

全国建设行业中等职业教育推荐教材

机电基础

(供热通风与空调专业)

主编 王林根

中国建筑工业出版社

全国建设行业中等职业教育推荐教材

机 电 基 础

(供热通风与空调专业)

主 编 王林根

副主编 胡伯书

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机电基础/王林根主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

全国建设行业中等职业教育推荐教材. 供热通风与
空调专业

ISBN 7-112-07592-0

I. 机... II. 王... III. 机电工程—专业学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 111216 号

全国建设行业中等职业教育推荐教材

机 电 基 础

(供热通风与空调专业)

主 编 王林根

副主编 胡伯书

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京华艺制版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{3}{4}$ 字数: 410 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 23.00 元

ISBN 7-112-07592-0

(13546)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是中等职业学校教材，分为机械和电气两部分。机械部分主要内容有金属的性能、钢的热处理、常用工程材料、金属的焊接与切割、机械传动和机械零件、液压传动基本原理和机械的磨损及润滑等基本知识。电气部分主要内容有电工基本知识、电动机与变压器、供配电系统、电气控制、建筑弱电等电气工程的基本知识。简要介绍了机电设备的组成、基本原理及应用、设备功能与特点、施工及安装等，内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，并附有一定数量的思考题与习题。

本书也可作为建设类其他非机电专业及工程施工人员和维护维修人员的技术培训教材以及工程施工技术管理人员的参考书。

* * *

责任编辑：杨虹

责任设计：刘向阳

责任校对：刘梅 李志瑛

前 言

本书主要依据建设部中等职业学校供热通风与空调专业指导委员会通过的教学大纲以及最新国家有关标准和规范编写的,以作为暖通专业机电基础的授课教材;同时也可作为暖通工程安装人员、维护与维修人员的岗位培训教材;亦可供安装工程施工管理人员及安装技术人员参考。其内容主要涉及金属的性能、钢的热处理、常用工程材料、金属的焊接与切割、机械传动和机械零件、液压传动基本原理和机械的磨损及润滑;电工基本知识、电动机与变压器、供配电系统、低压电器及电气控制、建筑弱电等机电基本知识。内容全面详细、通俗易懂。在编写过程中,注重体现中等职业教育和暖通专业的特点,图文并茂、深入浅出,突出实际施工的技术要求和安装工艺,并可配合现代化教学手段和技能训练,以培养学生的专业素质和实际操作能力。

本教材各章内容的教学建议安排见“课时分配表”,使用时可根据学制和实际情况进行调整,内容可根据需要进行适当删减。

课时分配表

单元	课程内容	学时数	授课方式及要求
1	金属的性能	3	课堂授课、试验
2	钢的热处理	4	课堂授课、参观
3	常用工程材料	6	课堂授课、多媒体授课
4	金属的焊接与切割	4	课堂授课、参观
5	机械传动和机械零件	12	课堂授课、实物教学
6	液压传动基本原理	4	课堂授课、多媒体授课、实物教学
7	机械的磨损及润滑	1	课堂授课、实物教学
8	电工基本知识	12	课堂授课
9	电动机与变压器	8	课堂授课、多媒体授课、参观等
10	供配电系统	10	课堂授课、参观
11	低压电器及电气控制	10	课堂授课、实物教学
12	建筑弱电与智能技术	6	课堂授课、实物教学
合计		80	

本书由河南省建筑工程学校高级讲师王林根任主编、新疆建设职业技术学院高级讲师胡伯书任副主编,新疆建设职业技术学院高级讲师冯翠英、周萍,中讯邮电咨询设计院高级工程师王勤参编。王林根编写第8~11单元,胡伯书编写第1、5单元,冯翠英编写第3、6单元,周萍编写第2、4、7单元,王勤编写第12单元。本书在编写过程中得到建设部中等职业学校供热通风与空调专业指导委员会、河南省建筑工程学校、新疆建设职业技术学院等单位及领导的关心和大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限和时间仓促,错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

