

煤炭行业应用型本科教育核心教材

Meitan Hangye Yingyongxing Benke Jiaoyu Hexin Jiaocai

Jixie Sheji

机械设计

中国矿业大学应用技术学院组织编写

王洪欣 戴恩辉 戴 宁 编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

煤炭行业应用型本科教育核心教材

机 械 设 计

王洪欣 戴恩辉 戴 宁 编著



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

机械设计是机械类专业的专业基础核心课程,适用于机械工程及自动化、热能与动力工程、机械电子等专业,建议学时为 48 学时。本书是作者在长期的教学与学术研究的基础上,考虑到应用型人才培养的需要而写成的。

本书共分 12 章,主要介绍了机械设计总论,螺纹联接和螺旋传动,轴毂联接,带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动,轴,滚动轴承,滑动轴承,联轴器、离合器和制动器,弹簧等内容。

本书可作为高等院校工科机械类专业本科生学习“机械设计”课程的教材,也可供其他有关专业的教师与工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计 / 王洪欣,戴恩辉,戴宁编著. —徐州:中国矿业大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-5646-1614-4

I. ①机… II. ①王…②戴…③戴… III. ①机械设计—高等学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 198184 号

书 名 机械设计
编 著 王洪欣 戴恩辉 戴 宁
责任编辑 张 岩 钟 诚
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 13 字数 325 千字
版次印次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷
定 价 20.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

机械设计课程的目的是将机械原理课程中的机构、构件与运动副结构化,以便能承受传递的载荷。为此,需要对载荷的大小与变化性质进行分析和计算,需要选择合适的材料并确定其机械性能,需要进行零件的结构设计与强度计算,需要对联接进行力与应力的分析和计算,需要解决减小摩擦、减轻磨损的问题,需要认知与选用标准件等,这些问题成为机械设计研究的主要内容。作为机械类本科专业必修的技术基础课程,本着“掌握基础知识、领会研究方法、理解设计过程、加强综合应用”的理念,本书在编写中有以下主要特点:

1. 明确研究方法,说明有效程度

对机械设计中的具体对象进行研究时,说明研究方法与有效程度,以便理解复杂因素下近似计算的简单性与实用性。

2. 重视分析过程,加强思维训练

对机械设计中的具体对象进行分析时,从问题开始,分析过程相对完整,以便理解解决问题的流程与得出最终结果的道理。

3. 加强综合设计,理解设计过程

从相对完整的机械设计问题中提取被研究对象进行研究,而不是孤立地呈现研究对象再进行具体研究,既加强了综合设计的内容,又表现了问题的整体与局部的关系,为理解设计过程创造了良好的条件,有利于结构设计与分析能力的培育。

本书的内容分为四个方面,第一方面是机械设计总论,包括机械设计的基本问题与基本概念;第二方面是联接件设计,包括螺纹联接和轴毂联接;第三方面是传动件设计,包括带传动、链传动、齿轮传动和蜗轮蜗杆传动;第四方面是轴系零部件及弹簧设计,包括轴、滚动轴承、滑动轴承、联轴器和离合器等。

学习机械设计,要求掌握通用机械零件的受力分析、强度计算依据与尺寸设计方法,具有运用标准、规范、手册和图册等有关技术资料的能力,初步掌握典型机械零件的结构设计与实验方法。

本书第1~5章、第8~12章由王洪欣编写;第6、7章由戴恩辉编写;第2~4章、第8~11章的图形主要由江苏建筑职业技术学院戴宁老师完成。

由于水平有限,不足或错漏之处,敬请同仁和广大读者不吝指正。

编 者

2012年7月

目 录	
1 机械设计总论	1
1.1 机械设计的基本要求及设计程序	1
1.2 机械零件的主要失效形式和计算准则	2
1.3 摩擦、磨损及润滑	4
1.4 液体动压润滑	7
1.5 现代机械设计方法	8
2 螺纹联接和螺旋传动	11
2.1 螺纹	11
2.2 螺纹联接件与联接的类型	13
2.3 螺纹联接的预紧与防松	15
2.4 螺栓组联接的类型与受力分析	17
2.5 螺栓组联接的强度计算	22
2.6 螺纹联接的材料	26
2.7 提高螺栓联接强度的措施	26
2.8 螺旋传动	29
3 轴毂联接	38
3.1 键联接	38
3.2 花键联接	42
3.3 销联接	44
4 带传动	48
4.1 概述	48
4.2 带传动的类型与标准	48
4.3 带传动的工作情况分析	53
4.4 V带传动的设计计算	56
4.5 带传动的张紧	63
5 链传动	66
5.1 概述	66
5.2 链条	67
5.3 链轮的齿形与材料	69

