



机械工业工人
技术等级教材

机械基础

机械工业部仪器仪表工业局统编

机械工业出版社

本书是为仪器仪表机械装调类工人技术培训的需要而编写的。主要介绍仪器仪表工业中常用金属、非金属材料种类、牌号、性能和用途以及金属热处理常识；公差与配合的基本概念和公差表的使用；形状和位置公差的基本知识；常用量具的结构原理和使用；常见机械传动的基本原理和简单计算；液压传动和气压传动的基本原理和常用元件。着重于基本概念叙述和基本知识的应用。每章末附有复习题。

本书由天津第二机械工业局主编。参加编写的有王玉凤、吴长庚同志；参加审稿的有章昕明、孟中政、杨景行同志。

机 械 基 础

机械工业部仪器仪表工业局统编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32·印张137/8·字数 312 千字

1985年12月重庆第一版·1985年12月重庆第一次印刷

印数 00,001—11,700 · 定价 3.00 元

*

统一书号：15033·5697

前 言

贯彻中共中央、国务院《关于加强职工教育工作的决定》，对广大工人进行系统的技术培训，是智力开发的一件大事，是一项战略性的任务。有计划地开展这项工作，教材是关键。有了教材才能统一教学内容；才能逐步建立起正规的工人技术教育体系，提高工人的技术素质，以适应四化建设的需要。为此，我们在全国家仪器仪表行业有关的重点企业中，组织了有长期从事技术、教育工作经验的工程技术人员和教师，编写了这套仪器仪表专业工种的初级、中级工人技术培训教材，共七大类四十六本。

这套教材编写的依据是原国家仪器仪表工业总局一九八一年颁发的《工人技术理论教学计划、教学大纲（仪器仪表专业工种初、中级部分）》。学员学完初级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到部颁《工人技术等级标准》中本工种三级以下的“应知”要求；学完中级技术理论教学计划规定的课程，可系统地达到本工种六级以下的“应知”要求。在教材编写过程中，注意了工人培训和仪器仪表行业的特点，力求做到既要理论联系生产实际，学以致用，又要循序渐进。考虑到工种工艺学的特殊性，避免不必要的重复，对工种工艺学初级、中级教材采用合一册或上、下册的形式。通过教学计划和大纲，体现初级、中级培训的阶段性和连续性。

这套教材的出版，得到了北京、天津、上海、江苏等省

市仪表局、机械厅和有关企业、学校、研究单位的大力支持，在此特致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上编写经验不足，教材中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望同志们在使用中提出批评和指正，以便进一步修订。

机械工业部仪器仪表工业局
工人技术培训教材编审领导小组
一九八二年十二月

目 录

第一章 材料与热处理	1
1-1 材料的性能	1
1-2 钢铁金属材料	15
1-3 有色金属材料	30
1-4 非金属材料	52
1-5 复合材料	64
1-6 金属的热处理	66
复习题	74
第二章 公差与配合	76
2-1 概 述	76
2-2 有关尺寸、公差及偏差的术语与定义	76
2-3 标准公差、基本偏差与公差带	84
2-4 配合与基准制	104
2-5 未注公差尺寸的极限偏差	125
2-6 形状和位置公差	126
2-7 表面光洁度	166
复习题	170
第三章 常用量具和量仪	174
3-1 长度单位制	174
3-2 游标式量具	176
3-3 螺旋式量具	185
3-4 指示式量仪	196
3-5 量 块	203
3-6 角度量具	205
3-7 量 规	212
3-8 其它量具	218

复习题	222
第四章 机械传动	223
4-1 概述	223
4-2 带传动	224
4-3 摩擦轮传动	240
4-4 链传动	244
4-5 齿轮传动	245
4-6 螺旋传动	287
复习题	297
第五章 液压传动	299
5-1 概述	299
5-2 液压泵	308
5-3 液压缸和液压马达	314
5-4 液压控制阀	319
5-5 液压传动的工作介质	336
5-6 密封	337
5-7 液压辅助装置	341
5-8 液压基本回路	346
5-9 液压传动应用实例	352
复习题	355
第六章 气压传动	358
6-1 概述	358
6-2 气源系统	368
6-3 气动执行元件	371
6-4 气动控制元件	376
6-5 气动辅助元件	387
6-6 气压传动应用举例	406
复习题	410
附录	412

