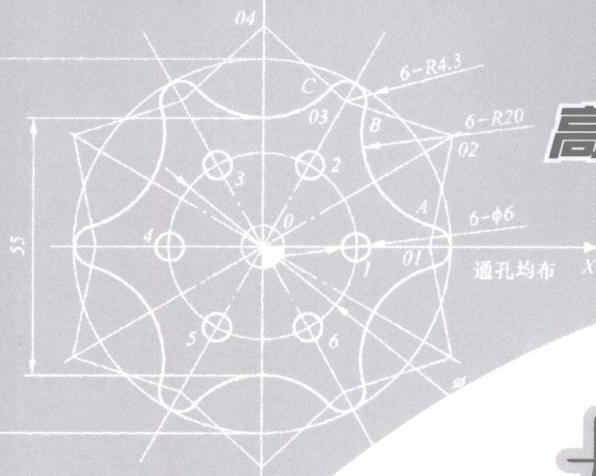
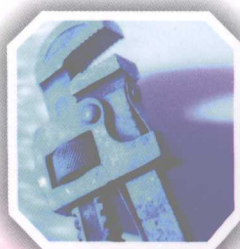
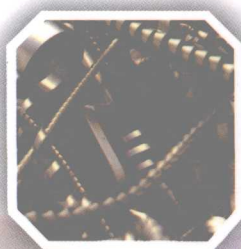


高职高专机电类规划教材



机械技术 基础

■ 倪森寿 主编 吕伟文 副主编 谈向群 主审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专机电类规划教材

机械技术基础

倪森寿 主编

吕伟文 副主编

谈向群 主审

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

机械技术基础 / 倪森寿主编. —北京: 人民邮电出版社,
2009.4
高职高专机电类规划教材
ISBN 978-7-115-19583-8

I. 机… II. 倪… III. 机械学—高等学校: 技术学校—
教材 IV. TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第015401号

内 容 提 要

本书是将原“工程材料及钢的热处理”、“极限配合与技术测量”、“工程力学”、“机械设计基础”等课程,以“常用机构的正确分析和通用零件的正确选择”为课程主线而编写的综合性教材。全书共11章,分为基础篇和应用篇。基础篇内容包括工程材料与钢的热处理、极限配合与技术测量、工程力学基础;应用篇内容包括平面连杆机构、齿轮传动、带传动和链传动、轴承、轴、联接、其他常用机构和机械创新等。

本书适合作为高等职业院校机电类专业的教材,也可供工程技术人员参考。

高职高专机电类规划教材

机械技术基础

- ◆ 主 编 倪森寿
- 副 主 编 吕伟文
- 主 审 谈向群
- 责任编辑 潘春燕
- 执行编辑 郭 晶

- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷

- ◆ 开本: 787×1 092 1/16
印张: 21.25
字数: 516千字 2009年4月第1版
印数: 1—3 000册 2009年4月北京第1次印刷

- ISBN 978-7-115-19583-8/TN

定价: 34.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》中指出：“课程和教学内容体系改革是高职高专教学改革的重点和难点。要按照突出应用性、实用性的原则重组课程结构，更新教学内容。”建设综合课程是解决这一重点和难点的重要途径之一。综合课程是根据岗位应用能力的需要而建设的，应有明确的岗位能力针对性。我们在多年的教学改革和教学实践中总结了建设综合课程应遵循“确立课程主线”的原则。具体是：“以岗位能力培养为目标，确立课程主线，以主线为纲，有机地融合其他课程的内容，建立适合高职教育的新课程体系。”

遵照上述原则，本课程确立以“常用机构的正确分析和通用零件的正确选择”为课程主线，有机融合“工程材料及钢的热处理”、“极限配合和技术测量”、“工程力学”、“机械设计基础”等传统课程内容。在重组课程内容和编写本教材时，摒弃了原各门课程各为体系，分门别类地加以叙述的方法，而以课程主线为纲，从“常用机构的正确分析应用和通用零件的正确选择”的需要出发，引出“必需、够用”的基础理论知识，如从机构的运动副中引出约束力，从机构的分析应用中引出力系平衡，从正确选择通用零件中引出构件拉（压）、剪切、扭、弯等变形概念及强度计算方法等，避免了以往为力学而学力学的倾向，使学生在学力学的基础理论知识时有一个明确的“应用”方向，有一个实在的“应用”载体。

为使本课程更趋系统化和科学化，同时也为使学生对最基本的理论知识有一个全面正确的理解，便于今后的进一步学习，本书在组合课程内容时，分为基础篇和应用篇。最基本的理论知识，作为基础篇内容。由于确定了课程主线，因此在选用这些最基本的理论知识时，不再受原课程体系所束缚，而以课程主线为依据，使所选内容为新课程体系所选、为新课程体系所用，成为新课程体系的有机组成部分。