目 录

项目1 机械基础

单元1 金属的性能	1
课题1 金属的力学性能	1
课题2 金属的其他性能	7
思考题与习题	10
单元2 钢的热处理	11
课题1 金属学的一般知识	11
课题2 钢的热处理	16
思考题与习题	20
单元3 常用工程材料	21
课题1 常用金属材料	21
课题2 非金属材料	32
思考题与习题	36
单元4 金属的焊接与切割	37
课题1 手工电弧焊	37
课题2 气焊与气割	46
课题3 其他焊接方法	50
课题4 焊接缺陷与检验	54
思考题与习题	55
单元5 机械传动和机械零件	56
课题1 机械传动	56
课题2 轴系零件	72
课题3 螺纹连接	89
思考题与习题	96
单元6 液压传动的基本原理	98
课题1 液压传动的工作原理及组成	98
课题2 液压传动装置	102
课题3 液压传动系统	107
思考题与习题	110
单元7 机械磨损及润滑	112
课题1 机械的摩擦	112
课题2 机械的磨损	113

课题3 机械设备的润滑	114
思考题与习题	117

项目2 电气基础

单元8 电工基本知识	118
课题1 电路的基本知识	118
课题2 电磁的基本概念	124
课题3 单相正弦交流电路	128
课题4 三相正弦交流电路	140
思考题与习题	148
单元9 变压器与交流异步电动机	149
课题1 变压器	149
课题2 三相交流电动机	159
思考题与习题	169
单元10 供配电系统	170
课题1 供配电系统概述	170
课题2 电气照明	187
课题3 建筑防雷	211
思考题与习题	215
单元11 低压电器与控制电路	216
课题1 常用低压电器	216
课题2 电动机常用控制电路	229
课题3 暖通与空调设备常用控制电路	234
思考题与习题	240
单元12 建筑弱电系统与智能技术	242
课题1 建筑弱电系统	242
课题2 建筑智能技术	254
思考题与习题	259
主要参考文献	261

项目1 机械基础

单元1 金属的性能

知识点：金属的力学性能；金属的其他性能。

教学目标：领会金属常用的力学性能，了解金属的其他性能。

金属材料是制造现代机械的基本材料，在工程机械、农业机械、交通运输机械、水暖通风工程及电器设备、通风机、空调机、水泵和制冷设备等方面都需要大量的金属材料，因此，它在国民经济建设中占有十分重要的地位。

金属材料之所以获得如此广泛的应用，是由于它具有良好的力学性能、物理性能、化学性能及工艺性能等。其中力学性能是零件设计、使用、维修时选择材料的主要指标。

课题1 金属的力学性能

金属材料的力学性能是指在外力作用下材料本身呈现出来的抵抗能力。衡量金属力学性能的主要指标有：强度、塑性、冲击韧性、硬度、疲劳强度、蠕变和松弛等。

1.1 强 度

强度是金属材料在外力作用下，抵抗塑性变形和断裂的能力。常用的强度指标有：屈服强度（ σ_s ）和抗拉强度（ σ_b ）。

1.1.1 屈服强度（ σ_s ）

材料承受载荷开始出现塑性变形时的应力，称为屈服强度，又称屈服极限，用符号 σ_s 表示。它代表材料抵抗微量变形的能力，有些金属材料屈服现象不明显，测定 σ_s 很困难，所以，常规定产生0.2%塑性变形的应力作为屈服强度，并用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。屈服强度可按下式计算：

$$\sigma_s = F_s / A_0$$

式中 F_s ——试样产生屈服时的拉伸载荷，N；

A_0 ——试样拉伸前的横截面积， mm^2 。

1.1.2 抗拉强度（ σ_b ）

材料承受载荷由开始加载到最后断裂时，所能承受的最大应力，称为抗拉强度，又称为强度极限，用符号 σ_b 表示。它代表材料抵抗大量塑性变形的抗力。强度极限可按下式计算：

$$\sigma_b = F_b / A_0$$

式中 F_b ——试样在断裂前所能承受的最大载荷，N；

A_0 ——试样拉伸前的横截面积, mm^2 。

材料的 σ_s 和 σ_b 有着十分重要的意义, 材料不能在承受超过屈服极限的载荷条件下工作, 因为这会引起零件的塑性变形; 材料也不能在超过强度极限的载荷条件下工作, 因为这会导致零件的断裂。对于一些不允许在塑性变形情况下工作的零件、部件, 如: 液压、气压相互运动件、压力容器等, 计算时应控制在 σ_s 以下。

