



绪 论

机械制造工程实践是高等院校工科类各专业教学计划中的一个重要且是必修的实践性教学环节,是学生获得工程实践知识、建立工程意识、掌握基本操作技能的主要教育形式,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,也是学生从学校过渡到企业的一个必要环节。

1.1 机械制造工程实践的目的

(1) 了解有关机械制造工艺、机械制造生产过程及机械制造生产的主要设备,建立起对机械制造生产基本过程的感性认识。

在实践过程中,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、专业课及毕业设计打下良好的基础。

(2) 培养学生的实践动手能力、创新意识和创新精神,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。机械制造工程实践就是其中一门重要的实践性教学课程。在实践中,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,培养高质量人才。

机械制造工程实践一般在学校工程训练中心的现场进行。实践现场不同于教室,它是生产、教学、科研三结合的基地,教学内容丰富,实践环境多变,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,建立经济观念和质量意识,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践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 机械制造工程实践的要求

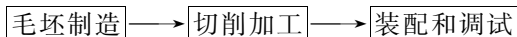
对高等院校学生进行机械制造工程实践的总要求是：接触实际，强化动手，深入实践，注重训练。根据这一要求，提出以下具体要求：

- (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、夹具和量具。
- (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。

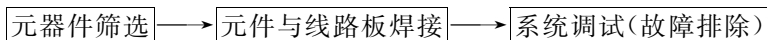
1.3 机械制造工程实践的内容

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。有的零件还需要在毛坯制造和加工过程中穿插不同的热处理工艺。因此对一般的机械生产过程做如下简要归纳。

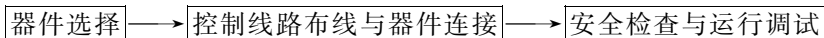
一般机械制造装配过程可简要归纳为：



一般的电子装配生产过程可简要归纳为：



一般的工业电气控制线路装配生产过程可简要归纳为：



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

- (1) 基础知识方面，即通过实践了解机械加工的基础知识，如铸造、锻造、焊接、热处理、钳工、电火花等特种加工，普通机床切削加工，数控机床加工的生产过程及基本原理；电子与电气装配及安全防护技术等。
- (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、刨床、平面磨床，钳工的锯、锉、铰、装配，数控机床的基本编程和操作等；典型电子元器件认知、电子电路基本原理，晶体管收音机等组装，三相电机的控制电路及实际应用，器件识别、控制线路的布线与连接等。

1.4 机械制造工程实践的考核

机械制造工程实践的考核是整个实践的重要环节,它既可以检查学生学习的实际效果,又可以衡量教师指导的能力,对提高实践教与学的质量起着十分重要的评估作用。

机械制造工程实践的考核可按以下内容进行评定。

- (1) 平时表现:考核学生的实践态度、组织纪律和实践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) 实践报告:考核学生按报告要求完成实践报告的质量;
- (4) 理论考试:考核学生应知应会方面的理论知识;
- (5) 评分标准:实践结束后,实践指导教师根据学生在实习过程中的出勤率、操作能力及平时表现按照百分制为每位学生给出相应的成绩。

1.5 学生实践守则

1. 关于考勤的规定

(1) 参加实践的学生必须严格遵守工程训练中心所规定的实践作息时间内、下课,不得迟到、早退或中途离开。迟到早退时间超过1小时视为旷课一天,未经实践指导人员同意擅自离开者,以旷课论处。

(2) 实践学生若有事要请假,请假半天以内须经实践部长批准,请假半天以上须经所在学院开具请假条并报工程训练中心主管领导批准。

(3) 实践学生请病假,必须持有医院或校医院证明。

(4) 实践学生请假(公假、事假、病假)时间少于实践工种所需要时间1/3者,应重修该工种所耽误的那部分实践内容。

(5) 实践学生在旷课或请假时间超过实践工种所需要时间1/3者,应重修该工种。

2. 关于实践的注意事项

(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践指导人员的指导。

(2) 按规定穿戴好劳动保护用品,不准带与实践无关的书刊报纸、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,长发同学应戴工作帽并将头发用发卡固定收好。

(3) 遵守组织纪律,按时上、下课,不串岗,不迟到,不早退,有事请假。

(4) 尊重实践指导人员,注意听讲,仔细观察实践指导人员的示范。

(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) 严格遵守各实践工程的安全技术规程,做到文明实践,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,如触摸电闸、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) 实践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) 实践期间应坚守岗位,如发现非正常现象,应立即停止工作,关闭电机并报告实践指导人员。
- (5) 每次实践完毕,应按规定做好清洁和整理工作。

1.6 机械制造工程实践的安全规则

在机械制造工程实践中,如果实践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。在此,为保证实践人员的安全和健康,必须进行安全实践知识和教育,使所有参加实践的人员都树立“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。

为了更好地实践,实践必须安全。安全实践的最基本要求是保证人和设备在实践中的安全。人是实践中的决定因素,设备是实践的手段,没有人和设备的安全,实践就无法进行。特别是人身的安全尤其重要,不能保证人身的安全,设备的作用无法发挥,实践也就不能顺利、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《中华人民共和国安全生产法(2009年版)》、《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。

实践中的安全技术有冷、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、焊接和热处理等工种,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,实践时必须严格遵守电气安全守则,避免触电事故。

避免安全事故的要点是:

- (1) 绝对服从实践指导人员的指挥,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”,工作前应该先检查设备状况,无故障后再进行实践。
- (4) 重物及吊车下不得站人,下课或中途停电,必须关闭所有设备的电气开关。
- (5) 必须每天清扫实践场地,保持设备整洁和通道畅通。
- (6) 严禁用手或嘴清除切屑,必须用钩子或刷子。
- (7) 严禁在实践场地内跑跳、打闹。



工程材料及热处理基础知识

教学目的与要求

- (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表示符号；
- (3) 掌握常用金属材料牌号表示方法；
- (4) 掌握热处理的定义、目的、分类及应用范围；
- (5) 按照实训要求,能独立操作常用热处理方法。

安全操作规程

- (1) 实训操作时必须穿戴安全防护服饰；
- (2) 工件进出炉时必须先断电,工件要合理地放置在炉中,不得过多或与电阻丝接触；
- (3) 淬火时要注意加热温度,感应淬火时注意工件不要触碰感应圈；
- (4) 经过加热的热处理件不得靠近可燃物；
- (5) 下班后要切断火源、电源。

2.1 金属材料的主要性能

金属材料根据成分、组织和状态等不同,其使用性能和工艺性能也各不相同。所谓使用性能是指零件在正常工作状态下金属材料应具有的性能,它包括机械性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指零件在加工制造过程中,金属材料应具有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,是指零件在外力作用时所反映出来的抵抗变形或断裂的性能。它是衡量金属材料的重要指标,是零件在设计计算、选材、工艺评定中的主要依据。金属材料的主要机械性能有:强度、硬度、塑形、冲击韧性及疲劳强度等。

金属材料常用机械性能指标及其说明见表 2-1。

表 2-1 金属材料常用的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	伸长率	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(20~67HRC)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	试样击断时单位面积所消耗的功——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。由于机器零件的用途不同,对于其物理性能的要求也有所不同,例如飞机零件要选用密度小的铝合金和钛合金等来制造;设计电机、电器的零件时,常要考虑金属材料的导电性等。

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。在腐蚀介质中或在高温下工作的零件,比在空气中或室温下受到的腐蚀更强烈。在设计这类零件时,应特别注意金属材料的化学性能,并采用化学稳定性良好的合金。

4. 金属材料的工艺性能

金属材料的工艺性能是指材料物理、化学、机械性能的综合,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,金属材料的工艺性能有铸造性、可锻性、可焊性、切削加工性和热处理性等。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,否则不能选用。

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所使用的材料,主要包括金属、非金属和复合材料。工程材料按照其化学成分与组织成分的不同可进行如图 2-1 所示的分类。

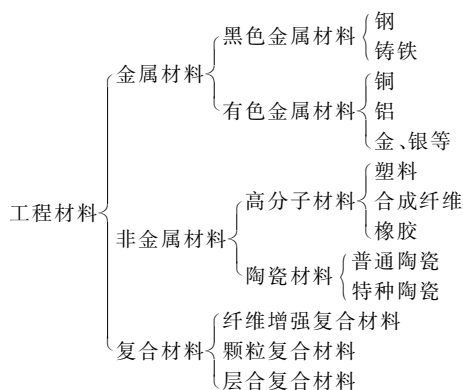


图 2-1 工程材料的分类

2.2.1 金属材料

金属材料是含有一种或多种金属元素,以极微小的晶体结构所组成的、具有金属光泽的、有良好导电导热性能及一定力学性能的材料。金属材料通常指铁、铝、铜、钢等纯金属及其合金。

1. 钢

钢是碳的质量分数小于 2.11% 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、价格低,因此应用非常广泛。

1) 钢的分类

钢的分类方法很多,常见的分类方法如图 2-2 所示。

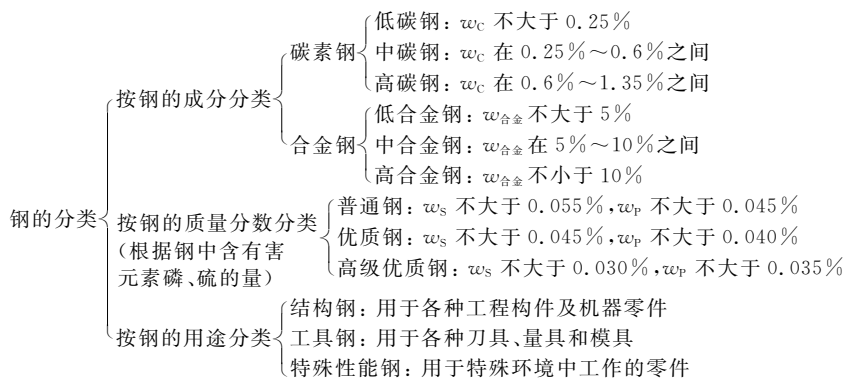


图 2-2 钢的分类

2) 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、钢带和钢棒等产品,广泛用于工程建筑、车辆、船舶及桥梁、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 $\sigma_s \geq 235 \text{MPa}$ 。 A: 表示硫、磷的质量分数的大小。 F: 表示为沸腾钢	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 钢中的平均碳的质量分数为 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

3) 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。

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: 表示钢的平均碳的质量分数的万分数。 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,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	制造各类重要的机械零件,例如齿轮、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

续表

分 类	牌 号		应用举例
	牌 号 举 例	符 号 说 明	
合金 工具钢	5CrMnMo W18Cr4V 9SiCr	数字编号：表示钢的平均碳的质量分数的千分数。 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。例如板牙、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
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

4) 钢的鉴别

钢的种类很多，性能上也有很大的不同，因此，对钢的鉴别是非常重要的。

(1) 化学方法 利用化学仪器分析其成分，可以准确定量、定性地判别各元素的成分和含量。但是这种检测方法复杂、费用高、时间长。

(2) 光谱等仪器法 利用光谱分析仪等仪器进行检测的一种方法。这种方法可以准确定量、定性地判别各元素的成分和含量，具有灵敏度高、检测速度快、准确率高的优点，但成本比较高。

(3) 电花鉴别法 根据钢材在砂轮上磨削时所射出的火花不同来定性的，大致鉴别低、中和高碳钢。磨削时由灼热粉末形成的线条状火花称为流线；流线在飞行途中爆炸而发出稍粗而明亮的点称为节点；火花在爆裂时所射出的线条称为芒线；芒线所组成的火花称为节花，如图 2-3 所示。碳的质量分数在 0.25% 以下的碳钢的火花特征是一次节花，碳的质量分数在 0.25%~0.6% 的中碳钢的火花特征是二次节花，高碳钢的火花特征是三次节花。这种方法简便，但只能大致判别碳钢和一些特殊钢的种类，不能定性地检测其含量。

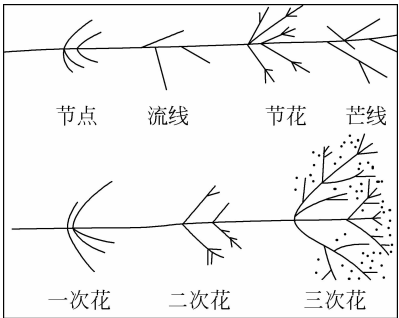


图 2-3 火花种类

(4) 金相、硬度法 通过取样→磨光(粗磨、细磨)→抛光(在抛光机上)→侵蚀(一般用 4% 硝酸酒精溶液)→吹干(电吹风)→观察(金相显微镜)进行大致的判别。这种方法不仅可以大致定性地分析判断钢的种类，还可以鉴别其热处理状态。此时的硬度一般用显微或维氏硬度，也可以在零件上直接打洛氏硬度检验。金相和硬度法虽然操作烦琐，但可以用来帮助分析其组织结构对性能的影响，是科研的好助手。

2. 铸铁

铸铁是指碳的质量分数大于 2.11% 的铁碳合金。工业上常用的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。

铸铁与钢比,虽然机械性能低(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、减振性和耐磨性等。因此,铸铁在生产中应用很广。

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 $\sigma_b \geq 200\text{MPa}$ 的灰口铸铁材料	制造各类机械零件,例如机床床身、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 450MPa,伸长率 δ 不低于 6% 的可锻铸铁材料	制造各类机械零件,例如曲轴、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 400MPa,伸长率 δ 不低于 18% 的球墨铸铁材料	用它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,例如大功率柴油机的曲轴、轧辊、中压阀门、汽车后桥等

3. 有色金属

除了黑色金属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(钛合金等); 很高的熔点(钨、铌、钽、锆等)。

常用的有色金属材料主要有铝及铝合金和铜及铜合金两大类。工业纯铝的强度低,主要用作配置铝合金及代替铜制作导线、电器盒散热器等。铝合金不仅具有较好的铸造性能和耐热性,而且还能用变质处理的方法使强度进一步得到提高,应用较为广泛,如用作内燃机活塞、汽缸头部、汽缸散热套等。铜及铜合金导电和导热性能好,而且耐腐蚀,主要用在抗腐蚀件和装饰品。近几年随着科技进步,由于钛及钛合金具有比强度高和生物相容性的特点,在航空航天和医疗行业得到了广泛的应用。