

高等学校教材

机械设计基础

JIXIESHEJIJICHU

主编：李光煜 罗凤利 孙桂兰

主审：李阳星



哈尔滨地图出版社

高等学校教材

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

主 编 李光煜 罗凤利 孙桂兰

主 审 李阳星

哈尔滨地图出版社

• 哈尔滨 •

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/李光煜, 罗凤利, 孙桂兰主编. —哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2006.1

ISBN 7-80717-257-6s

I .机... II .①李...②罗...③孙... 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 (2006) 第 006856 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码: 150086)

黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂印刷

开本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 17 字数: 420 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1~1 000 定价: 32.00 元

前 言

根据当前机械设计基础课程教学改革的实际需要,结合我们多年来课堂教学和教学改革的实践经验,参照国家教委 1995 年审定的“机械设计基础课程教学基本要求”及最近提出的有关教改精神,以“加强创造性思维能力和设计能力的综合培养,重视工程应用”为宗旨,我们对课程体系和内容进行了较大篇幅的改革与整合,编写了这本《机械设计基础》教材。本教材的特色主要表现在以下几个方面:

1. 按照机械功能组成的几个主要部分按篇叙述,在力求将有关机械设计的基本概念、基本理论、基本方法阐述清楚的基础上,教材增加了机械系统总体方案设计的内容,这样既培养了学生注重通用零件及常用机构的设计原理和方法,又可以使学生初步具备一般机械总体方案设计和分析的能力,所以更具有连贯性和启发性。

2. 教材中增加了现代设计方法介绍,包括稳健设计、并行设计、虚拟设计、绿色设计、智能设计等内容,反映了机械设计的新发展。

3. 针对处理传统内容与现代内容的关系,对于传统内容,在保证基本内容的前提下,精简压缩一般内容,简化公式的演绎与推导,并全部采用了新标准、新规范。

参加本书编写工作的有:李光煜(第一章、第四章、第五章、第十五章)、王爱芳(第二章、第三章)、张岩(第六章、第七章)、刘秀莲(第八章、第九章)、罗凤利(第十章、第十一章、第十二章、第十三章)、孙桂兰(第十四章、第十六章、第十七章、第十八章)。全书由李光煜、罗凤利、孙桂兰担任主编,由李阳星教授担任主审。

由于编者水平有限,经验不足,书中难免存在错误与不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 5 月

目 录

第一篇 总 论

第一章 绪论	1
第一节 机械工业在现代化建设中的作用	1
第二节 机械的组成及其功能	1
第三节 本课程的内容、性质和任务	4
思考题及习题	4
第二章 机械设计计算概论	5
第一节 机械设计的基本要求和设计过程	5
第二节 机械零件的工作能力及其计算准则	6
第三节 机械工程常用材料、金属材料的热处理及材料的选择原则	8
第四节 机械零件结构工艺性及标准化	12
第五节 机械设计的新发展	13
思考题及习题	14

第二篇 执行机构

第三章 机构运动简图及平面机构自由度	15
第一节 机构的组成	15
第二节 平面机构运动简图	17
第三节 平面机构的自由度	21
思考题及习题	26
第四章 平面连杆机构	28
第一节 平面四杆机构的基本类型及演化型式	28
第二节 有关平面四杆机构的基本知识	33
第三节 平面四杆机构的设计简介	37
思考题及习题	42
第五章 凸轮机构	43
第一节 凸轮机构的组成、应用和分类	43
第二节 从动件的常用运动规律	44
第三节 凸轮轮廓设计及注意事项	47
思考题及习题	53

第六章 螺旋机构	54
第一节 螺纹的形成及主要参数	54
第二节 螺旋副的受力分析、效率和自锁	56
第三节 螺旋机构	59
思考题及习题	62
第七章 其他常用机构及组合机构	63
第一节 棘轮机构	63
第二节 槽轮机构	65
第三节 不完全齿轮机构	67
第四节 组合机构	68
思考题及习题	70

