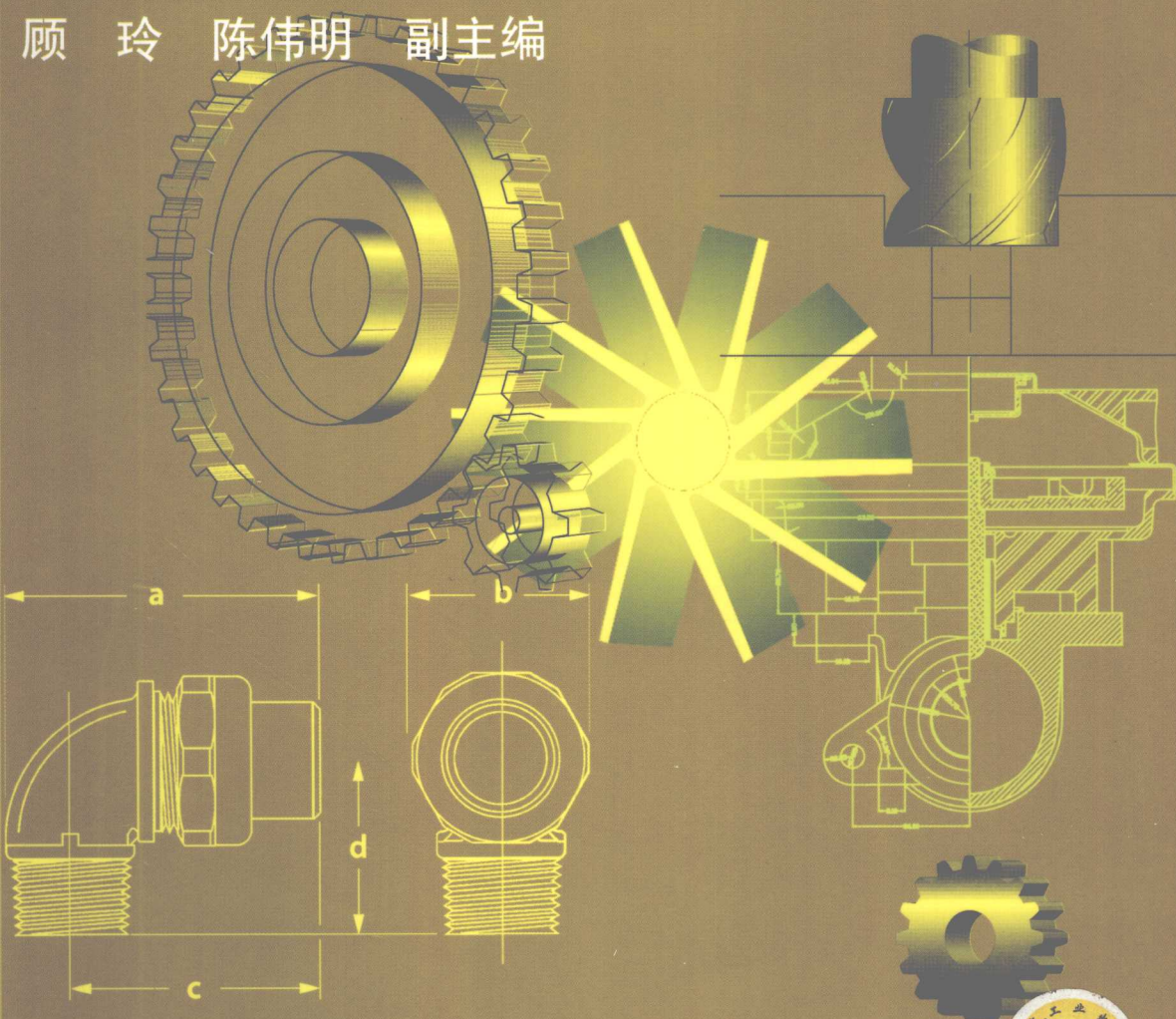




普通高等教育机电类规划教材

机械设计基础

朱龙英 主编
顾玲 陈伟明 副主编



机械工业出版社
China Machine Press



本书为普通高等教育机电类规划教材

普通高等教育机电类规划教材

本书为普通高等教育机电类规划教材

机械 设计 基础

本书为普通高等教育机电类规划教材

主 编 朱龙英

副主编 顾 玲 陈伟明

参 编 杨玉萍 郁 倩

主 审 欧阳祖行

附录 (A) 目录附录五并图

8.1002 各附录

附录 A 材料

附录

附录

附录



机械工业出版社

机械工业出版社

机械工业出版社

本书是根据国家教育委员会 1995 年 5 月批准印发的《高等工业学校机械设计基础教学基本要求》和新近颁布的有关国家标准编写而成的。

全书除绪论外,共十六章。内容包括:平面机构运动简图及自由度,平面连杆机构,凸轮机构,齿轮机构,轮系,间歇运动机构,机械的调速与平衡,带传动,链传动,联接,轴,滚动轴承,滑动轴承,联轴器和离合器,弹簧,机械传动系统的设计。

本书可作为高等工业学校近机类和非机类专业机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/朱龙英主编. —北京:机械工业出版社, 2001.8

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7-111-09224-4

I. 机... II. 朱... III. 机械学—高等学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 051746 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:钱飒飒 郑丹 版式设计:冉晓华 责任校对:张媛

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 1 版·第 3 次印刷

1000mm × 1400mm B5·8.875 印张·345 千字

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员 邱坤荣

副主任委员 黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘书 周骥平

委员 (排名不分先后)

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想、新观念、不断创新、善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

机械高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、加大教学方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力和实践能力强、富有创新精神和特色的应用性的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 31 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

