

汽车机械基础

● 主 编 王桂珍 李士凯 王希保

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

汽车机械基础

主 编 王桂珍 李士凯 王希保
副主编 唐琳琳 徐群杰 曲英杰 袁 燕
主 审 孙泽涛

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车机械基础 / 王桂珍, 李士凯, 王希保主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 6080 - 0

I. ①汽… II. ①王… ②李… ③王… III. ①汽车 - 机械学 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 184894 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地大天成印务有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 341 千字

版 次 / 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 56.00 元

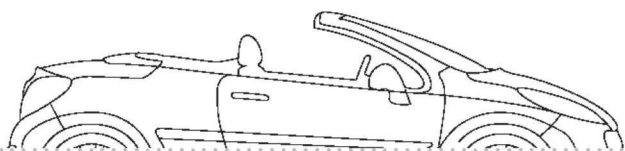
责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 杜 枝

责任印制 / 李 洋

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前言

P R E F A C E

随着我国汽车工业的高速发展，汽车的结构越来越复杂、性能越来越优越，因此对汽车检测与维修人员的知识和能力要求越来越高。汽车作为一个机电一体化的产品，对其机械结构和原理的学习可以为汽车后续相关专业课程的学习打下基础。

本书是紧密结合新形势下社会对汽车类高等工程技术人才培养的要求进行内容组织和编写的，始终围绕汽车检测与维修专业，统筹规划、深浅适当，注重知识的实用性和应用性，既有深度，也有广度，可以作为高等院校汽车检测与维修类专业的技术基础课教材，也可作为汽车从业人员的技术参考书。

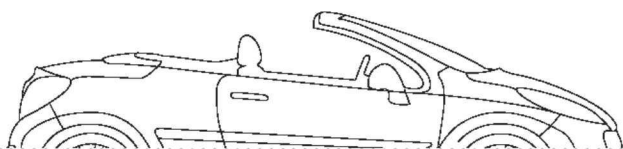
本书共分为 5 个项目：汽车材料及性能、汽车常用机构、汽车机械传动装置、汽车典型机械零件、汽车液压传动系统。每个项目又分为若干任务，具体介绍了汽车常用金属材料、非金属材料及其在汽车上的应用；常见平面四杆机构和凸轮机构及其在汽车中的应用；带传动、链传动、齿轮传动和蜗轮蜗杆传动的相关知识及其在汽车中的应用；轴、轴承、联轴器、离合器、制动器和常用连接件的基础知识及其在汽车中的应用；液压传动的基本原理、基本元件和典型汽车液压系统。

本书由王桂珍、李士凯、王希保任主编，王桂珍负责统稿和定稿，唐琳琳、徐群杰、曲英杰、袁燕任副主编，孙泽涛任主审。本书 5 个项目的具体编写分工如下：项目一由王桂珍、李士凯编写，项目二由唐琳琳编写，项目三由王希保编写，项目四由徐群杰、袁燕编写，项目五由王桂珍、曲英杰编写，参加编写的人员还有李志善、谭逸萍、邢敏、梁文星、李绪升。

在本书的编写过程中，我们参考了大量的技术资料和文献，在此向原作者一并表示由衷的感谢。

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



目 录

C O N T E N T S

项目一 汽车材料及性能

任务一 汽车常用金属材料性能	3
(一) 金属材料的力学性能	3
(二) 金属材料的物理、化学性能	7
(三) 金属材料的工艺性能	9
任务二 钢铁材料及其在汽车上的应用	12
(一) 铁碳合金基本知识	12
(二) 钢的热处理	14
(三) 钢的分类及应用	17
(四) 铸铁的分类及应用	24
任务三 有色金属材料及其在汽车上的应用	28
(一) 铝及铝合金	28
(二) 铜及铜合金	31
(三) 滑动轴承合金	33
任务四 非金属材料及其在汽车上的应用	36
(一) 塑料	36
(二) 橡胶	39
(三) 复合材料	41
思考与练习	41