创新是教育界永恒的主题，在高职教育界更具现实意义，因此在本教材建设中，始终重视对学生进行创新意识的培养。除了本教材内容的重组和编写是一个创新外，在教材中还添加了机构创新的内容，在某一特定层面上培养学生的创新意识。

教材的各章均附有一定数量的习题，以便学生学完该章后对所学内容进行复习和巩固。

本书可作为机电类各专业、机械类各专业的选用教材，也可供工程技术人员参考。

本书第1章、第6章由无锡职业技术学院郑贞平编写；第2章、第9章由无锡职业技术学院张豪编写；第7章由无锡职业技术学院朱耀武编写；第5章、第10章由无锡职业技术学院吕伟文编写；第3章、第4章、第8章、第11章由无锡职业技术学院倪森寿编写。全书由倪森寿任主编，吕伟文任副主编。全书由无锡职业技术学院谈向群主审。

本书是高职教学改革中综合课程建设的一次探索和尝试。限于编者的水平，书中难免存在缺点和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者
2009年1月

目 录

基 础 篇

第 1 章 工程材料与钢的热处理	1
1.1 材料的力学性能和工艺性能	1
1.1.1 金属材料的力学性能	1
1.1.2 金属材料的工艺性能	6
1.2 常用工程材料	7
1.2.1 黑色金属材料	7
1.2.2 有色金属材料	13
1.2.3 非金属材料	15
1.3 钢的常用热处理及其作用	16
1.3.1 退火	17
1.3.2 正火	18
1.3.3 淬火	18
1.3.4 回火	18
1.3.5 表面淬火	19
1.3.6 化学热处理	19
1.3.7 热处理表示方法	19
习题	21
第 2 章 极限配合与技术测量	22
2.1 概述	22
2.1.1 极限配合在机械生产中的应用	22
2.1.2 互换性的概念	28
2.2 公差与配合标准简介和选用	29
2.2.1 公差与配合标准的主要内容	30
2.2.2 公差与配合的选择	34
2.3 形位公差简介	39
2.3.1 形状公差	40
2.3.2 位置公差	43
2.3.3 包容原则	49
2.4 表面粗糙度	50
2.4.1 表面粗糙度的界定	50
2.4.2 表面粗糙度的评定	51
2.4.3 评定参数的选用	54
2.4.4 参数值的选用	54
2.5 常用量具的选择和使用	56
2.5.1 外圆、孔、高度与深度的检测	56
2.5.2 圆锥表面的检测	60

2.5.3	角度的检测	62
2.5.4	平键测量	64
2.5.5	螺纹的检测	66
习题		67
第3章	工程力学基础	69
3.1	静力学基础	69
3.1.1	力的概念及力的性质	69
3.1.2	力偶和力偶矩	72
3.1.3	力的平移定理	73
3.2	刚体的运动力学	74
3.2.1	刚体的平动运动分析	74
3.2.2	刚体的定轴转动	81
3.2.3	刚体的平面运动	86
3.3	载荷和应力的分类	87
3.3.1	载荷分类	87
3.3.2	应力分类	87
3.4	机械零件的主要失效形式及工作能力准则	89
3.4.1	机械零件的主要失效形式	89
3.4.2	机械零件的工作能力准则	90
习题		91

应 用 篇

第4章	平面连杆机构	95
4.1	机器和机构	95
4.1.1	机器及其特性	95
4.1.2	机构及其特征	97
4.1.3	构件和零件	97
4.2	平面机构运动简图	98
4.2.1	运动副及其分类	98
4.2.2	机构运动简图的绘制	100
4.2.3	平面机构具有确定相对运动的条件	102
4.3	平面四杆机构及其应用	104
4.3.1	铰链四杆机构	104
4.3.2	带移动副的四杆机构	107
4.3.3	平面四杆机构的急回特性和行程速比系数	110
4.4	平面机构支反力和构件受力分析	111
4.4.1	机构运动副的约束力及构件受力图	111
4.4.2	机构运动副和构件受力计算(平面力系平衡条件)	115
4.5	平面机构中拉(压)构件的强度和变形计算	123
4.5.1	轴向拉伸和轴向压缩概述	123
4.5.2	内力、截面法和轴力(轴力图)	123
4.5.3	轴向拉压时横截面上的应力及强度计算	125
4.5.4	轴向拉伸和压缩时的变形	127

