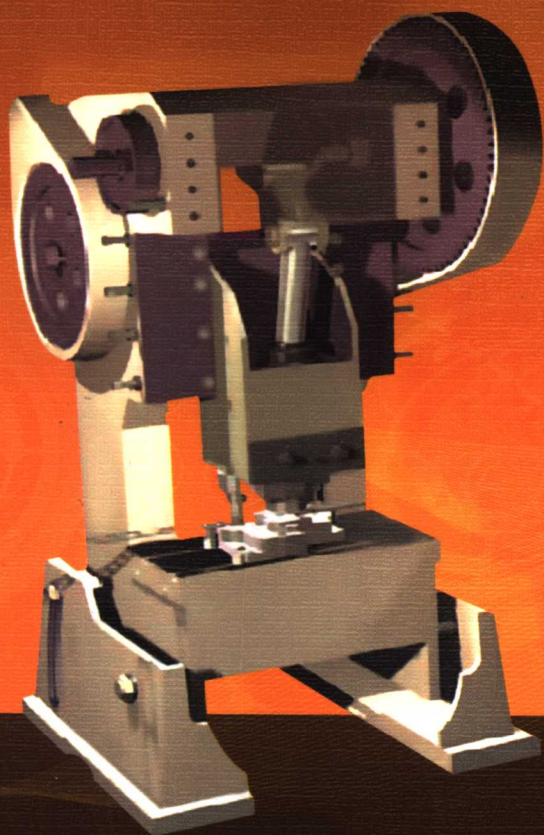




高职高专“十一五”规划教材

# 金工实习和 机械制造基础

方海生 主编 黄兴红 主审



化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

# 金工实习和机械制造基础

方海生 主编

黄兴红 主审



化学工业出版社

·北京·

本教材是实践教学环节和理论教学环节实现一体化教学的一次探索,内容兼顾金工实习和机械制造基础,注重知识的实用性,以适应现今高等职业教育人才培养的目标和课程改革的方向。

全书共13章,以金工实习的各项目为主要框架,各部分结合以相关的机械制造基础理论知识,学生在金工实习时,教师同时教授机械制造基础理论,既有利于教师教学,也方便学生很好地掌握这两部分内容,最后还附以生产技术管理的基本内容,组织严密、形式新颖、结构合理,每章后还配以思考题,帮助学生对所学内容进行巩固和提高。

本教材适用于高等职业院校和高等工程专科学校机制、机电以及与其相近的开设金工实习的各工科专业的学生。

### 图书在版编目(CIP)数据

金工实习和机械制造基础/方海生主编. —北京:化学工业出版社, 2007.7  
高职高专“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-122-00823-7

I. 金… II. 方… III. ①金属加工-实习-高等学校: 技术学院-教材②机械制造-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG-45 TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第097777号

---

责任编辑:王金生 高钰 陆雄鹰  
责任校对:宋夏

装帧设计:史利平

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张14 字数372千字 2007年8月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:19.80元

版权所有 违者必究

# 前 言

本教材是实践教学环节和理论教学环节实现一体化教学的一次探索，内容上兼顾金工实习和机械制造基础，注重知识的实用性，同时注重知识的科学性和严谨性，可以满足不同专业的学生对金工实习和机械制造基础理论的需求。具体教学时教学内容由理论教师和实践教师协商分配。

参加本书编写的人员有黄兴红（绪论、第3章），方海生（第1章、第5章、第8章、第10章、第11章、第12章、第13章），周平（第2章），华钱锋（第4章），陆人华（第6章），吴兴（第7章），葛建华（第9章）。

全书文字整理、插图设计由方海生完成。黄兴红进行审稿工作。

本书在编写过程中参考了有关教材、手册、资料，并得到众多同志的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，编写时间紧迫，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2007年3月

# 目 录

绪论 .....	1	5.4 切削用量 .....	81
<b>第 1 章 金属材料与热处理</b> .....	4	5.5 金属切削过程 .....	82
1.1 机械工程材料简介 .....	4	5.6 金属切削机床 .....	83
1.2 常用金属材料 .....	4	5.7 金属切削刀具 .....	85
1.3 金属材料的性能 .....	11	复习思考题 .....	89
1.4 金属的晶体结构与结晶 .....	12	<b>第 6 章 车削加工</b> .....	90
1.5 金属材料的热处理 .....	17	6.1 车削加工范围 .....	90
复习思考题 .....	23	6.2 车削加工的工艺特点 .....	90
<b>第 2 章 铸造</b> .....	24	6.3 车床及其操作 .....	91
2.1 铸造基本知识 .....	24	6.4 车削加工基本方法 .....	95
2.2 砂型铸造 .....	27	6.5 安全文明操作规程 .....	107
2.3 特种铸造 .....	34	6.6 车削加工综合训练 .....	108
2.4 铸件的检验 .....	37	复习思考题 .....	110
2.5 铸造实习安全技术 .....	38	<b>第 7 章 铣削加工</b> .....	111
复习思考题 .....	38	7.1 铣削加工基本知识 .....	111
<b>第 3 章 锻压</b> .....	39	7.2 铣削加工操作训练 .....	117
3.1 锻压概述 .....	39	7.3 铣平面 .....	120
3.2 自由锻造 .....	43	7.4 铣斜面 .....	126
3.3 模型锻造 .....	47	7.5 铣台阶 .....	127
3.4 胎膜锻造 .....	48	7.6 铣沟槽 .....	127
3.5 板料冲压 .....	48	7.7 铣燕尾槽 .....	128
3.6 其它压力加工方法简介 .....	50	7.8 螺旋槽的铣削加工 .....	129
3.7 自由锻实习 .....	53	7.9 直齿轮加工 .....	132
3.8 锻件质量与技术检验 .....	54	复习思考题 .....	137
3.9 锻造安全生产 .....	55	<b>第 8 章 刨磨镗拉</b> .....	138
复习思考题 .....	55	8.1 刨削加工 .....	138
<b>第 4 章 焊接成形</b> .....	56	8.2 磨削加工 .....	140
4.1 焊接概述 .....	56	8.3 镗削加工 .....	150
4.2 手工电弧焊 .....	57	8.4 拉削加工 .....	151
4.3 气焊和气割 .....	62	复习思考题 .....	152
4.4 其它焊接方法 .....	68	<b>第 9 章 钳工</b> .....	153
4.5 焊接工艺基础 .....	71	9.1 概述 .....	153
4.6 焊接用电安全 .....	77	9.2 划线 .....	154
复习思考题 .....	78	9.3 锯削和锉削 .....	157
<b>第 5 章 金属切削加工基本知识</b> .....	79	9.4 钻孔、扩孔、铰孔与绞孔 .....	162
5.1 金属切削加工的概念 .....	79	9.5 攻螺纹与套螺纹 .....	166
5.2 金属切削运动 .....	79	9.6 刮削 .....	167
5.3 切削加工中的工件表面的分类 .....	81	9.7 装配 .....	168