在工程上希望金属材料不仅具有高的 σ_s , 并且具有一定的屈强比, 它是 σ_s 和 σ_b 的比值。屈强比的大小反映材料的强度有效利用的安全使用程度的情况。 σ_s/σ_b 的屈强比值越小, 零件的可靠性越高, 如万一超载, 也能由于塑性变形使金属的强度提高, 而不致立即断裂。如此值太低, 则材料强度的有效利用率太低。对不同的零件有不同的要求, 如碳素钢屈强比一般为 0.6 左右, 普通低合金钢一般为 0.65 ~ 0.75 左右, 合金结构钢一般为 0.85 左右。

1.2 塑 性

塑性是指材料在外力作用下产生永久变形而不破坏的能力。常用的塑性指标有伸长率 (δ) 和断面收缩率 (ψ)。

1.2.1 伸长率 (δ)

它是指试样拉断后的伸长量与原始长度的比值。用百分率来表示。伸长率可按下式计算:

$$\delta = [(L_1 - L_0)/L_0] \times 100\%$$

式中 L_0 ——试样原始长度, mm ;

L_1 ——试样拉断后的长度, mm 。

由于对同一材料用不同长度的试样所测得伸长率 (δ) 的数值是不同的。因此, 对不同尺寸的试样应标以不同的符号。如, 用长度是直径五倍的试样所测得的伸长率用 δ_5 表示, 用长度是直径十倍的试样所测得的伸长率用 δ_{10} 表示。 δ_{10} 通常可写为 δ 。

1.2.2 断面收缩率 (ψ)

它是指试样拉断后的断口面积与原始面积的比值, 用百分率表示。断面收缩率可按下式计算:

$$\psi = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100\%$$

式中 A_0 ——试样原始面积, mm^2 ;

A_1 ——试样拉断后的面积, mm^2 。

一般来说, δ 、 ψ 值越大, 表示材料的塑性越好。如工业纯铁的 δ 值可达 50%, ψ 值可达 80%, 而普通铸铁的 δ 与 ψ 值几乎等于零。由于 δ 的大小是随试样的尺寸而变化的, 因此, 它不能充分地代表材料的塑性。而断面收缩率与试样尺寸无关, 它能较可靠地代表金属材料的塑性。

材料的塑性指标在工程技术中具有十分重要的意义。在冷冲、冷拔时变形时较大, 一般选用塑性较好的钢材, 以免产生开裂和拉断。从零件工作的可靠性来讲, 也需要较好的塑性。使用时, 突然过载, 由于塑性变形使零件避免突然断裂, 提高使用安全程度。一般 δ 达 5% 或 ψ 达 10% 的材料就能满足绝大多数零件的要求。

1.3 冲击韧性 (α_k)

冲击韧性是指材料在冲击载荷作用下抵抗断裂的一种能力。用符号 α_k 表示。冲击韧性是用摆锤冲击试验测定的。测定前,将被测的金属材料按国标制成标准试样,如图 1-1 所示。

试验时,将标准试样放置在摆锤冲击试验机的支座上,试样缺口背向摆锤的冲击方向,然后将试验机上的摆锤举至一定的高度 H ,摆锤自由下落,冲击试样,测定原理如图 1-2 所示。冲击试样所消耗的功 A_k 值,即冲击韧度,直接由试验机的指示盘指针读出。用 A_k 除以试样缺口处的横截面积 F 可计算出 α_k 的值。

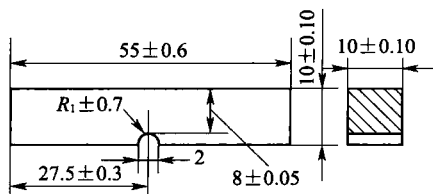


图 1-1 冲击韧性标准试样

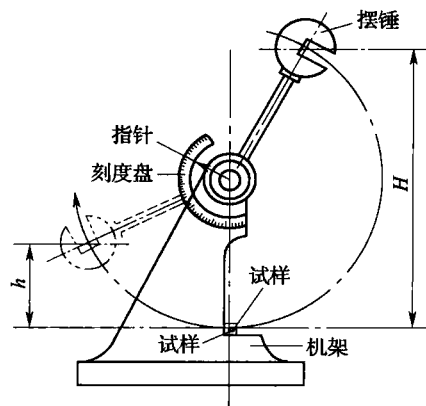


图 1-2 冲击试验示意图

$$\alpha_k = A_k / F = G(H - h) / F$$

式中 A_k ——冲击试样所消耗的功, J;

