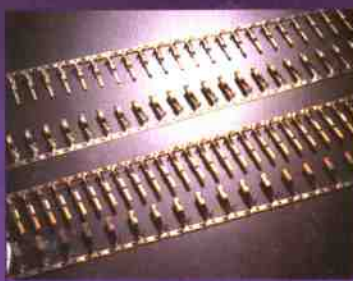
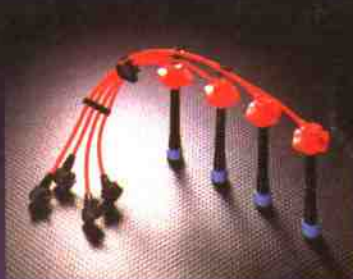
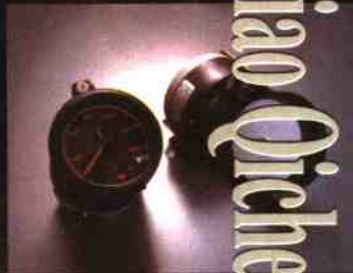


全国技工学校汽车专业教材

汽车电工材料

汽车电气设备维修专业

Quanguo Jigong Xuexiao Qiche Zhuanye Jiaocai



中国劳动出版社

全国技工学校汽车专业教材

汽车电工材料

QICHE DIANGONG CAILIAO

汽车电气设备维修专业

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写

☐ 俞松坤 主编

☐ 张普国 主审

中国劳动出版社

· 北 京 ·

版权所有

翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工材料/俞松坤编. —北京:中国劳动出版社,1999

ISBN 7-5045-2492-1

I. 汽…

II. 俞…

III. 汽车—电工材料—技工学校—教材

IV. U465.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 03181 号

中国劳动出版社出版发行

(北京市惠新东街1号、邮政编码:100029)

出版人:唐云岐

*

北京朝阳北苑印刷厂印刷 新华书店经销

787×1092毫米 16开本 6.75印张 162千字

1999年4月第1版 1999年4月第1次印刷

印数:15000册

定价:8.20元

简 介

本书是根据劳动和社会保障部教材办公室组织制定的《汽车电工材料教学大纲》编写，供技工学校汽车电气设备维修专业使用的通用教材。

本书共分六章，包括金属材料、绝缘材料、导电材料、磁性材料、半导体材料及其他电工材料（钎料、胶粘剂、线管等）。书中介绍了各类材料的基本知识、分类、特点及其在汽车电气设备上的应用。书后附有常用电工材料牌号、性能、用途等表格。本书对汽车电气设备维修的从业人员和学生系统掌握有关材料的基础知识及提高业务技能具有极强的实用性。

本书也可作为职业技术等级培训教材和自学用书。

本书由宁波交通技工学校俞松坤、杨仁法、袁云龙编写，俞松坤主编；柳州市技工学校张普国审稿。

前 言

近几年来,我国的汽车工业、交通运输业迅速发展,汽车在国民经济的各个领域和社会生活中发挥着越来越重要的作用。汽车维修业也随之繁荣,这方面人才的需求很大。为了培养具有专业知识和技能的新一代汽车维修和汽车驾驶人员,我们组织编写了全国技工学校汽车专业教材。

这套教材分汽车修理与驾驶、汽车电气设备维修两个专业来编写。在编写过程中,我们以工人中级技术等级标准和职业技能鉴定规范为依据,以培养具有扎实专业知识和熟练操作技能的技术工人之目的,以内容新颖、理论与实践相结合为原则。全套教材以东风 EQ1092、解放 CA1092、桑塔纳(普通型、2000型)、奥迪 100 等新车型为例。理论教材着重基本知识、基本原理的讲述;实习教材侧重培养学生的基本技能,包括常用工量具、仪器、仪表的使用,各零部件和总成的维修,故障的判断和排除。为了体现汽车工业发展的新水平,还编写了汽车电子方面的内容,涉及电子控制燃油喷射、自动变速、制动防抱死等新技术。