项目二 汽车常用机构

任务一 机构概述	47
----------------	----

(一) 平面机构相关概念	47
(二) 平面机构运动副和运动简图	50
任务二 汽车平面四杆机构	55
(一) 平面四杆机构的类型及判别	56
(二) 平面四杆机构的急回特性	61
(三) 平面四杆机构在汽车上的应用	63
任务三 汽车凸轮机构	65
(一) 凸轮和凸轮机构	66
(二) 凸轮机构的工作过程	67
(三) 从动件常见的运动规律	68
(四) 凸轮机构在汽车上的其他应用	69
思考与练习	70

项目三 汽车机械传动装置

任务一 带传动	77
(一) 带传动	78
(二) V 带的结构和型号	79
(三) 带传动的张紧、安装和维护	80
任务二 链传动	83
(一) 链传动的类型、特点和应用	84
(二) 滚子链和链轮	85
(三) 链传动的布置、张紧和润滑	87
任务三 齿轮传动	89
(一) 齿轮传动的特点及分类	90
(二) 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和主要参数	92
(三) 齿轮常见的失效形式	95
(四) 轮系	97
任务四 蜗轮蜗杆传动	100
(一) 蜗杆传动的特点和类型	101
(二) 蜗杆传动的主要参数及正确啮合条件	101
(三) 蜗杆传动旋转方向判定	103
(四) 蜗杆传动的结构、材料和失效形式	104
思考与练习	105

项目四

汽车典型机械零件

任务一 轴	113
(一) 轴的分类	114
(二) 轴的材料选择	115
(三) 轴的结构设计	117
任务二 轴承	122
(一) 滑动轴承	123
(二) 滚动轴承	129
任务三 联轴器、离合器与制动器	142
(一) 联轴器	142
(二) 离合器	147
(三) 制动器	151
任务四 常用连接件	154
(一) 螺纹连接	155
(二) 键连接	161
(三) 销连接	166
(四) 弹簧	167
思考与练习	169

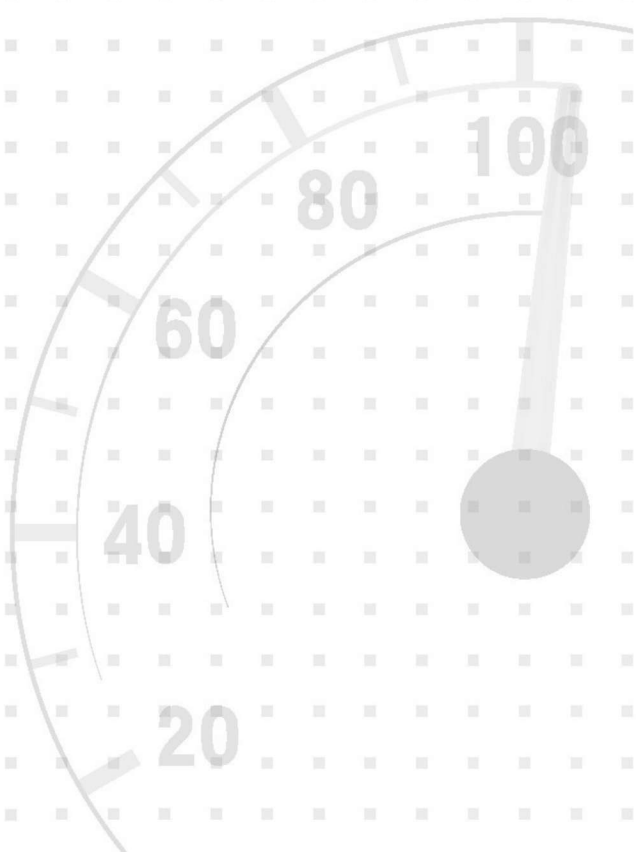
项目五

汽车液压传动系统

任务一 液压传动概述	177
(一) 液压传动的组成及特点	178
(二) 液压传动的工作原理	179
任务二 认识液压元件	181
(一) 液压泵	182
(二) 液压缸	187
(三) 液压控制阀	189
(四) 液压辅助元件	203
任务三 汽车典型液压系统	213
(一) 汽车液压助力转向系统	213
(二) 汽车液压制动系统	215
思考与练习	218
参考文献	221