G ——摆锤重量, N;

F ——试样缺口处横截面积, cm^2 ;

H ——摆锤举起高度, m;

h ——冲断试样后,摆锤回升高度, m。

冲击韧性 α_k 值愈大,表示材料的韧性愈好,在受到冲击时载荷时愈不容易断裂。在实际中,绝大多数零、部件在工作时,承受小能量多次冲击,而经过几次、几十次大能量冲击损坏的零部件比较少见,故冲击韧性值,一般只在设计和选材时参考,如受冲击载荷的车桥、内燃机的曲轴等,满足静载荷的条件下还应满足 α_k 值,以保证使用中的安全可靠。

1.4 硬 度

硬度是指金属材料抵抗更硬物体压入其表面的能力。也可以说硬度是材料性能的一个综合物理量,它表示金属材料在一个小的体积范围内抵抗弹性、塑性变形或破断的能力。

硬度值大小在一定程度上反映出材料的耐磨性,故无论对零件或工具来讲是很重要的一个力学性能指标。同时,硬度与其他力学性能有一定的内在关系,在某些情况下通过硬度可以间接了解材料的其他性能,如对成品件不便做其他破坏性试验时,可通过硬度检

验，间接得到其他值。

硬度值是通过硬度试验测定的，压头压入被测工件表面的压痕越小，其硬度越高，按硬度测定的方法不同，常用的有布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法。

1.4.1 布氏硬度

布氏硬度的测定原理如图 1-3 所示。它是用一个直径 D 为 10mm（或 5、2.5mm）直径的淬火钢球或硬质合金钢球，在一定的压力 F 的作用下，压入被测金属表面，并按规定保持一定时间，然后卸去试验载荷，金属表面留下一个压痕，测量钢球在金属表面压出的圆形压痕直径 d ，计算出压痕面积 S ，以压痕单位面积上的压力表示金属材料的布氏硬度值。

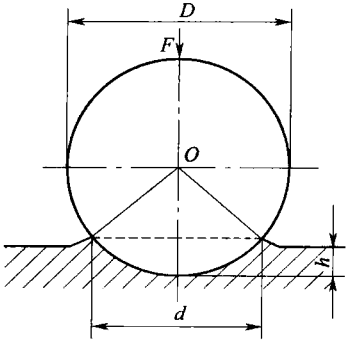


图 1-3 布氏硬度试验原理图

压痕凹坑表面积的计算方法为：

$$S = \pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})/2$$

式中 π ——圆周率；

D ——压头钢球直径，mm；

d ——压痕直径，mm。

布氏硬度的计算式为：

$$\text{布氏硬度值} = 0.102 \times [2F/\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})]$$

式中 F ——试验载荷，N。

在实际应用中，布氏硬度一般不用计算法求得，也不标注单位，而是用专门的刻度放大镜测出试样压痕的直径 d ，即可以压痕直径与布氏硬度对照表中查出相应的布氏硬度值，见表 1-1。

压痕直径与布氏硬度对照表

表 1-1

压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{kN}$	压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{kN}$	压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{kN}$	压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{kN}$
2.50	601	3.06	398	3.32	337	3.58	288
2.55	578	3.08	393	3.34	333	3.60	285
2.60	555	3.10	388	3.36	329	3.62	282
2.65	534	3.12	383	3.38	325	3.64	278
2.70	514	3.14	378	3.40	321	3.66	275
2.75	495	3.16	373	3.42	317	3.68	272
2.80	477	3.18	368	3.44	313	3.70	269
2.85	461	3.20	363	3.46	309	3.72	266
2.90	444	3.22	359	3.48	306	3.74	263
2.95	429	3.24	354	3.50	302	3.76	260
3.00	415	3.26	350	3.52	298	3.78	257
3.02	409	3.28	345	3.54	295	3.80	255
3.04	404	3.30	341	3.56	292	3.82	252

