

高等学校机械基础课程系列教材

机械设计基础

（第2版）

主编 荣辉 付铁 杨梦辰
主审 毛谦德



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校机械基础课程系列教材

机械设计基础

(第2版)

主编 荣 辉 付 铁 杨梦辰

主审 毛谦德

江苏工业学院图书馆
藏书章



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容简介

本书是根据 1995 年审定的“高等学校工科本科机械设计基础课程教学基本要求”,结合多年教学实践编写的教材。本书主要介绍机械设计中所必需的基础知识、机器的组成、常见机构、常见机械零部件的设计及机械系统设计,同时也简要介绍了现代设计方法。

本书可作为高等工科院校近机类、非机类专业学生的教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础(第2版)/荣辉,付铁,杨梦辰主编.—2版.—北京:北京理工大学出版社,2006.7

(高等学校机械基础课程系列教材)

ISBN 7-5640-0223-9

I. 机… II. ①荣…②付…③杨… III. 机械设计—高等学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 123124 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 21

字 数 / 500 千字

版 次 / 2006 年 7 月第 2 版 2006 年 7 月第 3 次印刷

印 数 / 6001 ~ 11000 册

定 价 / 31.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换

第 2 版前言

本书是根据 1995 年审定的“高等学校工科本科机械设计基础课程教学基本要求”,并结合多年教学实践和教学改革编写的。

本书在编写的过程中,贯彻以培养学生实际设计能力为目标,在着重讲清常用机构设计和常用通用机械零部件设计的基本概念、基本理论和基本方法的基础上,加强对学生进行机械系统设计能力的培养,包括机械系统运动方案设计和机械系统结构方案设计。考虑到近机类和非机类专业课程设置的特点,本书增加了相关金属材料和热处理、几何精度规范学基础及摩擦、磨损等方面的基本知识。另外,本书还对一系列现代设计方法进行了介绍,意在更新传统的设计思维理念,提高学生的设计能力和设计水平。

本书的内容是按 88 个教学学时编写的,其中包括 8 个实验学时。

全书由荣辉副教授负责统稿。参加编写的人员有:殷耀华(第一章、附录),张同庄(第二章),丁洪生、付铁(第三章、第十五章),张春林(第四章、第十六章),李轶(第五章、第十章),荣辉(第六章),万小利(第七章),周勇(第八章、第九章),杨梦辰(第十一章轴毂连接、过盈连接和销连接部分、第十二章轴部分),王晓力(第十二章联轴器部分、第十三章),孔凌嘉(第十四章),路敦勇(第十一章螺纹连接部分、第十七章)。

本书由毛谦德教授主审。毛教授对本书的体系和内容等提出了许多宝贵意见,在此编者深表感谢。另外,本书在编写出版过程中得到北京理工大学出版社的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2006 年 2 月

CAI 课件出版说明

机械设计基础 CAI 课件是为《机械设计基础》课程编制的电子教学课件。可供学生与文字教材配合学习使用,也可作为电子教案供教师上课使用。

本课件使用了大量的彩色图片和动画,更为形象、直观和丰富。

本课件是用 PowerPoint 制作的开放式软件,教师可以根据自己的教学特点对内容进行删减和编辑,学生也可以在此基础上编辑加工,作为自己的电子学习笔记。

CAI 课件使用说明

1. 在屏幕页面左下角有 PowerPoint 软件自带功能图标,点击该图标或直接在页面上点击右键即可根据提示选择上一页、下一页、退出放映等选项。在页面点击左键则自动按幻灯片顺序进入下一页。

