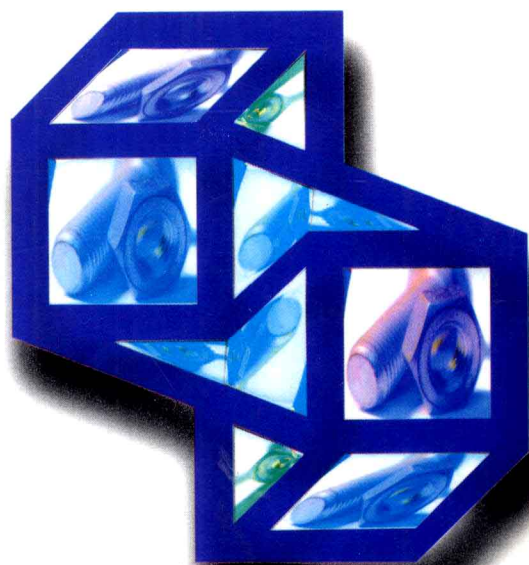




中等专业学校
电子信息类 规划教材



黄诚驹 王振华 编著

机械设计基础

适于中专、高等职业培训、技工学校

西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

中等专业学校 规划教材
电子信息类

机械设计基础

黄诚驹 王振华 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

西安电子科技大学出版社

1999

内 容 简 介

全书共分 9 章,即总论、力学基础、常用机构、带传动和链传动、齿轮传动、轴和键、轴承、联接、机电一体化机械。

本教材根据中等职业教育的特点和面向 21 世纪的要求,力争满足大机电类岗位群的培养需求,教材内容力求具备较强的综合性和实用性,并适时增加了有关机电技术在机械应用方面的新知识。

本书为中专电子类机电专业的规划教材,也可作为相应专业的高职或技工学校的选用教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/黄诚驹,王振华编.

—西安:西安电子科技大学出版社,1999.11

ISBN 7-5606-0747-0

I. 机… II. ①黄… ②王… III. 机械设计—专业学校—教材 IV. TH12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 20783 号

责任编辑 夏大平 汪雨帆 钟宏萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)8227828 邮编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西省富平印刷有限责任公司

版 次 1999 年 11 月第 1 版 1999 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 19.5

字 数 459 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 19.00 元

ISBN 7-5606-0747-0/TH·0024

* * * 如有印制问题可调换 * * *

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作,根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》,我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社,各专业教学指导委员会,在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上,根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求,编制了《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报,经各学校、出版社推荐,由各专业教学指导委员会评选,并由我们与各专指委、出版社协商后审核确定的。本轮规划教材的编制,注意了将教学改革力度较大、有创新精神、有特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需、尚无正式教材的选题优先列于规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时,选择了一批对学科发展具有重要意义,反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划,以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足,希望使用教材的学校、教师、学生和其他广大读者积极提出批评和建议,以不断提高教材的编写、出版质量,共同为电子信息类专业教材建设服务。

前 言

本教材系按原电子工业部电子信息类专业教材 1996~2000 年编审出版计划,由中专电子类机械模具专业教学指导委员会征稿并推荐出版。责任编委为无锡无线电工业学校冯炳尧高级讲师。

本教材由武汉无线电工业学校高级讲师黄诚驹担任主编,辽宁本溪电子工业学校高级讲师杨世伟担任主审。

本教材的参考教学时数为 150 学时,其主要内容为:机械的基础知识;机械工程材料的分类、牌号、热处理知识简介及选材;公差与配合的知识、圆柱公差的应用和形位公差及粗糙度的简介;静力学中力的基本概念及受力分析和材料力学中有关强度计算的内容;运动副及平面连杆机构、凸轮机构、间歇机构等常用机构的组成、工作原理;齿轮传动的分类、特点、组成及工作原理、尺寸计算等;轮系的分类、应用及计算等;轴和键的功能、结构特点及尺寸计算;轴承的分类代号及其选用;联轴器和螺栓联接形式的分类及选用、维护;机电一体化机械的基础知识、机电一体化的传动元件、传动装置、典型机构与机器;机器人的分类及组成、应用等。

本教材是在综合机械原理与机械零件、工程材料与热处理、工程力学等课程内容的基础上,增加了有关机电一体化方面的新知识而编写的一本实用性职业教育培训教材。全书力求以机械应用基础知识为主线贯穿全书,在满足机电专业培训的要求下,按照够用、实用的原则兼顾相关课程的有关内容。

