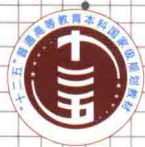


机械原理和机械设计系列教材



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

机械设计基础

第四版

西北工业大学 西安石油大学 合编
西安理工大学 西安工业大学

李育锡 苏 华 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，是在第三版的基础上，参照教育部新制订的高等学校非机械类及近机械类专业机械设计基础课程教学基本要求修订而成的。

全书分为四部分：第一部分介绍机械零件的常用材料、结构工艺性以及工作能力计算的理论基础；第二部分介绍各种常用传动机构的设计基础、机构运动简图的绘制方法和平面机构自由度的计算；第三部分介绍各种通用机械零件的设计基础；第四部分介绍机械的平衡和调速，并简单介绍机械传动系统设计。各章均附有一定数量的思考题和练习题。为便于学生完成作业，书后附有部分零件的有关标准。

本书可作为普通高等学校非机械类、近机械类专业的教材，也可供其他有关专业的师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 李育锡, 苏华主编; 西北工业大学
等编. -- 4版. -- 北京: 高等教育出版社, 2018.5
ISBN 978-7-04-049572-0

I. ①机… II. ①李…②苏…③西… III. ①机械设
计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 060189 号

策划编辑 宋晓 责任编辑 宋晓 封面设计 张志 版式设计 王艳红
插图绘制 于博 责任校对 窦丽娜 责任印务 田甜

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	北京佳顺印务有限公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	19.25	版 次	1999年11月第1版
字 数	470千字		2018年5月第4版
购书热线	010-58581118	印 次	2018年5月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	35.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 49572-00

第四版前言

本书是在总结第三版使用经验的基础上,根据目前教学改革的实际需要,结合机械工程的新发展修编而成的。

本书的风格、体系和章节顺序与第三版基本相同,部分章节在内容上作了一些增补和删减,并更正或改进了原书在文字、插图、计算中的某些疏漏和印刷中的错误,进一步提高了质量。与第三版相比,本书在内容上有增有减,并对书中的部分国家标准作了更新,对几个章节的内容作了改写,增加了与实际工程以及日常生活相关的习题和思考题。总的篇幅有少量变化,以适应教学的需要。

在本书的编写过程中,编者参照目前高等学校非机械类和近机械类专业机械设计基础课程教学基本要求,从如何有利于教学这一基本目标出发,删繁求简,着重讲清有关机械设计的基本概念、基本理论和基本方法,强调整体概念,简化理论论证和设计计算,适当扩大知识面,增强与工程实际的联系,力求全书简明易懂、好教好学和更具启发性。

本书第一版于1999年出版,由西北工业大学陈作模、李继庆、李育锡,西安石油学院王鸿飞、吴伟,西安理工大学熊绮华、任欣堂,西安工业学院张君安、高嵩、马保吉编写,由李继庆、陈作模任主编。本书第二版于2006年出版;第三版为普通高等教育“十一五”国家级规划教材;第四版为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

参加第四版编写工作的有西北工业大学李育锡、苏华、李洲洋,西安石油大学吴伟、秦彦斌,西安理工大学穆安乐、王慧武,西安工业大学朱育权、王丽君,并由李育锡、苏华任主编。

本书承西北工业大学陈作模教授细心审阅,提出了很多宝贵的意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,不当及漏误之处在所难免,敬请广大读者给予批评指正。

第四章 螺旋机构	52	§7-1 蜗杆蜗轮的啮合原理	105
§4-1 蜗轮蜗杆的啮合原理	52	§7-2 蜗杆蜗轮的几何尺寸	106
§4-2 蜗轮的齿廓形成及蜗轮的加工	54	§7-3 蜗杆蜗轮的传动特性	109
§4-3 蜗杆蜗轮的传动	57	§7-4 蜗杆蜗轮的传动效率及润滑	110
§4-4 蜗杆蜗轮的传动设计	70	§7-5 蜗杆蜗轮的传动设计	112
第五章 平面连杆机构	71	§7-6 凸轮机构的类型及凸轮轮廓的画法	115
§5-1 平面四杆机构的基本类型及其演化	71	§7-7 凸轮机构的运动设计	117
§5-2 平面五杆机构的基本类型及其演化	74	§7-8 凸轮机构的传动设计	122
§5-3 平面六杆机构的基本类型及其演化	76	§7-9 凸轮机构的制造	127
§5-4 平面四杆机构的设计方法	83	§7-10 凸轮机构的材料	130
§5-5 平面四杆机构的运动设计	88	§7-11 凸轮机构的结构设计	133
§5-6 平面四杆机构的运动设计	88	§7-12 凸轮机构的制造	134
第六章 凸轮机构	96	第八章 轮系	143
§6-1 凸轮机构的类型及凸轮轮廓的画法	96		

