

机械设计基础

主 编：施俊侠 张瑞华
副主编：张日红 关秋菊



3



科学出版社

机械设计基础

主 编 施俊侠 张瑞华

副主编 张日红 关秋菊

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据普通高等学校应用型人才培养对机械设计基础课程的要求而编写,是广东省精品课程“机械设计基础”和广东省高等教育教学研究与改革项目“构建多元化实践教学平台提升机械类专业大学生创新能力的研究”的研究成果。

本书从机械设计的角度出发,重点阐述机械常用机构、通用零部件的工作原理、结构和设计方法,以及简单机械传动系统设计的基本知识、基本理论和基本设计计算方法。全书内容共9部分,包括平面机构的运动简图及自由度,平面连杆机构,凸轮机构,间歇机构,齿轮传动,蜗杆传动,轮系和减速器,挠性传动,联接,轴。

本书可作为高等学校本科和专科机械类、非机械类机械设计基础课程的教材,也可供有关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/施俊侠,张瑞华主编. —北京:科学出版社,2016.10
ISBN 978-7-03-050124-0

I. ①机… II. ①施… ②张… III. ①机械设计 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第238436号

责任编辑:郭勇斌 肖 雷 欧晓娟/责任校对:贾伟娟
责任印制:徐晓晨 /封面设计:众轩企划

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017年3月第二次印刷 印张:15

字数:356 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

“机械设计基础”是面向机械和近机械类工科学生的一门重要专业基础课程，是在高等院校课程体系改革中形成的一门集工程力学、工程材料、热处理工艺、机械制造技术等内容应用为一体，讲述机械原理、机械设计理论及方法的综合性课程。本书是广东省精品课程“机械设计基础”和广东省高等教育教学研究与改革项目“构建多元化实践教学平台提升机械类专业大学生创新能力”的研究成果，是根据普通高等学校应用型人才培养对机械设计基础课程教学的基本要求，结合近几年各校使用本教材的实践经验编写而成的。

编者调整教学内容，要贯彻“必须够用”原则，以教学内容应满足学生在校的后续学习的专业课程和终身学习（发展和创业）的要求为目的，突出机械设计主题，培养学生的从业能力，实现应用性人才培养目标。在编写过程中，主要考虑以下几个方面：①删减不必要、过于深奥的理论推导和证明，以及重复、过时内容；②完善设计所必需的基本知识和基本理论，有针对性地增加基本设计方法和实践性内容；③结合各专业培养目标，取舍教学内容；④补充当代科学前沿的研究成果作为教学内容，体现当代学科发展特征，将多学科间的知识交叉与渗透反映到教学内容中来。

全书共9章，重点阐述机械常用机构、通用零部件的工作原理、结构和设计方法，以及简单机械传动系统设计的基本知识、基本理论和基本设计计算方法。

参加本教材编写的有：仲恺农业工程学院施俊侠（第一、二章）、王旭东（第三章）、王毅（第四章）、熊平原（第五章）、张瑞华（第六章）、张日红（第七章）、关秋菊（第八章）、姚华平（第九章）。全书由施俊侠统筹组织、张瑞华负责统稿。

编 者

2016年7月12日

目 录

前言	
绪论	1
§ 0.1 课程概论	1
§ 0.2 机器的组成及特征	2
§ 0.3 机械设计的基本要求和设计过程	5
§ 0.4 机械零件的工作能力和计算准则	6
§ 0.5 机械设计中常用材料的选用原则	8
§ 0.6 机械零件的结构工艺性和标准化	9
思考与练习	10
第一章 平面机构的运动简图及自由度	11
§ 1.1 平面机构的组成	11
§ 1.2 平面机构运动简图	13
§ 1.3 平面机构的自由度	16
思考与练习	23
第二章 平面连杆机构	25
§ 2.1 平面连杆机构的组成和特点	25
§ 2.2 铰链四杆机构的基本形式及特性	26
§ 2.3 铰链四杆机构的尺寸关系及其演化	29
§ 2.4 平面四杆机构设计	33
§ 2.5 连杆传动的结构与多杆机构简介	37
思考与练习	39
第三章 凸轮机构	41
§ 3.1 凸轮传动的组成与分类	41
§ 3.2 从动件的常用运动规律	42
§ 3.3 凸轮轮廓设计——作图法	48
§ 3.4 凸轮轮廓设计——解析法	53
§ 3.5 凸轮机构基本尺寸的确定	55
思考与练习	59
第四章 间歇机构	61
§ 4.1 棘轮机构	61
§ 4.2 槽轮机构	67
§ 4.3 其他步进传动	69
思考与练习	71

