

600

TH122
T16a1

机 械 设 计

主 编 谈嘉祯

副主编 郑文林 熊禾根 陶 晋

中 国 标 准 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/谈嘉桢主编. —北京:中国标准出版社,
2001. 8

ISBN 7-5066-2422-2

I. 机… I. 谈… III. 机械设计—高等学校—教材 N. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 19231 号

内 容 简 介

本书主要介绍机械设计的基本知识、基本理论和基本方法,并根据教育部课程教学改革指南的精神,适度扩展一些新内容。本书论述重点是各种机械传动和通用零部件的工作原理、基本结构、载荷和应力状况、损伤与失效形式及其分析、材料和主要参数的选择、承载能力的计算、各种机械传动的比较、适用场所及合理选择等。

本书可供高等学校(包括函授、夜大学等成人教育)机械工程专业师生使用,亦可供机械工程技术参考。

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 25 $\frac{3}{4}$ 字数 610 千字

2001 年 8 月第一版 2001 年 8 月第一次印刷

*

印数 1—2 000 定价 46.00 元

网址 www.bzcbs.com

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

前 言

为适应教学改革发展的需要,原国家教委高等学校工科机械原理与设计课程教学指导小组于1998年2月提出《机械设计课程教学改革指南(讨论稿)》,其中要求适当扩大机械设计课程的教学内容,教材要阐述机械设计的共性规律和基本方法,可淡化理论演绎、简化公式推导,不作繁琐分析等。据此精神,北京科技大学、河北科技大学和武汉科技大学合作编写了这本新的《机械设计》(主教材)和与之配套的辅助教材。由于编者水平所限,且对教改指南精神领会不够深刻,恳请读者对本书中的错误和不妥之处批评指正。

本书内容较丰富,一些章节并非必须讲授的内容,可以根据专业需要予以取舍或侧重,有些内容可以安排学生自学。各章编排顺序亦非不能变动的讲授顺序,可以根据具体情况加以调整。

参加本书编写的有:陶晋、王小群、卢梅、李威、边新孝、杨竟、谈嘉祯(北京科技大学),郑文林、谢江、张君彩、高慧琴(河北科技大学),熊禾根、张家骥、郭锦勤(武汉科技大学)。本书由谈嘉祯任主编,郑文林、熊禾根、陶晋任副主编。

编 者

2001年1月

目 录

第一篇 总 论

第一章 机械设计概述	3
§ 1-1 机械的组成	3
§ 1-2 本课程的内容、性质和学习方法	4
§ 1-3 设计机械和零件应满足的基本要求	5
§ 1-4 机械及零件设计的指导思想和一般步骤	5
§ 1-5 机械零件的载荷、应力和许用应力	7
§ 1-6 机械零件的损伤与失效形式	12
§ 1-7 机械零件工作能力计算准则	13
§ 1-8 机械零件常用材料	14
§ 1-9 机械零件的结构工艺性	16
§ 1-10 机械零部件的标准化	16
§ 1-11 机械设计的新发展	17
第二章 机械零件强度计算的基本理论	19
§ 2-1 静应力作用下的机械零件强度计算	19
§ 2-2 机械零件的疲劳和疲劳强度极限	20
§ 2-3 稳定循环变应力作用下的机械零件疲劳强度计算	30
§ 2-4 单向不稳定循环变应力作用下的机械零件疲劳强度计算	34
第三章 机械的摩擦、磨损和润滑	41
§ 3-1 摩擦与磨损	41
§ 3-2 润滑	45

第二篇 联 接 件

第四章 不可拆联接和过盈配合联接	51
§ 4-1 铆接	51
§ 4-2 焊接	52
§ 4-3 胶接	53
§ 4-4 过盈配合联接	53
第五章 可拆联接	55
§ 5-1 键、花键、销和无键联接	55
§ 5-2 螺纹联接	61