本教材由武汉无线电工业学校的黄诚驹编写第 1、3、4、6、8、9 章,无锡无线电工业学校的王振华编写第 2、5、7 章,黄诚驹统编全稿。佛山市机电工业学校的李柏青、扬青为本书的第 4 章、第 9 章提供了许多宝贵的资料和修改意见,在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1999 年

目 录

第 1 章 总论	1
1.1 本课程的内容和任务	1
1.2 机械的组成	2
1.3 机械设计的基本要求和一般步骤	3
1.4 机械常用材料及其选择	5
1.5 热处理的概念及工艺	10
1.6 机械零件的“三化”	12
1.7 公差与配合	12
1.8 表面粗糙度及形状位置公差简介	25
思考题	31
习题	31
第 2 章 力学基础	32
2.1 力的概念	32
2.2 物体的受力分析、受力图	34
2.3 力矩、力偶	37
2.4 平面力系	42
2.5 摩擦	50
2.6 零件的强度、刚度	53
思考题	73
习 题	75
第 3 章 常用机构	81
3.1 运动副及机构运动简图	81
3.2 铰链四杆机构及其应用	83
3.3 铰链四杆机构的基本知识	86
3.4 四杆机构的演化	90
3.5 凸轮机构	93
思考题	104
习题	104
第 4 章 带传动和链传动	106
4.1 概述	106
4.2 V 带的构造和标准	108
4.3 带传动的理论基础	114

4.4 V 带传动的计算	117
4.5 V 带传动的张紧装置、安装与维护	123
4.6 同步齿形带传动简介	124
4.7 链传动	127
思考题	133
习题	134
第 5 章 齿轮传动	135
5.1 齿轮传动的特点和分类	135
5.2 齿廓啮合基本定律	136
5.3 渐开线与渐开线齿廓	137
5.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的各部分名称和几何尺寸计算	139
5.5 直齿圆柱齿轮的公法线长度和弦齿厚	141
5.6 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	143
5.7 渐开线齿轮切齿原理和根切现象	146
5.8 变位齿轮传动简介	149
5.9 齿轮轮齿的失效形式和计算准则	151
5.10 齿轮传动的精度	153
5.11 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	155
5.12 圆柱齿轮的结构	164
5.13 斜齿圆柱齿轮传动	168
5.14 直齿圆锥齿轮传动	178
5.15 蜗杆传动	182
5.16 轮系	187
思考题	194
习题	195
第 6 章 轴和键	199
6.1 概述	199
6.2 轴的结构设计	201
6.3 轴的计算	207
6.4 键联接	210
思考题	215
习题	216
第 7 章 轴承	218
7.1 滚动轴承的类型和特点	218
7.2 滚动轴承的类型选择	223
7.3 滚动轴承的尺寸选择	224
7.4 滚动轴承的组合设计	231
7.5 滑动轴承简介	233
7.6 润滑与密封	236

思考题	242
习题	243
第 8 章 联接	245
8.1 概述	245
8.2 联轴器	246
8.3 离合器	250
8.4 螺纹联接	253
思考题	260
第 9 章 机电一体化机械	261
9.1 概述	261
9.2 机电一体化机械系统分析	262
9.3 机电一体化精密传动零件与谐波齿轮	264
9.4 机电一体化典型机器与精密传动机构及装置	277
9.5 工业机器人	289
思考题	302
参考文献	303

第1章 总 论

1.1 本课程的内容和任务

在社会发展进程中,人类在生产活动中创造和发明了各种机械,用以减轻人的体力劳动,提高劳动生产率,完成各种复杂的工作。随着近代工业的迅速发展,出现了很多类型的机械,如加工制造机械、矿山机械、冶金机械、起重运输机械、动力机械、纺织机械、石油化工机械、农业机械等。

各种机械中比较大量使用的是常用机构和通用零件。常用机构包括平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮机构等。通用零件是指各种机械中经常用到的零件,如螺钉、齿轮、带轮、轴和键等。此外,还有专用零件,它只出现在某些机械中,如内燃机中的曲轴、汽轮机中的叶片和水泵中的水轮等。