第五章 齿轮传动	72
§ 5.1 齿轮机构概述	72
§ 5.2 齿廓啮合基本定律	74
§ 5.3 渐开线及渐开线齿廓	75
§ 5.4 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	78
§ 5.5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	83
§ 5.6 渐开线齿轮加工的基本原理和根切现象	87
§ 5.7 齿轮传动的失效形式、设计准则和齿轮材料	93
§ 5.8 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	100
§ 5.9 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	109
§ 5.10 直齿圆锥齿轮机构	117
§ 5.11 齿轮的结构设计	122
思考与练习	124
第六章 蜗杆传动	126
§ 6.1 概述	126
§ 6.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	127
§ 6.3 蜗杆传动的运动分析和受力分析	130
§ 6.4 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	132
§ 6.5 蜗杆传动的强度计算	133
§ 6.6 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	135
§ 6.7 新型蜗杆传动简介	137
思考与练习	140
第七章 轮系和减速器	142
§ 7.1 轮系及其分类	142
§ 7.2 定轴轮系	142
§ 7.3 行星轮系	144
§ 7.4 组合轮系	146
§ 7.5 轮系的功用	148
§ 7.6 几种特殊的行星传动简介	149
§ 7.7 减速器	151
思考与练习	157
第八章 挠性传动	159
§ 8.1 带传动	159
§ 8.2 V 带和 V 带轮	161
§ 8.3 带传动工作情况分析	165
§ 8.4 普通 V 带传动的设计计算	169
§ 8.5 链传动	177
§ 8.6 链传动的运动特性和受力分析	184

§ 8.7 滚子链传动的失效分析和设计计算	186
§ 8.8 链传动的布置和润滑	191
思考与练习	193
第九章 联接	194
§ 9.1 螺纹联接	194
§ 9.2 键联接、花键联接和成形联接	215
§ 9.3 销联接	220
§ 9.4 铆接、焊接和胶接	221
§ 9.5 过盈联接	226
思考与练习	227
参考文献	230

绪 论

§ 0.1 课程概论

一、机械设计的发展概述

机械设计是人类在长期的生产实践中一项重要的创造活动，机械化是社会生产力发展水平的重要标志。人们在日常生活和生产中广泛使用大量不同类型、用途各异的机器，如汽车、电风扇、洗衣机、电动机、起重机、机床、钟表等。使用机器进行生产的水平已经成为衡量一个国家的技术水平和现代化程度的标志之一。近代机械的发展以蒸汽机的发明和广泛应用为基础，这使人类从手工生产时代进入机械化生产的时代。在我国，机械的发明和使用在夏商时期就已有记录；东汉时期，张衡利用杠杆原理制造了世界上第一台地动仪；杜诗发明了用水作动力带动水盘运转，进而驱动风箱炼铁的连杆机械装置（图 0-1），这已经具备了现代机械的雏形。

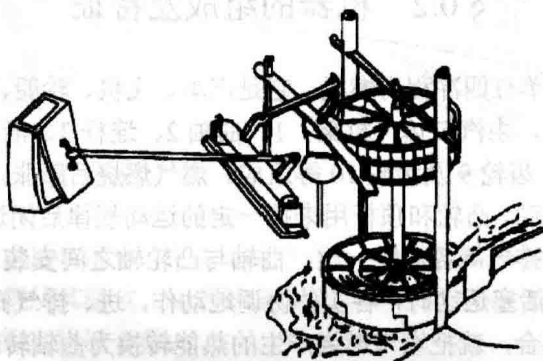


图 0-1 驱动风箱炼铁的连杆机械装置

经过 18 世纪的工业革命，以及当今世界以知识经济为特征的产业革命的推动，人类发明了电子计算机、数控机床、人造卫星和火星探测仪等高新技术产品。与传统的机械相比，现代机械产品在工作原理、结构、性能和设计方法上，都发生了深刻的变化，其显著特征是以计算机技术为支撑的信息处理、控制手段和设计方法在机械设计中获得了广泛的应用。

由于现代产品对自身的功能、可靠性、效益等提出了更为严格的要求，随着新兴技术在机械产品中的渗透和应用，现代机械产品正在朝着机械、电子、信息一体化技术的方向发展。随着现代科学技术和应用数学的飞跃发展，许多新的设计思想、方法和手段，如设计方法学、计算机辅助设计、优化设计、有限元、可靠性设计、反求工程等，促进了机械设计的革新和发展。