2. 点击页面左上角图标  进入上一级目录。

3. 点击页面右上角图标  进入当前章首页。

4. 点击下划线文字可进入相关链接内容。

5. 点击图标  进入相关动态图片链接,在进入系统时若有善意提示,请忽略,可放心使用。

6. 点击图标  进入相关静态图片链接。

7. 退出时点击键盘 Esc 键,若因使用该软件跨章、节较多而没有一次完全退出放映,只需连续几次点击链盘 Esc 键就可完全退出。

CAI 课件主编:汪虹 荣辉 付铁

CAI 课件制作:汪虹 荣辉 付铁

CAI 课件监制:荣辉

责任编辑:张玉荣

该课件编辑制作时间仓促,定会有一些不足之处,欢迎使用该软件的各位老师及同学提出宝贵意见和建议,我们将在再版中给以改进、完善。

编 者

2006 年 2 月

目 录

(95 )	.....	零件合部其又响齿裂开渐	第 三 章
(18 )	.....	算十的十只同儿麻残参本基	第 四 章
(28 )	.....	.....	第 五 章
(90 )	.....	念源由件齿力变	第 六 章
(40 )	.....	肉时件齿封圆齿除辟日平	第 七 章
第一章 概 论	.....	.....	( 1)
第一节 绪论	.....	.....	( 1)
第二节 机械零件材料学基础	.....	.....	( 3)
第三节 机械设计中的摩擦学基础	.....	.....	( 9)
习 题	.....	.....	( 12)
第二章 平面机构的结构分析	.....	.....	( 13)
第一节 基本概念	.....	.....	( 13)
第二节 机构运动简图	.....	.....	( 16)
第三节 平面机构自由度计算	.....	.....	( 18)
第四节 机构具有确定运动的条件	.....	.....	( 21)
第五节 平面机构的组成原理与结构分析	.....	.....	( 22)
习 题	.....	.....	( 26)
第三章 平面连杆机构	.....	.....	( 29)
第一节 平面四杆机构的类型及其应用	.....	.....	( 29)
第二节 平面四杆机构的一些基本特性	.....	.....	( 35)
第三节 平面四杆机构的设计	.....	.....	( 39)
第四节 平面连杆机构的结构	.....	.....	( 43)
习 题	.....	.....	( 48)
第四章 凸轮机构	.....	.....	( 50)
第一节 凸轮机构构成、功用及分类	.....	.....	( 50)
第二节 从动件的运动规律及其设计	.....	.....	( 54)
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	.....	.....	( 61)
第四节 凸轮机构的压力角及基本尺寸的确定	.....	.....	( 66)
习 题	.....	.....	( 67)
第五章 间歇运动机构	.....	.....	( 69)
第一节 棘轮机构	.....	.....	( 69)
第二节 槽轮机构	.....	.....	( 72)
第三节 不完全齿轮机构	.....	.....	( 74)
习 题	.....	.....	( 75)
第六章 齿轮传动	.....	.....	( 76)
第一节 齿轮传动的特点、类型及其应用	.....	.....	( 76)
第二节 齿廓啮合的基本定律	.....	.....	( 78)

第三节	渐开线齿廓及其啮合特性·····	(79)
第四节	渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称、基本参数和几何尺寸的计算 ·····	(81)
第五节	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动·····	(85)
第六节	渐开线齿廓的根切现象、变位齿轮的概念 ·····	(90)
第七节	平行轴斜齿圆柱齿轮机构·····	(94)
第八节	直齿圆锥齿轮机构·····	(99)
第九节	齿轮传动受力分析·····	(102)
第十节	齿轮传动的失效形式、设计准则和齿轮材料 ·····	(103)
第十一节	轮齿的强度计算·····	(106)
第十二节	设计实例 ·····	(111)
第十三节	齿轮的结构设计和润滑·····	(116)
习 题	·····	(118)
第七章 蜗杆传动	·····	(120)
第一节	蜗杆传动特点、类型 ·····	(120)
第二节	蜗杆传动的主要参数和几何尺寸·····	(121)
第三节	蜗杆传动的受力分析·····	(125)
第四节	蜗杆传动的相对滑动速度和效率·····	(126)
第五节	蜗杆传动的设计·····	(127)
习 题	·····	(135)
第八章 带 传 动	·····	(136)
第一节	带传动类型及其工作原理·····	(136)
第二节	带传动工作情况分析·····	(137)
第三节	普通 V 带传动的设计计算 ·····	(140)
第四节	V 带传动结构设计 ·····	(150)
习 题	·····	(152)
第九章 常见其他传动简介	·····	(154)
第一节	链传动·····	(154)
第二节	摩擦传动·····	(157)
第三节	无级变速传动·····	(160)
第四节	螺旋传动·····	(161)
习 题	·····	(164)
第十章 轮 系	·····	(165)
第一节	轮系的类型·····	(165)
第二节	定轴轮系传动比的计算·····	(166)
第三节	周转轮系传动比的计算·····	(168)
第四节	复合轮系传动比的计算·····	(170)
第五节	轮系的功能·····	(171)