- (1) 科学定位。本套教材主要用于应用性本科人才的培养。
- (2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

本书是根据1995年5月国家教育委员会批准印发的《高等工业学校机械设计基础教学基本要求》和江苏省地方一般工科院校机电类专业教改协作组张家港会议精神以及新近颁布的有关国家标准编写而成的。

考虑到教材的先进性,本书各章内容、图表均采用新颁布的国家标准。

参加本书编写的有：盐城工学院朱龙英（绪论、第七、十五、十六章）、郁倩（第四、五章）；扬州大学工学院顾玲（第十一、十二、十三、十四章）；江南学院陈伟明（第一、二、三、六章）；南通工学院杨玉萍（第八、九、十章）。本书由朱龙英担任主编，顾玲、陈伟明担任副主编。

由于编者水平有限，缺点、错误在所难免，恳请使用本书的教师、读者批评指正。

编者

2001 年 2 月

目 录

序 前言

绪论	1
第一节 本课程研究的对象和内容	1
第二节 机械设计的基本要求和一般程序	4
第三节 机械零件的常用材料及选择	5
第四节 机械零件的计算准则及一般设计步骤	7
第五节 机械零件的结构工艺性及标准化	8
习题	9
第一章 平面机构运动简图及其自由度	10
第一节 运动副及其分类	10
第二节 平面机构运动简图	12
第三节 平面机构的自由度	13
习题	17
第二章 平面连杆机构	20
第一节 铰链四杆机构的基本类型及运动特性	20
第二节 铰链四杆机构的演化	26
第三节 平面连杆机构的运动设计	29
习题	35
第三章 凸轮机构	36
第一节 凸轮机构的应用和分类	36
第二节 从动件常用的运动规律	38
第三节 凸轮机构的压力角和基圆半径	43
第四节 图解法设计凸轮轮廓	45
第五节 解析法设计凸轮轮廓	49
习题	51
第四章 齿轮传动	52
第一节 齿轮传动的特点和类型	52

第二节 渐开线齿轮	53
第三节 标准渐开线直齿圆柱齿轮啮合传动	60
第四节 轮齿的切削加工与变位齿轮的概念	62
第五节 直齿圆柱齿轮的强度计算	67
第六节 斜齿圆柱齿轮传动	80
第七节 直齿锥齿轮传动	87
第八节 蜗杆传动	92
习题	98
第五章 轮系及其设计	100
第一节 轮系及其分类	100
第二节 定轴轮系的传动比计算	102
第三节 周转轮系的传动比计算	104
第四节 轮系的功用	109
习题	112
第六章 间歇运动机构	115
第一节 棘轮机构	115
第二节 槽轮机构	118
第三节 其它间歇运动机构	120
习题	122
第七章 机械的调速与平衡	123
第一节 机械的速度波动与调节	123
第二节 机械平衡	126
习题	131
第八章 带传动	133
第一节 带传动的类型、特点和应用	133
第二节 带传动的工作原理	139
第三节 普通 V 带传动的设计计算	145
第四节 带传动的使用和维护	154
习题	155
第九章 链传动	156
第一节 链传动的类型、特点和应用	156
第二节 链传动的结构、主要参数及几何尺寸	157

