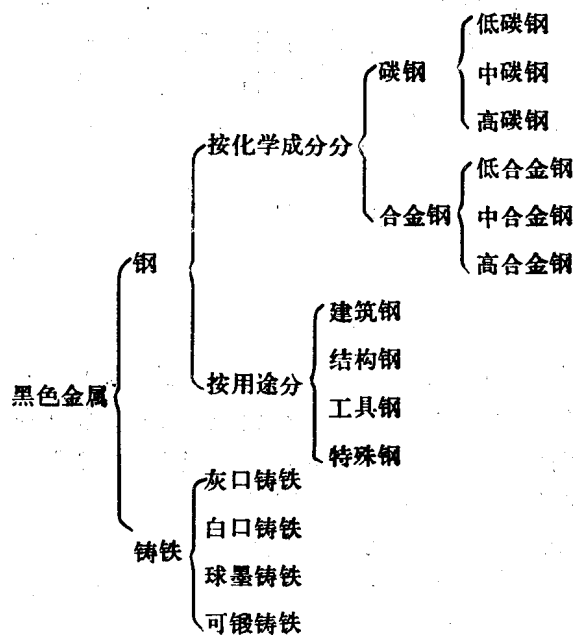
1	钳工	273
1.1	划线	273
1.2	錾削	277
1.3	锯削	278
1.4	锉削	279
1.5	攻丝和套丝	280
1.6	刮削	282
2	装配	285
2.1	装配工艺过程	286
2.2	典型零件的装配	287

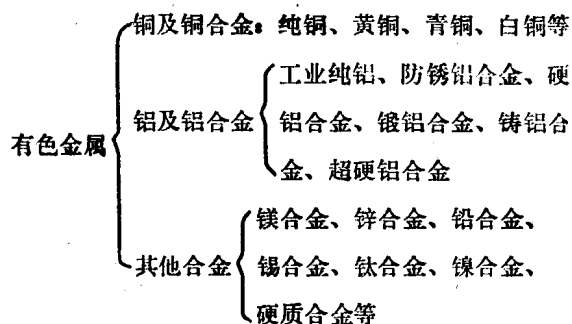
1 金属材料

工程中大量地使用各种金属材料。因此，如何合理、经济地选用金属材料，是工程技术人员必须仔细、认真考虑的问题。他应该了解常用金属材料的种类、牌号、性能、规格及使用特点，甚至价格及当前市场供应情况等。通常，许多机器零件都是用金属材料经过各种加工使其达到预期的形状、尺寸精度和表面质量等技术条件的要求，以满足在规定的条件下长期安全地运行。这些问题无论对设计人员或工艺人员都是十分重要的。

对设计人员来说，在设计某零件选择材料时，必须考虑材料是否能满足该零件所处工作条件（或称服役条件）的要求，例如对强度、耐磨性、耐蚀性、抗冲击性等要求。同时，还必须考虑材料的加工工艺性。在零件制造过程中，要经过各种加工，不同的生产批量和相应的加工方法对材料性能有不同的要求。例如，用锻造方法制造的零件，选用铸铁是显然不合理的，因为铸铁不具备锻压加工所要求的塑性。在制定技术条件时，所规定的要求也应与所选用的材料相匹配。

对工艺人员来说，在工作时需要根据零件所用材料及有关技术条件选择合适的加工工艺方法，并制定合理的工艺规程。因此，同样要求他对金属材料有充分了解。





此外，在对机器损坏、零件过早失效等事故判断时，均涉及到金属材料本身的问题。如果对金属材料没有充分的认识，将不可能作出正确而全面的分析和结论。

金属材料的种类众多，一般可将其分为黑色金属和有色金属两大类。常用的金属材料如上所列。

随着科学技术的不断发展，近年来涌现出许多新金属材料，例如超塑合金、超导材料、复合材料、形状记忆合金、微合金高强度钢等。及时了解和采用新材料，不仅能提高零件的性能，往往还能降低其生产成本。同时注意和利用某些热处理新工艺方法以提高、改善金属的性能，充分发挥金属材料的潜力，也具有十分重要的意义。金属材料的性能除了与其本身的种类、化学成分有关外，还与其内部组织有密切关系。通过不同的热处理方法，能改变金属材料的组织，从而也改变其各种性能。