第六节 其他行星传动简介	(173)
习 题	(175)
第十一章 连 接	(177)
第一节 螺纹连接	(177)
第二节 键连接	(200)
第三节 销和过盈连接	(205)
习 题	(208)
第十二章 轴和联轴器	(209)
第一节 轴	(209)
第二节 联轴器、离合器和制动器	(224)
习 题	(228)
第十三章 滑动轴承	(230)
第一节 滑动轴承的典型结构	(230)
第二节 滑动轴承的失效形式、轴承材料与轴瓦结构	(231)
第三节 滑动轴承的润滑剂及润滑装置	(233)
第四节 非液体润滑滑动轴承的设计计算	(235)
第五节 液体动压轴承润滑的基本原理	(236)
习 题	(238)
第十四章 滚动轴承	(239)
第一节 滚动轴承的结构	(239)
第二节 滚动轴承的类型、代号及选择	(240)
第三节 滚动轴承的计算	(244)
第四节 滚动轴承的组合设计	(251)
习 题	(256)
第十五章 机械的调速和平衡	(258)
第一节 机械运转速度波动的调节	(258)
第二节 回转件的平衡	(261)
习 题	(266)
第十六章 机械系统的设计	(268)
第一节 机械系统的组成	(268)
第二节 机构系统设计的构思	(271)
第三节 机构系统设计的方法	(274)
第四节 机械系统的设计	(278)
第五节 机械运动系统设计实例	(282)
习 题	(288)
第十七章 现代设计方法简介	(290)
第一节 计算机辅助设计	(290)

第二节 机械可靠性设计	(292)
第三节 优化设计	(294)
第四节 机械动态设计	(297)
第五节 并行设计	(299)
第六节 虚拟设计	(302)
第七节 绿色设计	(304)
第八节 机械创新设计方法	(306)
第九节 现代设计方法总体发展趋势和特征	(309)
附录1 机械零件几何精度规范学基础	(311)
附录2 渐开线圆柱齿轮传动的精度及选择	(319)
参考文献	(325)
第一章 绪论	第一章
第一节 机械设计概论	第一节
第二节 机械系统的组成	第二节
第三节 机械零件的分类	第三节
第四节 机械零件的材料选择	第四节
第五节 机械零件的失效形式	第五节
第六节 机械零件的可靠性设计	第六节
第七节 机械零件的公差配合	第七节
第八节 机械零件的装配工艺性	第八节
第九节 机械零件的制造精度	第九节
第十节 机械零件的检验	第十节
第十一章 机械传动	第十一章
第一节 机械传动的类型	第一节
第二节 带传动	第二节
第三节 链传动	第三节
第四节 齿轮传动	第四节
第五节 蜗杆传动	第五节
第六节 行星传动	第六节
第七节 其他机械传动	第七节
第十二章 轴系设计	第十二章
第一节 轴的设计	第一节
第二节 轴承	第二节
第三节 轴系装配	第三节
第四节 轴系调试	第四节
第五节 轴系故障诊断	第五节
第十三章 机械零件的失效分析	第十三章
第一节 失效分析的概念	第一节
第二节 失效分析的方法	第二节
第三节 失效分析的步骤	第三节
第四节 失效分析的案例	第四节
第十四章 机械零件的可靠性设计	第十四章
第一节 可靠性设计的基本概念	第一节
第二节 可靠性设计的方法	第二节
第三节 可靠性设计的步骤	第三节
第四节 可靠性设计的案例	第四节

第一章 概 论

本章概括地论述机械设计基础课程所涉及的最基本的内容,其中包括课程绪论、机械零件材料学基础和机械设计中摩擦学基础。

第一节 绪 论

一、课程的内容、性质和任务

在人类的生产和生活中,创造和发展了各种各样的机械。机械是机器和机构的总称。

机器是由若干个机构组合而成的运动装置,可以实现能量的转化(如将电能、热能、光能、化学能等转化为机械能)或传递能量、物料或信息,实现预期的工作。机构是机器的组成部分,是由两个或两个以上的构件通过可动连接构成的运动确定的系统,用来传递运动和力。构件则是由若干零件刚性连接而成。构件是机器运动的最小单元,而零件则是机器加工制造的最小单元。

图1-1所示的单缸内燃机由气缸体1、活塞2、连杆3、曲轴4、齿轮5和6、凸轮7、进气阀顶杆8等构件组成。内燃机中包含了连杆机构(1、2、3、4)、凸轮机构(7、8)和齿轮机构(5、6)等。

一部机械从无到有,是一个复杂的系统工程,但总的来说包括两大方面:设计和制造。本课程就是一门综合性、实用性很强的、培养工程类专业的学生设计能力的一门专业技术基础课。

本课程将主要介绍常用机构(连杆机构、凸轮机构和间歇运动机构等)设计、通用机械零部件(齿轮、螺纹连接件、键、轴、轴承、联轴器等)的设计、选用及机械系统设计等问题。

本课程是以设计为核心的专业技术基础课。机械制图、几何精度测量、金属材料及热处理、理论力学、材料力学和高等数学等是本课程的必须先修课程。本课程同时也为后续专业课的学习打下基础。