第三节 链传动的设计	160
第四节 链传动的布置和润滑	167
习题	168
第十章 联接	170
第一节 概述	170
第二节 螺纹的主要参数	171
第三节 螺纹副的受力分析、效率和自锁	174
第四节 螺纹联接的类型、特点和应用	177
第五节 螺纹联接的拧紧和拧紧力矩	179
第六节 螺纹联接的强度计算	180
第七节 设计螺纹联接时应注意的几个问题	185
第八节 螺旋传动	188
第九节 轴毂联接	191
第十节 其他联接简介	197
习题	199
第十一章 轴	201
第一节 轴的分类和材料	201
第二节 轴的结构设计	203
第三节 轴的设计计算	206
习题	211
第十二章 滚动轴承	212
第一节 滚动轴承的类型、代号及选择	212
第二节 滚动轴承的失效形式及选择计算	218
第三节 滚动轴承的组合设计	223
习题	230
第十三章 滑动轴承	232
第一节 滑动轴承的主要类型、结构和材料	232
第二节 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	236
第三节 滑动轴承常用的润滑剂和润滑装置	239
第四节 液体摩擦滑动轴承简介	241
习题	243
第十四章 联轴器和离合器	244
第一节 概述	244

第二节 联轴器	244
第三节 离合器	248
习题	251

第十五章 弹簧

第一节 弹簧的功用、类型和特点	252
第二节 弹簧的材料和许用应力	254
第三节 圆柱螺旋压缩（拉伸）弹簧的设计计算	255
第四节 其它弹簧简介	260
习题	262

第十六章 机械传动系统的设计

第一节 机械传动方案的设计	263
第二节 机械传动的运动和动力计算	266
习题	271

附录

参考文献

绪 论

第一节 本课程研究的对象和内容

机械设计基础是一门应用技术科学，是研究设计新机械、改革旧机械以满足社会需要的科学。虽然，机械科学是一门古老的学科，但至今仍然是创造人类文明的重要组成部分，它的发展程度是衡量一个国家工业水平的重要标志，也是当今科技高速发展的基础。对于现代工程技术人员在现代化建设的进程中，学习和掌握一定的机械设计基础知识是非常必要的。

一、本课程研究对象

机械是机器和机构的总称。在现代生活和工作中，广泛地使用了各种机器，如电动机、内燃机、汽车、机器人、缝纫机和洗衣机等都是机器。

图 0-1 所示为单缸四冲程内燃机，它是由气缸体 1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、顶杆 7、凸轮 8、齿轮 9 和 10 等组成。燃气推动活塞作往复移动，经连杆转变为曲轴的连续转动，便把燃气的热能转变成机械能。

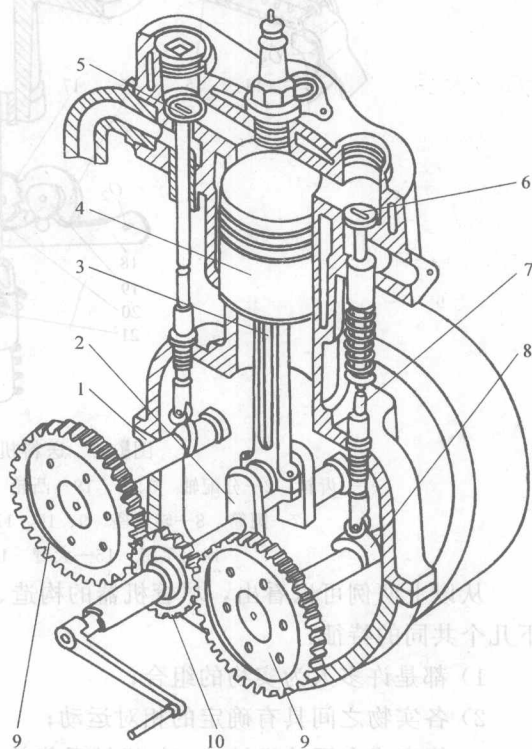


图 0-1 单缸内燃机

- 1—气缸体 2—曲轴 3—连杆 4—活塞
5—进气阀 6—排气阀 7—顶杆
8—凸轮 9、10—齿轮

图 0-2 所示为一送料机械手，它由电动机通过减速装置（图中未画出）减速后，通过齿轮 1 带动分配轴 2 转动，通过齿轮 17、16、凸轮 19、杆 20、9、10、11、12 和连杆 13 使手指 14 张开，以夹持工件。手指 14 的复位夹紧由弹簧实现。凸轮 5 转动通过摆杆 21 和圆筒 7 使大臂 15 绕 O_3 轴上、下摆动（ O_3 支承在转盘座 8 上）。此外，圆柱凸轮 3 通过齿轮