二、本课程研究的对象、内容与任务

本课程是一门具有综合性质的专业基础课，在教学中起到承上启下的作用。机械设计基础

以一般机械中的常用机构和通用零件为研究对象,分析它们的工作原理运动特性、结构形式,以及设计和计算方法。本课程的基本任务是:使学生掌握常用机构和通用机械零件的工作原理、结构特点、应用场合、技术规范、选用和设计等基本知识 with 基本理论;掌握相应的计算、使用技术资料、计算机辅助设计和绘图等基本技能;初步具有设计通用机械零件和简单机械传动装置,分析生产实际中常用机构的工作特性、通用机械零件的失效及结构方面问题的能力,为学习后续专业课程、进行技能实训和学习新的科学技术中有关机械的内容打下基础。

机械设计基础课程强调适当综合化和适当实施化。本书按照课程内容本身的内在联系和模块教学要求,分成“绪论”“平面机构的运动简图及自由度”“平面连杆机构”“凸轮机构”“间歇机构”“齿轮传动”“蜗杆传动”“轮系和减速器”“挠性传动”“联接”“轴”“滑动轴承”“滚动轴承”“联轴器、离合器和制动器”“弹簧”及“机架和导轨”部分。在教学内容上,将以理论教学为主转变为以实践教学为主;在教学安排上,将以理论体系传授为主,转变为以专业能力训练为主。学生应当具有“必需、够用”和相对宽而浅的知识结构,能够依托专业基本理论和实践技能,具备向相关专业渗透和连接的实践能力,表现在掌握丰富的与相关专业的“接口”能力上。

§ 0.2 机器的组成及特征

图 0-2 所示为一台单缸四冲程内燃机,它是汽车、飞机、轮船、装载机等各种流动性机械最常用的动力装置,由汽缸体(机架)1、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8、齿轮 9 及齿轮 10 等组成。燃气燃烧后膨胀,推动活塞往复运动,通过连杆使曲轴连续转动。凸轮和顶杆用来按一定的运动规律启闭进气阀和排气阀。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,曲轴与凸轮轴之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮。这样,当燃气推动活塞运动时,各实体协调地动作,进、排气阀有规律地启闭,加上汽化、点火等装置的配合,就把燃气燃烧产生的热能转换为曲轴转动的机械能。

由此得知,内燃机有 3 个部分。

1) 原动部分:它是火花塞点火,使燃气燃烧产生推动活塞的压力,将燃气燃烧时产生的热能转变为机械能的部分。

2) 主运动传动部分:它是将活塞的往复移动转换成曲轴的连续转动,从而输出并传递能量(力和运动)的部分。

3) 协调控制部分:它是使进气阀门和排气阀门定时开闭和适时点火的部分。

图 0-3 所示为牛头刨床。它由电动机 1、小齿轮 2、大齿轮 3、滑块 4、杆 5、滑块 6、滑枕 7、刀架 8、工作台 9、螺杆 10 和床身(机架)11 工件 12 组成。电动机 1 的旋转运动通过带传动,使齿轮 2 带动大齿轮 3 转动(同时传力);大齿轮 3 用销子铰接了滑块 4,它可在杆 5 的槽中滑动,杆 5 下端的槽中有一个与机架 11 铰接的滑块 6,当大齿轮 3 上的销子做圆周运动时,滑块 4 在杆 5 的槽中滑动,同时推动杆 5 绕滑块 6 的中心做往复摆动,杆 5 的上端用销子和滑枕 7 铰接,推动滑枕 7 在刨床床身的导轨中往复滑动,滑枕 7 上装有刀架 8,滑枕在工作行程中切削工件 12,回程时,刀架 8 稍抬起后与滑枕 7 一起快速退回。在再次切削行程前,大齿轮 3 通过连杆和棘轮(图中未画出)及螺杆 10 使工作

台 9 横向移动一个进刀的距离, 以进行下一次切削。由此可知, 牛头刨床也有 3 个部分:

- 1) 原动部分: 通过电动机将电能转化为机械能;
- 2) 主运动传动部分: 将电动机的转动变为牛头的往复移动;
- 3) 协调控制部分: 将齿轮转动变为工作台适时的间歇运动。