4.5.5 压杆稳定和应力集中简介	129
习题	131
第 5 章 齿轮传动	136
5.1 齿轮传动的特点和分类	136
5.1.1 齿轮传动的特点	136
5.1.2 齿轮传动的分类	137
5.1.3 齿轮传动的基本要求	138
5.2 渐开线齿廓	138
5.2.1 渐开线的形成及性质	139
5.2.2 渐开线齿廓的啮合特性	139
5.3 直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸	141
5.3.1 齿轮各部分名称	141
5.3.2 直齿圆柱齿轮的主要参数	142
5.3.3 标准直齿圆柱齿轮的主要几何尺寸	142
5.3.4 公法线长度和分度圆弦齿厚	143
5.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	144
5.4.1 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合过程	144
5.4.2 渐开线直齿圆柱齿轮正确啮合的条件	145
5.4.3 渐开线直齿圆柱齿轮连续传动的条件	146
5.5 渐开线直齿圆柱齿轮的切齿干涉和变位齿轮简介	146
5.5.1 渐开线齿轮的加工方法及原理	146
5.5.2 渐开线齿轮的切齿干涉和最少齿数	148
5.5.3 变位齿轮简介	148
5.6 齿轮失效形式与齿轮材料	149
5.6.1 齿轮的常见失效形式	149
5.6.2 齿轮传动的设计准则	150
5.6.3 齿轮材料及热处理	151
5.6.4 齿轮的许用应力	152
5.7 标准直齿圆柱齿轮传动设计计算	153
5.7.1 受力分析	153
5.7.2 齿面接触疲劳强度的简化计算	154
5.7.3 齿根弯曲疲劳强度的简化计算	155
5.7.4 齿轮传动主要参数的选择	156
5.7.5 圆柱齿轮的精度等级选择	157
5.7.6 圆柱齿轮的结构设计与工作图	158
5.7.7 应用实例	160
5.8 斜齿圆柱齿轮传动	162
5.8.1 斜齿圆柱齿轮传动的特点	162
5.8.2 斜齿圆柱齿轮传动	163
5.8.3 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	165
5.9 直齿圆锥齿轮	166
5.9.1 圆锥齿轮传动概述	166
5.9.2 直齿圆锥齿轮传动的主要参数、几何尺寸	167

5.9.3 当量齿轮与当量齿数	168
5.9.4 强度计算	169
5.10 蜗杆传动	169
5.10.1 蜗杆传动的类型及特点	169
5.10.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	170
5.10.3 蜗杆和蜗轮的结构	173
5.10.4 蜗杆传动的失效形式及所用材料	173
5.10.5 蜗杆传动的强度计算	174
5.11 轮系	176
5.11.1 概述	176
5.11.2 定轴轮系传动比计算	177
5.11.3 周转轮系传动比计算	179
习题	182
第 6 章 带传动和链传动	185
6.1 带传动的类型和特点	185
6.1.1 带传动的主要类型	185
6.1.2 带传动的特点和应用	186
6.2 普通 V 带、V 带轮的结构及标准	187
6.2.1 普通 V 带的结构及标准	187
6.2.2 普通 V 带轮的结构	188
6.3 带传动的工作情况分析	189
6.3.1 传动比和包角	190
6.3.2 受力分析	190
6.3.3 弹性滑动和打滑	191
6.3.4 普通 V 传动的计算	191
6.4 链传动的类型和特点	197
6.4.1 链条的主要类型	197
6.4.2 链传动的主要特点	198
6.4.3 滚子链传动	198
6.5 带传动和链传动的布置、润滑和维护	200
6.5.1 V 带传动的张紧装置	200
6.5.2 V 带传动的安装和维护	201
6.5.3 链传动的布置	201
6.5.4 链传动的润滑和维护	202
习题	203
第 7 章 轴承	204
7.1 轴承的功用和类型	204
7.1.1 轴承的功用	204
7.1.2 轴承的类型	204
7.2 滑动轴承简介	205
7.2.1 向心滑动轴承	205
7.2.2 推力滑动轴承	207
7.2.3 轴承材料	208

