



教育部高职高专规划教材

机械基础

● 蔡广新 主编



化学工业出版社
教材出版中心

Chemical Industry Press

教育部高职高专规划教材

机 械 基 础

蔡广新 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/蔡广新编著. —北京: 化学工业出版社,
2004. 8

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-5619-2

I. 机… II. 蔡… III. 机械学-高等学校-教材
IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 046611 号

教育部高职高专规划教材

机 械 基 础

蔡广新 主编

责任编辑: 于 萍

文字编辑: 张燕文

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行

教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 19½ 字数 475 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5619-2/G · 1461

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是在参照教育部高等学校工程专科非机械类专业《机械基础课程教学基本要求》和总结近年来高职高专学校机械基础教学改革经验的基础上组织编写的。主要适用于非机械类各专业的教学。

本书编写过程中充分考虑了非机械类专业的特点，力求做到突出实用性和实践性，有利于学生综合素质的形成和科学思维方法与创新能力的培养；力求贯彻“必需”、“够用”的原则，对课程内容和课程体系进行了精心选取和编排，体现了高等职业教育的特点。

参加本书编写的有：承德石油高等专科学校蔡广新（绪论、第二、四、七章）、邱久生（第一章）、李莉（第九章），四川化工职业技术学院高朝祥（第三、六章），常州工程职业技术学院胡芳（第五、八章），江汉石油学院高职部王祖俊（第十章）、严义章（第十一章）。本书由蔡广新任主编，负责全书的统稿，高朝祥任副主编。北京理工大学庞思勤教授、承德石油高等专科学校肖由炜副教授担任本书主审，他们仔细审阅了全部文稿和图稿，提出了很多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中错误和欠妥之处恳请读者批评指正。

编者

2004年2月

目 录

绪论	1
一、机器的组成与相关概念	1
二、本课程的内容、性质和任务	2
三、本课程的学习方法	3
第一章 机械常用工程材料与钢的热处理	4
第一节 金属材料的力学性能与工艺性能	4
一、力学性能	4
二、工艺性能	8
第二节 金属的晶体结构与结晶	8
一、晶体结构	8
二、实际晶体结构	10
三、结晶	10
第三节 合金的相结构与合金相图	12
一、合金的基本概念	12
二、合金的相结构	12
第四节 铁碳合金及其相图	15
一、纯铁的同素异晶转变	15
二、铁碳合金的基本相	15
三、铁碳相图分析	16
四、铁碳合金分类	17
五、典型铁碳合金的冷却过程与组织	18
六、含碳量与杂质对铁碳合金性能的影响	19
第五节 钢的热处理	20
一、组织转变原理	20
二、热处理工艺	23
第六节 常用金属材料	25
一、铁基金属材料	25
二、非铁基金属材料	28
第七节 工程材料的选用	30
一、零件的失效	30
二、失效的原因	30
三、选材的原则	30
四、选材的步骤	31

五、典型零件的选用	31
思考题与习题	33
第二章 平面构件的静力分析	34
第一节 静力分析基础	34
一、基本概念	34
二、基本公理	36
三、约束与约束反力	37
四、受力分析与受力图	40
第二节 平面基本力系	41
一、平面汇交力系合成与平衡的几何法	41
二、平面汇交力系合成与平衡的解析法	43
三、平面力偶系的合成与平衡	45
第三节 平面任意力系	46
一、力线平移定理	46
二、平面任意力系向一点简化	47
三、平面任意力系简化结果分析与合力矩定理	49
四、平面任意力系的平衡方程与应用	50
五、刚体系统的平衡问题	54
六、考虑摩擦时的平衡问题	55
思考题与习题	56
第三章 拉压杆件的承载能力	60
第一节 构件承载能力概述	60
第二节 轴向拉伸与压缩的概念	61
第三节 轴向拉伸与压缩时横截面上的内力	62
一、内力的概念	62
二、截面法求轴力	62
三、轴力图	63
第四节 轴向拉伸(或压缩)的强度计算	64
一、应力的概念	64
二、横截面上的应力	64
三、许用应力和强度条件	65
第五节 轴向拉伸(或压缩)的变形	68
一、变形与应变	68
二、泊松数	69
三、虎克定律	69
第六节 材料拉伸和压缩时的力学性能	70
一、低碳钢的拉伸试验	71
二、铸铁的拉伸试验	73
三、材料的压缩试验	73
四、应力集中	74

