



高等学校教材

机械设计基础

(第3版)

王 金 王晓东 王占勇 主编

东北工学院出版社

高等学校教材

机械设计基础

(第3版)

王金 王晓东 王占勇 主编

(辽)新登字第8号

内 容 简 介

本书是根据国家教委课程指导委员会1987年审定通过,经国家教委批准的高等工业学校非机械类“机械设计基础(原机械原理及机械零件)课程教学基本要求”修订的。

全书除绪论外分为十八章,介绍了机械的组成,常用的机械传动(如带传动、链传动、齿轮传动等)和其它常用机构(如连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等)以及通用机械零件的工作原理、特点和基本设计计算方法。并扼要介绍了最新国家标准、规范以及一些标准零、部件的选用原则。最后概述了机械设计基本原则、方法以及机械传动方案、机械设计方案的比较和选择。

本书可作为高等工业学校非机械类各专业机械设计基础课的教材,亦可供从事机械设计、制造、维修等行业的技术人员参考。

高等学校教材 机 械 设 计 基 础 (第3版)

王 金 王晓东 王占勇 主编

东北工学院出版社出版 辽宁省新华书店发行
(沈阳市文化路3号巷11号) 东北工学院印刷厂印

开本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 399千字
1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷
1992年7月第3版 1992年7月第1次印刷
印数: 17001~24000册

责任编辑: 战志民
封面设计: 唐敏智

责任校对: 张德喜
版式设计: 高志武

ISBN 7-81006-005-8/TH·2

定价: 5.90元

前 言

本书是根据国家教委课程指导委员会1987年审定通过,经国家教委批准的高等工业学校非机械类《机械设计基础(原机械原理及机械零件)课程教学基本要求》,在1987年版的基础上修订而成。适用讲授70~100学时,书中带*章节为选学内容,可根据不同专业需要选学。

本书采用由整体到局部再到整体的体系,即先认识整体机械,进而研究组成机械的机构、零件及部件的设计问题,最后介绍机械设计的一般原则、方法和步骤。使学生能结合实际问题的,综合运用本课程所阐述的知识,确定机械传动方案及机构方案。

本书力图反映机械设计的新技术、新方法、新理论,并具有广泛的适应面。

参加本书第1版编写工作的单位和人员有:东北工学院王金、王晓东、庄家友、李桂华、鄂中凯、蔡春源、高泽远、冯素范、刘茵、程彦春,鞍山钢铁学院任巨川、孟庆升,沈阳黄金学院傅中荃,锦州工学院高克里、崔志恩,沈阳冶金机械专科学校王淑德。王金主编,东北工学院王超教授主审。在本次修订时,由于原参加单位或人员变动,因此进行了部分单位及人员调整,并根据工作需要增加了主编及主审。

参加本书修订工作的单位有东北工学院、鞍山钢铁学院、阜新矿业学院、沈阳黄金学院、沈阳建工学院等五所院校,人员有:王金(绪论、一章、十八章),冷兴聚(二章),蒋鸣章(三章)、李力(四章),王晓东(五章),庄家友(六章),李桂华(七章),鄂中凯(八章),蔡春源(九章及八章十一节),高泽远(十章),冯素范(十一章),银成好、喻子健(十二章),滕宝森、王占勇(十三章),傅中荃(十四章、十七章),任巨川(十五章),程彦春(十六章)。王金、王晓东、王占勇主编,蒋鸣章主审。

殷切希望广大读者对本书中不妥之处批评指正。

编 者

1992年3月

目 录

前 言

绪 论

§ 0-1	机械组成	(1)
§ 0-2	本课程的内容、性质和任务	(3)

第一章 机械设计概述

§ 1-1	机械零件的工作能力准则	(5)
§ 1-2	机械中常用的材料	(7)
§ 1-3	钢的热处理	(11)
§ 1-4	机械零件结构的工艺性及标准化	(12)
	思考题与习题	(13)

第二章 平面机构运动简图及自由度

§ 2-1	平面机构的组成	(14)
§ 2-2	机构运动简图	(15)
§ 2-3	平面机构具有确定运动的条件	(17)
	思考题与习题	(19)

第三章 连杆机构

§ 3-1	概 述	(21)
§ 3-2	平面四杆机构的基本特性	(22)
§ 3-3	平面四杆机构类型的演化	(24)
§ 3-4	平面四杆机构设计	(28)
	思考题与习题	(33)

第四章 凸轮机构和间歇运动机构

§ 4-1	概 述	(34)
§ 4-2	从动件的运动规律	(36)
§ 4-3	凸轮轮廓曲线设计	(38)
§ 4-4	压力角和基圆半径	(40)
§ 4-5	间歇运动机构	(41)
	思考题与习题	(45)

第五章 联 接 (附螺旋传动)

