

# 材料力学性能 测试手册

龙伟民 刘胜新○主编

◎ 采用最新标准 ◎ 内容系统全面 ◎ 查阅方便快捷



# 材料力学性能测试手册

主 编 龙伟民 刘胜新  
副主编 王万杰 张爱民  
参 编 杨灿玲 王金荣 张金凤 陈志民 李杏娥 陈加福 夏 静  
付建伟 李 响 张佳楠 吴振远 宋月鹏 肖树龙 徐丽娟  
王瑞娟 刘 峰 王志刚 孟 迪 李立碑 徐 锟 陈 伟  
毛 磊 张 锐 李孔斋 靳先芳 李 菁 李立程 姚 宇  
李 静 柳洪洁 邓 晶 宋菊秀 李立凤 颜新奇 王 宁  
胡中华 王乐军 孙华为 赵 丹 杨 娟 张冠宇 张素红  
李 莎 严咏志 翟 震 潘继民 隋方飞 丛康丽 李 浩  
王 波 张海连 张亚荣 张靓颖 李立里 孙志鹏 武倩倩  
弓雪原 贡东海 郭 炜 高 玉 李怀武 杨 晗 李 鹏  
审 定 汪大经



机械工业出版社

本书从工业生产实际出发,以现行的最新标准资料为依据,全面系统地介绍了材料的各种力学性能测试方法。其主要内容包括:材料力学性能相关知识、材料拉伸性能测定试验、材料硬度测定试验、材料冲击性能测定试验、材料扭转性能测定试验、材料剪切性能测定试验、材料压缩性能测定试验、材料弯曲性能测定试验、材料断裂性能测定试验、材料疲劳性能测定试验。本书采用最新标准资料,内容系统全面,查阅方便快捷,具有实用性、综合性、先进性、可靠性。

本书是工程设计人员、质量检测人员、材料研究及营销人员的必备工具书,也可作为相关专业在校师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

材料力学性能测试手册/龙伟民,刘胜新主编. —北京:机械工业出版社,2014.3

ISBN 978-7-111-45532-5

I. ①材… II. ①龙…②刘… III. ①材料力学性质-力学性能试验-手册 IV. ①TB302.3-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第014161号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:陈保华 责任编辑:陈保华 版式设计:霍永明

责任校对:刘志文 封面设计:陈沛 责任印制:刘岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2014年5月第1版第1次印刷

169mm×239mm·44.75印张·2插页·1025千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45532-5

定价:109.00元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
电话服务

策划编辑:(010)88379734 网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

# 前 言

材料广泛应用于工业生产各领域，是现代科学技术发展和国民经济建设的重要支柱，是工业生产和生活中必不可少的物质基础。目前，国家出台了大量政策以促进材料的合理利用，加速材料的研究和开发。材料研究的开发离不开力学性能的研究，而检测方法则是非常重要且普遍应用的手段。材料的力学性能是确保产品安全和使用寿命的最主要依据，在材料选择的合理性、材料应用的优化性等方面发挥着越来越大的作用。材料力学性能的测试方法是工程技术人员必备的基础知识。为了帮助读者掌握材料各种力学性能的测试方法，从而为工程实践中的生产、设计、材料选用提供科学依据，我们编写了这本《材料力学性能测试手册》。

本书从工业生产实际出发，以现行的最新标准资料为依据，通过系统、科学地归纳整理，详细介绍了材料力学性能的测试原理及操作方法。本书主要内容包括：材料力学性能相关知识、材料拉伸性能测定试验、材料硬度测定试验、材料冲击性能测定试验、材料扭转性能测定试验、材料剪切性能测定试验、材料压缩性能测定试验、材料弯曲性能测定试验、材料断裂性能测定试验、材料疲劳性能测定试验。

为了使读者能够迅速、快捷、方便地掌握材料力学性能的各类测试方法，本书在内容编排上具有以下特点：

1) 在介绍每一种材料的力学性能测试方法前，都详细地列出了相关的国家标准或行业标准的代号及名称，便于读者参考和对照。

2) 通过系统、科学地归纳整理，使本书每一章节的结构均符合实际测试过程中的应用程序（包括试样制备、试验仪器设备要求、试验环境、试验详细步骤、试验过程中的操作技巧及注意事项、试验数据处理及误差的控制），读者查阅快捷、使用方便，具有极强的实用性。

3) 作者根据多年的实际工作经验，有选择地给出了部分试验的多种测试方法，包括公式法、图像法、静态法、动态法等，便于读者根据实际工作中的要求和具备的试验条件进行选择。

本书采用最新标准资料，内容系统全面，查阅方便快捷，具有实用性、综合性、先进性、可靠性。本书是工程设计人员、质量检测人员、材料研究及营销人员的必备工具书，也可作为相关专业在校师生的参考书。