针对技工学校学生的特点,本套教材力求文字简练,图文并茂,通俗易懂。为了配合教学和课后练习,有的教材还编写了配套的习题册和答案。

教材的编写工作得到浙江、山东、湖北、湖南、广西等省、自治区劳动厅教研室和有关技工学校的大力支持,在此表示衷心的感谢。

劳动和社会保障部教材办公室

1998 年 12 月

目 录

绪 论	(1)
第一章 常用金属材料	(3)
§ 1—1 金属的性能	(3)
§ 1—2 黑色金属	(6)
§ 1—3 有色金属	(14)
复习思考题	(20)
第二章 绝缘材料	(22)
§ 2—1 概述	(22)
§ 2—2 气体和液体电介质简介	(26)
§ 2—3 绝缘漆	(28)
§ 2—4 绝缘纤维制品、浸渍纤维制品	(31)
§ 2—5 橡胶、塑料、绝缘薄膜及其制品	(33)
§ 2—6 玻璃、电工陶瓷、云母与石棉及其制品	(39)
复习思考题	(42)
第三章 导电材料	(43)
§ 3—1 金属导电材料	(43)
§ 3—2 电碳导电材料	(51)
§ 3—3 特殊导电材料	(54)
复习思考题	(59)
第四章 磁性材料	(61)
§ 4—1 概述	(61)
§ 4—2 软磁材料	(63)
§ 4—3 硬磁材料	(65)
§ 4—4 特殊磁性材料简介	(66)
复习思考题	(67)
第五章 半导体材料及超导体简介	(68)
§ 5—1 半导体材料及其特性	(68)
§ 5—2 汽车常用半导体元器件的选用	(70)

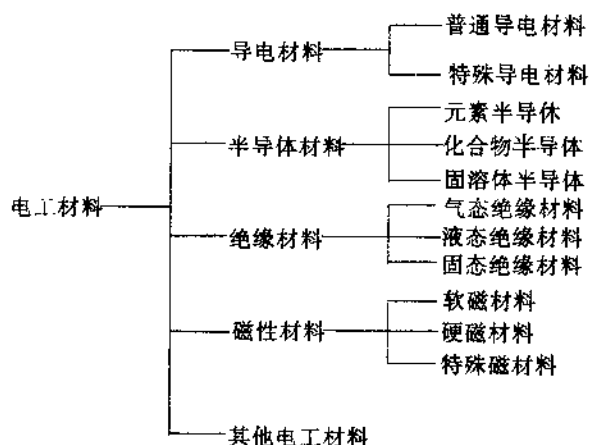
§ 5—3 超导现象与超导体简介	(71)
复习思考题	(73)
第六章 其他电工材料	(74)
§ 6—1 钎料	(74)
§ 6—2 胶粘剂	(76)
§ 6—3 线管	(78)
§ 6—4 实验：用电烙铁钎焊锡的操作方法	(80)
复习思考题	(81)
附表	(82)

结 论

材料、能源和信息被列为现代文明的三大支柱。从电子元件、动力机械到航天飞机、火箭都依赖不同材料来发挥它的独特功能和效用。材料已成为人们赖以生存和发展科学技术的重要物质基础。材料科学是科学技术中的重要学科，是影响国民经济全局的综合性科学技术，它是一门从事研究材料成分、结构、组织和性能以及它们之间关系的科学。

电工材料是研究、生产、使用电气工程材料的学科。随着科学技术和工农业建设的迅速发展，电机、电器等各种电气设备的应用日益广泛，而各种电气设备运行的可靠性和使用寿命却在很大程度上取决于其中所应用的导体、半导体、磁性材料和绝缘材料等各种电气材料。近20年来，电工材料的新产品、新技术、新理论不断地涌现和发展，从而使电工材料的应用形成了一门技术基础学科，汽车电工材料是电工材料中的一个分支。

电工材料的分类如下：



除上述材料外，还有超导体、压电材料等。随着科学技术的不断发展，还将出现各种新型的电工材料。如今，绝缘材料正朝着耐高压、耐高温、阻燃、耐低温、无毒无害、节能及复合型方向发展。导电材料则寻求节省铜材，以铝代铜，提高综合性能的途径。特殊导电材料向高品位、多样化方向发展。半导体工业则更加精益求精，已能生产超纯度的“单晶”、“多晶”、超大规模集成电路，用于制造计算机、电视机、录像机、摄像机等高科技产品。高速悬浮列车就运用了超导技术。科学家正努力寻找临界值温度较高的超导材料，以扩大其应用范围。磁性材料是制造电机、变压器铁心不可缺少的第三大类电工材料。磁性材料的产量、质量、使用量是衡量一个国家电气化水平的重要标志之一。我国已能大批量生产高导磁性、低损耗的优质软磁材料。硬磁材料性能也有很大的提高，如超级永磁材料钕铁硼，号称永磁王，其磁力能吸引比自身重700倍的磁性物质。特殊磁材料更是其妙无比，有用于计算