第三篇 传动件

第六章 螺旋传动	85
§ 6-1 螺旋传动的类型与特点	85
§ 6-2 螺旋传动的运动分析	86
§ 6-3 螺旋传动的设计计算	87
第七章 带传动	93
§ 7-1 带传动的类型及特点	93
§ 7-2 带传动的工作原理、传动带的受力和应力分析	95
§ 7-3 V 型传动带的种类、规格和许用功率	98
§ 7-4 V 型带传动的设计计算	110
§ 7-5 V 型带轮结构	115
§ 7-6 其它带传动简介	117
第八章 链传动	120
§ 8-1 链传动的组成及结构	120
§ 8-2 链传动的参数及其选择	125
§ 8-3 链传动的设计计算	129
§ 8-4 链传动的布置、张紧和润滑	133
第九章 索绳传动	137
§ 9-1 索绳传动的组成、特点和应用	137
§ 9-2 索绳的选择和计算	138
§ 9-3 卷筒设计	141
§ 9-4 滑轮和滑轮组设计计算	145
§ 9-5 吊钩和抓取装置简介	149
第十章 渐开线齿轮传动	152
§ 10-1 概述	152
§ 10-2 齿轮的损伤、失效与齿轮传动的设计准则	153
§ 10-3 齿轮材料与许用应力	156
§ 10-4 齿轮传动精度等级及其选择	165
§ 10-5 直齿圆柱齿轮传动的承载能力计算	167
§ 10-6 斜齿圆柱齿轮传动的承载能力计算	178
§ 10-7 直齿圆锥齿轮传动的承载能力计算	191
§ 10-8 齿轮的结构设计	198
§ 10-9 齿轮传动的效率和润滑	201
第十一章 谐波齿轮传动	208
§ 11-1 谐波齿轮传动的工作原理和传动比计算	208
§ 11-2 谐波齿轮传动的特点和应用	211
§ 11-3 谐波齿轮传动的啮合参数和几何尺寸	212
§ 11-4 谐波齿轮传动主要构件的结构和材料	216

§ 11-5	谐波齿轮传动的承载能力计算	217
§ 11-6	谐波齿轮传动的效率和热平衡计算	227
§ 11-7	谐波齿轮传动的设计计算一般步骤	228
第十二章	蜗杆传动	229
§ 12-1	蜗杆传动的特点和类型	229
§ 12-2	圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	231
§ 12-3	圆柱蜗杆传动的失效形式、材料选择及受力分析	237
§ 12-4	普通圆柱蜗杆传动的承载能力计算	240
§ 12-5	圆弧圆柱蜗杆传动的承载能力计算	243
§ 12-6	蜗杆的弹性变形计算	243
§ 12-7	蜗杆传动的热平衡计算	244
§ 12-8	蜗杆传动的润滑	245
§ 12-9	蜗杆和蜗轮的结构	246
§ 12-10	提高圆柱蜗杆传动承载能力的措施	246
第十三章	机械传动方案的选择	253
§ 13-1	机械传动装置的类型与特性比较	253
§ 13-2	机械传动方案的选择原则	256
§ 13-3	机械传动方案的评价	257

第四篇 支 承 件

第十四章	轴	265
§ 14-1	轴的功用和类型	265
§ 14-2	轴的材料选择	265
§ 14-3	轴的结构设计	267
§ 14-4	轴的强度计算	272
§ 14-5	轴的刚度计算公式	280
第十五章	滑动轴承	286
§ 15-1	概述	286
§ 15-2	滑动轴承的结构型式和材料	286
§ 15-3	滑动轴承中润滑剂和润滑方法的选择	290
§ 15-4	混合摩擦(润滑)滑动轴承的设计计算	291
§ 15-5	动压油膜形成原理及动压液体润滑径向轴承简介	293
§ 15-6	静压液体摩擦(润滑)滑动轴承和气体滑动轴承简介	302
第十六章	滚动轴承	304
§ 16-1	滚动轴承的结构、特点、类型和代号	304
§ 16-2	滚动轴承类型和公差等级选择	312
§ 16-3	滚动轴承的尺寸(型号)选择	314
§ 16-4	滚动轴承组合结构设计	330
§ 16-5	滑动轴承与滚动轴承的比较	338

第十七章 机架零件.....	340
§ 17-1 概述.....	340
§ 17-2 机架零件的剖面形状和肋板.....	341
§ 17-3 机架零件设计要点.....	343

第五篇 其它零部件

第十八章 联轴器、离合器和制动器	347
§ 18-1 概述	347
§ 18-2 联轴器	347
§ 18-3 离合器	357
§ 18-4 制动器	360
第十九章 弹簧.....	363
§ 19-1 概述	363
§ 19-2 圆柱螺旋弹簧的结构与制造	364
§ 19-3 圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的受力与变形	369
§ 19-4 圆柱螺旋压缩与拉伸弹簧的设计	374
§ 19-5 碟形弹簧	378
第二十章 管道零部件.....	383
§ 20-1 概述	383
§ 20-2 管子及其连接件	384
§ 20-3 管路阀门及指示计	388
第二十一章 减速器和机械无级变速器.....	393
§ 21-1 减速器	393
§ 21-2 机械无级变速器	398
主要参考文献.....	402

