

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

机械设计基础

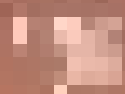
杨红涛 主编



Jixie Sheji Jichu

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press



中华人民共和国教育部推荐教材

机械设计基础

第2版



机械工业出版社

中国标准出版社

中国标准出版社

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

机械设计基础

主 编 杨红涛

副主编 唐 伟 宋巨玲 侯全风

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书主要包括机械设计基本概念;摩擦、磨损和润滑;平面机构运动简图和自由度;常用机构(平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等)的工作原理、结构组成及设计方法;常见的机械传动(带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动等)的工作原理、标准规范和设计计算方法;轴系零部件(轴、轴承、联轴器和离合器等)的工作原理、组合设计和选用计算方法;常用联接(包括键、销和螺纹联接)和弹性联接(弹簧)的工作原理、标准规范和计算方法。

本书可作为成人高校、高职高专等院校机械类各专业和近机类相关专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/杨红涛主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2007. 11

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 81107 - 792 - 6

I. 机… II. 杨… III. 机械设计—高等学校:技术学校—
教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 169064 号

书 名 机械设计基础

主 编 杨红涛

责任编辑 杨传良 耿东锋

责任校对 徐 玮

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 21.5 字数 534 千字

版次印次 2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

定 价 29.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主 任:李增全

副 主 任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委 员:(按姓氏笔画为序)

牛耀宏 王廷弼 王自学 王宪军

王春阁 石 兴 刘卫国 刘景山

张 军 张 浩 张贵金 李玉文

李兴业 李式范 李学忠 李维安

杜俊林 陈润叶 周智仁 荆双喜

贺丰年 郝巨才 唐又驰 高丽玲

彭志刚

秘 书 长:王廷弼 李式范

副秘书长:耿东锋 孙建波

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 煤矿开采技术专业编审委员会成员名单

主 任:胡卫民

副主任:李学忠 杜俊林 张吉春

委 员:(按姓氏笔画为序)

吕建青 张占斌 张 浩 张登明

李德忠 杨红涛 胡海峰 赵济荣

姬 婧 贾琇明 曾 旗 蒋金泉

漆旺生

前 言

本教材由中国煤炭教育协会和中国矿业大学出版社共同组织编写,是全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材之一。

高等专科教育和高等职业技术教育是高等教育的重要组成部分,其目标是培养生产、服务、技术和管理第一线的高级应用型人才,教育以技术应用为本位,建立以职业能力为中心的教学体系。遵照高等专科教育和高等职业技术教育的教学特色和教学开发精神,本教材本着“突出技能,重在实用,淡化理论,够用为度”的指导思想,在编写时注重以下几个方面:

1. 精选教学内容,把握理论深度,以必需够用为度,强调基本概念,删减不必要的公式推导。

2. 从机械设计整体出发,将机械原理与机械零件相关内容融为一体;体现新理论、新技术、新方法、新工艺、新材料,保证教材的先进性和科学性。

3. 本教材采用了最新国家标准、规范、数据和资料,采用了最新的设计计算方法和实用图例。

4. 带“*”标记的部分为选学内容,可根据需要酌情取舍。

5. 本教材内容较为全面,不同专业可根据具体情况酌情取舍。

本教材由宁夏工业职业学院杨红涛主编,负责统稿和定稿。编写分工如下:第一、二、三、七、十七章由西安科技大学唐伟编写;第四、五、六章由黑龙江煤炭职业技术学院宋巨玲编写;第八、十五章由宁夏工业职业学院刘亚君编写;第九、十章由抚顺矿务局工学院关发满和宁夏工业职业学院杨红涛编写;第十一、十二章由阳泉煤业集团职工大学尚保元和宁夏工业职业学院杨红涛编写;第十三、十四、十五章由阳泉煤业集团侯全风编写。