进入 20 世纪 60 年代以来,逐步形成了一大批高技术群体,如微电子技术、信息技术、自动化技术、生物技术、新材料技术、新能源技术、激光与红外技术、光纤通信技术等等。它们已经渗透到社会生活的各个领域。随着高新技术向传统产业的渗透,引起了传统产业的深刻变革。微电子技术、微计算机技术使信息和智能与机械装置和动力设备的有机结合,促使机械工业开始了一场大规模的机电一体化技术革命。典型的机电一体化产品有数控机床、机器人以及应用微电子技术的自动化生产设备、动力设备、交通运输设备、生产过程自动化设备、办公设备和家用电器等。机电一体化技术的广泛应用促进了机械工业以至整个国民经济各部门的技术进步,提高了企业素质,改善了产品质量和性能,将传统工业转移到新技术的基础上,极大地推进了国民经济的发展和人民生活水平的提高。

为反映这一发展进程,也为培养跨世纪的人才,本书将以一定的篇幅介绍有关机电一体化化的机器、机构及重要传动装置和传动元件。

本书将研究与机械设计有关材料、公差配合、力学,以及各种机械中常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、使用维护和简单的设计计算方法。另外,本书还用一定的篇幅阐述了机电一体化机械的有关知识。

本课程是工科机电专业的一门综合性技术主干课。其任务是:培养学生了解机械中常用的材料知识和实用的公差配合知识;培养学生熟悉静力学、材料力学方面的简单应用知识;培养学生熟悉常用机构和机电一体化机械的工作原理、结构特点及使用维护知识,了解部分通用零件的设计计算方法。

通过本门课程的教学,应使学生达到下列要求:

- (1) 初步获得通用零件选材、选用公差配合的基本知识;
- (2) 能对常用机构及零部件进行简单的受力分析;
- (3) 初步获得正确管理、使用和维护机械的基本知识;
- (4) 初步学会使用标准、规范及设计手册,并初步具备综合应用所学的知识,设计简单机构及传动装置的能力;
- (5) 初步了解机电一体化机械的工作原理与操作使用。

1.2 机械的组成

1.2.1 机器

机器是人们用来进行生产劳动的工具。在生产活动和日常生活中,我们经常遇到各种各样的机器,这些机器虽然形式不同,用途不同,但它们都有如下共同特征:

- (1) 机器由许多构件组成,单一构件不能称为机器;
- (2) 各构件之间具有确定的相对运动;
- (3) 机器都能利用机械能来完成有效功或把机械能转换成其它形式的能量,或做相反的转换。例如起重机、金属切削机床等是把机械能转化成有用功的机器,电动机则是将电能转换成为机械能的一种机器。

1.2.2 机构

机构是具有确定相对运动的许多构件的合体。从实现预期动作的角度对机器进行分析,则机器可分解成一个或多个能完成预期运动的构件组,这些构件组称为机构。一部机器可能由一种机构或几种机构组成,例如图 1-1 所示的牛头刨床是由齿轮机构(改变转动方向和转速大小)、连杆机构(将大齿轮的连续回转运动转变为 AD 杆的往复摆动)等组成的。就机构本身来讲,它并不能单独进行机械能的转化。因此,机构仅具备机器的前两个特征。

1.2.3 机械

机械是机器和机构的总称。

1.2.4 构件及机械零件

组成机构(机器)的构件是一个具有确定运动的刚性整体。构件可以是单一的整体,也可以是几个元件的刚性组合。例如齿轮通过键与轴刚性地连结在一起,键、轴和齿轮之间没有相对运动,成为一个运动的整体,组成一个构件。组成这个构件的三个元件被称为零件。由此可知,构件是运动单元,而零件是制造单元。

零件分两类,凡在各种机器中经常使用并具有互换性的零件,称为通用零件(常用零件),如 V 形胶带、螺栓、齿轮及轴承等;只在某些机器中使用的零件,称为专用零件,如钢丝绳、滑轮、吊钩、心轴、夹具体等。