§ 5-1 概 述	(46)
§ 5-2 键和花键联接	(47)
§ 5-3 螺纹联接	(51)
§ 5-4 螺旋传动	(62)
思考题与习题	(66)

第六章 带 传 动

§ 6-1 概 述	(67)
§ 6-2 带传动工作情况分析	(69)
§ 6-3 V 带传动的设计计算	(72)
§ 6-4 V 带轮	(76)
§ 6-5 V 带传动的使用和维护	(78)
§ 6-6 齿形带传动简介	(79)
思考题与习题	(81)

第七章 链 传 动

§ 7-1 概 述	(82)
§ 7-2 滚子链与链轮	(83)
§ 7-3 链传动的运动特性	(84)
§ 7-4 链传动的设计计算	(84)
§ 7-5 链传动的布置、张紧与润滑	(92)
思考题与习题	(95)

第八章 齿轮传动

§ 8-1 概 述	(97)
§ 8-2 齿廓啮合的基本定律	(98)
§ 8-3 渐开线和渐开线齿廓的啮合性质	(99)
§ 8-4 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和基本尺寸	(101)
§ 8-5 一对渐开线齿轮的啮合传动	(104)
§ 8-6 渐开线标准齿轮的公法线长度和固定弦齿厚	(105)
§ 8-7 齿轮的加工方法及变位齿轮简介	(107)
§ 8-8 齿轮轮齿的失效形式	(110)
§ 8-9 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(111)
§ 8-10 齿轮的材料和许用应力	(116)
§ 8-11 斜齿圆柱齿轮传动	(119)
§ 8-12 锥齿轮传动	(124)
§ 8-13 齿轮的构造	(128)

§ 8-14	齿轮传动的维护与润滑	(130)
	思考题与习题	(131)
第九章 蜗杆传动		
§ 9-1	概 述	(133)
§ 9-2	圆柱蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算	(134)
§ 9-3	蜗杆、蜗轮的转向及滑动速度	(136)
§ 9-4	蜗杆传动的强度计算	(137)
§ 9-5	蜗杆传动的热平衡计算及润滑	(139)
§ 9-6	蜗杆和蜗轮的结构	(140)
§ 9-7	新型蜗杆传动简介*	(140)
	思考题与习题	(142)
第十章 轮系与减速器		
§ 10-1	概 述	(143)
§ 10-2	定轴轮系及其传动比	(143)
§ 10-3	周转轮系及其传动比	(145)
§ 10-4	混合轮系及其传动比	(148)
§ 10-5	轮系的应用	(150)
§ 10-6	少齿差行星传动和谐波传动简介*	(152)
§ 10-7	普通减速器	(155)
	思考题与习题	(159)
第十一章 轴		
§ 11-1	概 述	(161)
§ 11-2	轴的结构	(163)
§ 11-3	轴的计算	(164)
	思考题与习题	(170)
第十二章 滚动轴承		
§ 12-1	概 述	(171)
§ 12-2	滚动轴承的选择	(174)
§ 12-3	滚动轴承的寿命和承载能力计算	(175)
§ 12-4	滚动轴承的组合设计	(182)
	思考题与习题	(186)
第十三章 滑动轴承		
§ 13-1	概 述	(188)
§ 13-2	滑动轴承的结构	(189)

§ 13-3	非液体摩擦滑动轴承的校核计算	(192)
§ 13-4	滑动轴承的润滑	(193)
§ 13-5	液体动压滑动轴承*	(197)
§ 13-6	滚动轴承与滑动轴承的比较	(199)
	思考题与习题	(200)
第十四章 联轴器、离合器和制动器		
§ 14-1	概 述	(201)
§ 14-2	联轴器	(201)
§ 14-3	离合器	(207)
§ 14-4	制动器	(209)
	思考题与习题	(211)
第十五章 弹 簧*		
§ 15-1	概 述	(212)
§ 15-2	弹簧材料、许用应力及制造	(213)
§ 15-3	圆柱螺旋压缩弹簧的设计计算	(215)
	思考题与习题	(221)
第十六章 起重机械零件*		
§ 16-1	钢丝绳	(22)
§ 16-2	卷 筒	(22)
§ 16-3	滑轮和滑轮组	(228)
§ 16-4	吊 钩	(232)
	思考题与习题	(233)
第十七章 平衡和调速*		
§ 17-1	回转件的平衡	(234)
§ 17-2	机械速度波动的调节	(237)
	思考题与习题	(238)
第十八章 机械设计综述		
§ 18-1	概 述	(240)
§ 18-2	机械传动方案选择	(242)
§ 18-3	机构选择综合举例	(247)
主要参考文献		(248)