本书在编写过程中参考了大量的书籍文献,在此对作者一并表示感谢。

由于作者水平所限,书中难免欠妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007年9月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 机械及其组成部分	1
第二节 本课程的内容、性质和任务	2
第三节 机械设计的基本要求和一般过程	3
本章小结	4
习题	4
第二章 摩擦、磨损、润滑和密封	5
第一节 摩擦和磨损	5
第二节 润滑	9
第三节 机械装置的密封	21
本章小结	26
习题	26
第三章 平面机构的运动简图和自由度	28
第一节 运动副及其分类	28
第二节 平面机构运动简图	30
第三节 平面机构的自由度	34
本章小结	38
习题	38
第四章 平面连杆机构	41
第一节 概述	41
第二节 铰链四杆机构的基本类型及其应用	42
第三节 铰链四杆机构的演化	45
第四节 铰链四杆机构有曲柄的条件	52
第五节 平面四杆机构的基本特征	54
第六节 平面四杆机构的设计	58
本章小结	63
习题	63
第五章 凸轮机构	66
第一节 凸轮机构的类型和应用	66

第二节 从动件的常用运动规律	69
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	75
第四节 凸轮机构设计中的几个问题	79
第五节 凸轮机构的结构和材料	83
本章小结	84
习题	84
第六章 其他常用机构	86
第一节 间歇运动机构	86
第二节 螺旋机构	97
本章小结	100
习题	101
第七章 轮系	102
第一节 轮系的分类	102
第二节 定轴轮系传动比的计算	103
第三节 周转轮系传动比的计算	105
第四节 混合轮系传动比的计算	108
第五节 轮系的功用	109
本章小结	111
习题	111
第八章 联接	114
第一节 键联接	114
第二节 销联接和其他联接	119
第三节 螺纹联接	123
第四节 铆接、焊接和胶接	143
本章小结	145
习题	145
第九章 带传动	147
第一节 带传动的工作原理和应用	147
第二节 带传动的受力分析和应力分析	150
第三节 带传动的弹性滑动与失效形式	152
第四节 普通 V 带传动的设计计算	153
第五节 V 带带轮结构设计	160
第六节 V 带传动的张紧和保护	164
本章小结	165
习题	166

第十章 链传动	167
第一节 链传动的特点和组件结构与参数.....	167
第二节 链传动的运动和受力情况分析.....	171
第三节 链传动的设计计算.....	173
第四节 链传动的布置、张紧和润滑	180
本章小结.....	182
习题.....	182
第十一章 齿轮传动	183
第一节 概述.....	183
第二节 齿廓啮合基本定律与渐开线齿廓.....	185
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和尺寸.....	189
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动.....	192
第五节 渐开线齿廓的切齿原理及根切问题.....	196
第六节 变位齿轮传动	200
第七节 斜齿圆柱齿轮传动.....	203
第八节 圆锥齿轮传动.....	206
第九节 齿轮传动设计.....	209
第十节 齿轮结构与齿轮传动的润滑.....	226
第十一节 圆弧齿轮传动简介	228
本章小结.....	229
习题.....	230
第十二章 蜗杆传动	232
第一节 蜗杆传动的特点和应用.....	232
第二节 蜗杆传动的基本参数和几何尺寸.....	234
第三节 蜗杆传动的相对滑动速度、效率和润滑	238
第四节 蜗杆传动的强度计算.....	240
第五节 蜗杆传动的热平衡计算.....	242
第六节 蜗杆和蜗轮的结构.....	243
本章小结.....	246
习题.....	246
第十三章 轴	248
第一节 轴的功用类型.....	248
第二节 轴的材料及其选择.....	250
第三节 轴的结构设计.....	251
第四节 轴的强度计算.....	256
第五节 轴的设计举例.....	259

第六节 轴的刚度计算.....	262
本章小结.....	264
习题.....	264
第十四章 轴承	266
第一节 轴承的功用和类型.....	266
第二节 滑动轴承的摩擦状态和失效形式.....	266
第三节 滑动轴承的结构形式.....	267
第四节 滑动轴承材料和轴瓦结构.....	270
第五节 滑动轴承的润滑.....	273
第六节 非液体摩擦滑动轴承的计算.....	273
第七节 滚动轴承的构造、类型和特点.....	275
第八节 滚动轴承的代号及类型选择.....	278
第九节 滚动轴承的计算.....	283
第十节 滚动轴承的组合设计.....	291
第十一节 滚动轴承的润滑与密封.....	296
本章小结.....	299
习题.....	300
第十五章 联轴器、离合器和制动器	302
第一节 联轴器.....	302
第二节 离合器.....	306
第三节 制动器.....	308
本章小结.....	310
习题.....	310
第十六章 弹簧	312
第一节 概述.....	312
第二节 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的计算.....	315
本章小结.....	321
习题.....	321
第十七章 减速器和变速器	322
第一节 减速器.....	322
第二节 变速器.....	328
本章小结.....	330
习题.....	330
主要参考文献	331

