

刘胜新 ◎ 主编

金属材料 力学性能手册

第2版

- ★ 全面采用现行的相关技术标准
- ★ 内容实用、可靠、系统、先进
- ★ 金属材料的力学性能测试方法
- ★ 常用金属材料的力学性能数据



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

金属材料力学性能手册

第 2 版

主 编	刘胜新				
副主编	路王珂	于根杰	王成铎		
参 编	夏 力	陈奕杞	李亚敏	夏 静	苗晋琦
	徐丽娟	肖树龙	刘鸣放	宋月鹏	李立里
	孙为云	霍方方	陈 光	翟德铭	李书珍
	王朋旭	王鸿杰	马超宁	李宇佳	张亚荣
	孙华为	赵 丹	丛康丽	颜新奇	李 浩
	隋方飞	武倩倩	杨 晗		



机械工业出版社

本书全面系统地介绍了金属材料的各种力学性能测试方法，并归纳出了常用金属材料的力学性能数据。其主要内容包括：金属材料力学性能试验基础，金属材料的拉伸性能、硬度、冲击性能、扭转性能、剪切性能、压缩性能、弯曲性能、断裂性能、疲劳性能测试方法，以及铸铁和铸钢，结构钢，工模具钢，不锈钢和耐热钢，铝及铝合金，镁及镁合金，铜及铜合金，锌、钛、镍及其合金，特殊合金的力学性能数据。本书采用现行的相关国家标准和行业标准，内容系统全面，数据齐全可靠，查阅方便快捷，具有实用性、综合性、先进性、可靠性。

本书可供从事工程设计、材料研究、质量检测、材料营销等工作的技术人员参考，也可供相关专业的在校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

金属材料力学性能手册/刘胜新主编. —2 版. —北京：机械工业出版社，2018. 7

ISBN 978-7-111-60195-1

I. ①金… II. ①刘… III. ①金属材料-材料力学性质-技术手册
IV. ①TG14-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 128297 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 责任校对：张晓蓉

封面设计：马精明 责任印制：张 博

河北鑫兆源印刷有限公司印刷

2018 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·37.75 印张·2 插页·933 千字

0001—2500 册

标准书号：ISBN 978-7-111-60195-1

定价：129.00 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

网络服务

服务咨询热线：010-88361066 机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294 机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网：www.golden-book.com

策 划 编 辑：010-88379734 教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了帮助读者掌握金属材料各种力学性能的测试方法，并能快速、准确地查阅常用金属材料的力学性能数据，我们于 2011 年编写出版了《金属材料力学性能手册》。该书在工程设计、质量检测、金属材料研究及营销等方面为读者提供了技术支持，深受读者欢迎。

近年来，国家相关部门对大量的金属材料及其力学性能测试相关标准进行了修订，相应的测试方法也不断完善和更新，第 1 版的内容已经不能满足读者的需求。为了与时俱进，我们决定对《金属材料力学性能手册》进行修订再版。本次修订的主要内容如下：

1) 根据新发布或修订的相关国家标准和行业标准，更新了相应的测试方法和金属材料的力学性能数据。

2) 完善了力学性能测试的各种要求及试验步骤，通过系统地科学归纳整理，使本书力学性能测试部分的章节结构均符合实际测试过程中的应用程序（包括试样制备、试验设备要求、试验环境、试验详细步骤、试验中的注意事项、试验数据的处理及误差控制），并对各章节的内容进行了结构性调整，使之更便于读者查阅。

3) 根据作者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要求和所具备的试验条件进行选择。

4) 修正了第 1 版中的错误和不妥之处。

本书从工业生产实际出发，以现行的相关国家标准和行业标准为依据，全面系统地介绍了金属材料的各种力学性能测试方法，并归纳出了常用金属材料的力学性能数据。其主要内容包括：金属材料力学性能试验基础，金属材料的拉伸性能、硬度、冲击性能、扭转性能、剪切性能、压缩性能、弯曲性能、断裂性能、疲劳性能测试方法，以及铸铁和铸钢，结构钢，工模具钢，不锈钢和耐热钢，铝及铝合金，镁及镁合金，铜及铜合金，锌、钛、镍及其合金，特殊合金的力学性能数据，共 19 章。本书可供从事工程设计、材料研究、质量检测、材料营销等工作的技术人员参考，也可供相关专业的在校师生参考。

本书由刘胜新任主编，路王珂、于根杰、王成铎任副主编，参加编写工作的还有：夏力、陈奕杞、李亚敏、夏静、苗晋琦、徐丽娟、肖树龙、刘鸣放、宋月鹏、李立里、孙为云、霍方方、陈光、翟德铭、李书珍、王朋旭、王鸿杰、马超宁、李宇佳、张亚荣、孙华为、赵丹、丛康丽、颜新奇、李浩、隋方飞、武倩倩、杨晗，汪大经教授对全书进行了认真审阅。

在本书的编写过程中，参考了国内外同行的大量文献资料和相关标准，谨向相关人员表示衷心的感谢！由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第 1 章 金属材料力学性能试验基础 1