附表1	尺寸至 500mm 轴的极限偏差·····	412
附表2	尺寸至 500mm 孔的极限偏差·····	422
附表3	液压及气动图形符号 ·····	432

第一章 材料与热处理

在仪器、仪表的生产过程中，从产品设计、工艺直到零件加工和部件装配，都涉及到材料的问题。

为满足生产自动化程度的提高和国防、科研发展所提出的要求，仪器仪表行业所使用的材料品种日益增多。

材料按其成分可分为金属材料和非金属材料两大类。金属材料又可分为黑色金属材料和有色金属材料两类。各种不同的材料具有不同的性能和用途。有时还可采用一定的热处理方法，使仪器仪表零件获得良好的使用性能，或使某种金属材料的加工性能得到改善。对于仪器仪表行业的技术工人，掌握各种材料的性能和用途是十分必要的。

本章主要介绍常用金属-非金属材料的基本知识及金属热处理的基本常识。

1-1 材料的性能

仪器仪表生产中使用的材料种类很多，要正确合理地选用材料，充分发挥其性能潜力，达到既保证产品质量又节约材料的目的，就必须掌握材料的性能。

一、机械性能

零件在使用过程中，常受到各种不同形式的外力作用。材料的机械性能，是指材料抵抗外力的能力。

机械性能的基本指标有强度、弹性、塑性、硬度、韧性和疲劳等。

1. 强度 材料在外力作用下抵抗变形和破坏的能力称为强度。为了便于比较各种材料的强度，常用单位面积上材料的抗力来表示，即所谓应力。应力的计算公式为：

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 σ ——应力(公斤力/毫米²)；

P ——外力(公斤力)；

A_0 ——横截面面积(毫米²)。

由上式可知，对于同一横截面面积的材料来说，所受外力愈大，其应力也愈大。

常用的强度性能指标有屈服点（屈服极限）和强度极限。

(1) 屈服点（屈服极限） σ_s (公斤力/毫米²)：材料受外力作用时，当外力不再增加，但材料本身的变形却继续增加，这种现象叫做“屈服”。产生屈服现象时的应力称为屈服点。

(2) 强度极限 σ (公斤力/毫米²)：材料在外力作用下，能抵抗变形和破坏的最大应力称为强度极限。

根据材料所受外力的形式不同，强度极限分为以下几种：

1) 抗拉强度 σ_b (公斤力/毫米²)：指外力是拉力时的强度极限，它是衡量金属材料强度的主要性能指标。

2) 抗弯强度 σ_{bb} (公斤力/毫米²)：指外力是弯曲力时的强度极限。

3) 抗压强度 σ_{bs} (公斤力/毫米²)：指外力是压力时的强度极限。

此外，还有抗切强度等。

机械零件所受的应力，一般都应小于屈服点、更不允许超过强度极限，否则就会发生破坏。显然、材料的强度越高，能承受的应力也越大，相应零件的体积和重量就可以减少。

2. 弹性 材料在外力作用下产生变形，当外力取消后又恢复到原来形状和大小的一种特性称为弹性。衡量材料弹性的指标有弹性模量、比例极限及弹性极限。

所谓弹性模量，是指材料在弹性范围内，外力与变形成比例地增长，即应力与应变成正比例关系时的比例系数。弹性模量也叫弹性模数，其计算公式为：

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \text{ (公斤力/毫米}^2\text{)}$$

式中 E ——正弹性模量；

σ ——应力(公斤力/毫米²)；

ϵ ——应变。

根据应力、应变的性质不同，弹性模量又分为正弹性模量 (E) 和切变弹性模量 (G)。弹性模量的大小，相当于引起物体单位变形时所需应力的大小，所以，它在工程技术上是衡量材料刚度的指标。弹性模量愈大，刚度也愈大，也就是说，在一定应力作用下，发生的弹性变形愈小。任何仪器及仪表零件，在使用过程中，大多处于弹性状态，对于要求弹性变形较小的零件，必须选用弹性模量大的材料。

3. 塑性 材料在外力作用下，产生永久变形而不致破裂的能力称为塑性。衡量材料塑性的指标是延伸率和断面收缩率。

(1) 延伸率 $\delta(\%)$ ：试样受拉力作用断裂时，其伸长的长度与原有长度之比值的百分率称为延伸率。延伸率的计

算公式为:

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

式中 l ——试样拉断后的长度(毫米);

l_0 ——试样原有的长度(毫米)。

由于对同一材料用不同长度的标准试样所测得的延伸率 δ 数值不同, 因此应注明试样的尺寸比例。例如: δ_5 表示是试样标距长度为其直径 5 倍时的延伸率; δ_{10} 表示是试样标距长度为其直径 10 倍时的延伸率。通常, δ_{10} 可用 δ 表示。

(2) 断面收缩率 ψ (%): 试样受拉力作用断裂时, 其断口处横截面积的缩减量与原来横截面积之比值的百分率称为断面收缩率。断面收缩率的计算公式为:

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

式中 A ——试样断口处的横截面积(毫米²);

A_0 ——试样原有的横截面积(毫米²)。

延伸率和断面收缩率, 都是用来度量材料塑性大小的, 其数值愈大, 表示塑性愈好。良好的塑性材料有利于进行锻压、冷冲和冷拔等成型工艺。

4. 硬度 材料表面抵抗硬物压入的能力称为硬度。硬度反映了材料表面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。

根据测定的方法不同, 常用的硬度性能指标有布氏硬度, 洛氏硬度和维氏硬度等。

(1) 布氏硬度 HB (公斤力/毫米²): 布氏硬度是在布氏硬度试验机上测得的硬度值。其测定的原理是: 以规定直径 ($\phi 10$ 或 $\phi 5$ 、 $\phi 2.5$ 毫米) 的淬硬小钢球, 在规定载荷 (一

一般为3000或1000、750、250、187.5、62.5、15.6公斤)作用下压入被测材料表面,保持一定时间,然后除去载荷,使材料表面留下一个压痕,计算压痕单位面积上所受的平均压力(以所施载荷除以压痕面积)即得布氏硬度值。由于压痕直径与载荷及钢球直径之间有一定的关系,因此可通过测出压痕直径,直接从压痕直径与布氏硬度对照表查得HB的硬度值。

布氏硬度虽有单位,但在实际应用中只表明硬度数值,而不标明单位。

布氏硬度与强度有着如下的近似关系:

$$\sigma_b \approx KHB$$

式中 K 是一个常数,它随着不同金属材料以及热处理情况而有所不同。低碳钢 $K=0.36$, 高碳钢 $K=0.34$, 调质合金钢 $K=0.325$, 灰铸铁 $K=0.1$, 铸铝 $K=0.6$, 退火黄铜 $K=0.55$ 。

布氏硬度一般用于测量各种退火状态下的钢材、铸铁、有色金属等,也用于测量硬度小于HB450的调质钢件。如果被测材料硬度过高($HB>450$),钢球会产生变形,数值就不准确。此外,布氏硬度也不适宜测量薄板金属材料。

(2) 洛氏硬度 HR: 洛氏硬度是在洛氏硬度试验机上测得的硬度值。其测定原理是:用顶角为 120° 的圆锥形金刚石或直径为1.59毫米(即1/16英寸)的淬硬钢球为压头,在一定载荷下压入被测材料表面,去除载荷后,根据材料表面压痕深度来确定洛氏硬度的数值。

测定洛氏硬度时,根据压头和加载的不同,可将洛氏硬度分为三种。

1) HRC: 采用顶角为 120° 的圆锥形金刚石压头,在

150公斤的载荷下压入材料表面所求得的硬度。用来测定HRC 20~67的金属材料，如淬火钢件等。

2) HRA: 采用顶角为 120° 的圆锥形金刚石压头，在60公斤的载荷下压入材料表面所求得的硬度。用来测定HRA 70~85的很硬或硬而薄的金属材料，如碳化物、硬质合金或表面处理过的零件等。

3) HRB: 采用直径为 1.59 毫米的淬硬钢球压头，在100公斤的载荷下压入材料表面所求得的硬度。主要用来测定HRB 25~100 的较软金属材料，如软钢、退火钢、铜、铝等。

洛氏硬度试验操作简单、省时，可用于测定从极软到极硬的金属或合金；硬度值可在指示器上直接读到，不会损坏零件表面，可测半成品或成品的硬度。因此，它的使用范围很广泛。但因压痕较小，当材料组织不均匀时，会使测量值不十分精确，故对同一被测试件，至少要在三个不同部位进行测量，然后取平均值。

