



普通高等学校机械类“十二·五”规划教材

机械设计简明教程

(中少学时)

孟庆东 主编

张则荣 周克斌 副编

西北工业大学出版社

普通高等学校机械类课程十二·五规划教材

机械设计简明教程

(中少学时)

主 编	孟庆东	王秀田		
副主编	张则荣	周克斌		
编 者	闫 芳	杨东亮	刘 斌	
主 审	刘光启	王宪伦		

西北工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计简明教程/孟庆东,王秀田主编. —西安:西北工业大学出版社,2014.8
ISBN 978-7-5612-4061-8

I. ①机 II. ①孟… ②王… 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(2014)第 182008 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西宝石兰印务有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:13.375

字 数:320 千字

版 次:2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价:28.00 元

前 言

“机械设计”是机械工程类诸专业的主干课程之一,是培养学生机械设计能力的重要技术基础课。通过本课程的学习,以及课程设计实践环节,学生可以了解、掌握系统的机械设计理论和方法,并具有综合运用有关课程、标准和规范等知识进行机械设计的初步能力。

“机械设计”这门课程的内容较多、较繁杂,系统性较差。加之本课程与其他先修课程关系多、要求多、公式多、图形多、表格多等,客观地讲,全面完成授课内容需要相当多的课时。然而,当前各高等院校不断进行教学改革的探索,普遍在压缩课堂计划学时,从而客观上存在着“内容多、课时少”的矛盾。

根据教育部面向 21 世纪高等院校教学改革的精神,需要妥善处理学时少、内容多的矛盾。为了适应这一形势,我们组织部分高校具有教学经验的教师,编写了这本《机械设计简明教程》,意图能在有限学时内达到确保基本、重点内容,兼顾一般的目的。

本书在编写内容上遵循从一般到个别的原则。第 1 章和第 2 章综合叙述了本课程的主要内容、性质、任务及一般机械设计的共性问题,即对机械设计与各理论学科的关系进行概括的论述。以后各章论述常用的机械零部件。各章内容的一般顺序是:首先介绍零部件的主要类型、构造、功能、材料、制法、标准、缺点、适用场合等基本知识,以便读者对该章论述的零部件有初步的了解,为学习设计准备条件。然后论述工作情况、受力分析、应力状态、失效形式、设计准则、设计方法与步骤、参数选择原则、常用参考资料以及有关注意事项等,便于读者初步掌握零部件的设计理论与方法。机械设计总论所涉及的基本概念、基本方法在后续章节中以不同的名称及不同的表达形式出现,是机械零件设计概论中基本原理、基本概念的具体化,但它们都具有不变的实质。读者可在学习过程中从不同的侧面深刻理解这些基本概念,然后将它们迁移到具体的零部件设计当中。如果概念理解不深刻,就不能做到横向联系和融会贯通。

本书以机械设计的基本知识、基本理论和基本方法为重点,所以学习方法要求掌握概念、理解要深刻、设计基本原则要明确、设计思路要清晰。

为配合本书的使用,笔者还同时制作了电子课件。电子课件不但是对教材内容的高度概括,而且还是对教材内容的拓展和延伸,汇集了丰富的图、声、视频等内容。电子教材中的动画过程循序渐进,将理论问题形象化,帮助学生加深理解,同时,也给教师教学带来了极大的便利。广大读者可在西北工业大学出版社网站下载使用。(网站号 www.nwpup.com)。

另外,与本书内容相配套,还同步出版了教学辅导书《机械设计导教·导学·导考》(西北工业大学出版社)。其内容主要包含各章的学习要求,重点和难点内容剖析,考点提示、典型实例分析、考试题库和机械设计实验指导。

本书可作为普通工科院校机械和近机械工程类本科诸专业开设的“机械设计”课程的教材,若舍去部分内容(如带 * 号的),亦可作上述诸专业的专科教材,因而有较大的弹性,可供学时数为 48~65 的院校选用,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

参加本书编写的有(按姓氏笔画序排列):王秀田(青岛技师学院,编第 2、3、4 章);刘斌(济宁技师学院,第 5 章);闫芳(烟台南山学院,第 6 章和设计制作电子课件);张则荣(青岛科技大

学,编第 7、8、9 章);周克斌(青岛技师学院,编 10、11 章);孟庆东(青岛科技大学,编前言、第 1 章);杨东亮(济宇技师学院,第 12 章)。本书由孟庆东、王秀田任主编,张则荣、周克斌任副主编。孟庆东和张则荣统稿。

本书承蒙刘光启教授和王宪伦博士(研导)主审,提出了许多宝贵建议。

在编写出版过程中得到西北工业大学出版社及各参编者所在学校的大力支持与协助。在编写中借鉴、引用了许多同类教材及教学辅导教材、题解等有关教学参考书。

谨此,一并对上述单位和个人表示衷心感谢!

限于编者的水平,肯定还存在不少缺点和不妥之处,希望使用本书的广大教师和读者提出批评和指正,以利于教材质量的进一步提高。

编 者

2014 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 机械工业在现代化建设中的作用	1
1.2 机器的组成	1
1.3 机器的分类	2
1.4 机械和机械设计	3
1.5 机械(机器)设计的基本要求	3
1.6 机器设计的一般程序	4
1.7 本课程的性质和任务	5
复习题与习题	5
第 2 章 机械零件设计概论	6
2.1 机械零件的主要失效形式和设计计算准则	6
2.2 机械零件的体积强度	9
2.3 机械零件的接触强度	12
2.4 机械中常用材料及其选择	13
2.5 机械零件的设计方法	16
2.6 机械现代设计方法概述	17
2.7 机械零件设计的一般步骤	18
2.8 机械零件设计中的标准化	18
复习题与习题	19
第 3 章 摩擦、磨损与润滑概述	20
3.1 摩擦	20
3.2 磨损	21
3.3 润滑	24
复习题与习题	25
第 4 章 螺纹连接及螺旋传动	26
4.1 螺纹参数	26
4.2 螺旋副的运动、受力、自锁和效率	29
4.3 螺纹连接的基本类型和螺纹连接件	31
4.4 螺纹连接的预拧紧和防松	32
4.5 螺栓连接的强度计算	34
4.6 螺栓的材料和许用应力	37