- 1.1 金属材料力学性能试验的目的 1
- 1.2 金属材料力学性能试验的试样制备 1
 - 1.2.1 相关术语和定义 1
 - 1.2.2 试料状态 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 相关术语和定义 15
 - 1.3.2 数值修约规则 15
 - 1.3.3 极限数值的表示和判定 16
- 1.4 试验数据的处理和误差分析 18
 - 1.4.1 误差的定义和分类 18
 - 1.4.2 直接测定量的误差表示法 20
 - 1.4.3 力学性能试验数据处理示例 21

第 2 章 金属材料的拉伸性能测试

方法 24

- 2.1 相关术语和定义 24
- 2.2 金属材料室温拉伸试验 27
 - 2.2.1 试样 27
 - 2.2.2 试验设备 34
 - 2.2.3 试验内容及结果表示 36
- 2.3 金属材料低温拉伸试验 58
 - 2.3.1 试样 58
 - 2.3.2 试验设备 58
 - 2.3.3 试验内容及结果表示 60
- 2.4 金属材料液氮拉伸试验 62
 - 2.4.1 试样 63
 - 2.4.2 试验设备 63
 - 2.4.3 试验内容及结果表示 65
- 2.5 金属材料高温拉伸试验 67
 - 2.5.1 试样 67
 - 2.5.2 试验设备 67
 - 2.5.3 试验内容及结果表示 68
- 2.6 金属超塑性材料拉伸试验 69

- 2.6.1 试样 69
- 2.6.2 试验设备 70
- 2.6.3 试验内容及结果表示 71
- 2.7 金属材料单轴拉伸蠕变试验 74
 - 2.7.1 试样 74
 - 2.7.2 试验设备 76
 - 2.7.3 试验内容及结果表示 78
- 2.8 金属材料焊接接头拉伸试验 82
 - 2.8.1 试样 83
 - 2.8.2 试验设备 85
 - 2.8.3 试验内容及结果表示 86
- 2.9 金属材料焊缝十字接头和搭接接头拉伸试验 86
 - 2.9.1 试样 87
 - 2.9.2 试验设备 87
 - 2.9.3 试验内容及结果表示 87
- 2.10 焊缝及熔敷金属拉伸试验 89
 - 2.10.1 试样 89
 - 2.10.2 试验设备 91
 - 2.10.3 试验内容及结果表示 91
- 2.11 金属材料管和环拉伸试验 91
 - 2.11.1 试样 91
 - 2.11.2 试验设备 91
 - 2.11.3 试验内容及结果表示 91
- 2.12 有色金属细丝拉伸试验 92
 - 2.12.1 试样 92
 - 2.12.2 试验设备 92
 - 2.12.3 试验内容及结果表示 92
- 2.13 金属材料薄板和薄带拉伸应变硬化指数的测定 93
 - 2.13.1 试样 94
 - 2.13.2 试验设备 94
 - 2.13.3 试验内容及结果表示 94
- 2.14 金属材料弹性模量和泊松比测定试验 96
 - 2.14.1 静态法 96
 - 2.14.2 动态法 103

第 3 章 金属材料的硬度测试方法	115
3.1 相关术语和定义	115
3.2 金属材料洛氏硬度试验	116
3.2.1 试样	116
3.2.2 试验设备	116
3.2.3 试验内容及结果表示	118
3.3 金属材料布氏硬度试验	122
3.3.1 试样	122
3.3.2 试验设备	123
3.3.3 试验内容及结果表示	124
3.4 金属材料维氏硬度试验	126
3.4.1 试样	126
3.4.2 试验设备	127
3.4.3 试验内容及结果表示	129
3.5 金属材料努氏硬度试验	133
3.5.1 试样	133
3.5.2 试验设备	133
3.5.3 试验内容及结果表示	133
3.6 金属材料肖氏硬度试验	135
3.6.1 试样	136
3.6.2 试验设备	136
3.6.3 试验内容及结果表示	136
3.7 金属材料里氏硬度试验	137
3.7.1 试样	137
3.7.2 试验设备	138
3.7.3 试验内容及结果表示	139
3.8 焊接接头硬度试验	140
3.8.1 试样	141
3.8.2 试验设备	141
3.8.3 试验内容及结果表示	141
3.9 焊缝破坏性显微硬度试验	145
3.9.1 试样	145
3.9.2 试验设备	146
3.9.3 试验内容及结果表示	146
3.10 钢铁热处理零件硬度检验通则	147
3.11 金属材料各种硬度与强度的换算关系	149
3.11.1 金属材料各种硬度间的换算关系	149
3.11.2 钢铁材料硬度与强度的换算关系	150
3.11.3 有色金属材料硬度与强度的换算关系	152