洛氏硬度的数值没有单位，它和布氏硬度值的关系大致如下：

$$\text{HRC} \approx \frac{1}{10} \text{HB}$$

(3) 维氏硬度 HV (公斤力/毫米²): 维氏硬度是在维氏硬度试验机上测得的硬度值。其测定原理和布氏硬度基本相同，也是以压痕表面积上的平均应力作为硬度值。载荷根据不同要求从5~120公斤力范围内选择。压头是顶角为 136° 的金刚石四方角锥体。在试验机上附有显微镜，用以测量压痕表面的对角线（角锥体压痕面积是根据两对角线平均值来计算的）。

维氏硬度只适用于测定很薄（0.3~0.5毫米）的金属材料，或厚度为0.03~0.05毫米的零件表面硬化层（如镀铬、渗碳、渗氮、碳氮共渗层等）的硬度。

维氏硬度试验的缺点是手续较繁，要求被测材料必须有较好的表面质量，不适用于组织不均匀的材料。

布氏、洛氏、维氏硬度的换算可见表 1-1。

5. 韧性 材料在冲击载荷作用下不被破坏的能力称为韧性。许多在冲击载荷下工作的零件，例如锤杆和锤头、冲模和锻模等，所用的材料，不能用静载荷下的性能（强度、弹性、塑性、硬度等）来衡量，而必须以韧性作为指标。

韧性的衡量指标通常为冲击韧性（冲击值）。材料的冲击韧性可在摆锤式一次冲击试验机上进行测定。以冲断试样所消耗的功除以试样断口处横截面积即得冲击韧性。其计算公式为：

$$\alpha_k = \frac{A_k}{S} \text{ (公斤力} \cdot \text{米/厘米}^2\text{)}$$

式中 α_k ——冲击韧性(公斤力·米/厘米²)；

A_k ——冲断试样所消耗的功（公斤力·米）；

S ——试样断口处的横截面积(厘米²)。

6. 疲劳 有很多零件如各种轴、齿轮、弹簧等，经常受到大小及方向变化的交变载荷。这种交变载荷常常会使金属材料在小于其强度极限的长期作用下突然断裂，这种现象称为疲劳。

衡量材料疲劳的性能指标为疲劳极限。其符号为 σ_{-1} ，单位为公斤力/毫米²。

所谓疲劳极限是指金属材料在无数次重复的交变载荷作用下，而不致断裂的最大应力。实际上并不可能让材料经受

表1-1 布氏、洛氏、维氏硬度换算表 (根据GB1172—74摘编)

布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度	布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度
HB ₃₀ D ₂	HRC	HRA	HV	HB ₃₀ D ₂	HRC	HRA	HV
	70.0	86.6	1037		52.5	77.1	551
	69.5	86.3	1017		52.0	76.9	543
	69.0	86.1	997		51.5	76.6	534
	68.5	85.8	978		51.0	76.3	525
	68.0	85.5	959		50.5	76.1	517
	67.5	85.2	941		50.0	75.8	509
	67.0	85.0	923		49.5	75.5	501
	66.5	84.7	906		49.0	75.3	493
	66.0	84.4	889		48.5	75.0	485
	65.5	84.1	872		48.0	74.7	478
	65.0	83.9	856		47.5	74.5	470
	64.5	83.6	840	449	47.0	74.2	463
	64.0	83.3	825	442	46.5	73.9	456
	63.5	83.1	810	436	46.0	73.7	449
	63.0	82.8	795	430	45.5	73.4	443
	62.5	82.5	780	424	45.0	73.2	436
	62.0	82.2	766	418	44.5	72.9	429
	61.5	82.0	752	413	44.0	72.6	423
	61.0	81.7	739	407	43.5	72.4	417
	60.5	81.4	726	401	43.0	72.1	411
	60.0	81.2	713	396	42.5	71.8	405
	59.5	80.9	700	391	42.0	71.6	399
	59.0	80.6	688	385	41.5	71.3	393
	58.5	80.3	676	380	41.0	71.1	388
	58.0	80.1	664	375	40.5	70.8	382
	57.5	79.8	653	370	40.0	70.5	377
	57.0	79.5	642	365	39.5	70.3	372
	56.5	79.3	631	360	39.0	70.0	367
	56.0	79.0	620	355	38.5	69.7	362
	55.5	78.7	609	350	38.0	69.5	357
	55.0	78.5	599	345	37.5	69.2	352
	54.5	78.2	589	341	37.0	69.0	347
	54.0	77.9	579	336	36.5	68.7	342
	53.5	77.7	570	332	36.0	68.4	338
	53.0	77.4	561	327	35.5	68.2	333