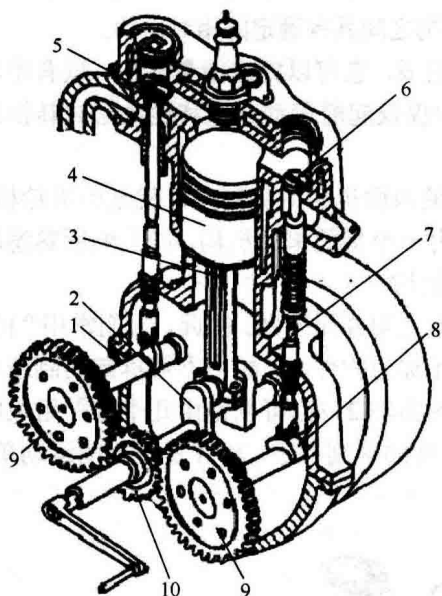


图 0-2 单缸四冲程内燃机

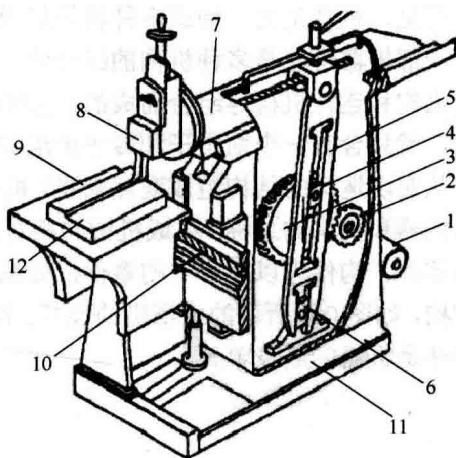


图 0-3 牛头刨床

以上两台机器都是由原动部分、主运动传动部分、协调控制部分组成。虽然它们的构造、用途和性能各不相同, 但从其组成、运动确定性及功能关系来看, 均具有以下共同的特征:

- 1) 它们都是人为的实物组合体;
- 2) 各实物之间具有确定的相对运动;
- 3) 能够用来变换或传递能量、物料与信息。

所以, 同时具有以上 3 个特征的实物组合体就称为机器。国家标准对机器的定义是执行机械运动的装置, 用来变换或传递能量、物料与信息。

根据机器用途的不同, 机器一般可以分为动力机器、工作机器和信息机器三类。

动力机器的功用是实现机械能和其他形式的能量之间的转换。例如, 内燃机、压气机、涡轮机、电动机、发电机等都属于动力机器。

工作机器的功用是完成有用的机械功或搬运物品。例如, 机床、轧钢机、汽车、飞机、起重机、洗衣机等都属于工作机器。

信息机器的功用是完成信息的传递和变换。例如, 复印机、打印机、绘图机、传真机、照相机等都属于信息机器。

进一步分析以上两个实例, 可以看出, 各个实物组合体具有确定运动是它们成为机器的基本要求。在机器的各种运动中, 有些是传递回转运动的(如齿轮传动、链传动等); 有些是把转动变为往复移动的; 有些是利用实物本身的轮廓曲线实现预期运动规律的。在工程实际

中,人们常常根据实现这些运动形式的实物的外形特点,把相应的一些实物的组合称为机构。如图 0-2 所示,2-3-4-1 称为曲柄滑块机构,它在内燃机中的运动功能是将滑块 4 的往复移动变换为曲柄 2 的连续转动;9-10-1 称为齿轮机构,其功能是实现转速的变化,即齿轮 10 每转两圈,齿轮 9 转一圈;7-8-1 称为凸轮机构,它是将凸轮 8 的旋转运动变换为推杆 7 的往复移动,且推杆 7 在凸轮廓线的控制下实现预期的运动规律。由此可以看出,机构具有机器的前两个特征:①它们都是人为的实物组合体;②各实物之间具有确定的相对运动。

通过以上分析可知,机器由各种各样的机构组成,它可以完成能量转换、做有用功或处理信息;而机构则是机器的运动部分,在机器中仅仅起着运动传递和运动形式转换的作用。可见,机器是由一种或多种机构组成的。

一部机器可能是多种机构的组合体,如上述的内燃机和牛头刨床,就是由齿轮机构、凸轮机构和连杆机构等组合而成的;也可能只含有一个最简单的机构,如人们所熟悉的发电机,就只含有一个由定子和转子所组成的基本机构。

从实现运动的结构组成观点来看,机构和机器之间并无区别。因此,人们常用“机械”作为机器和机构的总称,组成机械的相对运动单元称为构件,机械中不可拆卸的制造单元称为零件。构件可以是单一的零件,如图 0-2 中的曲轴 2;也可以是由几个零件组成的刚性结构,如图 0-4 所示的内燃机的连杆。构件与零件的区别在于,构件是机器的运动单元,而零件是机器的制造单元。

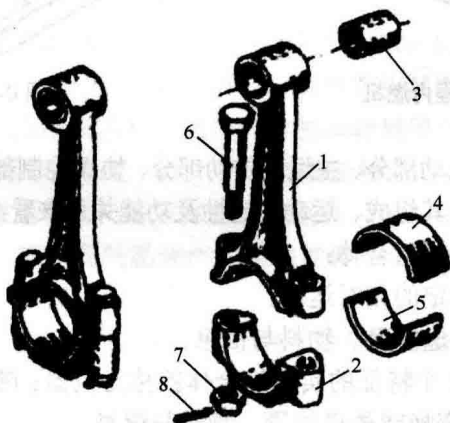


图 0-4 内燃机的连杆

1—连杆体; 2—连杆盖; 3—轴套; 4—轴上瓦; 5—轴下瓦; 6—螺栓; 7—螺母; 8—开口销

各种机械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、步进传动机构等。各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如螺钉、轴、轴承、齿轮、弹簧等。只在某一类型机器中使用的零件称为专用零件,如内燃机的活塞、曲轴,汽轮机的叶片等。