第三篇 机械联接与支承

第八章 螺纹联接	71
第一节 螺纹联接的类型及螺纹联接件	71
第二节 螺纹联接的预紧和防松	75
第三节 螺栓联接的设计	78
思考题及习题	85
第九章 键、花键、无键联接和销联接	86
第一节 键联接	86
第二节 花键联接	89
第三节 无键联接	90
第四节 销联接	91
思考题及习题	92
第十章 滑动轴承	93
第一节 滑动轴承的摩擦状态	93
第二节 滑动轴承的应用及类型结构	94
第三节 滑动轴承材料及轴瓦结构	95
第四节 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	98
思考题及习题	100
第十一章 滚动轴承	101
第一节 滚动轴承的应用、结构及材料	101
第二节 滚动轴承的主要类型、代号和选择	104
第三节 滚动轴承的失效形式和计算	107
第四节 滚动轴承装置的设计	114
思考题及习题	121

第十二章 轴	125
第一节 轴的功用和分类	125
第二节 轴的材料及结构设计	126
第三节 轴的计算	132
思考题及习题	139
第十三章 联轴器、离合器和制动器	140
第一节 概述	140
第二节 联轴器	140
第三节 离合器	145
第四节 制动器	147
思考题及习题	148

第四篇 机械传动

第十四章 带传动及链传动	149
第一节 带传动	149
第二节 链传动	165
思考题及习题	173
第十五章 齿轮传动	174
第一节 齿轮传动的特点和分类	174
第二节 齿廓啮合的基本定律	175
第三节 渐开线齿廓及其啮合特性	176
第四节 渐开线标准齿轮各部分的名称和几何尺寸	178
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	181
第六节 渐开线齿轮的切制原理及根切现象	182
第七节 齿轮的失效形式、材料及设计准则	186
第八节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	189
第九节 斜齿圆柱齿轮传动	195
第十节 直齿圆锥齿轮传动	201
第十一节 蜗杆传动	205
第十二节 齿轮的结构设计	212
思考题及习题	214
第十六章 轮系和减速器	216
第一节 轮系的分类	216
第二节 轮系的传动比计算	217
第三节 轮系的功用	222
第四节 减速器	224

思考题及习题	228
--------------	-----

第五篇 机械系统

第十七章 机械的平衡与调速	229
第一节 刚性转子的静平衡和动平衡	229
第二节 机械的速度波动及其调节	233
思考题及习题	237
第十八章 机械系统的总体方案设计	239
第一节 机械系统总体方案设计的目的及内容	239
第二节 机械执行系统的运动方案设计	240
第三节 传动系统的方案设计和原动机的选择	247
第四节 机械控制系统简介	253
第五节 机械系统运动方案设计举例	254
思考题及习题	260
参考文献	262

第一篇 总 论

本篇概括地论述与本课程有关的内容，包括第一章绪论和第二章机械设计计算概论。

第一章 绪 论

本章主要介绍机械的作用及组成，并介绍了本课程的内容、性质和任务。

第一节 机械工业在现代化建设中的作用

人类在社会生产和生活中，创造和发展了各种各样的机械。世界各国工业、农业、国防和科学技术的发达程度，都会通过机械工业的发展程度反映出来。人们所以要广泛使用机器，是由于机器既能承担人力所不能或不便进行的工作，又能较人工生产改进产品质量，特别是能够大大提高劳动生产率和改善劳动条件。同时，不论是集中进行大量生产还是迅速完成多品种、小批量生产，都只有使用机器才便于实现产品的标准化、系列化和通用化，尤其是便于实现高度的机械化、电气化和自动化。因此，机械工业肩负着为国民经济各个部门提供技术装备和促进技术改造的重要任务，在现代化建设的进程中起着主导和决定性的作用，机械工业的生产水平是一个国家现代化建设水平的主要标志之一。所以通过大量设计制造和广泛使用各种各样先进的机器，就能大大加强和促进国民经济发展的力度，加速我国的社会主义现代化建设。