目 录

绪论	1
§ 0-1 本课程研究的对象和内容	1
§ 0-2 机械设计的基本要求和一般过程	3

§ 0-3 学习本课程的目的及学习中应注意的事项	4
思考题	5

第一部分 机械零件材料及结构强度基础

第一章 机械零件的常用材料和结构工艺性	9
§ 1-1 机械零件的常用材料及其选用	9
§ 1-2 机械零件的结构工艺性	16
§ 1-3 机械设计中的标准化	21
思考题	21
第二章 机械零件工作能力计算的理论基础	23
§ 2-1 机械零件的工作能力及其变形的	

基本形式	23
§ 2-2 轴的拉伸和压缩	25
§ 2-3 剪切和挤压	30
§ 2-4 圆轴的扭转	33
§ 2-5 弯曲	36
§ 2-6 应力状态理论及强度理论概述	39
§ 2-7 疲劳强度概述	41
§ 2-8 接触强度概述	44
思考题和练习题	45

第二部分 常用传动机构设计基础

第三章 机构运动简图及平面机构自由度	49
§ 3-1 机构的组成	49
§ 3-2 机构运动简图	51
§ 3-3 平面机构的自由度	54
思考题和练习题	59

§ 6-2 推杆的常用运动规律	93
§ 6-3 凸轮轮廓曲线的设计	97
§ 6-4 凸轮机构的压力角和基圆半径	101
思考题和练习题	103

第四章 螺旋机构	62
§ 4-1 螺旋机构的组成和螺纹	62
§ 4-2 螺旋副中的摩擦、效率及自锁条件	64
§ 4-3 螺旋机构的类型、应用和特点	67
思考题和练习题	70

第七章 齿轮传动

§ 7-1 齿轮传动的特点和类型	104
§ 7-2 渐开线齿廓	105
§ 7-3 渐开线标准齿轮各部分的名称和几何尺寸	106
§ 7-4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	109
§ 7-5 渐开线齿轮的加工及变位齿轮的概念	112
§ 7-6 齿轮的失效形式和齿轮材料	115
§ 7-7 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	117
§ 7-8 斜齿圆柱齿轮传动	122
§ 7-9 锥齿轮传动	127
§ 7-10 蜗杆传动	130
§ 7-11 齿轮的结构设计	137
§ 7-12 圆弧齿轮传动简介	139
思考题和练习题	140

第五章 平面连杆机构	71
§ 5-1 概述	71
§ 5-2 铰链四杆机构的基本形式及其演化	73
§ 5-3 铰链四杆机构的几个特性	80
§ 5-4 平面四杆机构的设计简介	83
思考题和练习题	88

第六章 凸轮机构	90
§ 6-1 凸轮机构的特点、应用和分类	90

第八章 轮系	143
--------	-----

§ 8-1 轮系及其分类	143
§ 8-2 定轴轮系的传动比	144
§ 8-3 周转轮系及其传动比	145
§ 8-4 轮系的功用	149
§ 8-5 减速器和变速器	151
思考题和练习题	157
第九章 带传动及链传动	159
§ 9-1 带传动的类型和特点	159
§ 9-2 带传动的工作原理和工作能力分析	161
§ 9-3 V带的标准及其传动设计	165

§ 9-4 链传动	174
思考题和练习题	182

第十章 间歇运动机构及组合机构

§ 10-1 槽轮机构	184
§ 10-2 棘轮机构	186
§ 10-3 不完全齿轮机构	188
§ 10-4 凸轮间歇运动机构	189
§ 10-5 组合机构	190
思考题和练习题	191

第三部分 通用机械零件设计基础

第十一章 连接	195
§ 11-1 概述	195
§ 11-2 螺纹连接	196
§ 11-3 键连接、销连接及型面连接	207
§ 11-4 铆接、焊接、胶接简介	213
思考题和练习题	216

第十二章 联轴器、离合器和制动器	217
§ 12-1 概述	217
§ 12-2 联轴器	217
§ 12-3 离合器	222
§ 12-4 制动器	224
思考题和练习题	226

