

绪 论

汽车是重要的运输工具之一，是科学技术发展水平的标志。现代汽车要求安全、舒适、灵活、可靠、低污染、低油耗、高性能，而这些方面与汽车电气设备的结构、性能紧密相关。汽车电气设备新结构、新技术的应用离不开与之相匹配的电工材料。可以说，汽车的发展是以材料及其加工工艺的发展为基础的。新材料和新工艺为汽车向高性能、低污染、低油耗方向发展提供了必要的条件。作为汽车行业的一名维修电工，必须懂得汽车电气设备所用材料的结构、性能、特点及选用原则。

汽车电工材料包括金属材料、非金属材料、绝缘材料、导电材料、磁性材料等。

金属材料的种类繁多，汽车电气设备常用的金属材料有钢铁及其合金、有色金属及其合金等。钢铁按其含碳量的不同分为碳钢（含碳量小于 2.11%）和铸铁（ $2.11\% < \text{含碳量} < 6.69\%$ ）；为改善碳钢的性能，常需向钢中加入一定量的一种或几种合金元素而形成合金钢。有色金属主要是指铝、铜、钛等金属元素及其合金。

材料的成分不同，性能也不同。材料成分相同时，通过一定的加工（特别是热处理），性能变化也很大。金属材料的热处理实际上是通过改变其组织或改变表面成分而使材料性能发生变化的一种加工工艺。

钢铁材料性能较好，便于加工，价格不高。对于要求不高的电器构件多用碳钢或铸铁，而对于要求较高的构件则选用合金钢。有色金属中的铜、铝及其合金具有优良的导电、导热性能，在电气设备中多用作导电材料。此外，铝及其合金具有密度小、比强度高的特点，在现代车辆的轻量化方面举足轻重，在电气设备构件的壳体上广泛采用。

汽车电气设备中常用的非金属材料有塑料、橡胶等。

塑料具有资源丰富、相对密度小、力学性能好、绝缘强度高、耐化学腐蚀性能好、成型简便、成本低廉等优点，可满足现代车辆安全、美观、轻量化的要求。因而得到广泛应用。目前，轿车上的塑料用量已达 9%。

橡胶具有特有的高弹性，一定的机械强度，优异的疲劳强度，还具有不透水、不透油、耐磨、电气绝缘性能优良等特点。在汽车电气设备中广泛用于制造密封圈、胶垫、电线电缆等绝缘材料。

汽车电气设备中常用的绝缘材料有绝缘漆、绝缘胶、绝缘油、浸渍纤维制品、层压制品、薄膜及其复合制品、电工玻璃与陶瓷等。绝缘材料性能的优劣，关系到电气设备的质量，关系到设备运行的可靠性和使用寿命，可以说，没有高性能的绝缘材料就没有高性能的电气设备。为满足科技发展的需要，新一代绝缘材料应具有耐高压、耐高温、阻燃、耐低温、无毒无害、复合绝缘等特性。

导电材料主要包括普通导电材料、特种导电材料和半导体材料。如今，普通导电材料正在寻求以铝代铜，提高铝及其合金的综合性能。高强度、轻、耐高温、耐燃的途径，电磁线将以耐高温的漆包线为主要品种。电线、电缆向着轻、耐燃、多用途方向发展。特种导电材料向高品位、多样化方向发展。半导体材料更加精益求精，已能生产出超纯度的“单晶”、“多晶”、“超大规模集

成电路。新的半导体材料的研制成功，推动了电子技术在汽车上的应用，车用微型计算机、安全警报、通讯、提高舒适性装置的采用，对环保、节能、提高运行安全性和汽车的综合性能具有十分重要的意义。

磁性材料包括软磁材料、硬磁材料和特殊性能磁性材料。

软磁材料中的硅钢片是主要的磁性材料之一，它分为热轧硅钢片和冷轧硅钢片。可用于制作电机、变压器的铁心。我国目前的实际生产情况是：热轧和冷轧硅钢片在并举生产，而最近几年的总产量中热轧硅钢片还占主要地位。但随着高效率电器的迅速发展，冷轧硅钢片将以磁感应强度高、铁损低、表面光滑、填充系数高等优点替代热轧钢片。

铁氧体软磁材料主要用于电感元件、低功率变压器、开关变压器及扼流线圈、磁头等。材料的品种、规格繁多，目前生产和使用量最大的是锰锌系铁氧体，其次是镍锌系铁氧体。在今后的几年中，我国要加速开发高磁导率、高饱和磁感应强度、低功耗的软磁材料，以适应汽车工业电子技术的发展。

我国硬磁材料的开发已接近国际先进水平，产量仅次于日本。如铁氧体硬磁及稀土硬磁材料的产量居世界首位。今后应努力的方向是：提高产品性能；提高产品的稳定性和一致性；改善加工工艺，提高加工精度，增加品种。

《汽车电工材料》是汽车维修电工专业一门技术基础课。学习本课程的目的：

- (1)了解电工材料在电气工程上的地位和作用；
- (2)获得必要的电工材料基本理论和使用知识；
- (3)熟悉常用电工材料的种类、特点、性能、用途、使用范围及选用原则；
- (4)了解常用电工材料的型号、规格表示方法；
- (5)了解常用电工材料使用性能的影响因素。

本课程主要包括常用金属材料及非金属材料、绝缘材料、导电材料与半导体材料、导磁材料和汽车电工用其他材料的分类、特性、用途及合理选用方法。学习时应注意以下几点：

- (1)认真阅读教材，掌握材料的特点、性能及使用范围，结合实物、联系实际，以加深对所学内容的理解；
- (2)确切理解表示材料性能的名词术语、基本概念、指标的含义，了解型号的含义及编制方法；
- (3)材料名目繁多，可采用“比较记忆法”列表对照，找出异同；
- (4)为了全面的认识和评价各种具体材料，除应注意材料的电性能及磁性能外，还应注意材料的耐热性、防潮性、力学性能、化学稳定性、耐磨性及价格因素等。

第一章 常用金属材料及非金属材料

金属材料是现代汽车工业最主要的材料，它具有制造机器零件所需要的物理、化学和力学性能，并可用较简便的工艺加工成所需要的零件。掌握材料的性能，是使用、维修过程中，正确、合理地选用和加工材料的依据。