第二节 机械的组成及其功能

单缸四冲程内燃机（图 1-1）为常见机械之一，它是由缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、推杆 8、齿轮 9 和 10 等组成。燃气膨胀推动活塞作往复移动，通过连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和推杆用于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，在曲轴和凸轮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，各部分协调地动作，进、排气阀有规律地启闭，并通过汽化、点火等装置的配合，就把燃气热能转变为曲轴旋转的机械能。

工业机器人（图 1-2）由机器人本体 1、计算机控制器 2、液压装置 3 和电力装置 4 组成。当机械手的大臂、小臂和手按指令有规律地运动时，末端夹持器（图中未示出）便将物料搬运到指定的位置。

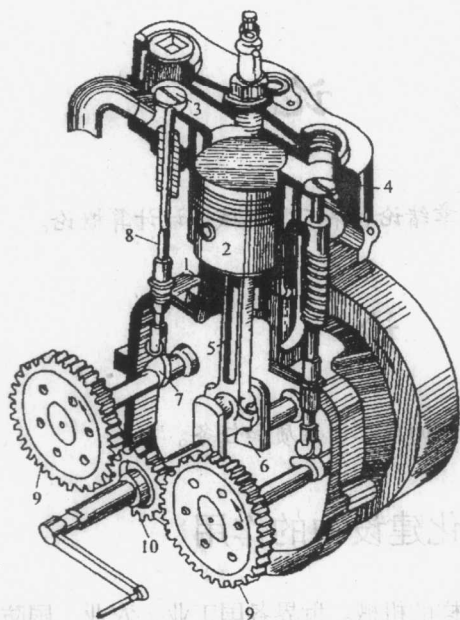


图 1-1 内燃机

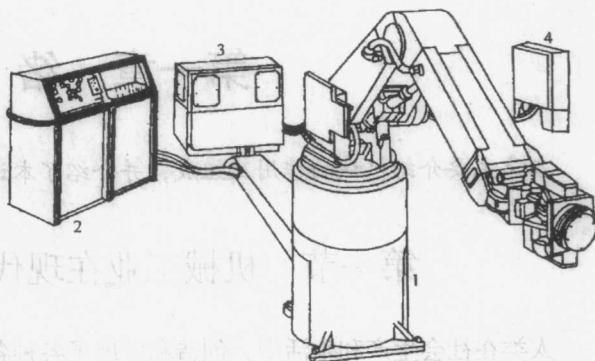


图 1-2 工业机器人

从以上两例可以看出，机械在工作过程中都要进行机械运动。因此说，运动的传递与变换是机械最基本的功能。

通常把能实现确定的机械运动，又能做有用的机械功或实现能量、物料、信息的传递与变换的装置称为机器，而把只能实现运动和力的传递与变换的装置称为机构。机器和机构统称为机械。

根据所能实现功能的不同，机器可分为三类：

(1) 工作机器 实现对物料的某种工作或工艺过程，完成有用的机械功，如各种机床、纺织机械、食品机械、汽车、飞机、起重机、运输机等。

(2) 动力机器 实现其他种类的能量与机械能之间的转换，如内燃机、汽轮机、电动机、发电机、压气机、涡轮机等。

(3) 信息机器 实现其他形式的信息（如电磁、热、压力、变形等）与机械运动信息之间的传递与转换，如各种计量装置、检测装置、复印机、打印机、绘图机等。

现代机械种类繁多，但从其功能组成分析，主要由以下几部分组成（图 1-3）：

(1) 原动机部分 机械系统工作的动力源，它包括动力机和与其相配套的一些装置。现代机器多采用电动机和热力机（内燃机、汽轮机、燃气轮机）作为动力源，其中电动机的使用最为广泛。