1 金属材料的机械性能

工程中使用种类繁多的各种机器、仪器或其他装备。它们均处在各种不同的条件下工作，其中有些条件是很严酷的，例如高温、高压、强烈的腐蚀或严重的磨损等。因此，用来制造机器零件的金属材料，应具有优良的机械性能和工艺性能，较好的化学稳定性和一定的物理性能。设计机器零件时，必须首先熟悉金属材料的各种主要性能，才能根据零件的技术要求，合理地选用所需的金属材料。本节主要阐述金属材料的机械性能和工艺性能。

金属材料的机械性能主要是指力学性能而言，即受外力作用时所反映出来的性能。主要有：强度、塑性、硬度、冲击韧性等。

1.1 强度

强度是金属材料抵抗外力载荷而不致失效的能力，也就是金属材料在外力作用下抵抗变形和断裂的一种性能。按作用力性质的不同，可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度等等。工程中常用的金属材料的强度指标是抗拉强度和屈服强度。这两种强度指标是用标准的试样在拉伸试验机上进行拉伸试验而测出的。

拉伸试样的形状和尺寸如图1-1所示。试样两端加一缓慢增加的拉力。在拉力的作用下试样逐渐被拉长，直至断裂。记录拉力与伸长量，可作出拉伸图。图1-2所示为普通低碳钢的拉伸图，其纵坐标为载荷 P （牛顿），横坐标为绝对伸长量 Δl （毫米）。曲线表示

载荷与变形的关系，称为拉伸曲线。

由拉伸图可以看出，当载荷较小时，伸长与载荷成正比地增加，保持直线关系。这时若除去所加外力，则试样恢复原状，这种变形称为弹性变形。载荷超过 P_e 后，拉伸曲线开始偏离直线。但在载荷不大于 P_s 的情况下，变形仍属弹性变形。载荷超过 P_s ，试样开始产生永久变形，即塑性变形。载荷增加到 P_b ，拉伸曲线上出现平台，即载荷虽不增加，但试样却继续产生塑性变形而伸长。这种现象称为屈服， S 点被称为屈服点。金属材料屈服后，开始产生明显的均匀塑性变形。

当载荷达到一最大值 P_b 后，试样的某一部位的截面开始急剧缩小（称为缩颈），随后试样继续伸长。当载荷增至 P_k 时，试样在缩颈处断裂。 P_b 是从开始加载到断裂时所加的最大载荷。

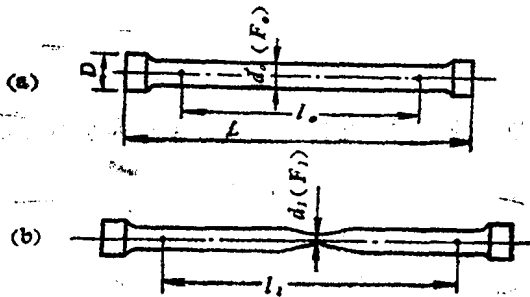


图1-1 拉伸试样示意图
(a) 拉伸前 (b) 拉伸后

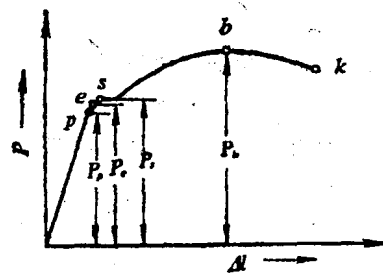


图1-2 普通低碳钢拉伸曲线

综上所述，金属在外力作用下，变形过程可分为三个阶段：弹性变形、弹塑性变形和断裂。

抗拉强度就是金属材料在拉断前所能承受的最大应力，以 σ_b 来表示，它可按下列式计算：

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \quad \text{Pa (帕斯卡) (或MPa, MN/m}^2\text{, kgf/mm}^2\text{)}$$