复习思考题 .....	169	11.2 加工精度、表面粗糙度 .....	183
<b>第 10 章 其它机械制造技术</b> .....	170	11.3 形状与位置公差 .....	186
10.1 概述 .....	170	11.4 常用量具及使用方法 .....	190
10.2 特种加工 .....	174	11.5 量具的维护与保养 .....	196
10.3 数控加工 .....	176	复习思考题 .....	196
10.4 快速成形技术 .....	178	<b>第 12 章 机械制造工艺</b> .....	197
10.5 超高速加工技术 .....	180	12.1 机械制造工艺基本知识 .....	197
10.6 超精密加工技术 .....	181	12.2 工艺分析能力训练 .....	203
10.7 虚拟制造技术 .....	181	复习思考题 .....	209
10.8 绿色制造技术 .....	182	<b>第 13 章 生产技术管理知识</b> .....	210
10.9 近净成形技术 .....	182	13.1 车间生产管理基本内容 .....	210
复习思考题 .....	182	13.2 专业技术管理基本内容 .....	213
<b>第 11 章 技术测量及常用量具</b> .....	183	复习思考题 .....	215
11.1 技术测量的基本知识 .....	183	<b>参考文献</b> .....	216

# 绪 论

任何机械，大至船舶、飞机、汽车，小至仪器、仪表等，都是由许多零件组成的。如一辆汽车是由车身、发动机、驱动装置、车轮等部分构成，其中每一部分又由若干零件组成。一台机床是由床身、工作台、刀架、主轴箱等部分构成，其中每一部分又由若干零件组成。所以制造的最基本单元是零件，不同的零件需用不同的材料（包括钢、塑料、橡胶和玻璃等）和不同的加工方法来制造。零件的制造是机械制造的主要内容。

(1) 机械制造系统与机械制造过程简介 制造业是通过制造过程，将制造资源（物料、能源、设备工具、资金、技术、信息和人力等）转化为可供人们利用的工业品或生活消费品的行业。

制造系统是制造过程及其所涉及的硬件（物料、设备、工具和能源等）、软件（包括制造理论、制造工艺和制造信息等）和人员组成的一个将制造资源转变为产品（含半成品）的有机整体。

机械制造系统是一种典型的、具体的制造系统，它具有制造系统所具有的一切基本特性。其组成如图 0-1 所示。

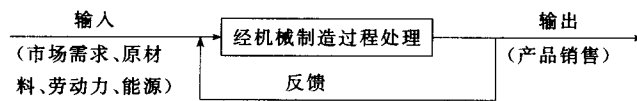


图 0-1 机械制造系统

机械制造过程如图 0-2 所示，它是一个从资源向产品或零件的转变过程。

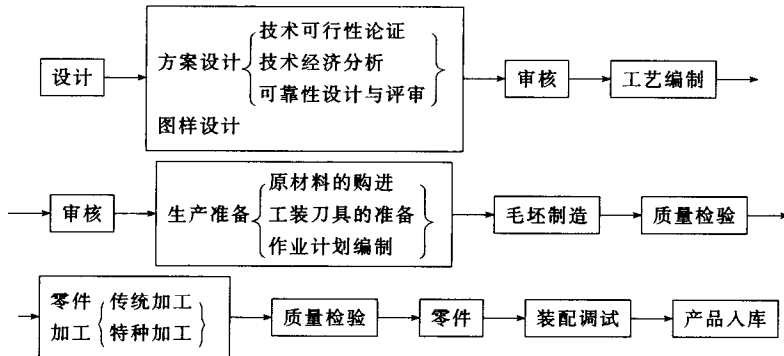


图 0-2 机械制造过程

长期以来，人们习惯于孤立地分别研究机械制造过程中所涉及的各种问题。在改进机床、工具和制造工艺等方面取得了长足的进步，也成功地应用于大批量生产。但是，在如何大幅度提高小批量生产的生产率方面，由于各种因素非常复杂，长期未能取得大的突破。至 20 世纪 60 年代末期，人们才开始运用系统的观点来认识和分析机械制造的全过程，并运用系统工程的理论和方法，根据机械制造系统的目的，从整体与部分、部分与部分、整体与外部环境之间的相互联系、相互作用及相互制约的关系中，综合地、准确地分析和研究制造系统，逐步获得了技术先进、经济合理、效率提高、整体协调运转的最佳效果。

(2) 材料应用与机械制造技术发展史 材料是人类文明的物质基础。材料的发现和广泛

应用,以及材料加工工艺的进步是推动人类社会发展的动力。正因为如此,历史上人们曾经将材料作为划分时代的标志,即将人类社会划分为石器时代、青铜器时代和铁器时代。

从古猿到原始人的漫长进化过程中,石器一直是人类使用的主要工具(除石器外,当然也应该有木器、竹器、骨器等,但都没有能像石器那样耐久而保留至今)。最初使用的是天然石块,以后慢慢学会了用石头相互撞击制造简单工具。后来逐步发展到磨制石器,按需要对石器进行磨光、磨尖、钻孔等,从而制作出石刀、石矛、石镞等精巧的石器。大约距今15000年左右,才开始出现复合工具,即将石斧、石刀、石镞等安装在木制、竹制或骨制的把柄上,特别是选择合适的木料和动物筋腱制成了弓、箭、弦等更加复杂的狩猎工具,使人类进入了新石器时代。

到原始社会末期,人类的祖先开始用火烧制陶器。原始的制陶技术起源于旧石器末期,到新石器时代已相当发达。制陶是人类第一次对材料的加工超出了仅仅改变材料几何形状的范围,开始能够改变材料的物理和化学性能,通过复杂的工艺过程,创造出自然界所没有的人工材料,同时对材料的加工不仅仅是利用人的体力,而且利用了火这种自然力。因此,制陶是古代材料应用及其加工技术的一次大重要进步。