第 4 章 金属材料的冲击性能测试	
方法	154
4.1 金属相关术语和定义	154
4.2 金属材料夏比摆锤冲击试验	156
4.2.1 试样	156
4.2.2 试验设备	157
4.2.3 试验内容及结果表示	159
4.3 金属材料夏比冲击缺口测定试验	163
4.3.1 试样	163
4.3.2 试验设备	163
4.3.3 试验内容及结果表示	163
4.4 钢材夏比 V 型缺口摆锤仪器化冲击试验	166
4.4.1 试样	166
4.4.2 试验设备	166
4.4.3 试验内容及结果表示	168
4.5 焊接接头冲击试验	170
4.5.1 试样	170
4.5.2 其他试验要求	172
4.6 硬质合金常温冲击试验	172
4.6.1 试样	172
4.6.2 试验设备	172
4.6.3 试验内容及结果表示	172
4.7 烧结金属材料冲击试验	174
4.7.1 试样	174
4.7.2 试验设备	174
4.7.3 试验内容及结果表示	174
第 5 章 金属材料的扭转性能测试	
方法	176
5.1 相关术语和定义	176
5.2 金属材料室温扭转试验	177
5.2.1 试样	177
5.2.2 试验设备	178
5.2.3 试验内容及结果表示	178
5.3 金属线材单向扭转试验	183
5.3.1 试样	183
5.3.2 试验设备	183
5.3.3 试验内容及结果表示	184
5.4 金属线材双向扭转试验	185
5.4.1 试样	185
5.4.2 试验设备	186
5.4.3 试验内容及结果表示	186

第6章 金属材料的剪切性能测试

方法 187

- 6.1 相关术语和定义 187
- 6.2 金属线材和铆钉剪切试验 188
 - 6.2.1 试样 188
 - 6.2.2 试验设备 188
 - 6.2.3 试验内容及结果表示 192
- 6.3 销的剪切试验 192
 - 6.3.1 试样 192
 - 6.3.2 试验设备 193
 - 6.3.3 试验内容及结果表示 193

第7章 金属材料的压缩性能测试

方法 194

- 7.1 相关术语和定义 194
- 7.2 金属材料压缩性能试验 195
 - 7.2.1 试样 195
 - 7.2.2 试验设备 197
 - 7.2.3 试验内容及结果表示 198
- 7.3 金属轴承材料压缩试验 203
 - 7.3.1 试样 203
 - 7.3.2 试验设备 203
 - 7.3.3 试验内容及结果表示 204

第8章 金属材料的弯曲性能测试

方法 206

- 8.1 相关术语和定义 206
- 8.2 金属材料弯曲力学性能试验 207
 - 8.2.1 试样 207
 - 8.2.2 试验设备 208
 - 8.2.3 试验内容及结果表示 211
- 8.3 金属材料弯曲试验 215
 - 8.3.1 试样 215
 - 8.3.2 试验设备 216
 - 8.3.3 试验内容及结果表示 217
- 8.4 金属线材反复弯曲试验 219
 - 8.4.1 试样 219
 - 8.4.2 试验设备 219
 - 8.4.3 试验内容及结果表示 219
- 8.5 钢筋混凝土用钢筋弯曲和反向弯曲试验 221
 - 8.5.1 试样 221
 - 8.5.2 试验设备 221
 - 8.5.3 试验内容及结果表示 222

- 8.6 热双金属热弯曲试验 223
 - 8.6.1 试样 223
 - 8.6.2 试验设备 224
 - 8.6.3 试验内容及结果表示 225
- 8.7 热双金属横向弯曲试验 230
 - 8.7.1 试样 230
 - 8.7.2 试验设备 230
 - 8.7.3 试验内容及结果表示 231
- 8.8 焊接接头弯曲试验 232
 - 8.8.1 试样 232
 - 8.8.2 试验设备 235
 - 8.8.3 试验内容及结果表示 235

第9章 金属材料的断裂性能测试

方法 239

- 9.1 相关术语和定义 239
- 9.2 金属材料表面裂纹拉伸试样断裂
韧性试验 240
 - 9.2.1 试样 240
 - 9.2.2 试验设备 241
 - 9.2.3 试验内容及结果表示 241
- 9.3 金属材料平面应变断裂韧性试验 243
 - 9.3.1 试样 244
 - 9.3.2 试验设备 246
 - 9.3.3 试验内容及结果表示 247
- 9.4 铁素体钢平面应变止裂韧性试验 251
 - 9.4.1 试样 251
 - 9.4.2 试验设备 251
 - 9.4.3 试验内容及结果表示 253
- 9.5 金属材料准静态断裂韧性试验 258
 - 9.5.1 试样 258
 - 9.5.2 试验设备 262
 - 9.5.3 试验内容及结果表示 262
- 9.6 金属材料焊接接头准静态断裂韧性
试验 269
 - 9.6.1 试样 269
 - 9.6.2 试验设备 275
 - 9.6.3 试验内容及结果表示 276
- 9.7 硬质合金横向断裂强度试验 279
 - 9.7.1 试样 279
 - 9.7.2 试验设备 280
 - 9.7.3 试验内容及结果表示 280
- 9.8 烧结金属材料横向断裂强度试验 281
 - 9.8.1 试样 281

