

力值与硬度计量手册

下 册

硬度计量及硬度计

主编单位 中国计量科学研究院

主 编 蔡正平

副 主 编 李玉智 施昌彦 何开茂

科学出版社

力值与硬度计量手册

下 册

硬度计量及硬度计

主編单位 中国計量科学研究院

主 編 蔡正平

副主編 李玉智 施昌彦 何开茂

科 学 出 版 社

1980

内 容 简 介

本手册分为上、中、下三册：上册为力值与硬度计量基础及规范，中册为力值计量及材料试验机，下册为硬度计量及硬度计。

下册共分六、七、八等三篇：第六篇是硬度计量，包括布氏、洛氏、表面洛氏、维氏、显微及肖氏硬度的试验法、应用以及几种因素对硬度值测定的影响；布氏、维氏、显微及努普硬度压痕直径或对角线长度与硬度值对照表，金刚石压头及标准硬度块的技术要求，硬度计的检定等，并附有黑色金属硬度及强度换算值(GB 1172-74)、各种金属材料的硬度值等。第七篇是国产硬度计，包括布氏硬度计 6 台，洛氏硬度计 11 台，维氏和显微硬度计 8 台，多用硬度计 4 台及其它硬度计 10 台。第八篇是国外硬度计，包括布氏及洛氏硬度计 8 台，维氏及显微硬度计 10 台及多用硬度计 9 台。在第七与第八篇内，着重介绍了各种硬度计的结构、性能、使用、调整、维护及检修等知识。

本手册可供力值与硬度计量、检验、修理、材料测试、工程设计等方面的技术人员及工人使用参考。

力 值 与 硬 度 计 量 手 册

下 册

硬度计量及硬度计

主编单位 中国计量科学研究院

主 编 蔡正平

副 主 编 李玉智 施昌彦 何开茂

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1980 年 10 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1980 年 10 月第一次印刷 印张：29

印数：0001—8,110 字数：883,000

统一书号：15031·296

本社书号：1823·15—2

定价：3.60 元

前言

计量工作是实现四个现代化的技术基础。

解放以来,党和国家很重视计量工作。一九五九年国务院发布了《关于统一计量制度的命令》,从根本上结束了旧中国遗留下来的在计量制度方面的混乱局面,对我国计量事业和计量科学技术的发展起了巨大的推动作用。

为了进一步发展我国的计量事业,使计量工作更好地适应社会主义建设的需要,一九七七年五月二十七日国务院颁布了《中华人民共和国计量管理条例(试行)》,这是加强计量管理工作的又一项法令性文件。

计量工作同经济建设、国防建设、科学研究和人民生活都有密切关系。加强计量管理,保证国家计量制度的统一和计量器具的一致、准确和正确使用,对于提高产品的质量和产量、保障安全生产、降低原材料消耗、节省劳动力、提高工作效率、合理进行国内外贸易,对于实现工业自动化、农业机械化、国防现代化,对于提高科学研究水平以及对于保障人民健康等,都具有重要的作用。

我国的力值与硬度计量工作,解放前是完全空白的,现在已经有了常用的基准器、标准器,开展工作的项目逐步增加,有些项目达到了较高的水平,计量网点的布局已经初步形成并正在进一步完善。

为了适应四个现代化对力值与硬度计量工作的迫切要求,中国计量科学研究院主编,与有关单位组成了《力值与硬度计量手册》编写小组。参加编写的有中国计量科学研究院蔡正平、施昌彦、周培贤、李玉智、何开茂、刘智敏等,内蒙古自治区标准计量所蒋义端,广东省标准计量所林鲁山,鞍钢计量处马文义,昆明市计量检定所和胜祖,安徽省标准计量局左家麟,广西壮族自治区标准计量所杨志文,云南省计量标准局任文敏,绩溪一一八信箱刘巽豪,上海市计量测试管理局二所卢少明、范春林,贵州省标准计量局张会臣,福州市计量测试所施教平,青岛国棉二厂李志芳。此外,江苏省计量所吴国良、西安市计量所肖武成、新疆维吾尔自治区计量局王长颂、宁夏回族自治区计量所胡慎康、唐山市计量所陈德荣、天津市计量所尚家甫、烟台地区计量所李世玮等也参加过编写。编写小组同国内有关单位一起,在总结以往经验的基础上,经过几年的努力,编写了这本工具书。

本书的主要对象为具有一定工作经验的省、市、地区及厂矿企业从事力值与硬度计量工作的技术人员和工人,也可供大专院校、科研部门及有关单位的技术人员与工程设计人员参考使用。

本书在内容选择上,力求适合我国情况,取材注意普遍性与先进性相结合。上册为基础部分,选编了本专业常用的符号、公式、数值表、计量单位换算及计量名词术语的定义,介绍了误差理论和实验数据处理方法,并选取了有关的检定规程和技术条件。中册和下册介绍了力值与硬度计量的基本概念、基准器、标准器、工作机器和仪器及量值传递等,着重介绍了各种材料试验机和硬度计的结构、性能、安装、使用、调整、维护、修理等知识,每种机器和仪器均附有较详细的结构图或示意图。

在编写过程中,得到了国内有关材料试验机的研究和使用的部门,材料试验机厂、衡器厂等有关生产厂,各计量部门,有关高等院校等共一百多个单位的大力支持,其中长春材料试验机研究所、长春材料试验机厂、吴忠材料试验机厂、南京土壤仪器厂、华东电子仪器厂、营口仪器三厂等提供了不少素材,对此,我们表示感谢。