人类在烧制陶器的过程中发明了冶铜术,后来又发现把锡矿石加到红铜中一起冶炼,制成的材料更加坚韧耐磨,这就是青铜,从而使人类于公元前5000年左右进入青铜器时代。青铜的出现在人类技术发展史上具有重要意义。

大约在公元前1200年左右,人类进入铁器时代。冶铁技术和铁器的发明是古代材料技术最重大的成就。最先掌握的是铸铁冶炼术,后来炼钢工业迅速发展,成为18世纪产业革命的重要内容和物质基础。1775年,英国人威尔肯逊为了制造瓦特发明的蒸汽机而制造了汽缸镗床,标志着人类用机器代替手工的机械化进入了新的发展时期。随后相继出现了各种类型的金属切削机床和刀具,以及自动线、加工中心、数控系统和无人化全自动工厂。

(3) 工程材料与机械制造技术发展趋势 在进入新世纪之时,现代科学技术飞跃发展。材料技术、能源技术、信息技术成为现代人类文明的三大支柱。现在,世界上已有传统材料数十万种,并且新材料的品种正以每年大约5%的速度在增长。多种多样的金属材料、高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料给社会生产和人们生活带来了巨大的变化。在工程材料的研究和应用方面,传统钢铁材料不断扩大品种规模,不断提高质量并降低成本,在冶炼、浇铸、加工和热处理等工艺上不断革新,出现了炉外精炼、连铸连轧、控制轧制等新工艺,微合金钢、低合金高强度钢、双相钢等新钢种不断涌现;在非铁金属及其合金方面,出现了高纯高韧铝合金、高温铝合金、高强高韧和高温钛合金、先进的镍基、铁基、铬基高温合金、难熔金属合金及稀贵金属合金等;快速凝固金属非晶和微晶材料、纳米金属材料、定向凝固柱晶和单晶合金等许多新型高性能金属材料 and 磁性材料、形状记忆合金等功能材料也层出不穷。

在机械加工工艺方面,各种特种加工和特种处理工艺方法也日益繁多。传统的机械制造工艺过程正在发生变化,如铸造、压力加工、焊接、热处理、胶接、切削加工、表面处理等生产环节采用高效专用设备和先进工艺,普遍实行工艺专业化和机械生产自动化;为适应产品更新换代周期短、品种规格多样化的需要,高效柔性加工系统获得迅速发展;计算机集成制造系统把计算机辅助设计系统(CAD)、计算机辅助制造系统(CAM)与生产管理信息系统(MIS)综合成一个有机整体,实现了机械制造过程高度自动化,极大地提高了劳动生产率和社会经济效益,机械制造的精密化和自动化是21世纪制造业的发展方向。

(4) 本课程教学任务 通过把金工实习的实践性教学环节和机械制造基础的理论性教学环节相结合的教学,使学生全面了解机器生产的过程,培养学生选择材料、制造毛坯、加工零件的能力,增强学生的工程实践能力,提高综合素质,培养创新精神和创新能力。同时初



步建立起市场、信息、产品、生产、管理、质量、成本、安全、环保等大工程意识。

(5) 本课程教学内容

① 理论教学：主线是工程材料→热加工基础→切削加工基础→机械加工工艺。

② 金工实习：车工、钳工、铣刨磨工、铸工、焊工等工种实习。

(6) 本课程性质与教学特点

① 课程性质。《机械制造基础》主要研究工程材料（以金属材料为主）及其加工工艺（以金属零件加工为主），故又称“金属工艺学”，简称“金工”。《金工实习》是“金属工艺学”的实践课程，也即以实践教学形式来学习机械制造的工艺方法及其过程。

② 教学特点。理论与实践紧密结合，全方位一体化组织教学，对机械制造基本理论知识的教学，采用课堂教学、现场教学、电化教学、座谈讨论等多种形式进行教学。对金工实习的教学在模拟仿真的生产环境中，由众多各具专长的指导教师通过实例进行操作示范、巡回指导、现场总结等形式组织训练。金工实习和机械制造基础理论教学采取基本同步的教学模式，有助于从理论上建立基本概念的同时，在实践中获得感性认识。既可以用基本理论知识指导操作训练，也可以通过实践操作中所见所闻与切身体会加深理解和强化理论知识。这是一个“有机结合、相辅相成”的学习过程，从而实现理论知识和实践技能互动式增长提高。

(7) 本课程学习方法

① 踏实地学习各工种的操作技能。在实践中不断体会、不断应用、不断充实、不断提高。

② 在每个章节学习中，都要贯穿“理论联系实际，科学主导工程”的思想。各门现代工程技术的背后都有严密的科学理论来主导工程系统的行为，许多所谓经验知识的取得，最终都要归结到普遍的科学原理。在实践过程中，要勤于思考，善于总结，自始至终都要和指导教师保持密切的交流，使他们多年的经验和收获都能为你所用。

③ 遵守安全生产制度，掌握安全生产技术，认真参加各类安全生产教育。

(8) 实习安全技术 在实习劳动中要进行各种操作，制作各种不同规格的零件，因此，常要开动各种生产设备，接触到加热炉、冲天炉、压力机、焊机、机床、砂轮机。为了避免触电、机械伤害、爆炸、烫伤和中毒等工伤事故，实习人员必须严格遵守工艺操作规程。只有实施安全文明生产实习，才能确保实习人员的安全和健康。

在实习劳动中必须自觉遵守实习工厂的劳动纪律，严格遵守电、冷、热加工中的安全操作规程。工作前必须穿好工作服，戴好防护用品；坚守工作岗位，不得擅自离岗；操作时必须思想集中，下班后机床必须擦拭干净，清理铁屑，打扫周围环境，做好交接班工作。

文明生产是极为重要的。例如在铸造生产中每次浇注前都要对浇注场地进行一次较为彻底的清理，做到整洁有序，工具、用具齐全，备用物资充足，运输通道畅行无阻，铸型周围不允许有棍棒、砖石、水盒等杂物。因为在运输金属液或浇注时，人的眼睛在热量和强光刺激下，会出现短暂的视物不清现象，所以此时一旦发生意外，由于地方零乱，人的眼睛从极亮的地方突然转向比较黑暗的地方，看不清东西就可能出现大问题。所以清理浇注场地是浇注工作的需要，并非是令人产生赏心悦目感觉的需要，这就是文明生产的意义所在。