第一节 金属的性能

一、金属的使用性能

金属的使用性能是指金属在一定条件下使用时所具有的特性，它包括物理性能、化学性能、力学机械性能和其他性能。

1. 金属的力学性能

金属的力学性能是指金属受载荷作用时所表现出来的性能。表征金属力学性能的基本指标有强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

1) 强度

强度是金属材料在载荷作用下抵抗变形或破坏的能力。载荷的作用形式不同，强度可分为抗拉、抗压、抗剪切、抗弯曲和抗扭转强度等，其中以抗拉强度为最基本的强度指标，常通过拉伸试验测定。

该试验通常在拉伸试验机上进行。根据国家标准（GB 397—86）规定，试棒做成图 1-1 所示标准形状，并分为长试棒和短试棒。试棒中 d_0 为直径， l_0 为标距长度。长试棒 $l_0 = 10d_0$ ，短试棒 $l_0 = 5d_0$ 。在试验机上对试棒的两端施加轴向拉力 P ，试棒产生连续变形，直至拉断。

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，抗拉强度是机械零件设计和评定材料力学性能的重要指标。

2) 塑性

塑性是指金属材料在载荷作用下，产生塑性变形而不破坏的能力。表征塑性的指标有伸长率和断面收缩率，它们都是通过拉伸试验测得的。

伸长率 试棒拉断后的标距长度变化量与原始标距长度之比的百分率即为伸长率，以符号 δ 表示。

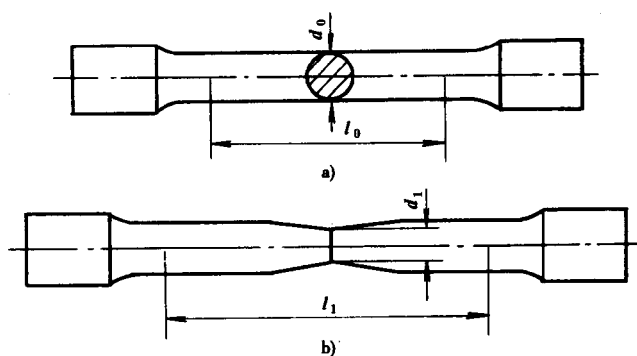


图 1-1 圆形拉伸试棒
a) 拉伸前 b) 拉伸后

由于试棒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棒的长短有关，为便于比较，试棒的长度须标准化。

断面收缩率 试棒拉断后截面积的变化量与原始截面积之比的百分比率即为断面收缩率，以符号 ψ 表示。

伸长率和断面收缩率数值越大，表示材料的塑性越好。塑性好的材料便于压力加工，如发机电风扇、皮带轮等都是用薄钢板经冲压而成，在使用中万一超载，也能由于良好的塑性变形而避免突然断裂。因此，大多数材料除要求较高强度外，还应具有一定的塑性。

3 硬度

硬度是指金属材料抵抗比它更硬物体压入其表面的能力，也可理解为金属材料抵抗表面局部塑性变形的能力。

汽车维修电工所用的各种刀具、量具、工具和模具应具备足够的硬度才能保证使用性能和寿命。硬度是检验工、量、模具和零件的一项重要指标。根据测定的方法不同，硬度指标有布氏硬度和洛氏硬度。

4) 冲击韧性

前述三项指标均是在静载荷作用下测定的，远远不能满足实际生产的要求。汽车上许多零部件是在冲击载荷作用下工作的，如起动机齿轮、发动机连杆、曲轴等。车辆在正常行驶中因路面不平或操作不当，均会使传动系、制动系和行驶系承受冲击载荷。显然，研究金属材料在冲击载荷作用下的力学性能具有重要的意义。

冲击韧性是指金属材料抵抗冲击载荷而不致破坏的能力。工程技术中常用一次摆锤冲击试验来测定金属的冲击韧性。

(1)一次摆锤冲击试验 国家标准 GB 397—86)规定，金属材料的冲击试验在专门的摆锤式冲击试验机上进行。试验时，将试样放在支座上，缺口与冲击方向一致。将重力为 G 的摆锤从高度 H 处自由落下，将试样冲断，并测量摆锤继续向前升高高度 h ，则摆锤所作的冲击功为 A_k 。实际试验时 A_k 值可从试验机中直接读取。

(2)小能量多次冲击 在实际应用中，零件往往承受小能量多次冲击，其内部产生微裂纹并扩展，导致断裂。因此，研究金属材料在小能量多次冲击下的使用效果具有实际意义。研究表明，金属材料受到大能量的冲击载荷时，其抗力主要取决于材料的冲击韧性 a_k ；在多次小能量冲击载荷的作用下，其抗力则取决于材料的强度。

5) 疲劳强度（疲劳极限）

疲劳强度是指金属材料在重复交变载荷作用下不发生破坏的最大应力。汽车上的许多零件，如曲轴、齿轮、弹簧等，工作时承受的载荷即为交变载荷。产生疲劳的原因是复杂的。大量的分析和研究表明，金属材料的疲劳断裂起源于材料表面或内部缺陷（裂纹、软点、脱碳、夹杂、刀痕、缩孔、夹角）。工作过程中由于受载，在缺陷处首先产生应力集中，致使局部应力超过材料的屈服强度，微裂纹产生。随着工作应力循环次数的增加，裂纹逐步扩大，有效工作面积缩小，最终出现断裂。

金属材料所能承受的交变载荷的大小与破坏前交变载荷的循环次数有关，交变载荷愈大，破坏前的载荷循环次数就愈少；反之，则愈多。交变应力 σ 与循环次数 N 的关系曲线称为疲劳曲线，如图 1-2 所示。

金属材料的疲劳强度与材料内部质量、表面状态和残余应力有关。改进零部件的结构形状、工作条件、表面及内部组织能明显地提高金属材料的疲劳强度。

2. 物理性能

金属的物理性能包括：密度、熔点、热膨胀性、导热性、导电性和导磁性等。

1) 密度

单位体积金属的质量称为该金属的密度。用符号 ρ 表示。

密度是金属材料一个重要的物理性能。在汽车工业中，为了减小某些高速运动零件的质量，以减小惯性力，常采用强度较高、密度较小的金属材料如铝合金来制造。

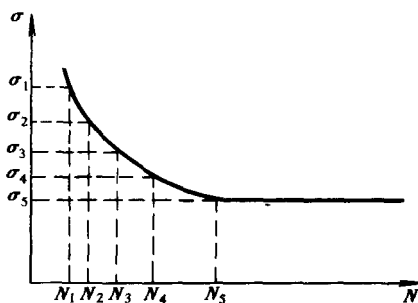


图 1-2 疲劳曲线

2) 熔点

金属或合金在加热过程中由固体熔化为液体的温度称为熔点，常以摄氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）表示。