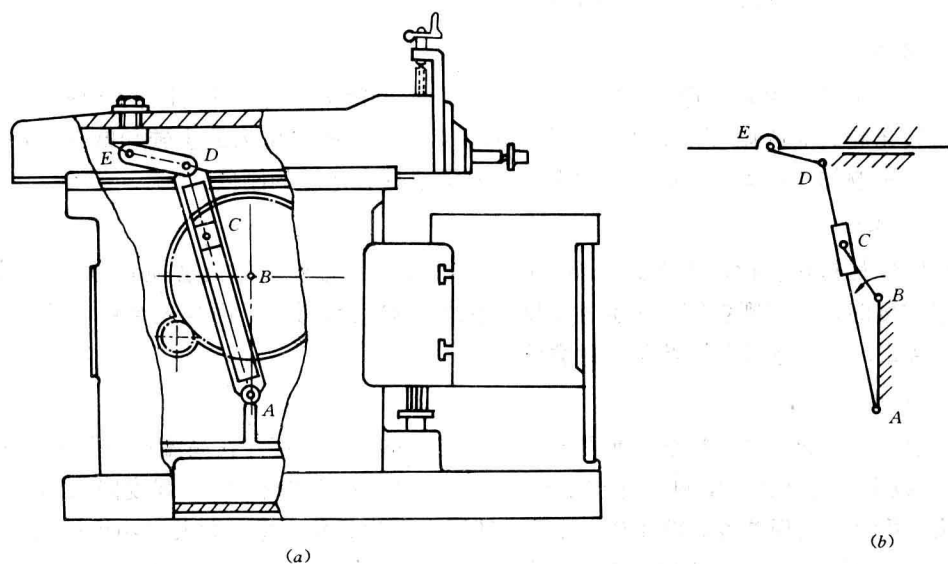


图 1-1 牛头刨床
(a) 结构示意图；(b) 运动简图

1.2.5 部件

部件是为完成同一工作任务而协调工作的若干个机械零件的组合物，如联轴器、离合器和轴承等等。

1.3 机械设计的基本要求和一般步骤

尽管机械的类型很多，但其设计的基本要求却大致相同，主要有以下几个方面：

1.3.1 运动和动力性能的要求

为了使选择或设计的机械满足使用要求，必须按照所要求的运动和承受的载荷来确定机械的工作原理，并选择和设计适当的工作机构和机械传动方案。

1.3.2 工作可靠性的要求

为了使机械在预定的工作期限内可靠地工作，防止因零件失效而影响正常运行，零件应满足下列要求：

1. 强度

强度是保证零件工作能力的最基本要求。零件的强度不够，不仅会因零件失效而使机械不能正常工作，而且还可能导致安全事故。所以，零件工作不应承受过大的载荷，以免发生断裂，或超过容许的塑性变形。因此，应保证零件有足够的强度。但也不应任意加大

零件的尺寸，滥用材料，以免造成浪费。

2. 刚度

刚度是指在一定载荷作用下零件抵抗弹性变形的能力。当零件的刚度不够而使弯曲挠度或扭转角超过容许限度后，将影响机械的正常工作。例如机床的主轴和螺杆，若弹性变形过大会影响加工精度，因此，这类零件一般需要具有足够的刚度。

3. 耐磨性

耐磨性是指在载荷作用下具有相对运动的两零件接触界面的抗磨损能力。当接触界面上磨损过度时，不仅削弱零件的强度，降低机械的精度和效率，而且还会影响机械的正常工作。因此，必须提高零件界面的耐磨性。

4. 耐热性

耐热性包括抗氧化、抗热变形和抗蠕变三方面的能力。零件在高温（一般钢零件在 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 以上、轻合金和塑料零件在 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 以上）下工作时，将因强度降低而削弱了承载能力；同时会出现蠕变，增加塑性变形，甚至会发生氧化现象，大大影响机械的精度，甚至使零件失效。为了保证零件在高温下能正常工作，除采用耐热材料之外，还可采用水冷或汽化冷却等降温措施。

此外，高速机械中还应防止机械或零件的自振频率接近外界干扰力的频率，以避免引起共振而导致振幅迅速增大，使零件过早损坏或机械不能正常工作，甚至发生安全事故。

1.3.3 经济要求

对于机械，应最大限度地考虑其经济性。除了使选择或设计的机械在使用性能上具有最大的经济效益外，还应选择价廉和市场供应充分的材料；在一定的制造条件下，根据使用要求，合理设计零件的结构以缩减加工工时和费用；便于维修和保养等。应该指出，在机械中采用标准零件，不仅可以简化设计，保证互换性，便于机械的修配；而且有利于保证零件的质量并降低其成本。只有在采用标准零件不能满足机械使用要求时，才允许采用非标准零件，但其有关尺寸仍应尽量符合标准规范的要求。

