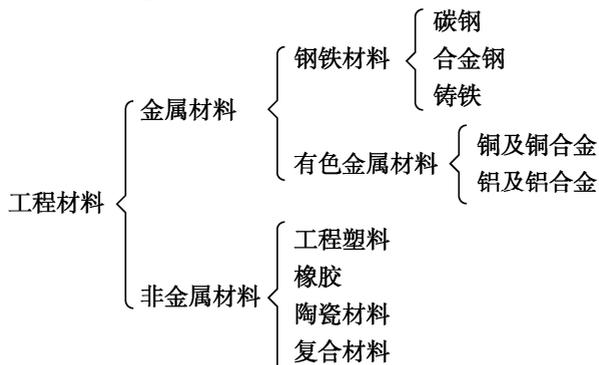


常用工程材料

工程材料主要是指在机械、车辆、船舶、化工、电气仪表等工程领域中，用于制造工程结构件和机械零件的材料，也包括一些用于制造工具的材料和具有特殊性能（如耐蚀、耐高温等）的材料。工程材料可分为金属材料（钢铁材料、有色金属材料）和非金属材料（工程塑料、橡胶、陶瓷材料、复合材料等）。



电子电器设备所用的材料主要包括结构钢、有色金属和工程塑料等。作为设备制造、操作及维修人员，熟悉常用材料的性能，掌握材料的品种、规格、牌号和使用范围，对合理选材、充分发挥材料性能，有着十分重要的意义。

2.1 金属材料的性能

纯金属和合金统称为金属材料。由于金属材料不仅资源丰富，而且具有许多良好的性能，因此被广泛地应用于制造各种构件、机械零件、工具和日常用具。

金属材料的性能是选择材料的主要依据，金属材料的性能包含使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料在使用条件下所表现出来的性能，它包括物理性能、化学性能和力学性能；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，它包括铸造性、锻造性、焊接性能、切削加工性和热处理性等。



2.1.1 金属材料的物理、化学性能

1. 金属材料的物理性能

金属材料的物理性能是金属材料本身所固有的属性，包括密度、熔点、导热性、热膨胀性、导电性、磁性等，如表 2-1 所示。

表 2-1 金属材料的物理性能

类别	含义	相关知识
密度	单位体积物质所含的质量	其单位为 kg/m^3 。根据密度的大小，金属材料可分为轻金属（密度小于 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，如铝、镁等）和重金属（密度大于 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$ ，如铁、铅等）。金属材料的密度直接关系到用它们所制造的构件和零件的自重。轻金属主要用在航天航空器上
熔点	金属材料从固态向液态转变时的温度	纯金属都有固定的熔点。熔点高的金属称为难熔金属，如钨、钼、钒等，可以用来制造耐高温零件；熔点低的金属称为易熔金属，如锡、铅等，可用于制造保险丝和防火安全阀零件等
导热性	金属材料在加热或冷却时能够传导热量的性能	导热性用热导率来衡量，符号为“ λ ”，单位是 $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 。热导率越大，导热性越好。金属的导热性以银为最好，铜、铝次之。合金的导热性比纯金属差。导热性好的金属散热也好，因此可用来制造散热器零件，如冰箱、空调的散热片
热膨胀性	金属材料随着温度变化而膨胀、收缩的特性	热膨胀性用线胀系数和体胀系数来表示，由膨胀系数大的材料制造的零件，在温度变化时，尺寸和形状变化较大，在实际工作中有时必须考虑热膨胀的影响。例如，精密测量工具就要选用热膨胀系数较小的金属材料来制造
导电性	金属材料传导电流的能力	导电性用电阻率来表示，电阻率越小，金属材料的导电性能越好。金属的导电性以银为最好，铜、铝次之。合金的导电性比纯金属差。电阻率小的金属（如铜、铝）用于制造导电零件和电线；电阻率大的金属或合金（如钨、钼等）用于制造电热元件
磁性	金属材料在磁场中受到磁化的性质	金属材料分为铁磁性材料（在外磁场中能强烈地被磁化，如铁、钴等）、顺磁性材料（在外磁场中只能微弱地被磁化，如锰、铬等）和抗磁性材料（能抗拒或削弱外磁场对材料本身的磁化作用，如铜、锌等）三类。铁磁性材料可用于制造变压器、电动机、测量仪表等。抗磁性材料可用于制造要求避免电磁场干扰的零件和结构材料，如航海罗盘



2. 金属材料的化学性能

金属材料的化学性能是指金属材料在化学作用下所表现出来的性能,如耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性,如表 2-2 所示。