第十三章 支承	227
§ 13-1 概述	227
§ 13-2 滑动轴承的结构和材料	228
§ 13-3 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	231
§ 13-4 滚动轴承的结构、类型和代号	232

§ 13-5 滚动轴承的选择	236
§ 13-6 滚动轴承组合设计	242
§ 13-7 轴承的润滑和润滑装置	246
§ 13-8 滚动轴承与滑动轴承的比较	248
§ 13-9 导轨	248
思考题和练习题	251

第十四章 轴	253
§ 14-1 轴的分类和材料	253
§ 14-2 轴的结构设计	255
§ 14-3 轴的计算	258
思考题和练习题	263

第十五章 弹簧	265
§ 15-1 弹簧的功用和类型	265
§ 15-2 弹簧的材料和许用应力	266
§ 15-3 圆柱螺旋弹簧的结构和特性曲线	268
§ 15-4 圆柱螺旋弹簧的设计计算	270
思考题和练习题	273

第四部分 机械传动系统设计基础

第十六章 机械的平衡和调速	277
§ 16-1 刚性转子的静平衡和动平衡	277
§ 16-2 机械的速度波动及其调节原理	281
思考题和练习题	283

第十七章 机械传动系统设计	
----------------------------	--

附录	297
参考文献	300

简介	285
§ 17-1 概述	285
§ 17-2 机械传动系统方案的拟定	286
§ 17-3 机械传动系统应用举例	291
思考题	296

绪 论

在进入本课程学习以前,首先需要了解一些基本概念及术语,如零件、构件、机构、机器和机械等,然后才能具体地讨论本课程所研究的对象和内容,从而进一步明确学习本课程的目的及学习中应注意的事项。

为使读者对机械设计有一个总体轮廓的概括认识,这里对机械设计的基本要求和一般过程也作了简略的介绍。

§ 0-1 本课程研究的对象和内容

一、几个术语

1) 零件 任何机器都是由许多零件组成的。若将一部机器拆卸,拆到不可再拆的最小单元就是零件。从制造工艺角度来看,零件是加工的最小单元。

2) 构件 一个构件通常是由若干零件组成的。如内燃机中的连杆,其结构如图 0-1 所示,它由连杆体 1、连杆头 2、轴套 3、轴瓦 4、螺栓 5 和螺母 6 等零件组成。这些零件刚性地连接在一起组成一个刚性系统,机器运动时作为一个整体来运动。所以,构件是一个由若干零件组成的刚性系统,是运动的最小单元^①。当然也有的构件仅由一个零件组成。

3) 机构 机构是由若干构件组成的一个人为的构件组合体。机构的功用在于传递运动或改变运动的形式。如图 0-2 所示的凸轮机构,能将凸轮 1 的连续回转运动转变为推杆(锤头)2 的往复直线运动;图 0-3 所示的连杆机构,能将构件 1 的回转运动转变为构件 3 的往复摆动;图 0-4 所示的齿轮机构,则是通过一对相互啮合的齿轮,将轴 1 的回转运动传递给轴 2。组成机构的各构件之间的相对运动是有规律的(是一个变量或多个变量的函数)。

4) 机器 机器是由若干机构组成的。机器的类型虽然很多,但组成机器的常用机构的类型并不多,如常见的机床、起重机、缝纫机、内燃机等机器,都是由连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、传动带等常用机构组合而成的。机器可用来变换或传递能量、物料和信息。如电动机或发电机用来变换能量,加工机械用来变换物料的状态,起重运输机械用来传递物料,计算机则用来变换信息等。