9.8.2 试验设备	281	力学性能	323
9.8.3 试验内容及结果表示	281	11.7.4 通用耐蚀钢铸件的力学性能	324
第 10 章 金属材料的疲劳性能测试		11.8 奥氏体锰钢铸件的力学性能	325
方法	283	11.9 耐磨钢铸件的力学性能	325
10.1 相关术语和定义	283	11.10 大型铸钢件的力学性能	326
10.2 金属材料扭矩控制疲劳试验	286	11.10.1 大型低合金钢铸件的力学性能	326
10.2.1 试样	286	11.10.2 大型高锰钢铸件的力学性能	327
10.2.2 试验设备	287	11.10.3 大型耐热钢铸件的力学性能	327
10.2.3 试验内容及结果表示	288	11.10.4 大型不锈钢铸件的力学性能	328
10.3 金属材料滚动接触疲劳试验	289	11.11 专用铸钢件的力学性能	328
10.3.1 试样	289	11.11.1 承压钢铸件的力学性能	328
10.3.2 试验设备	293	11.11.2 焊接结构用铸钢件的力学性能	331
10.3.3 试验内容及结果表示	293	11.11.3 建筑结构用铸钢管的力学性能	331
10.4 金属材料旋转弯曲疲劳试验	297	11.11.4 工程结构用中、高强度不锈钢铸件的力学性能	332
10.4.1 试样	297	第 12 章 结构钢的力学性能	333
10.4.2 试验设备	300	12.1 常用结构钢的力学性能	333
10.4.3 试验内容及结果表示	301	12.1.1 碳素结构钢的力学性能	333
10.5 金属材料疲劳裂纹扩展速率试验	303	12.1.2 优质碳素结构钢的力学性能	333
10.5.1 试样	303	12.1.3 合金结构钢的力学性能	333
10.5.2 试验设备	307	12.1.4 低合金高强度结构钢的力学性能	334
10.5.3 试验内容及结果表示	309	12.1.5 非调质机械结构钢的力学性能	341
10.6 金属材料轴向等幅低循环疲劳试验	312	12.1.6 易切削结构钢的力学性能	341
10.6.1 试样	312	12.1.7 耐候结构钢的力学性能	343
10.6.2 试验设备	313	12.1.8 锻件用结构钢的力学性能	343
10.6.3 试验内容及结果表示	314	12.1.9 冷锻和冷挤压用钢的力学性能	350
第 11 章 铸铁和铸钢的力学性能	317	12.1.10 优质结构钢冷拉钢材的力学性能	351
11.1 灰铸铁件的力学性能	317	12.2 专用结构钢的力学性能	352
11.2 球墨铸铁件的力学性能	318	12.2.1 弹簧钢的力学性能	352
11.3 蠕墨铸铁件的力学性能	320	12.2.2 渗碳轴承钢的力学性能	354
11.4 可锻铸铁件的力学性能	321	12.2.3 高碳铬轴承钢的力学性能	354
11.5 奥氏体铸铁件的力学性能	321	12.2.4 桥梁用结构钢的力学性能	354
11.6 耐热铸铁件与耐蚀铸铁件的力学性能	322	12.2.5 汽轮机叶片用钢的力学性能	355
11.6.1 耐热铸铁件的力学性能	322	12.2.6 涡轮机高温螺栓用钢的力学性能	357
11.6.2 高硅耐蚀铸铁件的力学性能	323	12.2.7 工业链条用冷拉钢的力学性能	
11.7 一般工程用铸钢件的力学性能	323		
11.7.1 一般工程用铸造碳钢件的力学性能	323		
11.7.2 一般工程与结构用低合金铸钢件的力学性能	323		
11.7.3 一般用途耐热钢和合金铸件的力学性能			