(9) 实习要求 严格遵守实习工厂的劳动纪律和实习安全技术规则。

尊重实习指导老师，细心观察示范操作要领，认真领会操作技能。

进入岗位要养成良好的操作习惯，操作时思想集中，不怕苦，不怕脏，努力完成实习任务。

爱护设备和工量具，节约原材料，降低能源消耗。

在实习过程中要多看多问，了解常用金属材料和各种机械加工方法，做好实习笔记。

实习前应预习，实习后应完成实习报告和老师布置的作业。

# 第 1 章 金属材料与热处理

## 1.1 机械工程材料简介

机械工程材料可分为三类：金属材料、陶瓷材料和高分子材料，也可由此三类相互组合而成复合材料。

金属材料包括两大类型：黑色金属和有色金属。按含碳量不同，黑色金属主要包括钢和铸铁，是 Fe 与 C、Si、Mn、P、S 以及少量的其他元素所组成的合金。其中除 Fe 外，C 的含量对钢铁的机械性能起着主要作用，故统称为铁碳合金。它是工程技术中最重要、用量最大的金属材料。有色金属主要包括铝及铝合金、铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金、镁及镁合金、锌及锌合金等。传统的金属材料是能源、通信、交通运输、建筑、家用电器等行业中最基本的构成物质。金属材料虽不属高科技的先进材料，但因具有优良的力学性能、工艺性能和较低的成本，使其在 21 世纪中仍将占有重要地位。

普通陶瓷材料是由黏土、石英、长石等成分组成，主要作为建筑材料使用。而新型结构陶瓷材料，其化学组成和制造工艺都大不相同，其成分主要有氧化铝、氧化锆、氧化镁、氧化铍，碳化硅、碳化硼、碳化钛，氮化硅、氮化铝、氮化硼及各种复合陶瓷。这种新型结构陶瓷在性能上有许多优点，如：重量轻、熔点高，能耐高温、耐磨性能好，硬度高、化学稳定性高，有很好的耐蚀性等。新型结构陶瓷材料主要应用于航空航天、军事装备、汽车、机械、冶金、建材、环保、化工、医疗保健等各行业。

高分子材料按用途可分为塑料、合成纤维和橡胶三大类型。高分子材料用途极广，可用作计算机、打字机的外壳、电子通信设备中的连接元件、接线板和控制按钮，制作飞机或汽车中的窗玻璃和厂房中的采光天窗等。

金属材料、陶瓷材料和高分子材料自身都各有其优点和缺点，如把两种材料结合在一起，发挥各自的长处，又可在一定的程度上克服它们固有的弱点，这就产生了复合材料。现在的复合材料可分为三大类型：塑料基复合材料、金属基复合材料和陶瓷基复合材料。复合材料常用于航空航天器、战略导弹、各类卫星、发动机、机械密封、金属切削加工和金属冶炼工业、集成电路基片、汽车工业和石油工业等许多领域。

## 1.2 常用金属材料

### 1.2.1 钢

钢是含碳量为 0.03%~2.11% 的铁碳合金，部分钢材由于冶炼方便、加工容易、价格低廉，而且在多数情况下能满足使用要求，所以应用十分普遍。

(1) 按质量分类 按钢材中有害杂质磷、硫的含量可分为普通钢（含磷量 $\leq 0.045\%$ 、含硫量 $\leq 0.055\%$ ；或磷、硫含量均 $\leq 0.050\%$ ）；优质钢（磷、硫含量均 $\leq 0.040\%$ ）；高级优质钢（含磷量 $\leq 0.035\%$ 、含硫量 $\leq 0.030\%$ ）。

(2) 按化学成分分类 可分为碳素钢和合金钢两大类。碳素钢按含碳量又可分为低碳钢（含碳量 $\leq 0.25\%$ ）、中碳钢（ $0.25\% < \text{含碳量} < 0.6\%$ ）、高碳钢（含碳量 $\geq 0.6\%$ ）。随着含碳量升高，碳钢的硬度增加、韧性下降。合金钢是在碳钢的基础上加入一种或多种合金元素，使钢的组织结构和性能发生变化，从而具有一些特殊性能，如高硬度、高耐磨性、高韧性、耐腐蚀性等。经常加入钢中的合金元素有 Si、W、Mn、Cr、Ni、Mo、V、Ti 等。合金

钢按合金元素含量的高低又可分为低合金钢（合金元素总含量 $\leq 5\%$ ）；中合金钢（合金元素总含量为 $5\% \sim 10\%$ ）和高合金钢（合金元素总含量 $> 10\%$ ）。

(3) 按用途分类 可分为结构钢（工程结构钢、机器零件用钢等）、工具钢（制造刀具、模具、量具等）、特殊性能钢（如不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等）。

此外，还有按冶炼炉的种类，将钢分为平炉钢（酸性平炉、碱性平炉）、空气转炉钢（酸性转炉、碱性转炉、氧气顶吹转炉）与电炉钢。按冶炼时脱氧程度，将钢分为沸腾钢（脱氧不完全）、镇静钢（脱氧比较完全）及半镇静钢。

钢厂在给钢的产品命名时，往往将质量、成分、用途这三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、高级优质碳素工具钢、合金结构钢、合金工具钢等。碳钢的编号与应用见表 1-1。合金元素对钢性能的影响见表 1-2。合金钢的编号与应用见表 1-3。

