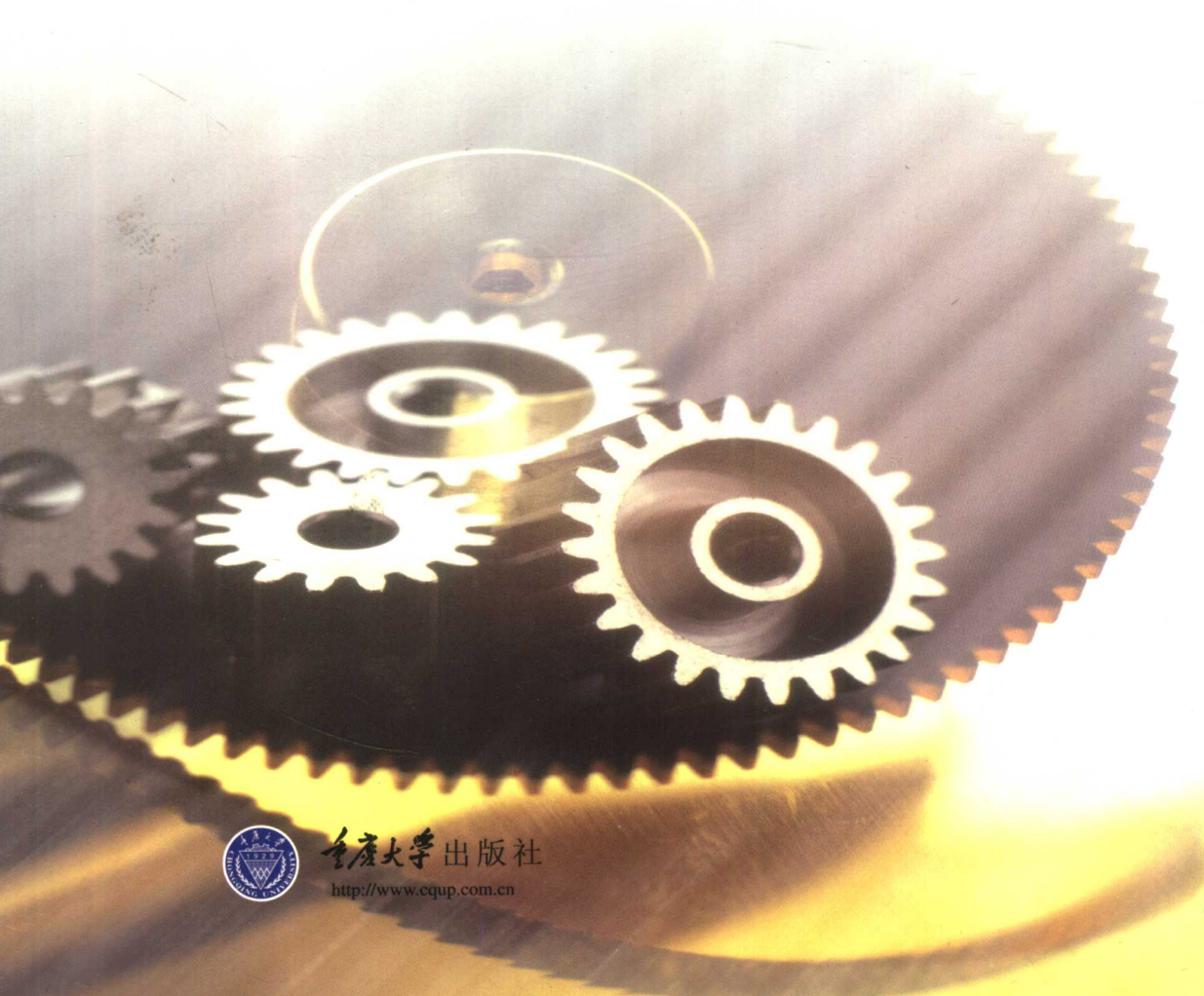




中等职业学校数控专业教学用书

机械设计基础

主编 石 坚 副主编 唐守均 参编 庞立军 王 英



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

机械设计基础

主 编 石 坚
副主编 唐守均
参 编 庞立军 王 英

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书将《机械工程力学》、《机械基础设计》和《机械工程材料》合并为一门课程。将课程按模块式布局,以机械设计基础为主体,以工程力学为基础,辅助以机械工程材料,既减少教学内容的重复交叉,将各知识点有机地衔接起来,同时又为不同专业方向和要求的学习者提供了可供选择的学习内容。