性能	358	钢宽钢带及钢板的力学性能 ...	371
12.2.8 无缝气瓶用钢坯的力学性能	359	12.3.21 石油天然气输送管用宽厚钢板	
12.2.9 低温承压设备用合金钢锻件的		的力学性能	371
力学性能	359	12.3.22 石油天然气输送管用热轧宽钢	
12.3 钢板及钢带的力学性能	359	带的力学性能	371
12.3.1 低碳钢冷轧钢带的力学性能	359	12.3.23 连续热镀锌合金钢板和钢带	
12.3.2 冷轧低碳钢板及钢带的力学		的力学性能	372
性能	360	12.3.24 连续热镀锌锌合金镀层钢板及	
12.3.3 碳素结构钢冷轧钢带的力学		钢带的力学性能	372
性能	360	12.3.25 连续热镀锌钢板及钢带的力学	
12.3.4 碳素结构钢冷轧薄钢板及钢带的		性能	373
力学性能	360	12.3.26 高强度结构用调质钢板的力学	
12.3.5 优质碳素结构钢冷轧钢带的力学		性能	376
性能	361	12.3.27 超高强度结构用热处理钢板的	
12.3.6 优质碳素结构钢冷轧钢板和钢带		的力学性能	377
的力学性能	361	12.3.28 低焊接裂纹敏感性高强度钢板	
12.3.7 汽车用高强度冷连轧钢板及钢带		的力学性能	377
的力学性能	362	12.3.29 建筑结构用钢板的力学性能 ...	378
12.3.8 汽车用低碳加磷高强度冷轧钢板		12.3.30 建筑用压型钢板的力学性能 ...	379
及钢带的力学性能	364	12.3.31 高层建筑结构用钢板的力学	
12.3.9 全工艺冷轧电工钢晶粒无取向钢		性能	380
带(片)的力学性能	364	12.3.32 建筑用低屈服强度钢板的力学	
12.3.10 精密焊接钢管用冷连轧钢带的		性能	380
力学性能	365	12.3.33 压力容器用调质高强度钢板的	
12.3.11 热连轧低碳钢板及钢带的力学		力学性能	380
性能	365	12.3.34 锅炉和压力容器用钢板的力学	
12.3.12 优质碳素结构钢热轧钢带的		性能	381
力学性能	366	12.3.35 低温压力容器用钢板的力学	
12.3.13 优质碳素结构钢热轧厚钢板和		性能	382
钢带的力学性能	366	12.3.36 风力发电塔用结构钢板的力学	
12.3.14 碳素结构钢和低合金结构钢热		性能	383
轧钢带的力学性能	366	12.3.37 水电站压力钢管用钢板的力学	
12.3.15 合金结构钢热轧厚钢板的力学		性能	384
性能	367	12.4 钢管的力学性能	384
12.3.16 合金结构钢薄钢板的力学		12.4.1 结构用无缝钢管的力学性能	384
性能	367	12.4.2 冷拔或冷轧精密无缝钢管的	
12.3.17 汽车大梁用热轧钢板和钢带的		力学性能	386
力学性能	368	12.4.3 输送流体用无缝钢管的力学	
12.3.18 汽车车轮用热轧钢板和钢带的		性能	387
力学性能	368	12.4.4 流体输送用大直径合金结构钢	
12.3.19 汽车用高强度热连轧钢板及		无缝钢管的力学性能	388
钢带的力学性能	369	12.4.5 流体输送用大直径碳素结构钢	
12.3.20 自行车用热轧碳素钢和低合金		无缝钢管的力学性能	388

12.4.6	机械结构用冷拔或冷轧精密焊接钢管的力学性能	388
12.4.7	结构用耐候焊接钢管的力学性能	389
12.4.8	直缝电焊钢管的力学性能	389
12.4.9	冷拔精密单层焊接钢管的力学性能	389
12.4.10	钢制对焊管的力学性能	390
12.4.11	建筑结构用冷弯矩形钢管的力学性能	391
12.4.12	冷拔异型钢管的力学性能	391
12.5	盘条的力学性能	392
12.5.1	低碳钢热轧圆盘条的力学性能	392
12.5.2	冷镦钢热轧盘条的力学性能	392
12.5.3	非调质冷镦钢热轧盘条的力学性能	392
12.5.4	预应力钢丝及钢绞线用热轧盘条的力学性能	393
12.5.5	桥梁缆索钢丝用热轧盘条的力学性能	393
12.5.6	冷轧带肋钢筋用热轧盘条的力学性能	393
12.5.7	钢帘线用盘条的力学性能	394
12.6	钢筋的力学性能	394
12.6.1	冷轧带肋钢筋的力学性能	394
12.6.2	高延性冷轧带肋钢筋的力学性能	394
12.6.3	超高强度热处理锚杆钢筋的力学性能	395
12.6.4	钢筋混凝土用余热处理钢筋的力学性能	395
12.6.5	钢筋混凝土用热轧光圆钢筋的力学性能	395
12.6.6	钢筋混凝土用热轧带肋钢筋的力学性能	395
12.6.7	钢筋混凝土用耐蚀钢筋的力学性能	396
12.6.8	预应力混凝土用螺纹钢筋的力学性能	396
12.7	钢棒的力学性能	396
12.7.1	预应力混凝土用钢棒的力学性能	396

12.7.2	内燃机气阀用钢及合金棒材的力学性能	397
12.7.3	调质汽车曲轴用钢棒的力学性能	400
12.8	钢丝和线材	400
12.8.1	一般用途低碳钢丝的力学性能	400
12.8.2	优质碳素结构钢丝的力学性能	401
12.8.3	合金结构钢丝的力学性能	401
12.8.4	热处理型冷镦钢丝的力学性能	402
12.8.5	非热处理型冷镦钢丝的力学性能	403
12.8.6	非调质型冷镦钢丝的力学性能	404
12.8.7	冷拉碳素弹簧钢丝的力学性能	404
12.8.8	重要用途碳素弹簧钢丝的力学性能	406
12.8.9	油淬火、回火弹簧钢丝的力学性能	407
12.8.10	预应力混凝土用钢丝的力学性能	408
12.8.11	混凝土制品用低碳钢丝的力学性能	410
12.8.12	橡胶软管增强用钢丝的力学性能	410
12.8.13	六角钢丝的力学性能	412
12.8.14	弹簧垫圈用梯形钢丝的力学性能	412
12.8.15	预应力混凝土用钢绞线的力学性能	412
12.8.16	高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线的力学性能	415

第13章	工模具钢的力学性能	417
13.1	工模具钢的硬度	417
13.2	工模具钢产品力学性能	420
13.2.1	碳素工具钢丝的力学性能	420
13.2.2	碳素工具钢热轧钢板的硬度	421
13.2.3	合金工具钢丝的力学性能	421
13.2.4	高速工具钢丝的硬度	422
13.2.5	高速工具钢棒的硬度	422