表 2-2 金属材料的化学性能

类别	含 义	相 关 知 识
耐腐 蚀性	金属材料在常温下抵抗氧、水蒸气及其他化学介质腐蚀破坏作用的能力	金属材料在常温下会发生如钢铁生锈等腐蚀现象,腐蚀作用对金属材料的危害很大,它不仅使金属材料本身受到严重损伤,严重时还会使金属构件遭到破坏。为提高金属的防锈、防腐能力,往往采用涂油、涂漆及表面处理等方法
抗氧 化性	金属材料在加热时抵抗氧化作用的能力	金属材料的氧化随温度的升高而加速,例如,钢材在热加工(锻造、焊接等)时,氧化比较严重,不仅造成材料的过度损耗,还会形成各种缺陷。因此,在加热时,常在其周围形成一种还原气体或保护气体,以避免金属材料的氧化
化学 稳定 性	金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性的总称	金属材料在高温下的化学稳定性称为热稳定性。在高温条件下工作的设备上的零部件需要选择热稳定性好的材料来制造

2.1.2 金属材料的力学性能

金属材料在外力作用下所表现出来的性能称为力学性能,包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。金属材料在加工和使用过程中所受的作用力称为载荷(或称负载),根据载荷作用性质不同,可分为静载荷、冲击载荷和交变载荷。

1. 强度

金属材料在静载荷作用下,抵抗永久变形或断裂的能力称为强度。根据载荷作用方式的不同,强度可分为抗拉强度、抗压强度、抗剪强度和抗扭强度 4 种。一般情况下,常以抗拉强度作为判断金属强度高低的指标。

抗拉强度通过拉伸试验测定,表示材料在拉伸条件下所能承受的最大应力。强度的大小用应力(单位面积上的内力) σ 来表示。强度指标主要有屈服点(σ_s)和抗拉强度(σ_b)两种,它们是金属材料力学性能的重要指标之一,也是机械零件设计、选材的主要依据。



2. 塑性

金属材料在静载荷作用下，产生永久变形而不破坏的能力称为塑性。衡量金属材料塑性的指标有伸长率（ δ ）和断面收缩率（ φ ）。

金属材料的伸长率和断面收缩率越大，表示材料的塑性越好。塑性好的金属可以发生大的塑性变形而不破坏，便于经过挤压、冷拔等加工成复杂形状的零件。同时，塑性好的材料在受力过大时，由于首先产生塑性变形而不至于发生突然断裂，因此比较安全。

3. 硬度

金属材料抵抗比它更硬的物体压入其表面的能力称为硬度。硬度是衡量金属材料软硬程度的指标，它是材料塑性、强度等性能的综合体现。一般情况下，金属材料的硬度越高，耐磨性越好，强度也越高。

根据测试方法和原理的不同，硬度常用布氏硬度（HB）、洛氏硬度（HRC、HRB、HRA）、维氏硬度（HV）三种指标表示。

4. 韧性

金属材料在冲击载荷作用下，抵抗冲击能量而不被破坏的能力称为韧性。用冲击韧度（ a_k ）表示。冲击韧度值越大，表示材料的韧性越好。

5. 疲劳强度

金属材料在交变载荷作用下，可以经受无数次应力循环而不破坏的最大应力称为疲劳强度。用符号 σ_{-1} 表示。金属材料的疲劳强度与材料的成分、组织、表面状态有关。

由于疲劳断裂是突然发生的，具有很大的危险性，因此要选择抗疲劳强度较好的材料来制造承受交变载荷的零件。

金属材料常用力学性能指标及含义如表 2-3 所示。

表 2-3 金属材料常用力学性能指标及含义

力学性能	性能指标			含 义
	符号	名称	单位	
强度	σ_s	屈服点	Pa	材料产生屈服现象时的最小应力
	$\sigma_{0.2}$	条件屈服点	Pa	试样产生 0.2% 塑性变形时的应力
	σ_b	抗拉强度	Pa	材料在拉断前所承受的最大应力
塑性	δ	断后伸长率	$\times 100\%$	试样拉断后的伸长量与原标距长度的百分比
	φ	断面收缩率	$\times 100\%$	试样拉断后缩小的面积与原面积的百分比

续表

力学性能	性能指标			含 义
	符号	名称	单位	
硬度	HB	布氏硬度		球面凹痕单位面积上所承受的压力
	HRA HRB HRC	洛氏硬度		根据压痕深度来确定的硬度
	HV	维氏硬度		四棱锥压痕表面积所担负的平均压力
韧性	a_k	冲击韧性	J/cm^2	冲断试样单位面积上所消耗的冲击功
疲劳强度	σ_{-1}	疲劳强度	MPa	金属经受多次交变载荷作用而未发生断裂的最大应力

2.1.3 金属材料的工艺性能

金属材料的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。它包括铸造性、锻造性、焊接性、切削加工性和热处理性等。

1. 铸造性

金属材料铸造成型获得优良铸件的能力称为铸造性。衡量铸造性能的主要指标有流动性、收缩性和偏析。一般来说,金属材料流动性好,收缩率和偏析倾向小,则铸造性能就好。常用金属材料中,灰铸铁具有优良的铸造性能,铸钢的铸造性低于铸铁。