5.4	链传动的运动分析	70
5.5	链传动的设计计算	72
5.6	链传动的润滑	75
6	齿轮传动	78
6.1	概述	78
6.2	渐开线圆柱齿轮和圆锥齿轮的精度等级与选择	78
6.3	齿轮传动的失效形式	79
6.4	齿轮的材料与热处理	80
6.5	齿轮传动的设计计算准则	81
6.6	齿轮传动的计算载荷	82
6.7	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	84
6.8	直齿圆柱齿轮设计的参数选择	90
6.9	斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	93
6.10	标准直齿圆锥齿轮传动的强度计算	100
6.11	齿轮传动的润滑	105
7	蜗杆传动	109
7.1	概述	109
7.2	ZA 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	110
7.3	蜗杆传动的效率、润滑、热平衡计算	116
8	轴	121
8.1	概述	121
8.2	轴的材料	121
8.3	轴的结构设计	122
8.4	轴的工作能力计算	123
8.5	轴的振动与振动稳定性的概念	132
9	滚动轴承	136
9.1	概述	136
9.2	滚动轴承的类型与选择	136
9.3	滚动轴承的载荷分析和失效形式	140
9.4	滚动轴承疲劳寿命计算	141
9.5	滚动轴承静强度校核	149
9.6	滚动轴承的润滑和密封	150
10	滑动轴承	153
10.1	概述	153

10.2	滑动轴承的结构和材料.....	153
10.3	非液体摩擦滑动轴承的计算.....	157
10.4	液体动力润滑径向滑动轴承的设计计算.....	159
11	联轴器、离合器和制动器	169
11.1	概述.....	169
11.2	联轴器.....	170
11.3	离合器.....	173
11.4	制动器.....	175
12	弹簧.....	181
12.1	概述.....	181
12.2	弹簧的类型及其特性.....	181
12.3	弹簧的材料及制造.....	182
12.4	圆柱螺旋拉(压)弹簧的设计计算.....	185
12.5	圆柱螺旋扭转弹簧的设计计算.....	192
12.6	片弹簧的设计计算.....	195
参考文献.....		200

1 机械设计总论

机械设计是一种关于机械产品从设想到图形表达的创造性实践活动,其目的是一方面满足生产和生活的需求,另一方面为设计方带来剩余价值。机械设计既包括关于机器的设计,也包括关于部件与零件的设计。机器、部件与零件的性能在设计阶段得到确定,在制造阶段得到实现,在使用阶段得到证实。为此,在设计阶段要合理确定机器、部件与零件的功能,围绕简化结构、提高可靠性、降低制造成本、确保使用安全开展设计工作。

1.1 机械设计的基本要求及设计程序

1.1.1 机械设计的基本要求

(1) 实现预定功能

预定功能指被设计机器输出位移的特征与精度、力或力矩的大小与特征、机器的工作环境与寿命、机器的机械效率等,在设计阶段规定工作条件,围绕设计指标的实现解决相关的技术问题。

(2) 满足可靠性要求

可靠性是指在规定的使用时间和环境下,机械能够正常工作的概率。提高并确保机械的可靠性,是机械设计过程中的一项重要工作。

(3) 符合经济性要求

机械设计的产品在制造阶段应优先选用价格较低的加工与装配方法,在使用阶段应满足节约能源、提高生产效率、方便操作以及维护简单的要求。

(4) 确保安全性要求

机械设计的产品必须保证使用者的安全,对周围环境无害或几乎无害,通过在易于拆卸的地方设置过载保护环节保护价格高的零件、部件免于被损坏。

(5) 执行标准化要求

设计机械产品的规格、参数要符合标准,标准分为国家标准、行业标准、地方标准与企业标准,最大限度地使用标准元件,如螺栓、螺母、垫片、销、带、链条、键、花键、滚动轴承等,以降低产品的成本。

1.1.2 机械设计的设计程序

机械设计的起点在市场需求,机械设计的目的是满足市场需求,将需求分解为一系列功能的集合,通过设计合适的机构、结构、传动与控制实现对应的功能,通过制造得到具有特定功能的机械产品。机械设计的程序大致分为五个阶段。

(1) 计划阶段

计划阶段做市场需求调查,对相关产品与技术指标进行分析研究,构思待设计机械产品的任务书,规定机械产品的名称、功用、生产率、主要性能指标、可靠性、使用维护要求、工作条件、生产批量、预定成本、设计和制造完成日期以及其他特殊要求。