由于我们的水平所限,本书会存在一定的缺点和错误,希望读者提出宝贵的意见,以利改正。

《力值与硬度计量手册》编写小组

一九七九年十二月

目 录

第六篇 硬 度 计 量

第三十二章 概述	745	(一) 洛氏和表面洛氏金刚石压头的技术条件	948
一、硬度及硬度试验的特点	745	(二) 维氏和显微金刚石压头的技术条件	949
二、硬度量值的传递系统	745	(三) 洛氏和表面洛氏金刚石压头的检定	949
第三十三章 布氏硬度	747	(四) 维氏和显微金刚石压头的检定	950
一、布氏硬度试验法及其应用	747	附录 1. 上海金刚石工具厂制造的洛氏金刚石压头型号及外形图和 RC-1 型洛氏金刚石压头图	951
二、布氏硬度的测量误差	833	附录 2. 上海金刚石工具厂制造的维氏、显微、努普、超声波硬度计用金刚石压头型号及外形图、HV-2 型维氏金刚石压头图及 HV-5 型显微金刚石压头图	952
(一) 布氏硬度测量的误差来源	833	二、标准硬度块	953
(二) 几种因素对布氏硬度值的影响	834	(一) 二等标准硬度块的主要技术要求	953
第三十四章 洛氏及表面洛氏硬度	837	(二) 二等标准硬度块的尺寸	953
一、洛氏硬度试验法及其应用	837	(三) 标准硬度块的允许压痕数一览表	954
二、表面洛氏硬度试验法及其应用	851	(四) 标准硬度块材料一览表	954
三、洛氏及表面洛氏硬度的测量误差	854	(五) 标准硬度块热处理工艺一览表	954
(一) 洛氏硬度测量的误差来源	854	第三十八章 硬度计的检定	956
(二) 几种因素对洛氏及表面洛氏硬度值的影响	855	一、布氏硬度计的检定	956
第三十五章 维氏及显微硬度	859	(一) 外观和工作性能检查	956
一、维氏硬度试验法及其应用	859	(二) 部件检定	956
二、显微硬度试验法及其应用	874	(三) 示值检定	957
三、维氏及显微硬度的测量误差	941	(四) 垂直度和同心度检查	958
(一) 维氏及显微硬度测量的误差来源	941	(五) 检定周期及其他	958
(二) 几种因素对维氏和显微硬度值的影响	941	二、洛氏和表面洛氏硬度计的检定	959
第三十六章 肖氏硬度	944	(一) 外观和工作性能检查	959
一、肖氏硬度试验法及其应用	944	(二) 部件检定	959
二、几种因素对肖氏硬度值的影响	945	(三) 示值检定	960
(一) 工作台和试件质量的影响	945	(四) 垂直度和同心度检查	960
(二) 冲头质量 m 的影响	945	(五) 检定周期及其他	961
(三) 冲头落下高度的影响	945	三、维氏硬度计的检定	961
(四) 冲头顶端球面半径 r 的影响	945	(一) 外观和工作性能检查	961
(五) 反弹高度的测定误差的影响	946	(二) 部件检定	961
(六) 试件表面光洁度的影响	946	(三) 示值检定	961
(七) 试件表面的倾斜度或硬度计的倾斜度的影响	946	(四) 垂直度和同心度检查	962
第三十七章 金刚石压头及标准硬度块	948	(五) 检定周期及其他	962
一、金刚石压头	948		

第七篇 国产硬度计

第三十九章 布氏硬度计	963	(二) 结构	1006
一、HB-3000 型布氏硬度计	963	五、MN-15 型洛氏硬度计	1008
(一) 主要技术参数	963	(一) 主要技术参数	1008
(二) 结构	963	(二) 结构	1010
(三) 使用	966	六、HR-150 AT 型洛氏硬度计	1011
(四) 故障排除	967	(一) 主要技术参数	1011
二、HB 4-3000 型门式布氏硬度计	968	(二) 结构	1011
(一) 主要技术参数	968	(三) 使用	1016
(二) 结构	969	七、HR-150 BT 型洛氏硬度计	1019
(三) 使用	973	(一) 主要技术参数	1019
三、HB 6-3000 型中型布氏硬度计	973	(二) 结构	1019
(一) 主要技术参数	973	八、HR 4-150 AT 型光学洛氏硬度计	1019
(二) 结构	973	(一) 主要技术参数	1019
(三) 使用	976	(二) 结构	1019
四、HB 9-3000 型自动布氏硬度计	978	九、HR7-150 型数字显示洛氏硬度计	1023
(一) 主要技术参数	978	(一) 主要技术参数	1023
(二) 结构	978	(二) 结构	1023
(三) 使用	984	(三) 使用	1023
(四) 故障排除	985	十、CJS-7 A 型高温真空洛氏硬度计	1026
五、CJS-13 型高温真空布氏硬度计	985	(一) 主要技术参数	1026
(一) 主要技术参数	989	(二) 结构	1026
(二) 结构	986	十一、HR 2-45 型表面洛氏硬度计	1028
(三) 使用	989	(一) 主要技术参数	1028
六、CJS-24 型高低温真空布氏硬度计	989	(二) 结构	1030
(一) 主要技术参数	989	第四十一章 维氏和显微硬度计	1031
(二) 结构	989	一、HV-120 型维氏硬度计	1031
(三) 使用	994	(一) 主要技术参数	1031
(四) 故障排除	994	(二) 结构	1031
第四十章 洛氏硬度计	995	(三) 使用	1034
一、HR-150 型洛氏硬度计(吴忠)	995	(四) 故障排除	1035
(一) 主要技术参数	995	二、HV 1-5 型小负荷维氏硬度计	1036
(二) 结构	995	(一) 主要技术参数	1036
(三) 使用	998	(二) 结构	1036
(四) 故障排除	998	(三) 使用	1038
二、HR-150 型洛氏硬度计(广州)	1001	(四) 故障排除	1039
(一) 主要技术参数	1001	三、HV 1-10 型小负荷维氏硬度计	1039
(二) 结构	1001	(一) 主要技术参数	1039
(三) 故障排除	1004	(二) 结构	1040
三、HR-150 A 型洛氏硬度计(掖县)	1004	(三) 使用	1041
(一) 主要技术参数	1004	四、HV 8-5 型高温真空维氏硬度计	1041
(二) 结构	1004	(一) 主要技术参数	1041
(三) 使用	1006	(二) 结构	1041
四、HR-150 A 型洛氏硬度计(广州)	1006	(三) 使用	1043
(一) 主要技术参数	1006	五、HV 8-3 型高温真空维氏硬度计	1045