绪 论

§ 0-1 机 械 组 成

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的重要生产工具。它用来减轻人的劳动强度、改善劳动条件、提高产品质量、提高劳动生产率，帮助人们创造更多的社会财富。尤其现在，在现代化生产中根本离不开机械。以冶金工业为例，从采矿、选矿、冶炼、一直到轧制成材，离开机械设备是不可想象的。机械必将随着生产的不断发展而发展。

在生产中应用的机械种类很多，结构及用途又各不相同，但从机械组成的角度来分析，它们又有着共同点。下面从两个实例分析入手来研究机械的组成。

图 0-1 所示为卷扬机（又称绞车）。它由电动机 1、联轴器 2、制动器 3、减速器 4、联轴

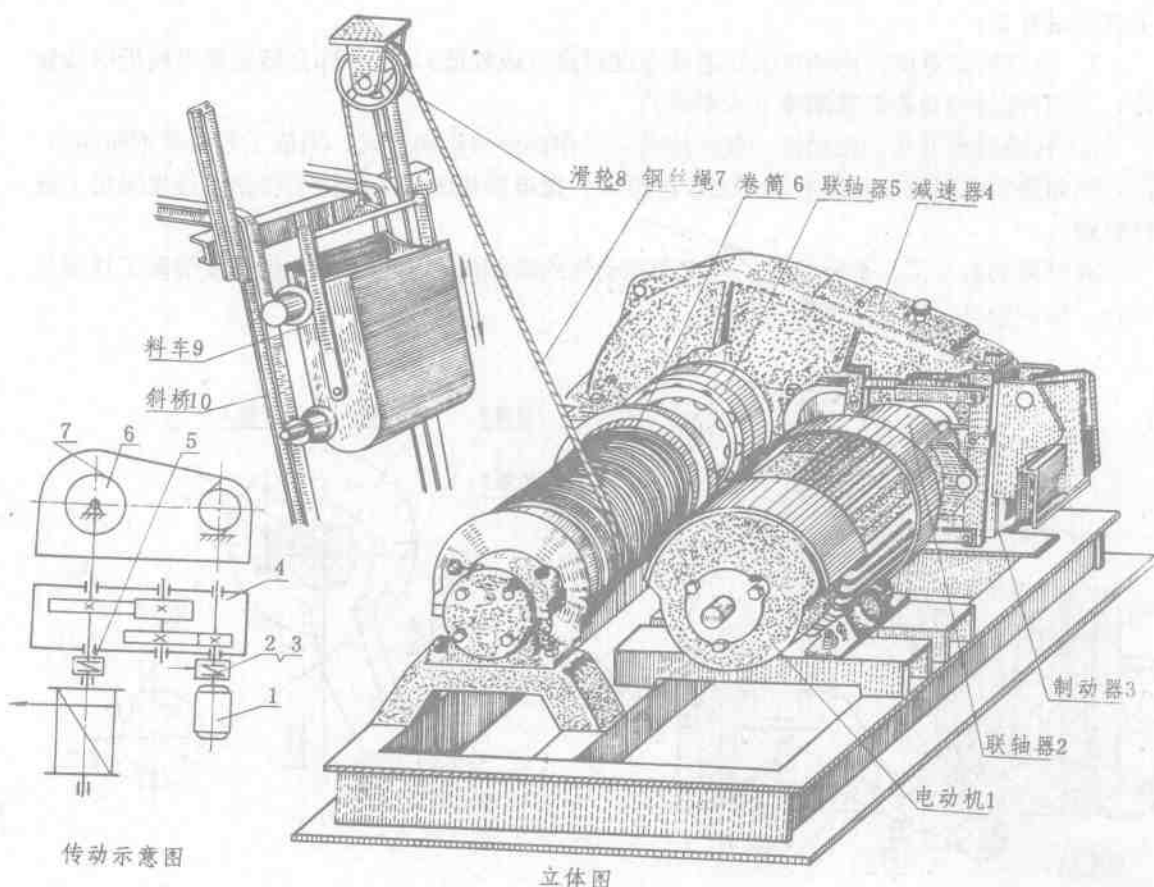


图 0-1 卷扬机

器 5、卷筒 6 及钢丝绳 7 等组成，它是一种通用的起重机械设备，可用于提升、装卸或牵引重物，广泛地应用在工厂、矿山、建筑、安装等各个部门。图中加上滑轮 8 和料车 9 即为提升上料机。

图 0-2 所示为腭式破碎机。在电动机 1 的轴上安装 V 带轮 2，通过 V 带 3 驱动大带轮 4，再通过偏心轴 5 带动动腭 6 运动，定腭 7 固定不动，动腭 6 联在肘板 8 上，在动腭运动过程中把物料破碎。腭式破碎机是一种破碎机械设备，它广泛地应用于选矿、建材和化工等工业中。