2. 锻造性

金属材料用锻压加工方法加工成零件或零件毛坯的难易程度称为锻造性。锻造性能的好坏主要与金属的塑性和变形抗力有关。塑性越好,变形抗力越小,金属的锻造性能越好。在钢铁材料中,低碳钢的锻造性最好,铸铁不能进行锻造。

3. 焊接性

金属材料在一定的焊接工艺条件下,获得优质焊接件的难易程度称为焊接性或可焊性。对碳钢和低合金钢,焊接性主要与金属的化学成分有关,低碳钢具有良好的焊接性,高碳钢、铸钢的焊接性较差。

4. 切削加工性

金属材料切削加工的难易程度称为切削加工性。切削加工性与金属材料的硬度、韧性等力学性能有关,一般认为金属材料具有适当的硬度(170HBS~220HBS)和足够的



脆性时较易切削，硬度过高或过低的金属材料都会给切削加工带来一定的困难。

2.2 常用金属材料

金属材料是最重要的工程材料，习惯上将金属及其合金分为两大类：

钢铁金属——主要是铁和铁为基的合金，如钢、铸铁等。

有色金属——钢铁材料以外所有金属及其合金，如铜、铝、镁及其合金。

随着现代工业的快速发展，新金属材料的不断涌现，金属材料的分类也趋于多样化。

金属材料中 90%左右为钢铁材料。钢铁材料是钢和铸铁的统称，它们是由铁和碳元素为主，并含有少量的硅、锰、硫、磷等杂质元素的铁碳合金，其中含碳量小于 2.11% 的称为钢，含碳量大于 2.11% 的称为铸铁。

钢的分类方法很多，常用的分类方法如表 2-4 所示。

表 2-4 金属材料常用分类方法

分类方法	类型	类型特征
化学成分	碳素钢	$\omega_c < 2.11\%$ ，而不含有特意加入合金元素的铁碳合金
	合金钢	为改善钢的性能而在碳钢的基础上加入一种或几种合金元素
含碳量	低碳钢	$\omega_c < 0.25\%$
	中碳钢	$0.25\% \leq \omega_c \leq 0.6\%$
	高碳钢	$\omega_c > 0.6\%$
质量 (硫磷含量)	普通钢	$S \leq 0.050\%$ ， $P \leq 0.045\%$
	优质钢	$S \leq 0.040\%$ ， $P \leq 0.040\%$
	高级优质钢	$S \leq 0.030\%$ ， $P \leq 0.035\%$
用途	结构钢	主要用于制造各种机械零件和工程结构件
	工具钢	主要用于制造各种刀具、模具和量具
	特殊性能钢	具有某些特殊物理、化学性能的钢

此外，钢还可按冶炼方法、冶炼时的脱氧程度、成型方法等进行分类。在实际使用中，往往将成分、用途、质量等几种分类方法结合起来。如将钢称为普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、碳素工具钢、合金结构钢等。

本节主要对电子电器设备中常采用的结构钢与其他一些常用金属材料的牌号、成分、性能、用途等进行简要介绍。

2.2.1 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢的碳质量分数在 0.06%~0.38%之间, S、P 等有害杂质含量较高。这类钢出厂时主要保证力学性能, 使用时一般不经过热处理。因价格便宜, 产量较大, 具有良好的焊接性能和压力加工性能, 因而大量用于工程结构件和一般机械零件。

普通碳素结构钢的牌号用“Q+数字”表示, 其中“Q”为屈服点“屈”字的汉语拼音的首字母, “数字”表示屈服强度的数值。例如, Q215 表示屈服强度为 215 MPa。牌号后面标注的字母 A、B、C、D 表示钢材质量等级, 其中 A 级质量最差, D 级质量最好。若在牌号后面标注字母“F”则表示脱氧方法为沸腾钢, 标注“b”为半镇静钢, 标注“Z”或不标注为镇静钢。

例如: Q235—A·F 表示屈服强度为 235MPa, 质量等级为 A 级, 脱氧方法为沸腾钢的普通碳素结构钢。

普通碳素结构钢的质量等级、化学成分、力学性能及用途举例如表 2-5 所示。

表 2-5 普通碳素结构钢的质量等级、化学成分、力学性能及用途举例

牌号	等级	化学成分 (%)					拉伸试验			用途举例
		C	Mn	Si	S	P	σ_s (Mpa)	σ_b (Mpa)	δ (%)	
				不大于						
Q195		0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	195	315~390	33	用于制作 钉子、铆钉、 垫块及轻负 荷的冲压件
Q215	A B	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050 0.045	0.045	215	335~410	31	
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65	0.30	0.050	0.045	235	375~460	26	用于制作 小轴、拉杆、 连杆、螺栓、 螺母、法兰等 零件
	B	0.12~0.20	0.30~0.70		0.045					
	C	≤ 0.18	0.35~0.80		0.040	0.040				
	D	≤ 0.17			0.035	0.035				
Q255	A B	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050 0.045	0.045	255	410~510	24	用于制作 拉杆、连杆、 转轴、心轴、 齿轮和键等
Q275		0.28~ 0.38	0.50~ 0.80	0.35	0.050	0.045	275	490~ 610	20	