第一篇 总论

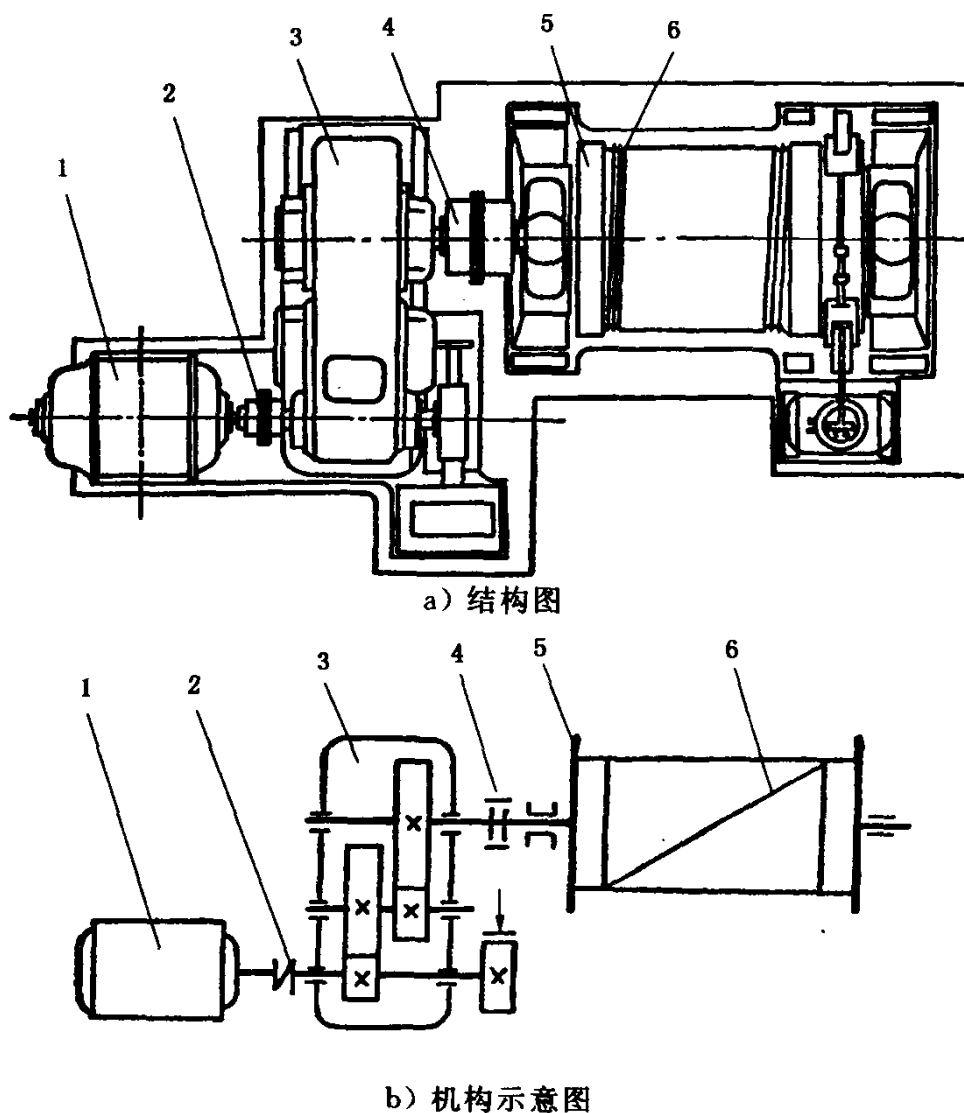
生产中使用着各种各样的机械,而机械又由各种各样的零件组成。虽然各类机械及其零件的形态、功能不同,工作条件各异,但在设计时都必须满足一些共同的基本要求,遵循一些基本原则。因此,在讨论具体的机械零、部件设计之前,需对有关的共性问题作简要的阐述。

第一章 机械设计概述

§ 1-1 机械的组成

机械就是机器和机构的总称。机械是人类进行物质生产的重要工具,是实现现代化生产的基础,也是衡量社会生产力的重要标志之一。任何先进的生产工艺都必须通过相应的机械、电气等设备来实现。在现代,机械不仅在生产领域,甚至在生活领域也是不可缺的。

虽然机器的种类很多,结构、用途及外观又各不相同,但从它们的基本组成来分析,又有着共同点。请看下面的实例。



1—电动机;2、4—联轴器;3—减速器;5—卷筒;6—钢丝绳

图 1-1 卷扬机

图 1-1 所示为卷扬机。它由动力机(电动机 1)、传动装置(齿轮减速器 3、联轴器 2 和 4)和工作机(卷筒 5、钢丝绳 6)所组成。

由上述实例可以看出,一台完整的机器都由三个本质不同的部分——动力机(Motive mechanism)、传动装置(Transimssion mechanism)和工作机(Service mechaimsm)所组成。

动力机是机器的驱动部分,它将各种能量(电能、热能、化学能、液能、气能等)转变为机械能并供给机器,最常见的动力机有电动机、内燃机、蒸汽机和汽轮机等。

传动装置是将动力机的动力和运动传递到工作机去的中间环节。它在机器中的作用是传递能量、分配能量、改变能量和扭矩以及改变运动形式等。组成传动装置的机构很多,例如齿轮传动、带传动、链传动、螺旋传动、蜗杆传动以及凸轮机构、连杆机构等。