由上述实例可以看出，任何一部机械，它们的用途、动作要求、工作原理和构造各不相同，但一般都由三个部分组成：原动机、工作部分及传动部分。

原动机 是机械的动力来源，例如图 0-1 和图 0-2 中电动机。除最常用的电动机外，尚有内燃机、蒸汽机等。原动机的作用是把其他形式的能转变为机械能以驱动机械运动和作功。

工作部分 它是直接完成工艺动作的部分。例如图 0-1 中的卷筒、钢丝绳和料车，图 0-2 中的动腭和定腭均为工作部分。

机械其他部分都应满足工作部分的需要，即应根据工作部分的运动和动力要求来确定原动机及传动部分。

传动部分 它是将原动机的运动和动力传递给工作部分的中间环节。在传递运动方面，主要作用有二：

1. 改变运动速度。原动机的转速或速度较高（或较低），工作部分转速要求较低（或较高），这时可用传动装置来减速（或增速）。

2. 转换运动形式。原动机一般作转动，工作部分的运动形式，则依工艺要求不同而不同，比如腭式破碎机的动腭要求作复杂的摆动。把电动机的转动转换为摆动，这里采用了连杆机构。

有时原动机与工作部分的运动速度和运动形式均相同，这时由原动机直接带动工作部分工作，如砂轮机、离心泵等即为此例。

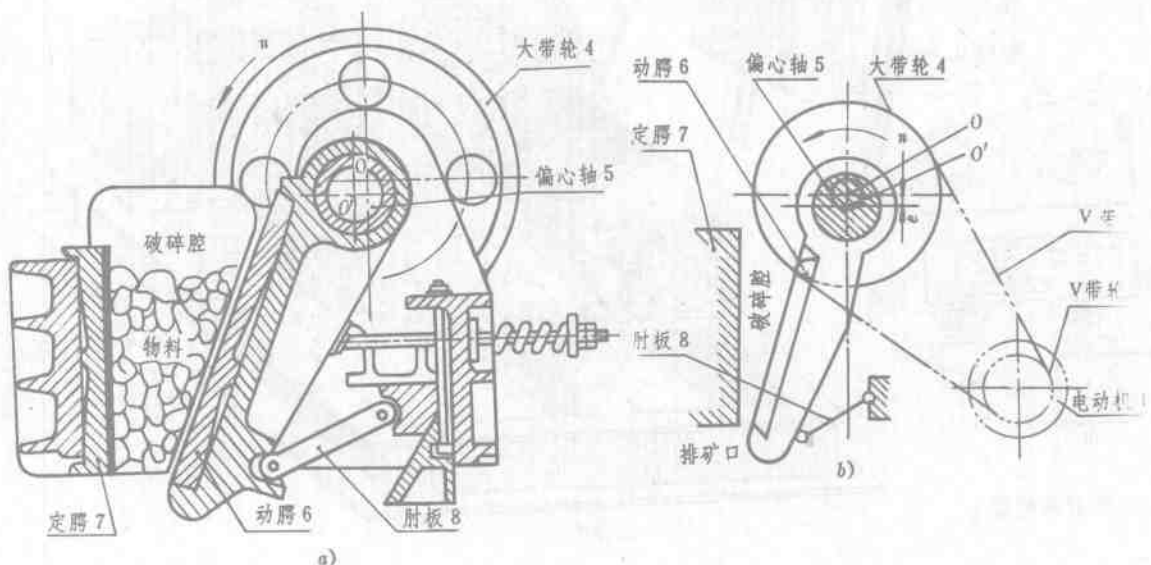


图 0-2 腭式破碎机

现代机械发展,除上述三部分组成外,还应加上控制部分。

机械能实现确定的相对运动,又能作有用的机械功或完成能量的转换,则称为机器,如卧式破碎机、卷扬机等。若只能作确定的相对运动,则称为机构,如连杆机构、齿轮机构等。可见,从运动观点来看,两者之间并无区别,所以,一般把机器和机构统称为机械。

机械都是由零件组成的。所谓零件,是指机械中每一个单独加工的单元体。从研究机械运动观点来看,凡是组成机械的相对运动单元体都称为构件。构件可以是单一的零件,也可以是由若干零件固联为一体的刚性结构。图 0-3a 所示的曲轴及图 0-3b 所示的连杆都是一个构件。此处连杆是由连杆体 1,瓦 2、6,螺栓,螺母和垫圈 3、4、5,垫片 7 和盖 8 等固联成的一个刚性结构。