本书由龙伟民、刘胜新任主编，王万杰、张爱民任副主编。具体编写情况如下：第1章由龙伟民编写，第2章由龙伟民、王万杰、杨灿玲、王金荣、张





# 目 录

## 前言

## 第 1 章 材料力学性能相关知识 ..... 1

### 1.1 材料力学性能与工程应用 ..... 1

### 1.2 力学性能试验的试样制备 ..... 1

#### 1.2.1 力学性能试验的试样相关术语 ..... 1

#### 1.2.2 试料的状态 ..... 1

#### 1.2.3 试样类型 ..... 2

#### 1.2.4 样坯切取的原则和规定 ..... 2

#### 1.2.5 取样方法 ..... 3

### 1.3 数值修约规则 ..... 15

#### 1.3.1 术语和定义 ..... 15

#### 1.3.2 数值修约规则 ..... 15

#### 1.3.3 极限数值的表示和判定 ..... 17

### 1.4 试验数据的处理和误差分析 ..... 19

#### 1.4.1 误差的定义和分类 ..... 19

#### 1.4.2 直接测量的误差表示法 ..... 21

#### 1.4.3 力学性能试验数据处理

#### 示例 ..... 22

## 第 2 章 材料拉伸性能测定试验 ..... 26

### 2.1 材料拉伸性能相关知识 ..... 26

### 2.2 金属材料室温拉伸试验 ..... 29

#### 2.2.1 试样 ..... 29

#### 2.2.2 试验设备 ..... 37

#### 2.2.3 试验内容及结果表示 ..... 39

### 2.3 金属材料低温拉伸试验 ..... 63

#### 2.3.1 试样 ..... 64

#### 2.3.2 试验设备 ..... 65

#### 2.3.3 试验内容及结果表示 ..... 66

### 2.4 金属材料液氮拉伸试验 ..... 68

#### 2.4.1 试样 ..... 68

#### 2.4.2 试验设备 ..... 70

#### 2.4.3 试验内容及结果表示 ..... 72

### 2.5 金属材料高温拉伸试验 ..... 74

#### 2.5.1 试样 ..... 74

### 2.5.2 试验设备 ..... 74

### 2.5.3 试验内容及结果表示 ..... 75

## 2.6 金属超塑性材料拉伸试验 ..... 76

### 2.6.1 试样 ..... 76

### 2.6.2 试验设备 ..... 78

### 2.6.3 试验内容及结果表示 ..... 79

## 2.7 金属材料单轴拉伸蠕变试验 ..... 81

### 2.7.1 试样 ..... 81

### 2.7.2 试验设备 ..... 85

### 2.7.3 试验内容及结果表示 ..... 87

## 2.8 金属材料焊接接头拉伸试验 ..... 92

### 2.8.1 试样 ..... 92

### 2.8.2 试验设备 ..... 95

### 2.8.3 试验内容及结果表示 ..... 95

## 2.9 金属材料焊缝十字接头和搭接

## 接头拉伸试验 ..... 96

### 2.9.1 试样 ..... 96

### 2.9.2 试验设备 ..... 97

### 2.9.3 试验内容及结果表示 ..... 97

## 2.10 焊缝及熔敷金属拉伸试验 ..... 99

### 2.10.1 试样 ..... 99

### 2.10.2 试验设备 ..... 100

### 2.10.3 试验内容及结果表示 ..... 100

## 2.11 金属材料管和环拉伸试验 ..... 101

### 2.11.1 试样 ..... 101

### 2.11.2 试验设备 ..... 101

### 2.11.3 试验内容及结果表示 ..... 101

## 2.12 非铁金属细丝拉伸试验 ..... 102

### 2.12.1 试样 ..... 102

### 2.12.2 试验设备 ..... 102

### 2.12.3 试验内容及结果表示 ..... 102

## 2.13 金属材料薄板和薄带拉伸应变

## 硬化指数的测定 ..... 103

### 2.13.1 试样 ..... 104

### 2.13.2 试验设备 ..... 104

- 2.13.3 试验内容及结果表示 ..... 104
- 2.14 金属材料弹性模量和泊松比测定试验 ..... 106
- 2.14.1 静态法 ..... 106
- 2.14.2 动态法 ..... 113
- 2.15 钢丝绳破断拉伸试验 ..... 126
- 2.15.1 试样 ..... 126
- 2.15.2 试验设备 ..... 128
- 2.15.3 试验内容及结果表示 ..... 128
- 2.16 塑料拉伸试验 ..... 129
- 2.16.1 试样 ..... 129
- 2.16.2 试验设备 ..... 138
- 2.16.3 试验内容及结果表示 ..... 140
- 2.17 塑料拉伸蠕变试验 ..... 145
- 2.17.1 试样 ..... 145
- 2.17.2 试验设备 ..... 145
- 2.17.3 试验内容及结果表示 ..... 146
- 2.17.4 物理老化对聚合物蠕变的影响 ..... 148
- 2.18 纤维增强塑料拉伸性能试验 ..... 151
- 2.18.1 试样 ..... 151
- 2.18.2 试验设备 ..... 153
- 2.18.3 试验内容及结果分析 ..... 153
- 2.19 纤维增强热固性塑料管轴向拉伸试验 ..... 156
- 2.19.1 整体拉伸试验 ..... 156
- 2.19.2 取样拉伸试验 ..... 158
- 2.20 塑料焊接试样拉伸性能试验 ..... 159
- 2.20.1 试样 ..... 159
- 2.20.2 试验设备 ..... 162
- 2.20.3 试验内容及结果表示 ..... 162
- 2.21 玻璃纤维增强塑料层合板层间拉伸强度试验 ..... 163
- 2.21.1 试样 ..... 163
- 2.21.2 试样设备 ..... 165
- 2.21.3 试验内容及结果表示 ..... 166
- 2.22 热塑性塑料管材拉伸性能试验 ..... 166
- 2.22.1 试样 ..... 166
- 2.22.2 试验设备 ..... 171
- 2.22.3 试验内容及结果表示 ..... 171
- 2.23 聚乙烯管材和管件热熔对接接头拉伸强度试验 ..... 173
- 2.23.1 试样 ..... 173
- 2.23.2 试验设备 ..... 174
- 2.23.3 试验内容及结果表示 ..... 174
- 2.24 软质泡沫聚合材料拉伸试验 ..... 175
- 2.24.1 试样 ..... 175
- 2.24.2 试验设备 ..... 176
- 2.24.3 试验内容及结果表示 ..... 176
- 2.25 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸试验 ..... 177
- 2.25.1 试样 ..... 177
- 2.25.2 试验设备 ..... 181
- 2.25.3 试验内容及结果表示 ..... 182
- 2.26 硫化橡胶高温拉伸试验 ..... 186
- 2.26.1 试样 ..... 186
- 2.26.2 试验设备 ..... 186
- 2.26.3 试验内容及结果表示 ..... 186
- 2.27 硫化橡胶拉伸耐寒系数的测定 ..... 188
- 2.27.1 试样 ..... 188
- 2.27.2 试验设备 ..... 188
- 2.27.3 试验内容及结果表示 ..... 189
- 2.28 硬质橡胶拉伸试验 ..... 190
- 2.28.1 试样 ..... 190
- 2.28.2 试验设备 ..... 190
- 2.28.3 试验内容及结果表示 ..... 191
- 2.29 橡胶或塑料涂覆织物拉伸试验 ..... 191
- 2.29.1 试样 ..... 192
- 2.29.2 试验设备 ..... 193
- 2.29.3 试验内容及结果表示 ..... 193
- 2.30 高聚物多孔弹性材料拉伸试验 ..... 195
- 2.30.1 试样 ..... 195
- 2.30.2 试验设备 ..... 196
- 2.30.3 试验内容及结果表示 ..... 196
- 2.31 土工布及其有关产品宽条拉伸试验 ..... 197