7.3 滚动轴承	210
7.3.1 滚动轴承的结构和类型	210
7.3.2 滚动轴承的代号	213
7.3.3 滚动轴承的类型选择	215
7.3.4 滚动轴承的失效形式	216
7.3.5 滚动轴承的寿命计算	216
7.3.6 滚动轴承寿命计算举例	219
7.3.7 滚动轴承的静强度计算	222
7.3.8 滚动轴承的组合结构	223
7.3.9 滚动轴承的润滑与密封	228
习题	233
第8章 轴	235
8.1 概述	235
8.1.1 轴的分类	235
8.1.2 轴的材料	236
8.2 传动轴的强度和刚度——构件的扭转问题	238
8.2.1 扭转的基本概念和转矩 T	238
8.2.2 扭矩和扭矩图	238
8.2.3 传动轴受扭转时截面上切应力与变形	241
8.2.4 传动轴的强度和刚度校核	243
8.2.5 轴最小直径的估算	245
8.3 心轴的强度和刚度——构件的弯曲问题	246
8.3.1 弯曲的基本概念	246
8.3.2 弯曲时的内力——剪力和弯矩	248
8.3.3 弯曲正应力和弯曲强度校核	251
8.3.4 弯曲变形的刚度条件	255
8.4 转轴的强度——构件的弯扭组合问题	256
8.5 轴结构尺寸的确定	259
8.5.1 轴和轴上零件的定位	259
8.5.2 轴上零件的固定	259
8.5.3 轴的结构工艺性	261
8.5.4 提高轴的疲劳强度	262
习题	266
第9章 联接	271
9.1 螺纹联接	271
9.1.1 概述	271
9.1.2 螺纹联接类型及螺纹联接件	275
9.1.3 螺纹联接的装配法	278
9.1.4 螺纹联接的防松	279
9.2 键联接和销联接	279
9.2.1 键联接的类型	280
9.2.2 平键联接的尺寸选择及强度校核	282
9.2.3 花键联接	285

9.2.4 销联接	286
9.3 联轴器、离合器和制动器	286
9.3.1 概述	287
9.3.2 联轴器	287
9.3.3 离合器	290
习题	292
第 10 章 其他常用机构	294
10.1 凸轮机构	294
10.1.1 凸轮机构的组成、类型及特点	294
10.1.2 工作原理	296
10.1.3 应用实例	297
10.2 螺旋机构	298
10.2.1 螺旋机构的组成和特点	298
10.2.2 螺旋机构的工作原理	298
10.3 间歇运动机构	300
10.3.1 棘轮机构	300
10.3.2 槽轮机构	302
10.3.3 不完全齿轮机构	304
10.4 其他新型传动机构	305
10.4.1 滚动螺旋传动	305
10.4.2 静压螺旋传动	307
10.4.3 滚珠花键传动	307
10.4.4 锥环无键联轴传动	308
10.4.5 摆线针轮行星传动	308
10.4.6 谐波齿轮传动	309
习题	310
第 11 章 机械创新	312
11.1 机械创新设计概述	312
11.1.1 机械创新设计的概念	312
11.1.2 机械创新设计的特点	313
11.1.3 机械创新设计中的创新思维	313
11.1.4 常用创新技法	314
11.2 平面四杆机构尺寸的确定	315
11.2.1 按给定的连杆位置确定四杆机构	315
11.2.2 按给定的行程速比系数 K 确定四杆机构	316
11.3 机构的演化	317
11.4 机构的组合与创新	320
11.4.1 串联式机构组合与创新	321
11.4.2 并联式机构组合与创新	324
11.4.3 复合式机构组合与创新	326
11.4.4 叠加式机构组合与创新	328
习题	329
参考文献	330

基础篇

第 1 章 工程材料与钢的热处理

机电产品的制造，首先要解决的是根据产品的工作条件，分析对材料的性能要求，选择适当的材料。因此，了解工程材料的基础知识非常必要。本章主要介绍常用工程材料的性能、分类、牌号和应用，并简要介绍材料改性（钢的热处理）的基本方法。

教学目标

- 了解金属材料的工艺性能指标及材料力学性能的测试方法。
- 掌握金属材料的强度指标、塑性指标和硬度表示方法。
- 掌握常用工程材料的分类、牌号、性能特点和用途。
- 了解钢的常用热处理工艺类型及其各自的作用。
- 初步具有正确选用零件材料和热处理方法的能力。

1.1 材料的力学性能和工艺性能

材料是人类社会发展的重要物质基础，它是现代科学技术和生产发展的重要支柱之一。工程材料之所以获得广泛的应用，是因为它们具备许多优异的性能，这些性能可分为两类：一类是使用性能，反映材料在使用过程中所表现出来的特性，如力学性能（强度、硬度、塑性、韧性等）、物理性能（导电性、导热性、热膨胀性、磁性等）、化学性能（抗氧化性、耐腐蚀性）等；另一类是工艺性能，反映材料在加工制造过程中所表现出来的特性，如铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性、热处理性等。