5) 机械 一般常将机器和机构总称为机械。

^① 在机器中除上述的刚性构件外,还有由带、链、绳索等组成的柔性构件,以及在液压和气动传动中的液体构件和气体构件。不过一般所谓的构件多指刚性构件。

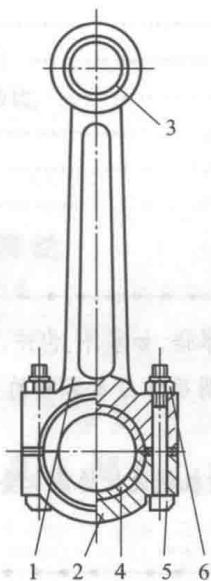


图 0-1 连杆

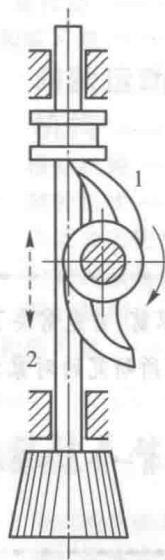


图 0-2 凸轮机构

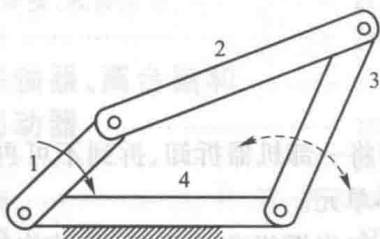


图 0-3 连杆机构

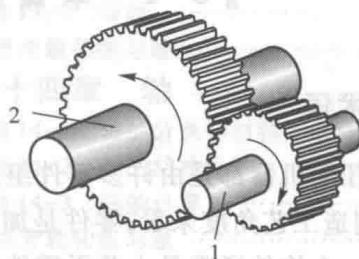


图 0-4 齿轮机构

二、本课程研究的对象和内容

机械设计基础是一门研究机械传动及其设计中的一些基础知识的课程,其研究内容主要有以下几个方面:

1. 机械零件的常用材料及结构强度

主要介绍机械零件常用材料及其选用原则,零件受力及变形的基本形式及其强度计算。

2. 常用传动机构设计

1) 机构的组成原理 研究构件组成机构的原理以及各构件间具有确定运动的条件。

2) 常用机构的分析和设计 对常用机构的运动和工作特点进行分析,并根据一定的运动要求和工作条件来设计机构。

3. 通用机械零件设计

根据使用范围的不同,机械零件可分为两类:一类为广泛用于各种机械的通用零件,如螺钉、键、销、轴、轴承、弹簧、齿轮等;另一类则是只用在某些机械中的专用零件,如风扇的叶片、洗衣机的波轮等。本书只研究通用零件的设计和选用问题,包括零件工作能力设计和结构设计,以及标准零、部件的选用等问题。

4. 有关机械总体设计中的一些问题

有关机械总体设计中的一些问题包括机械的平衡和调速,机械设计的基本要求和一般步骤,工作循环图等。

§ 0-2 机械设计的基本要求和一般过程

一、机械设计的基本要求

所设计的机械一般应满足如下要求:

- 1) 使用要求 所设计的机械应在规定的寿命期限内能正常完成预期的使用功能。这是最主要的要求。
- 2) 经济要求 所设计的机械设备应在设计、制造和使用的全过程中都有低的成本。为此应采用恰当的设计方法,缩短设计周期;选用适当的原材料,减小设备的尺寸、质量;注意零件的制造和装配工艺性;减少设备在运行中的各种消耗,提高劳动生产率,降低维修管理费用等。
- 3) 社会要求 操作方便,使操作者感到安全舒适;有大方宜人的外形和色彩,具有市场竞争力;符合国家环境保护等有关法令。

二、机械设计的一般过程

根据设计任务轻重的不同,设计过程的繁简程度显然不会一样,但大致要经过如表 0-1 所示的几个阶段。

表 0-1 机械设计的一般过程

阶 段	内 容	应完成的工作
计划	<ol style="list-style-type: none">1. 根据市场需要,或受用户委托,或由上级下达,提出设计任务。2. 进行可行性研究,重大的问题应召开有各方面专家参加的评审论证会。3. 编制设计任务书	<ol style="list-style-type: none">1. 提出可行性报告。2. 提出设计任务书。任务书应尽可能详细具体,它是以后设计、评审、验收的依据。3. 签订技术经济合同
方案设计	<ol style="list-style-type: none">1. 根据设计任务书,通过调查研究和必要的试验分析,提出若干个可行方案。2. 经过分析对比、评价、决策,确定最佳方案	提出最佳方案的原理图和机构运动简图
技术设计	<ol style="list-style-type: none">1. 绘制总装配图和部件装配图。2. 绘制零件工作图。3. 绘制电路系统图、润滑系统图等。4. 编制各种技术文件	<ol style="list-style-type: none">1. 提出整个设备的标注齐全的全套图样。2. 提出设计计算说明书、使用维护说明书、外购件明细表等
试制试验	通过试制、试验发现问题,加以改进	<ol style="list-style-type: none">1. 提出试制、试验报告。2. 提出改进措施

阶段	内容	应完成的工作
投产以后	设备投产以后,并非设备设计工作的终结,要根据用户的意见、使用中发现的问题,以及市场的变化,作相应改进和更新设计	收集问题,发现问题,改进设计