2.31.1	试样	197	3.6.1	试样	372
2.31.2	试验设备	199	3.6.2	试验设备	372
2.31.3	试验内容及结果表示	200	3.6.3	试验内容及结果表示	373
2.32	土工布接头/接缝宽条拉伸 试验	203	3.7	金属材料里氏硬度试验	374
2.32.1	试样	203	3.7.1	试样	374
2.32.2	试验设备	204	3.7.2	试验设备	375
2.32.3	试验内容及结果表示	204	3.7.3	试验内容及结果表示	376
2.33	织物芯输送带全厚度拉伸 试验	205	3.8	焊接接头硬度试验	394
2.33.1	试样	205	3.8.1	试样	394
2.33.2	试验设备	207	3.8.2	试验设备	394
2.33.3	试验内容及结果表示	208	3.8.3	试验内容及结果表示	394
2.34	碳纤维复丝拉伸试验	208	3.9	焊缝破坏性显微硬度试验	400
2.34.1	试样	209	3.9.1	试样	400
2.34.2	试验设备	209	3.9.2	试验设备	400
2.34.3	试验内容及结果表示	210	3.9.3	试验内容及结果表示	400
2.35	精细陶瓷室温拉伸试验	211	3.10	钢铁热处理零件硬度检验 通则	402
2.35.1	试样	211	3.11	金属材料各种硬度的转换	405
2.35.2	试验设备	212	3.11.1	转换硬度值的表述	405
2.35.3	试验内容及结果表示	212	3.11.2	非奥氏体钢硬度近似转换 (洛氏 C 标尺范围)	405
<b>第 3 章 材料硬度测定试验</b>			3.11.3	非奥氏体钢硬度近似转换 (洛氏 B 标尺范围)	406
3.1	材料硬度相关知识	214	3.11.4	镍及高镍合金硬度近似 转换	408
3.2	金属材料洛氏硬度试验	215	3.11.5	弹壳黄铜硬度近似转换	411
3.2.1	试样	215	3.11.6	奥氏体不锈钢板退火后布 氏-洛氏 B 标尺硬度近似 转换	412
3.2.2	试验设备	215	3.11.7	奥氏体不锈钢薄板洛氏硬度 近似转换	413
3.2.3	试验内容及结果表示	217	3.11.8	变形铝合金硬度近似 转换	415
3.3	金属材料布氏硬度试验	222	3.11.9	各种硬度间的换算关系	416
3.3.1	试样	222	3.12	金属材料各种硬度与强度的 转换	416
3.3.2	试验设备	223	3.12.1	钢铁材料硬度与强度的换算 关系	416
3.3.3	试验内容及结果表示	224	3.12.2	非铁金属材料硬度与强度的 换算关系	419
3.4	金属材料维氏硬度试验	237			
3.4.1	试样	237			
3.4.2	试验设备	239			
3.4.3	试验内容及结果表示	240			
3.5	金属材料努氏硬度试验	343			
3.5.1	试样	343			
3.5.2	试验设备	343			
3.5.3	试验内容及结果表示	344			
3.6	金属材料肖氏硬度试验	372			