工作机是直接实现规定的功能、完成生产任务的部分,这部分的结构与形式完全取决于机器本身的用途。例如起重机的卷筒和吊钩、掘土机的掘斗、车床的刀架与卡盘、轧钢机的轧辊和机架等。

随着机械的功用和类型的日益增多,作为组成机械的最基本单元的零件更是多种多样。通常将机械零件分为通用机械零件(Common mechanical elements)和专用机械零件(Special mechanical elements)两大类。

通用机械零件是指在各类机械中具有同一功用和性能,并经常使用的零件。按照用途,可将通用零件分为以下几种:

- ① 联接件(如铆接、键联接、销联接和螺纹联接等);
- ② 传动件(如带传动、链传动、齿轮传动、索绳传动和螺旋传动等);
- ③ 支撑件(如轴、轴承、机架等);
- ④ 缓冲(或控制)件,如弹簧等。

专用零件是指仅适用于专门用途的零件,如内燃机的曲轴、活塞,起重机的吊钩、卷筒,轧钢机的轧辊,掘土机的掘斗等。专用零件的设计问题由有关的专业课程介绍。

此外,为了完成同一使命,在结构上紧密联系在一起的一套协同工作的零件组合称为部件(Parts),例如减速器、联轴器、离合器等。

§ 1-2 本课程的内容、性质和学习方法

在机器的三个基本组成部分中,动力机是由专门工厂生产的定型产品,大多数已经标准化、系列化,设计机器时可根据工作要求和条件进行选择。工作机需根据机器的用途和工作要求专门设计,将在有关的专业课程中研究;而传动装置则是本课程研究的主要内容。传动装置是绝大部分机器中不可缺少的部分,一部机器的工作性能、重量、外廓尺寸和制造成本、运转费用等,在很大程度上取决于传动装置。所以,如何设计好机器的传动装置具有重要意义。本课程除了阐述机械的组成和机械设计的基本原则外,主要研究常用的机械传动(如带传动、链传动、螺旋传动、齿轮传动、蜗杆传动等)以及通用的机械零部件的工作原理、结构特点、材料选择、设计计算方法和选择计算方法,并介绍一些其它基本知识。

《机械设计》是一门技术基础课程,在学习过程中将综合运用机械制图、工程力学、机械制造工艺学、金属热处理学、公差及技术测量等知识来解决实际的机械传动装置和通用机械零部件的设计问题。

通过本课程的学习,学生将在机械设计能力、逻辑思维能力、运用规范能力、绘图能力和经验估测能力等方面得到锻炼和提高。

通过学习本课程及经过课程设计、实验等实践性环节,应达到如下要求:

- ① 掌握常用机械传动、常用机构和通用零部件的工作原理,结构特点,选择计算和设计

计算方法。

- ② 学会机械零部件标准、规范及其他设计资料的运用。
- ③ 具有设计一般机械传动装置和拟定机械传动方案的初级能力。
- ④ 具有正确使用和维护一般机械设备的基本知识。
- ⑤ 为专业设备的学习打下必要的理论和实践基础。

由于机械设计涉及的知识面较广且着重于实际应用,所以学生在初学本课程时,总有个逐渐适应的过程,在学习方法上应有一个转变。学习时,应根据机械零部件的工作条件进行具体分析,并要着重了解设计计算的出发点,有关公式中各参数、系数的物理概念及取值方法。此外,影响机械零部件功能和寿命的因素很复杂,往往不能由理论计算来解决。不少计算式及其系数是试验所得或经验的累积和总结,应用时要注意它们的条件性和适用范围。同时,还必须重视结构设计在确定零部件的形状、尺寸方面的重要性。在学习过程中,应多做练习,熟悉各参数的选择及承载能力(Load carrying capacity)的计算方法;并多绘图,掌握结构设计的要点。

§ 1-3 设计机械和零件应满足的基本要求

设计各类机械及零件时,均应满足使用、经济、安全、环保等方面的基本要求。

满足使用要求,就是所设计的机械和零件能在规定的工作期限内有效地执行预定的全部职能。这主要靠合理地选择机械组合及正确地设计机械的零部件来保证,即零件有足够的强度、刚度、耐磨性和振动稳定性等。

经济性要求是一项综合性指标,它贯穿在机械及其零件的设计、制造、使用 and 维修的整个过程中。在设计、制造上要求结构合理、造价低、生产周期短;在使用上要求生产率高、效率高、能源消耗少,有适当的使用范围;在维修上要求简便、可修复性好、维修费用低等。

在设计机械及其零部件时,还必须注意到安全工作问题,避免发生设备和人身事故。例如,外露的运转零部件必须设置安全罩;设置必要的保险装置以消除误操作或意外过载引起的危险;最大限度地减轻操作人员的体力和脑力消耗;降低噪声,防止油污外泄以创造良好的工作环境等。