(2) 方案设计阶段

方案设计就是找出可能的机构、结构与控制方法,得到满足功能要求的原理方案。由于功能与结构之间的多样性,给实现一定功能的机构或结构设计提供了宽阔的空间与择优的余地,实现一定的功能可以采用不同的工作原理,不同的工作原理对应不同的机构或结构方案,所以,方案设计是对工作原理图和机构运动简图进行比较与寻优的过程。

(3) 技术设计阶段

技术设计阶段设计整机与零部件,选择零件所用的材料及热处理方法,确定零件的形状、尺寸与公差,选择零件加工与装配的方法。该阶段给出的是机器、部件的装配图,零件的工作图以及计算说明书,使用的标准件明细表,试验和验收条件,使用说明书等。该阶段同样是一个再发现问题、再解决问题的过程。

(4) 样机试制和鉴定阶段

根据设计所提供的图样等技术文件进行样机试制,对试制的样机进行性能测试,组织鉴定,进行全面的技术经济评价。

(5) 产品投产阶段

当样机鉴定通过时,进行批量生产并投放市场,交付用户使用。

1.2 机械零件的主要失效形式和计算准则

1.2.1 机械零件的主要失效形式

机械零件丧失其规定功能的现象称为失效。机械零件的主要失效形式是整体断裂、过大的整体变形以及零件表面的尺寸与形貌发生过大的变化。

(1) 整体断裂

零件在拉、压、弯、剪、扭等外载荷作用下,当某一截面上的应力超过材料的强度极限时,可能发生整体断裂;在交变应力作用下,当零件的应力变化次数超过一定的数值时,某一截面也可能发生疲劳断裂。

(2) 过大的整体变形

当材料的塑性较好、应力超过材料的屈服极限时,零件将产生无法复原的塑性变形。

(3) 零件表面的尺寸与形貌发生过大的变化

当零件表面被腐蚀或磨损时,零件表面的尺寸发生过大的变化;当零件表面的接触应力过大时,零件表面的形貌发生过大的变化。

零件的失效形式与很多因素相关,多种失效形式可能并存,而腐蚀与磨损所占的失效比例最高。

1.2.2 机械零件的计算准则

设计机械零件的首要任务是防止零件过早地出现失效,针对不同的失效形式,提出对应

的计算准则。

(1) 整体强度

强度是零件整体抵抗破坏的能力。强度准则就是要求零件的工作应力不超过允许的极限。机械零件的强度条件可表达为应力 σ 的形式或安全系数 S 的形式,即

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (1-1)$$

$$S \leq [S] \quad (1-2)$$

式中, σ 为零件的计算正应力, N/mm^2 ; $[\sigma]$ 为材料的许用正应力, N/mm^2 ; S 为零件的安全系数, $[S]$ 为许用安全系数。

(2) 接触强度

接触强度是零件接触区抵抗破坏的能力。接触强度准则就是要求零件的表面接触应力不超过允许的极限。如图 1-1 所示,以接触应力 σ_H 表达的强度条件为

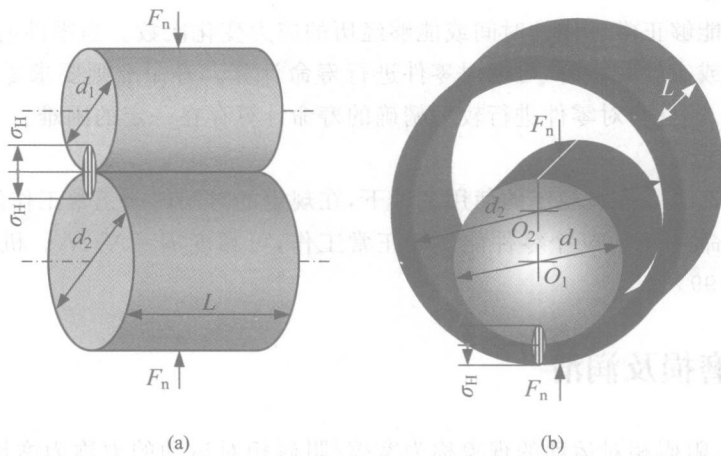


图 1-1 两圆柱体的接触应力

(a) 两圆柱体的外接触; (b) 圆柱体与圆环的内接触

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1}{\pi \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}} \sqrt{\frac{F_n}{L} \left(\frac{1}{0.5d_1} \pm \frac{1}{0.5d_2} \right)} \leq [\sigma_H] \quad (1-3)$$