传动使转盘座 8 往复回转。以上各部分协同动作，便能使机械手代替人送料而作有用的机械功。

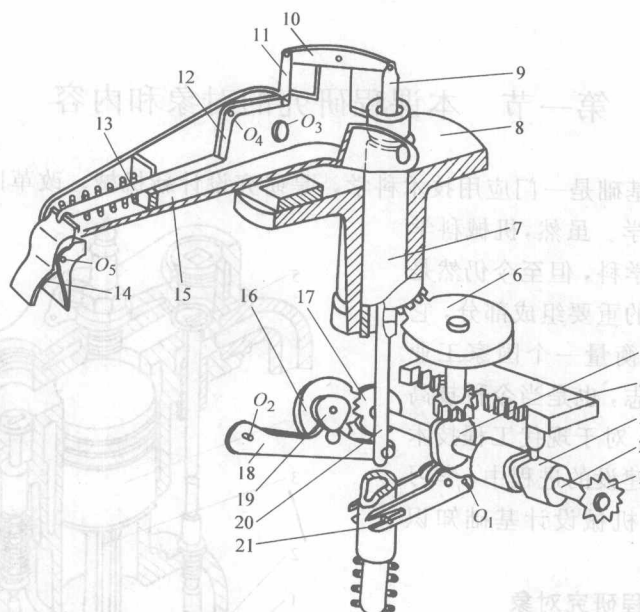


图 0-2 送料机械手

- 1—齿轮 2—分配轴 3、5、19—凸轮 4—齿条 6、16、17—齿轮
7—圆筒 8—转盘座 9、10、11、12、13、20—杆件
14—手指 15—大臂 18、21—摆杆

从以上两例可以看出，尽管机器的构造、用途和性能各不相同，但都具有以下几个共同的特征：

- 1) 都是许多人为实物的组合；
- 2) 各实物之间具有确定的相对运动；
- 3) 能完成有用的机械功（如机械手代替人工作）或转换机械能（如内燃机将热能转换成机械能）。

凡同时具有上述三个特征的实物组合体称为**机器**。仅有前两个特征的称为**机构**。从结构和运动的观点看，两者并无区别。机器是由机构和动力源组成的。一部机器可以由多个机构组成（如内燃机由连杆机构、齿轮机构、凸轮机构组成），也可以由一个机构组成（如电动机由双杆机构组成）。机构在机器中起着改变运动形式、改变速度大小或改变运动方向的作用。

机器中普遍使用的机构称为**常用机构**，如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系等。

组成机构的各个人为实物称为构件。构件可以是单一的整体,如图 0-3 所示的曲轴;也可以是几个零件的刚性组合,如图 0-4 所示的连杆,它是由连杆体 1、连杆盖 5、螺栓 2 及螺母 3、开口销 4、轴瓦 6 和轴套 7 等多个零件组成的刚性结构,是一个构件。因此,构件是运动的基本单元,而零件是制造的基本单元。

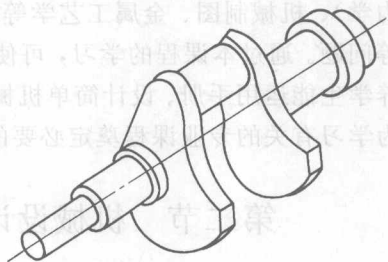


图 0-3 曲轴

机械中的零件按其用途可分为两类。凡是在各种机械中都经常使用的零件,称为通用零件,如齿轮、轴、螺钉等;只出现在某些专用机械中的零件,称为专用零件,如曲轴、连杆、活塞等。

随着近代科学技术的发展,机器和机构的概念也有了相应的变化。在某些情况下,机构中除刚体外,液体或气体也参与运动的变换。有些机器还包含了使其内部各机构正常动作的控制系统和信息处理与传递系统等。因此,一部完整的机器常由动力部分、传动部分、执行部分以及控制系统等组成(如图 0-5 所示)。现代机器不仅可以代替人的体力劳动,而且还可以代替人的脑力劳动(如智能机器人)。