此外,某些机械还有一些特殊要求,如运行式机械有重量轻、体积小的要求;食品机械、纺织机械有防止污染产品的要求;大型或需经常挪动、拆搬的机械有便于拆卸、安装和运输的要求等。在满足基本要求的同时,这些特殊要求亦应满足。

当然,上述各项要求往往是矛盾的,在设计时应依照主要要求进行设计,适当照顾其它要求。例如,机床应以性能好为主,起重机械、冶金机械、矿山机械应以安全为主,一般不重要的机械应以成本低为主。防止污染环境是设计任何机械时都应重视的问题。

§ 1-4 机械及零件设计的指导思想和一般步骤

一、机械设计的指导思想

一个正确的机械设计,必然是在正确的设计思想指导下获得的;而正确的设计思想只能

从社会和生产实践中得来。这就要求设计者不仅要有先进的设计理论和娴熟的设计技术,而且必须投身到社会和实践中去,逐渐树立正确的设计思想。唯有这样才能在设计工作中坚持调查研究,理论联系实际,贯彻执行各项技术经济政策,并将大胆创造与严谨的科学态度结合起来,将吸收国外先进技术与符合我国国情统一起来。

二、机械设计的一般步骤

一部机械从设计到正常使用,要经过调查研究、设计、制造及运行考核、修改设计等一系列过程。严格地说,机械设计并没有固定不变的程序,应根据具体情况进行设计。这里将机械设计的一般步骤说明如下:

1. 编制设计任务书

设计任务书是进行机械设计的主要技术依据,它通常是由使用单位与设计单位的人员经过调查研究、综合分析后共同制订的。设计任务书一般包括机械的用途、功能、基本结构形式、主要设计参数、动力来源及主要技术经济指标等。

2. 初步设计(技术设计)

根据对机械功能的要求,选择机械组合,确定主要结构形式,进行机构及零部件的初步设计。设计中要进行力学分析,工作能力(承载能力)计算,必要时可进行模型试验和测试,以取得设计数据;最后确定零件、部件和机械的主要参数和尺寸。这一阶段的特点是结合分析、计算,绘制各种必要的技术草图。

3. 结构设计

根据初步设计的结果,充分考虑对零件工作能力的要求,特别是从结构工艺性出发,将零件的形状、尺寸、机械的装配和安装尺寸全部确定下来,并绘制各种施工图纸,编制各种技术文件和说明书。

4. 审核和评价

设计结果是否满足使用要求,预定的功能能否全部实现,可靠性与经济性如何,制造方便与否等,均须经过上级审核,给予科学的评价,并进一步完善设计。

5. 样机试验和鉴定

对于重要的机械或系列产品或大量生产的产品,当设计图纸经过审核并进行了必要的改进之后,还须进行模型或原型机试验,发现问题及时修改设计;并请有关专家进行技术鉴定。

6. 产品定型设计

在样机试验、修改的基础上,做小批量生产的产品定型设计。产品制成后,除进行抽样试验外,还应在实际使用条件下试用。通过若干个小批量生产,并在进一步考察和验证的基础上改进设计之后,即可进行大批量生产的定型产品设计。

整个设计过程的各个阶段是互相联系的,当某一阶段发现问题时,必须返回修改前面各阶段设计。由此可见,设计过程是个不断修改、不断完善、逐渐接近最优结果的过程,设计者需要进行一系列工作,才能将预定的设想付诸实现。当然,上述各个阶段并非对每一项机械设计都是必不可少的,可根据具体情况予以取舍。

三、机械零件设计的一般步骤

当机械的总体布置和传动方案已经确定,力学分析已基本完成时,就要进行零件的设计。与机械设计一样,零件设计往往也拟定几个方案,进行分析比较,选用最佳方案。

机械零件设计步骤不是一成不变的,一般的设计步骤如下:

1. 选择材料

根据零件的工作要求和工作条件,综合考虑材料的机械、物理和化学性能,以及经济因素和资源情况,选择合适的材料。

2. 拟定计算简图

根据零件的基本结构和受载情况,拟定计算简图。应尽可能简化零件结构和零件间的联接情况,并将作用在零件上的载荷适当简化,以便于计算。

3. 工作能力的计算

根据工作能力准则,计算零件的主要尺寸。

4. 结构设计

根据算得的主要尺寸,考虑加工和装配要求,确定零件的细部结构和尺寸。

5. 绘图

绘制零件工作图(施工图),标注必要的技术要求。

§ 1-5 机械零件的载荷、应力和许用应力

载荷(Load)及其引起的应力(Stress)作用,是机械零件发生损伤(Damage)甚至失效(Failure)的主要原因。因此,在机械零件设计过程中,首先要分析载荷情况和应力情况。为了保证零件的安全工作而又不致造成浪费,还必须适当地确定许用应力值。