(续)

布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度	布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度
HB ₃₀ D ²	HRC	HRA	HV	HB ₃₀ D ²	HRC	HRA	HV
323	35.0	67.9	329	251	25.0	62.8	255
318	34.5	67.7	324	248	24.5	62.5	252
314	34.0	67.4	320	245	24.0	62.2	249
310	33.5	67.1	316	242	23.5	62.0	246
306	33.0	66.9	312	240	23.0	61.7	243
302	32.5	66.6	308	237	22.5	61.5	240
298	32.0	66.4	304	234	22.0	61.2	237
294	31.5	66.1	300	232	21.5	61.0	234
291	31.0	65.8	296	229	21.0	60.7	231
287	30.5	65.6	292	227	20.5	60.4	229
283	30.0	65.3	289	225	20.0	60.2	226
280	29.5	65.1	285	222	19.5	59.9	223
276	29.0	64.8	281	220	19.0	59.7	221
273	28.5	64.6	278	218	18.5	59.4	218
269	28.0	64.3	274	216	18.0	59.2	216
266	27.5	64.0	271	214	17.5	58.9	214
263	27.0	63.8	268	211	17.0	58.6	211
260	26.5	63.5	264	209	16.5	58.4	209
257	26.0	63.3	261		16.0	58.1	
254	25.5	63.0	258		15.5	57.9	

布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度	布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度
HE ₁₀ D ²	HRB	HRA	HV	HE ₁₀ D ²	HRB	HRA	HV
217	100.0	61.2	233	188	95.0	58.0	206
214	99.5	60.8	230	186	94.5	57.7	203
210	99.0	60.5	227	183	94.0	57.4	201
208	98.5	60.2	225	181	93.5	57.1	199
205	98.0	59.9	222	179	93.0	56.8	196
202	97.5	59.6	219	176	92.5	56.4	194
199	97.0	59.2	216	174	92.0	56.1	191
196	96.5	58.9	214	172	91.5	55.8	189
194	96.0	58.6	211	170	91.0	55.5	187
191	95.5	58.3	208	168	90.5	55.2	185

(续)

布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度	布氏硬度	洛氏硬度		维氏硬度
	HRB	HRA			HV	HRB	
HB ₁₀ D ²				HB ₁₀ D ²			
166	90.0	54.9	183	117	72.5	45.0	126
164	89.5	54.6	180	116	72.0	44.8	125
162	89.0	54.3	178	115	71.5	44.5	124
160	88.5	54.0	176	115	71.0	44.2	123
158	88.0	53.7	174	114	70.5	44.0	122
156	87.5	53.4	172	113	70.0	43.7	121
154	87.0	53.1	170	112	69.5	43.4	120
152	86.5	52.8	168	112	69.0	43.2	119
151	86.0	52.6	166	111	68.5	42.9	118
149	85.5	52.3	165	110	68.0	42.7	117
147	85.0	52.0	163	110	67.5	42.4	116
146	84.5	51.7	161	109	67.0	42.2	115
144	84.0	51.4	159	108	66.5	41.9	115
143	83.5	51.1	157	108	66.0	41.7	114
141	83.0	50.8	156	107	65.5	41.4	113
140	82.5	50.5	154	107	65.0	41.2	112
138	82.0	50.2	152	106	64.5	40.9	111
137	81.5	50.0	151	106	64.0	40.7	110
136	81.0	49.7	149	105	63.5	40.4	110
134	80.5	49.4	148	105	63.0	40.2	109
133	80.0	49.1	146	104	62.5	39.9	108
132	79.5	48.8	145	104	62.0	39.7	108
130	79.0	48.6	143	103	61.5	39.4	107
129	78.5	48.3	142	103	61.0	39.2	106
128	78.0	48.0	140	102	60.5	38.9	105
127	77.5	47.7	139	102	60.0	38.7	105
126	77.0	47.5	138				
125	76.5	47.2	136				
124	76.0	46.9	135				
123	75.5	46.8	134				
122	75.0	46.4	132				
121	74.5	46.1	131				
120	74.0	45.8	130				
119	73.5	45.6	129				
118	73.0	45.3	128				

注: HB₃₀D²和HB₁₀D²分别表示载荷P与钢球直径D的关系为P=30D²及P=10D²时的布氏硬度值。