本课程的主要任务是:培养学生运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力;使学生掌握常用机构和通用零部件设计;培养学生用所学的有关知识设计机械传动装置和简单机械的能力。

二、机械设计的一般过程简介

一个新的机械(机器)从准备设计到制造出来,大致要经过以下几个步骤:

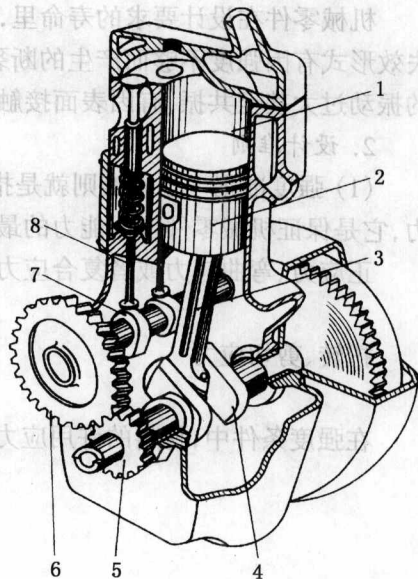


图1-1 内燃机

1—气缸体;2—活塞;3—连杆;4—曲轴;
5、6—齿轮;7—凸轮;8—进气阀顶杆

1. 产品规划

根据社会的需要和市场需求,确定所设计机械(机器)的功能范围和性能指标,根据现有的技术资料和技术手段研究其实现的可能性,拟订设计任务书。

2. 方案设计

按设计任务书的要求,尽量构思出多种可行的设计方案,通过对比、筛选,优选出一种功能满足要求、工作原理可靠、结构设计合理、制造成本低廉的最优方案。

3. 技术和施工图设计

对已选定的设计方案进行分析计算,确定机构和零件的工作参数以及机械(机器)的主要结构尺寸,考虑各个零件的工作能力和结构工艺性,完成每一个零件的结构设计,按照国家标准,绘制出整部机械(机器)的设计总图和全部零部件的施工图,编写有关技术文件。

4. 试制、调试、鉴定

经过加工、安装和调试,制造出样机。通过对样机的试验,验证所设计的机械(机器)能否实现预期的功能及满足所提出的要求,评价其可靠性、适用性、经济性并进行必要的改进。

实际上,整个机械设计的各个阶段是相互联系、相互融合的,在某个阶段发现问题后,必须返回到前面的有关阶段进行设计修改。整个设计过程是一个不断修改、不断完善的过程。

三、机械零件的设计准则

为了保证所设计的机械零件能安全可靠地工作,在设计零件之前,应确定相应的设计准则。不同的零件或相同的零件在差异较大的环境和条件下工作,会有不同的设计准则,设计准则的确定与该零件的主要失效形式密切相关。

1. 主要失效形式

机械零件在设计要求的寿命里,失去原设计要求的工作能力,称为失效。机械零件的主要失效形式有因强度不够而产生的断裂,有因刚度不够而产生的变形过大,有因转速过高而产生的振动过大甚至共振,有因表面接触应力过大或者接触腐蚀介质而使零件表面失效等。

2. 设计准则

(1) 强度准则 强度准则就是指零件受到最大载荷时的应力不得超过零件材料的许用应力,它是保证机械零件工作能力的最基本的准则。即

正应力、弯曲应力或者复合应力

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (1-1)$$

扭转、剪切应力

$$\tau \leq [\tau] \quad (1-2)$$

在强度条件中,材料的许用应力为

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{S_{\sigma}} \quad (1-3)$$

$$[\tau] = \frac{\tau_{\lim}}{S_{\tau}} \quad (1-4)$$

式中, $\sigma_{\lim}$ 、 $\tau_{\lim}$ 为材料的极限应力, S_{σ} 、 S_{τ} 为安全系数。

(2) 刚度准则 刚度准则就是指零件在载荷作用下产生的变形量不得超过其许用值。零件的刚度有时又是保证零件强度的重要条件,例如受压长杆,若刚度不足,将影响其受压时的

稳定性。刚度也是影响振动稳定性的主要因素。因而要求

$$\left. \begin{aligned} \text{挠度} & y \leq [y] \\ \text{偏转角} & \theta \leq [\theta] \\ \text{扭转角} & \phi \leq [\phi] \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

弹性变形量的计算公式及其许用值可参考有关机械设计手册。

(3) 振动稳定性准则 机器中存在着许多周期性变化的激振源,如齿轮的啮合、轴的偏心转动、滚动轴承中的振动、滑动轴承中的油膜振荡等,当上述激振源的振动频率 f_p 与零(部)件本身的固有频率 f 相等或接近时,零(部)件就会发生共振。共振时振幅急剧增大,以至零件被破坏或机器工作失常。