(一) 主要技术参数	1045	二、HB 1-0.5 型携带式布氏硬度计	1083
(二) 结构	1045	(一) 主要技术参数	1083
(三) 使用	1046	(二) 结构原理	1083
六、HX-200 型显微硬度计	1048	(三) 使用	1084
(一) 主要技术参数	1048	三、HB 2 型锤击式布氏硬度计	1085
(二) 结构	1048	(一) 主要技术参数	1085
(三) 使用	1050	(二) 结构原理	1085
(四) 故障排除	1051	(三) 使用	1086
七、71 型显微硬度计	1052	四、HD 7-10 型携带式洛维硬度计	1086
(一) 主要技术参数	1052	(一) 主要技术参数	1086
(二) 结构	1054	(二) 结构原理	1086
(三) 使用	1054	(三) 使用	1088
(四) 故障排除	1057	(四) 故障排除	1088
八、CJS-12 型高温真空显微硬度计	1058	五、HC-1 型超声波硬度计	1088
(一) 主要技术参数	1058	(一) 主要技术参数	1088
(二) 结构	1058	(二) 结构原理	1089
(三) 使用	1060	(三) 使用	1092
第四十二章 多用硬度计	1062	(四) 故障排除	1093
一、HD 8-187.5 型光学布洛维硬度计	1062	六、CYT-1 型磁性硬度计	1093
(一) 主要技术参数	1062	(一) 主要技术参数	1093
(二) 结构	1062	(二) 结构原理	1094
(三) 使用	1066	(三) 使用	1095
(四) 故障排除	1067	(四) 故障排除	1096
二、GWY-72 Ⅱ型光学布洛维硬度计	1068	七、XY-1 型赵氏橡胶硬度计	1096
(一) 主要技术参数	1068	(一) 主要技术参数	1096
(二) 结构	1071	(二) 结构原理	1096
(三) 使用	1074	(三) 使用	1097
(四) 故障排除	1075	(四) 故障排除	1098
三、R.B.187.5 型布洛硬度计	1076	八、SY-1 型土壤硬度计	1098
(一) 主要技术参数	1076	(一) 主要技术参数	1098
(二) 结构	1076	(二) 结构原理	1098
四、HD 9-45 型光学表面洛氏维氏硬度计	1078	(三) 使用	1100
(一) 主要技术参数	1078	九、TE-2 型土壤硬度计	1101
(二) 结构	1078	(一) 主要技术参数	1101
第四十三章 其它硬度计	1080	(二) 结构原理	1101
一、HS-19 型肖氏硬度计	1080	(三) 使用	1101
(一) 主要技术参数	1080	十、PHJ-30 型苹果硬度计	1103
(二) 结构原理	1080	(一) 主要技术参数	1103
(三) 使用	1082	(二) 结构原理	1103
(四) 故障排除	1083	(三) 使用	1103

第八篇 国外硬度计

第四十四章 布氏及洛氏硬度计	1104	(二) 结构	1104
一、ALPHA-3000 型布氏硬度计	1104	(三) 使用	1105
(一) 主要技术参数	1104	(四) 故障排除	1105

二、HPO-3000 型布氏硬度计	1106	五、岛津高温真空维氏硬度计	1137
(一) 主要技术参数	1106	(一) 主要技术参数	1137
(二) 结构	1106	(二) 结构	1138
(三) 使用	1108	(三) 使用	1140
三、KPE-3000 型布氏硬度计	1108	六、ZWICK 323 型维氏及显微硬度计	1142
(一) 主要技术参数	1108	(一) 主要技术参数	1142
(二) 结构	1108	(二) 结构	1142
(三) 使用	1110	(三) 使用	1144
(四) 故障排除	1110	七、M 型显微硬度计	1145
四、LOS-3000 型布氏硬度计	1111	(一) 主要技术参数	1145
(一) 主要技术参数	1111	(二) 结构	1145
(二) 结构	1111	(三) 使用	1147
五、TK 型洛氏硬度计	1114	(四) 故障排除	1148
(一) 主要技术参数	1114	八、ISOMA-M104 A 型显微硬度计	1148
(二) 结构	1115	(一) 主要技术参数	1148
六、TK-2 型洛氏硬度计	1116	(二) 结构	1149
(一) 主要技术参数	1116	(三) 使用	1150
(二) 结构	1116	九、HAUSER-249 A 型显微硬度计	1151
(三) 使用	1117	(一) 主要技术参数	1151
(四) 故障排除	1117	(二) 结构	1151
七、4 JR 型洛氏硬度计	1117	(三) 使用	1153
(一) 主要技术参数	1117	十、哈德曼(Hanemann)型显微硬度计	1153
(二) 结构	1117	(一) 主要技术参数	1153
八、ARK-A 型洛氏硬度计	1118	(二) 结构	1153
(一) 主要技术参数	1118	(三) 使用	1153
(二) 结构	1119	第四十六章 多用硬度计	1155
第四十五章 维氏及显微硬度计	1120	一、A-200 型布洛维硬度计	1155
一、TH 型维氏硬度计	1120	(一) 主要技术参数	1155
(一) 主要技术参数	1120	(二) 结构	1155
(二) 结构	1120	二、SA-200 型表面洛氏硬度计	1156
(三) 使用	1122	(一) 主要技术参数	1156
(四) 故障排除	1122	(二) 结构	1157
二、AVERY-6406 型维氏硬度计	1123	三、D-200 型洛氏及表面洛氏硬度计	1157
(一) 主要技术参数	1123	(一) 主要技术参数	1157
(二) 结构	1123	(二) 结构	1157
(三) 使用	1125	四、HP-250 型布洛硬度计	1158
三、ČISLO 568 01 型维氏硬度计	1132	(一) 主要技术参数	1159
(一) 主要技术参数	1132	(二) 结构	1159
(二) 结构	1133	(三) 使用	1162
(三) 使用	1134	(四) 故障排除	1163
(四) 故障排除	1134	五、HPO-250 型布维硬度计	1163
四、HPO-10 型维氏硬度计	1134	(一) 主要技术参数	1164
(一) 主要技术参数	1134	(二) 结构	1164
(二) 结构	1135	(三) 使用	1165
(三) 使用	1136		
(四) 故障排除	1137		