第一章 绪 论

第一节 机械及其组成部分

人类通过长期的生产实践创造了机器,并使其不断发展形成当今多种多样的类型。机器是减轻或代替人类劳动、提高生产效率的重要辅助工具,设计和使用机器的程度是衡量一个国家工业发展水平的重要标志。

本课程名为“机械设计基础”,顾名思义,其研究的对象是机械,而研究的内容则是机械设计的基本理论问题,包括常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本的设计理论和计算方法。

机械这个名词,我们是很熟悉的,它是机器和机构的总称。所谓机器,是根据某种使用要求而设计的一种执行机械运动的装置,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,金属切削机床用来变换物料的形状,起重运输机械用来传递物料,计算机用来变换信息等。其中,凡将其他形式能量变换为机械能的机器称为原动机,如内燃机、电动机等;凡利用机械能去变换或传递能量、物料、信息的机器称为工作机,如上面提到的起重机、计算机等。

图 1-1 所示为单缸四冲程内燃机,它是由气缸 11、活塞 10、连杆 3、曲轴 4、凸轮轴 7、阀门推杆 8 和 9、齿轮 1 和 18 等组成。燃气推动活塞作往复移动,经连杆转变为曲轴的连续运动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。为了保证曲轴每转两周进、排气阀各关闭一次,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,各构件协调地动作,进、排气阀有规律地启闭,加上汽化、点火等装置的配合,就能把热能转换为曲轴回转的机械能。

从以上内燃机的例子可以看出,机器的主体部分是由许多运动构件组成的。用来传递

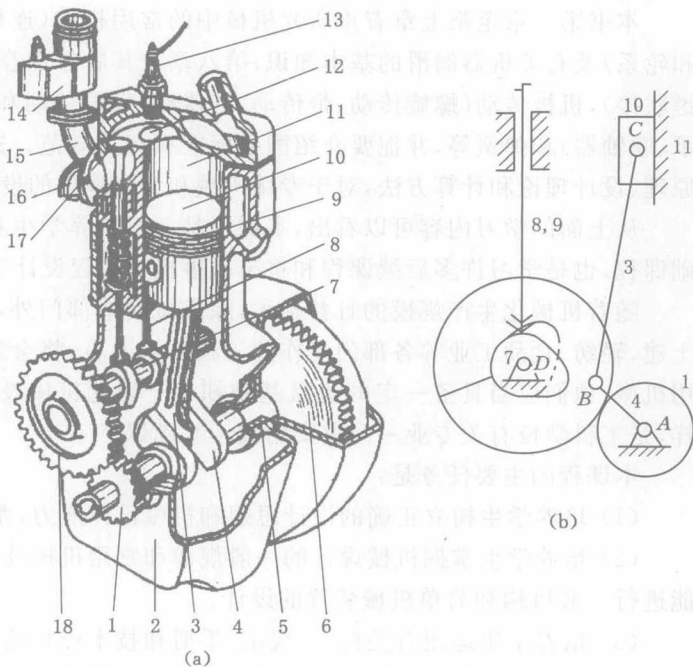


图 1-1 内燃机

运动和力的、有一个构件为机架的、用构件间能够相对运动的联接方式组成的构件系统称为机构。在一般情况下,为了传递运动和力,机构各构件间应具有确定的相对运动。在图 1-1 所示的内燃机中,活塞、连杆、曲轴和气缸体组成一个曲柄滑块机构,可将活塞的往复运动变为曲柄的连续转动。凸轮、顶杆和气缸体组成凸轮机构,将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的间歇移动。曲轴和凸轮轴上的齿轮与气缸体组成齿轮机构,使两轴保持一定的速比。所以可以说,机器乃是一种可以用来变换或传递能量、物料与信息的机构的组合。

构件是运动的单元,它可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 1-2 所示内燃机的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 以及螺母 3 等几个零件组成的。这些零件之间没有相对运动,它们构成一个运动单元,成为一个构件。零件是制造的单元。机械中的零件可以分为两类:一类称为通用零件,在各种机械中都能遇到,如齿轮、螺钉、轴、弹簧等;另一类称为专用零件,只出现于某些机械之中,如汽轮机的叶片、内燃机的活塞等。