振动稳定性准则就是在设计机械时,使受激振作用的各个零件的固有频率 f 与激振源的频率 f_p 错开。通常应保证

$$f_p < 0.85f \quad \text{或} \quad f_p > 1.15f \quad (1-6)$$

(4) 摩擦学准则 在摩擦状态下工作的机械零件主要有两类,一类要求工作时摩擦力小、功耗低,如滑动轴承、啮合传动等。另一类利用摩擦传递动力,要求摩擦力大,如带传动、摩擦轮传动、摩擦离合器等。前一类零件应选用减摩抗磨性好的材料制造,并采用适当的润滑方式以保证工作时两摩擦表面阻力小,功耗少,效率高。设计时应保证机器有一定的效率,以较小的功率完成预期的工作。后一类零件应选用摩擦材料或耐磨材料制造。设计时应保证摩擦力或摩擦力矩的极限值大于工作阻力或工作阻力矩,否则,工作时就会发生打滑,使传动失效。

机械零件在工作时其表面相互接触,相互摩擦而产生磨损,使零件的结构形状和几何尺寸发生变化,直接影响机器的运动精度和效率。因此,要求零件的摩擦表面有足够的接触强度和耐磨性,避免因磨损量超过规定的允许值而失效。

关于磨损,由于其影响因素较多,目前还没有完善、有效的理论计算公式,通常采用以下两种方法。

滑动速度低、工作载荷大的零件,验算压强,使其不超过许用值,以防止过大的压强破坏零件工作表面的油膜而使磨损加剧。即

$$p \leq [p] \quad (1-7)$$

滑动速度较高的摩擦表面,还要防止过高的温度使润滑油黏度降低,油膜破裂,导致过快的磨损或表面胶合现象。因此,要限制单位接触面积在单位时间内产生的摩擦功不要过大。如果将摩擦系数 f 视为常数,则可验算 pv 值不超过许用值。即

$$pv \leq [pv] \quad (1-8)$$

除了上述的一些基本准则外,在机械零件设计中,还可以提出一些在特定条件下应考虑的设计准则,例如可靠性、精度、噪声等级、外廓尺寸、外观以及节能、环保等方面的要求。

第二节 机械零件材料学基础

机械零件通常都是由金属材料制成的,有时也用非金属材料 and 复合材料制造。本节将对机械零件的常用材料作一简略介绍。

一、金属材料

(2) 金属材料分为黑色金属(如钢、铸铁等)和有色金属(如铜、铝、钛及其合金等)。

1. 钢

钢和铸铁都是铁碳合金,他们的区别主要在于含碳量的不同。含碳量小于 2.1% 的铁碳合金称为钢。含碳量大于 2.1% 的铁碳合金称为铸铁。但通常使用的钢,含碳量在 0.05% ~ 0.7% 之间。与铸铁相比,钢具有较高的强度、韧性和塑性,并可用热处理的方法来改善其力学和加工性能。钢制零件可用锻造、碾压、冲压、焊接、铸造等方法获得,因此应用极其广泛。

按照用途的不同,钢可分为结构钢(用于制造各种机械零件和工程结构的构件),工具钢(用于制造刀具、量具和模具等)和特殊钢(如不锈钢、耐热钢、耐酸钢、滚动轴承钢等)。根据化学成分的不同,又可将钢分为碳素钢和合金钢。碳素钢的性质主要取决于含碳量,含碳量的增高,虽然强度有所增加,但钢的脆断性增大,焊接性和冷加工性能有所降低。为了改善钢的性能,特意加入一些合金元素,就是合金钢。

(1) 碳素钢 按用途不同碳素钢可分为碳素结构钢和碳素工具钢。碳素结构钢又可以分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。

普通碳素结构钢的牌号见表 1-1, Q 为“屈”字汉语拼音的首字母,指屈服强度,后面的数字代表屈服极限值。为了表示钢的质量等级,在数字后面加注 A、B、C、D 字母, D 的质量等级最高。字母后如果还有字母,则表示脱氧方法: F 为沸腾钢, b 为半镇静钢, 不标为镇静钢。

普通碳素结构钢在冶炼时主要控制其力学性能,而对钢的化学成分控制较松,一般不需热处理,可在供货状态下直接使用。

优质碳素结构钢(表 1-1)的牌号用二位数表示,代表平均含碳量的万分之几,后面的字母, A 表示高级, F 表示脱氧方法, Mn 表示锰元素含量较高(0.7% ~ 1.0%)。含碳量低于 0.25% 的钢为低碳钢,其强度和硬度低,但塑性和焊接性能好,适用于冲压、焊接等方法成型;含碳量在 0.25% ~ 0.6% 的钢为中碳钢,有良好的综合机械性能,应用最广;含碳量高于 0.6% 的钢为高碳钢,常用作弹性元件和易磨损元件。