式中, F_n 为接触面上的正压力, N ; d_1 、 d_2 分别为圆柱体的直径, mm ; L 为圆柱体接触线的长度, mm ; E_1 、 E_2 分别为材料的弹性模量, N/mm^2 ; μ_1 、 μ_2 分别为材料的泊松比, 低碳钢的 $\mu = 0.25 \sim 0.33$, 合金钢的 $\mu = 0.24 \sim 0.33$; “+”号用于外接触, 如图 1-1(a) 所示, “-”号用于内接触, 如图 1-1(b) 所示。

(3) 刚度准则

刚度是零件抵抗变形的能力。刚度准则就是要求零件的变形不超过允许的极限。以轴类零件为例, 轴的弯曲变形与扭转变形如图 1-2 所示, 轴的刚度条件分别为

$$y \leq [y] \quad (1-4)$$

$$\theta \leq [\theta] \quad (1-5)$$

$$\varphi \leq [\varphi] \quad (1-6)$$

弹性变形量 y 、 θ 与 φ 由材料力学计算或实验方法确定, 许用变形量 $[y]$ 、 $[\theta]$ 与 $[\varphi]$

由零件应用的场合和规范确定。其他类型零件的刚度计算与刚度条件见《机械设计手册》。

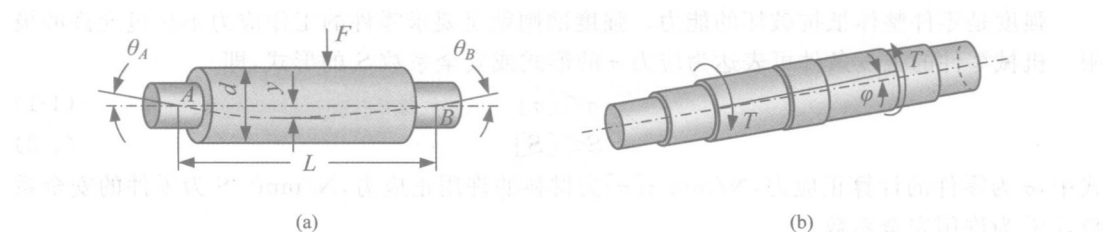


图 1-2 轴的弯曲变形与扭转变形

(a) 轴的弯曲变形；(b) 轴的扭转变形

(4) 寿命准则

寿命是零件能够正常工作的时间或能够经历的应力变化次数。当零件的应力水平与应变速数存在理论或实验关系时,可以对零件进行寿命计算。寿命准则要求零件的设计寿命不低于规定寿命。目前,对零件进行较为精确的寿命计算存在一定的困难。

(5) 可靠性准则

零件的可靠性指零件在规定的使用条件下,在规定的时间内能正常工作的概率。如 N_0 个零件在预期寿命内只有 N 个零件能继续正常工作,可靠度 $R=N/N_0$ 。机械产品的可靠度取值为 90%~99%。

1.3 摩擦、磨损及润滑

在运动副中,阻碍相对运动的现象称为摩擦;阻碍相对运动的力称为摩擦力;运动副表层材料出现脱落的现象称为磨损。减少摩擦、减轻磨损的有效方法是进行润滑与材料的合理配对。减少摩擦、减轻磨损是机械设计要着力解决的问题之一,采用合适的润滑油与润滑方式是有效的解决手段。

1.3.1 摩擦

摩擦分为内摩擦与外摩擦。内摩擦阻碍分子间的相对运动,润滑油的流动产生内摩擦;外摩擦阻碍两个物体之间的相对运动,相对滑动与相对滚动都产生外摩擦。

(1) 干摩擦

两个相对运动的摩擦表面间无润滑剂、直接接触产生干摩擦。干摩擦的摩擦因数最大,在机械设计中,除了带传动与干式制动器之外,做相对运动的构件间几乎不采用干摩擦。

(2) 边界摩擦

两个相对运动的摩擦表面间存在极薄的边界膜(润滑膜)产生边界摩擦。油膜厚度小于 $0.1\text{ }\mu\text{m}$,摩擦因数 f 在 $0.1\sim 0.4$ 之间,如图 1-3 的 Oa 区间为边界摩擦,与相对转速 n (r/min)、润滑油的动力黏度 η ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) 及单位面积上的压力 p (N/mm^2) 相关,称 $\eta n/p$ 为滑动轴承的摩擦特性因数。当 $\eta n/p$ 较小时,呈现边界摩擦(边界润滑)。