零件、构件、机构、机器之间的组成关系如图 0-5 所示。

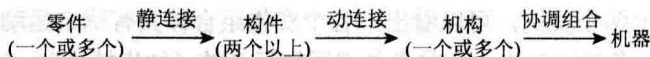


图 0-5 机器的结构组成

§ 0.3 机械设计的基本要求和设计过程

机械设计的基本要求是机械在完成规定功能的前提下,性能好、效率高、成本低;在规定的使用期间内安全可靠、操作方便、维护简单和造型美观等。一般应满足以下几个方面要求。

1) 使用要求:使用要求是对机械产品的首要要求,是指机械产品必须满足用户对所需要的功能的要求,是机械设计最根本的出发点。这主要靠正确地选择机器的工作原理,正确地设计或选用能够全面实现功能要求的执行机构、传动机构和原动机,以及合理地配置必要的辅助系统来实现。

2) 可靠性和安全性要求:机械产品在规定的使用条件下,在规定的时间内,应具有完成规定功能的能力。安全可靠是机械产品的必备条件。

3) 经济性和社会性要求:经济性要求是指所设计的机械产品在设计、制造方面周期短、成本低;在使用方面效率高、能耗少、生产率高、维护与管理的费用少等。此外,机械产品应操作方便、安全,具有宜人的外形和色彩,符合国家环境保护和劳动法规的要求,要使机器的操作者方便和安全。因此,设计时要按照人机工程学的理念布置各种按钮、手柄,使操作方式符合人们的心理和习惯;同时,设置完善的安全装置、报警装置、显示装置等;降低机器运转时的噪声水平,防止有毒、有害介质的渗漏,对废水、废气和废液进行治理。

4) 其他特殊要求:有些机械产品由于工作环境和要求不同,对设计提出了某些特殊要求。如对航空飞行器有质量小、飞行阻力小和运载能力大的要求;流动使用的机械(如塔式起重机、钻探机等)要便于安装、拆卸和运输;对机床有长期保持精度的要求;对食品、印刷、纺织、造纸机械等有保持清洁,不得污染产品的要求;对大型机器有便于运输的要求;等等。

一部机器的诞生,从感知某种需要开始,然后萌生设计念头,明确设计要求,再经过设计、制造、鉴定直到产品定型,是一个复杂细致的过程。图 0-6 所示为机械设计的一般

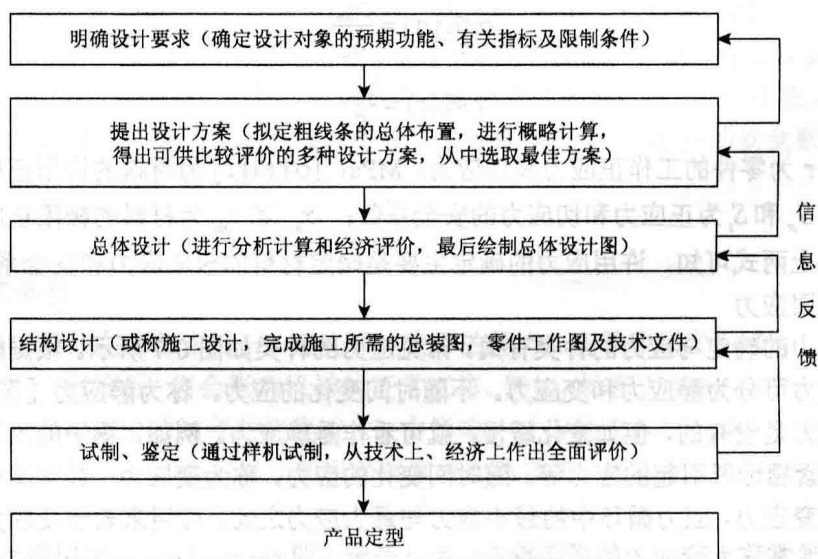


图 0-6 机械设计的一般过程

过程。机械设计过程是从抽象概念到具体产品的演化、反复迭代（设计—修改—再设计）、逐步求优和不断创新的过程。

§ 0.4 机械零件的工作能力和计算准则

一、机械零件的工作能力

零件的工作能力是指在一定的运动、载荷和环境情况下，在预定的使用期限内，不发生失效的安全工作限度。通常这个限度是对载荷而言，所以又称承载能力。进行机械零件设计时，必须根据零件的失效形式分析失效的原因，提出防止或减轻失效的措施，根据不同的失效形式提出不同的计算准则。机械零件的计算准则，概括起来主要包括以下几种：强度、刚度、耐磨性、振动和噪声。