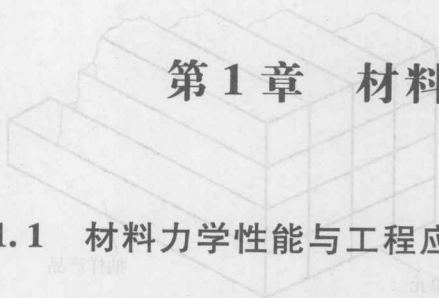


3.13 塑料球压痕法硬度测试	419	4.2.2 试验设备	447
3.13.1 试样	420	4.2.3 试验内容及结果表示	450
3.13.2 试验设备	420	4.3 金属材料夏比冲击断口测定	
3.13.3 试验内容及结果表示	420	试验	454
3.14 塑料洛氏硬度测试	422	4.3.1 试样	454
3.14.1 试样	423	4.3.2 试验设备	454
3.14.2 试验设备	423	4.3.3 试验内容及结果表示	454
3.14.3 试验内容及结果表示	424	4.4 钢材夏比 V 型缺口摆锤仪器化	
3.15 塑料和硬橡胶压痕硬度试验	425	冲击试验	457
3.15.1 试样的制备	425	4.4.1 试样	457
3.15.2 试验设备	425	4.4.2 试验设备	457
3.15.3 试验结果及内容表示	426	4.4.3 试验内容及结果表示	459
3.16 硫化橡胶或热塑性橡胶硬度		4.5 焊接接头冲击试验	461
试验	427	4.5.1 试样	461
3.16.1 橡胶国际硬度	427	4.5.2 其他试验要求	463
3.16.2 试样	429	4.6 硬质合金常温冲击试验	463
3.16.3 试验设备	429	4.6.1 试样	463
3.16.4 试验内容及结果表示	431	4.6.2 试验设备	464
3.17 硫化橡胶或热塑性橡胶压入		4.6.3 试验内容及结果表示	464
硬度(邵氏硬度计法)试验	435	4.7 烧结金属材料冲击试验	465
3.17.1 试样	435	4.7.1 试样	465
3.17.2 试验设备	436	4.7.2 试验设备	466
3.17.3 试验内容及结果表示	437	4.7.3 试验内容及结果表示	466
3.18 摩擦材料洛氏硬度试验	439	4.8 硬质塑料落锤冲击试验	467
3.18.1 试样	439	4.8.1 试样	467
3.18.2 试验设备	439	4.8.2 试验设备	468
3.18.3 试验内容及结果表示	440	4.8.3 试验内容及结果表示	468
3.19 烧结金属摩擦材料表面硬度		4.9 塑料悬臂梁冲击试验	471
试验	441	4.9.1 试样	471
3.19.1 试样	441	4.9.2 试验设备	473
3.19.2 试验设备	441	4.9.3 试验内容及结果表示	473
3.19.3 试验内容及结果表示	441	4.10 塑料冲击性能小试样试验	476
3.20 无色光学玻璃克氏硬度试验	442	4.10.1 试样	476
3.20.1 试样	442	4.10.2 试验设备	477
3.20.2 试验设备	442	4.10.3 试验内容及结果表示	478
3.20.3 试验内容及结果表示	442	4.11 纤维增强塑料简支梁式冲击	
<b>第 4 章 材料冲击性能测定试验</b>	<b>444</b>	试验	478
4.1 材料冲击性能相关知识	444	4.11.1 试样	478
4.2 金属材料夏比摆锤冲击试验	446	4.11.2 试验设备	479
4.2.1 试样	446	4.11.3 试验内容及结果表示	479

4.12	流体输送用热塑性塑料管材筒		5.5.2	试验设备	510
	支梁冲击试验	480	5.5.3	试验内容及结果表示	510
4.12.1	试样	480	<b>第6章 材料剪切性能测定试验</b>		512
4.12.2	试验设备	481	6.1	金属线材和铆钉剪切试验	512
4.12.3	试验内容及结果表示	482	6.1.1	试样	513
4.13	热塑性塑料管冲击试验	484	6.1.2	试验设备	513
4.13.1	试样	484	6.1.3	试验内容及结果表示	517
4.13.2	试验设备	484	6.2	销的剪切试验	517
4.13.3	试验内容及结果表示	485	6.2.1	试样	518
4.14	硬质橡胶冲击试验	490	6.2.2	试验设备	518
4.14.1	试样	490	6.2.3	试验内容及结果表示	518
4.14.2	试验设备	490	6.3	塑料穿孔法剪切试验	518
4.14.3	试验内容及结果表示	491	6.3.1	试样	519
4.15	不透性石墨材料冲击试验	492	6.3.2	试验设备	519
4.15.1	试样	492	6.3.3	试验内容及结果表示	520
4.15.2	试验设备	493	6.4	纤维增强塑料层间剪切试验	521
4.15.3	试验内容及结果表示	494	6.4.1	试样	521
4.16	人造金刚石冲击试验	495	6.4.2	试验设备	522
4.16.1	试样	495	6.4.3	试验内容及结果表示	523
4.16.2	试验设备	495	6.5	纤维增强塑料冲压式剪切强度	524
4.16.3	试验内容及结果表示	496	试验	524	
<b>第5章 材料扭转性能测定试验</b>		498	6.5.1	试样	524
5.1	金属材料室温扭转试验	498	6.5.2	试验设备	525
5.1.1	试样	498	6.5.3	试验内容及结果表示	525
5.1.2	试验设备	499	6.6	硬质橡胶剪切试验	527
5.1.3	试验内容及结果表示	500	6.6.1	试样	527
5.2	金属大规格线材扭转试验	504	6.6.2	试验设备	527
5.2.1	试样	504	6.6.3	试验内容及结果表示	528
5.2.2	试验设备	504	6.7	硫化橡胶与金属粘接拉伸剪切	528
5.2.3	试验内容及结果表示	505	强度试验	528	
5.3	金属线材单向扭转试验	506	6.7.1	试样	528
5.3.1	试样	506	6.7.2	试验设备	529
5.3.2	试验设备	507	6.7.3	试验内容及结果表示	529
5.3.3	试验内容及结果表示	507	<b>第7章 材料压缩性能测定试验</b>		531
5.4	金属线材双向扭转试验	508	7.1	金属材料压缩性能试验	531
5.4.1	试样	508	7.1.1	试样	531
5.4.2	试验设备	508	7.1.2	试验设备	534
5.4.3	试验内容及结果表示	509	7.1.3	试验内容及结果表示	535
5.5	塑料扭转刚性试验	509	7.2	金属轴承材料压缩试验	541
5.5.1	试样	509	7.2.1	试样	541