机存储零件的磁记忆材料，有造录音机和录像机的磁记录材料，还有用于磁控开关的磁感温度材料。该开关中的磁钢限温器由感温磁钢（镍锌铁氧体材料）和永磁钢（锆铁氧体材料）组成，利用感温磁钢的温度特性（即常温下属于铁磁物质，能与永磁体相吸引，当温度升高到居里点温度时，则失去铁磁属性，不与永磁钢相吸引）通过机械装置带动开关，控制电源的通断，达到自控的目的。

电工技术在发展，电工材料品种将越来越多，对其性能和技术条件的要求将越来越高。作为从事汽车电气修理的技术工人，不仅要掌握电工基本理论和操作技能，而且还应对工作所用材料的性能、特点有所了解，以便根据需要合理选用材料。

《汽车电工材料》是汽车电工的一门技术基础课。通过本课程的学习，可获得必要的电工材料基本理论和使用知识；了解材料的型号、规格表示方法；掌握常用材料的特点、用途、使用范围；获得根据需要合理选用电工材料的知识。学习本课程时应注意以下几点：

（1）认真阅读课本，掌握材料的特点、特性及使用范围，结合实物，加深对所学内容的理解；

（2）理解表示材料性能的名词和术语含义，了解材料型号与规格的表示方法；

（3）学习中要多与实践结合，在实践中锻炼选材能力，以达到合理选材、正确用材的目的。

第一章 常用金属材料

金属材料是一种由金属元素或以金属元素为主要成分组成并具有金属属性的工程材料。工业上将金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属是指铁、铬、锰及其合金，如钢、铸铁等；有色金属是指除铁、铬、锰以外所有金属及其合金，如铜、铝、锡、锌及黄铜、青铜、硬铝、轴承合金等。金属材料是现代工业的基础，各种机器、设备、交通运输工具、火箭、卫星及人类的日常生活都离不开金属材料。正确地认识掌握及选用金属材料，充分发挥金属材料的作用具有巨大的实际意义。

§ 1—1 金属的性能

金属材料具有许多优良的性能，能满足汽车零部件的工作要求。金属材料的性能是指材料的使用性能和工艺性能。使用性能是指材料在使用条件下，能保证安全、有效、可靠进行工作所反映出来的性能，包括物理性能、化学性能和力学性能；工艺性能是材料在机械制造过程中反映出来的适应各种加工方法的性能。

一、金属的物理性能

金属的物理性能是指金属固有的属性，是金属在物理条件作用下反映出来的性能，它包括密度、熔点、导热性、导电性、热膨胀性和磁性等。

金属材料的物理性能对机械零件的使用性能和工艺性能具有很大影响，例如金属材料的密度直接关系到机械零件的质量；金属的熔点对金属材料的铸造和焊接工艺十分重要；金属材料的导热性对焊接、锻造和热处理等工艺具有重要意义；工业上常用导电性好的铜、铝及其合金等做导电材料，用导电性差的康铜、钨等做电热元件；金属材料的热膨胀性将直接影响配合零件的配合间隙、量具的精度、工件尺寸的测量误差等。

二、金属的化学性能

金属的化学性能是指金属在化学作用下所表现出来的性能，它包括耐腐蚀性和抗氧化性等。

1. 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗周围介质（如空气、水、酸、碱、盐、油、燃气等）腐蚀的能力称为耐腐蚀性。金属材料的腐蚀现象是非常普遍的，特别在制药、化肥、制酸、制碱等化工部门尤为严重。因此，提高金属材料的耐腐蚀性能，对节约材料、延长金属零件的使用寿命，具有十分重要的意义。

2. 抗氧化性

金属材料在高温下抵抗氧化作用的能力称为抗氧化性。在高温环境中工作的设备（如锅炉、汽轮机、汽车发动机等）上的某些零件极易氧化而失去使用性能，所以对制造这类零件的材料，抗氧化性是必需保证的技术要求之一。

三、金属的力学性能

金属材料在加工和使用过程中,必然会受到各种外力作用。金属材料在外力作用下表现出来的性能称为力学性能,基本指标有弹性、强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

金属材料的力学性能指标一般通过各种试验方法来测定,最常用的有拉伸试验、硬度试验、冲击试验和疲劳试验等。

1. 弹性

金属材料在外力作用下产生变形,当外力消除后能够恢复原来形状和大小的能力称为弹性。

变形是指材料受外力作用而产生的形状和尺寸的变化。变形可分为弹性变形和塑性变形两种。弹性变形是指随载荷的作用而产生,随载荷的去除而消失的变形;塑性变形是指不能随载荷的去除而消失的变形。