二、机械零件的计算准则

1. 强度准则

强度是保证机械零件工作能力的最基本要求。若零件的强度不够，不仅因为零件的失效使机械不能正常工作，还可能导致安全事故。

零件的强度分为体积强度和表面接触强度。零件在载荷作用下，如果产生的应力在较大的体积内，则这种应力状态下的零件强度称为体积强度（简称强度）。若两零件在受载前后由点、线接触变为小表面积接触，且其表面产生很大的局部内力（称为接触应力），这时零件的强度称为表面接触强度（简称接触强度）。若零件的强度不够，就会出现整体断裂、表面接触疲劳或塑性变形等失效而丧失工作能力。所以，设计零件时，必须满足强度要求，而强度的计算准则为

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{lim}}}{S_{\sigma}} \quad (0-1)$$

$$\tau \leq [\tau] = \frac{\tau_{\text{lim}}}{S_{\tau}} \quad (0-2)$$

式中： σ 和 τ 为零件的工作正应力和切应力，MPa； $[\sigma]$ 和 $[\tau]$ 为材料的许用正应力和切应力，MPa； S_{σ} 和 S_{τ} 为正应力和切应力的安全系数； σ_{lim} 和 τ_{lim} 为材料的极限正应力和极限切应力。由上两式可知，许用应力的确定主要是确定材料的极限应力和安全系数。

(1) 极限应力

极限应力的确定与应力的种类有关。常见应力的种类如图 0-7 所示。根据随时间变化的情况，应力可分为静应力和变应力。不随时间变化的应力，称为静应力 [图 0-7 (d)]，纯粹的静应力是没有的，但如变化缓慢，就可看作是静应力。例如，锅炉的内压力所引起的应力、拧紧螺母所引起的应力等。随时间变化的应力，称为变应力。具有周期性的变应力称为循环变应力。应力循环中的最小应力与最大应力之比，可用来表示变应力中应力变化的情况，通常称为变应力的循环特性，用 r 表示，即 $r = \sigma_{\text{min}} / \sigma_{\text{max}}$ 。可用应力循环特性 r 来表示变应力的不对称度， $r = +1$ 为静应力； $r = 0$ 为脉动循环变应力； $r = -1$ 为对称循环变

应力; $-1 < r < 1$ 为不对称循环变应力。

在静应力下工作的零件主要失效形式是断裂或塑性变形。因此,对于塑性材料,取材料的屈服强度 σ_s 作为极限应力;对于脆性材料,取材料的抗拉强度 σ_b 作为极限应力。在变应力下工作的零件主要失效形式是疲劳断裂。因此,在对称循环变应力作用下,取材料的对称循环疲劳极限 σ_{-1} 作为极限应力,在脉动循环变应力作用下,取材料的脉动循环疲劳极限 σ_0 作为极限应力。在非对称循环变应力作用下,可通过疲劳试验或极限应力图确定材料的疲劳极限,即极限应力。作简化计算时,在一般变应力作用下可近似取与之相近的 σ_{-1} 或 σ_0 作为材料的极限应力。

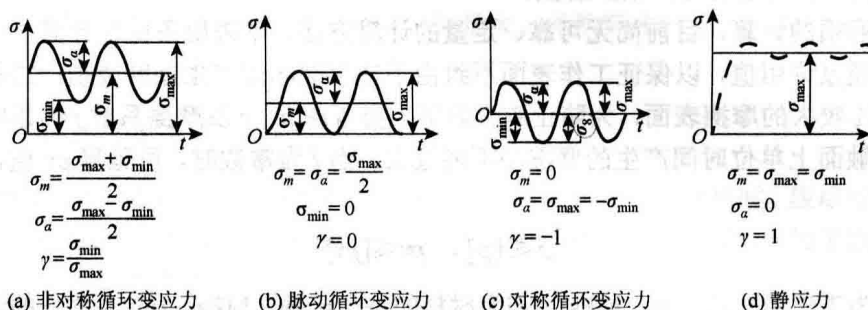


图 0-7 应力的种类

(2) 安全系数

合理选择安全系数 S 是机械设计中的一项重要工作,安全系数确定的正确与否对零件尺寸有很大影响。在安全系数中要考虑的因素有:载荷和应力的性质和计算的准确性,材料的性质和材质的不均匀性,零件的重要程度,工艺质量和探伤水平,运转条件,环境状况,等等。安全系数的选择原则:在保证安全、可靠的前提下,尽可能选用较小的安全系数。安全系数过小,机器可能不够安全;安全系数过大,在材料、加工、运输等方面不符合经济原则,且机器笨重。在各个不同的机械制造部门,通过长期生产实践,都制定有适合本部门的安全系数(或许用应力)的表格。使用时可以查表选取所需的安全系数(或许用应力)。