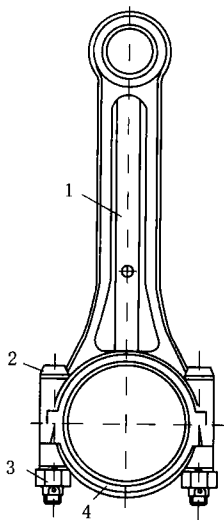


图 1-2 连杆

第二节 本课程的内容、性质和任务

本课程主要研究机械设计的基本理论和相关专业技术知识,包括常用的传动机构,联接零件,机械传动、轴系零部件的工作原理、特点和应用,以及具体的设计方法和选用原则。本课程讨论的具体内容有以下几个方面:

本书第一章至第七章着重研究机械中的常用机构(连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构和轮系)及有关机器润滑的基本知识;第八章及其后各章着重研究常用的联接(如螺纹联接、键联接),机械传动(螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动和蜗杆传动),轴系零、部件(轴、轴承、联轴器)和弹簧等,并扼要介绍国家标准和有关规范。这些常用机构和通用零件的工作原理、设计理论和计算方法,对于专用机械和专用零件的设计也具有一定的指导意义。

从上面的学习内容可以看出,本课程是一门培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程,也是学习许多后续课程和将来从事机械工程设计工作的知识基础。

随着机械化生产规模的日益扩大,除机械制造部门外,在动力、采矿、冶金、石油、化工、土建、轻纺、食品工业等各部门工作的工程技术人员,将会经常接触到各种类型的通用和专用机械,他们应当具备一定的机械基础知识。因此机械设计基础如同机械制图、电工学一样,是工科学校有关专业一门重要的技术基础课。

本课程的主要任务是:

- (1) 培养学生树立正确的设计思想和机械设计能力,尤其是创新设计能力。
- (2) 培养学生掌握机械设计的一般规律和常用机构及通用零件的设计原理、方法,使之能进行一般机构和简单机械装置的设计。
- (3) 培养学生运用有关标准、规范、手册和技术资料的能力。
- (4) 使学生掌握一些机械设计的实验方法和技能。
- (5) 使学生对机械设计的发展趋势和方向有一定了解。

第三节 机械设计的基本要求和一般过程

一、机械设计的基本要求

机械产品的设计阶段是决定其各项性能指标高低优劣的关键。机械产品的结构、性能、质量、成本、交货时间、可制造性、可维修性以及人机环境关系等,原则上都是在设计阶段确定的。尽管机械产品的类型很多,但其设计的基本要求都大体相同,主要有以下几个方面。

1. 使用要求

使用要求是对机械产品的首要要求。机械产品必须满足用户对所需要的功能的要求,这是机械设计最基本的出发点。

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

所设计的机械产品应在设计、制造和使用的全过程中都有低的成本,即体现为产品的成本低、效率高、耗能少、维修简便、管理费用低等方面。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保护法规的要求。

4. 其他特殊要求

有些机械产品由于工作环境和要求的不同,对设计提出了某些特殊要求。例如,对航空飞行器有飞行阻力小和运载能力大的要求;对机床有长期保持精度的要求;对食品机械、纺织机械则有不得污染产品的要求等。

二、机械设计的一般过程

机械产品的设计类型大致分为开发性设计(应用新原理、新技术对产品进行全新的设计)、适应性设计(根据生产技术和使用部门的要求,对产品的结构和性能进行更新和改造的设计)和变型设计(产品的工作原理和功能结构不变,为了适应工艺条件和使用要求,改变产品的具体参数或结构的设计)。显然,设计类型的不同以及机械产品本身类型的不同,都会影响到设计的繁简程度和设计重点所在。机械产品的设计一般都要经过以下几个阶段。

1. 计划阶段

在计划阶段,应组织有关人员要对要设计的机械产品的需求情况做充分的调研和分析,进一步明确产品应具备的功能、经济价值、加工时限要求和对环境的影响情况等,经过论证,编制设计任务书。设计任务书中应明确规定机械产品的功能、经济性、环保要求、制造要求、基本使用要求以及完成设计任务的预计期限等。

2. 方案设计阶段

根据设计任务书,经过充分的调查研究和必要的试验分析,提出若干个可行的设计方案。经过对方案的对比分析和评价,确定最佳设计方案。方案设计要提出机械产品的原理图和机构运动简图,它是下一步设计工作的基础,对整个设计的成败起关键作用。