金属材料受外力作用后,为保持其不变形,在材料内部必然会产生与外力相对抗的反力,这个反力称为内力。单位面积上的内力称为应力。垂直于作用面的应力称为正应力,用符号“ σ ”表示;切于作用面的应力称为切应力,用符号“ τ ”表示。

金属材料的弹性通常用弹性极限来衡量,金属材料在外力作用下发生变形时能恢复原状的最大应力称为弹性极限,用符号 σ_e 表示。

2. 强度

金属材料在外力作用下抵抗塑性变形或破坏的能力称为强度。衡量金属材料强度的指标很多,最常用的有屈服强度和抗拉强度等。

(1) 屈服强度 金属材料产生微量塑性变形的最小应力称为屈服强度,用符号 σ_s 表示。

一般的机械零件不容许产生过量的塑性变形,所以零件的实际最大工作应力,一般均小于材料的屈服强度。因此,屈服强度是机械设计和评定金属材料力学性能的主要指标之一。

(2) 抗拉强度 金属材料在拉断前所能承受的最大应力称为抗拉强度,用符号 σ_b 表示。

机械零件在工作中所能承受的应力,必须小于材料的抗拉强度,否则会产生断裂。因此,抗拉强度也是机械零件设计和评定材料力学性能的重要指标之一。

3. 塑性

金属材料在外力作用下发生塑性变形而不断裂的能力称为塑性。产生塑性变形大面又不会断裂的材料,它的塑性就好。金属材料的塑性常用伸长率和断面收缩率来表示。

(1) 伸长率 试样拉断后,标距长度的伸长量与原始标距长度的百分比称为伸长率,用符号 δ 表示。

由于试样的伸长量是均匀伸长和局部缩颈后的伸长之和,所以伸长率的大小与试样的长短有关。为便于比较,试样的长度必须标准化。

(2) 断面收缩率 断面收缩率是指试样拉断后,缩颈处截面积的最大缩减量与试样原始截面积的百分比,用符号 ψ 表示。

金属材料的断面收缩率与试样的尺寸无关,所以能较可靠反映金属材料的塑性。金属材料的伸长率或断面收缩率数值越大,其塑性越好。塑性好的金属材料易于压力加工。同时,较好的塑性能保证机械零件超载时,会因为产生塑性变形而避免零件突然断裂。一般来说,伸长率达5%或断面收缩率达10%就能满足绝大部分零件的要求。

4. 硬度

硬度是指金属材料抵抗其他更硬物体压入其表面的能力。它是衡量金属材料软硬程度的依据,是金属材料重要的力学性能之一。

硬度的试验方法很多,在生产实践中常用压入法。它具有操作简便、迅捷,设备简单,无需专门的试样等特点。最常用的是布氏硬度和洛氏硬度。

(1) 布氏硬度 用规定大小的静压力,把一定直径的淬火钢球(或硬质合金球)压入被测材料的表面,保持规定时间后卸荷。我们将作用在压头上的载荷除以压痕表面积的商定义为布氏硬度值,用符号 HBS (或 HBW) 表示。习惯上布氏硬度不标注单位。

很显然,当试验力和压头球体直径一定时,压痕表面积越小,测得的布氏硬度值越大,表示材料的硬度越高;反之则相反。

实际应用中,布氏硬度一般不用计算,而是用专用的刻度放大镜测得压痕的平均直径,然后按选定的载荷大小和球体直径,在专门设计的布氏硬度表中直接查出。

布氏硬度测试法测定的数据正确,数据的重复性强,但由于压头采用淬火钢球,故不能测定高硬度材料。此外,由于压痕较大,所以也不宜测定成品零件和较薄工件。这种方法适用于一般硬度值的金属材料及半成品,如退火、正火、调质处理后的钢件、铸铁和有色金属件等。

(2) 洛氏硬度 洛氏硬度的测定原理与布氏硬度相似,它是用 120° 金刚石圆锥体或 $1/16$ in 淬火钢球作为压头,使用一定的压力将它压入被测材料表面,根据测得的压痕的深度来表示洛氏硬度值。洛氏硬度无单位。在实际应用中,洛氏硬度不需计算,可以从试验机的刻度表盘上读取,应用很方便。

为准确测定不同软硬的材料硬度,应根据被测对象不同,采用不同种类的压头和试验主载荷。常用的标尺有 HRA、HRB、HRC 三种,在试验机的刻度表盘上分别用不同颜色的刻度表示,其中 HRA 和 HRC 为黑色刻度,HRB 为红色刻度。它们的试验条件和适用范围见表 1—1。