机械设计工作是一项创造性劳动,在设计之初许多问题和矛盾尚未暴露,因而上述设计过程一般说不会是一帆风顺的,也不会一次就能依次进行到底,而是不断出现反复和交叉,这是在设计中经常遇到的正常现象。

§0-3 学习本课程的目的及学习中应注意的事项

几千年前,人们就学会了使用机械。今天,成千上万种机械正在各个领域中为人们的生产、工作和生活服务,随着办公机械和家用机械的兴起,机械和人类的关系越来越密切。如今,科技的进步也推动着机械工业的迅猛发展。机械在各行各业中都有着重要的作用,它既是各个行业的装备部,又是许多产品的重要组成部分。为了完成国家的现代化建设,发展生产和改善人民生活,应力求在一切能够使用机械操作的地方尽快地使用机械操作。这就需要创造更多的新机械,革新现有机械,充分利用各种机械设备。所以,作为一名高校学生,无论如何都应具备一定的机械设计基础知识。

为了学好本课程,在学习时应注意以下几个问题。

1) 应注意本课程的性质和特点 本课程是建立在物理、数学、理论力学、机械制图等课程之上的一门技术基础课。它不是专业课,不专门研究某一种机械,而是研究组成一般机械的常用机构、通用零件和在机械设计中一些常遇到的基本共性问题。通过对本课程的学习要综合应用以前所学的各有关知识(理论知识和实践知识)去着手解决工程实际中的具体问题,因此本课程的实践性很强。要学好本课程,必须注意理论联系实际,平时多留意观察、分析所遇到的各种机械,以丰富自己的感性知识,并用所学的理论知识去分析它,以加深理解。

2) 要学会综合考虑问题 因为任何实际问题都是多侧面的综合问题,任何一方面考虑不到,都会给设计带来缺陷。因此,本课程涉及面广、头绪多是其特点之一。从表面看,本课程似乎系统性不强,较难掌握,其实它是紧紧围绕如何设计好一台机械设备这根主线来阐述各方面问题的。因此,在学习中既要抓住课程重点,又不忽视细节问题。这样,随着学习的深入,读者对本课程规律性的认识自会逐步加深。

3) 要有工程观点 所谓工程观点,就是要讲究经济、实用、高效。一个实际工程问题,一般都可多种途径,用不同的方法获得解决,至于最终采用哪种途径,用什么方法,这就要求设计人员具有分析、比较、判断、决策的能力。在学习时着重培养自己这方面的能力是十分重要的。

4) 应抓住重点 本课程的术语、符号、公式较多,这是本课程的又一特点,必须给以足够的注意。术语是工程界的通用语言,必须正确理解它的含义。对大多数公式(除少数基本公式外)来说都不需要强记,只要能正确理解和使用即可。为此必须了解公式的适用场合,公式中各符号的意义,所使用的单位及各参数的合理选用范围。因此,在学习时应把注意力集中在掌握设计观

点和设计方法上,应着重理解而不是强记,要勤思考、多实践。

思考题

- 0-1 构件和零件有何不同?
- 0-2 机器和机构的异同点各是什么?
- 0-3 机械设计的基本要求有哪些? 什么是最主要的?
- 0-4 机械设计的一般过程如何? 为什么说机械设计一般不会一帆风顺地一次就能依次完成全部设计?

第一部分

机械零件材料及 结构强度基础

第一章 机械零件的常用材料和结构工艺性

第一部分

机械零件材料及 结构强度基础

一、机械零件的材料

制造机械零件的材料用得最多的是金属材料,其又分为钢铁材料和非铁合金(如铜、铝及其合金等);其次是非金属材料(如工程塑料、橡胶、玻璃、皮革、纸板、木材及纤维制品等)和复合材料(如纤维增强塑料、金属陶瓷等)。

随着科学技术的飞速发展,材料工业日新月异,新材料不断涌现,材料的品种和规格也不断增加。但在机械工业中制造零件或机械零件的基础材料仍然是金属材料。下面对其作一简略介绍。

1. 钢

钢是一种碳质量分数小于2%的铁碳合金。它具有高的强度、塑性和韧性,可用锻造、轧制、冲压、焊接等方法制造零件毛坯,应用最广。

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、耐磨钢等,用于一些特殊场合)。根据化学成分的不同,钢可分为合金钢(又称碳素钢)、低合金钢和合金钢。以下着重介绍结构钢。