第七节 压杆稳定	75
思考题与习题	76
第四章 梁的弯曲	78
第一节 平面弯曲的概念与弯曲内力	78
一、平面弯曲的概念	78
二、弯曲内力	79
三、剪力图和弯矩图	81
第二节 弯曲强度计算	85
一、纯弯曲梁横截面上的正应力	85
二、梁弯曲时的正应力强度条件及其应用	88
三、拉伸(压缩)与弯曲组合变形的强度计算	89
第三节 弯曲刚度	91
一、挠度和转角	91
二、挠曲线近似微分方程	92
三、叠加法求梁的变形	93
四、梁的刚度条件	96
第四节 提高梁承载能力的措施	96
一、减小最大弯矩	97
二、提高抗弯截面系数或惯性矩	98
三、等强度梁	98
思考题与习题	99
第五章 轴与轴毂连接	102
第一节 轴的分类与材料	102
一、分类	102
二、材料	102
第二节 圆轴扭转时的内力	104
一、圆轴扭转的概念	104
二、外力偶矩的计算	104
三、扭矩的计算	104
四、扭矩图	106
第三节 圆轴扭转时的应力和强度计算	107
一、应力	107
二、极惯性矩和抗扭截面系数	109
三、强度计算	109
第四节 圆轴扭转时的变形和刚度计算	110
一、变形	110
二、刚度计算	110
第五节 弯曲与扭转组合变形的强度计算	112
一、概念	112
二、强度条件	113

第六节 动载荷与交变应力的概念	114
一、动载荷	114
二、交变应力	114
第七节 轴的结构设计和强度校核	115
一、结构设计	115
二、强度校核	116
第八节 剪切与挤压的实用计算与轴毂连接	119
一、实用计算	119
二、轴毂连接	122
思考题与习题	127
第六章 常用机构	131
第一节 平面机构的组成	131
一、运动副	131
二、构件的分类	132
三、机构的运动简图	133
第二节 平面连杆机构	133
一、平面四杆机构的类型与应用	134
二、平面四杆机构的基本性质	137
第三节 凸轮机构	138
一、组成、应用和特点	138
二、分类	139
三、运动过程与运动参数	140
四、凸轮和滚子的材料	140
五、凸轮和滚子的结构	141
第四节 其他常用机构	142
一、棘轮机构	142
二、槽轮机构	144
思考题与习题	145
第七章 常用传动方式	146
第一节 带传动	146
一、类型、特点和应用	146
二、V带和V带轮	147
三、V带传动的张紧和维护	150
第二节 链传动	150
一、结构和特点	150
二、运动特性	151
第三节 齿轮传动	152
一、类型和特点	152
二、渐开线齿廓	153
三、渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	154

四、渐开线直齿圆柱齿轮的啮合条件	156
五、根切现象、最少齿数和变位齿轮的概念	157
六、斜齿圆柱齿轮传动	157
七、直齿圆锥齿轮传动	159
八、蜗杆传动简介	160
九、轮系	161
思考题与习题	163
第八章 轴承	165
第一节 滑动轴承的类型、特点和应用	165
一、类型和特点	165
二、应用	165
第二节 滑动轴承的结构和材料	165
一、结构	165
二、轴瓦和轴承衬的材料与结构	167
第三节 滑动轴承的润滑	168
一、润滑剂及其选择	168
二、润滑方式和润滑装置	168
第四节 滚动轴承的结构、类型与特点	169
一、结构	169
二、类型与特点	170
第五节 滚动轴承的代号与类型选择	172
一、代号	172
二、类型与型号选择	173
思考题与习题	173
第九章 连接零件	175
第一节 螺纹连接	175
一、连接用螺纹	175
二、螺纹连接的类型	176
三、螺纹连接件	177
四、螺栓连接的几个结构问题	179
五、螺纹连接装配中的几个问题	180
第二节 联轴器和离合器	183
一、联轴器	183
二、离合器	186
第三节 弹簧	187
一、功用	187
二、类型	188
三、材料	188
四、圆柱螺旋弹簧的结构	189
五、圆柱螺旋弹簧的几何参数	189

思考题与习题	190
第十章 常用机械加工方式	191
第一节 金属切削加工基本知识	191
一、切削加工	191
二、金属切削机床	194
三、金属切削刀具	199
四、机床夹具	204
五、金属切削过程	207
六、零件的加工质量	214
第二节 车削加工	216
一、车床	216
二、车刀	219
三、车削工艺	220
第三节 铣削加工	224
一、铣床及其附件	224
二、铣刀	227
三、铣削工艺	228
第四节 刨削加工	230
一、刨床	230
二、刨刀	232
三、刨削工艺	232
第五节 钻削和铰削加工	233
一、钻床	233
二、钻头和铰刀	235
三、钻削工艺	237
四、铰削工艺	238
第六节 镗削加工	238
一、镗床	238
二、镗刀	240
三、镗削工艺	241
第七节 磨削加工	242
一、磨床	242
二、砂轮	244
三、磨削工艺	245
四、先进磨削技术简介	249
第八节 光整加工	251
一、超精加工	251
二、珩磨	253
三、研磨	254
四、抛光	255