表 1—1 常用洛氏硬度标尺的试验条件和适用范围

标尺	压 头	初载荷(N)	总载荷(N)	硬度值有效范围	应 用 举 例
HRC	120° 金刚石圆锥体	100	1 471	20~67HRC	一般淬火钢件
HRB	$1/16$ in 淬火钢球	100	981	25~100HRB	软钢、退火钢、铜合金等
HRA	120° 金刚石圆锥体	100	588	60~85HRA	硬质合金、表面淬火钢件

洛氏硬度测定法的优点是操作简单、迅速;压痕较小,可以测定成品零件或薄的工件;测试硬度范围广,不同软硬的材料均可测定。但测定精确度不高,数据波动较大,因此在实际应用中,必须在不同部位测试数次,然后取其平均值。

5. 韧性

许多机械零件(如汽车发动机的活塞销、连杆、曲轴以及冲床的冲模等)在实际工作中常受到冲击载荷的作用。由于冲击载荷对工件的破坏力远比静载荷大,所以这类零件的材料,除有强度要求以外,还必须考虑抵抗冲击的能力。

金属材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力称为韧性。材料的韧性常用冲击韧度来衡量,用符号 α_k 表示。 α_k 值越大,表示材料的韧性越好。

材料的冲击韧度可通过冲击试验来测定。实际使用中的机械零件很少受一次冲击力就损

坏,绝大多数是在小能量多次冲击作用下破坏的。所以有些重要零件往往还要进行耐久性试验。

6. 疲劳强度

许多机械零件(如连杆、曲轴、轴、齿轮、弹簧等)在工作过程中所受外力的大小和方向随时间作周期性变化,这种载荷称为交变载荷。虽然材料应力值远低于材料的屈服强度,但往往会因工作时间过长而突然断裂,这种现象称为“疲劳”。

机械零件产生疲劳的原因,是由于材料的表面或内部存在某些缺陷(如夹杂、划伤、尖角等),使这些地方的局部应力大于材料的屈服强度,从而导致微小裂纹的产生。这些微小的裂纹随应力循环次数的增加而逐步扩展,最终使材料的承载面积大大减小,以致不能承受所加载荷而突然断裂。

金属材料抵抗疲劳破坏的能力称为疲劳强度。疲劳强度可以通过材料的疲劳试验来测试。

大量实践证明,金属材料的疲劳强度与材料的工作条件、表面状态、材料本质及残余内应力等有关。改善零件的结构形状,降低零件的表面粗糙度值,以及各种表面强化措施都可以提高材料的疲劳强度。

四、金属的工艺性能

金属材料在加工过程中对不同加工特性所反映出来的性能,称为工艺性能,包括铸造性能、塑性加工性能、热处理性能、切削性能、焊接性能。它表示材料制成具有一定形状和良好性能的零件或零件毛坯的可能性和难易程度。材料工艺性能的好坏又直接影响零件的质量和制造成本。

§ 1—2 黑色金属

一、铸铁

铸铁是指含碳量大于2.11%的铁碳合金。工业常用铸铁的含碳量一般在2.5%~4.0%范围内,并含有一定量的硅、锰、硫、磷等元素。

铸铁的种类很多,按铸铁中碳元素的存在形式不同,铸铁可分为白口铸铁、灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁等。其中白口铸铁中的碳全部(或大部分)以渗碳体(化合物 Fe_3C)的形式存在,断口呈白亮色,质硬而脆,不能进行切削加工,所以很少直接用于制造机械零件。它是炼钢生铁的主要成分。其他铸铁中的碳大部分以石墨的形式存在,石墨的形态对铸铁的性能具有决定作用。

1. 灰铸铁

灰铸铁中的碳大部分或全部以自由状态的片状石墨形态存在,其断口呈暗灰色,故称灰铸铁。它是应用最广泛的一种铸铁。

由于石墨的强度和塑性几乎为零,所以灰铸铁中的片状石墨就像金属基体上分布的许多细小的裂缝,对金属基体产生割裂,并在裂缝处产生应力集中,使灰铸铁的抗拉强度、塑性和韧性变得很差,但对抗压强度和硬度的影响不大,所以灰铸铁的抗压强度和硬度较高。