(2) 传动部分 把原动机的动力和运动传递给执行系统的中间装置，如汽车的变速箱、机床的主轴箱、起重机的减速器等。传动部分的功能是实现运动和力的传递与变换，以适应执行部分工作的需要。传动部分可分为下述几大类：①机械传动；②液、气传动；③电力传动；④前三大类不同组合的传动。其中机械传动是绝大多数机器不可缺少的重要组成部分。

(3) 执行部分 直接实现机器特定功能的部分,包括执行机构和执行构件,其功能是利用机械能来改变作业对象的性质、状态、形状、位置或进行检测等。由于每个机械系统要完成的功能各不相同,所以对其执行部分的运动、工作载荷等技术要求也不相同。执行部分通常处于机械系统的末端,直接与作业对象接触。执行部分工作性能的好坏,直接影响整个机械系统的性能。

(4) 控制系统 使原动机部分、传动部分、执行部分彼此协调工作并准确可靠地完成整个机械系统功能的装置。它的功能主要是控制或操纵上述各部分的起动、离合、制动、变速、换向或各部件运动的先后次序、运动轨迹及行程。此外,还控制换刀、测量、冷却与润滑液的供应与停止等一系列工作。

除了以上几个主要部分,有的机器还不同程度地带有一些辅助系统。如润滑系统、显示系统、照明系统、信号系统等。

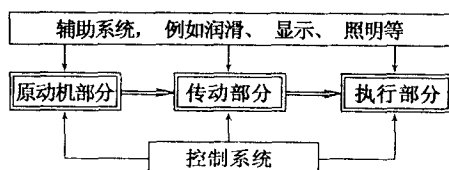


图 1-3 机器的功能组成

机械系统在工作过程中运动和力的传递与变换,是通过各种机构来实现的。机构由若干相互之间形成可动联接的结构实体所组成。作为一个整体运动的结构实体称为构件,构件是机械的运动单元。机构实质上就是两个以上构件相互可动联接而形成的构件组合。

一个构件还可能由若干彼此没有相对运动的实体联接而成,例如,图 1-1 中的连杆 5 由连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓等多个实体刚性联接而成。这类单一的实体称为零件,零件是机械的制造单元。构件也可以是单一的零件。

机器的基本组成要素就是机械零件。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。只在某一类型机械中使用的零件,称为专用零件,如内燃机的活塞、曲轴、汽轮机的叶片等。

一台机器根据其功能要求,可能是由一个机构组成,也可能是由若干机构组成,并按一定规律相互协调配合,通过有序的运动和力的传递与变换来实现预期的功能。

根据机械系统的功能组成和结构特征,对机械系统通常有如下要求,即能实现规定的运动与力的传递与变换,要有良好的动力性能,具有足够的精度、强度、刚度、耐磨性、振动稳定性,以满足机械工作的平稳性和可靠性,保证机械完成预定的功能。

随着科学技术的不断进步和计算机技术的广泛应用,现代机械正朝着高速度、高精度、自动化、智能化的方向发展,现代机械的结构也发生了明显区别于传统机械的变化,传感器和控制系统已成为现代机械的重要组成部分,其成本在总成本中的比重甚至超过了机械部分,一些广泛应用的传统机构,逐渐被机械电子机构所取代,机电一体化已成为现代机械具有的典型特征。

第三节 本课程的内容、性质和任务

机械设计基础是为近机械类和非机械类高等工科专业学生及其他相关读者提供的一门机械技术基础课程,主要研究常用机构和通用零件的工作原理、结构特点以及它们的设计理论和方法,同时介绍相关的国家标准和规范,以及某些标准零件的选用原则和方法。因此,本课程主要内容有:

(1) 机械设计总论 包括机械设计的一般步骤、方法及要求;机械零件常用材料及选择原则;机械零件的工作能力、计算准则及结构工艺性和标准化。

(2) 常用执行机构的设计 包括常用机构的结构组成原理及它们的设计理论和方法;重点研究连杆机构、凸轮机构、螺旋机构和间歇机构等常用机构的组成、应用特点、运动特性及设计要点。