第 14 章 不锈钢和耐热钢的力学

性能	424
14.1 不锈钢板和不锈钢带的力学性能	424
14.1.1 不锈钢冷轧钢板和钢带的力学性能	424
14.1.2 承压设备用不锈钢板和钢带的力学性能	429
14.1.3 弹簧用不锈钢冷轧钢带的力学性能	430
14.1.4 不锈钢热轧钢板和钢带的力学性能	431
14.2 不锈钢管的力学性能	434
14.2.1 不锈钢小直径无缝钢管的力学性能	434
14.2.2 结构用不锈钢无缝钢管的力学性能	435
14.2.3 流体输送用不锈钢无缝钢管的力学性能	436
14.2.4 锅炉和热交换器用不锈钢无缝钢管的力学性能	437
14.2.5 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管的力学性能	438
14.2.6 不锈钢极薄壁无缝钢管的力学性能	438
14.2.7 机械结构用不锈钢焊接钢管的力学性能	438
14.2.8 装饰用焊接不锈钢管的力学性能	439
14.2.9 建筑装饰用不锈钢焊接管材的力学性能	439
14.2.10 城镇燃气输送用不锈钢焊接钢管的力学性能	440
14.2.11 流体输送用不锈钢焊接钢管的力学性能	440
14.2.12 锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管的力学性能	440
14.2.13 给水加热器用铁素体不锈钢焊接钢管的力学性能	441
14.2.14 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管的力学性能	441
14.3 不锈钢棒和不锈钢丝的力学性能	442
14.3.1 不锈钢棒的力学性能	442
14.3.2 奥氏体-铁素体型双相不锈钢棒	