第九节 数控加工	256
一、数控机床的特点	256
二、数控机床的分类	256
三、数控机床的结构与工作原理	258
第十节 工艺规程设计	260
一、基本概念	260
二、工艺规程的编制	261
三、零件(产品图纸)的工艺分析	262
四、毛坯设计	265
五、工艺基准的选择	266
六、零件工艺路线的拟定	268
七、加工余量与工序尺寸的确定	270
八、工艺装备的选择	273
九、时间定额的确定	273
十、工艺文件的填写	274
思考题与习题	275
第十一章 特种加工方法简介	277
第一节 电火花加工	277
一、基本原理与特点	277
二、影响因素	279
三、加工方法	280
第二节 电火花线切割加工	282
一、加工原理与特点	282
二、线切割机简介	283
三、线切割加工中的工艺问题	285
第三节 电化学加工	286
一、电解加工	286
二、电解抛光	288
三、电铸加工	289
四、电解磨削	290
第四节 超声加工	291
一、基本原理	291
二、特点	292
三、设备简介	292
四、应用	293
第五节 激光加工	294
一、基本原理	294
二、特点	294
三、应用	294
思考题与习题	295
参考文献	296

绪 论

一、机器的组成与相关概念

日常生活和工作中接触到的缝纫机、洗衣机、自行车、汽车，工业生产中的机床、纺织机、起重机、机器人等，都是机器。机器的种类繁多，其结构、功用各异，但从机器的组成来分析，它们的共同之处如下。

- ① 都是人为的实体组合。
- ② 各实体间具有确定的相对运动。
- ③ 能实现能量的转换或完成有用的机械功。

同时具备这三个特征的称为机器，仅具备前两个特征的称为机构。机构就是多个实物的组合，能实现预期的机械运动。例如，图 0-1 所示的内燃机，它是由活塞、连杆、曲轴、齿轮、凸轮、顶杆及汽缸体等组成，它们构成了连杆机构、齿轮机构和凸轮机构，如图 0-2 所示。内燃机的功能是将燃料的热能转化为曲轴转动的机械能。其中连杆机构将燃料燃烧时体积迅速膨胀而使活塞产生的直线移动转化为曲轴的转动；凸轮机构用来控制适时启闭进气阀

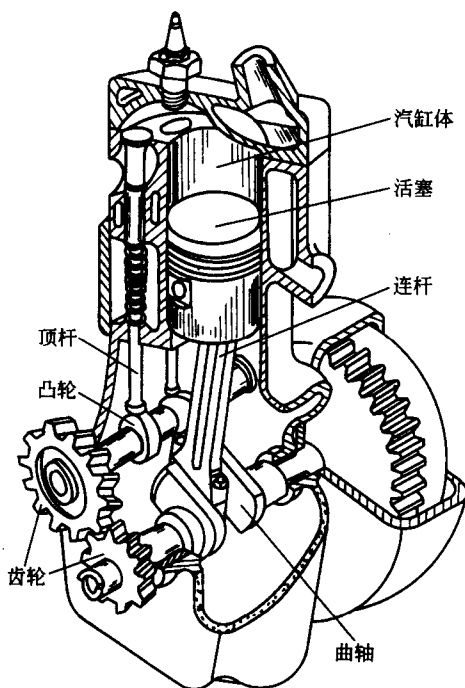


图 0-1 内燃机

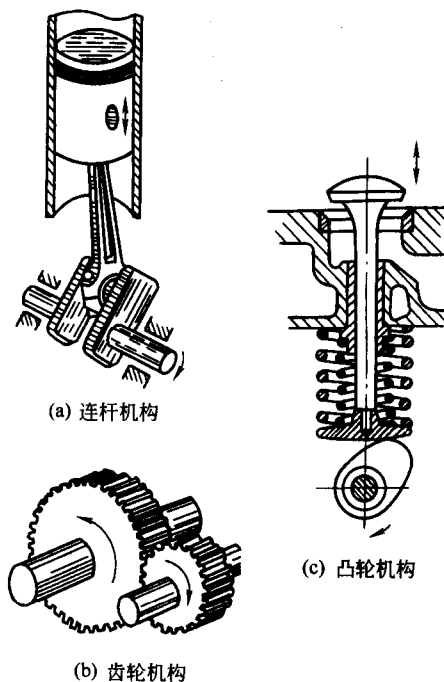


图 0-2 组成内燃机的机构

和排气阀；齿轮机构保证进、排气阀与活塞之间形成协调动作。由此可见，机器是由机构组成的，从运动观点来看两者并无差别，工程上统称为机械。

组成机械的各个相对运动的实体称为构件，机械中不可拆的制造单元称为零件。构件可以是单一零件，如内燃机的曲轴（图 0-3），也可以是由多个零件组成的一个刚性整体，如内燃机的连杆（图 0-4）。由此可见，构件是机械中的运动单元，零件是机械中的制造单元。