在常用金属材料中钨的熔点最高，可用于制作灯丝、加热元件、耐高温零件等；锡、铅等金属熔点较低，可用以制作熔断丝等。

3) 导电性

金属能够传导电流的性能称为导电性，衡量金属导电性的指标是电导率和电阻率。电阻率的倒数为电导率。

所有金属都是导体，其中以银的导电性最好，其次是铜和铝，且铜、铝的价格较低，常用于制作汽车导线的线芯。

4) 导热性

金属传导热的性能称为导热性，常用热导率（或导热系数） λ 来衡量金属导热性能的好坏。热导率大的金属材料其导热性能良好，金属中银的导热性最好，铜和铝次之。在汽车电器中常用铜或铝等来制作热交换器、空调系统中的冷凝器或蒸发器等。

5) 热膨胀性

金属材料在温度升高时体积胀大，温度降低时体积缩小的性能称为热膨胀性，常以热膨胀系数 α 表示。

热膨胀性也是金属材料的一个重要特性。为保证精密测量工具的高度准确性，须选用热膨胀系数很小的金属来制造。而热膨胀性大的镍合金可用以制作电热式闪光器的电热丝。

6) 磁性

金属能被磁场吸引或磁化的性能称为磁性。

磁性是汽车电器中选用材料的重要依据之一，如变压器、电机、继电器等电器元件的铁心须用硅钢片制造，仪表壳等要求不易磁化或避免电场干扰的零件，须用铜、铝等无磁性金属材料制造。

3. 化学性能

金属的化学性能是指金属在室温或高温条件下抵抗氧气和腐蚀性介质对其化学侵蚀的能力，主要包括耐酸性、耐碱性、耐腐蚀性和抗氧化性。

耐腐蚀性 金属抵抗各种介质如大气、水蒸汽、有害气体、酸、碱、盐等侵蚀的能力。

抗氧化性 金属材料在高温下抵抗氧气氧化作用的能力。

二、金属的工艺性能

金属的工艺性能是指金属材料在冷热加工过程中所表现出来的性能。按工艺方法的不同可分为铸造性、锻压性、焊接性、切削性、延展性、热处理性等。

(1)铸造性 指液态金属铸造成型时所具有的性能，常用液态流动性、冷却收缩率和偏析大小等指标衡量。

铸铁具有良好的流动性、较小的收缩率和很小的偏析。钢的流动性比铸铁差，收缩率和偏析都比铸铁大，因而其铸造性能比铸铁差。

(2)锻压性 指金属在冷、热状态下进行压力加工产生塑性变形而不破坏的能力。钢具有良好的锻压性，而铸铁几乎不可锻压。

(3)焊接性 是指金属在局部加热熔融状态下，能牢固焊合在一起的性能。低碳钢的焊接性好，焊接时不需采取特殊的工艺措施就能获得良好的焊接接头。中碳钢、高碳钢的含碳量高，焊接性能差。

(4)切削性 是指金属在用刀具进行切削加工状态下所表现的性能，即切削的难易程度。

(5)延展性 是指金属材料能被拉拔为线材或碾轧为板材的性能。

(6)热处理性 是指金属在热处理过程中，内部组织结构发生变化或改善应力状态的性能。它用淬透性、淬硬性、淬火开裂倾向和淬火变形程度等指标衡量。

第二节 常用金属材料

常用金属材料可分为黑色金属和有色金属材料两大类。

以铁为基础的铁碳合金统称为钢铁材料，属黑色金属范畴，是目前汽车制造业大量使用的金属材料。其主要成份是铁(Fe)和碳(C)。其中，碳素钢是最常用的钢铁材料。

碳素钢又称为碳钢，具有资源丰富、冶炼容易、价格便宜、成本低廉的优点。有良好的力学性能和工艺性能，在各个领域得到广泛的使用。碳素钢的产量占钢产量的 2/3 以上。

一、碳钢的分类、性能及编号

1. 碳钢的分类

碳钢的种类繁多，分类原则各不相同。

1)按含碳量分为：工业纯铁、低碳钢、中碳钢、高碳钢；

2)按碳钢的品质（即硫、磷的含量）分为：普通碳素钢、优质碳素钢、高级优质碳素钢；

3)按用途分为：碳素结构钢、碳素工具钢；

2. 碳素钢的性能及编号规则

1)碳素结构钢

(1)性能 碳素结构钢的含碳量在 0.06% ~ 0.70% 之间，随含碳量的增加，材料的强度和硬度增加，塑性和可焊性降低。碳素结构钢适用于一般结构件和工程用热轧钢板、钢带、型钢、棒钢。

(2)碳素结构钢的编号规则（GB 700—88） 编号规则是由屈服点首字母（Q）、屈服点数值、质量等级符号（A、B、C、D）、脱氧方法四部分组成。例如：Q235—AF

“Q”——‘屈’字汉语拼音首字母；

“235”——屈服点数值 MPa;

“A”——质量等级符号;

“F”——脱氧方法符号 F 为沸腾钢、Z 为镇静钢、b 为半镇静钢、TZ 为特殊镇静钢)

2) 碳素工具钢

(1)性能 碳素工具钢属高碳钢,其含碳量在 0.70% ~ 1.35%之间,按质量不同又分为优质碳素工具钢和高级优质碳素工具钢。适用于制作刀具、量具、模具。随含碳量的增多,碳素工具钢的硬度和耐磨性增加,韧性降低。

(2)编号规则 碳素工具钢编号是以汉语拼音开头,“T”代表‘碳’字其后跟一位或两位数字表示平均含碳量的 0.10%。例 T10 表示平均含碳量为 1% 的碳素工具钢;T13 表示平均含碳量为 1.30%的碳素工具钢。

二、合金钢的分类、性能及编号规则

汽车工业的发展和各项性能要求的不断提高,用于制造汽车零件的碳素钢已不能完全满足需要,而必须采用合金钢。

与碳钢相比,合金钢在一定的淬火条件下,能获得较高的淬透性,具有良好的综合力学性能 较高的热硬性。但合金钢的价格较高、冶炼困难且有冶金缺陷 因此 只有在碳钢不能满足要求时才使用合金钢。