1) 普通碳素结构钢 普通碳素结构钢的牌号和标号如图1-1所示。

普通碳素结构钢的牌号用该种材料当其厚度(或直径) ≤ 16 mm时的屈服强度值前面加Q(“屈”字汉语拼音的首字母)来表示,如Q235。

普通碳素结构钢在冶炼时主要控制其力学性能,而对钢的化学成分的控制则较松。为了表示这种钢的质量(控制其杂质成分的程度不同),可在其上边牌号后加注A、B、C、D字样,如Q235A。A字样的杂质成分控制最松,D等级控制最严。

2) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢的牌号和标号如图1-2所示。

钢的牌号用两位数字表示,用以表示该种钢的平均含碳量百分数为百分之几(如30钢表示其

① 普通碳素结构钢国家标准中规定其屈服强度与GB/T 228—2002中规定的屈服强度试验方法相对应,而普通碳素结构钢GB/T 228—1987沿用旧标准,本教材所给力学性能指标均按新标准。

策一階台

及揮林封翠辦屏
册基夷題障齡

第一章 机械零件的常用材料和结构工艺性

本章首先介绍机械零件常用的材料、钢的热处理,以及如何正确选用机械零件的材料;然后介绍零件的结构工艺性,以便于零件的加工、装配和改善零件的工作条件等;最后介绍零件的标准化问题。

§ 1-1 机械零件的常用材料及其选用

一、机械零件的常用材料

制造机械零件的材料目前用得最多的是金属材料,其又分为钢铁材料和非铁合金(如铜、铝及其合金等);其次是非金属材料(如工程塑料、橡胶、玻璃、皮革、纸板、木材及纤维制品等)和复合材料(如纤维增强塑料、金属陶瓷等)。

随着科学技术的飞速发展,材料工业日新月异,新材料不断涌现,材料的品种和规格也不断增多。但目前机械工业中用来制作机械零件的基础材料仍然是金属材料。下面对其作一简略介绍。

1. 钢

钢是一种碳质量分数低于2%的铁碳合金。它有高的强度、塑性和韧性,可用锻造、轧制、冲压、焊接、铸造等方法来获得零件的毛坯,应用极广。

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、耐酸钢等,用于一些特殊场合)。根据化学成分的不同,钢可分为非合金钢(又称碳钢)、低合金钢和合金钢。以下着重介绍结构钢。

1) 普通碳素结构钢 普通碳素结构钢的牌号及性能如表1-1^①所示。

普通碳素结构钢的牌号用该种材料当其厚度(或直径) ≤ 16 mm时的屈服强度值前面加Q(“屈”字汉语拼音的首字母)来表示,如Q235。

普通碳素结构钢在冶炼时主要控制其力学性能,而对钢的化学成分的控制则较松。为了表示这种钢的等级(控制其杂质成分的松严程度不同),可再在上述牌号后加注A、B、C、D字样,如Q235A。A等级的杂质成分控制最松,D等级控制最严。

2) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢的牌号和性能如表1-2所示。

钢的牌号用两位数字表示,用以表明该种钢的平均碳质量分数为万分之几(如30钢表示其

^① 目前金属材料室温拉伸试验方法的标准为GB/T 228.1—2010,由于目前原有的金属材料力学性能数据是采用旧标准测定和标注的,所以原有旧标准GB/T 228—1987仍然沿用,本教材为叙述方便采用旧标准。

平均碳质量分数约为万分之三十)。碳质量分数低于 0.25% 的钢为低碳钢,其强度和硬度低,但塑性和焊接性能好,适合于用冲压、焊接等方法成形。碳质量分数在 0.25%~0.6% 之间的钢为中碳钢,有好的综合力学性能,应用最广。碳质量分数高于 0.6% 的钢为高碳钢,常用作弹性或易磨损零件。

表 1-1 普通碳素结构钢(摘自 GB/T 700—2006)

牌 号	力学性能(不小于)			用 途
	抗拉强度 σ_b /MPa*	屈服强度 σ_s /MPa**	伸长率 δ /%***	
Q195	315~430	195	33	冲压件、焊接件及受载小的机械零件,如垫圈、开口销、铆钉、地脚螺栓等
Q215	335~450	215	31	焊接件、金属结构件及螺栓、螺母、铆钉、销轴、连杆、支座等受载不大的机械零件
Q235	375~500	235	26	
Q275	410~540	275	22	金属结构件及螺栓、螺母、垫圈、楔、键、转轴、心轴、链轮、吊钩、连杆等受力较大的机械零件