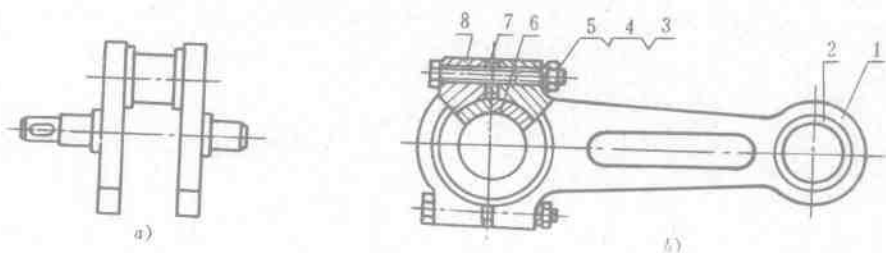


图 0-3 构件

§ 0-2 本课程的内容、性质和任务

一、本课程研究的内容

由前述机械组成可知:一般机械三个组成部分中,电动机为定型产品,设计时可根据工作要求及工作条件进行选择。工作部分需根据工作要求决定,将在有关课程中研究。传动部分则属本课程研究的主要内容。

机械设计基础课程主要阐述机械的组成,常用的机械传动(如带传动、链传动、齿轮传动等)和其它常用的机构(如连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构)以及通用的机械零件的工作原理、特点和基本设计计算方法。此外,还将扼要地介绍有关国家标准、规范以及一些标准零件、部件的选用原则和方法。最后,本课程还简要介绍机械设计的一些基本原则、方法;机械传动方案及机构方案选择的问题。

二、本课程的性质及任务

机械设计基础是一门技术基础课。它在培养采矿、冶金、加工、石油、化工、土建、铸造各种工程技术人材方面,起着一定的作用。

解放以来,随着社会主义建设事业的蓬勃发展,生产过程的机械化、自动化水平不断提高,机械设备在各个行业中,都得到了广泛应用。现在,为了实现我国社会主义的四个现代化,在各个部门中,机械的应用必将越来越多。对于从事各方面工作的工程技术人员来说,在生产管理中,必然遇到机械设备的管理问题;生产过程中,必然遇到机械设备的使用、维护和充分发挥其效能的问题;在技术革新中,也必然要相应地解决有关机械设备方面的问题。

这就要求各种专业的工程技术人员,都要具备一定的机械方面的基本知识,才能更好地为社会主义建设服务,这就是各专业学生学习机械设计基础课的目的和任务。

通过本课程学习,应达到如下要求:

1. 掌握使用和维护机械设备的基础知识;
2. 掌握机械中常用机构、通用零件的工作原理、特点、选用及设计计算方法;
3. 具有设计简单的传动装置和参加研究机械设计方案的初步能力;
4. 为后继课中机械设备的学习打下必要的基础。

本课程涉及的知识面较广且偏于应用。因此,学习时应重视理论联系实际,注意分析问题和解决问题的方法,学会如何灵活地运用本课的知识解决具体的机械设计问题。

第一章 机械设计概述

生产中应用的机械种类很多,但对各种不同的机械,都有共同的要求,如满足规定功能的要求、生产效率高、有足够的使用寿命、制造和运转费用低、操作和维修安全方便,有时还应考虑到尺寸和重量的限制、运输方便及外形美观等。

满足同一规定功能要求,可以用不同的方案和不同的机构。因此,在机械设计中,要综合考虑上述要求,选择合理的方案和机构。上述要求还与组成机械的每个零件设计有很大关系,所以,还要对机械零件提出相应的要求,如:具有足够的工作能力,合理地选择零件的材料,具有良好的工艺性、互换性等。下面就零件设计中的共同性问题加以研究。

§ 1-1 机械零件的工作能力准则

零件的工作能力是指完成一定功用的零件,在预定的使用期限内,不发生失效的安全工作限度。衡量零件工作能力的指标称为零件的工作能力准则。主要准则有:强度、刚度、耐磨性、振动稳定性和耐热性。它们是计算确定零件基本尺寸的主要依据,故称为计算准则。但对具体的某一个零件,则根据不同情况,可按其中某一个或某几个准则进行计算。现分述如下。

一、强 度

强度是衡量机械零件工作能力最基本的计算准则。如果零件强度不够,工作中会产生断裂,过大的残余变形或表面疲劳破坏,零件就不能正常工作。所以,设计零件时,必须满足强度要求。强度计算的条件为

$$\sigma \leq [\sigma] \text{ 或 } \tau \leq [\tau]$$

式中 σ 和 τ ——零件的名义正应力和剪应力;

$[\sigma]$ 和 $[\tau]$ ——许用正应力和许用剪应力。

零件所受的名义应力,可根据材料力学中有关公式进行计算。

许用应力是零件设计的条件应力,正确选定许用应力,是保证零件既有足够的强度和寿命,又不致因尺寸过大而浪费材料和造成结构不紧凑。确定许用应力常用两种方法:

查表法 根据理论分析和实践经验,对于一定材料制造并在一定条件下工作的零件,把它们的许用应力列成专门表格以供查用。查表法简单、具体、可靠。但表中许用应力是在一定条件下确定的,所以选用时要符合应用条件。