石墨虽然降低了铸铁的力学性能,但由于石墨的存在,使铸铁切削时易于断屑,而且石墨对刀具还具有润滑作用,大大减轻了刀具的磨损。当石墨从铸件表面脱落时,留下的微孔

便于储存润滑油,所以铸铁的摩擦系数较小。另外,石墨较为松软,能起抗振和消振的作用,所以灰铸铁具有良好的切削加工性、减摩性、耐磨性、消振性等。

灰铸铁的牌号用“HT+数字”格式表示,其中“HT”代表“灰铁”两字,数字代表其最低抗拉强度。例如 HT200 表示最低抗拉强度为 200 MPa 的灰铸铁。

常用灰铸铁的牌号、力学性能与应用见表 1—2。

表 1—2 常用灰铸铁的牌号、力学性能与应用

牌号	最低抗拉强度 σ_b (MPa)	应 用 举 例
HT100	100	用于负荷小,对摩擦、磨损无特殊要求的零件,如盖、油盘、支架、手轮等
HT150	150	用于承受中等负荷的零件,如机床支柱、底座、刀架、齿轮箱、轴承座、排气管、进气管、气缸盖、飞轮等
HT200	200	用于承受较大负荷的零件,如机床床身、立柱,汽车缸体、缸盖、刹车毂、联轴器、油缸、齿轮、飞轮、气门导管等
HT250	250	
HT300	300	用于承受高负荷的重要零件,如齿轮、凸轮、大型发动机曲轴、缸体、缸盖、高压油缸、阀体、泵体等
HT350	350	

2. 可锻铸铁

可锻铸铁俗称玛钢或马铁。它是用碳、硅含量较低的铁水浇铸成白口铸铁件,再经长时间的高温退火,使渗碳体 (Fe_3C) 分解出团絮状的石墨而成。由于石墨呈团絮状,大大减轻了石墨对金属基体的割裂作用和应力集中,因而它的强度比灰铸铁高得多,并且具有一定的塑性和韧性。可锻铸铁是指它的塑性好,但实际上并不能锻造。

可锻铸铁的形成过程中,采用不同的退火方法,可得到不同基体组织的可锻铸铁。若全部渗碳体均石墨化,则得到基体组织为铁素体的可锻铸铁,因其断口呈黑色,故又称黑心可锻铸铁,它具有一定的强度、塑性和韧性;若只有部分渗碳体石墨化,则得到基体组织为珠光体的可锻铸铁,其断口呈亮灰色,它的强度、硬度和耐磨性较高,但塑性和韧性较差。

黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁的牌号分别用“KTH+数字-数字”和“KTZ+数字-数字”格式表示。其中“KT”代表“可铁”两字,“H”和“Z”分别代表“黑”字和“珠”字,第一组数字表示最低抗拉强度,第二组数字表示最低伸长率。例如 KTH300-06 表示最低抗拉强度为 300 MPa,最低伸长率为 6% 的黑心可锻铸铁;KTZ450-06 表示最低抗拉强度为 450 MPa,最低伸长率为 6% 的珠光体可锻铸铁。

由于可锻铸铁既有较好的铸造性,又有较高的强度和一定的塑性与韧性,所以,它适用于制造一些形状复杂,而且对强度和韧性要求较高的零件,如汽车上的轮驱动桥壳体、差速器壳、制动蹄片等。

由于可锻铸铁所用的原料是白口铸铁,需经长时间的石墨化退火,生产周期长,工艺复杂,成本较高,所以目前可锻铸铁已逐步被球墨铸铁或合金铸铁代替。

3. 球墨铸铁

球墨铸铁中的碳全部或大部分以球状石墨形态存在。它是通过灰铸铁在浇铸前向铁水中加入一定量的球化剂和孕育剂,以促使石墨以球状析出而获得的。

球墨铸铁中球状的石墨对金属基体的割裂作用和应力集中效应更小,此外还可以通过热

处理进一步强化,所以球墨铸铁具有较高的强度和韧性、良好的铸造性、切削加工性、耐热性、消振性等。因此,它广泛用于制造一些受力复杂,强度、韧性和耐磨性要求高的零件,如柴油机曲轴、凸轮轴、摇臂、减速箱齿轮等。

球墨铸铁的牌号用“QT+数字-数字”格式表示。其中“QT”代表“球铁”两字,第一组数字表示最低抗拉强度,第二组数字表示最低伸长率。例如 QT400-18 表示最低抗拉强度为 400 MPa,最低伸长率为 18% 的球墨铸铁。