2.2.2 优质碳素结构钢

优质碳素结构钢一般含碳量小于 0.7%, 出厂时既保证化学成分又保证力学性能, 钢



中的 S、P 等有害杂质的含量较少，化学成分稳定，塑性、韧性较好。优质碳素结构钢主要用来制造各种较重要的机器零件。

优质碳素结构钢的牌号用两位数字（平均含碳量的万分数）表示。若钢中锰质量分数较高，则在数字后附加符号“Mn”，如 15Mn、45Mn 等。若为高级优质碳素结构钢，则在其牌号后面加符号 A。

例如，20 表示碳质量分数为 0.2% 的优质碳素结构钢。

50MnA 表示含碳量为 0.5%，含锰量较高的高级优质碳素结构钢。

优质碳素结构钢的化学成分、性能、用途举例如表 2-6 和表 2-7 所示。

表 2-6 常见优质碳素结构钢的化学成分

牌号	化学成分 (%)				
	C	Mn	Si	S	P
08F	0.05 ~ 0.11	≤0.40	≤0.03	≤0.040	≤0.04
10	0.07 ~ 0.14	0.35 ~ 0.65	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.035
20	0.17 ~ 0.24	0.35 ~ 0.65	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.04
35	0.32 ~ 0.40	0.50 ~ 0.80	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.04
40	0.37 ~ 0.45	0.50 ~ 0.80	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.04
45	0.42 ~ 0.50	0.50 ~ 0.80	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.04
50	0.47 ~ 0.55	0.50 ~ 0.80	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.04
60	0.57 ~ 0.65	0.50 ~ 0.80	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.04
65	0.62 ~ 0.70	0.50 ~ 0.80	0.07 ~ 0.37	≤0.040	≤0.04

表 2-7 常见优质碳素结构钢的性能及用途

牌号举例	性能	用途
08F	塑性好	用于制作薄板、薄带、冷变形材、冷拉钢丝、冷冲压件、压延件等
10 20	强度、硬度低，塑性、韧性及焊接性良好	冲压件、焊接件。用于制作强度要求不高的机械零件及渗碳件，如仪表外壳、汽车车身、样板等
35 40 45 50	较高的强度、硬度，调质后，得到较好的综合力学性能	用于制作受力较大的机械零件，如轴、齿轮、套筒等
60 65	较高的强度、硬度和弹性，但焊接性差，冷变形、塑性低	用于制作较高的强度、耐磨性和弹性的零件，如弹簧等

注：08F 中的“F”表示沸腾钢。



2.2.3 碳素工具钢

碳素工具钢为含碳量一般在 0.7%~1.3%的碳钢,主要用于制造刀具、模具和量具,其硬度较高,耐磨性好,都是优质钢或者高级优质钢。

碳素结构钢的牌号用“T+数字”表示,其中“T”为碳素工具钢“碳”的汉语拼音的首字母,“数字”表示平均含碳量的千分数,若为高级优质碳素工具钢,则在其牌号后面加符号 A。

例如, T8A 表示含碳量为 0.8%的高级优质碳素工具钢。

碳素工具钢的牌号、性能及用途如表 2-8 所示。

表 2-8 常见碳素工具钢的性能及用途

牌号举例	性能	用途
T7 T8 T10 T10A T12 T12A	高硬度和高耐磨性	用于制作刀具、模具、量具等,如锤子、手工锯条、钻头、锉刀等

2.2.4 合金结构钢

合金结构钢是在碳素结构钢的基础上,有目的地加入某一种或多种合金元素而得到的钢。主要用于制造重要的机械零件和工程结构件。用这类钢代替碳素结构钢,不但使材料的各种性能提高了,而且也减轻了机件或结构件的自重,节约了钢材,降低了费用。按用途和热处理特点,合金结构钢可分为低合金结构钢、合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢等。

合金结构钢的牌号用“两位数字+元素符号(或汉字)+数字”表示,其中前面的“两位数字”表示钢的平均含碳量的万分数,“元素符号(或汉字)”表示所含的合金元素符号,后面的“数字”表示合金元素的平均含量的百分数,当合金元素含量小于 1.5%时不标出,如果平均含量为 1.5%~2.5%时则标为 2,如果平均含量为 2.5%~3.5%时则标为 3,以此类推。

例如, 60Si2Mn 表示平均含碳量为 0.6%,含硅(Si)为 2%,含锰(Mn)小于 1.5%的合金结构钢。



2.2.5 合金工具钢

合金工具钢广泛用于制作刀具、冷、热变形模具和量具。其淬硬性、淬透性、耐磨性和韧性均比碳素工具钢高。合金工具钢按用途可分为合金刀具钢、合金模具钢和合金量具钢。

合金工具钢的牌号用“一位数字（或没有数字）+元素符号（或汉字）+数字”表示，其中前面的“一位数字”表示钢的平均含碳量的千分数，当含碳量大于等于1%时，则不标出，后面的“元素符号（或汉字）+数字”的含义与合金结构钢相同。