优质碳素结构钢一般经过热处理,可获得较高的弹性极限和较高的屈服强度。

碳素工具钢的牌号(表 1-1)中, T 为“碳”字汉语拼音的首字母,后面的数字代表平均含碳量的千分之几,后面的字母, A 表示高级, Mn 表示锰元素含量较高(0.4% ~ 0.6%)。

碳素工具钢一般经过热处理,可获得较高的力学性能。

表 1-1 碳素钢

分 类	主 要 钢 号
普通碳素结构钢	Q195、Q215、Q215 - A、Q215 - B、Q235 - A、Q235 - A F、Q235 - B、Q235 - C、Q235 - D、Q255 - A、Q255 - B、Q275
优质碳素结构钢	08、08F、10、15、20、20A、20Mn、25、30、35、40、40Mn、45、45Mn、50、55、60、65、65Mn、70、70Mn、75、80、85
碳素工具钢	T7、T7A、T8、T8A、T8Mn、T8MnA、T9、T9A、T10、T10A、T11、T11A、T12、T12A、T13、T13A

(2) 合金钢 在碳素钢中添加合金元素后,就成为合金钢。添加合金元素的目的主要是为了改善钢的力学性能、工艺性能及物理性能。

合金钢的分类及牌号见表 1-2。钢的牌号用数字及合金元素符号表示。最前面的数字,一位数代表平均含碳量的千分之几;两位数代表平均含碳量的万分之几;若无数字,代表平均含碳量小于 0.1%。后面的字母则表示主加元素,主加元素如果小于 1.5%,仅标明元素,大于 1.5%,则标出数字,代表平均含量的百分之几,个别低铬合金工具钢,铬的含量用千分之几表示,但在含量前加 0,如 Cr06,最后面的字母 A 表示高级。

表 1-2 合金钢

分 类		主 要 钢 号
合金结构钢	低合金结构钢	16Mn、10MnSiCu
	合金结构钢	30CrMnSi、38CrMoAlA
	合金弹簧钢	60Si2Mn、50CrVA
合金工具钢	合金工具钢	Cr12、40CrW2Si
	高速工具钢	W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2
特殊钢	不锈钢	1Cr18Ni9、1Cr18Mo8Ni5N
	耐热钢	3Cr18Mn12Si2N、1Cr16Ni35
	耐酸钢	1Cr17Ni2
	滚动轴承钢	GCr9、GCr15SiMn
	焊接用钢	H30CrMnSiA

合金元素在合金钢中的作用:

镍(Ni) 提高强度,但不降低韧性。

铬(Cr) 提高高温强度,耐腐蚀、耐磨损,在不锈钢中,必须和镍(Ni)同时使用。

锰(Mn) 提高强度和耐磨性,提高韧性。

钼(Mo) 作用同锰(Mn),但其耐热性更强。

钒(V) 提高韧性和强度。

硅(Si) 提高强度和耐磨性,但对韧性不利。

2. 铸铁

含碳量大于 2.1% 的铁碳合金称为铸铁。铸铁的使用量很大,仅次于钢。铸铁被大量使用,首先是因为生产成本低廉,其次是它具有优良的铸造性能,铸铁的熔点较低,具有良好的易熔性和液态流动性,因而可以铸成形状复杂的大小零件。它的硬度和抗拉强度和钢差不多,并且有优异的消振性能和良好的耐磨性能,这是钢所不能及的,但铸铁的疲劳强度和塑性比钢差,较脆,不能承受较大的冲击载荷,不适于锻压和焊接。

铸铁的种类有:

(1) 灰铸铁 灰铸铁具有良好的铸造性能和切削加工性能,耐磨性好,消振能力最为突出,但抗拉强度低。灰铸铁的牌号由字母 HT 和数字表示,HT 为“灰铁”汉语拼音的首字母,后面的数字代表其最低抗拉强度,如 HT100、HT150、HT300 等。

(2) 球墨铸铁 球墨铸铁的强度和塑性比灰铸铁有很大的提高,具有良好的耐磨性,但铸造性较差。球墨铸铁的牌号由字母 QT 和数字表示,QT 为“球铁”汉语拼音的首字母,后面的第一组数字代表最低抗拉强度,第二组数字代表最低延伸率,如 QT400-18、QT500-7、QT800-2 等。