1.合金钢的分类

合金钢按其主要用途,可分为合金结构钢、合金工具钢和特殊性能钢。

2.合金钢的性能和编号规则

1)合金结构钢

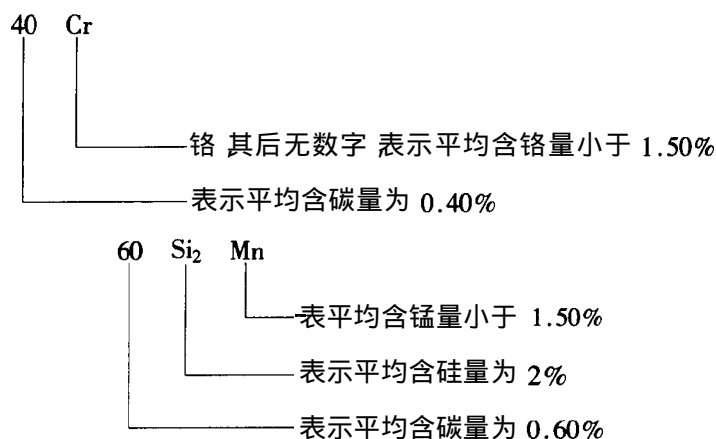
(1)性能 低合金结构钢的含碳量在 0.10% ~ 0.25%之间 并含有少量(约 3%)的合金元素。因合金元素的强化作用,合金结构钢的强度比同等含碳量的结构钢高得多,具有良好的塑性、韧性、焊接性及较好的耐磨性和耐蚀性 且出现冷脆时的温度低 对制造高寒地区使用的运输工具有重要意义。

合金渗碳钢的含碳量在 0.10% ~ 0.25% 之间 加入 Cr、Ni、Mn、B 等合金元素 并进行渗碳、淬火及低温回火后 能大幅度提高心部的强度和冲击韧性 提高零件抵抗冲击载荷的能力。在汽车上常用的合金渗碳钢有 15Cr、20Cr、18CrMnTi、20MnTiB 及含硼渗碳钢 20MnB、20MnVB 等。

合金调质钢的含碳量在 0.25% ~ 0.50% 之间 加入 Mn、Cr、B 等元素可提高材料的综合力学性能 加入 Mo、V、Ti 等元素可细化晶粒,提高回火稳定性。合金调质钢主要用于制造承受较大冲击载荷的零件 如半轴、万向节叉、变速器二轴等。

合金弹簧钢的含碳量在 0.46% ~ 0.70%之间 加入 Mn、Si、Cr 等元素的目的是使零件获得高的弹性 加入 Mo、W、V 的目的是减少 Si、Mn 元素在钢加热时产生的过热倾向,提高钢的弹性和耐热性,避免回火不当造成的硬度降低过大现象。弹簧钢主要用于制造汽车上的板簧、螺旋弹簧、安全阀及交变载荷下工作的弹性零件。

(2)编号规则 合金结构钢的编号规则是采用‘二位数字 + 化学元素符号 + 数字’的方法,前两位数字表示含碳量的万分数,化学元素符号表示合金元素,后面的数字为合金元素平均含量的百分数。当合金元素含量小于 1.50% 时,钢号中仅标明合金元素。例如:



2 合金工具钢

(1) 性能

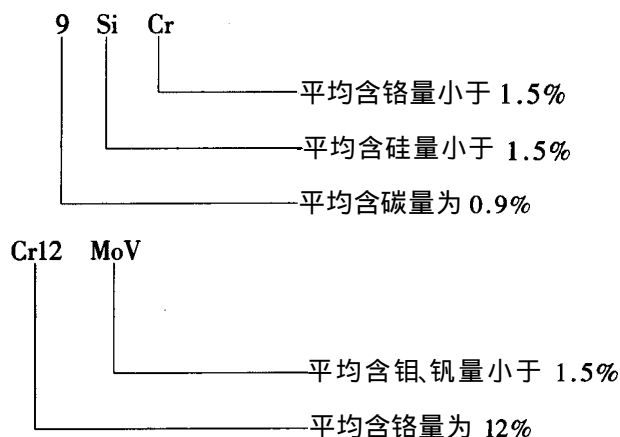
刀具钢 在碳素工具钢中加入少量（3% ~ 5%）合金元素而成的合金钢，其含碳量为 0.8% ~ 1.5% 加入 Cr、Si、Mn 等合金元素以提高强度 加入 W、V 等合金元素提高硬度和耐磨性。常用于制造低速或手动刀具 如丝锥、铰刀等。

高速钢 以钨 或钼 为主要合金元素的多元高合金钢 含碳量约为 0.7% ~ 1.65% 表面色泽光亮、刀刃锋利 又称白钢或锋钢。具有较高的硬度、强度和耐磨性 且热硬性较好 用于制造车刀、铣刀等。常用的高速钢有 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。

量具钢 用于制造量具。工作部分要求具有高的硬度和耐磨性，并且热处理变形小，使用过程中尺寸稳定。

模具钢 按工作特点分为冷作和热作模具钢。冷作模具钢的含碳量一般在 0.8 % ~ 1.7%之间 适于作冷冲压、冷挤压、冷墩粗模具等 热作模具钢的含碳量在 0.45% ~ 0.60%之间，适于作热锻模具和压铸模具等。

(2) 编号规则 合金工具钢的牌号与合金结构钢相似。当含碳量小于 1%时 首部只用一位数字表示平均含碳量的千分之几；当含碳量大于或等于 1 %时 不标注含碳量。合金元素及平均含量的表示方法与合金结构钢相同。例如：

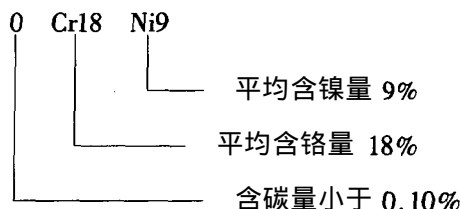


元素符号前无数字，表示含碳量大于或等于 1.0%

3) 特殊性能钢

特殊性能钢是指具有特殊的物理或化学性能的钢。包括不锈钢、耐热钢和耐磨钢。

特殊性能钢的编号表示方法与合金工具钢相同 首部数字表示平均含碳量的千分之几 当平均含碳量小于 0.1% 时 用“0”表示。例如：



三、铸铁的分类、性能及编号规则

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金。具有优良的铸造性、减磨性、减振性和切削性 但抗拉强度、塑性和韧性较差。汽车上的气缸体、气缸盖、活塞环、变速器壳等零件均用铸铁制造。