六、RR ₄ 型布洛硬度计	1166	表 9 弹簧钢的硬度值(YB8-59)	1185
(一) 主要技术参数	1166	表 10 不锈钢耐酸钢的硬度值(YB10-59)	1187
(二) 结构	1166	表 11 黄铜加工产品的硬度值	
七、HAUSER-291(b)型布洛维硬度		(YB 146-65)	1187
计	1168	表 12 锡青铜加工产品的硬度值	
(一) 主要技术参数	1168	(YB147-65)	1187
(二) 结构	1169	表 13 铸造用锡青铜的硬度值	
(三) 使用	1172	(YB 147-65)	1188
(四) 故障排除	1173	表 14 铸造用特殊青铜的硬度值	
八、GNEHM OM-150 型布洛维硬		(YB 147-65)	1188
度计	1173	表 15 白铜加工产品的硬度值	
(一) 主要技术参数	1173	(YB 148-65)	1188
(二) 结构	1175	表 16 镍合金加工产品的硬度值	
(三) 使用	1176	(YB 144-65)	1189
九、FRANKOSKOP-532 型五用硬		表 17 铝合金加工产品的硬度值	1189
度计	1177	表 18 铸造铝合金的硬度值	1190
(一) 主要技术参数	1177	表 19 锌合金的硬度值(GB470-64)	1190
(二) 结构	1177	表 20 铅基轴承合金的硬度值	1190
附录四 黑色金属硬度及强度换算值(GB		表 21 锡基轴承合金的硬度值	
1172-74)	1179	(YB 487-65)	1191
表 1 黑色金属硬度及强度换算值(a)	1179	表 22 硬质合金的硬度值(YB 104-60)	1191
表 2 黑色金属硬度及强度换算值(b)	1181		
附录五 各种金属材料的硬度值	1182	附录六 合金中各组成相的显微硬度	
表 1 灰口铸铁的硬度值(JB297-62)	1182	值	1192
表 2 球墨铸铁的硬度值(JB298-62)	1182	附录七 硬质合金及其他化合物的显	
表 3 可锻铸铁的硬度值(JB299-62)	1182	微硬度值	1194
表 4 优质碳素结构钢的硬度值		附录八 某些纯金属的显微硬度值	
(GB699-65)	1183	(负荷在 10~15 克力之间)	1195
表 5 易切削钢的硬度值(YB191-63)	1183	附录九 矿物和人造宝石的显微硬度	
表 6 碳素工具钢的硬度值(YB5-59)	1183	值	1196
表 7 合金结构钢的硬度值(YB6-59)	1184	附录十 各种材料各组成相的努普硬	
表 8 合金工具钢的硬度值(YB7-59)		度值	1198
		附录十一 各种材料的努普硬度值	1199

第六篇 硬 度 计 量

第三十二章 概 述

硬度试验广泛应用于工农业生产、科学实验和国防建设。硬度是材料机械性能和产品质量的重要指标之一,硬度试验是检查产品质量以及确定合理的加工工艺的重要手段,因此搞好硬度计量和测试工作,对工农业生产、科学研究、国防建设及国际贸易都有重要的意义。

一、硬度及硬度试验的特点

硬度是固体材料抵抗弹性变形、塑性变形或破坏的能力,或者抵抗其中两种或三种情况同时发生的能力。

表示材料硬度值的大小,不仅决定于材料本身,而且决定于试验方法和试验条件。

硬度的试验方法按施加负荷的情况,可分为静负荷试验法和动负荷试验法两大类。

静负荷试验法:是在静负荷作用下把压头压入材料来测定硬度。属于这种试验法的有布氏、洛氏、表面洛氏、维氏和显微硬度试验法等。

动负荷试验法:是在动负荷作用下使压头冲击材料来测定硬度。属于这种试验法的有冲击式布氏和肖氏硬度试验法等。

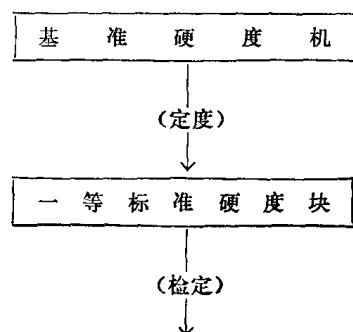
硬度试验是机械性能试验方法之一,它与其他机械性能试验相比,具有下列特点:

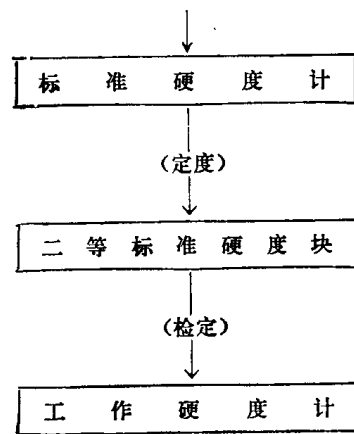
- 1) 对成品、半成品、毛坯及原材料都可以进行硬度试验。
- 2) 试件不论大小、厚薄及不同形状,一般均可用不同的硬度试验法加以测定。
- 3) 试验可在固定式硬度计上进行,也可用便携式硬度计直接在存放试件地点或者在已装配好的机器及结构件上进行。
- 4) 硬度试验可在试件完整的情况下进行,试验后对试件的使用基本上没有影响。
- 5) 一般来说硬度试验简单迅速,工作效率较高。
- 6) 对大多数金属和合金材料,可通过测得的硬度值近似地换算出该材料的其他机械性能。

二、硬度量值的传递系统

为了保证我国硬度量值的准确一致,必须根据基准硬度值进行量值传递。自一九六二年起,我国陆续建立了洛氏、布氏、表面洛氏和维氏硬度基准,并建立了相应的量值传递系统,如下所示:

硬 度 量 值 传 递 系 统





第三十三章 布 氏 硬 度

一、布氏硬度试验法及其应用

布氏硬度试验法是在 1900 年由瑞典工程师 J. A. Brinell 所发明。这种试验法是用一定直径的淬火钢球(或硬质合金钢球),在一定负荷的作用下压入试件表面,经一定的负荷保持时间后卸除负荷,而获得压痕,以压痕球形面积上所承受的平均压力来表示布氏硬度值。(见图 33.1)。其计算公式如下:

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (33.1)$$

式中: HB——布氏硬度值(公斤力/毫米²);

F ——负荷(公斤力);

D ——钢球直径(毫米);

d ——压痕直径(毫米)。

布氏硬度值的表示方法如下:

在符号 HB 后应注明钢球直径、负荷大小、负荷保持时间和硬度值。数字和符号大小一样。

例如 HB 10/3000/30 200, 即表示用 10 毫米钢球, 在 3000 公斤力作用下, 保持 30 秒时所测得的布氏硬度值为 200。

布氏硬度试验法主要适用于铸铁、钢材、有色金属及合金等硬度的测定。此外也可用于塑料、电木等某些非金属材料硬度的测定, 但最大负荷不超过 500 公斤力。

为了测定不同试件的硬度, 布氏硬度试验法规定有几种不同直径的钢球和负荷, 其对应的关系见表 33.1(摘自 ISO/R 79 - 1972; ISO 为国际标准化组织的简称)。