续表

压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{ kN}$	压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{ kN}$	压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{ kN}$	压痕直径 d (mm)	HBS 或 HBV $F = 29.4\text{ kN}$
3.84	249	4.26	200	4.68	164	5.25	128
3.86	246	4.28	198	4.70	163	5.30	126
3.88	244	4.30	197	4.72	161	5.35	123
3.90	241	4.32	195	4.74	160	5.40	121
3.92	239	4.34	193	4.76	158	5.45	118
3.94	236	4.36	191	4.78	157	5.50	116
3.96	234	4.38	189	4.80	156	5.55	114
3.98	231	4.40	187	4.82	154	5.60	111
4.00	229	4.42	185	4.84	153	5.65	109
4.02	226	4.44	184	4.86	152	5.70	107
4.04	224	4.46	182	4.88	150	5.75	105
4.06	222	4.48	180	4.90	149	5.80	103
4.08	219	4.50	179	4.92	148	5.85	101
4.10	217	4.52	177	4.94	146	5.90	99.2
4.12	215	4.54	175	4.96	145	5.95	97.3
4.14	213	4.56	174	4.98	144	6.00	95.5
4.16	211	4.58	172	5.00	143		
4.18	209	4.60	170	5.05	140		
4.20	207	4.62	169	5.10	137		
4.22	204	4.64	167	5.15	134		
4.24	202	4.66	166	5.20	131		

布氏硬度按压头材料不同，用不同的符号加以表示，采用淬火钢时，用 HBS（S 表示淬火钢球），采用硬质合金球用 HBW（W 表示硬质合金）。

布氏硬度与抗拉强度 σ_b 之间存在一定的近似关系，例如：

低碳钢 $\sigma_b \approx 3.6\text{HBS}$

高碳钢 $\sigma_b \approx 3.4\text{HBS}$

合金调质钢 $\sigma_b \approx 3.25\text{HBS}$

灰口铸铁 $\sigma_b \approx 5 (\text{HBS} - 40) / 3$

布氏硬度压痕面积较大，故测定的硬度值较准确。主要用于测定 $\text{HBS} < 450$ 的金属材料，如退火、正火、调质及灰口铸铁工件的硬度，不易检测薄片材料或成品。

1.4.2 洛氏硬度

洛氏硬度的测试原理如图 1-4 所示。所使用的压头为顶角为 120° 的金钢石圆锥体或直径 1.588mm ($1/16$ 英寸) 的淬火钢球，在一定的压力 F 的作用下，压入试样表面，

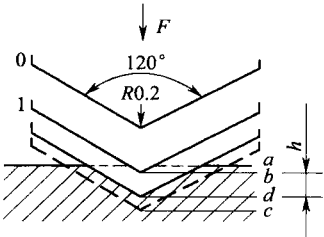


图 1-4 洛氏硬度测定原理图

根据压坑深度来确定洛氏硬度值。规定 0.002mm 为一个硬度值。图中 0 处为 120°金钢石压头没有和试样表面接触的位置，1 处为加入初载使压头和试样表面 a 接触，并压入试样 b 处， b 处为衡量压入深度的起点，再加全载使压头压入 c 处。此时，压头受主载荷作用实现压入材料表面的局部塑性变形深度为 h ，可用 h 值的大小来衡量金属材料的软硬程度，金属愈硬， h 值愈小，反之愈大。洛氏硬度试验时，硬度值可直接从洛氏硬度试验机的读数盘中读出，不需计算，也不标单位，直接用数字表示。

洛氏硬度根据试验时所用的载荷与压头的不同，洛氏硬度分为 HRA、HRB 和 HRC 三种，它们的应用范围见表 1-2。

常用洛氏硬度的试验条件及应用范围

表 1-2

硬度标度	压头类型	总载荷 F	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120°金钢石圆锥体	600	60 ~ 85 HRA	硬质合金、渗碳层、渗硬层等
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 钢球	1000	25 ~ 100 HRB	退火钢、正火钢
HRC	120°金钢石圆锥体	1500	20 ~ 67 HRC	淬火钢、调质钢、工具等