式中 P_b ——试样拉断前的最大拉力，(N)；

F_0 ——试样的原始截面积，(m²)。

屈服强度是抵抗微量塑性变形的应力，以 σ_s 表示。它可按下列式计算：

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0} \quad \text{Pa}$$

式中 P_s ——试样产生屈服时所受最大外力(N)；

F_0 ——试样原始截面积(m²)

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 条件下工作，否则会引起机件产生塑性变形，机件所承受的应力更不允许超过金属材料的 σ_b ，否则将导致机件破坏。

由此可见，金属材料的 σ_s 、 σ_b 这两个强度指标，是设计机械零件时计算零件截面尺寸

的重要依据。

1.2 塑性

金属的塑性是指金属在外力作用下产生塑性变形而不被破坏的能力。一些需要经过锻造、轧制或冲压成型的零件，所用的金属材料应具备良好的塑性。某些压力容器，为了保证其安全运行，防止因脆性破坏而引起灾难性事故，对其制造材料提出相应的塑性要求。通常用延伸率和断面收缩率作为金属材料的塑性指标。

1.2.1 延伸率 (δ)

拉伸试验时，试样受拉力的作用而被拉长直至最后断裂，其总伸长的长度同原始长度之比值的百分率，称为延伸率，以 $\delta(\%)$ 表示。从图1-1可以看出：

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

1.2.2 断面收缩率 (ψ)

试样拉断后，断面缩小，其缩小的面积同原始截面面积之比值的百分率称为断面收缩率，用 $\psi(\%)$ 来表示，它可用下式计算：

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

1.3 硬度

硬度是金属材料抵抗更硬物体压入其内的能力，实质上是表示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性变形、塑性变形或破裂的能力。通常，需要耐磨的机器零件，都要求其具有较高的硬度。

根据测试方法的不同，常用的硬度指标有布氏硬度(用HB表示)，洛氏硬度(用HR表示)和维氏硬度(用HV表示)等。

1.3.1 布氏硬度

布氏硬度测定时，是用一具有标准硬度和一定直径的淬火钢球，在一定的压力 P 下，将钢球垂直地压入金属材料的表面，并保持规定的时间后卸荷，测量其压痕的直径，如图1-3(a)所示。然后根据所施压力的大小和压痕的面积，算出压痕面积所受的平均应力值，此值即为布氏硬度。

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

式中 P ——所施加的压力，(N)；

F ——压痕面积，(m^2)。

但一般只标出数值而不注明单位。在实际应用时不必去计算压痕面积，只要用带有刻度的放大镜量出压痕的直径，然后根据压痕直径查表，即可得布氏硬度值。由于钢球本身硬度的限制，布氏硬度测量法不适用于测量 $HB > 450$ 的材料，因为材料硬度太高，将引起钢球变形而影响其准确度。其次，因压痕较大，也不适于测量薄件。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，例如可以通过金属材料的HB值近似地估计其抗拉强度，下列经验数据可供参考：

低碳钢 $\sigma_b = 0.36HB$

高碳钢 $\sigma_b = 0.34HB$

灰铸铁 $\sigma_b = 0.10HB$

1.3.2 洛氏硬度

洛氏硬度是用顶角为 120° 的金刚石圆锥或直径为1.59mm的淬火钢球作压头，在一定的载荷下压入金属材料的表面，并用压痕的深度来确定其硬度值，如图1-3(b)所示。洛氏硬度也只标明数值，不注明单位。根据所用压头及载荷大小的不同，洛氏硬度又分为三种。