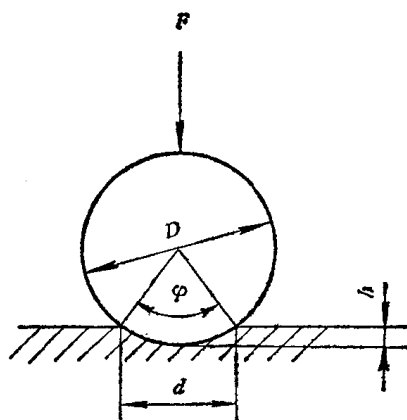


图 33.1 布氏硬度试验法原理图

表 33.1 布氏硬度试验钢球直径和负荷的对应关系

钢球直径 D (毫米)	负 荷 F (公斤力)				
	$F/D^2 = 1$	$F/D^2 = 2.5$	$F/D^2 = 5$	$F/D^2 = 10$	$F/D^2 = 30$
1	1	2.5	5	10	30
2.5	6.25	15.6	31.25	62.5	187.5
5	25	62.5	125	250	750
10	100	250	500	1000	3000

用不同直径的钢球对试件进行试验时, 若 $F/D^2 = \text{定数}$, 则可得到相同的硬度值, 这时 $d/D = \sin \phi/2 = \text{常数}$ (式中 ϕ 为压入角, 见图 33.1), 这即为布氏硬度相似律。

金属布氏硬度试验法见国标 GB 231 - 63。钢球直径、负荷大小与负荷保持时间应根据试样预期硬度和厚度按表 33.2 选择。

试样厚度应不小于压痕深度的 10 倍。如有关技术条件另有规定时, 则其厚度可为不小于压痕深度的 8 倍。试验后压入深度 h 可按下述公式求得:

表 33.2

金 属 种 类	布氏硬度 值 范 围 (HB)	试样厚度 (毫米)	负荷 F 与钢球直径 D 的关系	钢球直径 D (毫米)	负荷 F (公斤力)	负荷保持 时 间 (秒)
黑 色 金 属	140~450	6~3	$F=30D^2$	10.0	3000	10
		4~2		5.0	750	
		<2		2.5	187.5	
	<140	>6	$F=10D^2$	10.0	1000	10
		6~3		5.0	250	
		<3		2.5	62.5	
有 色 金 属	>130	6~3	$F=30D^2$	10.0	3000	30
		4~2		5.0	750	
		<2		2.5	187.5	
	36~130	9~3	$F=10D^2$	10.0	1000	30
		6~3		5.0	250	
		<3		2.5	62.5	
	8~35	>6	$F=2.5D^2$	10.0	250	60
		6~3		5.0	62.5	
		<3		2.5	15.6	

$$h = F / \pi D \cdot HB \quad (33.2)$$

试验后试样边缘及背面呈现变形痕迹时,则试验无效,此时应选用直径较小的钢球及相应的负荷重新试验。

根据 8 倍压入深度算出的试样允许的最小厚度见表 33.3~33.6。(摘自 ISO/R 79-1972)

表 33.3 $F/D^2=1$ 时, 试样允许的最小厚度

钢球直径 (毫米)	负 荷 (公斤力)	布 氏 硬 度 值 (HB)				
		3	5	10	15	20
		允 许 的 最 小 厚 度 (毫米)				
1	1	0.85	0.51	0.25	0.17	0.13
2	4	1.70	1.02	0.51	0.34	0.25
2.5	6.25	2.12	1.27	0.64	0.42	0.32
5	25	4.24	2.54	1.27	0.85	0.64
10	100	8.48	5.10	2.54	1.70	1.27

表 33.4 $F/D^2=5$ 时, 试样允许的最小厚度

钢球直径 (毫米)	负 荷 (公斤力)	布 氏 硬 度 值 (HB)				
		15	30	50	75	100
		允 许 的 最 小 厚 度 (毫米)				
1	5	0.85	0.43	0.25	0.17	0.13
2	20	1.70	0.84	0.51	0.34	0.25
2.5	31.25	2.12	1.06	0.64	0.42	0.32
5	125	4.24	2.12	1.27	0.85	0.64
10	500	8.48	4.24	2.54	1.70	1.27

表 33.5 $F/D^2=10$ 时, 试样允许的最小厚度

钢球直径 (毫米)	负 荷 (公斤力)	布 氏 硬 度 值 (HB)				
		30	75	120	160	200
		允 许 的 最 小 厚 度 (毫米)				
1	10	0.85	0.34	0.21	0.16	0.13
2	40	1.70	0.68	0.43	0.32	0.26
2.5	62.5	2.12	0.85	0.53	0.40	0.32
5	250	4.24	1.70	1.06	0.80	0.64
10	1000	8.48	3.40	2.13	1.60	1.27

表 33.6 $F/D^2=30$ 时, 试样允许的最小厚度

钢球直径 (毫米)	负 荷 (公斤力)	布 氏 硬 度 值 (HB)				
		100	200	300	400	500
		允 许 的 最 小 厚 度 (毫米)				
1	30	0.76	0.38	0.25	0.19	0.15
2	120	1.53	0.76	0.51	0.38	0.31
2.5	187.5	1.91	0.95	0.64	0.48	0.38
5	750	3.82	1.91	1.27	0.96	0.76
10	3000	7.64	3.82	2.54	1.91	1.53

试样表面应制成光滑平面, 以便压痕边缘足够清晰而保证测量压痕直径的精确度。试样表面应无氧化皮或其他外来污物。制备试样时, 不应使试样表面因受热或加工硬化而改变其硬度。

进行金属布氏硬度试验时, 压痕中心距试样边缘的距离应不小于压痕直径的 2.5 倍, 而距其相邻压痕中心的距离应不小于压痕直径的 4 倍。当试件硬度小于 HB 35 时, 上述距离分别为压痕直径的 3 倍和 6 倍。