洛氏硬度法操作简单、迅速、压痕小，可测成品及薄层材料，可测最硬的金属与合金。

1.5 疲劳强度

许多机器零件，如轴、齿轮、连杆、弹簧、钢轨等，经常受到大小及方向变化的重复交变载荷。这种重复交变载荷，使金属材料的破坏应力远较它的屈服强度为低时，即发生断裂的现象，称为“疲劳”。当金属材料在无数次（对钢铁来说约 $10^6 \sim 10^7$ ）重复交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力，称为“疲劳强度”。当交变应力对称时用符号 σ_{-1} 表示，通常用疲劳曲线来描述，如图 1-5 所示。

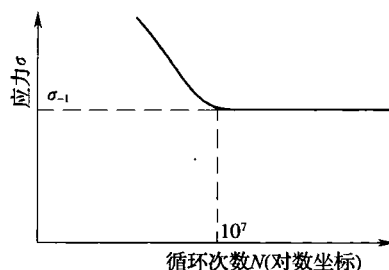


图 1-5 疲劳曲线示意

影响疲劳强度的因素很多，不但与材料的化学成分、金相组织和内部缺陷有密切的关系，而且与表面处理、工作条件、零件的几何形状和表面粗糙度都有关。

以上所述交变载荷下工作的零部件，在设计计算选择材料时，不仅要考虑其力学性能指标，还要考虑疲劳强度能否满足要求。

1.6 金属的蠕变

金属材料在高温中及一定应力作用下，随着时间的增加而产生缓慢地连续变形的现象，称为金属的蠕变。蠕变的现象主要出现在长期处在高温下工作的机械设备中，如锅炉、汽轮机、喷气发动机、内燃机、涡轮机、炼油和化工设备长期受热的部位。

1.6.1 金属材料蠕变的特点

金属材料的蠕变也是一种塑性变形，但与一般的塑性变形相比，具有以下特点：

(1) 蠕变是在一定温度下产生的，金属材料发生蠕变现象与所处的工作温度有关，熔点高的金属材料开始发生蠕变的温度也高，反之温度也低。对于碳钢多在 400℃ 以上才

发生蠕变，而铅、锡等低熔点金属，在室温下也会发生蠕变现象。

(2) 发生蠕变现象时间相当长，一般达几百小时，甚至几万小时才发生蠕变现象。

(3) 发生蠕变现象的应力并不很大，一般低于材料的屈服极限甚至低于弹性极限。

1.6.2 评定金属材料蠕变的主要指标

常用的指标有蠕变极限、持久极限和持久塑性。

(1) 蠕变极限（蠕变强度）

蠕变极限是指试样在一定温度下经过一定时间产生一定伸长率的应力值。如 $\sigma_{10^5}^{500}$ 值表示试样在 500℃ 以下经过 1000h 产生 0.2% 伸长率的应力值。

(2) 持久极限（持久强度）

持久极限是指试样在一定强度下经过一定时间发生断裂的应力值。如 $\sigma_{0.2}^{500}$ 值表示试样在 500℃ 以下经过 10 万小时发生断裂的应力值，20 号钢 $\sigma_{10^5}^{500} = 40\text{MPa}$ 。

(3) 持久塑性

持久塑性是指试样在一定的温度下，经过一定时间发生断裂后的延伸率和断面收缩率来评定的。

1.6.3 蠕变的危害及改进措施

对于高温下长期受载的机械零部件，要非常重视蠕变现象，如锅炉钢管，由于蠕变会使管径越来越大，管壁越来越薄，最终导致钢管爆破；又如汽轮机叶片，由于蠕变而使叶片与气缸之间的间隙逐渐消失，最终导致叶片气缸碰坏等。

蠕变现象的发生，与零件本身材料的化学成分、组织结构有很大关系，为提高材料的蠕变强度，就要从这几个方面采取措施，如改善冶炼方法，选择合理的热处理工艺，选材上要考虑选择耐热钢等。

1.7 金属的松弛

受预紧力作用的金属零件，在高温条件下工作，随着时间的延长，原来在预紧力作用下的弹性变形逐渐变形而自行降低应力的现象称为松弛。

松弛产生的原因是受弹性变形的金属，在高温条件下由于晶界的扩散过程和晶粒内部更小的晶块转动或移动的过程，使弹性变形逐步转变为塑性变形，这样虽然总变形（弹性和塑性变形）之和不变，但弹性逐渐减小，因而拉应力也随之减小。