(1) HRA——采用60公斤载荷及圆锥形金刚石压头测得的洛氏硬度值。主要用于测定硬度较高($>HB360$)壁厚较薄的试样或零件。

(2) HRB——采用100公斤载荷及直径为1.59毫米的淬火钢球为压头测得的洛氏硬度值。一般用于测定硬度较低($HB60\sim230$)的金属。

(3) HRC——采用150公斤载荷及圆锥形金刚石压头测得洛氏硬度值。所测硬度值有效范围相当于 $HB230\sim700$ ，是工程中常用的硬度指标。

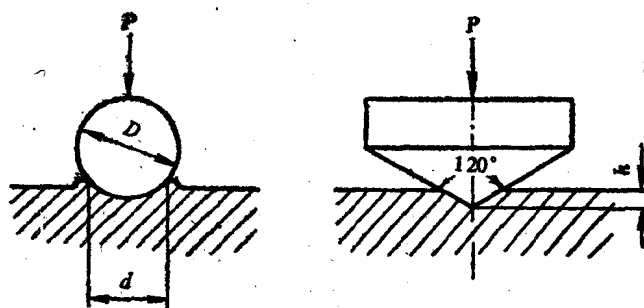


图1-3 硬度测定示意图

(a) 布氏硬度

(b) 洛氏硬度

洛氏硬度测定法的优点是：应用方便，能直接从刻度盘上读出硬度值，能测高硬度材料，压痕小，因此可用来测定成品或薄件。其缺点是压痕小，表示性不足，测量还不够精确，故常需多测几点取其平均值。

布氏硬度与洛氏硬度之间的关系可以通过查表对照（表1-1）。

1.4 韧性

金属材料抵抗冲击载荷的能力，叫做冲击韧性。有些金属材料在静力作用下表现出很高的强度，但在冲击力的作用下却表现得很脆弱。实践证明，冲击力要比静力具有更大的破坏性。因此，设计制造在冲击载荷下工作的零件时，必须考虑材料的韧性。

金属材料韧性的好坏可用冲击韧性值来衡量，冲击韧性值愈大则韧性愈好。冲击韧性值用 a_k 表示，单位是 J/cm^2 。

金属材料的冲击韧性值是在冲击试验机上测定的。具有规定形状及尺寸的带缺口试样，被一处于一定高度的重锤下落时击断（参阅图1-4）。以冲断试样所消耗的冲击功

表1-1 洛氏硬度HRC与其他硬度及强度换算表(试行)

洛氏硬度		布氏硬度	维氏硬度	强度(近似值)	洛氏硬度		布氏硬度	维氏硬度	强度(近似值)
HRC	HRA	HB _{10/3000}	HV	σ_b (MN/m ²)	HRC	HRA	HB _{10/3000}	HV	σ_b (MN/m ²)
65	83.6	—	798	—	36	(68.5)	331	339	1140
64	83.1	—	774	—	35	(68.0)	322	329	1115
63	82.6	—	751	—	34	(67.5)	314	321	1085
62	82.1	—	730	—	33	(67.0)	306	312	1060
61	81.5	—	708	—	32	(66.4)	298	304	1030
60	81.0	—	687	2675	31	(65.9)	291	296	1005
59	80.5	—	666	2555	30	(65.4)	284	289	985
58	80.0	—	645	2435	29	(64.9)	277	281	960
57	79.5	—	625	2315	28	(64.4)	270	274	935
56	78.9	—	605	2210	27	(63.8)	263	267	915
55	78.4	538	587	2115	26	(63.3)	257	260	895
54	77.9	526	659	2030	25	(62.8)	251	254	875
53	77.4	515	551	1945	24	(62.3)	246	247	845
52	76.9	503	535	1875	23	(61.7)	240	241	825
51	76.3	492	520	1805	22	(61.2)	235	235	805
50	75.8	480	504	1745	21	(60.7)	230	229	790
49	75.3	469	489	1685	20	(60.2)	225	224	770
48	74.8	457	475	1635	(19)	(59.7)	221	218	755
47	74.2	445	461	1580	(18)	(59.1)	216	213	740
46	73.7	433	448	1530	(17)	(58.6)	212	208	725
45	73.2	422	435	1480	(16)	(58.1)	208	203	710
44	72.7	411	423	1440	(15)	(57.6)	204	198	690
43	72.2	400	411	1390	(14)	(57.1)	200	193	675
42	71.7	390	400	1350	(13)	(56.5)	196	189	660
41	71.1	379	389	1310	(12)	(56.0)	192	184	645
40	70.6	369	378	1275	(11)	(55.5)	188	180	625
39	70.1	359	368	1235	(10)	(55.0)	185	176	615
38	(69.6)	349	358	1200	(9)	(54.5)	181	172	600
37	(69.0)	340	348	1170	(8)	(53.9)	177	168	590