全书分机械设计的基本知识、力学知识、机械工程材料及常用机构与常用机械零件4篇,各章配有一定数量的习题供学习时选用。其中,力学知识部分重点讲授静力学、构件在拉、压、弯、扭、剪等典型变形下的力学性能及强度校核的基本知识;机械工程材料部分主要介绍钢的热处理常识和常用的工程材料;常用机构与常用机械零件部分突出机构原理、运动分析、机械零件的结构要素、工艺要素、零件的强度概念等。

本课程参考学时数为120学时。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/石坚主编. —重庆:重庆大学出版社,
2006.7

(中等职业教育数控技术应用系列教材)

ISBN 7-5624-3638-X

I. 机... II. 石... III. 机械设计—专业学校—教
材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 042730 号

机械设计基础

主 编 石 坚

副主编 唐守均

参 编 庞立军 王 英

责任编辑:李定群 彭 宁 版式设计:彭 宁

责任校对:方 正 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆联谊印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:399千

2006年7月第1版 2006年7月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-3638-X 定价:19.50元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书遵循“应用为目的”、“必须、够用为度”、“少而精、浅而广”的原则,力求把握职业教育的方向和培养目标,贯彻以提高学生的动手能力、适应能力,着重操作技能训练的精神,其理论课程的设置及内容,按照适应操作技能培训和今后继续进修提高本职工作能力需要来安排。体现了以应用知识为主,突出针对性、实践性和实用性的原则。

本书以定性分析为主,密切联系生产实际,按照理论与实际相统一的原则,从易于学生理解的生产实例中提出问题,引出概念和规律,并指出这些概念和规律解决问题的途径。力求内容浅显通俗,图文并茂,注重应用。

本书的编者有多年从事中等职业教育的经验。参加本书编写的有石坚(第2章、第3章、第7章),唐守均(第8章、第10章、第11章),庞立军(第1章、第4章、第9章),王英(第5章、第6章)。全书由石坚主编,负责全书的统稿。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请广大专家和读者批评指正。

编 者

2006年2月

目 录

第 1 篇 机械设计的基础知识

第 1 章 机械设计概述	2
1.1 机械设计的内容	2
1.2 机械的摩擦与磨损	6
习题 1	8

第 2 篇 力学知识

第 2 章 静力学基本知识	10
2.1 力的基本性质	10
2.2 约束和约束力	12
2.3 受力图	15
习题 2	18
第 3 章 平面力系	22
3.1 力矩和力偶力的投影	22
3.2 平面力系	26
3.3 摩擦	32
习题 3	35
第 4 章 机械零件的基本变形	38
4.1 轴向拉伸和压缩	39
4.2 构件剪切与挤压时的强度计算	44
4.3 圆轴的扭转	48

4.4 直梁的平面弯曲	53
4.5 组合变形简介	65
4.6 影响强度的其他因素	66
习题4	68

第3篇 机械工程材料

第5章 常用金属材料	74
5.1 金属材料的性能	74
5.2 金属材料热处理常识	80
5.3 常用金属材料的介绍	86
5.4 拉伸与压缩实验	97
5.5 硬度试验	101
习题5	104

第4篇 常用机构与常用机械零件

第6章 常用机构	108
6.1 机构的组成及其运动	108
6.2 平面连杆机构	111
6.3 凸轮机构	118
6.4 间歇运动机构简介	124
习题6	126
第7章 带传动与链传动	128
7.1 带传动的类型、特点和选用	129
7.2 V带传动的设计	134
7.3 带传动的张紧、安装与维护	136
7.4 链传动的特点及选用	138
习题7	142
第8章 齿轮传动	143
8.1 齿轮传动的特点和类型	143
8.2 常见的齿轮传动简介	145
8.3 齿轮的加工	157
8.4 齿轮的失效形式与齿轮传动的设计准则	160

8.5 齿轮的结构	163
8.6 齿轮传动的润滑	165
8.7 齿轮传动比的计算	166
实验1 齿轮展成原理实验	169
实验2 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定	172
习题8	174
第9章 螺旋传动	177
9.1 螺旋传动的类型、特点和应用	177
9.2 滚动螺旋传动	179
习题9	182
第10章 轴与轴承	183
10.1 轴的分类	183
10.2 轴的结构	184
10.3 轴承的分类与工作特点	189
10.4 滑动轴承	189
10.5 滚动轴承	193
10.6 轴承的选用	205
习题10	207
第11章 联接	209
11.1 螺纹	209
11.2 键与销	217
11.3 联轴器与离合器	222
习题11	232
附录	234
实验1 低碳钢、铸铁的拉伸与压缩实验	234
实验2 硬度测定	236
实验3 平面机构运动简图的测绘	237
实验4 渐开线齿廓的展成	239
实验5 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定	241
参考文献	243