(3) 混合摩擦

当摩擦副处于边界摩擦与流体摩擦的混合状态时,称为混合摩擦(混合润滑),如图 1-3 的 ab 区间所示。

润滑油膜的厚度 h 与表面粗糙度 R 以及 $\eta n/p$ 相关。进入混合摩擦时, f 急剧变化并存在最小值;随着 $\eta n/p$ 的增加,油膜厚度增加,进入液体摩擦状态。

(4) 液体摩擦

液体摩擦(液体润滑)指两个摩擦表面间被一层具有一定压力、一定厚度、连续的液体润滑油完全隔开,摩擦的性质取决于液体分子间的黏性阻力。油膜厚度在 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ 之间,摩擦因数 f 在 $0.001 \sim 0.01$ 之间。液体摩擦的摩擦阻力小,理论上不发生磨损,是理想的摩擦状态,但 $\eta n/p$ 继续增加时,油膜层间的内摩擦阻力也相应增加,因而摩擦因数 f 略有增加。

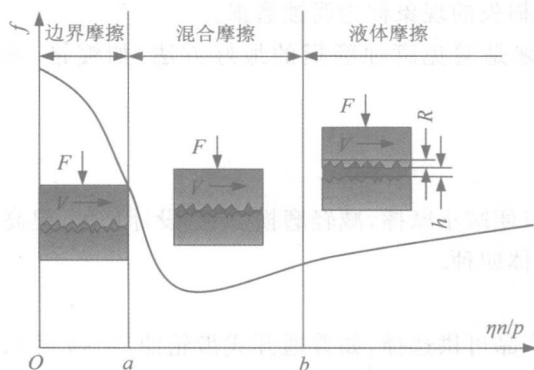


图 1-3 摩擦特征曲线

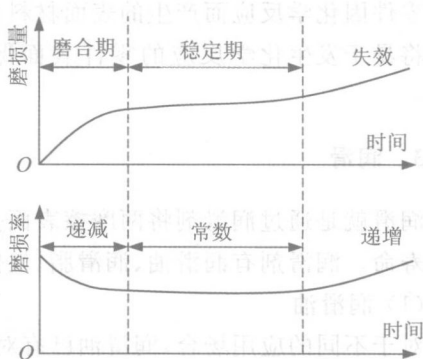


图 1-4 磨损特征曲线

1.3.2 磨损

运动副在使用的过程中发生磨损,磨损过程可区分为三个阶段,如图 1-4 所示。第一阶段为磨合期,主要原因是零件表面粗糙度使得摩擦副的实际接触面积远远小于计算面积,单位接触面积上的实际载荷较大,磨损量逐渐增大、磨损率逐渐减小。随着磨合期的进行,摩擦面尖峰被逐渐磨平,实际接触面积增大,单位面积载荷减小,磨损量与磨损率都几乎不再发生变化,转入稳定磨损阶段,也就是进入机器的正常使用阶段。当零件经历长时间的稳定磨损阶段后,运动副间隙还是变大了,润滑状况恶化了,出现了异常的噪声和振动,磨损量与磨损率都开始明显增大,表明零件走向寿命的终点,进入失效期,可通过故障诊断方法判断是否进入失效期。