1.1.1 金属材料的力学性能

任何一台机器都是由零件、部件所组成的，而零件在使用时都承受外力的作用。材料在外力作用下所表现出来的特性就是力学性能，它的主要指标是强度、塑性、硬度、冲击韧性、疲劳强度等。上述指标既是选材的重要依据，又是控制、检验材料质量的重要参数。

材料受外力作用时,会引起尺寸与形状的改变,这种外力叫载荷(或称负荷),尺寸和形状的改变叫变形。载荷与变形的关系可用试验的方法测定。

拉伸试验是测定静态力学性能指标的常用方法。通常将材料制成标准试样,装在拉伸试验机上,对试样缓慢施加拉力,使之不断地产生变形,直到拉断试样为止。根据拉伸试验过程中的载荷和对应的变形量关系,可画出材料的拉伸曲线。图 1-1 所示为低碳钢的拉伸曲线,图中的纵坐标表示载荷 F ,横坐标表示变形量 Δl ,通过拉伸曲线可测定材料的强度与塑性。

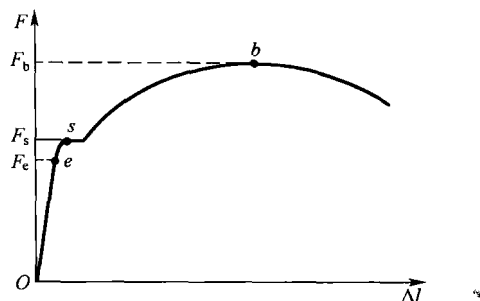


图 1-1 低碳钢的拉伸曲线

1. 强度

强度是材料在载荷(外力)作用下抵抗塑性变形和破坏的能力。抵抗外力的能力越大,则强度越高。

材料受到外力作用会发生变形,同时在材料内部产生一个抵抗变形的力(又称内力),其大小和外力相等,方向相反。

在单位截面面积上产生的内力称为应力,单位为 Pa(帕),即 N/m^2 。工程上常用 MPa(兆帕), $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$, 或 $1\text{MPa}=1\text{N/mm}^2$ 。

(1) 屈服点。由图 1-1 可知,当载荷增加到 F_s 时,在不再继续增加载荷的情况下,试样仍能继续伸长,这种现象称为屈服。将开始发生屈服现象时的应力,也即开始出现塑性变形时的应力,叫做屈服极限 σ_s 。

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

式中, F_s ——试样屈服时的载荷,单位为 N;

A_0 ——试样的原始截面积,单位为 mm^2 。

屈服强度是设计和选取材料的主要依据之一。

(2) 抗拉强度。当载荷超过 F_s 以后,试样将继续变形,载荷达到最大值后,试样产生缩颈,有效截面积急剧减小,直至断裂。抗拉强度是试样在断裂前所能承受的最大应力,用 σ_b 表示。

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

式中, F_b ——试样断裂前的最大载荷,单位为 N。

2. 塑性

塑性是材料断裂前发生不可逆永久变形的能力。材料断裂前的塑性变形愈大,表示它的塑性愈好,反之则表示其塑性差。常用的塑性指标是断后伸长率和断面收缩率。

(1) 断后伸长率。断后伸长率是指试样拉断后的标距伸长量和原始标距比,即标距的相对伸长,用 δ 表示。

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

式中, l_0 ——试样原始的标距长度;

l_1 ——试样断裂后的标距长度。

拉伸试样通常采用圆棒试样, 原始标距 l_0 与原始直径 d_0 之间通常有一定的比例关系。 $l_0=10d_0$ 时, 称为长试样; $l_0=5d_0$ 时称为短试样。使用长试样测定的断后伸长率用符号 δ_{l_0} 表示, 通常写成 δ ; 使用短试样测定的断后伸长率用符号 δ_5 表示。同一种材料的短试样伸长率 δ_5 大于长试样的伸长率 δ_{l_0} 。因此, 比较伸长率时要注意试样规格的统一。

(2) 断面收缩率。断面收缩率是指试样拉断后, 缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 用符号 ψ 表示。

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

式中, A_0 ——试样的原始横截面积;

A_1 ——试样拉断后缩颈处的最小横截面积。

断面收缩率与试样尺寸无关, 所以它能比较确切地反映材料的塑性。材料的 δ 或 ψ 值越大, 表示材料的塑性越好。塑性直接影响到零件的成形加工及使用, 如钢的塑性较好, 能通过锻造成形; 而灰铸铁塑性极差, 不能进行锻造。金属材料经塑性变形 (屈服) 后能得到强化, 因此塑性好的零件超载时仍有强度储备, 比较安全。

3. 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划伤的能力, 因此, 硬度也可以看作是材料对局部塑性变形的抗力。