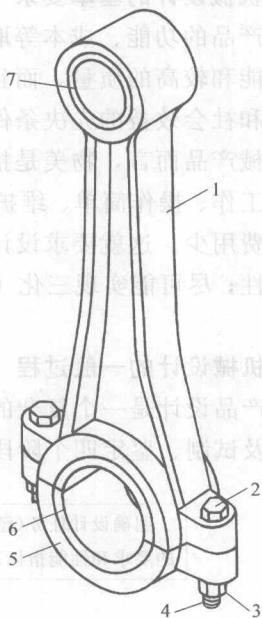


图 0-4 连杆

二、本课程研究的内容和性质

机械设计基础课程主要研究机械中常用机构和通用零件的工作原理、结构

1—连杆体 2—螺栓 3—螺母 4—开口销
5—连杆盖 6—轴瓦 7—轴套

特点、基本设计理论和计算方法,同时简单介绍与本课程有关的国家标准和规范。

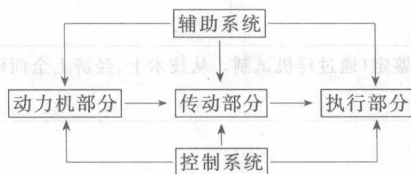


图 0-5 机器的组成

本课程是一门技术基础课。它综合运用高等数学、工程力学（理论力学和材料力学）、机械制图、金属工艺学等基本知识，去解决常用机构、通用零、部件设计等问题。通过本课程的学习，可使学生具备使用、维护和改进机械传动的能力，培养学生能运用手册、设计简单机械传动的能力，为以后从事技术革新创造条件，并为学习有关的专业课程奠定必要的基础。

第二节 机械设计的基本要求和一般程序

一、机械设计的基本要求

机械产品的功能、成本等取决于设计工作。设计人员设计的产品不仅要具有良好的功能和较高的质量，而且要使价格便宜。物美价廉是产品获得市场、提高经济效益和社会效益的先决条件，也是机械设计的基本要求。

对机械产品而言，物美是指有效地执行预期的功能，在预定的使用期限内安全可靠地工作、操作简单、维护方便、造型美观等。价廉就是指成本低、效率高、使用维护费用少。这就要求设计者必需注意：合理地选材；机械及其零件应有良好的工艺性；尽可能实现三化（标准化、系列化、通用化），以最大限度地提高经济效益。

二、机械设计的一般过程

机械产品设计是一个复杂的过程，一般可分为：明确设计任务、方案设计、技术设计以及试制、鉴定四个阶段，如图 0-6 所示。

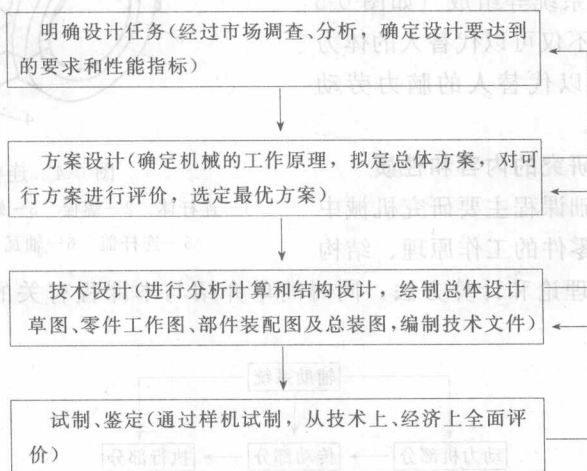


图 0-6 机械设计的一般过程

需要指出，上述设计过程的各个阶段是相互联系、相互影响的，常需要相互

交叉进行,并且往往要多次反复,不断修正,有时甚至推翻重来,才能使设计达到最佳。即使机械投入市场后,也要进行跟踪调查,根据用户反馈的信息,对产品不断改进完善。

随着科学技术的发展,新的设计方法不断涌现,如计算机辅助设计(CAD)、优化设计、可靠性设计等,尤其是CAD技术发展迅速。CAD/CAM/CAE系统使机械产品可以直接在计算机上进行仿真模拟,而不需要样机试制,就可以通过分析计算出各项技术指标,这不仅大大缩短了设计周期,而且取得了巨大的经济效益和社会效益。