金属的松弛和蠕变都是在高温和应力共同作用下，不断产生塑性变形的现象，但两者有一定的区别，蠕变时应力基本不变，但其变形在不断增加；松弛则是变形量不变，而应力逐渐减小。

为了克服松弛现象，如对蒸汽管接头的螺栓在工作一定时间后必须拧紧一次，以免漏水或漏气；对内燃机、汽轮机的缸盖的螺栓也要采用二次拧紧。

课题2 金属的其他性能

金属材料在满足力学性能的前提下，还应根据使用等方面的不同要求分别具有物理性能、化学性能和工艺性能。

2.1 金属材料的物理性能

金属的物理性能是指金属所固有的属性。它主要包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

2.1.1 密度

某种物质单位体积的质量叫该物质的密度。金属材料根据密度的不同分为：

轻金属：密度小于 $4.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

重金属：密度大于 $4.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

如铝、镁属于轻金属；钢铁属于重金属。常用金属的密度，见表 1-3。

常用金属的物理性能

表 1-3

金属名称	符号	密度 ρ (20℃) (kg/m^3)	熔点 (℃)	热导率 λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{k})$]	线膨胀系数 α (0~100℃) ($10^{-6}/\text{℃}$)	电阻率 ρ (0℃) ($10^6 \Omega \cdot \text{cm}$)
银	Ag	10.49×10^3	960.8	418.6	19.7	1.5
铜	Cu	8.96×10^3	1083	393.5	17	1.67 ~ 1.68 (20℃)
铝	Al	2.7×10^3	660	221.9	23.6	2.655
镁	Mg	1.74×10^3	650	153.7	24.3	4.47
钨	W	19.3×10^3	3380	166.2	4.6 (20℃)	5.1
镍	Ni	8.9×10^3	1453	92.1	13.4	6.84
铁	Fe	7.87×10^3	1538	75.4	11.76	9.7
锡	Sn	7.3×10^3	231.9	62.8	2.3	11.5
铬	Cr	7.19×10^3	1903	67	6.2	12.9
钛	Ti	4.508×10^3	1677	15.1	8.2	42.1 ~ 42.8
锰	Mn	7.43×10^3	1244	4.98 (-192℃)	37	185 (20℃)

2.1.2 熔点

金属和合金从固体状态向液体转变时的熔化温度称为熔点。金属都有固定的熔点，根据其熔化的难易程度不同分为：难熔金属（如钨、钼、铬、钒等）和易熔金属（如锡、铅、锌等）。

金属材料的熔点愈高，在高温条件下工作时力学性能变化就愈小，反之，金属材料在高温条件下工作时力学性能变化就愈大。对于摩擦和受热大的零、部件，选择材料时要考虑材料的熔点，如制造汽轮机、内燃机、锅炉的受热部件，要选择难熔金属；对熔丝等可选择易熔金属，常用金属的熔点见表 1-3 所示。

2.1.3 导电性

金属能够传导电流的性能称为导电性。导电性的好坏一般用电阻率来表示，电阻率越小，导电性能越好，反之，电阻率越大，导电性就越差。

金属材料中导电性最好的是银（如汽车分电盘的触头），其次为铜和铝。工业上常用铜、铝或它们的合金做导电材料（如电线、电机绕组和导体）；用导电差的合金材料做电热元件或零件。常用金属的电阻率见表 1-3。

2.1.4 导热性

金属在加热和冷却时能够传导热能的性质称为导热性。导电性好的材料导热性能也好。金属材料的导热性用热导率表示，热导率越大，导热性就越好。

为比较金属的导热性，设导热性最好的材料银的导热率为1，则铜0.9、铅0.5、铁0.15，常用金属热导率见表1-3。

利用材料的导热性，来考虑材料的加工工艺，如合金钢的导热性差，进行锻造和热处理时，应该用较低的速度加热，以免产生裂纹。制造散热器、热交换器等要选用导热性好的材料。

2.1.5 热膨胀性

金属和合金受热时，它的体积会增大，冷却时，则会缩小，金属的这种性质称为热膨胀性。通常用线膨胀系数来表示。它的单位是金属在温度升高1℃时，其单位长度（mm）所伸长的大小（mm）。