3. 技术设计阶段

设计方案确定之后,就要进行运动学设计、动力学设计、结构设计和主要零部件的工作能力(强度、刚度、振动稳定性、寿命等)设计等技术设计工作,完成装配图、零件工作图的绘制,编写出设计计算说明书等技术文件。

4. 施工设计阶段

用技术设计阶段提供的图样等技术文件试制样机,进行样机的有关试验,根据样机存在的问题,对原设计方案进行修改完善。

5. 生产设计阶段

根据修改后的设计图样和其他技术文件,进行工艺流程和工艺设备的设计,完成生产准备。

6. 投产和售后服务

组织生产合格产品,投放市场,完善售后服务工作,并通过售后服务,发现用户在使用产品过程中出现的问题和市场变化情况,为产品的改进和更新设计提供依据。

应当注意,在机械设计过程中,各个阶段的工作会不断出现交叉和反复,极少出现一次就能依次进行到底的情况,这是机械设计中经常遇到的正常情况。

设计人员要富有创造精神,要从实际情况出发,要调查研究,要广泛吸取用户和工艺人员的意见,在设计、加工、安装和调试过程中及时发现问题,反复修改,以期取得最佳的成果,并从中累积设计经验。

本章小结

1. 主要内容:机器的组成及概念;机器和机械零件设计的基本要求及一般设计过程;本课程的性质、内容及学习任务等。

2. 重点和难点:机器、机构、构件和零件等概念。

3. 基本要求:掌握机器、机构、构件和零件等几个概念的含义;了解本课程的研究对象、主要内容和学习任务。

习 题

1-1 对具有下述功用的机器各举出两个实例:(1)原动机;(2)将机械能变换为其他形式能量的机器;(3)变换物料的机器;(4)变换或传递信息的机器;(5)传递物料的机器;(6)传递机械能的机器。

1-2 指出缝纫机中若干专用零件和通用零件。

第二章 摩擦、磨损、润滑和密封

第一节 摩擦和磨损

在压力作用下相互接触的两个物体,在受到切向外力的作用而发生相对运动或有相对运动趋势时,接触面上就会产生抵抗运动的阻力,这一现象称为摩擦,产生的阻力叫做摩擦力。摩擦引起发热、温度升高和能量损耗,同时导致接触表面物质的移失或转移,即造成接触表面的磨损。磨损将使零件的表面形状和尺寸遭到缓慢而连续的破坏,使机械的效率及可靠性逐渐降低,直至丧失原有的工作性能,甚至导致零件突然破坏。磨损是机械零件失效的主要原因之一。为了控制摩擦、减少磨损、减少能量损耗、保证零件及机械工作的可靠性,通常将润滑剂施加于作相对运动的接触表面之间,这就是润滑。为防止润滑剂泄漏并阻止外部杂质、灰尘、空气和水分等的侵入,在润滑系统中需设置密封装置,密封可以大量节约润滑剂,保证机械正常工作,还可以防止因润滑剂泄漏而产生污染,改善工作环境。

据估计,目前世界上工业方面大约有三分之一到一半的能源以各种方式最终消耗于摩擦,机械零件的损坏约有 80% 是由各种形式的磨损引起的。因此,控制摩擦、减少磨损、改善润滑,已成为节约能源和原材料、提高机械零件及整机使用寿命的重要措施。研究有关摩擦、磨损及润滑的科学和技术统称为摩擦学。

在摩擦情况下工作的零件,主要有两类:一类要求摩擦阻力小、功耗少,如滑动轴承等动联接、啮合传动;一类要求摩擦阻力大,利用摩擦传递动力(如带传动、摩擦无级变速器、摩擦离合器)、制动(如摩擦制动器)或吸收能量起缓冲阻尼作用(如环形弹簧、多板弹簧)。前一类零件要求用减摩材料制造,如滑动轴承材料;后一类零件要求用耐磨材料制造,如摩擦面材料。

一、摩擦

摩擦分内摩擦和外摩擦两大类。发生在物质内部阻碍分子间相对运动的摩擦称为内摩擦。相互接触的两个物体作相对运动或有相对运动趋势时,在接触表面上产生的阻碍相对运动的摩擦称为外摩擦。仅有相对运动趋势时的摩擦称为静摩擦,相对运动时的摩擦称为动摩擦。按摩擦性质的不同,动摩擦又分滑动摩擦和滚动摩擦,两者的机理和规律完全不同。本书仅讨论滑动摩擦。