1.3.4 操作和安全方面的要求

在设计机械时，必须考虑操作方便，并力求改善使用条件和减轻劳动强度；同时还应保证安全，加强劳动保护。例如带传动应加设防护罩等。

此外，还应注意各种机械的特殊要求。例如，机床应能在规定的使用期限内保持精度；需要经常移动的机械（如塔式起重机、钻探机等）应便于安装、拆卸和运输；食品、医药、印刷和纺织机械等应能保持清洁，不得污染产品等。

1.3.5 设计步骤

（1）根据市场要求，分析相关机械，参阅技术资料，进行调查研究，确定机械的工作原理，拟定总体方案；

（2）设计机构运动简图，绘制机械传动系统示意图，通过运动分析、动力分析和强度计算确定有关参数；

(3) 确定机械各个部分的结构和尺寸, 绘制总装配图、各部件装配图、零件图、编写技术说明书及标准件、外购件的明细表。

需要指出, 上述步骤是有机联系的, 常需要相互交叉进行; 并且往往要多次反复, 不断修改, 使设计不断完善。

1.4 机械常用材料及其选择

1.4.1 机械零件的常用材料

1. 钢铁

机械零件的常用材料主要是钢和铸铁, 其次是有色金属。有些机械零件也采用非金属材料制造。

1) 钢

钢是含碳量为 $0.025\% \sim 2\%$ 的铁基合金的总称。它具有高的强度、塑性和韧性, 并用热处理的方法改善其机械性能和工艺性能。

钢的品种很多(碳钢有 100 多种, 合金钢有 300 多种), 分类较细。例如, 按化学成分, 钢可分为碳素钢和合金钢, 也可以分为低碳钢(含碳量小于 0.25%)、中碳钢(含碳量为 $0.25\% \sim 0.6\%$) 和高碳钢(含碳量大于 0.6%)。含碳量增高, 钢的强度和硬度增高, 塑性和韧性降低; 又如, 按用途, 钢可分为结构钢(用于制造机械零件和工程结构件)、工具钢(制造刀具、量具和模具)和特殊性能钢(如不锈钢、耐热钢、耐磨钢等), 等等。以下仅介绍普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢和铸钢等常用钢种。

(1) 普通碳素结构钢含硫、磷等有害杂质较多, 一般轧制成各种型钢, 如棒料和板材等。按供应条件分为甲类钢、乙类钢、特类钢三种。

甲类钢按机械性能供应, 使用时不再进行热处理。其钢号有 A1~A7 共 7 种, 随钢号的增大, 钢的强度增高, 塑性降低。这类钢常用于制造不重要的机械零件和建筑、桥梁的结构体。其中 A2、A3、A5 最为常用。

乙类钢按化学成分供应, 使用前可通过适当的热处理提高其性能。这类钢也有 7 种钢号, 用 B1~B7 表示; 钢号愈大, 钢中含碳量愈高。

特类钢在供应时既保证机械性能又保证化学成分。

(2) 优质碳素结构钢含有害杂质硫、磷量较少, 机械性能优于普通碳素结构钢。在机械制造中广泛用来制造较重要的机械零件, 使用时需要进行热处理。

按钢中含锰量不同, 这类钢又可分为普通含锰量优质碳素结构钢(Mn: $0.35\% \sim 0.8\%$) 和较高含锰量优质碳素结构钢(Mn: $0.7\% \sim 1.2\%$) 两种。

(3) 碳素钢虽然品种多、用途广, 但它缺乏良好的综合机械性能, 表现在强度高的韧性差, 韧性好的强度低; 热处理性能也较差, 淬火时不易淬透而且易变形和开裂。此外, 碳素钢不能满足耐磨、耐腐蚀、耐热和抗氧化等特殊要求。为此, 在碳素钢中加入一定量的其它金属元素, 使之成为合金钢, 以弥补碳素钢的上述不足。但加入合金元素后, 钢材生产成本增高; 故合金结构钢仅用于制造受力较大、工作情况复杂、热处理要求较高的重要

机械零件。

加入钢中的合金元素常用的有：铬、镍、锰（含量大于 0.8%）、硅（含量 0.2%~0.6%）、铝、钨、钼、钒、钛、硼等。铬能提高钢的强度、硬度和淬透性，是不锈钢的主要成分。镍能提高钢的强度、韧性和耐热性能，是制造耐热钢的主要成分。锰能提高钢的强度、硬度、耐磨性和冲击韧性，常用锰钢制造耐磨零件和弹簧。硅能提高钢的强度、硬度和弹性，提高疲劳强度，常用在弹簧钢中。钨和钼主要提高钢的耐热性能；铝能提高钢的高温抗氧化能力。