的力学性能 445

14.3.3 不锈钢丝的力学性能 445

14.3.4 冷顶锻用不锈钢丝的力学性能 447

14.4 耐热钢板和耐热钢带的力学性能 448

14.5 耐热钢棒的力学性能 451

14.6 承压设备用不锈钢和耐热钢锻件的力学性能 453

第 15 章 铝及铝合金的力学性能 454

15.1 铝合金板材、带材与箔材的力学性能 454

15.1.1 一般工业用铝及铝合金板材与带材的力学性能 454

15.1.2 铝及铝合金花纹板的力学性能 490

15.1.3 铝合金预拉伸板的力学性能 491

15.1.4 铝及铝合金彩色涂层板与带的力学性能 494

15.1.5 铝及铝合金铸轧带的力学性能 494

15.1.6 铝及铝合金深冲用板与带的力学性能 494

15.1.7 汽车用铝合金板的力学性能 502

15.1.8 铝及铝合金箔的力学性能 503

15.2 铝及铝合金管材的力学性能 505

15.2.1 铝及铝合金拉（轧）制无缝管的力学性能 505

15.2.2 铝及铝合金热挤压无缝圆管的力学性能 506

15.2.3 铝及铝合金热挤压有缝管的力学性能 510

15.2.4 铝及铝合金连续挤压管的力学性能 512

15.3 铝及铝合金棒材和杆材的力学性能 512

15.3.1 一般工业用铝及铝合金拉制棒的力学性能 512

15.3.2 铝及铝合金挤压棒的力学性能 513

15.3.3 铝及铝合金挤压扁棒（板）的力学性能 516

15.4 铝及铝合金丝材和线材的力学性能 520

15.4.1	精铝丝的力学性能	520	17.2.1	铜及铜合金毛细管的力学性能	546
15.4.2	半导体器件键合用铝丝的力学性能	520	17.2.2	铜及铜合金拉制管的力学性能	547
15.4.3	铝及铝合金控制圆线的力学性能	522	17.2.3	铜及铜合金散热管的力学性能	549
15.4.4	铸轧铝及铝合金线坯的力学性能	524	17.2.4	铜合金连铸管的力学性能	549
15.5	一般工业用铝及铝合金挤压型材的力学性能	524	17.2.5	铜及铜合金 U 型管的力学性能	549
15.6	一般工业用铝及铝合金锻件的力学性能	528	17.2.6	铜及铜合金无缝高翅片管的力学性能	550
15.7	铝及铝合金铸造产品的力学性能	530	17.2.7	无缝铜水管和铜气管的力学性能	550
15.7.1	耐热高强韧铸件用铝合金锭的力学性能	530	17.3	铜及铜合金棒材与线材的力学性能	550
15.7.2	铸造铝合金的力学性能	530	17.3.1	铜及铜合金挤制棒的力学性能	550
15.7.3	铝合金压铸件的力学性能	533	17.3.2	铜及铜合金拉制棒的力学性能	552
15.8	铝及铝合金导体的力学性能	533	17.3.3	易切削铜合金棒的力学性能	554
第 16 章	镁及镁合金的力学性能	534	17.3.4	再生铜及铜合金棒的力学性能	554
16.1	镁及镁合金加工产品的力学性能	534	17.3.5	铍青铜棒的力学性能	555
16.1.1	镁及镁合金板材与带材的力学性能	534	17.3.6	铜及铜合金线的力学性能	555
16.1.2	镁合金热挤压无缝管的力学性能	535	17.3.7	易切削铜合金线的力学性能	564
16.1.3	镁合金热挤压管材的力学性能	535	17.3.8	铜及铜合金扁线的力学性能	565
16.1.4	镁合金热挤压棒材的力学性能	536	17.4	铜及铜合金铸造产品的力学性能	566
16.1.5	镁合金热挤制矩形棒材的力学性能	536	17.4.1	铸造铜及铜合金的力学性能	566
16.1.6	镁合金热挤压型材的力学性能	536	17.4.2	铜及铜合金铸棒的力学性能	568
16.1.7	镁合金锻件的力学性能	537	17.4.3	压铸铜合金的力学性能	568
16.2	镁合金铸造产品的力学性能	537	第 18 章	锌、钛、镍及其合金的力学性能	569
16.2.1	铸造镁合金的力学性能	537	18.1	锌及锌合金铸造产品的力学性能	569
16.2.2	镁合金铸件的力学性能	538	18.2	钛及钛合金的力学性能	569
16.2.3	镁合金压铸件的力学性能	539	18.2.1	钛及钛合金板的力学性能	569
第 17 章	铜及铜合金的力学性能	540	18.2.2	钛及钛合金带与箔的力学性能	571
17.1	铜及铜合金板材、带材与箔材的力学性能	540	18.2.3	钛及钛合金无缝管的力学性能	572
17.1.1	铜及铜合金板的力学性能	540	18.2.4	钛及钛合金焊接管的力学性能	572
17.1.2	铜及铜合金带的力学性能	543	18.2.5	钛及钛合金挤压管的力学性能	572
17.1.3	铜及铜合金箔的力学性能	545			
17.2	铜及铜合金管材的力学性能	546			

18.2.6	钛及钛合金棒的力学性能	572	19.1.5	转动部件用高温合金热轧棒的力学性能	584
18.2.7	钛及钛合金丝的力学性能	574	19.1.6	冷锻用高温合金冷拉丝的力学性能	586
18.2.8	钛及钛合金锻件的力学性能	574	19.1.7	高温合金环件毛坯的力学性能	586
18.2.9	钛及钛合金铸件的力学性能	576	19.1.8	高温合金锻制圆饼的力学性能	587
18.2.10	钛及钛合金饼和环的力学性能	576	19.1.9	铸造高温合金母合金的力学性能	588
18.3	镍及镍合金的力学性能	577	19.2	耐蚀合金的力学性能	589
18.3.1	镍及镍合金板的力学性能	577	19.2.1	耐蚀合金冷轧板的室温力学性能	589
18.3.2	镍及镍合金带的力学性能	578	19.2.2	耐蚀合金冷轧带的力学性能	589
18.3.3	镍及镍合金管的力学性能	578	19.2.3	耐蚀合金热轧板的力学性能	590
18.3.4	镍及镍铜合金棒的力学性能	579	19.2.4	耐蚀合金棒的力学性能	591
18.3.5	镍及镍合金线的力学性能	579	19.2.5	耐蚀合金锻件的力学性能	591
第 19 章	特殊合金的力学性能	581	参考文献		592
19.1	高温合金的力学性能	581			
19.1.1	高温合金冷轧板的力学性能	581			
19.1.2	高温合金热轧板的力学性能	582			
19.1.3	一般用途高温合金管的力学性能	583			
19.1.4	高温合金冷拉棒的力学性能	583			

金属材料力学性能试验基础

1.1 金属材料力学性能试验的目的

金属材料的力学性能是指金属材料在不同环境（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。

金属材料力学性能是一门试验学科，它的基础就是对金属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) 研究金属材料在给定条件下的力学性能变化规律。金属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) 为金属材料的成分选择和热处理工艺的确定提供依据。根据金属材料制成的零部件的服役条件，确定考核金属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 金属材料力学性能试验的试样制备

1.2.1 相关术语和定义

(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 试料状态

试料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) 从产品（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) 把零部件或结构件作为样品，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，用来做静载、动载等各项试验，以便测定其力学性能。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》的要求，样坯切取的规定是：

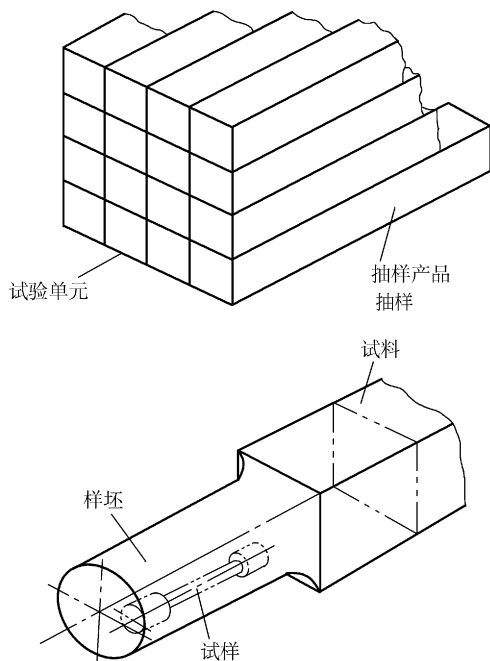


图 1-1 试验单元、抽样产品、试料、样坯及试样

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、样坯和试样做出标记，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。加工余量的规定见表 1-1。