磨损可区分为粘着磨损、磨粒磨损、接触疲劳磨损和腐蚀磨损。

(1) 粘着磨损

两摩擦表面的凸出部分发生碰撞、挤压与熔化粘着,相对滑动将粘着分开,于是,表层材料或脱落成磨屑,或由一个表面迁移到另一个表面,这类磨损称为粘着磨损。

粘着磨损与摩擦副材料的性能和表面加工精度、润滑油的性质和润滑方式、表面压力的大小以及相对滑动速度的大小相关。在机械设计时,可借鉴相近产品的成功经验避免或减

少粘着磨损的发生。

(2) 磨粒磨损

外部硬质颗粒或摩擦表面上的硬质突起物在摩擦过程中起到切削或刮削作用,使零件表面材料脱落的现象称为磨粒磨损。

防止外部磨粒进入摩擦副表面、提高材料的表面硬度、定期更换润滑油可有效减轻磨粒磨损。

(3) 接触疲劳磨损

接触应力变化次数超过一定数值后,零件表层材料产生小片剥落而使零件表面形成小麻坑的现象称为接触疲劳磨损。

降低表面粗糙度、提高零件表面的硬度、增加润滑油的黏度可减轻接触疲劳磨损。

(4) 腐蚀磨损

零件因化学反应而产生的表面材料变质或损失的现象称为腐蚀磨损。

将易于发生化学反应的零件表面保护起来是避免腐蚀磨损的最好方法,如镀铬、喷漆等。

1.3.3 润滑

润滑就是通过润滑剂将两摩擦表面分开,以便减小摩擦,减轻磨损,保持设计精度,提高使用寿命。润滑剂有润滑油、润滑脂、气体和固体四种。

(1) 润滑油

对于不同的应用场合,润滑油已有对应的产品可供选择,如普通开式齿轮油(1~4号)、工业闭式齿轮油(L—CKB系列、L—CKC系列、L—CKD系列与其他产品)、蜗杆蜗轮油(L—CKE系列)、轴承油(L—FC系列、L—FD系列)、全损耗系统用油(L—AN系列)。润滑油的主要性能指标有黏度、油性、闪点、凝点、针入度与滴点。

黏度是指润滑油流动时内摩擦阻力的大小,黏度愈大,内摩擦阻力愈大,流动性愈差。

在间距为 h 的两平行平板间充满了润滑油,板足够宽,上板在力 F 的作用下以速度 V_0 沿 x 方向移动,上板下面的油层也以 V_0 沿 x 方向移动,下板与其上面的油层速度为零,通过 Oy 轴截面上油的速度分布如图1-5所示。由于润滑油内摩擦力的作用,在动板和静板之间各层油的速度不同,各油层之间存在相对错动与剪切应力。对于牛顿流体,剪切应力与速度梯度成正比,即

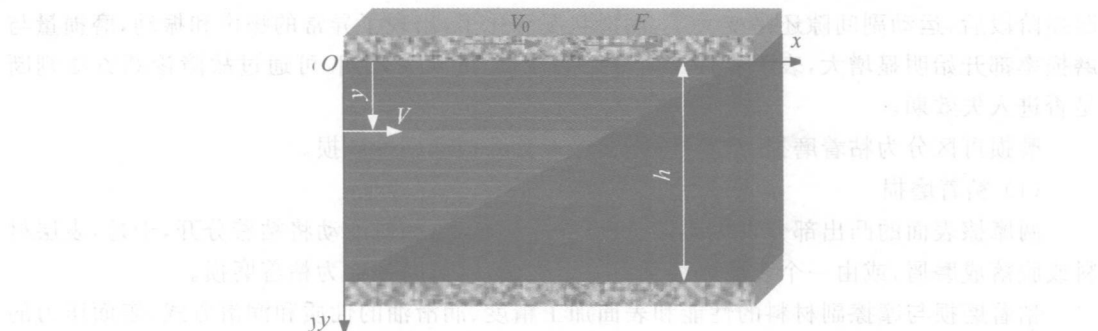


图1-5 平板间隙中油的黏性流动

$$\tau = \eta \frac{dV}{dy} \quad (1-7)$$

η 为润滑油的动力黏度,又称为绝对黏度。当剪切应力的单位为 N/m^2 、速度 V 的单位为 m/s 、长度 y 的单位为 m 时,绝对黏度的单位为 $\text{N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。黏度 η 既反映了润滑油阻碍相对运动的能力,也反映了润滑油膜的承载能力。

将 η 与润滑油密度 ρ 的比值称为运动黏度 ν , $\nu = \eta/\rho$, ρ 的单位为 kg/m^3 , 运动黏度的单位为 m^2/s 。 $\text{m}^2/\text{s} \times 10^{-4} = \text{cm}^2/\text{s} = \text{St} = 100 \text{ cSt}$, St 称作斯, cSt 称作厘斯。

除了黏度之外,在石油产品中普遍使用条件黏度。条件黏度是指 200 mL 待测定的油,在规定的恒温(常为 40°C 或 100°C ,这时恩氏度用 $^\circ\text{E}_{40}$ 或 $^\circ\text{E}_{100}$ 表示)下,流过 $\phi 2.8 \text{ mm}$ 小孔的恩氏黏度计的时间与同体积蒸馏水在 20°C 时流过黏度计的时间之比,条件黏度的单位为恩氏度($^\circ\text{Et}$)。

油性指润滑油湿润或吸附于摩擦表面的能力。油性愈好,吸附能力愈强,油膜愈不易破裂,在低速、重载、润滑不充分的场合有重要意义。

闪点指润滑油在标准容器中加热所蒸发出的气体遇到火焰即能发出闪光的最低温度。闪点是衡量润滑油易燃性的指标。通常工作温度比润滑油的闪点低 $30 \sim 40^\circ\text{C}$ 。