硬度是衡量材料性能的一个综合的工程量或技术量。通常材料硬度越高, 耐磨性越好, 强度也越高。

测定硬度的方法很多, 常用的有布氏硬度测试法和洛氏硬度测试法。

(1) 布氏硬度及其测定。布氏硬度的测定是在布氏硬度试验机上进行的, 试验原理如图 1-2 所示。

用直径为 D 的淬硬钢球或硬质合金球, 在规定载荷 F 的作用下压入被测金属表面, 保持一定时间后卸除载荷, 测定压痕直径, 求出压痕球冠形的表面积, 压痕单位表面积上所承受的平均压力 (F/A) 即为布氏硬度值, 用符号 HBS 或 HBW 表示 (压头为淬硬钢球时用 HBS, 压头为硬质合金球时用 HBW)。

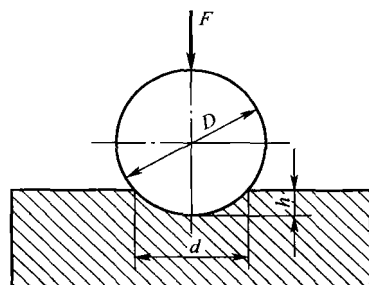


图 1-2 布氏硬度试验原理示意图

$$\text{HBS(HBW)} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi D h} = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - d^2}$$

式中, F ——所加载荷, 单位为 kgf;

A ——压痕球冠形表面积, 单位为 mm^2 ;

D ——球形压头直径, 单位为 mm;

d ——压痕直径, 单位为 mm;

h ——压痕深度, 单位为 mm。

当所加载荷以 N 为单位时, 布氏硬度值表示为

$$\text{HBS} = \frac{F}{A} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

由上式可知, 当试验载荷和球体直径一定时, 压痕直径 d 越大, 则布氏硬度值越小, 即材料的硬度越低。在实际应用时, 只要测出压痕直径 d , 就可在专用表中查出相应的布氏硬度值。

布氏硬度试验的优点是测定的数据准确稳定, 数据重复性强。但压痕的面积较大, 对金属表面的损伤也大。布氏硬度试验不易测定太薄零件的硬度, 也不适合于测定成品件的硬度, 多适用于测定原材料、半成品及微小部分性能不均匀的材料 (如铸铁) 的硬度。

(2) 洛氏硬度及其测定。洛氏硬度的测定是在洛氏硬度试验机上进行的。它是以锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体, 或直径为 1.5875mm ($1/16\text{in}$) 的淬火钢球为压头, 以一定的载荷压入被测金属材料的表层, 然后根据压痕的深度来确定洛氏硬度值。在相同的试验条件下, 压痕深度越小, 则材料的硬度值越高。

实际测量时, 为了减少因材料 (试样) 表面不平而引起的误差, 应先加初载荷, 后加主载荷, 并可在洛氏硬度试验机的刻度盘上直接读出硬度值。

洛氏硬度值没有单位, 只是根据不同的试验材料、不同的压头和所加压力大小, 分为 HRA、HRB、HRC 3 种标记。其中 HRA 与 HRC 是用锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体为压头, 采用的总载荷分别为 588N 与 1471N ; 而 HRB 值的测定则采用直径为 1.5875mm 的钢球作为压头, 总载荷为 980N 。中等硬度材料可用 HRC 测量, 软材料用 HRB 测量, 较硬的材料用 HRA 测量, 其中 HRC 应用最广。

与布氏硬度相比, 洛氏硬度试验操作简单、方便、迅速, 适用的硬度范围广, 可用来测量薄片和成品, 但测量结果不如布氏硬度精确, 测量时需要在试样上不同部位测定 3 点, 取其算术平均值。洛氏硬度试验不宜用于测定各微小部分性能不均匀的材料 (如铸铁), 其余材料均可根据硬度的不同, 在 HRA、HRB、HRC 中选择对应的测量方法。

(3) 维氏硬度及其测定。维氏硬度的试验原理与布氏硬度基本相同, 它是用顶角为 136° 的四棱金刚石, 在较小的载荷 (压力) F (常用 $50 \sim 1000\text{N}$) 作用下压入被测材料表面, 并按规定保持一定时间, 然后用附在试验计上的显微镜测量压痕的对角线长度 d , 以凹痕单位面积上所承受的压力作为维氏硬度值, 用符号 HV 表示为

$$\text{HV} = \frac{F}{S_{\text{压痕}}} \approx 1.854 \frac{F}{d^2}$$

维氏硬度法所测得的压痕轮廓清晰, 数值较准确, 测量范围广, 采用较小的压力可以测量硬度高的薄件 (如硬质合金、渗碳层、渗氮层) 而不致于将被测件压穿。

4. 冲击韧性

机械设备中有很多零件要承受冲击载荷的作用。对于承受冲击载荷的零件不能只以强度和硬度指标来衡量，这是因为一些强度较高的金属，在冲击载荷的作用下也往往会发生断裂，因此，对于这些机械零件和工具，还必须考虑金属材料的冲击韧性。