热膨胀性是金属材料在生产中应考虑的一项重要物理性能指标。如测量工件，当温度在规定范围内其尺寸符合要求，温度超过规定时，就不符合要求。在零件工作温度变化较大和量具制作时，选材时一定要考虑材料的线膨胀系数，如内燃机中活塞和气缸之间的间隙不能过小，否则，高温工作时会造成拉缸事故。常用材料的线膨胀系数见表1-3。

2.2 金属材料的化学性能

金属与其他物质引起化学反应的特征称为化学性能。它的主要指标有耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

2.2.1 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水蒸气及其他化学介质腐蚀破坏作用的能力称为耐腐蚀性。

腐蚀对金属材料的危害很大，腐蚀不仅使金属材料本身受到损失，严重时，还会使金属结构遭到破坏以致引起重大的事故。在各行业的工程中，发生腐蚀的现象都很多，如供热工程、化工设备、空调设备、工业管道、泵与风机及制药、化肥、制酸设备和制碱设备中要引起足够地重视，要根据腐蚀介质的不同选择不同抗腐蚀的材料。

2.2.2 抗氧化性

金属材料在加热时抵抗氧气氧化作用的能力称为抗氧化性。

金属材料在加热时，氧化作用加速，如钢材在铸造、锻造、热处理和焊接等热加工时，会发生氧化和脱碳，造成材料的损耗和各种缺陷。因此，在加热时，常在坯件或材料周围制造成一种还原气氛和保护气氛，以免材料的氧化。

2.2.3 化学稳定性

化学稳定性是金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性的总称。金属材料在高温下的化学稳定性叫作热稳定性。如工业锅炉、加热设备、汽轮机、内燃机等设备中的许多零部件都是在高温下工作的，对制造这些设备零部件的材料要具有良好的热稳定性，可考虑用耐热钢来克服以上问题。

2.3 金属材料的工艺性能

金属材料在加工成型过程中表现出的性能称为工艺性能。它是物理性能、化学性能和

力学性能的综合性能。金属的工艺性能的主要指标有铸造性能、可锻造性能、切削加工性能和焊接性能。

2.3.1 铸造性能

金属材料用铸造方法制成铸件时所表现出的性能称为铸造性能。

铸造性能包括流动性、收缩性和偏析（化学成分不均匀的现象）的倾向等。凡是流动性好、收缩小和偏析倾向小的金属材料铸造性能都较好。常用的钢铁材料中，铸铁具有优良的铸造性能，所以，机械设备的机座、阀门、散热器，主要承受压力的零部件和形状复杂的零部件大多采用铸造。

2.3.2 可锻性能

金属材料在热压力加工过程中，所反映出的加工难易程度称为可锻性能。可锻性能又称为锻造性能。可锻性能与金属材料本身的塑性有关，塑性越好，可锻性就越好，一般来说，含碳量低的碳钢和合金钢具有较好的可锻性，而铸铁不可锻造。

2.3.3 切削加工性

金属材料在进行冷加工时，被刀具切削加工的难易程度，称为切削加工性。

切削加工性好的材料，在加工时，切削刀具磨损小，进刀量大，被加工件的表面质量也比较好的。一般来说，中碳钢、灰铸铁切削加工性较好，而低碳钢、高碳钢切削加工性较差。

2.3.4 焊接性能

金属材料在采用一定的焊接工艺方法，焊接材料、工艺参数及结构形式的条件下，获得优质焊接接头的难易程度称为焊接性能。

焊接性能好的材料，焊接时不易产生裂纹、夹渣和气孔等缺陷，焊接接头能达到力学性能的要求。一般来说，铸铁的焊接性能很差，焊接时，可采用特殊的焊接工艺，低碳钢的焊接性能较好。

思考题与习题

1. 什么是金属材料的力学性能？它包括哪几个性能指标？各自的定义和符号是什么？
2. 什么是金属的物理性能、化学性能和工艺性能？各包括哪几项指标？试述它们各自的含义？
3. 说明布氏硬度和洛氏硬度的测试原理，各应用范围如何？
4. 什么是疲劳？影响疲劳强度的因素有哪些？
5. 什么是金属的蠕变？什么是金属的松弛？蠕变与松弛主要发生在什么场合？有哪些克服措施？