* 物体内部单位截面积上所承受的内力称为应力,单位为 MPa(1 MPa=1 N/mm²)。拉伸试验时,试样拉断前所承受的最大标称应力,称为材料的抗拉强度(或抗拉强度极限)(详见本书第二章)。

** 在拉伸试验过程中,当拉伸力不再增加(保持恒定),而试样仍在继续伸长(变形)时的应力,称为材料的屈服强度(或屈服极限)(详见本书第二章)。

*** 在拉伸试验中,直至试样拉断,画在试样上两标线间标距的伸长量与原标距的比的百分数称为材料的伸长率,用 $\delta\%$ 表示。

表 1-2 优质碳素结构钢(摘自 GB/T 699—2015)

牌 号	力学性能(不小于)			用 途
	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ /%	
10	335	205	31	冷冲压件、连接件及渗碳零件,如心轴、套筒、螺栓、螺母、吊钩、摩擦片、离合器盘等
20	410	245	25	
30	490	295	21	调质零件,如齿轮、套筒、连杆、轴类零件及连接件等
45	600	355	16	
60	675	400	12	弹簧、弹性垫圈、凸轮及易磨损零件
70	715	420	9	

3) 合金结构钢 在碳素结构钢中添加合金元素后的钢为合金结构钢。添加合金元素的目的在于改善钢的力学性能、工艺性能及物理性能等。常用的合金元素有锰(Mn)、硅(Si)、铬(Cr)、镍(Ni)、钼(Mo)、钨(W)、钒(V)、钛(Ti)、硼(B)等。

合金结构钢的种类很多,在表 1-3 中列出了其中几种作为示例。合金结构钢的牌号用数字和合金元素符号表示。例如 20Mn2,其最左两位数字表示其碳平均质量分数约为万分之二十,

Mn2 表示锰平均质量分数约为 2%。当合金元素的平均质量分数低于 1.5% 时, 仅用元素符号表示, 如 20Cr。对于含硫、磷杂质较少的高级优质钢, 在其牌号后加注“ A ”来表示, 如 50CrVA。

表 1-3 合金结构钢(摘自 GB/T 3077—2015)

牌 号	力学性能(不小于)			用 途
	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	伸长率 δ /%	
20Cr	835	540	10	用于要求心部强度较高, 承受磨损, 尺寸较大的渗碳零件
20Mn2	785	590	10	可代替 20Cr 钢制造齿轮、轴等渗碳零件
40Cr	980	785	9	用于较重要的调质零件, 如连杆、重要齿轮、曲轴等
35SiMn	885	735	15	可代替 40Cr 钢制造齿轮、轴类零件
20CrMnMo	1180	885	10	用于硬度高、韧性好的零件, 如传动齿轮和曲轴等
50CrVA	1 280	1 130	10	大截面高强度弹簧

结构钢零件的尺寸较大、形状复杂、要求较高时, 可用铸造方法获得毛坯。一般工程用铸造碳钢如表 1-4 所示。铸钢的牌号由“铸钢”二字的汉语拼音字首和材料的屈服强度与抗拉强度所组成。

表 1-4 一般工程用铸造碳钢(摘自 GB/T 11352—2009)

牌 号	力学性能(不小于)			用 途
	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 δ /%	
ZG230-450	450	230	22	机座、机盖、箱体等。焊接性良好
ZG270-500	500	270	18	飞轮、机架、蒸汽锤、联轴器、水压机工作缸, 焊接性尚好
ZG310-570	570	310	15	联轴器、气缸、齿轮、重载荷机架等
ZG340-640	640	340	10	起重运输机中的齿轮、联轴器等重要零件

* 对于无明显屈服现象的材料, 以试样在拉伸过程中永久变形为原长的 0.2% 时的应力作为材料的屈服强度, 用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

2. 铸铁

碳质量分数高于 2% 的铁碳合金为铸铁。其性脆, 不适于锻压和焊接, 但其熔点较低, 流动性好, 可以铸造形状复杂的大小铸件。常用的铸铁有灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁和合金铸铁等。灰铸铁应用最多, 其性能如表 1-5 所示。其牌号由“灰铁”二字汉语拼音字首和材料的最小抗拉