铸铁的化学成分中 碳对其性能影响最大 它以两种形式存在：一种是强度较低的石墨 另一种是硬度高、脆性大、塑性和韧性几乎为零的化合物式渗碳体 Fe_3C 。根据碳存在形式的不同，铸铁可分为以下几种：

1. 白口铸铁

白口铸铁中的碳大部分以渗碳体的形式存在，断口呈白亮色。其性能硬而脆，难于切削加工 很少直接用于制造机械零件 主要用于炼钢。

2. 灰铸铁

灰铸铁中的碳绝大部分以片状石墨形式存在 断口呈暗灰色 如图 1-3 所示。灰铸铁的抗拉强度低 塑性和韧性很差。

石墨虽然降低了铸铁的力学性能，但却使铸件获得了许多优良的性能。如良好的铸造性、加工性、润滑性、耐磨性和减振性 且价格低廉、加工工艺简单、成本低 因而在汽车上广泛应用。

灰铸铁的牌号用‘灰铁’两字的汉语拼音字首‘HT’和一组表示最低抗拉强度（MPa）的数字表示。如：HT300。

“HT”表示灰铸铁；“300”表示最低抗拉强度 300MPa。

3. 可锻铸铁

可锻铸铁又称韧铁或马铁，它是用含碳、硅总量较低的白口铸铁经长时间高温退火，使渗碳体分解成团絮状石墨析出后而形成。按不同的热处理条件，可锻铸铁可分为黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁，其组织结构如图 1-4 所示。黑心可锻铸铁具有较高的塑性和韧性，而珠光体可锻铸铁具有较高的强度、硬度和耐磨性。

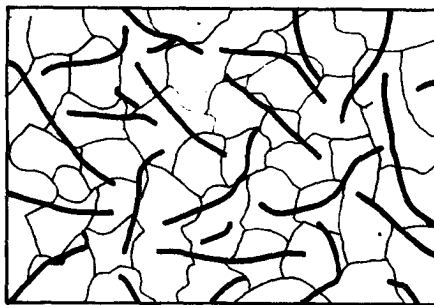


图 1-3 灰铸铁的组织结构

可锻铸铁只表示比普通铸铁具有较好的塑性和韧性，并不能锻造。

可锻铸铁的编号由三个字母和两个数字表示。前两个字母为“KT”是‘可铁’的汉语拼音

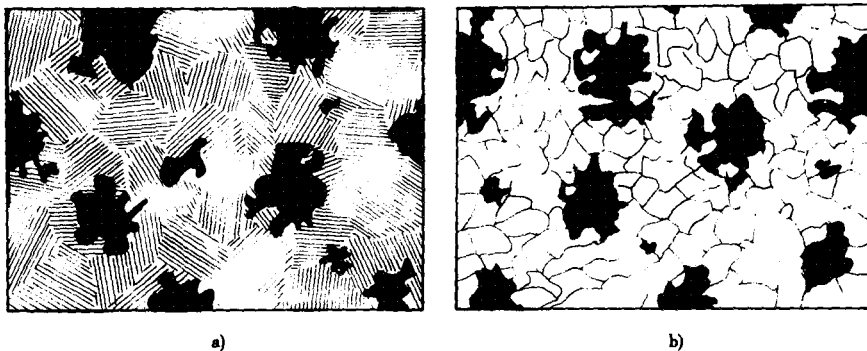


图 1-4 可锻铸铁的组织结构

a)黑心可锻铸铁 b)珠光体可锻铸铁

首字母 第三个字母为类别代号，“H”和“Z”分别为“黑”和“珠”的汉语拼音首字母 数字表示抗拉强度（MPa）和伸长率（%）。如：KTH350—10，“KTH”表示黑心可锻铸铁；“350”表示抗拉强度不低于 350MPa；“10”表示伸长率不小于 10%。

4.球墨铸铁

将普通灰铸铁熔化后，在浇注前加入一定量的球化剂（镁、钙或稀土元素等）进行球化处理 并加入少量孕育剂（硅铁或硅铁合金）使基体中的绝大部分碳以球状石墨析出而形成的一种铸铁称为球墨铸铁。其组织结构如图 1-5 所示。

球墨铸铁的机械强度、塑性和韧性都优于灰铸铁和可锻铸铁，铸造性、减磨性及加工性与灰铸铁大致相同。

球墨铸铁的编号由两个字母加两组数字表示。“QT”是“球铁”的汉语拼音首字母 两组数字分别表示抗拉强度和伸长率。如：QT600—3。“QT”表示球墨铸铁，“600”表示抗拉强度不小于 600MPa；“3”表示伸长率不小于 3%。

四、其他金属材料

黑色金属以外的金属都称为有色金属。汽车电工中常用的有色金属主要有铝、铜及其合金。

1.铝及其合金

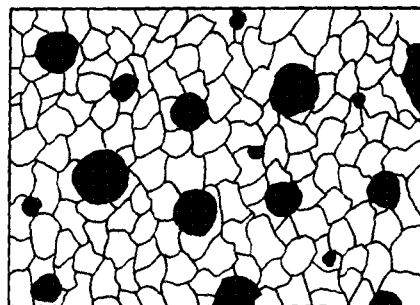
纯铝具有良好的导电性、导热性，熔点低，比重小。经冷、热压力加工可制成各种型材。主要用于制作导线、电缆、电器和散热器的外壳。

在铝中加入适量的 Si、Cu、Mg、Mn 等元素可配制成图 1-5 球墨铸铁的组织结构 铝合金。铝合金不仅保持了纯铝的优点，而且强度比纯铝高 因而在汽车上获得广泛应用。如 活塞、化油器壳体、气缸体、气缸盖、发电机端盖等。

2.铜及其合金

纯铜又称紫铜。具有良好的导电性、导热性、耐蚀性和塑性 但纯铜的强度、硬度不高 因而在汽车零件中多使用铜合金。

常用的铜合金有黄铜和青铜。黄铜是以锌为主加元素的铜合金，具有塑性好，伸长率大的特点。主要用于制造散热器、垫圈、油管、气缸垫、进排气支管垫、衬套等零件。青铜是除黄铜和白铜（铜镍合金）以外的铜合金 如锡青铜、铝青铜、铅青铜等。具有强度高、塑性好等特点，