必须指出，为了充分发挥合金钢的作用，合金钢零件一般都要经过热处理。

不同牌号的合金钢具有不同量的金属元素和性质。合金钢的牌号，采用二位数字+元素+数字的方法来表示。前面的两位数字表示钢中平均含碳量的万分数。以汉字或元素符号表示所含的主要合金元素；合金元素后面的数字表示该合金元素平均含量的百分数。合金元素的含量少于 1.5% 时，只标元素，不标明含量。例如，20Mn2V 表示平均含碳量为 0.2%，平均含锰量为 2%，平均含钒量小于 1.5% 的合金结构钢。若为优质钢，在钢号末尾附加 A，如 20CrNi4A，38CrMoAlA 等。

滚动轴承钢，在钢号前冠以“滚”或“G”字，含碳量（一般约为 1%）不标出。含铬量以千分数表示，例如 GCr9，表示其为平均含铬量为千分之九（即 0.9%）的滚动轴承钢。

（4）铸钢是将钢水浇注到铸模中获得具有一定形状和尺寸的毛坯的材料。

铸钢的应用较广，对于形状复杂、尺寸较大、机械性能要求较高的机械零件，像重载大型齿轮、轧钢机机架等，往往由于受到锻造设备吨位的限制，或由于难以锻出形状复杂的毛坯，而选用铸钢制造。铸钢也分碳素钢和合金钢两类。其牌号的表示方法与优质碳素结构钢、合金结构钢的表示方法基本相同，所不同的是在牌号中冠以“铸钢”或“ZG”（即“铸钢”两字的汉语拼音字首）字样。例如，ZG45 表示平均含碳量为 0.45% 的碳素结构铸钢；ZG40Mn2 表示平均含碳量为 0.40%、平均含锰量为 2% 的合金结构铸钢。

2) 铸铁

铸铁是含碳量大于 2.0% 的铁碳合金，是现代工业中极其重要的材料。工业上使用的铸铁，一般含碳量为 2.5%~4%。

与钢相比，铸铁所含的杂质较多，其抗拉强度、塑性和韧性较差，由于脆性较高而无法进行碾压和锻造；但它抗压强度较高，具有良好的铸造性，切削加工性和减摩性、耐磨性，而且价格低廉。常用于制造承受压力的基础零件和形状复杂、对机械性能要求不高、但要求耐磨、减震的机械零件，如机床床身、夹具体、飞轮等。根据铸铁中碳的不同形态铸铁可分为灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁三种。

（1）灰口铸铁中的碳主要以片状石墨形式存在，因断口呈灰色而得名。灰口铸铁是制造机械零件的主要铸造材料，常用于制造带轮、轻载低速大齿轮、机座和箱体等。灰口铸铁的牌号由“灰铁”二字或“HT”（为“灰铁”两字的汉语拼音字首）和两组数字组成，如 HT20—40，前一组数字表示最低抗拉强度，后一组数字表示最低抗弯强度。

（2）球墨铸铁中的碳主要以球状石墨形式存在。石墨呈球状，对铸铁基本组织的割裂作用较片状大为减轻，从而提高了铸铁的强度，并具有较好的塑性。球墨铸铁常用于代替铸钢和锻钢，制造某些机械零件如曲轴、连杆和凸轮轴等。球墨铸铁的牌号由“球铁”二字或“QT”（为“球铁”两字的汉语拼音字首）和两组数字组成，如 QT60—2，前一组数字表示

最低抗拉强度，后一组数字表示最低延伸率。

(3) 可锻铸铁中的碳主要以团状石墨形式存在。“可锻”仅说明它比灰口铸铁有较好的塑性，实际上并不能锻造，仍然用于铸造。可锻铸铁主要用于制造形状复杂、承受振动的薄壁小型零件，如汽车的后桥壳、管子接头等。可锻铸铁的牌号由“可铁”二字或“KT”(为“可铁”两字的汉语拼音字首)和两组数字组成，如KT35—10，前一组数字表示最低抗拉强度，后一组数字表示最低延伸率。