第三节 机械零件的常用材料及选择

一、机械零件的常用材料

机械零件的常用材料有钢、铸铁、有色金属、非金属材料等,以钢和铸铁应用最广。

1. 钢

钢和铸铁都是铁碳合金,工业上统称为黑色金属。它们的主要区别是碳的质量分数不同。碳的质量分数小于2%的称为钢,碳的质量分数大于2%的称为铸铁。钢按其化学成分可分为碳素钢和合金钢。碳素钢的性能主要取决于碳的质量分数。碳的质量分数越高,则钢的强度越高,但塑性、韧性越低。用热处理方法可以改变钢的组织结构和力学性能。

碳素钢分为普通碳素钢和优质碳素钢。对于受力不大、要求不高的零件,常选用普通碳素钢;对于受力较大、较重要的零件,可选用优质碳素钢。若要使钢具有某些特定的性能,可在碳钢中有意加入一些合金元素(如铬、钼、钨等),则得到合金钢。对于受力较大、工作要求较高或有特殊要求,用优质碳素钢不能满足要求时,可选用合金钢。对于形状复杂、尺寸较大、力学性能要求较高的零件,由于锻造设备的限制,可选用铸钢。

2. 铸铁

与钢相比,铸铁的抗拉强度、塑性、韧性较差,但抗压强度高,且具有良好的铸造性能,可铸成形状复杂的零件。此外,它的耐磨性、切削加工性较好,且价格低廉。因此,应用甚广,特别是机座和形状复杂的零件。

常用的铸铁有灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁等。可锻铸铁的塑性较好,但不能锻造,用于制造形状复杂、承受振动的薄壁小零件。球墨铸铁的强度接近于普通碳素钢,伸长率和耐冲击性都较好,且铸造性、耐磨性好,已广泛应用于机械中。

3. 有色金属

除铁以外的金属统称为**有色金属**。机械中常用的有色金属合金有：铝合金、铜合金（青铜和黄铜）、轴承合金等。有色金属合金由于成本高、强度低，常用于制造有耐磨、减摩、耐蚀等特殊要求的零件。

4. 非金属材料 常用的非金属材料有橡胶、塑料、皮革、木材等。橡胶富于弹性、耐冲击，且摩擦因数大，常用作联轴器或减震器的弹性元件，以及带传动中的带等。塑料具有比重小、易成形、耐磨、耐蚀、绝热、绝缘等优点。因此，塑料在机械制造中的应用日益广泛。

二、材料的选择原则

合理地选择零件材料是机械设计中的一个重要环节，要从多种材料中选择合适的材料受到多方面因素的制约。在以后的各章节中将分别介绍根据经验而推荐的适用材料。这里仅提出一般原则，作为选择材料的依据。

1. 零件的工作情况

对于以强度为计算准则的零件，首先要考虑载荷的性质、应力的性质和大小。对于承受静应力且应力不大的零件，可用普通碳素钢；对于承受较大的应力或冲击载荷的零件，可选用优质碳素钢或合金钢；脆性材料原则上只适用于制造在静载荷下工作的零件，常用于承压零件。

在湿热环境下工作的零件，其材料应有良好的防锈和耐腐蚀的能力，如选用不锈钢、铜合金等。零件在工作中有可能发生磨损，要提高其表面的硬度，以增强耐磨性，可选用易于进行表面处理的淬火钢、渗碳钢、氮化钢等。

2. 零件的结构尺寸及材料的加工工艺性

结构复杂或尺寸较大的零件宜选用铸造毛坯，或用板材冲冲击出元件后再焊接而成。结构简单、尺寸较小的零件可用锻造毛坯。材料的加工工艺性是指材料的铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能等。上述各种性能在有关资料中都有介绍。

3. 材料的经济性

材料的经济性首先表现为材料本身的相对价格。当用价格低廉的材料能满足使用要求时，就不应选用价格高的材料。

材料的经济性是一个综合的因素，在选择材料时，还应考虑其加工费用、材料的利用率、节约稀有材料等多种因素，从而使成本最低。

4. 材料的供应状况

选择材料时，还要考虑材料供应的可能性，采购、运输、贮存的费用等。为了减少供应和贮存材料的品种，应尽可能地减少同一部机器上使用的材料品种和规格。