7.2.2	试验设备	541	8.2.2	试验设备	576
7.2.3	试验内容及结果表示	542	8.2.3	试验内容及结果表示	577
7.3	塑料压缩试验	543	8.3	金属线材反复弯曲试验	579
7.3.1	试样	543	8.3.1	试样	579
7.3.2	试验设备	545	8.3.2	试验设备	579
7.3.3	试验内容及结果表示	546	8.3.3	试验内容及结果表示	580
7.4	纤维增强塑料压缩试验	548	8.4	钢筋混凝土用钢筋弯曲和反向	
7.4.1	试样	548	弯曲试验		581
7.4.2	试验设备	549	8.4.1	试样	581
7.4.3	试验内容及结果表示	549	8.4.2	试验设备	581
7.5	单向纤维增强塑料平板压缩		8.4.3	试验内容及结果表示	583
试验		550	8.5	热双金属热弯曲试验	583
7.5.1	试样	550	8.5.1	试样	583
7.5.2	试验设备	551	8.5.2	试验设备	584
7.5.3	试验内容及结果表示	552	8.5.3	试验内容及结果表示	586
7.6	纤维增强塑料面内压缩试验	553	8.6	热双金属横向弯曲试验	590
7.6.1	试样	553	8.6.1	试样	590
7.6.2	试验设备	554	8.6.2	试验设备	591
7.6.3	试验内容及结果表示	555	8.6.3	试验内容及结果表示	591
7.7	纤维增强热固性塑料管轴向		8.7	焊接接头弯曲试验	592
压缩试验		557	8.7.1	试样	592
7.7.1	试样	558	8.7.2	试验设备	596
7.7.2	试验设备	558	8.7.3	试验内容及结果表示	596
7.7.3	试验内容及结果表示	559	8.8	塑料弯曲试验	599
7.8	硫化橡胶短时间静压缩试验	560	8.8.1	试样	599
7.8.1	试样	560	8.8.2	试验设备	601
7.8.2	试验设备	560	8.8.3	试验内容及结果表示	601
7.8.3	试验内容及结果表示	560	8.9	纤维增强塑料弯曲试验	603
7.9	硫化橡胶或热塑性橡胶室温、		8.9.1	试样	604
高温和低温压缩试验		561	8.9.2	试验设备	604
7.9.1	试样	562	8.9.3	试验内容及结果表示	605
7.9.2	试验设备	563	8.10	塑料焊接试样弯曲试验	607
7.9.3	试验内容及结果表示	564	8.10.1	试样	607
<b>第8章</b>	<b>材料弯曲性能测定试验</b>	<b>566</b>	8.10.2	试验设备	609
8.1	金属弯曲力学性能试验	566	8.10.3	试验内容及结果表示	610
8.1.1	试样	566	8.11	硬质泡沫塑料弯曲强度和表观	
8.1.2	试验设备	568	弯曲弹性模量测定试验		611
8.1.3	试验内容及结果表示	570	8.11.1	试样	611
8.2	金属材料弯曲试验	574	8.11.2	试验设备	612
8.2.1	试样	575	8.11.3	试验内容及结果表示	612

8.12 硬质橡胶弯曲试验·····	614	9.6.3 试验内容及结果表示·····	662
8.12.1 试样·····	614	9.7 烧结金属材料横向断裂强度	
8.12.2 试验设备·····	614	试验·····	663
8.12.3 试验内容及结果表示·····	615	9.7.1 试样·····	663
8.13 不透性石墨材料弯曲试验·····	616	9.7.2 试验设备·····	663
8.13.1 试样·····	616	9.7.3 试验内容及结果表示·····	663
8.13.2 试验设备·····	617	<b>第10章 材料疲劳性能测定</b>	
8.13.3 试验内容及结果表示·····	617	试验·····	665
<b>第9章 材料断裂性能测定试验</b> ·····	619	10.1 金属材料扭应力疲劳试验·····	665
9.1 金属材料表面裂纹拉伸试样断裂		10.1.1 试样·····	665
韧度试验·····	619	10.1.2 试验设备·····	666
9.1.1 试样·····	619	10.1.3 试验内容及结果表示·····	667
9.1.2 试验设备·····	620	10.2 金属材料滚动接触疲劳试验·····	669
9.1.3 试验内容及结果表示·····	620	10.2.1 试样·····	669
9.2 金属材料平面应变断裂韧度		10.2.2 试验设备·····	673
试验·····	623	10.2.3 试验内容及结果表示·····	673
9.2.1 试样·····	623	10.3 金属材料旋转弯曲疲劳试验·····	677
9.2.2 试验设备·····	624	10.3.1 试样·····	678
9.2.3 试验内容及结果表示·····	627	10.3.2 试验设备·····	682
9.3 铁素体钢平面应变止裂韧度		10.3.3 试验内容及结果表示·····	683
试验·····	630	10.4 金属材料疲劳裂纹扩展速率	
9.3.1 试样·····	630	试验·····	685
9.3.2 试验设备·····	631	10.4.1 试样·····	685
9.3.3 试验内容及结果表示·····	633	10.4.2 试验设备·····	689
9.4 金属材料准静态断裂韧度试验·····	638	10.4.3 试验内容及结果表示·····	690
9.4.1 试样·····	638	10.5 金属材料轴向等幅低循环疲劳	
9.4.2 试验设备·····	642	试验·····	692
9.4.3 试验内容及结果表示·····	644	10.5.1 试样·····	694
9.5 金属材料焊接接头准静态断裂		10.5.2 试验设备·····	696
韧度试验·····	650	10.5.3 试验内容及结果表示·····	697
9.5.1 试样·····	650	10.6 软质泡沫材料疲劳试验·····	699
9.5.2 试验设备·····	657	10.6.1 试样·····	699
9.5.3 试验内容及结果表示·····	657	10.6.2 试验设备·····	700
9.6 硬质合金横向断裂强度试验·····	661	10.6.3 试验内容及结果表示·····	701
9.6.1 试样·····	661	<b>参考文献</b> ·····	703
9.6.2 试验设备·····	662		