一、机械零件的载荷

机械零件的载荷是指它所承受的力(F)、弯矩(M)或扭矩(T)。

1. 载荷的类型

(1) 静载荷 不随时间变化,或变化极端缓慢,或变化幅度相对很小的载荷,称为静载荷(Static load)。例如零件的重力,等速圆周运动时的惯性离心力等。

(2) 变载荷 随时间作周期性或非周期性变化的载荷,称为变载荷(Varying load)。载荷循环变化的,称为循环载荷(Cyclical load)。如果每个工作循环内的载荷不变,且各循环的载荷值都相同,称为稳定循环载荷(Constant-amplitude load),如图 1-2 所示。如果每个工作循环内的载荷是变化的,称为不稳定循环载荷(Vary -amplitude load),如图 1-3 所示。

突然作用且作用时间很短的载荷,称为动载荷(Dynamical load),例如冲击载荷,起动、制动时的惯性载荷以及振动载荷等。动载荷亦可能是循环作用的载荷。

一些机器在工作时,由于工作阻力和速度均呈不规律变化,则零件上承受的载荷往往是随机性的,例如汽车零件承受的载荷就是随机性的,这类载荷称为随机载荷(Randlom load)。随机载荷即是不规律的变载荷,如图 1-4 所示。

大多数机械及其零部件是在变载荷下工作的。

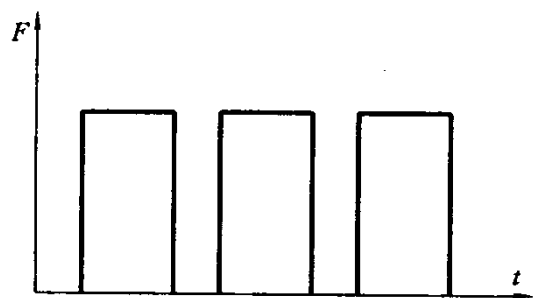


图 1-2 稳定循环载荷

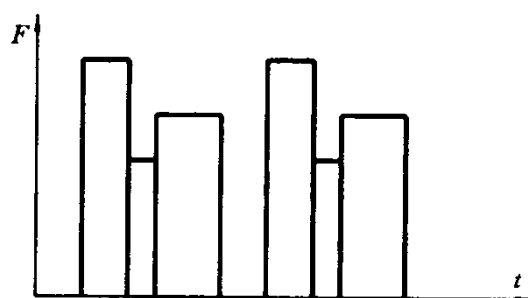


图 1-3 不稳定循环载荷

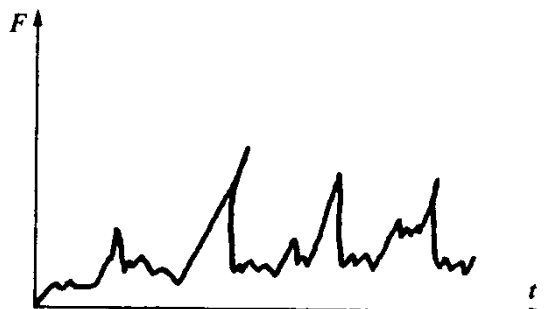


图 1-4 随机载荷

2. 载荷的简化及力学模型

机械在工作时，实际作用在零件上的载荷都是在一定范围内分布的。如图 1-5a) 所示的支承在滑动轴承上的滑轮轴，当滑轮槽中的钢丝绳受载时，轴发生弯曲变形[图 1-5b)]。因为滑轮轮毂和轴承的刚度很大，如忽略它们的变形，则轴上的载荷呈曲线分布[图 1-5c)]。为了简化计算，可将曲线分布载荷简化成直线分布载荷[图 1-5d)]。再进一步，可将分布载荷简化为集中载荷[图 1-5e)]，成为最简单的力学模型、一个简支梁的问题。