例如，9SiMn表示平均含碳量为0.9%，硅（Si）和锰（Mn）的含量均小于1.5%的合金工具钢。

W18Cr4V表示平均含碳量大于1%，含钨（W）为18%，含铬（Cr）为4%，含钒（V）小于1.5%的合金工具钢。

2.2.6 其他常用钢铁材料

1. 不锈钢

不锈钢是指在大气和其他介质中具有很高的耐腐蚀性的钢种，是不锈钢耐酸钢的简称。不锈钢在石油化工、医疗、海洋开发及日常生活中都得到了广泛的应用，主要用来制造在各种腐蚀介质中工作并具有较高腐蚀抗力的零件或结构。例如，家用电动洗衣机中的波轮轴、汽轮机叶片、手术刀等。

对不锈钢的性能要求主要是耐腐蚀性。此外，制造重要结构零件时还要求高强度及较好的切削加工性等。不锈钢的耐腐蚀性能主要是靠钢中加入Cr、Ni、Mn等合金元素，使其组织均匀，其中Cr是最基本的元素（一般含量要大于13%）。同时，不锈钢耐腐蚀性要求越高，钢中碳的质量分数应越低。不锈钢按组织可分为马氏体不锈钢、铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢和双相不锈钢。在电子电器工业中常用的不锈钢牌号有1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13、1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti、1Cr17等。

2. 磁性材料

磁性材料是磁功能材料的简称。磁性是物质的基本属性之一，这一属性与物质其他属性之间相互联系，构成了各种交叉耦合效应和双重或多重效应，如磁光效应、磁电效应、磁声效应、磁热效应等。这些效应的存在又是发展各种磁性材料、功能器件和应用技术的基础。磁性材料在能源、信息和材料科学中都有非常广泛的应用。

磁性材料按用途和性能不同分为软磁材料和硬磁材料（永磁材料）。

(1) 软磁材料。软磁材料是指只有在外加磁场作用下才能显示出来的磁性,失去外加磁场后磁性即消失的材料。最常用的软磁材料有电工纯铁和电工硅钢等,广泛应用于制造电机、变压器、继电器等电器元件。

① 电工纯铁。电工纯铁是一种含碳量为 0.025%~0.04%的铁碳合金,纯度越高,磁性越好。主要在直流或低频下作用,用于制造断电器铁芯、电磁铁磁轭等。

② 电工硅钢。电工硅钢是在铁内加入少量的硅冶炼而成的合金钢,磁性能较好。硅钢片就是用电工硅钢轧制而成的厚度在 1mm 以下的薄钢板,工业上大量用来制造变压器和电机等的铁芯。

(2) 硬磁材料。硬磁材料也称永磁材料,是指在外加磁场消除后,仍然保持很高的并不易消失的磁性的磁性材料。硬磁材料具有很高的磁能积和较高的磁化强度及磁滞性能,常用来制造永久磁铁、电工仪表、电机等。常用的有铁镍铝永磁合金、铁钴钒永磁合金及近来发展的稀土永磁合金等。

除上述常用的软磁材料和永磁材料外,磁性材料还包括信息磁材料。信息磁材料是指用于光电通信、计算机、磁记录和其他信息处理技术中的存取信息类磁功能材料。信息磁材料包括磁记录材料、磁泡材料、磁光材料等。

2.3 有色金属

有色金属的种类很多,其产量和使用量虽不及黑色金属,但是由于它们具有许多与钢铁材料不同的特殊的性能,如高的导电性和导热性、较低的密度和熔点、良好的力学性能和工艺性能,因此是电子电器工业中的重要原材料之一。在电器工业中,最常用的有色金属是铜、铝及其合金。

2.3.1 铜及铜合金

1. 纯铜

纯铜俗称紫铜(因外观氧化后呈紫红色而得名)。纯铜的密度为 $9.9 \times 10^3 \text{kg/m}^3$,熔点为 1083°C ,它具有优良的导电性、导热性,良好的塑性,较高的耐腐蚀性,但强度、硬度较低,主要用于制作各种导电材料。

我国生产的工业纯铜的铜含量为 99.5%~99.95%,其牌号有 T1、T2、T3、T4 四种,“T”为“铜”字汉语拼音首字母。T1 纯度最高,T4 纯度最低。纯铜不能采用热处理强化,热处理只限于软化退火处理。纯铜不适合制造受力的结构零件,一般加工成棒、线、板和管等铜制品。