# 第 1 章 材料力学性能相关知识

## 1.1 材料力学性能与工程应用

材料的力学性能是指材料在不同环境（如温度、介质、湿度）下，承受各种外加载荷（拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击、交变应力等）时所表现出的力学特征。近年来，材料的力学性能已逐渐形成一门新的学科。

材料力学性能是一门试验学科，它的基础就是对材料的各种力学性能指标进行测定，即力学性能试验。进行力学性能试验的目的是：

(1) 研究材料在给定条件下的力学性能变化规律 材料在内部因素和外部条件的作用下，其强度和变形的规律需要通过试验来测定。掌握这种规律，便可应用于设计、选材以及研究工作中，为结构件和零部件的设计提供材料的力学性能数据。

(2) 为材料的成分选择和热处理工艺的确定提供依据 根据材料制成的零部件的服役条件，确定考核材料性能的力学性能指标，然后以此为依据来调整材料的成分和选择热处理工艺，以便得到强度、塑性和韧性相配合的、综合性能最佳的材料和工艺。

## 1.2 力学性能试验的试样制备

### 1.2.1 力学性能试验的试样相关术语

(1) 试验单元 根据产品标准或合同的要求，以在抽样产品上所进行的试验为依据，一次接收或拒收产品的数量或质量，称为试验单元，如图 1-1 所示。

(2) 抽样产品 检验、试验时，在试验单元中抽取的部分（如一块板），称为抽样产品，如图 1-1 所示。

(3) 试料 为了制备一个或几个试样，从抽样产品中切取足够量的材料，称为试料（在某些情况下，试料就是抽样产品），如图 1-1 所示。

(4) 样坯 为了制备试样，经过机械处理或所需热处理后的试料，称为样坯，如图 1-1 所示。

(5) 试样 经机加工或未经机加工后，具有合格尺寸且满足试验要求状态的样坯，称为试样（在某些状态下，试样可以是试料，也可以是样坯），如图 1-1 所示。

### 1.2.2 试料的状态

取样的状态分为交货状态和标准状态。

#### 1. 交货状态

在交货状态下取样时，可从以下两种条件中选择：



- 1) 产品成形和热处理完成之后取样。
- 2) 如在热处理之前取样, 试料应在与交货产品相同的条件下进行热处理。当需要矫直试料时, 应在冷状态下进行。

## 2. 标准状态

在标准状态下取样时, 应按产品标准或订货单规定的生产阶段取样。如果必须对试料矫直, 则可在热处理之前进行热加工或冷加工。热加工的温度应低于最终热处理温度。

### 1.2.3 试样类型

- 1) 从原材料上直接切取样坯, 然后加工成标准规定的标准试样。例如型材、棒材、板材、管材和线材等, 就是根据国家标准 (或其他相关标准), 在一定的部位取出一定尺寸的样坯, 加工成所需的拉伸、弯曲和冲击等试验所需的试样。

- 2) 以产品 (结构或零部件) 的一定部位 (一般是最薄弱、最危险的部位) 切取样坯, 加工成一定尺寸的试样, 进行相应的力学性能试验。它与试验应力分析相配合, 可进一步校正设计计算的正确性, 也可检验产品热处理及加工工艺等是否符合预期的要求。这在失效分析中具有重要作用。

- 3) 把零部件或结构作为样品, 直接进行力学性能试验。例如弹簧、螺栓、齿轮、轴承、轴和连杆等, 又如一台发动机、一辆汽车或一架飞机等, 都可作为一个试样, 用来作静载、动载等各项试验, 以便测定其强度和变形等力学性能。这种试验代价比较大, 但其试验结果反映了材料、热处理、机加工和连接配合等综合的效果, 因此具有代表性。

### 1.2.4 样坯切取的原则和规定

#### 1. 样坯切取的原则

- 1) 取样部位要有代表性, 对原材料而言, 由于型材、棒材、板材、管材等各部位的性能不尽相同, 因此应在特定的部位取样, 才有代表性和可比性。对实际零部件而言, 具有代表性的一般是最薄弱、最危险部位。代表性的另一含义是, 切取何种试样样坯, 应与零部件的服役条件相一致, 否则就失去了意义。