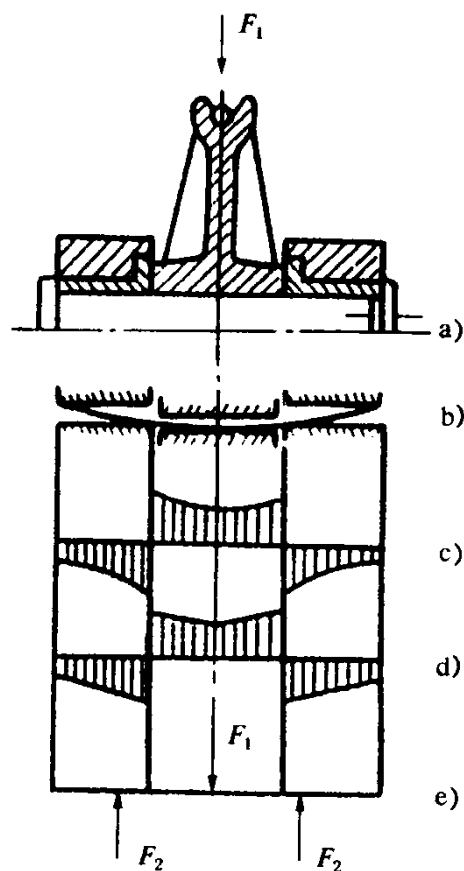


图 1-5 滑轮轴的力学模型

3. 名义载荷和计算载荷

(1) 名义载荷 在理想的平稳条件下，作用在零件上的载荷称为名义载荷(Nominal load)，其值可按力学公式进行计算。例如零件传递的功率 $P(\text{kW})$ 、转速为 $n(\text{r/min})$ ，则该零件所承受(传递)的扭矩 $T(\text{N} \cdot \text{m})$ 为：

$$\left. \begin{aligned} T &= 9\,550 \frac{P}{n} && (\text{N} \cdot \text{m}) \\ \text{或} \quad T &= 9.55 \times 10^6 \frac{P}{n} && (\text{N} \cdot \text{mm}) \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

(2) 计算载荷 理想的平稳载荷实际上是几乎不存在的，载荷经常是随时间变化的；再考虑到机械起动、制动时会产生附加惯性动载荷以及载荷在零件上分布不均匀等因素，为了安全可靠，计算时引入载荷系数(Factor of load) K (有时称使用系数 Factor of service) 以将上述因素的影响予以概略地估计。将名义载荷乘以载荷系数，则为计算载荷(Calculating load)。

$$T_c = KT \quad (1-2)$$

式中: T_c ——计算扭矩(Calculating torque), $N \cdot m$;

T ——名义扭矩(Nominal torque), $N \cdot m$;

K ——载荷系数。

二、机械零件的应力

在载荷作用下,机械零件上将产生某种应力。按应力在零件上的分布情况,可分为体应力(Volume stress)和表应力(Surface stress);按应力是否随时间变化,可分为静应力(Static stress)和变应力(Varying stress)。

1. 体应力

产生并分布于零件体各质点的应力,称为体应力。拉伸应力 σ 、压缩应力 σ_c 、弯曲应力 σ_b 、扭转应力 τ_t 、剪切应力 τ 都属于体应力。各种体应力已在工程力学中作了详尽讨论,不再赘述。

2. 表应力

在机械中,零件间往往通过表面接触来传递载荷,因而在接触表面上产生垂直于表面的应力。产生并分布于零件接触表面(实际为表层)的应力称为表应力。表应力包括挤压应力(Extruding stress) σ_p 和接触应力(Contacting stress) σ_H 。挤压应力已在力学中讨论过。

有些机械零件,如摩擦轮、齿轮轮齿、滚动轴承的滚动体与内、外座圈等,在受载前是点接触或线接触;受载时,接触处产生局部弹性变形,形成小的接触面积,在此小面积上不均匀地分布着接触应力。因此,这些机械零件除了必须具有足够的整体强度外,还必须具有足够的表面接触强度(Surface contacting strength)。为了保证机械零件在规定的使用期限内不致产生表面失效(Failure),必须对零件工作时的接触应力进行计算。

现将常见的轴线平行的两圆柱体的接触应力的计算介绍如下。

如图 1-6 所示,两个半径分别为 R_1 和 R_2 的圆柱体在压力 F 作用下接触,由于产生局部变形,接触线变成面积为 $2bl$ 的长方形接触面,在垂直于轴线的截面内,接触应力呈椭圆形分布。根据弹性力学理论,当两圆柱体的材料均为钢时,最大接触应力为:

$$\sigma_{H\max} = 0.418 \sqrt{\frac{qE}{R}} \quad (1-3)$$

式中: q ——单位接触长度上的载荷, $q = F/l$;

F ——压力;

l ——两圆柱体接触长度;

E ——材料综合弹性模量;

$$E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2}, E_1、E_2 \text{ 分别为两圆柱材料的弹性模量};$$

R ——两圆柱体综合曲率半径;

$$R = \frac{R_1R_2}{R_2 \pm R_1}, R_1、R_2 \text{ 分别为两圆柱体半径,式中“+”用于外接触[如图 1-6a)],}$$