在无可靠资料用部分系数法直接确定安全系数的情况下,可取总的安全系数等于各个影响因素系数的连乘积,即

$$S = S_1 S_2 S_3 \quad (0-3)$$

2. 刚度准则

刚度是指零件在载荷作用下,抵抗弹性变形的能力。当零件刚度不够时,弯曲挠度或扭转角超过允许限度后,将会影响机械的正常工作。例如,机床主轴或丝杠弹性变形过大,会影响加工精度;齿轮轴的弯曲挠度过大,会影响一对齿轮的正确啮合。有些零件,如机床主轴、电动机轴等,其基本尺寸是根据刚度要求确定的。刚度的计算准则为

$$y \leq [y], \theta \leq [\theta], \varphi \leq [\varphi] \quad (0-4)$$

式中: y 、 θ 和 φ 分别为零件工作时的挠度、偏转角和扭转角; $[y]$ 、 $[\theta]$ 和 $[\varphi]$ 分别为零件的许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

实践证明,能满足刚度要求的零件,一般来说,其强度总是足够的。提高刚度的有效措施是:适当增大或改变截面尺寸以增大其惯性矩,减小支承跨距,合理增添加强肋,等等。若仅将材料由普通钢更换为合金钢,由于弹性模量 E 或切变模量 G 并未提高,故对提高刚度并无效果。此外,也有一些零件要求有一定的柔性,如弹簧等。

3. 耐磨性准则

耐磨性是指做相对运动的零件的工作表面抵抗磨损的能力。当零件的磨损量超过允许值后将改变其尺寸和形状,削弱其强度,降低机械的精度和效率。因此,机械设计中,总是力求提高零件的耐磨性,减少磨损。

关于磨损的计算,目前尚无可靠、定量的计算方法。常采用条件性计算:一是验算压强 p 不超过许用值,以保证工作表面不致由于油膜破坏而产生过度磨损;二是对于滑动速度 v 比较大的摩擦表面,为防止胶合破坏,要考虑 p 、 v 及摩擦系数 f 的影响,即限制单位接触面上单位时间产生的摩擦功不能过大。当 f 为常数时,可验算 pv 值,其验算式为

$$p \leq [p], \quad pv \leq [pv] \quad (0-5)$$

式中: p 为工作表面的压强, MPa; $[p]$ 为材料的许用压强, MPa; $[pv]$ 为材料的许用值, MPa·m/s。

4. 振动和噪声准则

随着机械的高速发展和人们对环境舒适性要求的提高,对机械的振动和噪声的要求也愈来愈高。当机械或零件的固有振动频率 f 等于或接近于受激振源作用引起的强迫振动频率 f_p 时,将产生共振。这不仅影响机械的正常工作,甚至会造成破坏性事故。而振动又是产生噪声的主要原因。因此,对于高速机械或对噪声有严格限制的机械,应进行振动分析和计算,即分析系统和零件的固有振动频率、强迫振动频率。研究系统的动力特性,分析其噪声源,并采取措施降低振动和噪声。

具体到每一类型的零件,并不都需要进行上述计算,而是要从实际受载和工作条件出发,分析其主要失效形式再确定其计算准则,必要时再按其他要求进行校核计算。如机床主轴,首先根据刚度确定尺寸,再校核其强度和振动稳定性。

§ 0.5 机械设计中常用材料的选用原则

机械设计中常用的材料有钢、铸铁、有色金属(如铝合金、铜合金等)和非金属材料(如尼龙、工程塑料、橡胶等)。选择机械材料一般要求所选的材料具有良好的使用要求,并且在加工时具有很好的工艺性能,同时还要有合理的经济性等3个方面的要求。

1. 满足使用要求

满足使用要求是选用材料的最基本原则和出发点。使用要求是指用所选材料做成的零件,在给定的工况条件下和预定的寿命期限内能正常工作。而不同的机械,其侧重点

又有差别。例如,当零件受载荷大并要求质量轻、尺寸小时,可选强度较高的材料;滑动摩擦下工作的零件应选用减摩性能好的材料;高温下工作的零件,应选用耐热材料;当承受静应力时,可选用塑性或脆性材料;而承受冲击载荷时,必须选用冲击韧度较好的材料等。