计算法 计算法确定许用应力的基本公式为

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S} \text{ 或 } [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S}$$

式中 σ_{lim} 和 τ_{lim} ——正应力和剪应力的极限应力; S ——安全系数。

极限应力的确定,与应力种类和材料性质有关,一般在静应力情况下,零件主要是防止产生静强度破坏,因此,对于塑性材料,取材料的屈服点 σ_s 作为极限应力,对于脆性材料,

取材料抗拉强度 σ_0 作为极限应力；在变应力情况下，零件主要是防止疲劳破坏，因此，在对称循环应力作用下，取材料的对称循环疲劳极限 σ_{-1} 作为极限应力，在脉动循环应力作用下，取材料的脉动循环疲劳极限 σ_0 作为极限应力。

对于剪应力的极限应力确定方法与上述正应力的极限应力确定方法一致，即只需将 σ 换成 τ 就行了。

应当指出的是，在变应力及脆性材料受静应力的情况下，用计算法确定许用应力时，还应考虑到应力集中、零件尺寸大小以及零件表面状态对强度的影响。

安全系数的确定，同样有两种方法：

查表法 详见以后各章的具体数值。

部分系数法 一般在无可靠资料直接确定安全系数时，则可考虑影响安全的各方面因素来确定安全系数，即

$$S = S_1 S_2 S_3$$

式中 S_1 ——载荷和应力计算准确性系数，一般 $S_1 = 1 \sim 1.5$ ，计算准确时取小值；

S_2 ——材料可靠性系数，对于锻钢件或轧钢件，取 $S_2 = 1.2 \sim 1.5$ ；对于铸铁件，取 $S_2 = 1.5 \sim 2.5$ ，材料性能可靠时取小值；

S_3 ——零件重要性系数，一般取 $S_3 = 1 \sim 1.5$ ，零件损坏将引起重大事故或难以修复时，应取大值。

用部分系数法确定安全系数应用范围广，而且可根据具体情况考虑各方面影响因素。缺点是计算比较麻烦，而且如果对具体情况分析得不准确和数据不全时，则很难确定出合理的数值。上述考虑三个因素的观点对查表法确定许用应力或安全系数完全适用。

二、刚 度

刚度是指在一定工作条件下，零件抵抗弹性变形的能力。有些零件，如机床的主轴、电动机轴等，要保证足够的刚度才能正常工作，所以，这些零件的基本尺寸是由刚度条件确定的。刚度计算条件为

$$y \leq [y]; \quad \theta \leq [\theta]; \quad \varphi \leq [\varphi]$$

式中 y 、 θ 、 φ ——零件工作时的挠度、偏转角和扭转角；

$[y]$ 、 $[\theta]$ 、 $[\varphi]$ ——零件的许用挠度、偏转角和扭转角。

提高刚度的有效措施是改进零件的结构或减小支点间距离，适当增大断面尺寸也能起一定作用。若仅将材料由普通钢更换为合金钢，由于弹性模数并未提高，故对提高刚度没有作用。

另外，有些零件，如弹簧等有相反的要求，即不容许有很大的刚度，而要求其具有一定的柔度。

三、耐 磨 性

零件磨损后会改变结构形状和尺寸，因而使机器的精度降低、效率下降及零件强度减弱，以致使零件报废。据估计，世界上各种机械报废的零件中，约 80% 是由磨损引起的。因此，机械设计中，总是力求提高零件的耐磨性，减少磨损。

磨损不是简单的物理现象，而是相当复杂的物理—化学过程。按磨损破坏的机理不同，

磨损主要有四种基本型式：磨料磨损、粘着磨损、接触疲劳磨损及腐蚀磨损。

磨料磨损 摩擦表面上硬质突出物或硬质颗粒在摩擦过程中使表面磨掉的现象。

粘着磨损 摩擦表面产生的划伤、撕脱或互相焊合现象。粘着磨损又称胶合，是重载高速机械中常见的一种破坏型式，这是因为重载使摩擦面压力增大，造成油膜破坏，形成金属直接接触，加上滑动速度大，产生局部高温，从而使金属发生焊合，相对滑动时就出现胶合。

疲劳磨损 金属接触表面产生的交变接触应力过大时，使表面小块金属剥落。故疲劳磨损又称疲劳点蚀。

腐蚀磨损 摩擦表面与周围介质发生的化学或电化学反应现象，如常见的氧化磨损。

影响磨损的因素很多，如零件的材质、表面粗糙度、润滑情况等等，尤其是润滑情况对磨损影响很大，采取合理的润滑措施实现良好的润滑，可减轻甚至避免磨损。

关于磨损方面尚无简单的理论计算方法，通常多采用条件性计算：一是验算压强（单位接触面所受压力）不超过许用值，以防止压强过大，使工作表面油膜破坏而产生过快磨损，即 $p \leq [p]$ ，式中 $[p]$ ——许用压强， N/mm^2 。