冲击韧性是指金属材料在冲击载荷的作用下折断时吸收变形能量的能力，常用冲击吸取功或冲击韧度来表示。

冲击韧性的测定方法是将被测材料制成标准缺口（V 或 U 形）试样，在冲击试验机上由置于一定高度的重锤自由落下而一次冲断，试验原理如图 1-3 所示。冲断试样所消耗的能量称为冲击功，单位为 J，用符号 A_{KV} （或 A_{KU} ）表示，其数值为重锤冲断试样的势能差，其值可从试验机刻度盘上读得。

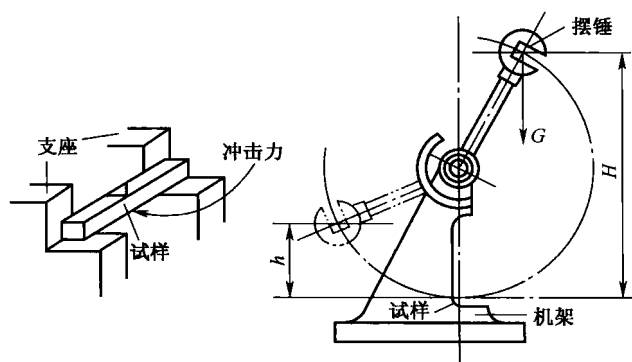


图 1-3 冲击试验原理图

冲击韧度值就是试样缺口处单位截面积上所消耗的冲击功，用 α_{KV} （或 α_{KU} ）表示。

$$\alpha_{KV} = \frac{A_{KV}}{A_0}$$

式中， A_0 ——试样缺口处横截面面积，单位为 cm^2 ；

A_{KV} （ A_{KU} ）——V 形（U 形）缺口试样冲断时所消耗的冲击功，单位为 J。

A_{KV} 或 α_{KV} 值越低，表示材料的冲击韧性越差，在受到冲击时越易断裂；反之，数值越大，则韧性越好，受冲击时越不容易断裂。

5. 疲劳强度

疲劳是指在循环应力和应变作用下，在一处或几处产生局部永久性累积损伤，经一定循环次数后产生裂纹或突然产生断裂的过程；这种破坏称为疲劳破坏（或疲劳断裂）。

许多机械零件，如各种轴、齿轮、弹簧、连杆等，经常受到大小和方向周期性变化的载荷作用。这种交变载荷常常会使材料在小于其强度极限，甚至小于其屈服极限的情况下，经多次循环后，在没有明显的外观变形时，发生断裂。

疲劳断裂与静载荷下断裂不同，无论是脆性材料还是塑性材料，疲劳破坏都是突然发生的，常常会造成严重事故，具有很大的危险。

疲劳强度是表示材料经周期性交变载荷作用而不致引起断裂的最大应力，其大小与应力

变化的次数有关。对于钢材一般取循环次数 $N=10^7$ ，对有色金属取 $N=10^8$ 为基数来确定材料的疲劳强度，称为条件疲劳强度。

金属的疲劳破坏与很多因素有关，人们可通过改善零件的结构形状，避免应力集中，改善零件的表面粗糙度，进行表面热处理和表面强化处理来提高金属材料的疲劳强度。

1.1.2 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指金属材料所具有的能够适应各种加工工艺要求的能力，它是力学、物理和化学性能的综合表现，包括铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性、热处理性等。

1. 铸造性

铸造是将熔融金属浇入与工件形状相应的铸造型腔中，待其冷却后，得到毛坯或零件的成型方法。而铸造性能是指金属在铸造生产中表现出的工艺性能，如流动性、收缩性、偏析性、吸气性等。如果某一金属材料在液态时流动能力大，不容易吸收气体，冷凝过程中收缩小，凝固后铸件的化学成分均匀，则认为这种金属材料具有良好的铸造性能。在常用的金属材料中，灰铸铁和青铜有良好的铸造性能。

2. 锻造性

锻造性是指锻造金属材料的难易程度。若金属材料在锻造时塑性好（能发生大的塑性变形而不破坏），变形抗力小（锻造时消耗能量小），则称该金属锻造性好；反之，则锻造性差。所以金属的锻造性是金属的塑性和变形抗力两者的综合。