适合冷、热加工。主要用于制造滑动轴承、齿轮、蜗轮等零件。

3. 轴承合金

车用轴承主要有滚动轴承和滑动轴承两类。在滑动轴承中，用于制造轴瓦及内衬的合金称为轴承合金。

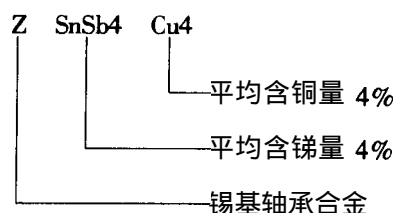
轴承合金分为锡基、铅基、铜基和铝基轴承合金等类型。

锡基轴承合金以锡为主，具有较好的塑性和韧性，适中的硬度和较低的摩擦系数，但疲劳强度低，耐热性较差。

铅基轴承合金以铅为主，强度、硬度和韧性比锡基合金稍低，摩擦系数大，但价格便宜，耐压强度高。

铜基合金轴承以铜为主，其突出特点是机械强度高、承载能力大、耐热性好，不足之处是减磨性差。

轴承合金的编号按国家标准，用“轴”字汉语拼音首字母“Z”加基本元素符号与主加元素符号及百分比表示。例如：



第三节 常用非金属材料

汽车工业技术的不断发展，使非金属材料的使用比例越来越大，汽车上常用的非金属材料有塑料、合成橡胶、合成纤维和合成胶粘剂等。

一、塑料及其制品

塑料是以树脂为基础原料，加入各种助剂、增强材料和填料，在一定的温度和压力下加工成各种形状制品的高分子材料。

1. 塑料的组成

塑料由合成树脂和各种添加剂等组成。

1) 树脂

树脂是塑料最基本、最重要的成分，约占塑料全部组分的 40% ~ 100%。其作用是将全部组分胶结起来，并赋予塑料最主要的特性。常用树脂的类型有天然树脂，如松香、虫胶等；合成树脂，如聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、尼龙、聚甲醛、酚醛、环氧树脂等。现代汽车工业上多采用合成树脂。

2) 添加剂

加入添加剂的目的是为了改善塑料的成型加工性能、制品的使用性能及降低塑料的成本。添加剂包括填料、增强材料、增塑剂、稳定剂、固化剂等。

2. 塑料的分类

塑料的分类方法有两种：一种是按基体合成树脂的分子主链结构或受热行为来分类，另一种是按塑料的应用功能来分类。

按合成树脂的受热行为，塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料。

热塑性塑料 以加聚或缩聚树脂为基础 加入少量的填料、增塑剂、防老剂、阻燃剂、改性剂、颜料等，经混熔加工制成。其特点是随温度的升高而变软，随温度的降低而变硬。常用的热塑性塑料有 聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、尼龙等。

热固性塑料 由合成树脂、填料、固化剂、促进剂、引发剂、增塑剂、颜料等组成 经过混合、炼塑、浸渍等方法制成。模塑成型后的制品 尺寸稳定性好 表面光亮坚硬 具有优良的力学性能和电气性能，耐热性较好，不易燃烧。主要用于制造电气产品的绝缘结构。常用热固性塑料的种类主要有酚醛塑料、脲醛塑料、三氯氰胺塑料等。

按应用功能，塑料可分为通用塑料、工程塑料和功能塑料。

3 塑料的特性

(1)质轻 塑料的相对密度在 $0.83 \sim 2.20$ 之间，比强度高。对于要求减轻自重的设备具有特别重要的意义。

(2)化学稳定性好 塑料制品对酸、碱等普通化学药品具有抗腐蚀能力。

(3)消声和隔热作用优良 塑料具有优良的消声和隔热作用，尤其是泡沫塑料可用来制造汽车隔音、隔热、保温的零部件 如汽车顶棚内衬、门内板、地垫、行李箱垫等。

(4)良好的电绝缘性能 塑料几乎都有良好的电绝缘性能，可与陶瓷、橡胶等绝缘材料媲美。汽车电器零件广泛采用塑料来作为绝缘体。

但塑料也有不少缺点，主要有：耐热性差。温度升高后强度很快下降。热塑性塑料一般使用温度为 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 只有少数工程塑料可达 100°C 以上 热膨胀系数大 塑料的线膨胀系数比金属的线膨胀系数大得多，约为金属的 $3 \sim 10$ 倍。其中热塑性塑料的线膨胀系数较大，约为 $5 \times 10^{-5} \sim 17.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 。

二、橡胶及其制品

橡胶是一种有机高分子弹性化合物 具有极高的弹性、可挠性、耐磨性和一定的机械强度，并具有减振、吸振的能力。橡胶可与其他材料 金属、纤维、塑料、石棉、软木等 组合成兼有两者特性的复合材料。因而在汽车上得到广泛应用 如轮胎、胶管、胶板、胶条、胶垫等。

1. 橡胶的组成

橡胶的主要成分是生橡胶（天然或合成）。生橡胶是一种线型长链状碳分子链，有不稳定的双键存在 因而具有高弹性和可挠性 易老化。所以 生橡胶不能直接制造制品 只有经硫化处理 使分子由链状结构变成体状结构后 才具有橡胶的各种优良性能。

2. 橡胶的分类

根据其来源不同可分为 天然橡胶 (NR)和合成橡胶 (CR)；根据其性能和用途不同可分为：通用橡胶和特种橡胶；根据其物理状态不同可分为：硬胶和软胶或生胶和熟胶。

3. 橡胶材料在汽车上的应用

汽车用橡胶零件不仅数量大，而且耗用生橡胶的比例居橡胶制品的首位。橡胶制品用于每辆轿车的质量约 187kg 占汽车整备质量的 10% 以上 广泛应用于汽车车身、传动、转向、悬架、制动和电气等系统。例如 桑塔纳轿车的全部零件中 (不包括轮胎)橡胶制品件数达 165 件 质量为 46.4kg 。在汽车电气系统中 绝缘套、密封件、发电机胶带等都是橡胶为材料制成的。可以说 没有橡胶 就没有现代汽车工业。