机械零件常用的钢、铁牌号及机械性能见表 1 - 1。

表 1 - 1 机械零件常用的钢、铁牌号及机械性能表

牌 号		抗拉强度极限 σ_b / MPa	屈服极限 σ_s /MPa	延伸率 δ (%)	硬 度	
					HB(正火、回火)	HRC(表面淬火)
普通碳素结构钢 A3		410~430	230	26	126~159	
优质碳素结构钢	08F	320	180	35	≤ 131	
	20	400	220	24	103~156	
	35	520	270	18	149~187	35~45
	45	600	300	15	170~217	40~50
	55	660	330	12	187~229	45~55
合金结构钢	35SiMn	800	520	15	229~286	45~55
	40Cr	750	550	15	214~286	48~55
	42SiMn	800	520	15	217~269	45~55
	40MnB	750	550	12	214~286	
	20CrMnTi	1100	850	10		56~62(渗碳)
	38CrMoAlA	1000	850	14		HV>850(氮化)
铸 钢	ZG35	500	280	16	≥ 143	40~45
	ZG45	580	320	12	≥ 153	40~50
	ZG55	650	350	10	169~229	45~55
	ZG42SiMn	600	380	12	163~217	40~53
牌 号		抗拉强度极限 σ_b / MPa	抗弯强度极限 σ_B / MPa	抗压强度极限 σ_C / MPa	HB	弹性模量 E/GPa
灰口铸铁	HT20—40	200	400	750	170~220	80~100
	HT25—47	250	470	1000	175~240	100~130
	HT30—54	300	540	1100	180~250	130
牌 号		抗拉强度极限 σ_b / MPa	屈服强度极限 σ_s /MPa	延伸率 δ (%)	硬度 HB	弹性模量 E/GPa
球墨铸铁	QT40—10	400	300	10	156~197	175
	QT45—5	450	360	5	170~207	175
	QT50—1.5	500	380	1.5	187~255	175

2. 有色金属合金

在工业上,把钢铁以外的金属统称为有色金属,以有色金属为主要元素组成的合金称为有色合金。有色合金具有一些特殊性能,如高的导电性、导热性、耐蚀性和减摩性等,因而成为现代工业技术中不可缺少的材料。但有色合金稀少,价格昂贵,只有需要满足特殊要求时才采用。

常用的有色金属合金有铜合金和铝合金。

1) 铜合金

纯铜呈紫红色,又称紫铜,具有良好的导电性、导热性、耐蚀性和塑性;但强度低,故在机械制造中应用较少。常用的是铜合金,如黄铜和青铜等。

(1) 黄铜是铜和锌的合金。具有较高的耐蚀性能和良好的塑性,可用压力加工的方法制成各种型材且价格较纯铜便宜,广泛用于制造机械零件。如螺钉、衬套、管接头等。

黄铜根据成分不同可分为普通黄铜和特殊黄铜两类。铜和锌的合金也称普通黄铜。为了进一步提高普通黄铜的机械性能,可在黄铜中再加入一些其它化学元素(如铝、锰、硅、铁等),从而形成特殊黄铜。

普通黄铜用代号“H”加数字表示,数字表示平均含铜量的百分数,余者为锌的含量。

特殊黄铜的表示方法为:代号“H”+主加元素符号(除锌以外)+铜的含量(%) + 主加元素的含量(%)。例如,HPb59-1表示平均含铜量为59%,含铅为1%,其余含量为锌的黄铜。铸造黄铜则在牌号前冠以“Z”。不加“Z”的表示是用压力加工方法制造的。如ZHA167-2.5表示平均含铜量为67%,含铝为2.5%,余者为锌的铸造黄铜。

(2) 青铜是铜与锡的合金。青铜熔点较紫铜低,易于铸造和加工,强度和硬度都比较大。古时候的刀剑、器皿、钱币、炮身、镜等都是用青铜铸造的。青铜是人类发明最早的一种合金。青铜的另一个优点是对于腐蚀的抵抗能力较强。一般的青铜铸件中含铜约80%~90%,含锡2%~12%。有时为了在铸造时增加流动性而加入1%~6%的锌,或为了易切削而加入2%~10%的铅等。

青铜的表示方法是:“Q”(“青”字的汉语拼音字首)+第一个主加元素的化学符号及含量(%) + 其它合金元素含量(%)。铸造产品再在代号前加“Z”字。如QA15表示含铝5%(余量为铜)的铝青铜。ZQSn10-1表示含锡10%,其它合金元素含量为1%(余量为铜)的铸造锡青铜。

常用的青铜有炮金(又叫机械青铜)、镍青铜、磷青铜、锰青铜等。分别介绍如下:

① 炮金是由于从前多用做大炮的炮身材料而得名。但现在炮金并不用来铸造大炮,而是用于制造一般机械零件,如齿轮、阀、水泵零件、水管、轴承等,故也叫机械青铜。炮金分为若干种,其中一种含铜约为90%,含锡约10%;另一种海军炮金,含铜88%,锡10%,锌2%,这种炮金能耐海水浸蚀。

② 镍青铜含镍3%~10%,具有很强的耐腐蚀性,而且强度、硬度、延伸性、韧性都较高,可以用做经受高温的机械零件。

③ 熔炼青铜时,常用磷作为脱氧剂,加入磷过多就形成磷青铜。磷青铜具有耐磨的特性,可用于制作齿轮、阀、涡轮叶片、轴套、弹簧等。但若磷含量超过1%,则会使青铜过脆,且凝固时收缩增大,使铸造工作发生困难。

④ 锰青铜含锰0.3%~0.6%,也能耐海水的腐蚀,可用做船舶的推进器等机件。

2) 轴承合金

轴承合金(又称巴氏合金)是锡、铅、锌、铜等的合金。它可分为锡基和铅基、铜基、铝基四大类。分别在锡或铅的软基体中夹杂着锡锡和铜锡的硬晶粒。晶粒起抗磨作用,软基体增加材料的塑性。受载后,硬晶粒嵌陷在软基体里,使承载面积增大。因此,这种材料塑性高,耐磨性和耐蚀性好。主要用于制造滚动轴承的轴承衬和轴瓦。

(1) 锡基轴承合金是锡和锑、铜的合金。最常用的锡基轴承合金是 ChSnSb11-6。Ch 表示轴承合金,其中主加元素锑的含量为 11%,辅加元素含量为 6%,余量为锡。

锡基轴承合金的硬度适中(HB30),基体塑性好、减摩性和耐磨性较理想。另外,还具有良好的导热性和耐蚀性,常用来制造重要的滑动轴承。如发动机、汽轮机上的轴承等。

(2) 铅基轴承合金又称铅基巴氏合金。最常用的铅基轴承合金是 ChPbSb16-16-2,其中含主加元素锑为 16%,含辅加元素锡和铜分别为 16%与 2%,余者为基体铅的含量。

铅基轴承合金的性能不及锡基轴承合金,但价格低廉,常用来制造中等负荷的轴承。

3. 非金属材料

塑料、橡胶、皮革、陶瓷、木材和纸板等都是非金属材料。

1) 塑料

塑料是非金属材料中发展最快、前途最广的材料。其品种较多,性能差异也较大。按其热性能,分为热塑性和热固性两类。热塑性塑料受热后软化或熔化,冷却后又能变硬,例如聚氯乙烯、尼龙、聚甲醛等。热固性塑料经加工成型后,受热也不软化,例如酚醛、有机树脂等。

塑料不仅具有重量轻、减摩性好、耐蚀和易于加工等性能,而且可用注射成型的方法制成各种形状复杂、尺寸精确的零件。因此应用非常广泛。

2) 橡胶

橡胶是一种有机高分子化合物。它富有弹性,能减少冲击和振动,常用来制造弹性联轴器中的弹性元件和传动用的橡胶带、输送带,还可用来制造各种密封元件和用水润滑的轴承等。

4. 选择材料的原则

选择材料是机械设计过程中的一个重要环节。同一零件如采用不同材料制造,则零件尺寸、结构、加工方法、工艺要求等都会有所不同。

选择材料考虑的主要问题有:使用要求、制造工艺要求和经济性要求。

1) 使用要求

满足零件的使用要求是选择材料的基本原则。使用要求一般包括:① 零件的工作环境和受载情况;② 零件尺寸和重量上的限制;③ 零件的重要程度等。

2) 工艺要求

材料对工艺的要求包括:① 毛坯制造;② 机械加工;③ 热处理等。

大型零件且大批量生产时,应用铸造毛坯;大型零件而小批量生产时,可用焊接毛坯;形状复杂的零件应用铸造毛坯;形状简单的中小型零件可采用锻造毛坯;大批量生产的锻件用模锻,小批量生产的锻件可用自由锻。

铸件应选用铸造性能好的材料(如铸钢、铸铁等);焊件应选用焊接性能较好的材料(如低碳钢、低碳合金钢等);锻件应选用塑性好的材料。