(3) 机械中的联接和支承 主要研究用于机械联接和支承中的主要零、部件,包括螺纹、键、轴承、轴及联轴器、离合器等类型、强度计算及选用标准件的方法。

(4) 机械传动 介绍机械中普遍使用的传动的应用特点、工作原理及其零件的失效形式、设计准则、强度计算及传动比计算等,包括带传动、链传动、齿轮传动、轮系。

(5) 有关机械系统设计的一些问题 包括机械的平衡、调速和机械系统的总体设计方法与步骤。

本课程的性质:它是一门综合应用理论力学、材料力学、工程制图等基础理论知识和机械制造等生产实践性知识的技术基础课程,虽然研究的是常用机构和通用零件,但是其设计理论和方法对于专用机构和零件的设计也具有一定的指导意义。

本课程的主要任务:通过本课程的学习,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;使学生获得分析、选用和维护简单机械设备的基础知识;培养学生用所学知识设计简单机械传动装置和简单机械的能力;也为学生将来学习其他专业课程打下必要的理论基础。

思考题及习题

1-1 何谓机器、机构,两者的功能区别有哪些?

1-2 何谓构件、零件,两者有何区别?

1-3 何谓通用零件、专用零件?各举例说明。

第二章 机械设计计算概论

本章对机械零件设计计算中的一些共性基础理论问题作了概略性介绍。包括机械设计的基本要求和设计过程、机械工程常用材料、机械零件结构工艺性及标准化和机械设计的新发展概述。重点是机械零件的工作能力及计算准则、机械工程常用材料及其选择原则。

第一节 机械设计的基本要求和设计过程

一、机械设计的基本要求

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

(1) 运动学和动力学要求 为了使所设计的机械具有预期的使用功能，首先必须选择适应的机构和适当的传动方案，以保证机构能够变换所需要的运动，并传递所需要的动力。

(2) 工作可靠性要求 为了使所设计的机械在预定的工作期间内能够始终正常地工作，必须先选择适应的零件材料并设计适当的结构尺寸，以保证零件具有足够的强度、刚度、抗磨性、耐热性和振动稳定性，避免零件过早破坏。

(3) 经济性要求 为了使机械具有较高的性能价格比，在保证工作可靠的前提下，应当尽量选择市场供应充分的材料并设计合理的零件结构，以降低机械的制造成本；还应当在设计方案中注意降低机械的能源消耗，使机械维护方便，提高机械的自动化程度，以降低机械的运行成本。

(4) 操作方便、安全性和环境保护的要求 在设计机械时，应当从使用者的角度出发，努力使机械的操作方便省力，不易疲劳，并针对其安全隐患，采取严格的防护措施。还应当避免或降低机械使用过程中带来的环境污染，如噪声污染、废弃物污染等。

除了以上要求之外，一些专用机械还有自己特殊的设计要求。例如，金属切削机床应能长期保持加工精度；钻探机械应便于搬运、安装和拆卸；食品、医药、印刷和纺织机械应能保持清洁，不得污染产品等。

在实际设计时，上述要求可能会发生冲突，这时应分清主次，充分满足其主要要求，兼顾其次要要求。例如，机床的设计以性能好为其主要要求；起重机械、冶金机械和矿山机械的设计以保证安全为其主要要求；一般无特别要求的机械以经济性好为其主要要求。

二、机械设计的一般过程

一般来说，一个机械产品的设计过程大致可以分为五个阶段：

(1) 计划阶段 根据社会需求进行调查，在对相关产品进行可行性分析并对有关技术资料进行研究的基础上，确定设计对象的主要性能指标和主要设计参数，编制设计任务书。

(2) 方案设计阶段 根据设计对象所要达到的性能指标和主要设计参数，确定它的工作原理，拟定总体设计方案并绘制该方案的原理图或机构运动简图。

(3) 总体技术设计阶段 根据设计对象的工作原理和机构运动简图, 进行构件的运动学分析和动力学分析, 计算其运动参数和动力参数, 绘制总体结构草图和控制系統、潤滑系統、液壓系統等其他輔助系統的系统图。