2. 铜合金

工业上广泛采用的是铜合金。常用的铜合金可分为黄铜、青铜和白铜三类。在制造工业中应用较广泛的是黄铜和青铜。

(1) 黄铜。黄铜是以锌为主加元素的铜合金。按照化学成分的不同，黄铜分为普通黄铜和特殊黄铜。

① 普通黄铜。普通黄铜是铜和锌的合金。普通黄铜具有良好的力学性能，色泽美观，耐腐蚀性、切削加工性能好，是工业上使用最广泛的一种黄铜。例如，H80，颜色为金黄色，又称金黄铜，可制作装饰品；H70，又称三七黄铜，具有较好的塑性和冷成形性，有弹壳黄铜之称；H62，又称四六黄铜，是普通黄铜中强度最高的一种。

普通黄铜的牌号用“H+数字”表示，其中“H”为黄铜的“黄”的汉语拼音的首字母，“数字”表示铜的质量分数。

例如，H62表示平均含铜（Cu）量为62%，其余为锌（Zn）的普通黄铜。

② 特殊黄铜。在普通黄铜中再加入少量其他合金元素所组成的合金，称为特殊黄铜。常加入的元素有铝、锰、锡、铅、硅等。它比普通黄铜具有更佳的性能，如加铅可以改善切削性能，加锡提高对海水的抗腐蚀性，加铝、锰、硅则提高强度、硬度和耐磨性。主要用于制造船舶零件、蒸汽机和拖拉机的弹性套管、分流器和导电排等结构零件、耐腐蚀零件等。

特殊黄铜的牌号用“H+主加元素符号+铜的百分含量+主加元素的百分含量”表示。

例如，HPb59-1表示平均含铜（Cu）量为59%，含铅（Pb）量为1%，其余为锌（Zn）的铅黄铜。

(2) 青铜。青铜是指铜与锌或镍以外的元素所组成的铜合金。它可分为普通青铜（锡青铜）和特殊青铜（无锡青铜）两类。

青铜的牌号用“Q+主加元素的符号及含量百分数+辅加元素的百分含量”表示，其中“Q”为青铜的“青”的汉语拼音的首字母。

例如，QSn4-3表示平均含锡（Sn）4%，含锌（Zn）3%，其余为铜的锡青铜。

① 普通青铜（锡青铜）。锡青铜是以锡为主加元素的铜合金。锡青铜在大气及海水中的耐腐蚀性好，广泛用于制造耐腐蚀零件。在锡青铜中加磷、锌、铝等元素，可以改善青铜的耐腐蚀性、流动性及切削加工性，使锡青铜的性能更好。

② 特殊青铜（无锡青铜）。特殊青铜是不含锡的青铜，大多数特殊青铜比锡青铜具有更高的力学性能、耐磨性与耐腐蚀性。根据主加元素的不同，特殊青铜主要有铝青铜、铍青铜、硅青铜和铅青铜等。

(3) 白铜。白铜是以镍为主加元素的铜合金。白铜具有优良的耐腐蚀性、耐热性、耐寒性和塑性，并且具有一定的强度，在电力、化工、仪表、医疗工业上应用广泛。



2.3.2 铝及铝合金

铝及其合金是工业中用量最大的有色金属,尤其在航空、电气和机械工程中应用更为广泛。铝是地壳中蕴藏量最多的金属,但由于化学活性很高,冶炼较为困难,故生产成本高,产量低。

1. 纯铝

纯铝呈银白色,具有以下优良性能。

(1) 密度为 $2.72 \times 10^3 \text{kg/m}^3$, 大约是铁的 1/3, 是一种较轻的金属材料。

(2) 导电、导热性好, 仅次于银、铜和金。因此常用它代替铜作为导电材料。

(3) 铝在空气中表面易形成致密的氧化铝薄膜 (Al_2O_3), 故能隔离空气, 具有良好的耐腐蚀性。

(4) 纯铝的强度低, 但塑性很好, 可以冷、热变形加工, 并可借加工硬化作用, 提高纯铝的强度。

工业纯铝的牌号用“L”(汉语拼音“铝”的首字母)表示。如 L1、L2……L7。L1 纯度最高(含 Al 为 99.7%), L7 纯度最低(含 Al 为 98%)。纯铝主要用来制造导电体、电线、电缆, 以及耐腐蚀器皿、生活用品和配制铝合金。

2. 铝合金

纯铝的强度很低 ($\sigma_b=80 \sim 100 \text{N/mm}^2$), 当加入适量硅、铜、镁、锌、锰等合金元素, 形成铝合金, 再经过冷变形和热处理, 则强度可以明显提高 ($\sigma_b=500 \sim 600 \text{N/mm}^2$)。铝合金按其成分和生产工艺特点, 可分为变形铝合金和铸造铝合金两类。前者的塑性好, 适于压力加工, 后者凝固温度低, 塑性差, 但充型时流动性好, 适于铸造。常用铝合金的种类、性能及用途如表 2-9 所示。