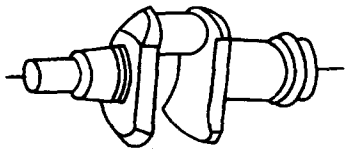


图 0-3 曲轴

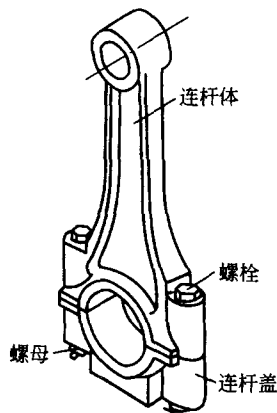


图 0-4 连杆

零件又可分为两类，一类是在各种机器中都可能用到的零件，称为通用零件，如螺母、螺栓、齿轮、凸轮、链轮等；另一类则是在特定类型机器中才能用到的零件，称为专用零件，如曲轴、活塞等。

二、本课程的内容、性质和任务

本课程的内容是研究机械的基本理论及与机械设计相关的计算、制造等技术问题。具体内容主要有以下几个方面。

- ① 机械常用工程材料及钢的热处理。
- ② 平面机构的静力分析。
- ③ 构件的承载能力分析。
- ④ 常用机构及传动设计。
- ⑤ 通用零件设计。
- ⑥ 机械常用加工方法。
- ⑦ 特种加工方法。

机械基础是一门技术基础课。它在培养非机械类工程技术人才掌握机械的基本知识方面起着非常重要的作用，是一门不可缺少的课程。

本课程的任务和要求如下。

- ① 了解机械常用工程材料和热处理的基本知识。
- ② 掌握物体的受力分析与平衡条件，能解决日常生活和工作实际中的有关静力分析的具体问题。
- ③ 掌握构件承载能力的计算方法及提高构件承载能力的措施。
- ④ 熟悉常用机构的结构特点、工作原理及应用等基本知识，并具有初步分析和设计常

用机构的能力。

⑤ 掌握通用零件的类型、工作原理、特点、应用及简单计算，并具有运用和分析简单传动装置的能力。

⑥ 通过本课程的学习，使学生具有运用标准、规范、手册、图册等相关技术资料的能力。

三、本课程的学习方法

本课程是实践性较强的技术基础课，因此，在学习时应注意以下几点。

① 应多看一些实物、模型，仔细观察机械的工作和运动情况，对各种机构有直观印象，则可对所学知识加深理解。

② 由于机器的种类繁多，而组成机构的机构种类却有限，本课程只对一些共性问题和常用机构进行探讨。所以，在学习时，一方面要着重搞清基本概念，理解基本原理，掌握机构分析的基本方法；另一方面也要注意这些原理和方法在机械工程上实际应用的范围和条件，要有一定的工程意识。

③ 做适量的习题也是学好本课程的重要环节。首先要了解如何从生产实际中提炼出理论问题，再用学到的理论、研究方法进行求解，最后得到符合实际需要的结论。

④ 实验课是加深基本概念理解和培养基本技能的重要环节，需要严肃认真地进行操作，审慎细致地取得数据，培养严谨的工作作风。

机械常用工程材料与钢的热处理

学习目的与要求

掌握热处理基本原理与工艺,掌握合理选材的方法和步骤,了解金属的基本结构,了解金属材料的分类与牌号表示方法,了解材料的性能与组织、结构的关系。

第一节 金属材料的力学性能与工艺性能

材料是人类社会发展的重要物质基础,人类社会发展的历史证明,生产技术的进步和生活水平提高与新材料的应用息息相关。每一种新材料的出现和应用,都使社会生产和生活发生重大变化,并有力地推动人类文明的进步。因此,历史学家常以石器时代、铜器时代、铁器时代来划分历史发展的各个阶段;而现在人类已跨入人工合成材料的新时代。