表 1-1 碳钢的编号与应用

类别	编号方法		主要性能特点	应用	
	示例	说明		常用牌号	用途举例
碳素结构钢	Q235-A·F 或 Q235A·F	“Q”为“屈”的汉语拼音首字；“235”为屈服点数值，(N/mm <sup>2</sup> )；A、B、C、D为质量等级，由A到D依次提高；F、BZ、TZ分别表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢，“Z”与“TZ”常省略	含碳量较低，含S、P杂质较多，硬度较低，塑性较好，价格便宜	Q195、Q215A Q215B Q235A、Q235B Q235C、Q235D Q255A、Q255B Q275	薄板、焊接钢管、铁丝、钉、结构面板、烟囱等 薄板、中板、钢筋、条钢、钢管、焊接件、铆钉、小轴、螺栓、连杆、拉杆、外壳、法兰等 拉杆、连杆、键、轴、销钉、要求强度较高的某些结构件
	45 65Mn	正常含锰量时，以平均含碳量的万分数表示；较高含锰量( $w_c \leq 0.6\%$ 时， $w_{Mn}$ 为0.7%~1.0%； $w_c > 0.6\%$ 时， $w_{Mn}$ 0.9%~1.2%)时，以平均含碳量的万分数(不足千分之一时，数前加零)后附“Mn”表示	含P、S有害杂质较少，化学成分控制较严，力学性能较高，价格较低	08F、08、10F 10、15F、15 20、25	属低碳钢，塑性、韧性好，焊接性好，用作冲压板、焊接件、渗碳件、一般螺钉、铆钉、轴、垫圈等
				30、35、40、45 50、55	属中碳钢，综合力学性能好，机械加工性较好，用作各种受力较大的零件(如连杆、齿轮等)，也用于制造具有一定耐磨性的零件(50、55用作凸轮等)
60、65、70、75 80、85				属高碳钢，强度、硬度较高，弹性较好，用作各种弹性元件(如弹簧垫圈等)和耐磨零件(如凸轮、轧辊等)	
				15Mn~70Mn	性能与相应正常含锰量的各号钢基本相同，强度稍高，淬透性稍好，应用范围亦基本相同，宜制造截面尺寸较大，强度要求较高的零件
碳素工具钢	T10 T10A	“T”为“碳”的汉语拼音首字，后面的数值为碳的平均质量分数的千分数，当为高级优质碳素工具钢( $w_p \leq 0.02\%$ ， $w_s \leq 0.3\%$ )时，其牌号后加“A”	碳的质量分数较高(0.65%~1.35%)，含P、S较低属高碳优质钢，热处理可获得较高硬度和耐磨性	T7、T7A、T8 T8A	韧性较高，用作要求有较高韧性的工具，如木工工具，冲头等
				T9、T9A、T10 T10A、T11、T11A	用作要求中等韧性、较高硬度的工具，如丝锥、铰刀、板牙等
				T12、T12A、T13 T13A	用作要求耐磨性好，但韧性可较低的工具，如量具、锉刀、刻字刀等

续表

类别	编号方法		主要性能特点	应用	
	示例	说明		常用牌号	用途举例
铸造碳钢 (简称铸钢)	ZG200~400	“ZG”为“铸钢”的汉语拼音字首,其后的第一组数字为屈服点(N/mm <sup>2</sup> );第二组数值为抗拉强度(N/mm <sup>2</sup> )	用铸造方法成形,其综合力学性能高于各类铸铁,适合制造形状复杂,强度、硬度和韧性要求都高的零件。由于其焊接性好,还便于采用铸-焊联合结构制造形状复杂的大型零件	ZG200~400	塑性、韧性、焊接性均好,用作受力不太大、韧性要求高的各种机件,如机座、变速箱壳体等
				ZG230~450	强度较高、塑性、韧性较好、焊接性好、切削加工性尚可,用作受力不太大,韧性要求较高的各种机件,如外壳、阀体等
				ZG270~500	强度较高、塑性较好、铸造性及切削加工性好、焊接性尚可,用途较广,如轴承座、连杆、箱体、缸体、曲轴等
				ZG310~570 ZG340~640	强度、硬度、耐磨性高,切削加工性中等,流动性好,焊接性较差,裂纹敏感性较大,用作齿轮、棘轮等
易切削结构钢	Y15 Y40Mn	“Y”为“易”的汉语拼音字首,其后的数字为碳的平均质量分数的万分数,数字后为化学元素符号(“正常含量”的化学成分,其化学元素符号不标出)	系含 S、P、Mn 较高的碳素结构钢( $w_s$ 为 0.04%~0.33%, $w_p$ 为 ≤0.15%, $w_{Mn}$ 为 0.4%~1.55%),切削加工性非常好,力学性能与相同含碳量的碳素结构钢基本相同	Y12、Y12Pb Y15、Y15Pb Y20、Y30 Y35、Y40Mn Y45Ca 等	用途与相同含碳量的碳素结构钢基本相近

表 1-2 合金元素对钢性能的影响

合金元素	对钢性能的影响
Si	提高强度、改善磁性,提高耐腐蚀性和耐热性,提高淬透性
Mn	减轻热脆性,提高强度、硬度、淬透性,是高锰耐磨钢的主要元素
Cr	提高强度、韧性、淬透性、抗氧化性和耐腐蚀性
Ni	提高强度、韧性、耐腐蚀性、耐热性、淬透性
Mo	提高淬透性,改善高温强度 <sup>①</sup> ,红硬性 <sup>②</sup> ,提高耐蚀性
W	提高硬度、耐磨性,改善高温强度、红硬性
V	提高耐磨性,改善强度和韧性
Ti	提高强度、硬度、耐热性
B	提高淬透性
Al	阻止晶粒长大,耐高温氧化(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Cu	增加强度,耐大气腐蚀
P	提高耐蚀性,改善切削加工性
RE	改善耐热、耐蚀、抗氧化性,提高冲击韧性、塑性