试验后压痕直径的大小应在下列范围内:

$$0.25 D < d < 0.6 D$$

用直径为 10 毫米或 5 毫米的钢球进行试验时, 压痕直径的测量应精确到 0.02 毫米; 如用 2.5 毫米钢球则应精确到 0.01 毫米。

测量压痕直径用的一般显微镜应保证每一分格的精确度为 ± 0.01 毫米。刻度尺总长的精确度则为 ± 0.02 毫米。

测量压痕直径时, 应根据压痕的大小, 选择合适的显微镜放大倍数, 可参考表 33.7。

表 33.7

布 氏 压 痕 直 径 (毫米)	显 微 镜 的 放 大 倍 数 (倍)
5.0~7.0	10
2.0~6.0	25 或 30
1.0~3.0	50
0.5~1.5	100
0.2~0.6	250

压痕直径应从两相互垂直方向测量, 并取其算术平均值。压痕两直径之差应不超过较小直径的 2%。对显著各向异性材料, 两直径之差可不受此限制。

根据压痕直径、负荷大小和钢球直径, 按表 33.8~33.11 查得布氏硬度值。布氏硬度值为 100 和大于 100 时, 化为整数; 硬度值为 10 到小于 100 时应取小数一位; 硬度值小于 10 时则取小数两位。

表 33.8 压痕直径与布氏硬度值对照表 (钢球直径 $D=10$ 毫米)

压痕直径 d (毫米)	HB (公斤力/毫米 ²)						压痕直径 d (毫米)	HB (公斤力/毫米 ²)					
	30D ²	10D ²	5D ²	2.5D ²	1.25D ²	0.5D ²		30D ²	10D ²	5D ²	2.5D ²	1.25D ²	0.5D ²
	负 荷 (公斤力)							负 荷 (公斤力)					
	3000	1000	500	250	125	50		3000	1000	500	250	125	50
2.000		315	158	78.8	39.4	15.8	2.055		298	149	74.6	37.3	14.9
2.001		315	157	78.7	39.3	15.7	2.056		298	149	74.5	37.2	14.9
2.002		314	157	78.6	39.3	15.7	2.057		298	149	74.4	37.2	14.9
2.003		314	157	78.5	39.3	15.7	2.058		297	149	74.4	37.2	14.9
2.004		314	157	78.5	39.2	15.7	2.059		297	149	74.3	37.1	14.9
2.005		314	157	78.4	39.2	15.7	2.060		297	148	74.2	37.1	14.8
2.006		313	157	78.3	39.1	15.7	2.061		297	148	74.1	37.1	14.8
2.007		313	156	78.2	39.1	15.6	2.062		296	148	74.1	37.0	14.8
2.008		313	156	78.1	39.1	15.6	2.063		296	148	74.0	37.0	14.8
2.009		312	156	78.1	39.0	15.6	2.064		296	148	73.9	37.0	14.8
2.010		312	156	78.0	39.0	15.6	2.065		295	148	73.8	36.9	14.8
2.011		312	156	77.9	39.0	15.6	2.066		295	148	73.8	36.9	14.8
2.012		311	156	77.8	38.9	15.6	2.067		295	147	73.7	36.8	14.7
2.013		311	156	77.8	38.9	15.6	2.068		294	147	73.6	36.8	14.7
2.014		311	155	77.7	38.8	15.5	2.069		294	147	73.6	36.8	14.7
2.015		310	155	77.6	38.8	15.5	2.070		294	147	73.5	36.7	14.7
2.016		310	155	77.5	38.8	15.5	2.071		294	147	73.4	36.7	14.7
2.017		310	155	77.4	38.7	15.5	2.072		293	147	73.3	36.7	14.7
2.018		309	155	77.4	38.7	15.5	2.073		293	147	73.3	36.6	14.7
2.019		309	155	77.3	38.6	15.5	2.074		293	146	73.2	36.6	14.6
2.020		309	154	77.2	38.6	15.4	2.075		292	146	73.1	36.6	14.6
2.021		309	154	77.1	38.6	15.4	2.076		292	146	73.1	36.5	14.6
2.022		308	154	77.1	38.5	15.4	2.077		292	146	73.0	36.5	14.6
2.023		308	154	77.0	38.5	15.4	2.078		292	146	72.9	36.5	14.6
2.024		308	154	76.9	38.4	15.4	2.079		291	146	72.8	36.4	14.6
2.025		307	154	76.8	38.4	15.4	2.080		291	146	72.8	36.4	14.6
2.026		307	153	76.7	38.4	15.3	2.081		291	145	72.7	36.3	14.5
2.027		307	153	76.7	38.3	15.3	2.082		291	145	72.6	36.3	14.5
2.028		306	153	76.6	38.3	15.3	2.083		290	145	72.6	36.3	14.5
2.029		306	153	76.5	38.3	15.3	2.084		290	145	72.5	36.2	14.5
2.030		306	153	76.4	38.2	15.3	2.085		290	145	72.4	36.2	14.5
2.031		305	153	76.4	38.2	15.3	2.086		289	145	72.3	36.2	14.5
2.032		305	153	76.3	38.1	15.3	2.087		289	145	72.3	36.1	14.5
2.033		305	152	76.2	38.1	15.2	2.088		289	144	72.2	36.1	14.4
2.034		305	152	76.1	38.1	15.2	2.089		289	144	72.1	36.1	14.4
2.035		304	152	76.1	38.0	15.2	2.090		288	144	72.1	36.0	14.4
2.036		304	152	76.0	38.0	15.2	2.091		288	144	72.0	36.0	14.4
2.037		304	152	75.9	38.0	15.2	2.092		288	144	71.9	36.0	14.4
2.038		303	152	75.8	37.9	15.2	2.093		287	144	71.9	35.9	14.4
2.039		303	152	75.8	37.9	15.2	2.094		287	144	71.8	35.9	14.4
2.040		303	151	75.7	37.8	15.1	2.095		287	143	71.7	35.9	14.3
2.041		302	151	75.6	37.8	15.1	2.096		287	143	71.7	35.8	14.3
2.042		302	151	75.6	37.8	15.1	2.097		286	143	71.6	35.8	14.3
2.043		302	151	75.5	37.7	15.1	2.098		286	143	71.5	35.8	14.3
2.044		302	151	75.4	37.7	15.1	2.099		286	143	71.4	35.7	14.3
2.045		301	151	75.3	37.7	15.1	2.100		285	143	71.3	35.7	14.3
2.046		301	150	75.2	37.6	15.0	2.101		285	143	71.3	35.7	14.3
2.047		301	150	75.2	37.6	15.0	2.102		285	142	71.2	35.6	14.2
2.048		300	150	75.1	37.5	15.0	2.103		285	142	71.2	35.6	14.2
2.049		300	150	75.0	37.5	15.0	2.104		284	142	71.1	35.5	14.2
2.050		300	150	74.9	37.5	15.0	2.105		284	142	71.0	35.5	14.2
2.051		299	150	74.9	37.4	15.0	2.106		284	142	71.0	35.5	14.2
2.052		299	150	74.8	37.4	15.0	2.107		284	142	70.9	35.4	14.2
2.053		299	149	74.7	37.4	14.9	2.108		283	142	70.8	35.4	14.2
2.054		299	149	74.6	37.3	14.9	2.109		283	142	70.8	35.4	14.2