凝点指润滑油在规定条件下冷却到不能自由流动时的最高温度。凝点是润滑油在低温下工作的重要指标,直接影响机器在低温下的启动性能和磨损情况。

(2) 润滑脂

润滑脂的主要性能指标有针入度、滴点。

针入度:在 25°C 恒温下,使重量为 1.5 N 的标准锥体在 5 s 内沉入润滑脂的深度(以 0.1 mm 计)。它标志着润滑脂内阻力的大小和流动性的强弱。针入度越小,润滑脂越不易从摩擦表面被挤出,故承载能力越强,密封性越好,但同时摩擦阻力越大,越不易填充较小的摩擦间隙。

滴点:润滑脂受热熔化后从标准测量杯的孔口滴下第一滴时的温度。它标志着润滑脂耐高温的能力。

(3) 添加剂

添加剂可以改善普通润滑油、润滑脂的抗磨减摩性能等,降凝剂、增黏剂、消泡剂、抗氧化剂、极压剂、油性剂、抗腐剂是常用的添加剂。

(4) 磁场激励

磁流体在外加磁场作用下具有超顺磁性,磁流体能更加均匀地充满润滑间隙,实现稳定的流体动压润滑,明显地降低摩擦因数。

1.4 液体动压润滑

液体动压润滑是指两摩擦表面做相对运动时,把一定黏度的润滑油带入楔形间隙并形成承载油膜的一种润滑方式,如图 1-6 所示。承载油膜的形成必须具备三个必要条件:一是两相对运动表面沿运动方向的间隙必须为收敛楔形,即动板带润滑油从大开口流向小开口;二是带油速度必须适当;三是润滑油必须具有一定的黏度。

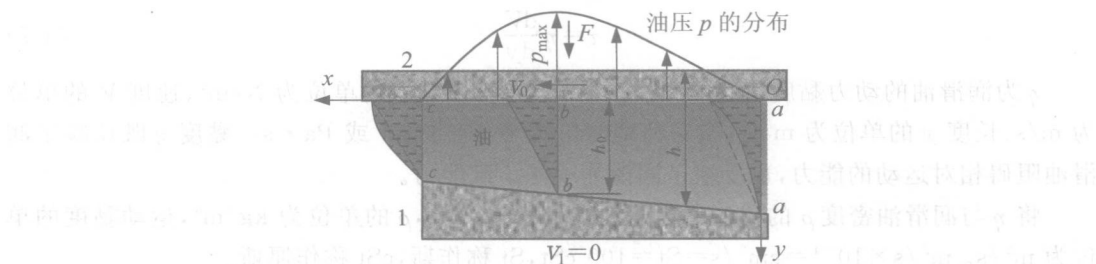


图 1-6 动压油膜的形成与承载机理

1.5 现代机械设计方法

本书介绍的机械设计方法是最基本的方法,能够设计出可以使用的机械产品,但是产品的性能不是最好的,可靠性是不确定的,设计过程是经验式的。随着数学、力学、材料学、计算机技术被逐渐地引入设计过程,出现了现代机械设计方法。现代机械设计方法包括优化设计、可靠性设计、动态设计、有限元方法、并行设计、价值工程、反求工程、模块化设计、相似设计、虚拟设计、摩擦学设计、绿色设计等。

现代机械设计方法更加关注设计的创造性、注重设计的系统性、强调设计结果的优化,采用计算机获得设计结果。

1.5.1 优化设计

优化设计(Optimal Design)是将设计问题抽象成为最优化的数学模型,应用最优化数值方法,通过编程与计算机求解,从而获得产品的设计参数。

优化设计包括两个方面的内容:一是将工程实际问题抽象成为最优化的数学模型;二是应用最优化数值方法通过迭代来逼近这个数学模型的解。机械零件优化设计过程大致为:建立目标函数和确定设计变量,给出约束条件,采用合适的最优化方法,编程计算。

1.5.2 可靠性设计

可靠性设计(Reliability Design)是指运用概率论与数理统计理论,将可靠度指标引进到机械设计中的一种设计方法。

基本的设计方法以零件满足强度准则为安全性的定论,但在复杂的使用条件下,很难说明所设计零件的安全性。可靠性设计方法将载荷、材料性能、强度及零件的尺寸按照某种概率论分布进行处理,应用概率统计理论及强度理论,求出在给定条件下零件不产生破坏的概率公式,从而求出在给定可靠度条件下零件的尺寸或该尺寸下零件的安全系数。