- 2) 样坯切取的部位、方向、尺寸和数值均应按有关标准、技术条件或技术协议进行。

#### 2. 样坯切取的相关规定

按照 GB/T 2975—1998《钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备》的要

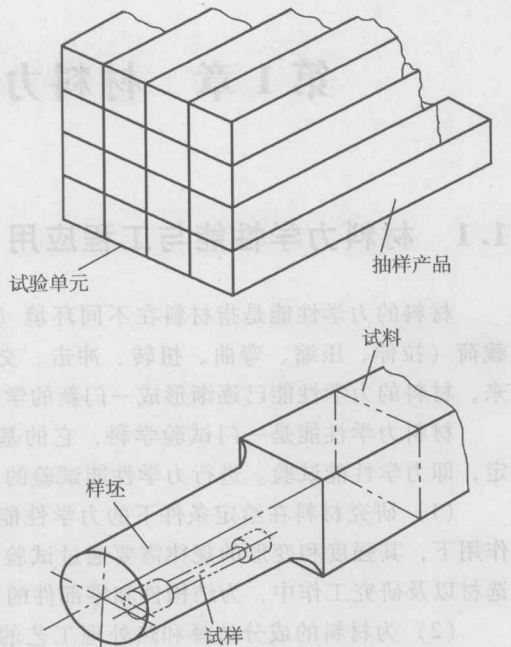


图 1-1 试验单元、抽样产品、

试料、样坯及试样

求，样坯切取的规定是：

1) 样坯应在外观及尺寸合格的钢材上切取。

2) 取样时，应对抽样产品、试料、样坯和试样作出标记，以保证始终能识别取样的位置及方向。

3) 切取样坯时，应防止受热、加工硬化及变形影响其力学及工艺性能。样坯的切取方法一般有火焰切割和冷剪两种。用火焰切割法切取样坯时，材料在火焰喷射下熔化，从而使样坯从整体中分离出来。在熔化区附近，材料所经受的局部高温将会引起材料性能的很大变化，因此从样坯切割线至试样边缘必须留有足够的余量。在试样加工时，把这一部分余量去掉，从而不影响试样的性能。这一余量的规定为：一般应不小于钢材的厚度或直径，但最小不得小于20mm。对厚度或直径大于60mm的钢材，其切割余量可适当减小。用冷剪法切取样坯时，在冷剪边缘会产生塑性变形，厚度或直径越大，塑性变形的范围也越大，因此，必须留下足够的剪割余量。加工余量的规定如表1-1所示。

表1-1 加工余量的规定

钢材的厚度或直径/mm	加工余量/mm	钢材的厚度或直径/mm	加工余量/mm
≤4	4	>20~35	15
>4~10	厚度或直径	>35	20
>10~20	10		

## 1.2.5 取样方法

### 1. 型钢的取样

1) 在型钢腿部宽度方向切取样坯的位置如图1-2所示。

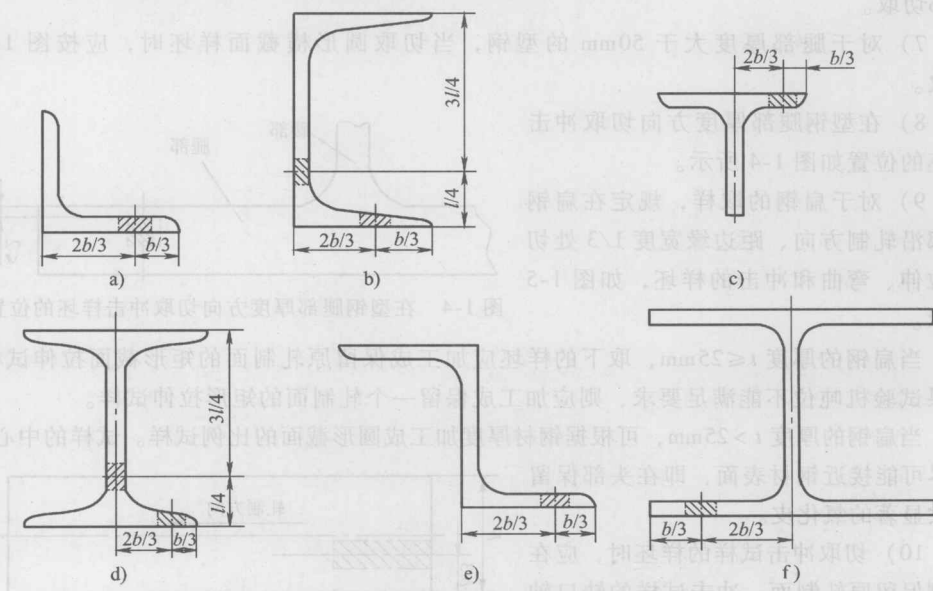


图1-2 在型钢腿部宽度方向切取样坯的位置

a) 角钢 b) 槽钢 c) T形钢 d) 斜工字钢 e) Z形钢 f) 平工字钢

2) 在型钢腿部厚度方向切取拉伸样坯的位置如图 1-3 所示。

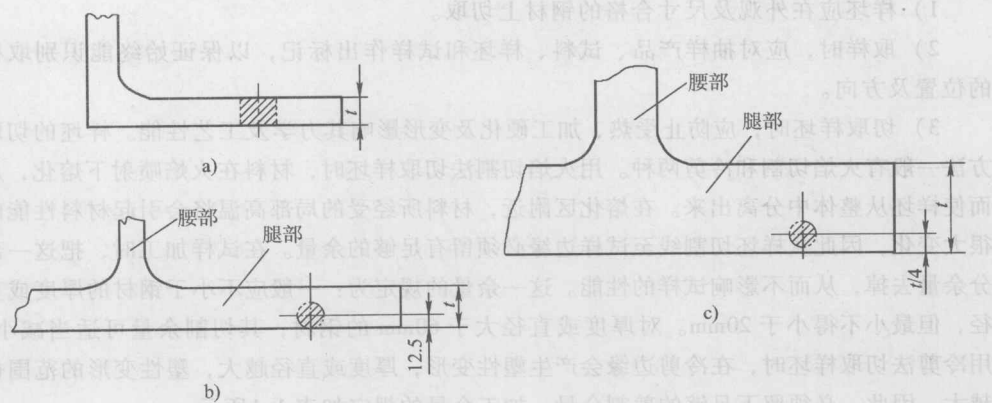


图 1-3 在型钢腿部厚度方向切取拉伸样坯的位置

a)  $t \leq 50\text{mm}$  b)  $t \leq 50\text{mm}$  圆形试样 c)  $t > 50\text{mm}$  圆形试样