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	$>20 \sim 35$	15
$>4 \sim 10$	厚度或直径	>35	20
$>10 \sim 20$	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。

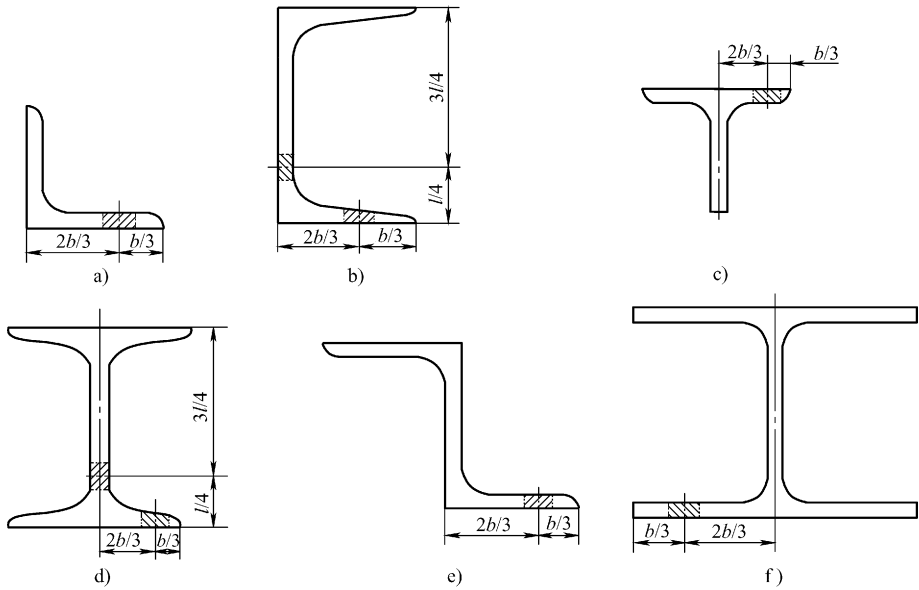


图 1-2 在型钢腿部宽度方向切取样坯的位置

a) 角钢 b) 槽钢 c) T 型钢 d) 斜工字钢 e) Z 型钢 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。

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

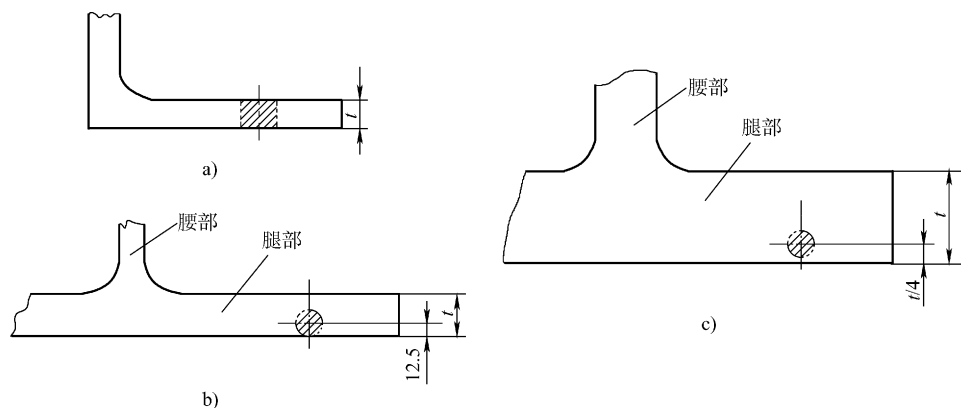


图 1-3 在型钢腿部厚度方向切取拉伸样坯的位置
a) $t \leq 50\text{mm}$ b) $t \leq 50\text{mm}$ 圆形试样 c) $t > 50\text{mm}$ 圆形试样

在腰部 1/4 处取样，也可从腿部取样进行机加工。

4) 对于腿部长短不相等的角钢，可从任一腿部取样。

5) 对于腿部厚度不大于 50mm 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 50mm 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 50mm 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。

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。

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 20mm 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。

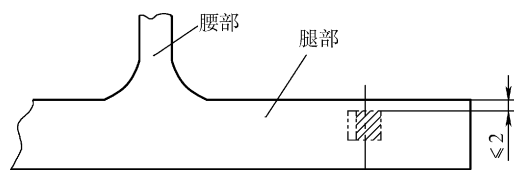


图 1-4 在型钢腿部厚度方向切取冲击样坯的位置

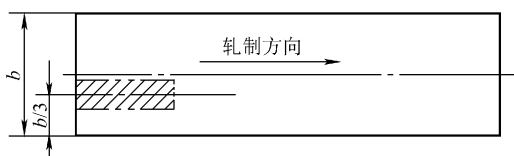


图 1-5 扁钢取样部位