① 指材料在较高温度下的强度。

② 指材料在较高温度下仍然保持较高硬度的性能。

表 1-3 合金钢的编号与应用

类别	编号方法		主要性能特点	应用		
	示例	说明		常用牌号	用途举例	
合金结构钢	低合金结构钢 (原称普通低合金钢)	1. 前面的数字为钢中碳的平均质量分数的万分数, 其后依次为合金元素符号及其平均质量分数的百分数(合金元素的平均质量分数 < 1.5% 时, 数字略去) 2. 滚动轴承钢编号“G”为“滚”的汉语拼音字首, 其后为铬的元素符号 Cr 及其平均质量分数的千分数, 以后依次为其余合金元素的符号及其平均质量分数的百分数(合金元素的平均质量分数 < 1.5% 时, 数字略去)	较好的强度, 较好的塑性和耐磨性, 通常可在热轧状态下直接使用	Q295、Q345 Q390 等	广泛用于制造锅炉、船舶、桥梁、压力容器、建筑结构、车辆等的各种构件	
	合金渗碳钢		属低碳低合金钢, 通过渗碳, 整体强度高, “表硬内韧”	20Cr、20MnV 20CrMnTi 20MnVB 12CrNi 18Cr2Ni4WA 等	用于制造要求表面硬度高, 耐磨, 且受冲击的零件, 如汽车、矿用运输机上的齿轮, 内燃机凸轮、活塞销等	
	合金调质钢		1. 60Si2Mn 2. GCr15SiMn	属中碳低合金钢, 经调质处理后, 综合力学性能和切削加工性好	40Cr、40MnB 40MnVB 30CrMnSi 35CrMo 40CrMnMo 38CrMoAl 等	用于制造承受较大交变载荷、冲击载荷及在复杂应力条件下工作的重要零件, 如重要轴、连杆、齿轮、阀杆等
	合金弹簧钢			弹性好, 屈服点、疲劳强度高, 塑性、韧性好, 成形性能好	65Mn、60Si2Mn 50CrVA 等	用于制造各种弹性元件, 如各种螺旋弹簧、板弹簧等
	滚动轴承钢			强度、硬度高, 耐磨性好, 韧性、疲劳强度、耐腐蚀性较好	GCr15、GCr9 GCr9SiMn, GCr15SiMn 等	用于制造各种滚动轴承元件(钢球、滚子、滚针、轴承套等)、各类工具及耐磨零件
合金工具钢	低合金刀具钢	前面的数字表示碳的平均质量分数的千分数(平均 $w_c \geq 1\%$ 时, 不标出), 其后为合金元素符号及其平均质量分数的百分数(平均质量分数 < 1.5% 时, 数字不标出), 注意: 高合金刀具钢(高速钢)的含碳量均不注出	高的硬度, 耐磨性、红硬性; 良好的强度、塑性、冲击韧性	9SiCr、9Mn2V, CrWMn, Cr2 W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2 W9Mo3Cr4V	用于制造各种低速切削刀具, 如丝锥、板牙、刮刀等 其红硬性高于低合金刀具钢, 又称为高速钢、锋钢, 用于较高速度的切削刀具如车刀、铣刀、钻头	
	高合金刀具钢		高的硬度和耐磨性, 较好的强度和韧性	9SiCr、9Mn2V, CrWMn, Cr12 Cr12MoV, W18Cr4V	用于制造在室温下进行工作的模具, 如冷冲模、冲墩模、冷挤压模、拉丝模等	
	冷作模具钢		良好的抗疲劳能力、导热能力, 抗氧化能力、较高的强度、硬度、韧性、耐磨性	5CrMnMo, 5CrNiMo, 3Cr2W8V 等	用于制造在受热状态下进行工作的模具, 如热锻模、热墩模、热挤压模等	
	合金模具钢		高的硬度、耐磨性, 良好的尺寸稳定性、加工工艺性	9SiCr, CrWMn, GCr15	用于制造各种测量用具, 如块规、卡尺、塞规、样板等	
	量具钢					

续表

类别		编号方法		主要性能特点	应用		
		示例	说明		常用牌号	用途举例	
特殊性能钢	不锈钢	铬不锈钢	2Cr13, 00Cr12, 0Cr19Ni9	编号方法同合金工具钢, 但当平均含碳量 $\leq 0.03\%$ 时, 钢号前加“00”, 平均含碳量 $\leq 0.08\%$ 时, 钢号前加“0”表示	是不锈钢和耐酸钢的总称, 前者可抗大气腐蚀, 后者能耐化学介质腐蚀	1Cr13、2Cr13, 3Cr13	用于制造耐大气腐蚀, 能承受冲击载荷的零件, 如汽轮机叶片、量具、刀具等
		铬镍不锈钢				1Cr17	可耐酸, 耐大气腐蚀, 通用性好, 用于建筑装饰、家电、工厂设备等
	耐热钢	抗氧化钢				3Cr18Mn12Si2V 0Cr19Ni9, 2Cr20Mn9Ni	具有良好的抗高温氧化能力
		热强钢			1Cr18Ni9Ti, 3Cr9Si2, 4Cr14Ni14W2Mo	高温下具有良好的抗氧化能力和较高强度	用于制造各种高温下受较大载荷的零件, 如内燃机排气门、化工高压容器、螺栓等
	耐磨钢				ZGMn13	又称高锰钢, 在强烈冲击、高压或摩擦条件下, 具有高的硬度和耐磨性, 一般是铸造成形	用于制造耐磨且耐强烈冲击的零件, 如坦克和拖拉机的履带、挖掘机铲齿、铁路道岔等

### 1.2.2 铸铁

含碳量为 2.11%~4.3% 的铁碳合金称铸铁。铸铁硬而脆, 但耐压耐磨。根据铸铁中碳存在的形态不同可分为白口铸铁 (铁碳合金中的碳以渗碳体形式出现, 断口呈银白色, 质硬而脆, 不能进行机械加工, 是炼钢的原料, 故又称炼钢生铁)、灰口铸铁 (碳以粗片状石墨出现, 断口呈银灰色, 易切削, 易铸, 耐磨)、可锻铸铁 (碳以团絮状石墨形式出现)、球墨铸铁 (碳以球状石墨形式出现, 其机械性能、加工性能接近于钢)、蠕墨铸铁 (碳以蠕虫状石墨形式出现)、特殊性能铸铁 (在铸铁中加入特种合金元素, 在特种条件下有十分重要的应用, 如耐磨铸铁、冷硬铸铁、耐热铸铁、耐蚀铸铁等)。铸铁的编号与应用见表 1-4。

表 1-4 铸铁的编号与应用

类别	编号方法		主要性能特点	应用	
	示例	说明		牌号	用途举例
灰铸铁	HT200	“HT”为“灰铁”汉语拼音字首, 其后数字为抗拉强度最低值 ( $N/mm^2$ )	力学性能较低, 铸造性、切削加工性、减振性、耐磨性好, 缺口敏感性低	HT100	低载荷, 不重要零件, 如手轮、防护罩等
				HT150	中等载荷零件, 如机座、变速箱体、支架等
				HT200、HT250	较大载荷的重要零件, 如机体、床身、轴承座等
				HT300, HT350	高载荷、高耐磨的重要件, 如凸轮、齿轮、重要机座等