3) 若型钢尺寸不能满足要求, 可将取样位置向中部位移。对于腿部有斜度的型钢, 可在腰部  $1/4$  处取样, 也可从腿部取样进行机加工。

4) 对于腿部长度不相等的角钢, 可从任一腿部取样。

5) 对于腿部厚度不大于  $50\text{mm}$  的型钢, 当机加工和试验机能力允许时, 应按图 1-3a 切取拉伸样坯。

6) 对于腿部厚度不大于  $50\text{mm}$  的型钢, 当切取圆形横截面拉伸样坯时, 应按图 1-3b 切取。

7) 对于腿部厚度大于  $50\text{mm}$  的型钢, 当切取圆形横截面样坯时, 应按图 1-3c 切取。

8) 在型钢腿部厚度方向切取冲击样坯的位置如图 1-4 所示。

9) 对于扁钢的取样, 规定在扁钢端部沿轧制方向、距边缘宽度  $1/3$  处切取拉伸、弯曲和冲击的样坯, 如图 1-5 所示。

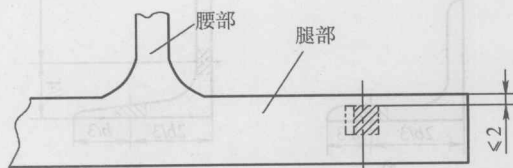


图 1-4 在型钢腿部厚度方向切取冲击样坯的位置

当扁钢的厚度  $t \leq 25\text{mm}$ , 取下的样坯应加工成保留原轧制面的矩形截面拉伸试样。如果试验机吨位不能满足要求, 则应加工成保留一个轧制面的矩形拉伸试样。

当扁钢的厚度  $t > 25\text{mm}$ , 可根据钢材厚度加工成圆形截面的比例试样。试样的中心线应尽可能接近钢材表面, 即在头部保留不太显著的氧化皮。

10) 切取冲击试样的样坯时, 应在一侧保留原轧制面。冲击试样的缺口轴线应垂直于该轧制面, 如图 1-6 所示。

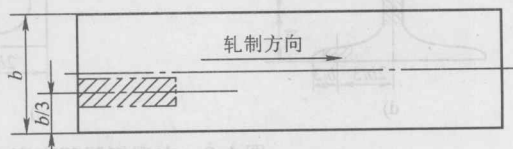


图 1-5 扁钢取样部位

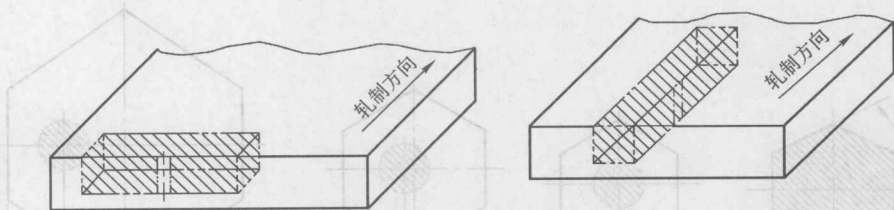


图 1-6 冲击试样缺口取向

11) 当扁钢的厚度  $t \leq 30\text{mm}$  时, 弯曲样坯的厚度应为钢材厚度; 当扁钢厚度  $t > 30\text{mm}$  时, 样坯应加工成厚度为  $20\text{mm}$  的试样, 并保留一个轧制面。

## 2. 条钢的取样

1) 在圆钢上选取拉伸样坯的位置如图 1-7 所示, 当机加工和试验机能力允许时, 按图 1-7a 取样。

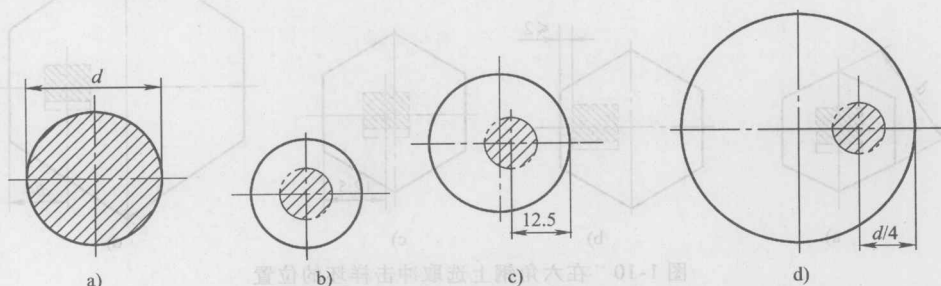


图 1-7 在圆钢上选取拉伸样坯的位置

a) 全横截面 b)  $d \leq 25\text{mm}$  c)  $25\text{mm} < d \leq 50\text{mm}$  d)  $d > 50\text{mm}$

2) 在圆钢上选取冲击样坯的位置如图 1-8 所示。

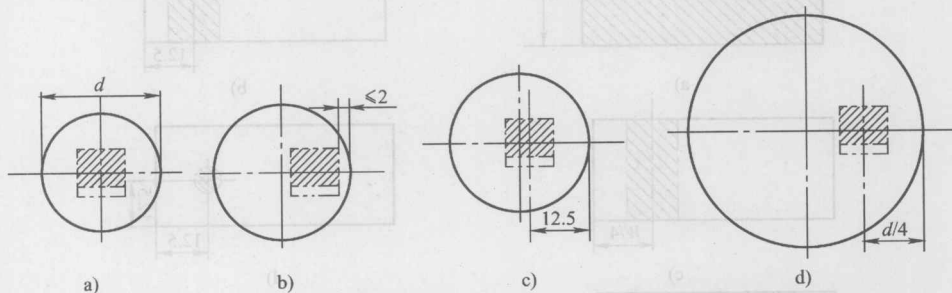


图 1-8 在圆钢上选取冲击样坯的位置

a)  $d \leq 25\text{mm}$  b)  $25\text{mm} < d \leq 50\text{mm}$  I 类 c)  $25\text{mm} < d \leq 50\text{mm}$  II 类 d)  $d > 50\text{mm}$

3) 在六角钢上选取拉伸样坯的位置如图 1-9 所示, 当机加工和试验机能力允许时, 按图 1-9a 取样。

4) 在六角钢上选取冲击样坯的位置如图 1-10 所示。

5) 在矩形截面条钢上切取拉伸样坯的位置如图 1-11 所示, 当机加工和试验机能力允许时, 按图 1-11a 取样。