钢的锻造性与化学成分有关，低碳钢的锻造性比中碳钢、高碳钢好；普通碳钢的锻造性比同样含碳量的合金钢好；铸铁则没有锻造性。

3. 焊接性

焊接性是指金属材料对焊接成形的适应性，也就是指在一定的焊接工艺条件下金属材料获得优质焊接接头的难易程度。焊接性能好的材料，可用一般的焊接方法和焊接工艺进行焊接，焊缝中不易产生气孔、夹渣或裂纹等缺陷，其焊接接头强度与母材相近。焊接性能差的金属材料要采用特殊的焊接方法和工艺才能进行焊接。

金属的焊接性很大程度上受金属本身材质（如化学成分）的影响，在常用金属材料中，低碳钢有良好的焊接性，而高碳钢和铸铁的焊接性则较差。

4. 切削加工性

切削加工性是指金属材料被切削加工的难易程度。金属材料的切削加工性不仅与材料本身的化学成分、金相组织有关，还与刀具的几何参数等因素有关，通常可根据材料的硬度和韧性对材料的切削加工性作大致的判断。工件材料硬度过高，刀具易磨损，寿命短，甚至不能切削加工；工件材料硬度过低，容易粘刀，且不易断屑，加工后表面粗糙。所以硬度过高或过低、韧性过大的材料，其切削性能较差。碳钢硬度为 150~250HBS 时，有较好的切削加工性；灰铸铁具有良好的切削加工性。

1.2 常用工程材料

常用的工程材料可分为金属材料和非金属材料两大类,金属材料又分为黑色金属(钢铁)材料和有色金属材料。其中钢铁材料是工业中应用最广、用量最多的金属材料。本节着重介绍常用的铸铁、碳素钢和合金钢的成分、性能、牌号和用途。

1.2.1 黑色金属材料

1. 铸铁

铸铁是含碳质量分数大于 2.06%的铁碳合金。工业上常用的铸铁含碳质量分数一般为 2.5%~4.0%。由于铸铁具有良好的铸造性、吸振性、切削加工性及一定的力学性能,并且价格低廉、生产设备简单,所以在机器零件材料中占有很大的比重,广泛地用来制作各种机架、底座、箱体、缸套等形状复杂的零件。

根据碳在铸铁中存在的形态不同,铸铁可分为下列几种。

(1) 白口铸铁。白口铸铁中碳几乎全部以渗碳体(Fe_3C)的形式存在, Fe_3C 具有硬而脆的特性,使得白口铸铁变得非常脆硬,切削加工困难。工业上很少直接用它来制造机器零件,而主要作为炼钢的原料。它的断口呈亮白色,故称为白口铸铁。

(2) 灰铸铁。灰铸铁中的碳大部分或全部以片状石墨的形式存在,断口呈灰色,故称为灰铸铁。灰铸铁具有良好的铸造性、耐磨性、抗振性和切削加工性,因此是目前生产中用得最多的一种铸铁。灰铸铁的牌号是用两个汉语拼音字母和一组力学性能数值来表示的。灰铸铁有 HT100、HT150、HT200、HT250、HT300 和 HT350 六个牌号,牌号中“HT”是“灰铁”两字汉语拼音的第 1 个字母,其后的数字表示其最低的抗拉强度。表 1-1 所示为常用灰铸铁的牌号、力学性能及应用。

表 1-1 常用灰铸铁的牌号、力学性能及应用

类 别	牌 号	铸铁壁厚 /mm	抗拉强度 $\sigma_b/\text{Mpa} \geq$	硬度/HBS	用 途 举 例
铁素体 灰铸铁	HT100	2.5~10	130	110~166	低载荷和不重要的零件,如盖、外罩、手轮、支架、底板、手柄等
		10~20	100	93~140	
		20~30	90	87~131	
		30~50	80	82~122	
铁素体 珠光体 灰铸铁	HT150	2.5~10	175	137~205	承受中等应力的铸件,如普通机床的支柱、底座、齿轮箱、刀架、床身、轴承座、工作台、带轮、泵壳、阀体、法兰、管路及一般工作条件的零件
		10~20	145	119~179	
		20~30	130	110~166	
		30~50	120	105~157	
珠光体 灰铸铁	HT200	2.5~10	220	157~236	承受较大应力和要求一定气密性或耐蚀性的较重要铸件,如汽缸、齿轮、机座、机床床身、立柱、汽缸体、汽缸盖、活塞、刹车轮、泵体、阀体、化工容器等
		10~20	195	148~222	
		20~30	170	134~200	
		30~50	160	129~192	