1.5.3 动态设计

动态设计(Dynamic Design)是基于控制论的一种现代设计方法,是根据一定的动载工况,根据对设计对象提出的功能要求及设计准则,按照结构动力学的分析方法和实验方法,对机械进行分析和设计。

机械系统动态设计的主要研究内容包括三大方面。第一方面为响应预估,即已知激励(输入)及系统特性,研究其响应(输出)。用于确定机械结构的动强度、动刚度、振动及噪声等。第二方面为系统辨识,即已知激励(输入)和响应,研究系统特性。用于获取机械结构中的共振频率及有害振型。第三方面为载荷(输入)识别,即已知系统特性和响应,研究输入。用于实现工作环境模拟,以便进行疲劳寿命实验及强化实验等。

1.5.4 有限元方法

有限元方法(FEM, Finite Element Method)是将结构复杂的连续实体划分为有限数量的单元体,通过对有限数量单元体进行插值计算,获得被设计对象的应力、应变、温度、流场等数值的一种计算方法。

1.5.5 并行设计

并行设计(Concurrent Engineering)是一种对产品及其相关过程(包括设计制造过程和相关的支持过程)进行并行和集成设计的系统化过程。产品每个功能的设计小组同步设计、协调设计,以便缩短开发周期、提高产品的质量、降低产品的成本,更好地满足客户对产品综合性能的要求。

1.5.6 反求工程

反求工程(Reverse Engineering)是指用一定的测量手段对实物或模型进行测量,根据测量数据重构实物的三维几何实体,获得一个从样品生成产品数字化信息的模型,以此为基础再进行产品的设计与生产。

1.5.7 相似性设计

相似性设计(Similarity Design)是指利用相似现象、对应的相似理论,把关于个别现象的研究结果推广到具有相似现象上去的一种设计方法。相似性设计需要找出相似系统各尺寸参数的相似比,用相似准则、方程分析、量纲分析列出相似比方程,然后求得相似比。

1.5.8 虚拟设计

虚拟设计(Virtual Design)是以计算机支持的仿真技术为前提的一种设计方法。在产品的设计阶段,实时且并行地模拟出产品开发全过程及其对产品的影响,预测产品的性能、产品的制造成本、产品的可制造性、产品的可维护性和可拆卸性等,从而提高产品设计的一次成功率。它也有利于更有效、更经济、更灵活地组织制造生产,使工厂和车间的设计与布局更合理、更有效,以达到产品的开发周期成本的最小化、产品设计质量的最优化、生产效率的最高化。

1.5.9 绿色设计

绿色设计(Green Design)也称生态设计(Ecological Design)、环境设计(Design for Environment)、环境意识设计(Environment Conscious Design)。在产品的整个生命周期内,

着重考虑产品的可拆卸性、可回收性、可维护性、可重复利用性等环境属性,在满足环境目标要求的同时,保证产品应有的功能、使用寿命、质量等要求。绿色设计的原则是减少环境污染、减小能源消耗,回收再生与利用产品和零部件。

绿色设计是绿色制造的重要组成部分,绿色设计是绿色制造的前提,绿色制造是绿色设计的实现。

绿色设计原则 3.1.1

绿色设计原则是指在设计过程中,应遵循以下原则:1. 减少资源消耗;2. 减少环境污染;3. 提高产品可回收性;4. 提高产品可维护性;5. 提高产品可重复利用性。

绿色设计原则 3.1.2

绿色设计原则是指在设计过程中,应遵循以下原则:1. 减少资源消耗;2. 减少环境污染;3. 提高产品可回收性;4. 提高产品可维护性;5. 提高产品可重复利用性。

绿色设计原则 3.1.3

绿色设计原则是指在设计过程中,应遵循以下原则:1. 减少资源消耗;2. 减少环境污染;3. 提高产品可回收性;4. 提高产品可维护性;5. 提高产品可重复利用性。

绿色设计原则 3.1.4

绿色设计原则是指在设计过程中,应遵循以下原则:1. 减少资源消耗;2. 减少环境污染;3. 提高产品可回收性;4. 提高产品可维护性;5. 提高产品可重复利用性。

绿色设计原则 3.1.5

绿色设计原则是指在设计过程中,应遵循以下原则:1. 减少资源消耗;2. 减少环境污染;3. 提高产品可回收性;4. 提高产品可维护性;5. 提高产品可重复利用性。

绿色设计原则 3.1.6

绿色设计原则是指在设计过程中,应遵循以下原则:1. 减少资源消耗;2. 减少环境污染;3. 提高产品可回收性;4. 提高产品可维护性;5. 提高产品可重复利用性。