材料的种类很多,其中用于机械制造的各种材料,称为机械工程材料。生产中用来制作机械工程结构、零件和工具的固体材料,分为金属材料、非金属材料和复合材料三大类。其中金属材料是最重要的工程材料,应用最广、最多,占整个用材的80%~90%。金属材料之所以能够广泛应用,是由于它具有优良的使用性能和工艺性能,易于制成性能、形状都能满足使用要求的机械零件、工具和其他制品。

材料的性能与其成分、组织及加工工艺密切相关。金属材料可以通过不同的热处理方法,改变表面成分和内部组织结构,以获得不同的性能,满足不同的使用要求。因此,机械设计和制造的重要任务之一,就是合理地选用材料和制定材料的加工工艺。而要合理选材,必须了解其性能。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能,主要有力学性能、物理性能和化学性能;工艺性能是指金属材料在各种加工过程中表现出来的性能,主要有铸造、锻造、焊接、热处理和切削加工性能。在机械行业中选用材料时,一般以力学性能作为主要依据。

一、力学性能

力学性能是指金属在外力作用下所表现出来的特性。常用的力学性能判据有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。金属力学性能判据是指表征和判定金属力学性能所用的指标

和依据。判据的高低表征了金属抵抗各种损伤能力的大小,也是设计金属制件时选材和进行强度计算的主要依据。

1. 强度和塑性

强度是指金属抵抗塑性变形和断裂的能力。塑性变形是指金属在外力作用下发生不能恢复原状的变形,也称永久变形。根据受力情况的不同,材料的强度可分为抗拉、抗压、抗弯曲、抗扭转和抗剪切等强度。常用的强度指标为静拉伸试验条件下,材料抵抗塑性变形能力的屈服点强度 σ_s 和抵抗破坏能力的抗拉强度 σ_b 。材料的 σ_s 或 σ_b 值越大,则强度越高。

塑性是指断裂前材料发生塑性变形的能力,常用的判据有断后伸长率 δ 和断后收缩率 ψ 。 δ 和 ψ 越大,材料的塑性越好。伸长率 δ 是指材料受拉断裂时,一定长度的绝对伸长量与原有长度的百分比。

要测定材料的强度和塑性,通常是将材料制成标准试样 (GB/T 6397—1986),在材料万能试验机上进行测定。关于强度、塑性及其测定将在以后进一步讲述。

2. 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形,尤其是塑性变形、压痕或划痕的能力。硬度是衡量金属软硬程度的判据。

材料的硬度是通过硬度试验测得的。硬度试验所用设备简单,操作简便、迅速,可直接在半成品或成品上进行试验而不损坏被试件,而且还可根据硬度值估计出材料近似的强度和耐磨性。因此,硬度在一定程度上反映了材料的综合力学性能,应用很广。常将硬度作为技术条件标注在零件图样或写在工艺文件中。

硬度试验方法较多,生产中常用的是布氏硬度、洛氏硬度试验法。

(1) 布氏硬度 其测定是在布氏硬度试验机上进行的,试验原理如图 1-1 所示。用直径为 D 的淬火钢球或硬质合金球做压头,以相应的试验力 F 将压头压入试件表面,经规定的的时间后,去除试验力,在试件表面得到一直径为 d 的压痕。用试验力 F 除以压痕表面积 A ,所得值即为布氏硬度值,用符号 HB 表示。淬火钢球为压头时,符号为 HBS;硬质合金球为压头时,符号为 HBW。

$$HBS(HBW) = \frac{F}{A_K} = \frac{F}{\pi D h} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

式中 A_K ——压痕表面积, mm^2 。

d 、 D 、 h ——压痕平均直径、压头直径、压痕深度, mm 。

上式中只有 d 是变量,只要测出 d 值,即可通过计算或查表得到相应的硬度值。 d 值越大,硬度值越小; d 值越小,硬度值越大。

布氏硬度试验法压痕面积较大,能反映出较大范围内材料的平均硬度,测得结果较准确,但操作不够简便。又因压痕大,故不宜测试薄件或成品件。HBS 适于测量硬度值小于 450 的材料;HBW 适于测量硬度值小于 650 的材料。

目前,大多用淬火钢球做压头测量材料硬度,主要用来测定灰铸铁、有色金属及退火、正火和调质的钢材等。

(2) 洛氏硬度 其测定是在洛氏硬度试验机上进行的,试验原理如图 1-2 所示。它是以顶角为 120° 金刚石圆锥体或直径为 1.588mm 淬火钢球做压头,在初试验力和总试验力(初试验力+主试验力)先后作用下,压入试件表面,经规定保持时间后,去除主试验力,用测量的残余压痕深度增量(增量是指去除主试验力并保持初试验力的条件下,在测量的深度方