项目一

汽车材料及性能



任务一

汽车常用金属材料性能



任务导入

汽车由成千上万个零件组成，而这些零件是用不同的材料制成的，其中金属材料是汽车制造的基本材料，在汽车制造与维修中，为了能正确地加工和合理选用金属材料，就必须充分了解和掌握金属材料的性能。那什么是金属材料的性能，金属材料的性能又主要包括哪些方面呢？



任务分析

汽车金属材料包括黑色金属材料 and 有色金属材料两大类，其性能包括使用性能和工艺性能。金属的使用性能是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能，主要有物理性能、化学性能、力学性能等；金属的工艺性能是指金属材料在加工过程中表现出来的性能，即金属材料对不同加工方法的适应性，主要有铸造性能、焊接性能、压力加工性能、切削加工性能、热处理性能等。



学习目标

1. 掌握金属材料力学性能的概念及衡量指标；
2. 熟悉金属材料的物理性能及化学性能；
3. 熟悉常见金属材料的加工方法及工艺性能。



相关知识



（一）金属材料的力学性能

金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能称为力学性能（或机械性能）。金属材料的力学性能是零件设计和选材时的主要依据，也是评价金属材料质量的重要依据。通常以强度、塑性、硬度、冲击韧性、抗疲劳性等性能指标衡量金属材料的力学性能。

1. 强度

强度是金属材料在外力作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。

根据外力的性质和作用方式的不同,外加载荷可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷等。金属材料的强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗扭强度、抗剪切强度等,通常以拉伸试验测得的强度指标应用最为广泛。在拉伸外力的作用下,金属材料常用的强度指标主要有屈服强度、抗拉强度等。

拉伸试验:采用万能材料试验机,给拉伸试件缓慢施加拉力,测出拉力与变形量之间的关系。拉伸试验可用于测量材料在拉力作用下的强度和塑性。

1) 拉伸试样

国家标准对拉伸试样的形状、尺寸及加工要求均有明确规定,通常采用圆柱形拉伸试样。如图 1-1 所示, $L_0=10d_0$ 时称为长试样, $L_0=5d_0$ 时称为短试样。