第四节 钢的热处理

汽车工业的飞速发展，对钢的性能也提出了越来越高的要求。改变钢性能的途径主要有两种：一是调整钢的化学成分 发展新型材料 二是对钢进行热处理。

一、热处理方法的分类

钢的热处理是将固态下的钢通过加热、保温和不同冷却速度冷却，改善其内部组织结构和性能的工艺方法。其工艺过程可用温度—时间关系坐标表示，如图 1-6 所示。

根据钢在热处理时加热和冷却方法的不同，分为普通热处理和表面热处理两大类。普通热处理根据加热温度和冷却速度不同，又可分为退火、正火、淬火和回火；表面热处理可分为表面淬火和化学热处理等。

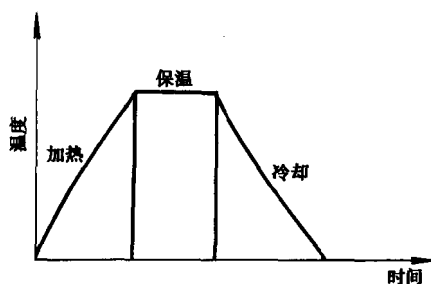


图 1-6 钢的热处理曲线

二、钢的热处理形式及目的

1. 钢的普通热处理

1) 退火

将钢件加热到临界温度（临界温度是零件在缓慢加热和缓慢冷却时 内部组织转变的温度）以上 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 保温一段时间后 随炉缓慢冷却的热处理方法称为退火。

退火的目的是 降低钢的硬度 改善切削加工性能 提高钢的塑性和韧性 以便于冷变形加工 细化晶粒 均匀组织 为热轧、热锻、热处理作准备 消除前一工序（铸、锻、焊等）产生的内应力，减少或防止零件变形和开裂。

2) 正火

将钢件加热到临界温度以上 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，保温一定时间后出炉在空气中冷却的热处理方法称为正火。正火的目的与退火基本相同，但正火的冷却速度快，工艺周期短、设备利用率高、生产成本低；正火后钢的组织致密、强度和硬度比退火高。其主要用途是：

改变钢的硬度 对于低碳钢或低合金钢常用正火来提高硬度，以阻止切削中“粘刀”现象的发生。

正火代替淬火 一些结构复杂、截面骤变的零件可用正火代替淬火，防止因冷却速度过快而发生变形或开裂。

正火代替退火 正火是退火的一种特殊形式，由于正火冷却速度快、周期短、成本低。凡含碳量在 $0.25\% \sim 0.50\%$ 之间的碳钢制成的零件 可不用退火。如 45 号钢制造的凸轮轴。

3) 淬火

将钢件加热到临界温度以上 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，保温一定时间后快速冷却的热处理方法称为淬火。

淬火是强化金属材料性能最重要的热处理方法。其目的是改变材料的组织结构，与不同温度下的回火相配合，使钢具有不同的力学性能。淬火时可采用不同的工艺方法，以达到不同的目的。淬火工艺包括：

(1) 加热温度 不同化学成分的钢或合金钢，其临界温度不同。淬火加热温度只允许超出

临界温度以上 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。加热温度低，易造成淬火后硬度不足和组织不均匀。加热温度高，易造成脆性大，强度低。

在生产中 加热温度的确定除根据临界温度确定外 还应根据工件的形状、尺寸、淬火介质及淬火方法等因素调整。

(2)保温时间 保温时间的确定受钢的化学成分、工件的形状与尺寸、加热介质、装炉状况与炉温等因素的影响。确定时可参阅《热处理手册》及有关资料用经验公式进行计算。

(3)冷却介质 为淬火后获得相应的组织，淬火冷却速度必须大于其临界冷却速度。但冷却速度过大，将不可避免地引起大的内应力，使钢件变形和开裂。不同的冷却介质，其冷却速度不同。

常用的冷却介质有水、盐和碱的水溶液、矿物油等。其中，水是应用最广泛的一种，它安全、不燃、无腐蚀，冷却能力较强，适用于低含碳量钢及碳素工具钢的淬火；盐和碱的水溶液冷却速度大，适用于低碳钢和中碳钢的淬火；矿物油的冷却速度远小于水，淬火后零件不易变形和开裂，但硬度低，适用于合金钢和截面较小的碳素钢。

(4)淬火方法 常用的淬火方法有单液淬火、双液淬火、分级淬火。对于不同形状和厚度的工件，应采用不同的淬火方法。

4 回火

将淬火后的钢件加热到临界温度以下某一温度范围，保温一定时间后冷却至室温的热处理方法称回火。

回火的目的是为了减少和消除淬火内应力，保证工件在使用过程中不再发生尺寸和形状的变化，并获得良好的力学性能和配合状态。

按加热温度分为以下几种：低温回火（ $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ）；中温回火（ $350 \sim 500^{\circ}\text{C}$ ）；高温回火（ $500 \sim 650^{\circ}\text{C}$ ）。

2. 钢的表面热处理

1) 表面淬火

表面淬火是将工件表层快速加热到淬火温度，在心部还来不及达到临界温度之前，以极快的速度使表层冷却淬火，以达到表面硬而心部韧的热处理方法。表面淬火主要适用于含碳量在 $0.3\% \sim 0.7\%$ 的碳钢以及合金元素含量小于 0.3% 的中碳合金钢。如：35、45 钢和 40Cr、40MnB。

常用的表面淬火有火焰加热表面淬火和电感应加热表面淬火。

2) 钢的化学热处理

化学热处理是将钢件置于某一化学介质中加热和保温，使介质中某些元素渗入零件表层，改变零件表层的化学成分，从而改善表层性能的热处理方法。

化学热处理的目的一是强化零件表面，提高表面硬度、耐磨性、抗疲劳强度和多次冲击抗力。二是保护零件表面，提高零件表面的耐高温、耐腐蚀性等。

目前常用的化学热处理方法有渗碳、渗氮、碳氮共渗、多元共渗。

第二章 绝缘材料

使电气设备中不同带电体相互绝缘而不形成电气通道的材料称为电气绝缘材料。此类材料的电阻率大于 $10^7 \Omega \cdot m$ ，在直流电压作用下，只有非常微弱的电流流过，导电能力可忽略不计，工程上把这类材料称绝缘材料。