(4) 零件技术设计阶段 根据构件的运动参数和动力参数, 对零件进行必要的强度、刚度、抗磨性、耐热性、振动稳定性的计算, 确定零件的材料、形状和尺寸, 最后绘制出总装配图、部件装配图以及零件工作图, 编制出设计计算说明书、工艺说明书等各种技术文件。

(5) 改进设计阶段 根据设计图样和各种技术文件, 试制产品的样机。通过实验, 对产品样机进行综合评价并反复修改, 使设计逐渐完善。最后整理完成各种设计技术文件。

在实际设计过程中, 这五个阶段并不是截然分开的, 各阶段的工作常常会交叉进行。其中总体技术设计阶段和零件技术设计阶段更是联系紧密, 可以把它们统称为技术设计阶段。设计人员在机械的设计中需要积极听取用户和工艺人员的意见, 善于把设计信息以图形、文字和语言等各种形式与上级和同事进行沟通, 及时发现和解决设计过程中出现的各种问题。

第二节 机械零件的工作能力及其计算准则

若机械中的某个零件不能正常工作, 则称该零件失效。为了保证所设计的零件在预定的工作期间内能够正常工作, 设计者需要事先了解零件在给定的工作条件下可能出现的失效形式。机械零件的主要失效形式有: 零件断裂或发生塑性变形; 零件工作表面出现疲劳破坏或过度磨损; 零件的弹性变形过大; 零件的振动稳定性发生破坏等。

机械零件抵抗失效的能力, 称为零件的工作能力。衡量零件工作能力的指标有强度、刚度、抗磨性、耐热性、振动稳定性等。设计人员在设计机械零件时, 通常使用一些计算公式来确定零件的结构尺寸。这些公式能够判断零件是否具有足够的工作能力, 因此把它们称为机械零件的工作能力计算准则。

一、强度计算准则

强度是零件抵抗断裂、塑性变形以及表面损坏的能力。为了使零件具有足够的强度, 设计时必须进行零件的强度计算, 保证零件的强度计算准则得到满足, 即保证

$$\sigma \leq [\sigma] \text{ 或 } \tau \leq [\tau], \quad (2-1)$$

式中: σ 和 τ 分别为零件的工作正应力和切应力; $[\sigma]$ 和 $[\tau]$ 分别为零件的许用正应力和许用切应力。

虽然增大零件截面尺寸和改用优质材料可以提高零件的强度, 但不能任意加大零件尺寸和滥用优质材料, 以免造成浪费。

二、刚度计算准则

刚度是零件抵抗弹性变形的能力。某些零件, 如机床主轴和电动机轴, 当它们具有足够的刚度时才能正常工作。零件的刚度计算准则为

$$y \leq [y], \theta \leq [\theta] \text{ 或 } \phi \leq [\phi], \quad (2-2)$$

式中： y 为零件的挠度； θ 为零件的偏转角； ϕ 为零件的扭转角； $[y]$ ， $[\theta]$ 和 $[\phi]$ 分别为零件的许用挠度、许用偏转角和许用扭转角。

提高零件刚度的措施有：改变零件的截面形状，增大零件的截面尺寸，缩小支承点之间的距离，采用有加强肋的结构设计等。

三、抗磨性计算准则

抗磨性是指具有相对运动的两个零件表面的抗磨损能力。磨损是因摩擦导致零件表面材料逐渐丧失或迁移而形成的。磨损使零件的形状和尺寸逐渐发生变化，最终造成零件失效。为了使零件在预定工作期间内不因过度磨损而失效，需要对有些零件（例如滑动轴承）进行抗磨性计算。