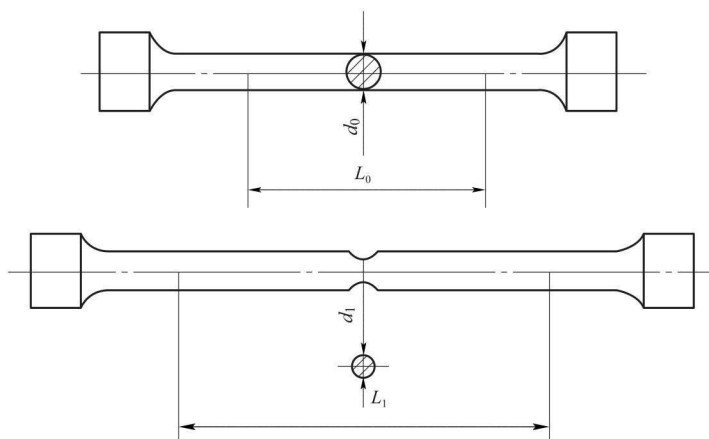


图 1-1 圆柱形拉伸试样

2) 拉伸过程分析

将低碳钢试样装在拉伸试验机上,缓慢加大拉伸载荷 F ,试样将出现弹性变形、微量永久变形、屈服变形、均匀(大量永久)变形、缩颈与断裂几个阶段,如图 1-2 所示。

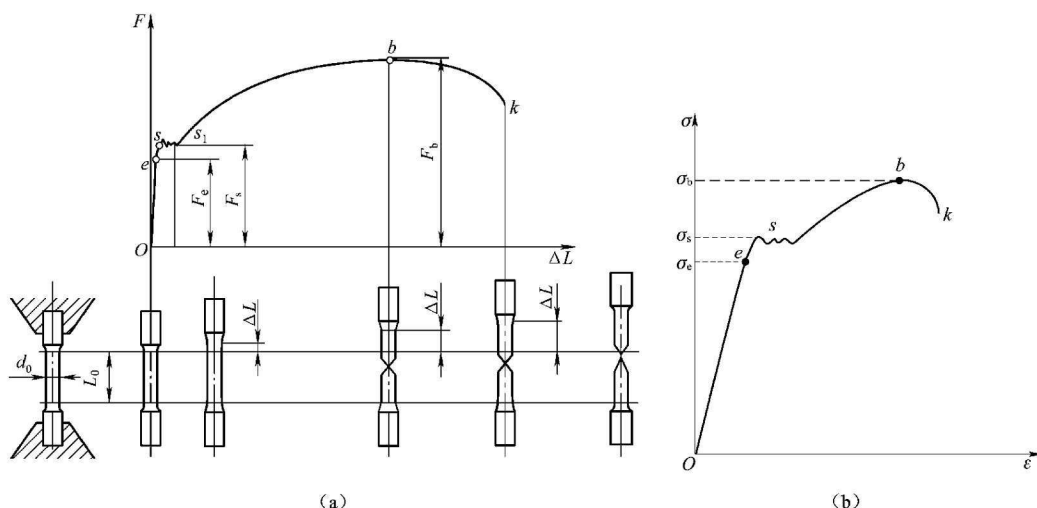


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线示意图

(a) $F-\Delta L$ 曲线; (b) $\sigma-\varepsilon$ 曲线

载荷 F 与伸长量 ΔL 之间的关系曲线图称为拉伸曲线图。金属材料受外力作用时, 单位横截面积上的内力称为应力, 用 σ 表示; 单位伸长量称为应变, 用 ε 表示。因此, 金属材料的 $F-\Delta L$ 曲线也可用 $\sigma-\varepsilon$ 曲线来表示。

- (1) Oe ——弹性变形阶段。
- (2) es ——屈服阶段。
- (3) sb ——冷变形强化阶段。
- (4) bk ——缩颈与断裂阶段。

汽车上使用的金属材料通常没有明显的屈服现象, 有些脆性材料不仅没有屈服现象, 也不会产生“缩颈”, 如高碳钢、铸铁等材料。

3) 强度指标

金属材料常用的强度指标有屈服强度、抗拉强度等。

屈服强度 σ_s : 塑性材料产生屈服时的应力, 表示材料发生明显塑性变形时的最低应力值。对脆性材料, 试样卸除载荷后, 其标距部分的残余伸长率达到试样标距长度的 0.2% 时的应力, 用符号 $\sigma_{0.2}$ 表示。

零件工作时不允许产生明显的塑性变形, 因此 σ_s 和 $\sigma_{0.2}$ 是汽车零件设计和选材的主要依据。

抗拉强度 σ_b : 材料在拉断前所承受的最大应力。零件在拉伸条件下所承受的应力值超过抗拉强度时将断裂报废, 因此它也是汽车零件设计和选材的主要依据。

2. 塑性

金属材料在断裂前发生塑性变形的能力, 称为塑性。它常用金属材料拉断后的伸长率和断面收缩率表示。

1) 断后伸长率 δ

断后伸长率是指试样拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比, 是反映材料塑性变形能力大小的指标。

2) 断面收缩率 ψ

断面收缩率是指试样拉断后缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比, 也是反映材料塑性变形能力的一个指标。

断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 越大, 说明材料的塑性越好, 越容易进行压力加工。

3. 硬度

金属材料受压时抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕和划痕的能力, 称为硬度。经常用来表示硬度的指标有两种: 一是布氏硬度; 二是洛氏硬度。