续表

类别	编号方法		主要性能特点	应用				
	示例	说明		牌号	用途举例			
球墨铸铁	QT400-15	“QT”为“球铁”汉语拼音字首,其后第一组数字为抗拉强度最低值(N/mm <sup>2</sup> ),第二组数字为伸长率最低值(%)	力学性能远远超过灰铸铁,某些指标接近钢,保持灰铸铁优良的铸造性、切削加工性、耐磨性和低的缺口敏感性	QT400-18	强度要求较低的零件,如泵壳、阀体、机壳齿轮箱等			
				QT400-15				
				QT400-10				
							QT500-7	中等强度的零件,如机座、机架、齿轮、飞轮等
							QT600-3	较高强度和耐磨性的零件,如曲轴、缸体、缸套、连杆等
							QT700-2	
							QT800-2	
			QT900-2	高强度、高耐磨性的零件,如曲轴、凸轮轴、齿轮等				
可锻铸铁	KTH300-06 KTZ450-06 KTB450-07	“KT”为“可铁”汉语拼音字首,“H”、“Z”、“B”分别为黑心的“黑”、珠光体的“珠”、白心的“白”汉语拼音字首,其后第一组数字为抗拉强度的最低值(N/mm <sup>2</sup> ),第二组数字为伸长率的最低值(%)	力学性能优于灰铸铁,适于制作薄壁、形状复杂的小型铸件,但生产工艺复杂。应当指出可锻铸铁并不可锻	KTH300-06	受低的动载荷及静载荷,要求气密性好的零件,如中、低压阀门等			
				KTH330-08	受中等动载荷及静载荷的零件,如扳手、钢丝绳轧头等			
				KTH350-10	受较大冲击、振动及扭转负荷的零件,如差速器壳等			
				KTH350-12				
				KTZ450-06	受较大载荷,要求耐磨并有一定韧性的重要零件,如曲轴、凸轮轴、连杆、万向接头、棘轮等			
				KTZ550-04				
				KTZ650-02				
				KTZ700-02				
				KTB350-04	焊接性好,强度和耐磨性较差,应用较少,用作厚度在15mm以下的薄壁铸件和焊后不需热处理的零件			
				KTB380-04				
KTB400-05								
KTB450-07								
蠕墨铸铁	RuT420	“RuT”为“蠕铁”汉语拼音字首,其后数字为抗拉强度的最低值(N/mm <sup>2</sup> )	性能介于球墨铸铁与灰铸铁之间,强度较高	RuT420, RuT380	要求高强度和耐磨性的零件,如活塞环,制动盘等			
				RuT340	要求较高强度、刚度及耐磨性的零件,如重型机床工作台、大型齿轮箱体等			
				RuT300	要求较高强度与承受热疲劳的零件,如排气管、气缸盖等			
				RuT260	承受冲击载荷及热疲劳的零件,如汽车底盘零件等			

### 1.2.3 铝及铝合金

铝是分布较广的元素,在地壳中含量仅次于氧和硅,是金属中含量最高的。纯铝密度较低,为 $2.7\text{g/cm}^3$ ,有良好的导热、导电性(仅次于Au、Ag、Cu),延展性好、塑性高,可进行各种机械加工。铝的化学性质活泼,在空气中迅速氧化形成一层致密的氧化膜,因而具有良好的耐蚀性。但纯铝的强度低,只有通过合金化才能得到可作结构材料使用的各种铝合金。

铝合金的突出特点是密度小、强度高。铝中加入Mn、Mg形成的Al-Mn、Al-Mg合金,具有很好的耐蚀性,良好的塑性和较高的强度,称为防锈铝合金,用于制造油箱、容器、管道、铆钉等。硬铝合金的强度较防锈铝合金高,但防蚀性能有所下降,这类合金有Al-Cu-Mg系和Al-Cu-Mg-Zn系。新近开发的高强度硬铝,强度进一步提高,而密度比普通硬铝减小15%,且能挤压成形,用作摩托车骨架和轮圈等构件。Al-Li合金可制作飞机零件和承受载重的高级运动器材。

目前高强度铝合金广泛应用于制造飞机、舰艇和载重汽车等,可增加它们的载重量以及提高运行速度,并具有抗海水侵蚀、避磁性等特点。铝合金的编号与应用见表 1-5。

表 1-5 铝合金的编号与应用

类别	编号方法		主要性能特点	应用		
	示例	说明		牌(代)号 <sup>①</sup>	用途举例	
形变铝合金	防锈铝合金	LF5	“LF”为“铝防”汉语拼音字首,其后数字为顺序号	分为铝锰合金和铝镁合金。铝锰合金比纯铝有更高的耐蚀性、强度,良好的焊接性和塑性,但切削加工性较差。铝镁合金比纯铝的密度小,比铝锰合金的强度高,且有较好的耐蚀性	LF5 LF11 LF21	主要用于制造各种耐蚀性薄板容器、蒙皮及一些受力小的构件,在飞机、车辆及日用器具中应用很广
	硬铝合金	LY11	“LY”为“铝硬”汉语拼音字首,其后的数字为顺序号	强度、硬度高,耐热性好,但塑性低,韧性差	LY1 LY11 LY12	飞机的重要结构材料,如飞机大梁、肋骨、螺旋桨、铆钉及蒙皮等;在仪器制造业中也得到广泛应用
	超硬铝合金	LC4	“LC”为“铝超”汉语拼音字首,其后的数字为顺序号	是室温强度最高的铝合金,其比强度相当于超高强度钢,其最大缺点是,抗蚀性差,对应力腐蚀敏感	LC4 LC6	主要用于工作温度不超过 120~130℃的受力构件,如飞机蒙皮、大梁、起落架等
	锻铝合金	LD7	“LD”为“铝锻”汉语拼音字首,其后数字为顺序号	具有良好的热塑性,铸造性和锻造性,并有较高的力学性能	LD2 LD6 LD10	用锻造或其他压力加工方法制造复杂的零件
铸造铝合金	铝硅合金	ZL101	“ZL”为“铸铝”汉语拼音字首,首位数字表示种类(1—铝硅合金;2—铝铜合金;3—铝镁合金;4—铝锌合金),后面两位数字为顺序号	铸造性好,线收缩小,流动性好,热裂倾向小,具有较高的耐蚀性和耐热性,经变质处理后有良好的力学性能,但铸件致密度不高	ZL101 ZL102	用于形状复杂的砂型、金属型和压力铸造零件,如飞机、仪表零件,电钻壳体等
	铝铜合金	ZL203			ZL105 ZL108	砂型、金属型、压力铸造的,形状复杂的,在 225℃ 以下工作的零件,如风冷发动机的气缸头、油泵壳体等
	铝镁合金	ZL301			ZL201 ZL202	主要用于制造在 200~300℃ 条件下工作的,要求较高强度的零件,如增压器的导风叶轮等
	铝锌合金	ZL401			ZL301	多用于制造受冲击载荷,耐海水腐蚀,外型不太复杂,便于铸造的零件,如舰船零件等
					ZL401	常用于压力铸造零件,工作温度不超过 200℃,结构形状复杂的汽车、飞机零件