影响零件磨损的因素很多。摩擦面之间压力的大小和性质、相对速度的大小、摩擦面的材质和加工质量、润滑剂的物理化学性质，这些因素都对零件表面的磨损速度有影响，但是目前还没有一个公认的计算公式能把这些影响定量地表述出来。实用的抗磨性计算准则是限制两个零件表面之间的压力 p ，即

$$p \leq [p] , \quad (2-3)$$

式中： $[p]$ 是根据实验或同类机械的使用经验所确定的许用压力。

当相对运动速度较高时，为了防止温升过高造成表面油膜的破坏，还要对单位时间和单位接触面积内的摩擦发热进行限制，即

$$pv \leq [pv] , \quad (2-4)$$

式中： v 是零件表面的相对滑动速度； $[pv]$ 是由实验或同类机械使用经验所确定的许用值。

由于可以假定设计对象与实验对象的摩擦因数 f 相同，所以上式中不含参数 f 。

提高零件抗磨性的措施有：选用耐磨性好的材料，提高表面硬度，减小表面粗糙度值，采用更好的润滑剂或更有效的润滑方法等。

四、耐热性计算准则

耐热性是指零件在较高温度下抗蠕变、抗氧化和抗热变形的能力。当钢制零件的温度超过 300~400 °C、轻合金和塑料零件的温度超过 100~150 °C 时，它们的强度将急剧下降，并且会出现较严重的蠕变。所谓蠕变，是指零件在应力作用下缓慢而连续地发生塑性变形的现象。另外，高温下的零件还会发生氧化并且产生较大的热变形和热应力。这些现象的发生将大大削弱零件的工作能力。因此，在较高温度下工作的零件，为了保证零件的工作温度不超过设计规范所允许的温度，一般应进行热平衡计算。即

$$H_1 \leq H_2 , \quad (2-5)$$

式中： H_1 为系统产生的总热量； H_2 为系统散逸的总热量。

必要时还应对零件进行蠕变计算。

为了保证零件在高温下正常工作，除了选用耐热材料外，还可采取一些冷却或隔热的措施。

五、振动稳定性计算准则

振动稳定性是零件在周期性外力作用下不发生剧烈振动的能力。振动会在零件中产生额外的变应力，影响机械的工作质量，增大机械的噪声。发生共振的零件将丧失振动稳定性，并在短时间内损坏。因此，对于高速机械或高速运动的零件，应当进行振动分析与计算，使它们的工作频率 f 远离其共振频率 f_p 。一般须保证

$$f < 0.87 f_p \text{ 或 } f > 1.18 f_p \text{。} \quad (2-6)$$

减轻振动的措施有：采用对称结构，减少悬臂长度，对转动零件进行平衡，设置弹簧、橡胶等缓冲零件，设置阻尼装置或吸振装置等。

在上述计算准则中，强度计算准则是最基本的计算准则。如果零件设计不满足强度计算准则，不仅零件不能正常工作，而且可能导致安全事故的发生。

第三节 机械工程常用材料、金属材料的热处理及材料的选择原则

一、机械工程常用材料简介

机械工程中最常用的材料是钢和铸铁，其次是有色金属及其合金。非金属材料如工程塑料、橡胶、尼龙、木材、石墨、陶瓷等也在某些场合应用。

机械工程常用材料的分类和应用举例见表 2-1。常用钢铁材料的牌号及力学性能见表 2-2。

表 2-1 机械工程常用材料的分类和应用举例

材料分类			应用举例或说明
钢	碳素钢	低碳钢（碳的质量分数 $\leq 0.25\%$ ） 中碳钢（碳的质量分数 $> 0.25\% \sim 0.60\%$ ） 高碳钢（碳的质量分数 $> 0.60\%$ ）	铆钉、螺钉、连杆、渗碳零件等 齿轮、轴、蜗杆、丝杠、联接件等 弹簧、工具、模具等
	合金钢	低合金钢（合金元素总的质量分数 $\leq 5\%$ ） 中合金钢（合金元素总的质量分数 $> 5\% \sim 10\%$ ） 高合金钢（合金元素总的质量分数 $> 10\%$ ）	用于较重要的钢结构和构件、渗碳零件、压力容器等 用飞机构件、热锻锻模具、冲头等 航空工业蜂窝结构、液体火箭壳体、核动力装置、弹簧等
铸钢	一般铸钢	普通碳素铸钢 低合金铸钢	机座、箱壳、阀体、曲轴、大齿轮、棘轮等 容器、水轮机叶片、水压机工作缸、齿轮、曲轴等
	特殊用途铸钢		分别用于耐蚀、耐热、无磁、电工零件、水轮机叶片、模具等