2. 符合工艺要求

工艺要求是指所选材料的冷、热加工性能好,热处理工艺性能好。例如,结构复杂而大批量生产的零件宜用铸件,单件生产宜用锻件或焊件简单盘状零件(如齿轮或带轮等),其毛坯是采用铸件、锻件还是焊件,主要取决于它们的尺寸大小、结构复杂程度及批量的大小;单件小批生产,宜用焊件;尺寸小、批量大、结构简单,宜用模锻件;结构复杂、大批量生产,则宜用铸件。

3. 综合经济效益要求

综合经济效益好是一切产品追求的最终目标,故在选择零件材料时,应尽可能选择能满足上述两项要求且价格低廉的材料。不能只考虑材料的价格,还应考虑加工成本及维修费用,即考虑综合经济效益。

§ 0.6 机械零件的结构工艺性和标准化

一、机械零件的结构工艺性

设计机械零件时,不仅应使其满足使用要求,即具备所要求的工作能力,同时还应当满足生产要求,使所设计的零件具有良好的结构工艺性。

机械零件的结构工艺性是指零件的结构在满足使用要求的前提下,能用生产率高、劳动量小、材料消耗少和成本低的方法制造出来。凡符合上述要求的零件结构被认为具有良好的工艺性。

机械制造包括毛坯生产、切削加工和装配等生产过程。设计时,必须使零件的结构在各个生产过程中都具有良好的工艺性。对工艺性的要求如下。

(1) 合理选择毛坯

零件毛坯可直接利用型材、铸造、锻造、冲压和焊接等方法获得。毛坯的选择与生产的批量、生产的技术条件及材料的性能等有关。

(2) 结构简单合理

设计零件的结构形状时,最好采用最简单的表面及其组合,同时还应当尽量使加工表面数目最少和加工面积最小。

(3) 合理确定制造精度及表面粗糙度

零件的加工费用随精度的提高而增加尤其是在对于精度要求较高的情况下,更为显著。因此,在设计零件时不要一味追求高精度,要从需要、生产条件和降低制造成本出发,合理地选择零件的精度及相应的表面粗糙度。

二、机械零件的标准化

标准化是指以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。标准化的研究领域十分宽广,就工业产品标准化而言,它是指对产品的品种、规格、质量、检验或安全、卫生要求等制定标准并加以实施。产品标准化本身包括3个方面的含义。

(1) 产品品种规格的系列化

将同一类产品的主要参数、形式、尺寸、基本结构等依次分档,制成系列化产品,以较少的品种规格满足用户的广泛需要。

(2) 零部件的通用化

将同一类型或不同类型产品中用途结构相近似的零部件(如螺栓、轴承座、联轴器和减速器等),经过统一后实现通用互换。

(3) 产品质量标准化

产品质量是所有企业的“生命线”,要保证产品质量合格和稳定就必须做好设计、加工工艺、装配检验,甚至包装储运等环节的标准化。这样,才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。

对产品实行标准化具有重大的意义:在制造上可以实行专业化大量生产,既可提高产品质量又能降低成本;在设计方面可减少设计工作量;在管理维修方面,可减少库存量和便于更换损坏的零件。

按照标准的层次,我国的标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。按照标准实施的强制程度,标准又分为强制性(GB)和推荐性(GB/T)两种。如《普通螺纹基本尺寸》(GB 196—2003)是强制性标准,必须执行;而《渐开线圆柱齿轮精度》(GB/T 10095—2001)等为推荐性标准,鼓励企业自愿采用。

为了增强在国际市场的竞争能力,我国鼓励积极采用国际标准和国外先进标准。我国近年发布的国家标准,许多都采用了相应的国际标准。设计人员必须熟悉现行的有关标准。一般机械设计手册及机械工程手册(以下简称手册)中都收录摘编了常用的标准和资料,以供查阅。

思考与练习

- 0-1 机器、机械与机构有何不同?零件与构件又有何区别?
- 0-2 请指出汽车的动力部分、传动部分、执行部分及其控制系统和辅助系统。
- 0-3 机械设计的基本要求是什么?
- 0-4 作用在机械零件中的应力有哪几种类型?什么是应力的循环特性?
- 0-5 什么是机械零件的工作能力?常用的计算准则有哪几种?
- 0-6 在机械设计中采用哪些措施可提高刚度?表达强度、刚度及耐磨性的计算准则公式各有什么含义?
- 0-7 机械设计中常用材料的选用原则是什么?
- 0-8 机械零件设计对其工艺性有何要求?机械零件、部件标准化的意义是什么?