(钢球直径 $D=10$ 毫米)

续表 33.8

压痕直径 d (毫米)	HB (公斤力/毫米 ²)						压痕直径 d (毫米)	HB (公斤力/毫米 ²)					
	30D ²	10D ²	5D ²	2.5D ²	1.25D ²	0.5D ²		30D ²	10D ²	5D ²	2.5D ²	1.25D ²	0.5D ²
	负 荷 (公斤力)							负 荷 (公斤力)					
	3000	1000	500	250	125	50		3000	1000	500	250	125	50
2.110		283	141	70.7	35.3	14.1	2.165		268	134	67.1	33.6	13.4
2.111		283	141	70.6	35.3	14.1	2.166		268	134	67.0	33.5	13.4
2.112		282	141	70.6	35.3	14.1	2.167		268	134	67.0	33.5	13.4
2.113		282	141	70.5	35.2	14.1	2.168		268	134	66.9	33.5	13.4
2.114		282	141	70.4	35.2	14.1	2.169		267	134	66.9	33.4	13.4
2.115		281	141	70.4	35.2	14.1	2.170		267	134	66.8	33.4	13.4
2.116		281	141	70.3	35.1	14.1	2.171		267	133	66.7	33.4	13.3
2.117		281	140	70.2	35.1	14.0	2.172		267	133	66.7	33.3	13.3
2.118		281	140	70.2	35.1	14.0	2.173		266	133	66.6	33.3	13.3
2.119		280	140	70.1	35.0	14.0	2.174		266	133	66.6	33.3	13.3
2.120		280	140	70.0	35.0	14.0	2.175		266	133	66.5	33.2	13.3
2.121		280	140	70.0	35.0	14.0	2.176		266	133	66.4	33.2	13.3
2.122		280	140	69.9	34.9	14.0	2.177		265	133	66.3	33.2	13.3
2.123		279	140	69.8	34.9	14.0	2.178		265	133	66.3	33.1	13.3
2.124		279	140	69.8	34.9	14.0	2.179		265	132	66.2	33.1	13.2
2.125		279	139	69.7	34.8	13.9	2.180		265	132	66.2	33.1	13.2
2.126		278	139	69.6	34.8	13.9	2.181		264	132	66.1	33.1	13.2
2.127		278	139	69.6	34.8	13.9	2.182		264	132	66.1	33.0	13.2
2.128		278	139	69.5	34.7	13.9	2.183		264	132	66.0	33.0	13.2
2.129		278	139	69.4	34.7	13.9	2.184		264	132	65.9	33.0	13.2
2.130		277	139	69.4	34.7	13.9	2.185		263	132	65.9	32.9	13.2
2.131		277	139	69.3	34.6	13.9	2.186		263	132	65.8	32.9	13.2
2.132		277	138	69.2	34.6	13.8	2.187		263	131	65.7	32.9	13.1
2.133		277	138	69.2	34.6	13.8	2.188		263	131	65.7	32.8	13.1
2.134		276	138	69.1	34.5	13.8	2.189		262	131	65.6	32.8	13.1
2.135		276	138	69.0	34.5	13.8	2.190		262	131	65.6	32.8	13.1
2.136		276	138	69.0	34.5	13.8	2.191		262	131	65.5	32.8	13.1
2.137		276	138	68.9	34.4	13.8	2.192		262	131	65.4	32.7	13.1
2.138		275	138	68.8	34.4	13.8	2.193		262	131	65.4	32.7	13.1
2.139		275	138	68.8	34.4	13.8	2.194		261	131	65.3	32.7	13.1
2.140		275	137	68.7	34.4	13.7	2.195		261	131	65.3	32.6	13.1
2.141		275	137	68.6	34.3	13.7	2.196		261	130	65.2	32.6	13.0
2.142		274	137	68.6	34.3	13.7	2.197		261	130	65.1	32.6	13.0
2.143		274	137	68.5	34.3	13.7	2.198		260	130	65.1	32.5	13.0
2.144		274	137	68.4	34.2	13.7	2.199		260	130	65.0	32.5	13.0
2.145		274	137	68.4	34.2	13.7	2.200		260	130	65.0	32.5	13.0
2.146		273	137	68.3	34.2	13.7	2.201		260	130	64.9	32.5	13.0
2.147		273	136	68.2	34.1	13.6	2.202		259	130	64.8	32.4	13.0
2.148		273	136	68.2	34.1	13.6	2.203		259	130	64.8	32.4	13.0
2.149		272	136	68.1	34.1	13.6	2.204		259	129	64.7	32.4	12.9
2.150		272	136	68.1	34.0	13.6	2.205		259	129	64.7	32.3	12.9
2.151		272	136	68.0	33.0	13.6	2.206		258	129	64.6	32.3	12.9
2.152		272	136	67.9	34.0	18.6	2.207		258	129	64.5	32.3	12.9
2.153		271	136	67.9	33.9	13.6	2.208		258	129	64.5	32.2	12.9
2.154		271	136	67.8	33.9	13.6	2.209		258	129	64.4	32.2	12.9
2.155		271	135	67.7	33.9	13.5	2.210		257	129	64.4	32.2	12.9
2.156		271	135	67.7	33.8	13.5	2.211		257	129	64.3	32.2	12.9
2.157		270	135	67.6	33.8	13.5	2.212		257	129	64.3	32.1	12.9
2.158		270	135	67.5	33.8	13.5	2.213		257	128	64.2	32.1	12.8
2.159		270	135	67.5	33.7	13.5	2.214		257	128	64.1	32.1	12.8
2.160		270	135	67.4	33.7	13.5	2.215		256	128	64.1	32.0	12.8
2.161		269	135	67.4	33.7	13.5	2.216		256	128	64.0	32.0	12.8
2.162		269	135	67.3	33.6	13.5	2.217		256	128	64.0	32.0	12.8
2.163		269	134	67.2	33.6	13.4	2.218		256	128	63.9	31.9	12.8
2.164		269	134	67.2	33.6	13.4	2.219		255	128	63.8	31.9	12.8