二是对滑动速度 v 比较大的摩擦表面，还要防止摩擦表面温升过高，使油膜破坏，引起粘着磨损。为此，要限制单位接触面上单位时间产生的摩擦功不要太大，如果摩擦系数 f 为常数，则可验算 pv 值不超过许用值，即 $pv \leq [pv]$ ，式中 $[pv]$ —— pv 的许用值 $\text{N/mm}^2 \cdot \text{m/s}$ 。

四、振动稳定性

一般高速机械容易发生振动现象。当机械或机械零件的自振频率与周期性干扰力的频率相近或相等时，就要发生共振，它不仅影响机器正常工作，甚至造成破坏事故。所以称这种共振现象为失去振动稳定性。为了避免共振，必须使自振频率远离干扰力频率。为此，可用增加或减小零件的刚度，增添弹性元件等办法来解决。

五、耐热性

在高温环境中，或由于摩擦生热而形成高温条件，对零件的工作都是不利的。如钢制零件在 $300^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 以上时，其强度极限和疲劳极限都会有所下降，并且出现蠕变（即金属中应力数值不变，但发生缓慢而连续的塑性变形）。此外，还会引起热变形、附加热应力及破坏正常的润滑条件等。

高温下工作的零件需要考虑温度影响时，要进行蠕变计算。在一般情况下，主要是根据热平衡条件判定工作温度是否超过许用工作温度，如超过，则必须采取降温措施。

§ 1-2 机械中常用的材料

在机械制造中，制造零件常用的材料，主要是钢和铸铁，其次是有色金属合金。此外，非金属材料中的橡胶、皮革、石棉、木材、塑料等，在一定场合下也有应用。

一、钢

钢是含碳量小于 2% 的铁碳合金。钢的强度较高，可以承受很大的负荷；塑性较好，制造零件时可以轧制、锻造、冲压和铸造，并且可以用热处理方法改变和提高其机械性能和加

工性能, 因此钢的应用极为广泛。

钢的种类很多, 可按不同的方法进行分类: 按用途分为结构钢和特殊钢; 按化学成分分为碳素钢和合金钢; 按含碳量多少分为低碳钢(含碳量低于 0.25%)、中碳钢(含碳量在 0.25%~0.5%)和高碳钢(含碳量大于 0.5%); 按质量分为普通钢和优质钢; 按冶炼时钢的脱氧程度和钢锭中气孔存在的情况分为镇静钢、半镇静钢和沸腾钢。镇静钢质量较好, 但成本较高。

1. 普通碳素结构钢

普通碳素结构钢的标记如下: Q235—A·F, 其中“Q”是屈服点的“屈”字汉语拼音字头, 235 表示其屈服点 $\sigma_s = 235 \text{ N/mm}^2$, 其值是钢材直径(或厚度)小于 16mm 的试验值; A 表示性能等级, 普通碳素结构钢按性能等级又分为 A、B、C、D 四级; F 表示沸腾钢。按照脱氧方法分类, 分为 F——沸腾钢; Z——镇静钢; b——半镇静钢; TZ——特殊镇静钢。对于镇静钢和特殊镇静钢, 其符号 Z 及 TZ 可以省略。

2. 优质碳素结构钢

这类钢的机械性能和化学成分可同时得到保证, 机械性能优于普通碳素钢, 多用于制造较重要的零件。

优质碳素钢的牌号以含碳量的万分数表示, 如 25, 45, 55 号钢分别表示平均含碳量为 0.25%、0.45%、0.55%。由于含碳量不同, 其应用范围也不一样。低碳钢可淬性不好, 所以一般用于退火状态下强度不高的零件(如螺钉、螺母、小轴)、锻件和焊接件等, 还可经渗碳处理, 用于制造表面耐磨并承受冲击负荷的零件。中碳钢可淬性较好, 可进行淬火、调质或正火处理, 用于制造较重要的零件, 如轴、齿轮等。高碳钢可淬性更好, 经热处理后有较高的表面硬度及强度, 主要用于制造高强度的零件, 如齿轮、曲轴和弹簧等。

3. 合金结构钢

合金结构钢, 是在碳钢中加入一些合金元素而构成。目前常用的合金元素见表 1-1。

表 1-1 钢中常用合金元素名称及符号

元素名称	铬	锰	钼	镍	硅	铝	硼	钒	钛	钨
符 号	Cr	Mn	Mo	Ni	Si	Al	B	V	Ti	W

钢中加入合金元素后, 具有良好的机械性能和热处理性能, 并随着所含合金元素的不同而具有某些特殊的性质, 例如, 耐磨性(含锰、硅、铬硅、镍铬、铬锰、铬钒等)、高韧性(含钼、镍、锰、铬钒、铬镍等)、抗蚀性(含铬、镍等)、耐热性(含钨、钼、铬钒等)、流动性(含铝、钨等)等。