第 1 篇

机械设计的基础知识

第1章 机械设计概述

在中学学习了普通文化课的基础上,为了更好地掌握专业技术技能,学好专业理论知识,我们将进一步学习一些技术基础课程,机械设计基础便是其中之一。通过本章的学习,大家对本课程有一个概要的了解,并掌握本课程的一些基本概念。

1.1 机械设计的内容

古往今来,机械在人类社会发展的进程中,发挥了非常重要的推动作用,指南车(见图1.1)、脚踏水车(见图1.2)、水排(见图1.3)、内燃机(见图1.4)等机械设备的使用,充分体现了机械的演进过程。

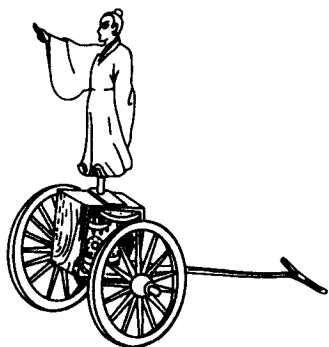


图 1.1 指南车



图 1.2 脚踏水车

(1) 本课程研究的对象

本课程研究的对象是机械。机械是机器和机构的总称。

机械是人类在长期的生产实践活动中,为满足生活需要而创造出来的劳动工具。现实生活中,大量、广泛地使用了各种各样的机械。机器的制造和使用,标志着一个国家的技术水平和现代化的发达程度,它是国家工业的基础。无论人们的衣食住行,还是能源、材料及信息等工程领域的发展,都离不开机械。我国人民在各个历史年代,在机械领域都对世界做出了突出贡献。

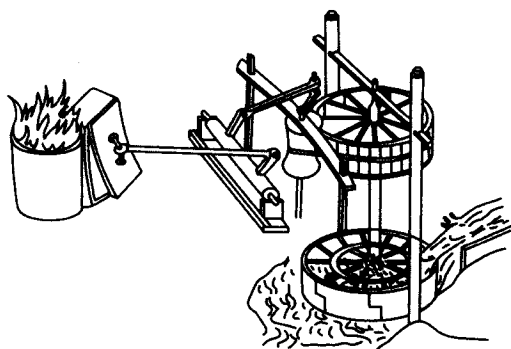


图 1.3 水排

1) 机器的概念

机器是执行机械运动和信息转换的装置,如机床、内燃机等。各类机器虽然结构不同,用途各异,但又有共性。

如图 1.4 所示的单缸四冲程内燃机,其中,活塞 2、连杆 3、曲轴 4 和缸体 1 组成主体部分,缸内燃烧的气体膨胀,推动活塞下行,通过连杆使得曲轴转动并将动力输出;凸轮轴 6、进排气阀推杆和机架组成进排气控制部分,凸轮轴转动,使得气阀按时启闭,分别控制进气和排气;凸轮轴的齿轮 7、曲轴上的齿轮 8 和机架组成传动部分,曲轴转动,通过齿轮将运动传给凸轮轴。上述 3 部分相互配合,共同保证整体内燃机协调地工作。

机器是人类用于减轻或代替体力劳动和提高劳动生产效率的主要生产工具。它的特征为:机器是人为的实物组合;各组成部分之间有确定的相对运动;能够转换和传递能量、物料及信息,代替和减轻人类的体力劳动。