(钢球直径 $D=10$ 毫米)

续表 33.8

压痕直径 d (毫米)	HB (公斤力/毫米 ²)						压痕直径 d (毫米)	HB (公斤力/毫米 ²)					
	30D ²	10D ²	5D ²	2.5D ²	1.25D ²	0.5D ²		30D ²	10D ²	5D ²	2.5D ²	1.25D ²	0.5D ²
	负 荷 (公斤力)							负 荷 (公斤力)					
	3000	1000	500	250	125	50		3000	1000	500	250	125	50
2.220		255	128	63.8	31.9	12.8	2.275		243	121	60.7	30.3	12.1
2.221		255	127	63.7	31.9	12.7	2.276		243	121	60.6	30.3	12.1
2.222		255	127	63.7	31.8	12.7	2.277		242	121	60.6	30.3	12.1
2.223		254	127	63.6	31.8	12.7	2.278		242	121	60.5	30.3	12.1
2.224		254	127	63.5	31.8	12.7	2.279		242	121	60.5	30.2	12.1
2.225		254	127	63.5	31.7	12.7	2.280		242	121	60.4	30.2	12.1
2.226		254	127	63.4	31.7	12.7	2.281		241	121	60.4	30.2	12.1
2.227		254	127	63.4	31.7	12.7	2.282		241	121	60.3	30.2	12.1
2.228		253	127	63.3	31.7	12.7	2.283		241	121	60.3	30.1	12.1
2.229		253	127	63.3	31.6	12.7	2.284		241	120	60.2	30.1	12.0
2.230		253	126	63.2	31.6	12.6	2.285		241	120	60.2	30.1	12.0
2.231		253	126	63.1	31.6	12.6	2.286		240	120	60.1	30.1	12.0
2.232		252	126	63.1	31.5	12.6	2.287		240	120	60.1	30.0	12.0
2.233		252	126	63.0	31.5	12.6	2.288		240	120	60.0	30.0	12.0
2.234		252	126	63.0	31.5	12.6	2.289		240	120	59.9	30.0	12.0
2.235		252	126	62.9	31.5	12.6	2.290		240	120	59.9	29.9	12.0
2.236		251	126	62.9	31.4	12.6	2.291		239	120	59.8	29.9	12.0
2.237		251	126	62.8	31.4	12.6	2.292		239	120	59.8	29.9	12.0
2.238		251	125	62.7	31.4	12.5	2.293		239	119	59.7	29.9	11.9
2.239		251	125	62.7	31.3	12.5	2.294		239	119	59.7	29.8	11.9
2.240		251	125	62.6	31.3	12.5	2.295		239	119	59.6	29.8	11.9
2.241		250	125	62.6	31.3	12.5	2.296		238	119	59.6	29.8	11.9
2.242		250	125	62.5	31.3	12.5	2.297		238	119	59.5	29.8	11.9
2.243		250	125	62.5	31.2	12.5	2.298		238	119	59.5	29.7	11.9
2.244		250	125	62.4	31.2	12.5	2.299		238	119	59.4	29.7	11.9
2.245		249	125	62.4	31.2	12.5	2.300		237	119	59.4	29.7	11.9
2.246		249	125	62.3	31.1	12.5	2.301		237	119	59.3	29.7	11.9
2.247		249	124	62.2	31.1	12.4	2.302		237	119	59.3	29.6	11.9
2.248		249	124	62.2	31.1	12.4	2.303		237	118	59.2	29.6	11.8
2.249		249	124	62.1	31.1	12.4	2.304		237	118	59.2	29.6	11.8
2.250		248	124	62.1	31.0	12.4	2.305		236	118	59.1	29.6	11.8
2.251		248	124	62.0	31.0	12.4	2.306		236	118	59.1	29.5	11.8
2.252		248	124	62.0	31.0	12.4	2.307		236	118	59.0	29.5	11.8
2.253		248	124	61.9	31.0	12.4	2.308		236	118	58.9	29.5	11.8
2.254		247	124	61.8	30.9	12.4	2.309		236	118	58.9	29.4	11.8
2.255		247	124	61.8	30.9	12.4	2.310		235	118	58.8	29.4	11.8
2.256		247	123	61.7	30.9	12.3	2.311		235	118	58.8	29.4	11.8
2.257		247	123	61.7	30.8	12.3	2.312		235	117	58.7	29.4	11.7
2.258		246	123	61.6	30.8	12.3	2.313		235	117	58.7	29.3	11.7
2.259		246	123	61.6	30.8	12.3	2.314		235	117	58.6	29.3	11.7
2.260		246	123	61.5	30.8	12.3	2.315		234	117	58.6	29.3	11.7
2.261		246	123	61.5	30.7	12.3	2.316		234	117	58.5	29.3	11.7
2.262		246	123	61.4	30.7	12.3	2.317		234	117	58.5	29.2	11.7
2.263		245	123	61.4	30.7	12.3	2.318		234	117	58.4	29.2	11.7
2.264		245	123	61.3	30.6	12.3	2.319		234	117	58.4	29.2	11.7
2.265		245	122	61.2	30.6	12.2	2.320		233	117	58.3	29.2	11.7
2.266		245	122	61.2	30.6	12.2	2.321		233	117	58.3	29.1	11.7
2.267		245	122	61.1	30.6	12.2	2.322		233	116	58.2	29.1	11.6
2.268		244	122	61.1	30.5	12.2	2.323		233	116	58.2	29.1	11.6
2.269		244	122	61.0	30.5	12.2	2.324		233	116	58.1	29.1	11.6
2.270		244	122	61.0	30.5	12.2	2.325		232	116	58.1	29.0	11.6
2.271		244	122	60.9	30.5	12.2	2.326		232	116	58.0	29.0	11.6
2.272		243	122	60.9	30.4	12.2	2.327		232	116	58.0	29.0	11.6
2.273		243	122	60.8	30.4	12.2	2.328		232	116	57.9	29.0	11.6
2.274		243	121	60.7	30.4	12.1	2.329		232	116	57.9	28.9	11.6