根据合金钢中合金元素含量的多少分为: 低合金钢(每一种合金元素含量小于 2%或合金元素总含量小于 5%); 中合金钢(每一种合金元素含量为 2%~5%或合金元素总含量为 5%~10%); 高合金钢(每一种合金元素含量大于 5%或合金元素总含量大于 10%)。

合金结构钢的牌号采用“数字+化学元素+数字”的方法表示。如 60Si2Mn 为硅锰钢, 前面数字表示钢中平均含碳量的万分数, 在此, 平均含碳量为 0.56%~0.64%。合金元素用化学符号表示, 其后的数字表示该元素含量的百分数, 若元素含量小于 1.5%, 其后则不标数字, 若平均含量等于或大于 1.5%、2.5%、3.5%……, 则相应地以 2、3、4……表示。

对于硫磷含量较低的高级优质合金钢($S \leq 0.02\%$ 、 $P \leq 0.03\%$), 则在钢号最后加上符号“A”。例如 50CrVA。电渣重熔钢为特级优质合金钢, 牌号后加“E”字。

4. 特殊性能钢

具有特殊物理性能和化学性能的钢为特殊钢，如不锈钢、耐酸钢、耐热钢、耐磨钢（高锰钢）等，详见有关手册。

5. 铸 钢

无论是碳素钢还是合金钢制的零件，其毛坯是铸造的，这种钢叫铸钢，用“ZG”表示。一般工程用铸造碳素钢，如 ZG270—500。合金铸钢，如 ZG35SiMn。

表 1-2 中列出最常用钢的机械性能及用途。

表 1-2 常 用 钢 的 牌 号 及 性 能

材 料		机 械 性 能			应 用 举 例
名 称	牌 号	抗拉强度 σ_s N/mm ²	σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ N/mm ²	硬 度 HB	
普 通 碳 钢	Q215	335~410	215		金属结构件，拉杆、铆钉、心轴、垫圈； 焊接件、齿轮、螺钉、盖等
	Q235	375~460	235		
优 质 碳 钢	08F	295	175	131	轴、棍子、联轴器、垫圈、螺钉等
	35	530	315	170	轴、销、连杆、螺栓、螺母等
	45	600	355	229~197	齿轮、链轮、轴、键、销等
	50Mn	645	390	255~217	齿轮、凸轮等
合 金 钢	40Cr	980	785	207	重要的齿轮、连杆、螺栓、螺母、轴等
	35SiMn	885	735	229	
	40MnVB	980	785	207	
一般工 程铸钢	ZG270—500	500	270	≥143	机架、飞轮、联轴器、齿轮、轴承箱及座 等
	ZG310—570	570	310	≥153	

注：1. 对于普通碳钢，表中 σ_s 与尺寸 ≤16mm 时值，当尺寸为 >18~40，>40~60，>60~100mm 时， σ_s 逐段降低 10N/mm²。

2. 优质碳钢硬度为交货状态值；合金钢硬度为退火或高温回火供应状态值；铸钢 σ_s 、 $\sigma_{0.2}$ 及 HB 均为回火值。

二、铸 铁

铸铁是含碳量大于 2% 的铁碳合金。工业中常用的铸铁含碳量为 2.2%~3.8%。由于铸铁具有良好的铸造性、切削加工性（白口铁除外）、抗压性、耐磨性和减振性，价格低廉，所以应用广泛。

常用的铸铁为灰铸铁和球墨铸铁。

1. 灰铸铁

灰铸铁因其断口呈暗灰色而得名。其代号用“灰铁”两字的汉语拼音字头“HT”和试样的最小抗拉强度值组成，如 HT200，其 $\sigma_s = 200$ N/mm²。

2. 球墨铸铁

球墨铸铁是在灰铸铁浇注之前，往铁水中加入一定数量的球化剂（纯镁、镍镁或铜镁等合金）和墨化剂（硅铁或硅钙合金），以促进碳呈球状石墨结晶而获得的。其代号用“球铁”两字的汉语拼音字头“QT”和代表最低抗拉强度和最低延伸率的两组数组成，如 QT500—7。

球墨铸铁与灰铸铁一样，具有良好的铸造性，同时其强度又较高，具有一定的塑性和韧性，减震和耐磨性能比钢好，成本比钢低。所以，目前已部分代替钢材。球墨铸铁缺点是凝固时收缩率大，对铁水的成分要求严，对熔炼及铸造工艺要求较高。此外，其减震能力不如灰铸铁。