根据摩擦面间摩擦状态,即润滑油量和油层厚度大小的不同,滑动摩擦又分为干摩擦、边界摩擦、流体摩擦和混合摩擦,如图 2-1 所示。

干摩擦是指两摩擦表面间无任何润滑剂或保护膜而直接接触的表面间的摩擦。真正的干摩擦只有在真空中才能见到,工程实际中并不存在。因为任何零件表面不仅会因氧化而形成氧化膜,而且或多或少会被含有润滑剂分子的气体所湿润或受到“污染”而附有脏污膜。机械设计中通常把未经人为润滑的摩擦状态当做干摩擦(见图 2-1(a))。干摩擦的摩擦性质

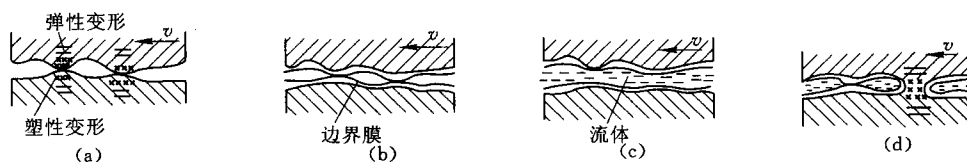


图 2-1 摩擦状态

(a) 干摩擦; (b) 边界摩擦; (c) 流体摩擦; (d) 混合摩擦

取决于配对材料的性质,其摩擦阻力和摩擦功耗最大,磨损最严重,应尽可能避免。摩擦表面被吸附在表面的边界膜隔开,摩擦性质取决于边界膜和表面的吸附性能时的摩擦称为边界摩擦(见图 2-1(b))。

两摩擦表面被流体层(液体或气体)隔开,摩擦性质取决于流体内部分子间的粘性阻力的摩擦称为流体摩擦(见图 2-1(c))。流体摩擦的摩擦阻力最小,理论上没有磨损,零件使用寿命最长,是一种最为理想的摩擦状态。

摩擦状态处于边界摩擦和流体摩擦的混合状态时的摩擦称为混合摩擦(见图 2-1(d))。

二、磨损

1. 磨损过程

磨损改变零件的尺寸和形状,降低零件工作的可靠性和机械的效率,甚至导致机械报废,因此,机械设计时应考虑如何避免或减缓磨损,以保证零件和机械达到预期的寿命。磨损量可用体积、质量或厚度来衡量,通常把单位时间内材料的磨损量称为磨损率,用 ϵ 表示。磨损率是研究磨损的重要参数。耐磨性是指磨损过程中材料抵抗脱落的能力,通常用磨损率的倒数 $1/\epsilon$ 表示。

在一定的摩擦条件下,磨损过程可分为跑合磨损、稳定磨损和剧烈磨损三个阶段,如图 2-2 所示。

(1) 跑合磨损阶段(初期磨损阶段)。新的摩擦副表面较粗糙,真实接触面积较小,压强较大,在开始的较短时间内磨损量大。经跑合后,表面凸峰高度降低,接触面积增大,磨损速度减缓并趋向稳定。实践证明,初期跑合是一种有益的磨损,可利用它来改善表面性能,提高使用寿命。

(2) 稳定磨损阶段(正常磨损阶段)。表面经跑合后,磨损速度缓慢,处于稳定状态。

(3) 剧烈磨损阶段(耗损磨损阶段)。经过较长时间的稳定磨损后,磨损速度急剧增加,磨损量增大,机械效率下降,表面温度迅速升高,精度丧失,产生异常的噪声和振动,最后导致零件失效。

上述三个阶段实际上并无明显的界限,若不经跑合,或压力过大、速度过高、润滑不良等,则很快进入剧烈磨损阶段,如图 2-2 中虚线所示。为了提高机械零件的使用寿命,应力求缩短跑合磨损阶段,尽量延长稳定磨损阶段,推迟剧烈磨损阶段的到来。

2. 磨损的基本类型

按磨损的机理不同,通常分为粘着磨损、磨料磨损、接触疲劳磨损和腐蚀磨损四种基本类型。

(1) 粘着磨损