表 2-9 常用铝合金的种类、性能及用途

种类		合金系列	性能	用途
变形铝合金	防锈铝 (LF)	铝-锰系 铝-镁系	具有适中的强度和优良的塑性, 良好的耐腐蚀性。能通过冷变形来提高强度	主要用于制造耐腐蚀性好的容器, 如防锈蒙皮及受力小的结构件。常用的有 LF5、LF11、LF21 等
	硬铝 (LY)	铝-铜-镁系	密度小; 通过淬火、时效处理可以显著提高强度, 抗拉强度可达 400N/mm^2 ; 硬铝的耐腐蚀性差	主要用于制造飞机的大梁、隔框、空气螺旋桨及蒙皮等。在仪表、电器设备制造中也广泛应用。常用的有 LY1、LY11 和 LY12 等

续表

种类		合金系列	性能	用途
变形铝合金	超硬铝 (LC)	铝-铜-镁-锌系	强度比硬铝还高, 可达 600 N/mm^2 左右, 故名超硬铝; 超硬铝的耐腐蚀性较差	主要用于受力较大的构件及高载荷零件, 如飞机大梁、起落架等。常用的有 LC4 等
	锻铝 (LD)	铝-铜-镁-硅系 铝-铜-镁-镍-铁系	力学性能与硬铝相近, 有良好的热塑性及良好的耐腐蚀性, 适于锻造, 故名锻铝; 锻铝通过人工时效, 可使材料获得最佳强化效果	主要用于航空及仪表工业制造形状复杂、质量轻并且强度要求较高的锻件或冲压件, 如离心式压气机的叶轮、飞机操纵系统中的摇臂等。LD2 最常用
铸造铝合金		铝-硅系 铝-铜系 铝-镁系 铝-锌系	具有很好的铸造性能	常用来铸造形状复杂的零件, 如电动机、仪表壳体、气缸体等。铝-硅系合金是最常用的铸造铝合金

2.4 工程塑料

塑料是一种以有机合成树脂为基础, 再加入添加剂, 在加热、加压条件下塑造成型的一种高分子材料。其中合成树脂在塑料中的含量占 40%~100%, 对塑料的性能起决定性作用; 添加剂是根据不同的使用需要而加入的, 主要有填料或增强材料、固化剂、增塑剂、稳定剂等。塑料因具有质轻、化学稳定性好、强度高、成本低等特点而在近现代工业中应用广泛。

2.4.1 塑料的分类

1. 按树脂的性质分类

根据树脂在加热和冷却时所表现的性质不同, 可分为热塑性塑料和热固性塑料。

(1) 热塑性塑料。这类塑料的特点是加热时软化并熔融, 可塑造成型, 冷却后即成型并且保持既得形状, 而且该过程可反复进行。这类塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺 (尼龙)、聚甲醛、聚碳酸酯、聚苯醚等。

热塑性塑料的优点是加工成型简便, 具有较高的力学性能; 缺点是耐热性和刚性比较差。较后开发的氟塑料、聚酰亚胺、聚苯并咪唑等, 性能有了明显的提高, 如优良的耐腐蚀性、耐热性和耐磨性等, 是性能较好的高级工程塑料。

(2) 热固性塑料。这类塑料的特点是初加热时软化,可塑造成型,但固化后再加热将不再软化,也不溶于溶剂,这类塑料有酚醛、环氧、氨基、不饱和聚酯、呋喃和聚硅醚等。

热固性塑料的优点是耐热性好,受压不易变形。缺点是力学性能不好,但可加入填料来提高强度。

2. 按使用性能分类

根据使用性能,可将塑料分为通用塑料、工程塑料和特种塑料。

(1) 通用塑料。主要指应用范围广、生产量大的塑料品种。

(2) 工程塑料。主要指综合工程性能(包括力学性能、耐热耐寒性能、耐腐蚀性和绝缘性能等)良好,可代替金属使用的各种塑料。

(3) 特种塑料。一般是指具有特种功能,可用于航空、航天等特殊应用领域的塑料。如氟塑料和有机硅具有突出的耐高温、自润滑等特殊功用,增强塑料和泡沫塑料具有高强度、高缓冲性等特殊性能,这些塑料都属于特种塑料的范畴。

2.4.2 常用工程塑料

工程塑料是指被用做工业零件或外壳材料的工业用塑料,是强度、耐冲击性、耐热性、硬度及抗老化性均优的塑料。相对来说,它们产量较大,应用范围较广。主要有 ABS 树脂、聚碳酸酯、聚酰胺(尼龙)、聚甲醛等。制品有电视机壳、塑料齿轮、光学材料、密封垫等。

1. ABS 树脂

ABS 树脂是丙烯腈、丁二烯和苯乙烯的三元共聚物,是五大合成树脂之一。具有抗冲击性、耐热性、耐低温性、耐化学药品性及电气性能优良等优点,还具有易加工、制品尺寸稳定、表面光泽性好等特点,容易涂装、着色,还可以进行表面喷镀金属、电镀、焊接、热压和粘接等二次加工,是一种原料易得、综合性能良好、价格便宜的工程塑料。它的性能可以根据要求,通过改变单体的含量来进行调整。丙烯腈的增加,可提高塑料的耐热性、耐腐蚀性和表面硬度;丁二烯可提高弹性和韧性;苯乙烯则可改善电性能和成型能力。