(3) 可锻铸铁 可锻铸铁的强度、塑性、韧性、耐磨性均较高,能承受冲击振动,但生产周期长,成本较高,铸造大尺寸零件较困难。可锻铸铁的牌号由字母 KT 和数字表示,KT 为“可铁”汉语拼音的首字母,H 表示黑心,Z 表示珠光体,B 表示白心,后面的第一组数字代表最低抗拉强度,第二组数字代表最低延伸率,如 KTH300-06、KTZ550-04、KTB380-12 等。

3. 有色金属

有色金属及其合金种类繁多,由于各具某些特殊的性能,所以在一些特殊的场合得到应用。机械零件中常用的有铜合金、铝合金等。

(1) 铜及铜合金 纯铜由于其力学性能很低,故在机械工业中应用并不多,主要应用在导电材料中。机械工业中应用的主要是铜合金。铜合金有一定的强度和硬度,导电、导热性能优异,减摩、耐磨、抗腐蚀性能良好。

铜合金按主加金属元素的不同,又分为黄铜和青铜:

黄铜以锌(Zn)为主加元素,同时含有少量的锰(Mn)、铝(Al)和铅(Pb)。黄铜塑性和铸造流动性好,有一定的耐腐蚀能力,但强度和耐磨性不高。

青铜以主加元素的不同又可分为锡青铜和铝青铜等。青铜比黄铜有更高的强度、硬度、耐磨性和耐腐蚀性。在机械设计中,常用青铜与钢组成配对材料。

(2) 铝及铝合金 铝及铝合金的使用量仅次于钢铁,主要是因为铝合金的密度只有钢材的 1/3,但它的比强度和比刚度与钢接近甚至超过钢,在承受同样大的载荷时,铝合金零件的质量要比钢零件轻得多。其次,铝合金具有良好的导热、导电性能,其导电性能大约为铜的 60%,由于质量轻,在远距离输送的电缆中常代替铜线。铝合金无毒而且还有良好的抗腐蚀能力,广泛应用在建筑结构工业、容器及包装工业、电器工业和航空航天工业中。例如,波音 747 飞机上 81% 的用材是铝合金。

二、非金属材料

1. 工程塑料

塑料与我们日常生活有着密切的关系,随处可见,绝大部分都是通用塑料,真正能用在工程上,作为结构零件的塑料并不多。一般把工作应力大于 50 MPa,连续工作温度超过 100 °C 以上的塑料称为工程塑料。它具有强度高、质量轻、减摩、耐磨、耐腐蚀、耐热、绝缘等特点。其成型工艺性好,生产效率高,故发展很快,应用范围日益扩大,越来越受到工程界的重视。常用的五大工程塑料有:

(1) 尼龙 品种、数量及应用上居工程塑料之首,它强度高,耐磨性好,耐化学腐蚀。但易吸收水分而影响尺寸的稳定性。

(2) 聚碳酸酯 在工程塑料中韧性最好,透光率达 90%,连续使用温度达 135 °C ~ 145 °C,它正取代玻璃和有机玻璃,作为飞机上的挡风夹层和天窗盖。

(3) 聚甲苯 在工程塑料中弹性模量最高,并有高硬度,低摩擦系数和较好的耐疲劳性能,适用于制造小齿轮及轴套等。

(4) 聚苯醚 在工程塑料中硬度最高,热膨胀系数最小,最耐热。

(5) ABS ABS 为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物,具有良好的综合性能,广泛应用在管材、家用电器和纺织机械中。用 ABS 制成的泡沫夹层板,可作小轿车的车身。

2. 橡胶

橡胶常用来制造轮胎、垫板、隔热板、传动带和减振零件等。

3. 夹布胶木

夹布胶木常用来制造板材、电工元件,轻载无噪声齿轮和耐腐蚀元件等。

4. 其他

工业上,经常使用的非金属材料还有陶瓷、皮革、木材、纸板等。

三、复合材料

在工程上复合材料的应用更广,它把两种材料结合在一起,发挥各自的长处,在一定程度上克服了各自固有的缺点,如玻璃具有较高的弹性模量和强度,但太脆,而塑料具有良好的塑性、易于加工,但弹性模量和强度较低,把两者结合起来,就产生了玻璃钢。

陶瓷材料硬度高,耐磨性好但不易于加工成型,将它们与金属粉末烧结在一起,就形成了硬质合金。也有金属和金属的复合材料,如碳钢和不锈钢、碳钢和铜合金的复合板,在这种情况下,不锈钢和铜合金与介质接触,起到耐腐蚀、耐磨损的作用,而碳钢作为基体,起到支撑强度的作用。