在汽车电气设备中，绝缘材料主要用来隔离不同电位的导体，使电流的流动符合电路规律 如 分电器盖、分火头、点火线圈中的初、次级绕组等 在某些场合还具有装配支承（铅蓄电池壳体）、灭弧（电容器绝缘薄膜）、防潮、防霉、防抗（蓄电池极板之上的防护板）等作用。

绝缘材料的稳定和可靠性是电气设备正常工作的基础，电气设备的功能和工作极限在很大程度上取决于绝缘材料的品种和质量。熟悉材料的主要性能、掌握正确的使用维护方法，是合理、科学地选择和使用绝缘材料的依据。

第一节 常用绝缘材料的分类和耐热等级

一、绝缘材料的分类

(1)按材料的物理状态可分为：

气体绝缘材料 空气、氮气、二氧化碳等；

液体绝缘材料 电容器油、电解质等；

固体绝缘材料 绝缘漆、胶、纸、绝缘浸渍纤维制品、云母制品、电工塑料、陶瓷、橡胶等。

(2)按材料的化学成分可分为：有机绝缘材料 and 无机绝缘材料。

(3)按材料的用途可分为：高压工程材料和低压工程材料。

(4)按材料来源可分为 天然绝缘材料和人工合成绝缘材料。

(5)按应用及工艺特征可分为：

漆、树脂和胶类 浸渍漆、覆盖漆、胶粘漆、树脂、硅钢片漆、瓷漆、漆包线漆、胶等；

浸渍纤维制品类 漆布、漆管、漆绸、绑扎带等；

层压制品类 层压板、层压管、层压棒等；

塑料类 木粉填料、有机填料、石棉填料、玻璃纤维填料、云母填料、矿物填料、无填料类等；

云母制品类 云母带、云母板、云母管、云母箔等；

⑥薄膜、粘带和复合制品类 薄膜、薄膜粘带、橡胶及织物粘带、薄膜玻璃漆布复合箔、合成纤维纸复合箔、多材质复合箔。

二、电气绝缘材料产品分类

按部颁标准《JB 2197—1996》规定 电气绝缘材料产品按大类、小类、温度指数及品种的差异分类。

绝缘材料产品分为八大类。各大类中按材料的应用范围、应用工艺特征或组成划分小类。
各类代号符合表 2-1、表 2-2 规定。

电气绝缘材料产品分类代号

表 2-1

大类 代号	大类 名称	小类 代号	小类名称	大类 代号	大类 名称	小类 代号	小类名称
1	漆、 可聚 合树 脂和 胶类	0	有溶剂漆	4	模塑 料类	0	木粉填料为主的模塑料
		1	无溶剂可聚合树脂			1	其他有机填料为主的模塑料
		2	覆盖漆、防晕漆、半导体漆			2	石棉为主的模塑料
		3	硬质覆盖漆、瓷漆			3	玻璃纤维填料为主的模塑料
		4	胶粘漆、树脂			4	云母填料为主的模塑料
		5	熔敷粉末			5	其他有机填料为主的模塑料
		6	硅钢片漆			6	无填料塑料
		7	漆包线漆、丝包线漆			7	—
		8	灌注胶、包封胶、浇铸树脂、胶泥、腻子			8	—
		9	—			9	—
2	树脂 浸渍 纤维	0	棉纤维漆布	5	云母制 品类	0	云母纸
		1	—			1	柔软云母板
		2	漆绸			2	塑形云母板
		3	合成纤维漆布、上胶布			3	—
		4	玻璃纤维漆布、上胶布			4	云母带
		5	混织纤维漆布、上胶布			5	换向器云母板
		6	防晕漆布、防晕带			6	电热设备用云母板
		7	漆管			7	衬热垫云母板
		8	树脂浸渍无纬绑扎带			8	云母箔
		9	树脂浸渍适形材料			9	云母管
3	层压制 品、卷 绕制品、 真空压 力浸渍 制品和 引拔制 品	0	有机底材层压板	6	薄膜、 粘带和 柔软复 合材料	0	薄膜
		1	真空压力浸胶制品			1	薄膜上胶带
		2	无机底材层压板			2	薄膜粘带
		3	防晕板及导磁层压板			3	织物粘带
		4	—			4	树脂浸渍柔软复合材料
		5	有机底材层压管			5	薄膜绝缘纸软复合材料、薄膜漆布软复合材料
		6	无机底材层压管			6	薄膜合成纤维纸软复合材料、薄膜合成纤维非织布软复合材料
		7	有机底材层压棒			7	多种材质软复合材料
		8	无机底材层压棒			8	—
		9	引拔制品			9	—

续上表

大类代号	大类名称	小类代号	小类名称	大类代号	大类名称	小类代号	小类名称
7	纤维制品类	0	非织布	8	绝缘液体类	0	合成芳香烃绝缘液体
		1	合成纤维纸			1	有机硅绝缘液体
		2	绝缘纸			2	—
		3	绝缘纸板			3	—
		4	玻璃纤维制品			4	—
		5	纤维毡			5	—
		6	—			6	—
		7	—			7	—
		8	—			8	—
		9	—			9	—

电气绝缘材料的温度指数代号

表 2-2

代 号	温度指数 $\geq$	代 号	温度指数 $\geq$
1	105	5	180
2	120	6	200
3	130	7	220
4	155		

三、绝缘材料的基本性能

1. 绝缘强度与电击穿

绝缘材料被外部施加的电压击穿时的电压值即为绝缘强度，单位为 kV/mm 。它表征绝缘材料在外加电压达到某一极限值时，保持绝缘性能的能力。绝缘强度越大，使之击穿的电压则越高。

常用绝缘材料的绝缘强度如下：

空气 3.3kV/mm 变压器油 $18.0 \sim 21.0\text{kV/mm}$ 沥青玻璃云母带 $16 \sim 25\text{kV/mm}$ 。

任何绝缘材料当外加电压高于临界值时，通过材料的电流剧增，从而失去绝缘性能，此现象称为绝缘材料的电击穿。不同的绝缘材料，发生电击穿的机理和影响因素各不相同。

气体绝缘材料的电击穿一般是因电子碰撞游离而引起的。影响因素有：

气压 气压越高或越低，越不易击穿；

电极形状 表面越尖锐，越容易电击穿；

纯净度 气体含杂质越高，越容易电击穿。

纯净液体绝缘材料的电击穿机理与气体相似，但由于液体分子密度大，碰撞游离困难，因