1) 布氏硬度 (HB)

布氏硬度指在布氏硬度试验机上测得的材料的硬度。如图 1-3 所示, 使用一定直径的淬火钢球或

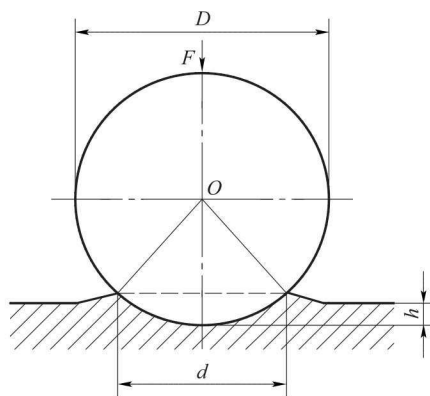


图 1-3 布氏硬度试验示意图

硬质合金球做压头，在规定载荷作用下压入被测金属的表面，按规定保持一定时间后卸除载荷，金属表面留下的压痕单位面积上所受的平均压力即为材料的布氏硬度。

布氏硬度测量数值准确稳定，但是所测压痕面积大，易损坏成品件表面，常用于测量退火、正火、调质钢、铸铁及非金属等原材料或半成品的硬度，不宜测量成品及薄小的金属件。

2) 洛氏硬度 (HR)

洛氏硬度指在洛氏硬度试验机上测得的材料的硬度。如图 1-4 所示，以顶角为 120° 金刚石圆锥体作为压头，在初试验力和主试验力的先后作用下压入金属材料表面，保持规定时间后卸除主试验力，在保留初试验力的情况下，根据测得的压痕深度计算得到材料的洛氏硬度值，并规定每压入 0.002 mm 的压痕深度为一个硬度单位，用符号 HR 表示。洛氏硬度没有单位，可以从硬度计的刻度盘上直接读出。

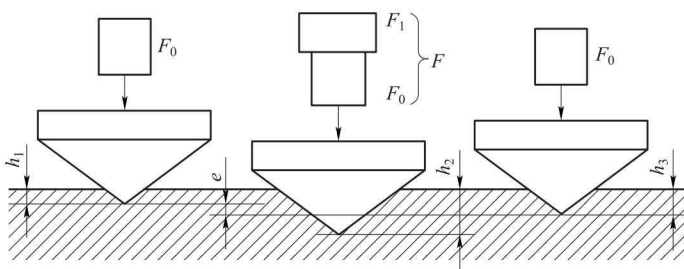


图 1-4 洛氏硬度试验示意图

为了测定不同金属材料的硬度值，需采用不同的压头与试验力组成不同的硬度标尺，常用 HRA、HRB、HRC 表示。洛氏硬度试验操作简单迅速，压痕小，有利于保护成品件的表面，且硬度测量范围广，可测试从极软到极硬的金属材料，测试时可以直接读出硬度值，但精确度差，通常对零件进行多次测量取平均值。

4. 冲击韧性和抗疲劳性

强度、塑性和硬度是在静载荷作用下测得的金属材料的力学性能指标。但在实际的工作条件下，汽车零部件（如曲轴、连杆、齿轮等）经常承受冲击载荷或交变载荷的作用，其破坏力远大于静载荷，所以零件设计时必须充分考虑冲击韧性和抗疲劳性。

1) 冲击韧性

冲击韧性指材料抵抗冲击载荷破坏的能力，用冲击吸收功或冲击韧度表示，也可视为材料强度和塑性二者综合性能的反映，常采用一次摆锤冲击弯曲试验方法进行测定，如图 1-5 所示。影响冲击韧度的因素包括工件的表面质量、材料内部质量、加载速度及工作温度等。