“—”用于内接触[如图 1-6b)]。

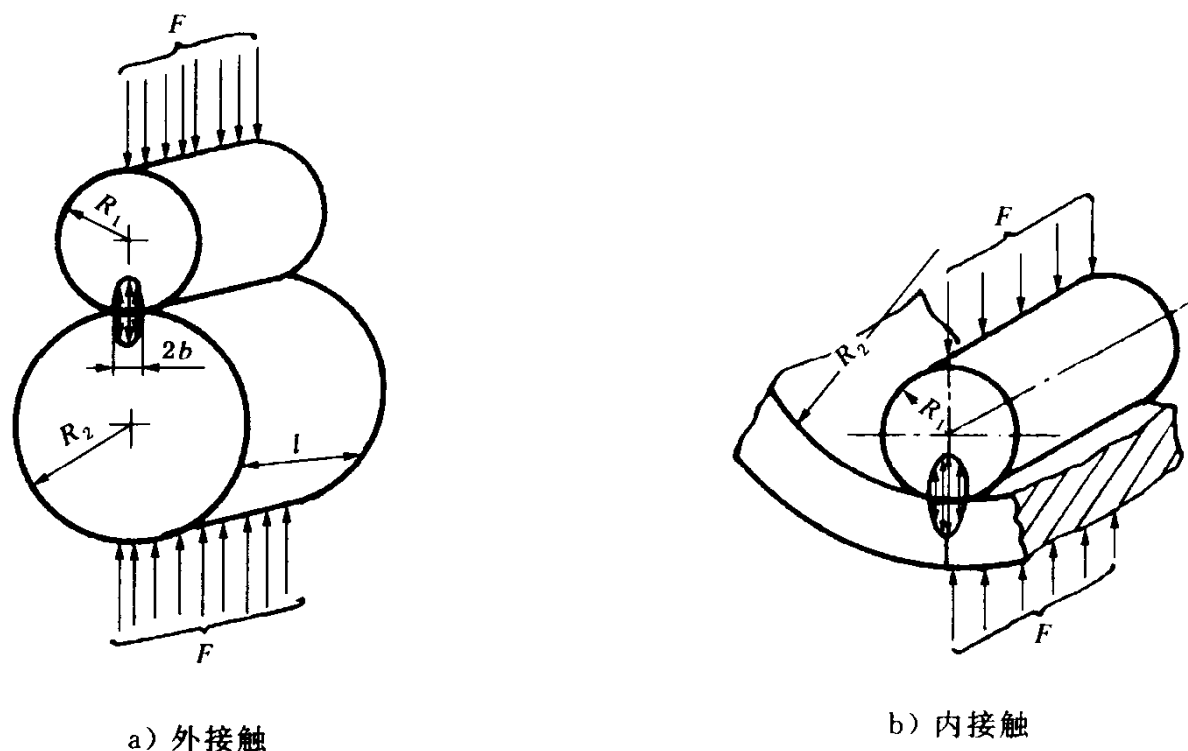


图 1-6 轴线平行的两圆体的接触应力

3. 静应力

方向和大小不随时间变化的应力,称为静应力。例如零件自重引起的应力,锅炉中蒸汽压力在锅炉壳体中引起的应力亦属于静应力。静应力只能由静载荷产生,并且只有载荷方向相对于零件不变时,应力才是静应力。如图 1-7 所示的不随滑轮转动的固定滑轮轴的弯曲应力是静应力。

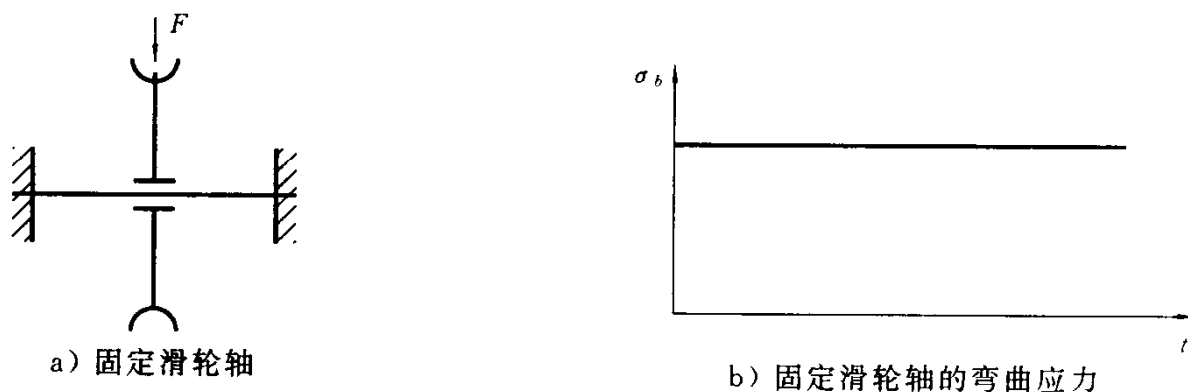


图 1-7 固定滑轮轴及其弯曲应力

4. 变应力

方向和大小随时间变化的应力,称为变应力。变载荷作用在零件上,肯定产生变应力;但当静载荷的方向相对零件变化时,则在零件中也产生变应力。例如图 1-8 所示的随滑轮转动的滑轮轴,其弯曲应力就是变化的。

按照变应力的变化规律性,又可分为稳定循环变应力(Constant-amplitude stress)和不稳定循环变应力(Vary-amplitude stress)以及随机变应力(Random stress)。变应力的类型及特性将在第二章中详述。