常用球墨铸铁的牌号、力学性能与应用见表 1—3。

表 1—3 常用球墨铸铁的牌号、力学性能与应用

牌 号	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服极限 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	伸长率 δ (%)	硬 度 (HBS)	应 用 举 例
	不 小 于				
QT400-18	400	250	18	130~180	汽车轮毂、驱动桥壳体、差速器壳体、离合器壳体、 拨叉、铁路垫板、阀体、阀盖等
QT400-15	400	250	15	130~180	
QT450-10	450	310	10	160~210	
QT500-7	500	320	7	170~230	内燃机的机油泵齿轮、铁路车辆轴瓦、飞轮等
QT600-3	600	370	3	190~270	柴油机曲轴、轻型柴油机凸轮轴、连杆、气缸套、进 排气门座、矿车轮等
QT700-2	700	420	2	225~305	
QT800-2	800	480	2	245~335	
QT900-2	900	600	2	280~360	汽车的螺旋伞齿轮、转向节、传动轴、内燃机曲轴、 凸轮轴等

4. 合金铸铁

在灰铸铁或球墨铸铁中加入某些合金元素,可以获得某些具有特殊性能的铸铁称为合金铸铁。按所具备的特殊性能,主要有耐热铸铁、耐磨铸铁、耐蚀铸铁等。

铸铁中加入硅、铝、铬等元素,使铸铁表面在高温下形成一层致密的氧化膜(SiO_2 、 Al_2O_3 、 Cr_2O_3 等),这层氧化膜将内层金属与氧化介质隔绝,从而保护内层金属不被氧化,并提高材料的耐热性,这类铸铁称为耐热铸铁。它在高温下具有良好的抗氧化能力,主要用于高温炉体零件、锅炉零件以及汽车上的气缸套、排气门座、进气门座等。

耐磨铸铁的种类较多,按使用场合不同区分,主要有机床零件用耐磨铸铁、气缸套用耐磨铸铁和活塞环用耐磨铸铁等。各类铸铁的成分各不相同。机床零件用耐磨铸铁主要有磷系、钒钛系和铬钼铜系耐磨铸铁等,主要用于各种机床的床身、工作台、轴套等;气缸套用耐磨铸铁主要有高磷耐磨铸铁、铬钼铜耐磨铸铁等,具有较高的强度和冲击韧性;活塞环用耐磨铸铁主要有钨系、钼铬系、镍铬系耐磨铸铁等,具有良好的耐磨性、抗弯强度和弹性。

耐蚀铸铁有高硅铸铁、铝铸铁和铝硅铸铁等。高硅铸铁的耐蚀原理是由于它的硅含量很高(达到 14%~18%),硅溶于铁后能形成单一的组织,从而提高了铸铁的耐腐蚀性。它主要用于各种酸性环境中工作的零件。铝铸铁和铝硅铸铁能在其表面形成一层致密的氧化膜(Al_2O_3),保护了内层金属不被腐蚀,所以具有较高的耐蚀性。它主要用于各种碱性环境中工作的零件。

二、碳素钢

含碳量小于 2.11% 且不含特意加入的合金元素的铁碳合金称为碳素钢，简称碳钢。碳素钢具有良好的力学性能和工艺性能，冶炼方便，价格便宜，因此在机械制造、工程建设、交通运输等部门得到广泛应用。

碳素钢中除铁元素和碳元素以外，还含有硅、锰、硫、磷等元素。其中碳是决定钢的性能的最主要元素。一般来说，含碳量在 0.77% 范围内。随着含碳量的增加，碳素钢的强度和硬度将升高，而塑性和韧性则降低。当含碳量超过 1.0% 以后，硬度继续升高，但强度、塑性和韧性则降低。此外，含碳量对钢的铸造性能、焊接性能、热处理性能等均有影响。碳素钢所含硅、锰、硫、磷等均是炼钢过程残留下来的元素，其中硅和锰可提高钢的强度和硬度，是有益元素；硫和磷会降低碳素钢的力学性能，是有害的杂质，其含量应严格控制。