近几年,又开发出一种硼铝的复合材料,它的常温 and 高温强度比高强度的铝合金大得多。美国现在使用的航天飞机的整个桁架支柱,均用硼铝复合材料的管材制造,比原先采用铝合金时,减轻重量 44%。

复合材料可以最大限度的发挥材料的使用价值,降低成本,提高效益。

四、钢的热处理简介

钢的热处理是指将钢在固态状态下进行不同温度的加热、保温和冷却的工艺方法(见图 1-2),促使其内部组织结构发生变化,从而达到提高零件的力学性能和改善其工艺性能的目的。正因为钢的热处理是在不改变金属材料牌号的前提下,使之得以强化,充分发挥材料的内部潜力,故是提高机械产品质量,降低成本的一种重要手段。

常用的热处理方法有:退火、正火、淬火、回火、调质、时效及化学处理等。

1. 退火

把钢加热到临界温度(在钢的固态范围内,引起钢内部组织结构发生变化的温度)以上 $30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$,经过适当的保温后,随炉温一起缓慢冷却下来的热处理工艺称为退火。

退火的目的是降低材料的硬度,提高塑性,细化结晶组织结构,改善力学性能和切削加工性能,消除或减小铸件、锻件及焊接件的内应力。

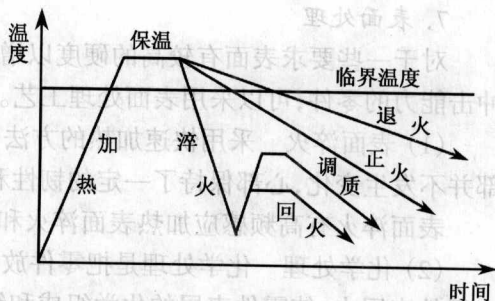


图 1-2 钢的热处理

2. 正火

将零件加热到临界温度以上,保温一段时间后,然后再空冷,风冷或喷雾冷却。它的冷却速度比退火快,作用与退火相似,但比退火经济,成本低,可作为零件的最终热处理。

3. 淬火

将零件加热到临界温度以上,保温一段时间后,然后在水中或油中迅速冷却。由于材料内部组织结构的变化,使其硬度提高,耐磨性加强,但材料的脆性也增加,塑性下降。由于淬火温度变化过快,材料内部形成较大的淬火应力,会导致零件的变形或开裂。淬火不能作为零件的最终热处理,通常要经过适当的回火处理,以消除淬火应力。

钢经过淬火后可以细化组织、提高强度、便于切削加工。

4. 回火

将淬火后的零件重新加热到临界温度以下的某一温度,保温一段时间后,然后在空气中冷却。根据对零件要求的不同,可采用不同的回火温度。回火温度越高,材料的硬度和强度下降越多,而塑性和韧性则显著提高。

(1) 低温回火 回火温度在 $150\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$,主要用来降低材料的脆性和淬火应力,并能保持较高的硬度和耐磨性,常用于刀具、模具等。

(2) 中温回火 回火温度在 $350\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$,其特点是既能保持材料一定的韧性,又能保持一定的弹性和屈服点,常用于弹簧和承受冲击的零件。

(3) 高温回火 回火温度在 $500\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 650\text{ }^{\circ}\text{C}$,使零件获得强度、硬度、塑性和韧性都良好的综合力学性能。

5. 调质

淬火加高温回火称为调质。一些重要的零件,特别是一些在变应力下工作的零件,如连杆、齿轮和轴等常采用调质处理。

6. 时效

时效可以减小或消除零件的内应力,使零件在工作之前得以充分的变形,零件尺寸可以稳定下来。时效分低温时效和高温时效。

(1) 低温时效 将零件加热到 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温 $5 \sim 20\text{ h}$ 后,再空冷。

(2) 高温时效 将零件加热到略低于高温回火的温度,保温后,缓冷到 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,出炉空冷。

7. 表面处理

对于一些要求表面有较高的硬度以增加其耐磨性,而心部要求有较高的韧性以提高其抗冲击能力的零件,可以采用表面处理工艺。表面处理包括表面淬火和化学处理。

(1) 表面淬火 采用快速加热的方法,只将零件表面加热并淬火。它只改变表层组织,心部并不发生变化,心部保持了一定的韧性和强度,而表层得到强化和硬化。

表面淬火有高频感应加热表面淬火和火焰加热表面淬火。

(2) 化学处理 化学处理是把零件放入化学介质(碳或氮等)中加热,保温,使介质元素渗入零件表层中,使零件表层的化学组成和组织结构发生变化,来获得对其心部和表层不同性能要求的热处理方法。常用的方法有渗碳、渗氮和碳氮共渗(氰化)等。