ABS 树脂的最大应用领域是汽车、电子电器和建材。汽车领域的使用包括汽车仪表盘、车身外板、内装饰板、方向盘、隔音板、门锁、保险杠、通风管等很多部件;在电器方面则广泛应用于电冰箱、电视机、洗衣机、空调器、计算机、复印机等电子电器中;在建材方面应用于 ABS 管材、ABS 卫生洁具、ABS 装饰板等制作材料中。

2. 聚碳酸酯(PC)

聚碳酸酯是一种无色透明的无定性热塑性材料。它具有优良的综合性能、冲击韧性



和延性突出，在热塑性塑料中是最好的；绝缘性能优良、吸水性小；耐热性比一般尼龙、聚甲醛略高，且耐寒，可在 $-60\sim 120^{\circ}\text{C}$ 温度范围内长期工作。但自润滑性差，耐磨性比尼龙和聚甲醛低；不耐碱、氯化烃、酮和芳香烃；长期浸在氟水中会发生水解或破裂；有应力开裂倾向；疲劳抗力较低。

在制造工业中，聚碳酸酯主要用于制造受载不大，但冲击韧性和尺寸稳定性要求较高的零件，如轻载齿轮、心轴、凸轮、螺栓、螺帽、铆钉、小模数和精密齿轮、蜗轮、蜗杆、齿条等。利用其优良的电绝缘性能，可用于制造垫圈、垫片、套管、电容器等绝缘件，并可做电子仪器仪表的外壳、护罩等。由于其无色透明和优异的抗冲击性，还可用于玻璃装配业、汽车工业和电子电器工业、光盘、包装、计算机等办公室设备、医疗及保健、薄膜、休闲和防护器材等，如光碟、眼镜片、水瓶、防弹玻璃、护目镜、车头灯。

3. 聚酰胺 (PA)

聚酰胺又称尼龙或锦纶，是一种白色或淡黄色固体，质轻比重小。尼龙具有良好的力学性能，韧性很好，强度较高，具有突出的耐磨性和自润滑性能，耐腐蚀性也好，有一定的阻燃性，易于加工。但耐热性不高，工作温度不能超过 100°C ；导热性较差，约为金属的1%；吸水性高，成型收缩率大。

尼龙在制造工业中可用于制造要求耐磨、耐腐蚀的某些承载和传动零件，如轴承、齿轮、螺钉、螺母及其他小型零件等；在民用中可以混纺或纯纺成各种医疗用品及针织品。

4. 聚甲醛 (POM)

聚甲醛是由甲醛或三聚甲醛聚合而成的一种白色固体。这类塑料摩擦系数低而稳定，在干摩擦条件下尤为突出；具有较高的硬度、抗疲劳强度和抗冲击性能，良好的绝缘性能（其耐疲劳性能是热塑性塑料中最高的）。但它耐热性较差，收缩率大，使用温度一般为 $-40\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

聚甲醛已广泛应用于机械、电器仪表和化工部门制作主要受摩擦的各种零件，如轴承、齿轮、凸轮、辊子、阀杆等。加入少量聚四氟乙烯粉末或玻璃纤维等填料，可大大改善耐磨性能。

5. 特种工程塑料

特种工程塑料除具有工程塑料的特性外，其综合性能更高，长期使用温度在 150°C 以上，还具有特殊的功能和特殊的用途。主要应用于高技术工业，如原子能、火箭、卫星、航天、汽车、电子和运动器材等方面的结构材料。常用的特种工程塑料有氟塑料、硅树脂、聚酰亚胺、聚醚醚酮、液晶聚合物等。

除上述常用的工程塑料外，在电子电器设备中，还常以聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料等作为零部件的制作材料。例如，由于聚丙烯有质轻（是常用塑料中最轻

的)、绝缘性能和耐腐蚀性优良的特点,常用来制造法兰、风扇叶片、泵叶轮、洗衣机波轮与洗涤桶、仪表壳体等零部件的材料。



习题 2

1. 思考题

- (1) 常用的工程材料分哪几类,其中金属材料又可分为几类?
- (2) 什么是材料的物理性能,主要包括哪些特性?
- (3) 什么是金属材料的力学性能,主要有哪些指标?
- (4) 钢按化学成分、含碳量、用途、质量不同各分为哪几类?
- (5) 常用结构钢有哪些,分别说出各结构钢的牌号表示方法、性能及主要用途。
- (6) 磁性材料有哪几类,它们的性能与用途是什么?
- (7) 什么是黄铜,黄铜按照化学成分不同分为哪几类?分别说出它们的牌号表示方法、性能及主要用途。
- (8) 什么是工程塑料,常用的工程塑料有哪些?工程塑料有什么性能特点,并举例说明其主要用途。

2. 技能训练题

判别下列材料牌号或代号各属于哪一类工程材料,举例说明其用途。

Q235:

45:

L4:

QSn4-3:

1 Cr 13:

ABS: