

绪 论

1.1 机械制造工程实训的目的

机械制造工程实训是高等院校各专业教学计划中一个重要的实践性教学环节,是学生获得工程实践知识、建立工程概念、训练操作技能、培养创新意识的主要教育形式,是学生接触实际生产、获得生产技术及管理知识、进行工程师基本素质训练的必要途径。机械制造工程实训的目的如下。

(1) 建立起对机械制造生产基本过程的感性认识,学习机械制造的基础工艺知识,了解机械制造生产的主要设备。在实训中,学生要学习机械制造的各种主要加工方法及其所用主要设备的基本结构、工作原理和操作方法,并正确使用各类工具、夹具、量具,熟悉各种加工方法、工艺技术、图纸文件和安全技术。了解加工工艺过程和工程术语,使学生对工程问题从感性认识上升到理性认识。这些实践知识将为以后学习有关专业技术基础课、专业课及毕业设计等打下良好的基础。

(2) 培养实践动手能力,进行工程师的基本训练。工科院校是工程师的摇篮。为培养学生的工程实践能力,强化工程意识,学校安排了各种实验、实习、设计等多种实践性教学环节和相应的课程。机械制造工程实训就是其中一门重要的实践性教学课程。在实训中,学生通过直接参加生产实践,操作各种设备,使用各类工具、夹具、量具,独立完成简单零件的加工制造全过程,以培养对简单零件具有初步选择加工方法和分析工艺过程的能力,并具有操作主要设备和加工作业的技能,初步奠定工程师应具备的基础知识和基本技能。

(3) 全面开展素质教育,树立实践观点、劳动观点和团队协作观点,培养适应能力强、实干精神强、创新意识强的高质量工程人才。机械制造工程实训一般在学校工程训练中心的现场进行。实训现场不同于教室,它是生产、教学、科研三结合的基地,教学内容丰富,实训环境多变,接触面宽广。这样一个特定的教学环境正是对学生进行思想作风教育的好场所、好时机。例如,增强劳动观念,遵守组织纪律,培养团队协作的工作作风;爱惜国家财产,建立经济观点和质量意识,培养理论联系实际和一丝不苟的科学作风;初步培养学生生产实践中调查、观察问题的能力,以及运用所学知识分析问题、解决工程实际问题的能力。这都是全面开展素质教育不可缺少的重要组成部分,也是机械制造工程实训为提高人才综合素质,培养高质量人才需要完成的一项重要任务。

1.2 机械制造工程实训的要求

对高等院校学生进行机械制造工程实训的总要求是：深入实践，接触实际，强化动手，注重训练。根据这一要求，提出以下具体要求。

- (1) 全面了解机械零部件的制造过程及基础的工程知识和常用的工程术语。
- (2) 了解机械制造过程中所使用的主要设备的基本结构特点、工作原理、适用范围和操作方法，熟悉各种加工方法、工艺技术、图纸文件和安全技术，并正确使用各类工具、夹具、量具。
- (3) 独立操作各种设备，完成简单零件的加工制造全过程。
- (4) 了解新工艺、新技术的发展与应用状况，以及机电一体化、CAD/CAM/CAE 等现代制造技术在生产实际中的应用。
- (5) 了解机械制造企业在生产组织、技术管理、质量保证体系和全面质量管理等方面的工作及生产安全防护方面的组织措施。

1.3 机械制造工程实训的内容

任何机器或设备，例如汽车或机床，都是由相应的零件装配组成的。只有制造出合乎技术要求的零件，才能装配出合格的机器设备。一般情况下，要将原材料经铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成毛坯，然后由毛坯经切削加工制成零件。有的零件还需在毛坯制造和加工过程中穿插不同的热处理工艺。因此，一般的机械生产过程可简要归纳为



机械制造工程实训是对产品的制造过程进行实践性教学的重要环节。机械制造工程实训的具体内容包括两个方面。

- (1) 基础知识方面，即通过实训了解机械加工的基础知识，如铸造、锻造、焊接、热处理、切削加工、钳工及数控加工等各工种的生产过程及基本原理。
- (2) 基本技能方面，即对各种加工方法要达到能初步独立动手操作的能力。如铸造加工的湿砂造型及浇注，锻压加工的自由锻造，焊接方法的手工电弧焊、气焊和氩弧焊，操作车床、铣床、牛头刨床、平面磨床，钳工的锯、锉、錾、装配，数控机床的基本编程及操作等。

1.4 机械制造工程实训的考核

机械制造工程实训的考核是整个实训的重要环节，它既可以检查学生实训的效果，又可以衡量教师指导的能力，对提高实训教与学的质量起着十分重要的评估作用。

机械制造工程实训的考核可按以下内容进行评定。

- (1) 平时表现：考核学生的实训态度、组织纪律和实训单元作业的完成情况。

- (2) 操作能力：考核学生各工种独立操作技能的掌握水平。
- (3) 实训报告：考核学生按实训报告要求独立完成实训报告的质量。
- (4) 理论考试：考核学生应知应会方面的理论知识。

1.5 学生实训守则

1. 关于考勤的规定

(1) 实训学生必须严格遵守工程训练中心所规定的实训作息时间表，不得迟到、早退或中途离开。迟到、早退时间超过一小时视为旷课一天，未经实训指导人员同意擅自离开者，以旷课论处。

(2) 实训学生若有事要请假，请假半天以内须经实训指导人员同意，请假一天须由实训部长批准，请假一天以上须报工程训练中心主管领导批准。

(3) 实训学生请病假，必须持有校医院证明。

(4) 实训学生因故请假(公假、事假、病假)时间超过实训工种所需时间的 $1/5$ 者，应重修该工种所耽误的那部分实训内容。

(5) 因旷课时间超过实训工种所需时间的 $1/5$ 者，应补做该工种所耽误的那部分实训内容，并视情节，按学校规定给予纪律处分。

2. 关于实训的注意事项

(1) 遵守工程训练中心的一切规章制度，服从工程训练中心的安排和实训指导人员的指导。

(2) 按规定穿戴好劳动保护用品，不准带与实训无关的书刊报纸、娱乐用品等进入工程训练中心，不准穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋、吊带衣服等进入工程训练中心。

(3) 遵守组织纪律，按时上下班，不串岗，不迟到、不早退，有事请假。

(4) 尊重实训指导人员，注意听讲，仔细观察实训指导人员的示范。

(5) 爱护国家财产，注意节约用水、电、油和原材料。

(6) 认真操作，不怕苦，不怕累，不怕脏。

(7) 严格遵守各实训工种的安全技术规程，做到文明实训，保持良好的卫生习惯。

3. 关于操作机器设备的规定

(1) 一切机器、设备未经许可，不准擅自动手，如触动电闸、开关或拨动机床手柄等。

(2) 操作机器、设备时，必须严格遵守安全操作规程。

(3) 实训时应注意保养和爱护机器设备，正确使用和妥善保管工具、量具，无故损坏和丢失者，要视情节轻重折价如数赔偿。

(4) 每次实训完毕，应按规定做好清洁和整理工作。

1.6 机械制造工程实训的安全规则

在机械制造工程实训中,如果实训人员不遵守工艺操作规程或者缺乏一定的安全知识,很容易发生机械伤害、触电、烫伤等工伤事故。因此,为保证实训人员的安全和健康,必须进行安全实训知识的教育,使所有参加实训的人员都树立起“安全第一”的观念,懂得并严格执行有关的安全技术规章制度。

安全实训的基本内容就是安全。为了更好地实训,实训必须安全。安全实训的最基本条件是保证人和设备在实训中的安全。人是实训中的决定因素,设备是实训的手段,没有人和设备的安全,实训就无法进行。特别是人身的安全尤为重要,不能保证人身的安全,设备的作用无法发挥,实训也就不能顺利、安全地进行。

我国对不断改善劳动条件、做好劳动保护工作、保证生产者的健康和安全历来十分重视,国家制定并颁布了《工厂安全卫生规程》等文件,为安全生产指明方向。安全生产是我国在生产建设中一贯坚持的方针。

实训中的安全技术有冷、热加工安全技术和电气安全技术等。

热加工一般指铸造、锻造、焊接和热处理等,其特点是生产过程伴随着高温、有害气体、粉尘和噪声,这些都严重恶化了劳动条件。在热加工工伤事故中,烫伤、灼伤、喷溅和砸碰伤害约占事故的70%,应引起高度重视。

冷加工主要指车、铣、刨、磨和钻等切削加工,其特点是使用的装夹工具和被切削的工件或刀具间不仅有相对运动,而且速度较高。如果设备防护不好,操作者不注意遵守操作规程,很容易造成各种机器运动部位对人体及衣物由于绞缠、卷入等引起的人身伤害。

电力传动和电器控制在加热、高频热处理和电焊等方面的应用十分广泛,实训时必须严格遵守电气安全守则,避免触电事故。

避免安全事故的基本要点是:

(1) 绝对服从实训指导人员的指挥,严格遵守各工种的安全操作规程,树立安全意识和自我保护意识,确保充足的体力和精力。

(2) 严格遵守衣着方面的要求,按要求穿戴好规定的工作服及防护用品。

(3) 注意“先学停车再学开车”;工作前应先检查设备状况,无故障后再实训。

(4) 重物及吊车下不得站人;下班或中途停电,必须关闭所有设备的电气开关。

(5) 必须每天清扫实训场地,保持设备整洁、通道畅通。

(6) 严禁用手或嘴清除切屑,必须用钩子或刷子。



工程材料及热处理基础知识

实训目的和要求

- (1) 了解工程材料的种类及应用范围；
- (2) 了解常用金属材料的力学性能及符号的含义；
- (3) 掌握常用金属材料牌号表示的内容；
- (4) 掌握热处理的定义、目的、分类及使用范围；
- (5) 按照实训要求,能独立操作常用的热处理工艺(退火、正火、淬火、回火)。

安全操作规程

- (1) 实训操作时必须穿戴好防护用品。
- (2) 各种电阻加热炉在使用前,要检查其电源线路的接触是否良好,控制系统是否正常。
- (3) 进出炉时必须先断电。炉内工件装得不宜太多,不要使工件与电阻丝接触。
- (4) 淬火时应随时测试温度,硝酸盐和油脂淬火时应隔开。
- (5) 淬火工件应平稳和全部浸入淬火液中。淬火槽应有盖子,如淬液着火,应立即盖好盖子,并马上灭火。
- (6) 经过加热的热处理件不得靠近可燃物。
- (7) 下班后要切断火源、电源。

2.1 金属材料的主要性能

用来制造零件的金属材料应具有优良的使用性能及工艺性能。所谓使用性能,是指机器零件在正常工作情况下金属材料应具备的性能,它包括机械性能(或称为力学性能)、物理和化学性能。而工艺性能是指零件在冷、热加工制造过程中,金属材料应具备的与加工工艺相适应的性能。

1. 金属材料的机械性能

所谓机械性能,是指零件在载荷作用下所反映出来的抵抗变形或断裂的性能。机械性能指标是零件在设计计算、选材、工艺评定以及材料检验时的主要依据。由于外加载荷性质的不同(例如拉伸、压缩、扭转、冲击及循环载荷等),所以对金属材料的机械性能指标要求也将不同。常用的机械性能指标包括:强度、硬度、塑性、冲击韧性及疲劳强度等。

常用机械性能指标及其说明见表 2-1。

表 2-1 常用机械性能指标及其说明

机 械 性 能	性 能 指 标			说 明
	名 称	符 号	单 位	
强度：金属材料在外力作用下抵抗破坏（过量的塑性变形或断裂）的性能	抗拉强度	σ_b	MPa	金属拉断前的最大载荷所对应的应力，代表金属抵抗最大均匀塑性变形或断裂的能力
	屈服强度	σ_s	MPa	金属屈服时对应的应力，是对微量塑性变形的抵抗能力
塑性：金属材料在外力作用下产生塑性变形而不破坏的能力	延伸率	δ	%	试样拉断后标距长度的增量与原标距长度的百分比， δ 越大，材料的塑性越好。 $\delta = [(l_1 - l_0) / l_0] \times 100\%$ 式中： l_0 ——试样的原始标距长度，mm； l_1 ——试样拉断后的标距长度，mm
	断面收缩率	ψ	%	试样拉断处横截面积减小量与原横截面积的百分比， ψ 越大，材料的塑性越好。 $\psi = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100\%$ 式中： A_1 ——试样断口处的横截面积，mm ² ； A_0 ——试样原横截面积，mm ²
硬度：衡量金属材料软硬程度的指标	布氏硬度	HB	—	用载荷除以压痕球形面积所得的商作为硬度值，一般用于硬度不高的材料
	洛氏硬度	HR	—	根据压痕深度来衡量硬度，HRC 应用最广，一般经过淬火的钢件（20 HRC~67 HRC）都采用洛氏硬度
	维氏硬度	HV	—	用载荷除以压痕表面积所得的商作为硬度值，一般用于表面薄层硬化钢或薄的金属件的硬度
韧性	冲击韧性	α_k	J/cm ²	试样击断时所消耗的功——冲击功， α_k 值越大，材料的韧性越好。 $\alpha_k = A_k / A$ 式中： A_k ——试样击断时所消耗的冲击功，J； A ——试样缺口处的横断面积，cm ²
抗疲劳性	疲劳强度	σ_{-1}	MPa	金属材料经受多次（一般为 10^7 周次）对称循环交变应力的作用，而不产生疲劳破坏的最大应力

2. 金属材料的物理性能

金属材料的主要物理性能有密度、熔点、热膨胀性、导热性和导电性等。用于不同场合下的机器零件，对所用材料的物理性能要求是不一样的。

3. 金属材料的化学性能

金属材料在室温或高温时抵抗各种化学作用的能力即为化学性能，如耐酸性、耐碱性、抗氧化性等。

4. 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指材料对于相应加工工艺适应的性能,按加工工艺方法的不同,有铸造性、可锻性、可焊性、切削加工性及热处理性等。在零件设计时的选材环节中,一定要考虑到在选定的加工工艺方法下,该材料的相应工艺性能是否良好,否则便不选用它,而换用另一种材料或另一种加工工艺。

2.2 常用的工程材料

工程材料是指制造工程结构和机器零件使用的材料,主要包括金属、非金属和复合材料三大类。工程材料按其化学成分与组成的不同可进行如图 2-1 所示的分类。

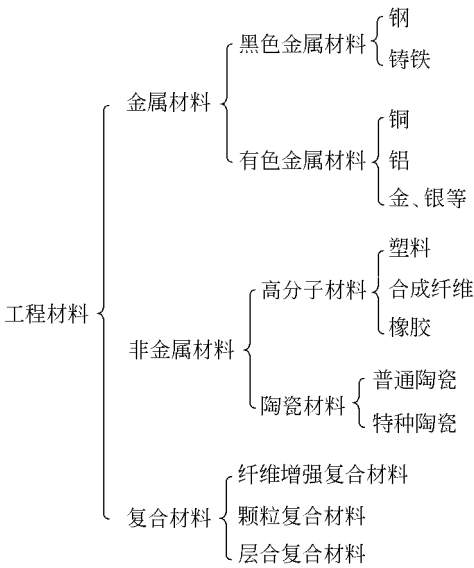


图 2-1 工程材料的分类

2.2.1 金属材料

金属材料是含有一种或几种金属元素(有时也含有非金属元素),以极微小的晶体结构所组成,具有金属光泽,有良好导电导热性能及一定力学性能的材料。金属材料通常指钢、铁、铝、铜等纯金属及其合金。

1. 钢

钢是碳的质量分数小于 2.11%(实际上小于 1.35%),并含有少量杂质元素的铁碳合金。钢具有良好的使用性能和工艺性能,而且产量大、价格较为低廉,因此应用非常广泛。

钢的分类方法很多,常见的分类方法如图 2-2 所示。

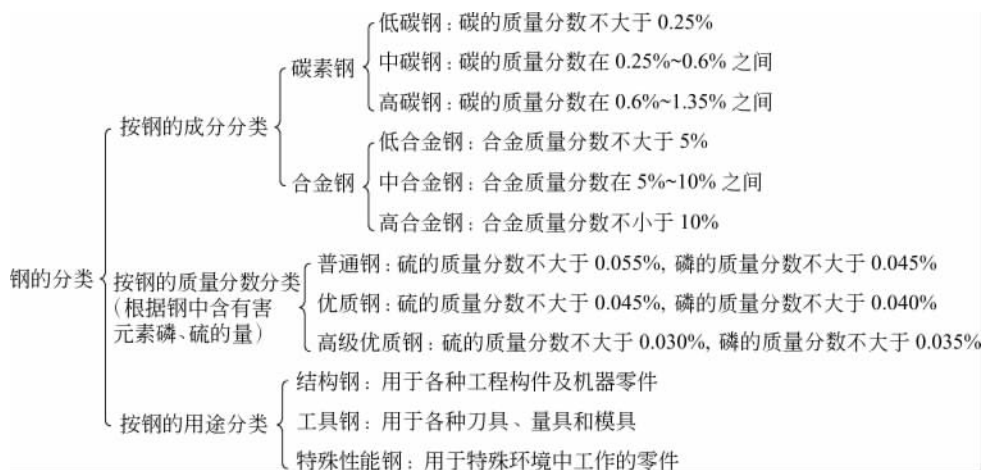


图 2-2 钢的分类

1) 碳素钢的牌号、性能及用途

碳素钢的熔炼过程比较简单,生产费用较低,价格便宜,主要用于工程结构,制成热轧钢板、钢带和棒钢等产品,广泛用于工程建筑、车辆、船舶以及桥梁、容器等构件。

常用的碳素钢的分类、牌号及应用如表 2-2 所示。

表 2-2 常用的碳素钢的分类、牌号及应用

分 类	牌 号		应 用 举 例
	牌号举例	符 号 说 明	
碳素结构钢	Q235AF	Q 表示屈服强度汉语拼音字首。 235 表示 $\sigma_s \geq 235$ MPa。 A 表示硫、磷的质量分数的大小。 F 表示沸腾钢	螺钉、螺母、螺栓、垫圈、手柄、小轴及型材等
优质碳素结构钢	20, 40, 45, 65	两位数字代表钢中平均碳的质量分数的万分数。例如, 45 钢中碳的平均质量分数为 0.45%	制造各类机械零件, 例如轴、齿轮、连杆、各种弹簧等
碳素工具钢	T7, T8, T12, T12A	T 表示碳工具钢汉语拼音字首。数字编号表示钢的平均碳的质量分数的千分数; 例如, T7 代表碳的质量分数约等于 0.7% 的优质碳素工具钢。 A 表示高级优质碳素工具钢, 钢中有害杂质(P、S)的含量较少	制造各类刀具、量具和模具。例如锤头、钻头、冲头、丝锥、板牙、锯条、刨刀、锉刀、量具、剃刀、小型冲模等

2) 合金钢的牌号、性能及用途

为了改善钢的某些性能或使之具有某些特殊性能,在炼钢时有意加入一些元素,称为合金元素。含有合金元素的钢,称为合金钢。

钢中加入的合金元素主要有 Si、Mn、Cr、Ni、W、Mo、V、Ti、Al、B 及稀土元素(Re)等。这类钢比碳钢具有更高的机械性能和某些特殊性能(如耐热、耐蚀、耐磨性能等),常用作重

要的机器零件和工具或要求特殊性能的零件。
常用的合金钢的分类、牌号及应用如表 2-3 所示。

表 2-3 常用的合金钢的分类、牌号及应用

分 类	牌 号		应用 举例
	牌号举例	符 号 说 明	
合金结构钢	16Mn, 40Cr, 60Si2Mn	数字编号表示钢中碳的平均质量分数的万分数。 元素符号表示加入的合金元素,当合金元素平均质量分数小于 1.5%时,只标出元素符号,而不标明其质量分数;元素的平均质量分数在 1.5%~2.5%之间时,元素符号后面写数字 2;当元素的平均质量分数在 2.5%~3.5%之间时,元素符号后面写数字 3	制造各类重要的机械零件,如齿轮、活塞销、凸轮、气门顶杆、曲轴、机床主轴、板簧、卷簧、压力容器、汽车纵横梁、桥梁结构、船舶结构等
合金工具钢	5CrMnMo, W18Cr4V, 9SiCr	数字编号表示钢中碳的平均质量分数的千分数。 元素符号表示加入的合金元素,当合金元素平均质量分数小于 1.5%时,则只标出元素符号,而不标明其质量分数;倘若元素的平均质量分数在 1.5%~2.5%之间时,元素符号后面写数字 2;当元素的平均质量分数在 2.5%~3.5%之间时,元素符号后面写数字 3	制造各类重要的、大型复杂的刀具、量具和模具,如板牙、丝锥、形状复杂的冲模、块规、螺纹塞规、样板、铣刀、车刀、刨刀、钻头等
特殊性能钢	1Cr18Ni9Ti, 4Cr9Si2, ZGMn13	不锈钢: 1Cr18Ni9Ti; 耐热钢: 4Cr9Si2; 耐磨钢: ZGMn13	不锈钢: 医疗器械、耐酸容器、管道等; 耐热钢: 加热炉构件、过热器等; 耐磨钢: 破碎机颚板、衬板、履带板等