A_k 除以试样断口处的横截面积 F , 所得结果即为冲击韧性值, 以 a_k 表示。

$$a_k = \frac{A_k}{F} \quad \text{J/cm}^2 \text{ (或 kgf.m/cm}^2\text{)}$$

金属材料的各种机械性能并非相互孤立, 而是有一定联系的。通常提高金属材料的强度、硬度则往往会降低其塑性、韧性。为了提高塑性、韧性, 有时就会削弱其强度。不同金属材料具有不同的机械性能, 即使同一金属材料, 若改变其内部组织, 其机械性能也会随之改变。因为金属材料的机械性能与其内部组织结构有关。

上述机械性能, 都是从材料力学概念出发, 即把金属材料假设为均匀而连续的固体物

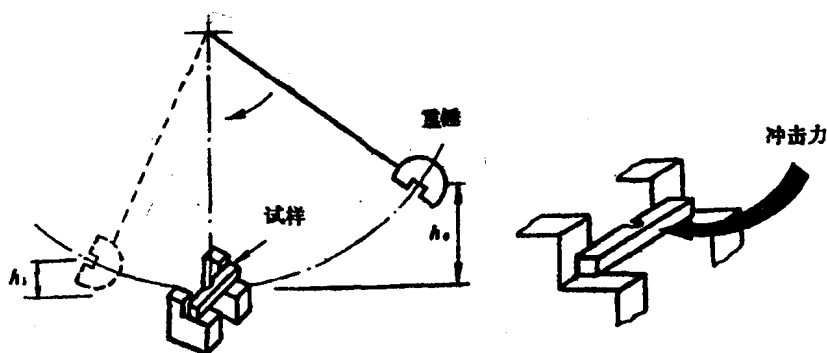


图1-4 冲击试验示意图

质。实际上，金属材料内部均不可避免存在有各种缺陷或微小的裂纹。当材料不具备足够的塑性，或所受应力复杂，或在低温下工作时，有可能在所受应力低于设计应力的情况下，由于裂纹的迅速扩展而突然破断。这种现象称为低应力脆断，尤须引起重视。

1.5 金属材料的工艺性能

在选用金属材料时，除了按零件工作要求考虑必要的机械性能外，还必须同时考虑其工艺性能。金属材料的工艺性能是指其经受各种加工方法的难易程度，实质上是物理、化学、机械性能的综合。按工艺方法的不同，可分为铸造性、可锻性、可焊性和切削加工性等。

1.5.1 铸造性

金属材料的铸造性，包括流动性、收缩性和偏析倾向等。流动性是指液态金属充满铸型的能力，流动性好的金属，可铸出细薄精致的铸件。收缩性是指金属凝固时和凝固后体积收缩的程度，金属的收缩不仅会使铸件体积缩小，还会引起铸件产生缩孔、缩松、收缩应力、弯曲变形和开裂等缺陷。偏析倾向是指金属在凝固过程中因结晶的先后差异而造成金属内部化学成分和组织上的不均匀现象，从而导致铸件各处性能上的差异，降低了零件的质量。这在大型铸件上尤其易于出现。一般灰口铸铁具有良好的铸造性。

1.5.2 可锻性

可锻性是指金属承受压力加工的工艺性能，它主要由金属的塑性决定。普通低碳钢由于其塑性指标较高而具有良好的可锻性，塑性指标低的金属（如铸铁等）则难以进行压力加工。

1.5.3 可焊性

可焊性是指金属材料易于用焊接方法连接起来，而且不需附加特殊措施即能获得优良焊接质量的性能。一种材料的可焊性，除了与材料本身各种特性有关外，它又与焊接工艺方法有关，某些新工艺的出现往往改变人们对某些金属材料可焊性的认识。例如通常认为铝及铝合金的可焊性较差，但由于氩弧焊的应用，使铝合金的焊接并不显得十分困难。因此，用氩弧焊焊接铝合金时，可以认为铝合金的可焊性并不太差。总的说来低碳钢、低合金钢具有良好的可焊性，铸铁的可焊性较差。