同时具有上述 3 个特征的机械称为机器。

2) 机构的概念

机构只具有机器的前两个特征,只是完成传递运动、动力或改变运动形式的实物组合,并不能代替人们做功。如减速箱(见图 1.5)等。

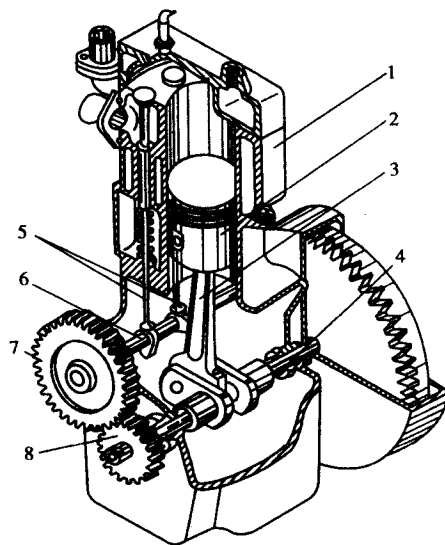


图 1.4 内燃机

1—缸体;2—活塞;3—连杆;4—曲轴;
5—推杆;6—凸轮轴;7,8—齿轮

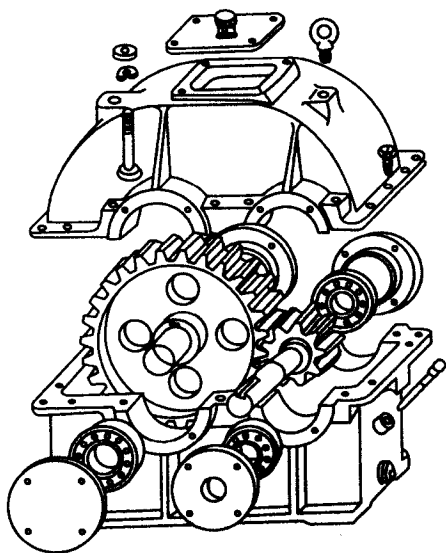


图 1.5 减速箱

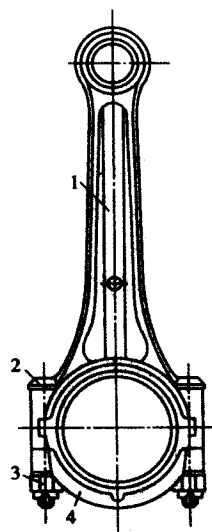


图 1.6 连杆

1—连杆;2—螺栓;3—螺母;4—连杆盖

机器是由机构组成的。为了便于研究机器的工作原理,分析运动特性和设计新机器,通常又将机器定义为若干机构的组成。大多数机器中都使用的机构,称为常用机构。

机构是由具有确定相对运动的构件组成,从运动角度看,构件是指相互之间能做相对运动的机件,如图 1.6 所示连杆它是机器中的最小运动单元。

从制造角度上看,机器由许许多多的零件组成,零件是指机器中的独立加工机件,是机器中的最小加工单元。大多数机器都要使用的零件,称为通用零件。

一个构件,可能是单一的整体零件,也可能由多个零件组成。

(2) 本课程的主要内容和任务

1) 机械的产生过程

实际应用的机械,其产生过程通常要经历以下几个步骤:

①根据工作要求,用规定的机构运动简图符号勾画出机器和机构的运动简图,并分析构件的运动速度和加速度等情况,通常称为机械的运动设计。

②确定所要设计零件的材料,对金属材料还要考虑其热处理方式。

③根据机器运动设计的简图,对各构件和零、部件进行受力分析,最终确定零件的受力情况。

④根据零件的最大受载和零件可能产生的失效破坏形式,按设计准则确定零件的主要参数。

⑤计算零件的全部几何尺寸,按机械制图标准规范和公差配合要求画出零件工作图。

⑥根据零件的工作图,进行加工制造的工艺设计。

⑦用机床(或数控机床)对零件进行加工制造。

⑧装配及试车。

2) 机械设计的内容

在职业教育的机械类专业中,上述每一步都可演绎为一门课程,如②演绎为“机械工程材料”;③演绎为“工程力学”;⑤演绎为“机械制图”和“公差配合与技术测量”;①演绎为“机械原理”;④演绎为“机械零件”;⑥演绎为“机械制造工艺”。由于本课程是中等职业教育机械类专业的技术基础课,不可能详尽阐述机械形成的全过程,因此,机械设计基础只简要介绍机械设计的一些基础知识。它包含的主要内容有工程力学基础、机械工程材料基础、常用机构与机械传动以及连接与支承部件等学科的知识。

3) 机械设计的任务

①了解使用、维护和管理机械设备的一些基础知识。

②初步掌握机械中的常用机构和通用零件的工作原理、特点、选用及其设计计算方法。

③具有初步设计机械传动和简单机械的能力。

④为后续课程的学习打下必要的基础。

(3) 机械设计的概述

机械设计是根据对机械产品提出的任务,综合应用当代各种先进技术成果,设计出技术上尽可能完善,经济上尽可能合理,使用方便,外形美观,并能集中反映先进生产力的机器;也可能在已有机器的基础上作局部改革,以增大机器的工作能力,优化结构,提高效率,降低能耗等,凡此种种均属机械设计的范畴。下面简述与机械设计有关的几个基本问题:

1) 机械设计应满足的基本要求

虽然各种机器的用途、结构和性能各异,但设计的基本要求大致相同。

①满足使用要求

首先,要满足机器预期的功能要求,如机器工作部分的运动形式、速度、运动精度和平稳性、生产率、需要传递的功率等,以及某些使用上的特殊要求;应具有足够的寿命,在规定的使用期间内要可靠地达到功能要求而不发生各种损坏和失效;应便于操作和维修。

②满足经济要求

经济性是指要求在设计、制造上成本低,生产周期短;在使用上生产效率高,适应范围广;能源和辅助材料消耗少;操作方便以及维护费用低的一个综合指标。

③满足工艺要求

机械的工艺性是指在不影响机械工作性能的前提下,使机器的结构简单、加工容易、装拆维修方便。

④满足其他要求

在机械设计中,应尽可能地采用标准化、系列化及通用化的参数和零部件,以节省设计、制造的费用,降低维修工作量,并有利于保证质量。机器外观造型要美观大方,给人以时代感,安全感。

满足机器的特殊要求,如高温环境中的机器要满足耐高温的要求,巨型机器要考虑吊装和运输的情况,食品机械要满足食品卫生的要求等。

2) 机械零件的失效形式和设计准则

机械零件丧失工作能力或达不到设计要求的性能时,称为失效。失效形式很多,归纳起来,最主要的是由于强度、刚度、耐磨性、温度对工作能力的影响以及振动稳定性、可靠性方面的问题。

①强度

强度是指构件在载荷作用下,抵抗破坏的能力。起吊重物的钢丝绳和吊钩均不允许断裂,齿轮的轮齿不能破损或折断,使之有足够的强度以保证它们能正常工作。构件因强度不够而丧失正常的工作功能,称为强度失效。

②刚度

刚度是指构件在载荷作用下,抵抗变形的能力。轴的变形过大,还会导致轴承不均匀磨损,使其传动精度降低。构件因刚度不足而丧失正常的工作能力,称为刚度失效。

根据机械零件的失效形式分析其失效原因,对不同的失效应有不同的设计准则,这是机械零件设计的基本内容。设计准则是指保证零件在工作期限内不致失效的极限条件。

3) 机械设计的标准化、系列化及通用化

在各种不同类型、不同规格的机器中,有相当多的零部件是相同的,将这些零件的结构、尺寸、材料、参数和性能等指标加以统一规定,称为标准化。根据这一要求按一定的规律优化组合成的产品系列,称为系列化。通用化是指系列之内或跨系列的产品之间尽量采用同一结构和统一尺寸的零件,以减少零件的种类,使制造、管理简化,从而提高经济效益。标准零件和非标准零件都可实行通用化。

机械设计中,若能充分注意零部件的标准化、系列化和通用化,必将带来较好的经济效益。

1.2 机械的摩擦与磨损

摩擦和磨损是自然界中普遍存在的现象。在机器运行时,由于机械零件的摩擦和磨损消耗大量能量,据估计世界上总能源的 $1/3 \sim 1/2$ 消耗在摩擦上;与摩擦相伴而发生的磨损使大量零件失效,据统计有 80% 的零件因磨损而失效。因此,研究摩擦、磨损的机理,采用良好的润滑,对节省能源,延长零件使用寿命,保证机器正常运行,具有重要的意义。

摩擦导致磨损,润滑用以避免和降低摩擦和磨损,因此,将研究摩擦和磨损的学科称为摩擦学。这里仅介绍这方面的一些基本知识。

1.2.1 摩擦和润滑

机械零件的摩擦是指直接接触又有相对运动或相对运动趋势的两物体表面间,阻碍相对运动的现象。组成运动副的各个机械零件,在相互接触表面间都有摩擦。

润滑是指在相对滑动的两物体间加入润滑剂,以润滑剂之间的摩擦代替两物体间的直接摩擦。

大多数摩擦都在一定的润滑条件中实现,因此,以润滑来命名摩擦的类型,则摩擦分为非液体摩擦和液体摩擦两大类。

(1) 非液体摩擦

非液体摩擦可分为:

1) 干摩擦

两接触表面间无润滑剂,金属表面直接接触,所产生的摩擦,这种摩擦磨损严重,所消耗的功转化为大量的热,散热条件差时甚至烧坏金属表面(图 1.7(a))。机器中不允许有干摩擦存在。

2) 边界摩擦

两摩擦表面间有少量润滑剂(如润滑油)吸附在金属表面上,形成极薄的、抵抗力很强的保护膜,称为边界膜。油膜间的摩擦阻力小,且能保护金属表面;但仍有一定的摩擦、磨损发生(图 1.7(b))。边界摩擦又称为边界润滑。

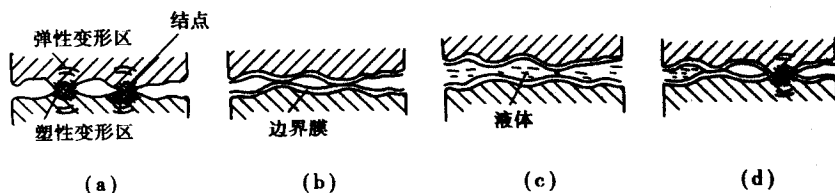


图 1.7 摩擦状态

(2) 液体摩擦

液体摩擦两表面间有足够厚度的压力油液,它将两摩擦表面完全隔开(图 1.7(c))。处于液体润滑状态的金属表面没有摩擦磨损,但油液之间仍有摩擦,不过液体摩擦阻力小,又称液体润滑。

按油液压力产生的方法液体润滑分为:

1) 液体静力润滑 依靠油的静压力将两表面完全分开。

2) 液体动力润滑 依靠动件的运动形成动压力,将动件托起形成液体润滑。

(3) 混合摩擦

实际两表面间的摩擦是复杂的,通常处于各种摩擦共存的混合摩擦。即使在液体动力润滑条件下,在启动和关机阶段仍然是混合摩擦(图 1.7(d))。只有液体静力润滑可实现两表面始终不接触,保证液体润滑。

1.2.2 磨损

金属受摩擦的表面物质不断损失的现象,称为磨损。零件的磨损通常经历 3 个阶段,可用图 1.8 表示磨损过程。跑合磨损阶段,是使用初期两面相适应的过程,这是必要的有益阶段,跑合时应注意逐步加载,跑合后要清洗零件和换油。稳定磨损阶段,磨损率越小寿命越长。剧烈磨损阶段,零件由于经历长期磨损,精度下降,润滑状况恶化,磨损加剧而失效。如果使用初期承载过大,速度过高,润滑不良也会造成早期非正常损坏。

防止磨损引起失效的措施,在于两摩擦表面间要形成保护油膜。

1) 组成运动副的结构要合理,如两表面要形成收敛楔形,油沟、油槽不得破坏高压油区。

2) 满足不破坏油膜,不损坏表面的判定条件,如限制低副零件的压强、滑动速度,以保证油膜不被挤破,表面不擦伤;限制运动副中温度,以保证油膜不因温度过高而脱落。高副零件还需限制接触应力,防止表面在使用期间发生点蚀。

3) 选择合适的材料,要注意成对地选择相配的材料和表面硬度。

4) 选择合适的润滑剂,并坚持保养维修制度。

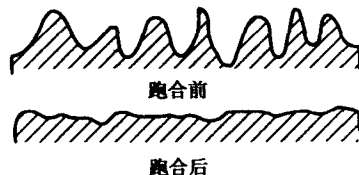
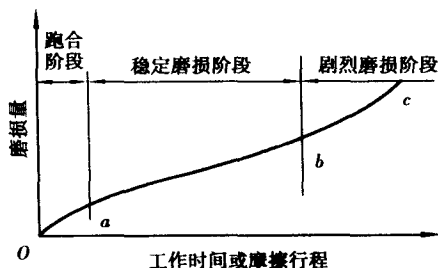


图 1.8 磨损曲线

1.2.3 润滑剂的性能和选择

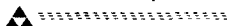
合理选择和使用润滑剂,是保证机器正常运行的重要技术措施。常用的润滑剂主要有润滑油和润滑脂等。

润滑油是在相对滑动表面形成的油膜,能降低摩擦、减少或避免磨损;油液的流动可带走杂质和热量,可起到清洗和散热的作用;油液的粘度可起防振和缓冲作用。因此,良好的润滑可以达到节省能源、延长零件使用寿命、保证机器正常运行的目的。