① 表中介绍了形变铝合金的牌号;铸造铝合金的代号。铸造铝合金的牌号可参阅有关资料。

### 1.2.4 铜及铜合金

纯铜呈紫红色,故又称紫铜,有极好的导热、导电性,其导电性仅次于银而居金属的第二位。铜具有优良的化学稳定性和耐蚀性能,是优良的电工用金属材料。工业中广泛使用的铜合金有黄铜、青铜和白铜等。Cu 与 Zn 的合金称黄铜,其中 Cu 占 60%~90%、Zn 占 40%~10%,有优良的导热性和耐腐蚀性,可用作各种仪器零件。如在黄铜中再加入少量 Sn,称为海军黄铜,具有很好的抗海水腐蚀的能力。在黄铜中加入少量的有润滑作用的 Pb,可用作滑动轴承材料。青铜是人类使用历史最久的金属材料,它是 Cu-Sn 合金。Sn 的加入明显地提高了铜的强度,并使其塑性得到改善,抗腐蚀性增强,因此锡青铜常用于制造齿轮等耐磨零部件和耐蚀配件。Sn 较贵,目前已大量用 Al、Si、Mn 来代替 Sn 而得到一系列青



铜合金。白铜是Cu-Ni合金，有优异的耐蚀性和高的电阻，故可用作苛刻腐蚀条件下工作的零部件和电阻器的材料。铜合金的编号与应用见表1-6。

表1-6 铜合金的编号与应用

类别	编号方法 <sup>①</sup>		主要性能特点	应用	
	示例	说明		代号	用途举例
普通黄铜	H62 ZH62	“H”为“黄”的汉语拼音字首，后面数字为铜的平均质量分数 铸造普通黄铜在上述代号前加“Z”	耐蚀性好，但经冷加工的黄铜件在潮湿的大气中会因残余内应力的存在而发生应力腐蚀破坏，塑性好，可进行冷、热压力加工，流动性好，偏析倾向小，铸件组织致密	H62	用于制作销钉、铆钉、垫圈、导管、散热器等
				ZH62	用作一般结构件，耐蚀性好，如法兰、支架等
特殊黄铜	HPb59-1 ZHPb59-1	“H”是“黄”的汉语拼音字首，方法是：代号“H”+除锌以外的主加元素符号+铜的质量分数+主加元素的质量分数 铸造特殊黄铜在上述代号前加“Z”	与普通黄铜比较，特殊黄铜具有更高的强度、硬度、耐磨性、抗蚀性、切削加工性	HPb59-1 (铅黄铜)	适于热冲压及切削加工零件，如销子、螺钉、垫圈等，又称易切削黄铜
				HA159-3 -2(铝黄铜)	用作船舶电机等常温下工作的高强度耐蚀零件
				ZHA167 -2.5	海运机械、通用机械的耐蚀零件
				ZHPb59-1	选矿机大型轴套及滚动轴承的轴承套
普通青铜	QSn4-3 ZQSn3-12-5	“Q”是“青”的汉语拼音字首，表示方法为：代号“Q”+主加元素符号+主加元素含量的百分数(+其他元素含量的百分数)铸造青铜在上述代号前加“Z”	锡的质量分数小于7%的锡青铜塑性良好可以压力加工，锡的质量分数大于10%的锡青铜塑性低，强度较高，可用于铸造，铸造收缩率小，适于铸造形状复杂，对尺寸精度要求较高的铸件，但其疏松倾向大，致密度低，有良好的抗蚀性	QSn4-3 (锡青铜)	弹性元件，化工机械耐磨零件和抗磁零件
				QSn4-4 -2.5	航空、汽车、拖拉机用承受摩擦的零件，如轴套等
				QSn6.5-0.4	用作金属网、弹簧及耐磨零件
特殊青铜	QSi3-1 ZQA19-2	与普通青铜相比，特殊青铜具有更高的强度、硬度、抗蚀性与耐磨性。铸造流动性很好，可得到致密铸件，但收缩率大		QSi3-1 (硅青铜)	弹簧、耐蚀零件以及蜗轮、蜗杆、齿轮、制动杆等
				ZQPb30 (铅青铜)	航空发动机、柴油机发动机曲轴和连杆的轴承
				ZQA19-2 (铝青铜)	形状简单的大型铸件，如衬套、齿轮和轴承
				ZQA110-3 -1.5 (铝青铜)	较高载荷的轴套、齿轮和轴承

① 表中介绍了铜合金代号的编制方法，铜合金牌号的编制方法可参阅有关资料。

### 1.3 金属材料的性能

金属材料的性能一般分为工艺性能和使用性能两类。

#### 1.3.1 金属材料的工艺性能

所谓工艺性能是指机械零件在加工制造过程中，金属材料在所定的各种加工条件下表现出来的性能。金属材料工艺性能的好坏，决定了它在制造过程中加工成形的适应能力。由于加工条件不同，要求的工艺性能也就不同，如铸造性、可锻性、可焊性、切削加工性等。

#### 1.3.2 金属材料的使用性能

所谓使用性能是指机械零件在使用条件下，金属材料所表现出来的性能。它包括机械性能（或称力学性能，指金属材料在载荷作用下抵抗破坏的性能）、物理性能（包括密度、熔点、导电性、导热性、磁性等）、化学性能（金属材料抵抗各种介质的侵蚀能力，如抗腐蚀