2) 抗疲劳性

汽车中高速旋转的传动轴会发生突然断裂，使用频繁的弹簧会脆断，气缸盖上的螺栓会断裂，这些现象常常是由金属疲劳引起的。在交变应力作用下，虽然零件所承受的应力远低于该材料的强度极限，甚至低于屈服极限，但经过长时间的工作也会产生裂纹或突然断裂，这种现象称为金属的疲劳。

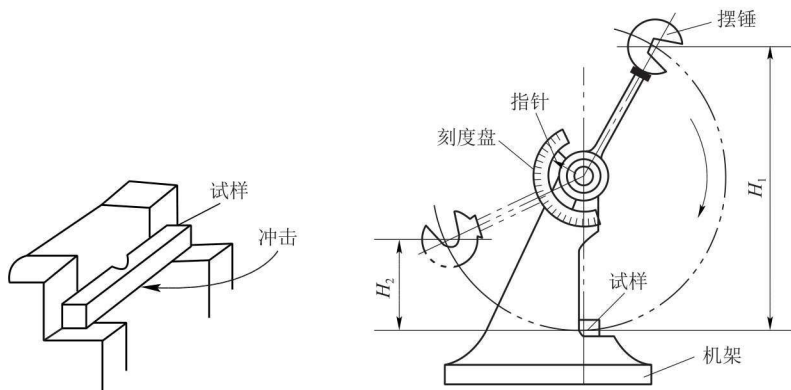


图 1-5 冲击试验示意图

零件抵抗疲劳破坏的能力称为金属材料的抗疲劳性。当交变应力低于某一特定值时，材料经无数次应力循环而不断裂，此应力值称为疲劳极限，也叫疲劳强度。图 1-6 为疲劳试验原理及疲劳曲线图。

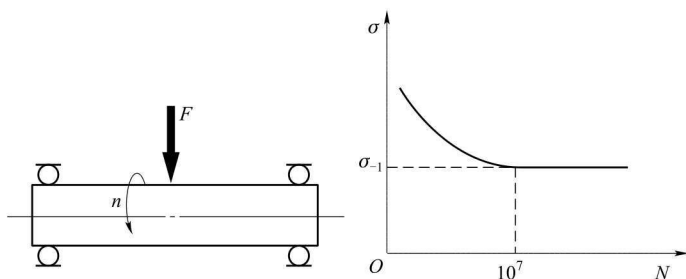


图 1-6 疲劳试验原理及疲劳曲线图

☼ (二) 金属材料的物理、化学性能

1. 金属材料的物理性能

材料的物理性能指的是材料在物理方面的特征，即材料固有的属性。金属的物理性能包括密度、熔点、电性能、热性能及磁性能等。

1) 密度

在一定的温度下，单位体积物质的质量称为密度。常用金属材料的密度如表 1-1 所示。密度的大小很大程度上决定了工件的自重，对于要求质轻的工件，宜采用密度较小的材料（如铝、镁、钛等）。根据密度的大小，金属可分为轻金属和重金属，密度小于 5 g/cm^3 的金属为轻金属，密度大于 5 g/cm^3 的金属为重金属。例如钢铁材料是重金属，铝镁材料是轻金属。

表 1-1 常用金属材料的密度 (20℃)

材料	铝	铜	铁	钛	铝	锡	钨
密度/(g·cm ⁻³)	11.3	8.9	7.8	4.5	2.7	7.28	19.3

在汽车工业中,为了增加有效载荷的质量,钢铁占整车质量的 70% 左右,而某些高速运动的零件(如活塞),要求尽量减小质量,以减小惯性,因而多用铝合金等轻金属。

2) 熔点

金属或合金在加热过程中从固态转变为液态的温度称为熔点,常以摄氏度来表示。金属等晶体材料一般具有固定的熔点,而高分子材料等非金属材料一般没有固定的熔点。常用金属材料的熔点如表 1-2 所示。

表 1-2 常用金属材料的熔点

材料	钨	钼	钛	铁	铜	铝	铅	锡	铸铁	碳钢	铝合金
熔点/℃	3 380	2 630	1 677	1 538	1 083	660	327	231	1 148 ~ 1 279	1 450 ~ 1 500	447 ~ 575