(1) 润滑油的性能

润滑油的性能指标有粘度、油性和极压性等。

1) 粘度 表征润滑油流动时,油的内部阻力。粘度大内部阻力大,承载后不易被挤出,有



利于油膜的保持,但内部损耗也大。

2)油性 是指油吸附在金属表面形成油膜的能力,油性好,吸附能力强。

3)极压性 是指润滑油中活性分子与金属表面形成化学反应膜的能力。极压性强,油膜化学稳定性好。极压性对低速重载的运动副特别重要。

(2)润滑油的选择

润滑油的选择原则,要涉及以下几个方面:

1)工作载荷 重载应选用粘度高的油,便于形成油膜;对于非液体润滑,应选油性好、极压性好的油。

2)工作速度 高速应选用粘度低的油,以免液体内部摩擦损耗过大和发热严重。

3)工作温度 工作温度与环境温度有关,低温应选粘度小而凝点(限制低温的依据)低的油;高温应选粘度大而闪点(限制高温、防火的依据)高的油;工作温度变化大要选粘度指数大的油。

4)工作性质 工作有冲击和振动,经常变载和启、停等间歇运动,都会损坏油膜,应选粘度大的油。

5)供油方式 采用循环集中润滑、滴油润滑时,应采用粘度小的油;采用飞溅润滑,油中应加抗氧化、抗泡沫的添加剂;采用人工间歇加油,应选粘度较大的油,以免流失过快。

6)润滑部位的结构特点 运动副间隙越小,表面粗糙度值越低,要选粘度小的油;垂直丝杠、开式齿轮和链条上的润滑油容易流失,要选油性好,粘度大的油。

习 题 1

- 1.1 用生产中的实例说明机器所具有的特征。
- 1.2 说明普通自行车和电动自行车的区别。
- 1.3 举例说明构件与零件的区别。
- 1.4 举例说明材料选择和强度计算对零件设计的重要性。
- 1.5 用生产中的实例说明机器中的摩擦和磨损现象。
- 1.6 辨别台虎钳、汽车、机械式手表及车床何为机器,何为机构。

第 2 篇

力学知识

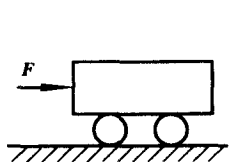
第2章 静力学基本知识

自然界中的物体都受到力的作用,机器中的零部件也不例外。若要设计一个零件,就必须了解它的受力情况,受力有多大。本章将讨论力的基本概念,力的基本性质,力的投影计算,常见的约束及约束反力的画法,以及受力图的绘制,为以后学习力的计算打下基础。

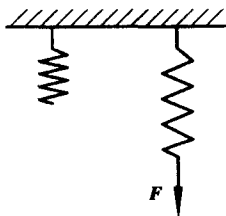
2.1 力的基本性质

2.1.1 力的概念

人们在长期的生产劳动和科学实践中,建立了力的概念。如图 2.1(a) 所示的小车,只有推它,才能使小车由静止开始运动;如图 2.1(b) 所示的弹簧,只有拉它,才能改变其形状而使其伸长。



(a)



(b)

图 2.1 力对物体的作用

(a) 力对小车的作用 (b) 力对弹簧的作用

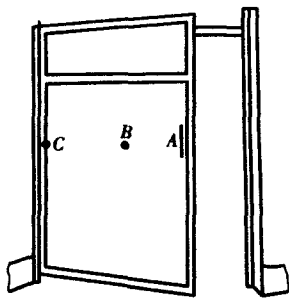


图 2.2 力的三要素

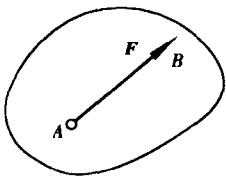


图 2.3 力的图示法

力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体改变运动的状态或产生变形。实践表明,力对物体的作用效果取决于以下 3 个要素:力的大小、方向和作用点。若改变其中的任一个要素都要改变其作用效果。如图 2.2 所示,推门时,若所用的力大小不同,门开或关的效果就不同;若分别在 ABC 3 个位置加力,对门的作用效果也不一样;而改变了力的方向,该开门的时候就会变成关门。

力是矢量,在图上用有向线段来表示,如图 2.3 所示。有向线段的长短表示力的大小,起点或终点表示作用点,箭头表示力的方向。用大写的英文字母来标记力的名称。

在国际单位制中,力的单位是牛顿(N)或千牛顿(kN)。