1. 碳素钢的分类

碳素钢的分类方法很多，主要有以下几种：

(1) 按钢的含碳量分

低碳钢——含碳量小于 0.25%（含碳量小于 0.04% 称之为工业纯铁）的钢。

中碳钢——含碳量在 0.25%~0.60% 之间的钢。

高碳钢——含碳量大于 0.60% 的钢。

(2) 按钢的质量分

根据钢中含有害杂质——硫、磷的含量，碳素钢可分为：

普通碳素钢——含硫量小于 0.055%，含磷量小于 0.045% 的钢。

优质碳素钢——含硫、磷量均小于 0.035% 的钢。

高级优质碳素钢——含硫、磷量均小于 0.025% 的钢。

(3) 按用途分

碳素结构钢——用于制造各种机械零件和工程构件的碳素钢。

碳素工具钢——用于制造各种工具（刀具、模具、量具等）的碳素钢。

(4) 按脱氧程度分

镇静钢——炼钢后期用锰铁、硅铁和铝等进行充分脱氧，钢水在浇注时，在钢锭模内平静地凝固的钢。

沸腾钢——炼钢后期仅用锰铁进行不充分脱氧，钢水浇注时，钢水中残余的 FeO 和碳相互作用，生成相当多的 CO 气体，引起钢水沸腾的钢。

半镇静钢——脱氧程度介于镇静钢和沸腾钢两者之间的钢。

在实际编制碳素钢的牌号时，常将碳素钢分为普通碳素结构钢、优质碳素结构钢和碳素工具钢三类。

2. 常用碳素钢的牌号、性能及应用

(1) 普通碳素结构钢 普通碳素结构钢简称普碳钢。这类钢的有害杂质较多，但冶炼方便，产量高，价格低。它大量用于金属结构件和要求不高的机械零件等。

普通碳素结构钢的牌号是用“Q+屈服点数值-质量等级·脱氧程度代号”格式表示。其中“Q”代表“屈”字，质量等级分为 A、B、C、D 四级，脱氧程度代号“F”表示沸腾钢；“Z”表示镇静钢；“b”表示半镇静钢；“TZ”表示特殊镇静钢，Z 和 TZ 予以省略。例如，Q235-A·F 表示屈服点为 235 MPa 的 A 级沸腾钢。

常用普通碳素结构钢的牌号、力学性能与应用见表 1—4。

表 1—4 常用普通碳素结构钢的牌号、力学性能与应用

牌号	等 级	脱氧 程度	拉 伸 试 验			相当于 旧标准 的牌号	应 用 举 例
			σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	δ (%)		
Q195	-	F、b、Z	195	315~390	33	A1、B1	用于制作钉子、铆钉、垫块及轻负荷的冲压件
Q215	A	F、b、Z	215	335~410	31	A2	
	B					B2	
Q235	A	F、b、Z	235	375~460	26	A3	用于制作小轴、拉杆、连杆、螺栓、螺母、法兰等不太重要的零件
	B					C3	
	C	Z、TZ				—	
	D					—	
Q255	A	Z	255	410~510	24	A4	用于制作拉杆、连杆、转轴、心轴、齿轮、键等
	B					C4	
Q275	—	Z	275	490~610	20	C5	

注：拉伸试验值，适用于钢板厚（或直径）16 mm 以下的钢材。

(2) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢是一种应用极为广泛的机械制造用钢。这类钢的化学成分和力学性能均有较严格的控制，杂质含量少，力学性能优良，价格也较便宜。优质碳素结构钢按含锰量的不同可分为普通含锰量钢（ $Mn < 0.8\%$ ）和高含锰量钢（ $Mn = 0.7\% \sim 1.2\%$ ）两组。因锰的作用，高含锰量钢的强度、硬度和耐磨性稍高，而塑性和韧性则略低。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示，数字代表钢的平均含碳量的万分之几。如 45 钢表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。此外，高含锰量钢的牌号在相应的钢号后加“锰”字（或代号“Mn”），如 15 锰（或 15Mn）。

优质碳素结构钢一般均为镇静钢。但某些含碳量较低的优质碳素结构钢也有沸腾钢，它的牌号是在相应的钢号后面加“沸”字（或符号“F”），如 08 沸（或 08F）。

常用优质碳素结构钢的牌号、力学性能与应用见表 1—5。

(3) 碳素工具钢 碳素工具钢简称碳工钢。它的含碳量在 0.65%~1.30% 之间，有害杂质含量少，均属于优质钢或高级优质钢。其硬度和耐磨性很高，但塑性和韧性差。因为碳素工具钢的红硬性和淬透性并不理想，所以它的使用范围较窄，只能用于制造尺寸小、速度低的切削工具和形状简单、不太重要的模具、量具等。

碳素工具钢的牌号用“T+数字”格式表示。其中“T”代表“碳”字，数字表示钢的平均含碳量的千分之几。例如，T12 表示平均含碳量为 1.2% 的碳素工具钢。若为高级优质碳素工具钢则在牌号后加“A”，如 T10A。若为含锰量较高的碳素工具钢，则在牌号后加“锰”字（或代号“Mn”），如 T8Mn。

常用碳素工具钢中 T7、T8、T8Mn 的含碳量相对较低，冲击韧性较高，适用于制造受冲击、需较高硬度和耐磨性的工具，如木工用凿、锤头、钻头、模具等；T9、T10 具有一