金属的熔点是热加工的重要工艺参数,对选材有影响,不同熔点的金属具有不同的应用场合,高熔点的金属材料适合制作耐高温的零件,低熔点的金属材料适合制作焊接钎料、熔丝等。

3) 电阻率

金属能够传导电流的性能称为导电性。导电性由电阻率 ρ 表示,电阻率是单位长度、单位截面积的电阻值,其单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

电阻率是设计导电材料和绝缘材料的主要依据。材料的电阻率越小,导电性能越好。常用的金属材料中,银的导电性能最好,铜与铝次之。通常,金属的纯度越高,其导电性能越好,合金的导电性比纯金属差,高分子材料和陶瓷材料一般都是绝缘体。导电器材常选用导电性良好的材料,以减少损耗;而加热元件、电阻丝则选用导电性差的材料制作,以提高功率。例如,在汽车零部件的制造中,轿车仪表中的电阻元件一般采用镍、铬等具有很高电阻率的合金材料。

4) 热导率

金属传热的效率称为热导率,又称导热系数,用 λ 表示。其含义是在单位厚度金属温差为 1℃ 时每秒从单位断面通过的热量。单位为 $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 或 $\text{W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ 。表 1-3 列出了常用金属的热导率。

表 1-3 常用金属的热导率

材料	银	铜	铝	铁	灰铸铁	碳钢
热导率/(W·m ⁻¹ ·K)	419	393	222	75	约 63	67 (100℃)

金属具有良好的导热性,尤其是银、铜、铝的导热性很好;一般纯金属具有良好的导热性,合金的成分越复杂,其导热性越差。

热导率是传热设备和元件应考虑的主要性能，对热加工工艺性能也有影响。散热器等传热元件应采用导热性良好的材料制造，保温器材应采用导热性差的材料制造。热加工工艺与导热性有密切关系，在热处理、铸造、锻造、焊接过程中，若材料的导热性差，则会使工件内外产生大的温差而出现较大的内应力，导致工件变形或开裂。采用缓慢加热和冷却的方法可使零件内外温度均匀，防止变形和开裂。

5) 热膨胀性

材料随温度的变化而出现体积变化的现象称为热膨胀性，用线胀系数 α 来表示。其含义是温度每变化 1°C 时材料长度变化的百分率，单位为 $1/^{\circ}\text{C}$ 或 $1/\text{K}$ 。

材料的热膨胀性影响工件的精度，精密量具、机器、仪表等，应选用热膨胀性小的材料，以避免在不同的温度下使用时影响其精度；机械加工和装配中也应考虑材料的热膨胀性，以保证构件尺寸的准确性。另外，利用两种线胀系数不同的双金属片可以制造温控元件。

6) 磁性

铁磁性物质可以被磁铁吸引，是能被磁化的物质，如铁、钴、镍等，可用于制造变压器的铁芯、发电机的转子等。非铁磁性的物质不能被磁铁吸引，即不能被磁化的物质，如铜、铝等，可用于制造要求避免电磁场干扰的零件和结构件。

2. 金属材料的化学性能

化学性能是指金属材料在外部介质的化学作用下所表现出的性能，主要包括耐腐蚀性能、高温抗氧化性能等。

1) 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水及其他化学物质腐蚀破坏的能力称为耐腐蚀性能。金属的腐蚀既造成金属表面金属光泽的缺失和材料的损失，也造成一些隐蔽性和突发性的事故。金属材料中铬镍不锈钢可以耐含氧酸的腐蚀；耐候钢、铜及铜合金、铝及铝合金能耐大气腐蚀；合成高分子材料和陶瓷材料一般都具有良好的耐腐蚀性能。