2. 铸铁

铸铁是指碳的质量分数大于 2.11%的铁碳合金。工业上常用铸铁的碳的质量分数一般在 2.5%~4%之间,此外,铸铁中还含有较多的锰、硅、磷、硫等元素。

铸铁与钢相比,虽然机械性能较低(强度低、塑性低、脆性大),但却有着优良的铸造工艺性、切削加工性、消震性和减磨性等。因此,铸铁在生产中仍获得普遍应用。

铸铁中的碳,由于成分和凝固时冷却条件的不同,可以呈化合状态(Fe₃C)或游离状态(石墨)存在,这就使铸铁的内部组织、性能、用途方面存在较大的差异。通常铸铁可分为白口铸铁、灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁等。

常用铸铁的分类、牌号及应用如表 2-4 所示。

表 2-4 常用铸铁的分类、牌号及应用

分 类	牌 号		应用 举例
	牌号举例	符 号 说 明	
灰口铸铁	HT100 HT150 HT200 HT250 HT300 HT350	HT 表示灰铁汉语拼音字首。 数字表示该材料的最低抗拉强度值，单位是 MPa。例如，HT200 表示 $\sigma_b \geq 200$ MPa 的灰口铸铁材料	制造各类机械零件，如机床床身、飞轮、机座、轴承座、汽缸体、齿轮箱、液压泵体等
可锻铸铁	KT300-06 KT350-10 KT450-06 KT650-02 KT700-02	KT 表示可铁汉语拼音字首。 数字分别表示材料的最低抗拉强度值 (MPa) 和最低伸长率 ($\delta\%$)。例如，KT450-06 表示抗拉强度 σ_b 不低于 450 MPa，伸长率 δ 不低于 6% 的可锻铸铁材料	制造各类机械零件，如曲轴、连杆、凸轮轴、摇臂活塞环等
球墨铸铁	QT400-18 QT500-07 QT600-03 QT900-02	QT 表示球铁汉语拼音字首。 数字分别表示材料的最低抗拉强度值 (MPa) 和最低伸长率 ($\delta\%$)。例如，QT400-18 表示抗拉强度 σ_b 不低于 400 MPa，伸长率 δ 不低于 18% 的球墨铸铁材料	用它可以代替部分铸钢或锻钢件，制造承受较大载荷、受冲击和耐磨损的零件，如大功率柴油机的曲轴、轧辊、中压阀门、汽车后桥等

3. 铸钢

与铸铁相比，铸钢具有较高的综合机械性能，特别是塑性和韧性较好，使铸件在动载荷作用下安全可靠。此外，铸钢的焊接性较铸铁优良，这对于采用铸-焊联合工艺制造复杂零件和重要零件十分重要。但是，铸钢的铸造工艺性能差，为保证铸钢件的质量，还必须采取一些特殊的工艺措施，这就使铸钢件的生产成本高于铸铁。

我国碳素铸钢件的牌号根据 GB/T 11352—2014 规定，用铸钢汉语拼音字首“ZG”加两组数字组成，第一组数字代表屈服强度值 (MPa)，第二组数字代表抗拉强度值 (MPa)。铸钢的牌号有 ZG200-400、ZG230-450、ZG270-500、ZG310-570、ZG340-640 等。

4. 有色金属

除黑色金属钢铁以外的其他金属与合金，统称为有色金属或非铁金属。

有色金属具有许多与钢铁不同的特性，例如，高的导电性和导热性 (银、铜、铝等)；优异的化学稳定性 (铅、钛等)；高的导磁性 (铁镍合金等)；高的强度 (铝合金、钛合金等)；很高的熔点 (钨、铌、钽、锆等)。所以，在现代工业中，除大量使用黑色金属外，还广泛使用有色金属。

常用的有色金属主要有铝及铝合金和铜及铜合金两类。

1) 铝及铝合金

(1) 工业纯铝

工业纯铝的加工产品，按纯度的高低，分为 L1, L2, …, L7 等 7 个牌号，其中，L 是“铝”