续表 2-1

材 料 分 类			应 用 举 例 或 说 明
铸 铁	灰铸铁 (HT)	低牌号 (HT100、HT150)	对力学性能无一定要求的零件, 如盖、底座、手轮、机床床身等
		高牌号 (HT200~400)	承受中等静载荷的零件, 如机身、底座、泵壳、法兰、齿轮、联轴器、飞轮、带轮等
	可锻铸铁	铁素体型 (KTH)	承受低、中、高动载荷和静载荷的零件, 如差速器壳、犁刀、扳手、支座、弯头等
		珠光体型 (KTZ)	要求强度和耐磨性较高的零件, 如曲轴、凸轮轴、齿轮、活塞环、轴套、犁刀等
铜 合 金	球墨铸铁 (QT)		和可锻铸铁基本相同
	特殊性能铸铁		分别用于耐热、耐蚀、耐磨等场合
	铸造铜合金	铸造黄铜	分别用于轴瓦、衬套、阀体、船舶零件、耐蚀零件、管接头等
		铸造青铜	分别用于轴瓦、蜗轮、丝杠螺母、叶轮、管配件等
轴 承 合 金	变形铜合金	黄铜	分别用于管、销、铆钉、螺母、垫圈、小弹簧、电器零件、耐蚀零件、减摩零件等
		青铜	分别用于弹簧、轴瓦、蜗轮、螺母、耐磨零件等
	锡基轴承合金		用于轴承衬, 其摩擦因数低, 减摩性、抗烧蚀性、磨合性、耐蚀性、韧性、导热性均良好
	铅基轴承合金 (ZChPbSb)		用于轴承衬, 其摩擦因数低, 减摩性、抗烧蚀性、磨合性、导热性均良好, 但强度、韧性和耐蚀性稍差, 而价格较低
塑 料	热塑性塑料 (如聚乙烯、有机玻璃、尼龙等) 热固性塑料 (如酚醛塑料、氨基塑料等)		用于一般结构零件、减摩件、耐磨零件、传动件、耐腐蚀件、绝缘件、密封件、透明件等
橡 胶	通用橡胶 特种橡胶		用于密封件、减振件、防振件、传动带、运输带和软管、绝缘材料、轮胎、胶辊、化工衬里等

表 2-2 常用钢铁材料的牌号及力学性能

材 料		力 学 性 能			试件尺寸 /mm
类 别	牌 号	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	断后伸长率 δ (%)	
碳素结构钢	Q215	335~410	215	31	$d \leq 16$
	Q235	375~460	235	26	
	Q275	490~610	275	20	
优质碳素结构钢	20	410	245	25	$d \leq 25$
	35	530	315	20	$d \leq 25$
	45	600	355	16	$d \leq 25$
	65Mn	981	785	8	$d \leq 80$
合金结构钢	35SiMn	883	735	15	$d \leq 25$
	40Cr	981	785	9	$d \leq 25$
	20CrMnTi	1079	834	10	$d \leq 15$
铸钢	ZG270-500	500	270	18	$d \leq 100$
	ZG310-570	570	310	15	
灰铸铁	HT150	145	—	—	壁厚 10~20
	HT200	195	—	—	
	HT250	240	—	—	
球墨铸铁	QT400-15	400	250	15	壁厚 30~200
	QT500-7	500	320	7	
	QT600-3	600	370	3	