金属材料常见的腐蚀形式有两种：一种是化学腐蚀，另一种是电化学腐蚀。化学腐蚀是金属直接与周围介质发生纯化学作用，如钢的氧化反应。电化学腐蚀是金属在酸、碱、盐等电介质中由于原电池的作用而引起的腐蚀。提高材料耐腐蚀性能的方法有很多，如均匀化处理、表面处理等都可以提高材料的耐腐蚀性能。

2) 高温抗氧化性能

在高温下，金属材料易与氧结合，形成氧化皮，造成金属的损耗和浪费。因此高温下使用的工件，要求材料具有高温抗氧化的能力，如锅炉、加热炉等，要选用抗氧化性良好的材料。材料中的耐热钢、高温合金、钛合金、陶瓷材料等都具有较好的高温抗氧化性能。

（三）金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指在加工过程中对不同加工方法的适应性。材料工艺性能影响到

加工的难易程度,从而影响到零件加工后的质量、生产效率和加工成本。金属的工艺性能主要包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、切削加工性能及热处理性能等。

1. 铸造性能

铸造是指将熔化后的金属液浇铸、压射或吸入铸型中,待冷却凝固后获得一定形状和性能铸件的成型方法。铸造在汽车制造工艺中应用广泛,如在发动机曲轴、气缸体、气缸盖、活塞、连杆、凸轮轴、减速器壳等均采用铸造工艺。

金属的铸造性能是指铸造成型过程中获得外形准确、内部健全的铸件的能力,主要有流动性、收缩性等,这些性能对能否获得优质铸件至关重要。

流动性是指液态金属本身的流动能力,流动性的好坏影响到金属液的充型能力。流动性差,铸件易出现冷隔、浇不到、气孔、夹渣等缺陷。金属的流动性与金属的成分、温度、杂质含量及其物理性质有关。

收缩性是指铸造合金从液态凝固和冷却至室温过程中产生的体积和尺寸缩减。收缩会使铸件产生缩孔、缩松、内应力,甚至变形、开裂等铸造缺陷,因此材料的收缩率越小越好。整个收缩过程可分为三个互相联系的阶段:

(1) 液态收缩:是指合金液从浇注温度冷却到凝固开始温度之间的体积收缩,此时的收缩表现为型腔内液面的降低。

(2) 凝固收缩:是指合金从凝固开始温度冷却到凝固终止温度之间的体积收缩,在一般情况下,这个阶段仍表现为型腔内液面降低。

(3) 固态收缩:是指合金从凝固终止温度冷却到室温之间的体积收缩。

影响收缩的因素主要有化学成分、铸件结构与铸型条件、浇注温度等。

(1) 不同种类的合金,其收缩率也不相同。

(2) 铸件在铸型中由于各部分冷却速度不同,彼此相互制约,对其收缩产生阻力。

(3) 浇注温度越高,液态收缩越大。

2. 压力加工性能

利用压力使金属产生塑性变形,使其改变形状、尺寸和改善性能,获得型材、棒材、板材、线材或锻压件的加工方法称压力加工。压力加工常用的方法有自由锻造、模锻、轧制、挤压、拉拔、板料冲压等。金属在压力加工时塑性成形的难易程度称为压力加工性能。

金属的压力加工性能主要决定于塑性和变形抗力。塑性越好,变形抗力越小,金属的压力加工性能就越好。低的塑性变形抗力使设备耗能少,优良的塑性使产品获得准确的外形而不破裂。一般情况下,纯金属的压力加工性能良好,合金元素和杂质越多,压力加工性能越差;低碳钢的压力加工性能优于高碳钢;铸铁一般不能进行压力加工。

3. 焊接性能

金属焊接性是金属材料对焊接加工的适应性,是指金属在一定的焊接方法、焊接材料、焊接参数及结构形式条件下获得优质焊接接头的难易程度。它包括两方面的内容:一是工艺性能,即在一定工艺条件下,焊接接头产生工艺缺陷的倾向,尤其是出现裂纹的可能性;二是使用性能,即焊接接头使用中的可靠性,包括力学性能及耐热、耐蚀等特殊性能。