4.7 螺栓组连接的受力分析	39
4.8 提高螺栓连接强度的措施	45
4.9 螺旋传动	48
复习题与习题	51
第5章 其他形式的连接	53
5.1 键连接	53
5.2 花键连接	58
5.3 销连接	59
5.4 胀紧连接	60
5.5 过盈连接	61
复习题与习题	62
第6章 带传动和链传动	63
6.1 带传动的类型和特点	63
6.2 V带传动的基本结构	65
6.3 带传动的工作情况分析	70
6.4 普通V带传动的设计计算	75
6.5 带传动的安装、张紧、使用和维护	82
* 6.6 其他带传动简介	84
6.7 链传动	85
6.8 链传动的运动特性	88
6.9 链传动的特点及应用	89
6.10 链传动的失效及设计计算概述	90
6.11 链传动的布置和张紧	94
复习题与习题	96
第7章 齿轮传动	98
7.1 齿轮传动概述	98
7.2 齿轮传动的失效形式	99
7.3 齿轮的设计准则	100
7.4 齿轮常用的材料及选材原则	100
7.5 齿轮传动的精度	102
7.6 直齿圆柱齿轮的强度计算	104
7.7 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	111
7.8 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	113
7.9 齿轮的结构设计	114
7.10 齿轮的润滑	115
7.11 齿轮传动的效率	116

复习题与习题	117
第 8 章 蜗杆传动	118
8.1 蜗杆传动概述	118
8.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸计算	119
8.3 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	122
8.4 普通蜗杆传动的强度计算	123
8.5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	125
8.6 蜗杆和蜗轮的结构	127
复习题与习题	128
第 9 章 轴承	130
9.1 滑动轴承概述	130
9.2 滑动轴承的结构形式	132
9.3 轴瓦及轴承材料	133
9.4 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	136
9.5 滑动轴承的润滑剂和润滑装置	139
* 9.6 液体摩擦滑动轴承简介	142
9.7 滚动轴承的基本类型和特点	143
9.8 滚动轴承的代号	147
9.9 滚动轴承的选择计算	150
9.10 滚动轴承的润滑和密封	159
9.11 滚动轴承的组合设计	162
9.12 滚动轴承与滑动轴承的比较	165
复习题与习题	165
第 10 章 轴	167
10.1 概述	167
10.2 轴的材料	169
10.3 轴结构的选择设计	170
10.4 轴的强度计算	174
10.5 轴的刚度校核	180
10.6 轴的选择设计特点与重要性	180
10.7 轴的共振和避免共振的措施	181
复习题与习题	181
第 11 章 联轴器、离合器和制动器	184
11.1 联轴器	184
11.2 离合器	190
11.3 制动器	193

11.4 联轴器、离合器、制动器的使用和维护	194
复习题与习题	195
第 12 章 弹簧	196
12.1 概述	196
12.2 圆柱螺旋弹簧	198
12.3 圆柱螺旋压缩弹簧的设计计算	199
12.4 圆柱螺旋弹簧的制造	203
复习题与习题	203
参考文献	205

第 1 章 绪 论

1.1 机械工业在现代化建设中的作用

在生产过程中,直接运用电力或其他动力来驱动或操纵机械设备代替手工劳动进行生产的措施称为机械化。机械化是提高劳动生产率和减轻体力劳动的重要途径,机械化代替手工工具,提高劳动生产率,是社会生产力发展到一定阶段的必然产物。毫无疑问,机械化的核心是机械设备。装备制造业是国民经济持续发展的基础,是工业化、现代化建设的发动机和动力源,是技术进步的主要舞台、国防安全的保障、发展现代文明的物质基础。

机械工业肩负着为国民经济各个部门提供技术装备的重要任务。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。

1.2 机器的组成

机器的发展经历了一个由简单到复杂的漫长过程。可以用图 1.1 来概括地说明当前一部完整机器的组成。一台机器一般由动力部分(原动机)、传动部分、工作部分(执行机构)、操纵控制监测系统和辅助系统(润滑、照明等)组成。在图中,双线框表示一部机器的基本组成部分,单线框表示附加组成部分。

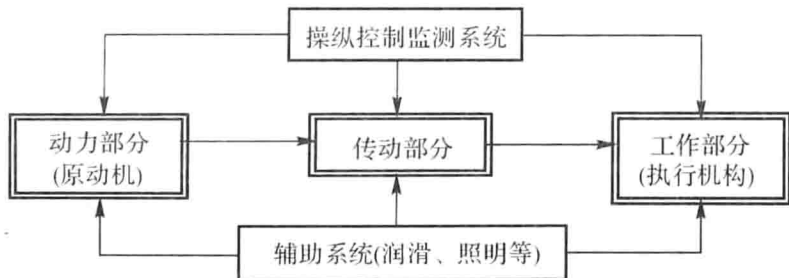


图 1.1 机器的组成

1.2.1 机器的基本组成部分

(1)原动机部分。它是驱动整部机器完成预定功能的动力源。通常一部机器只用一个原动机,复杂的机器也可能有好几个动力源。一般地说,它们都是把其他形式的能量转换为可以利用的机械能。现代机器中使用的原动机大致是以各式各样的电动机和热力机为主。

(2)执行部分。它是用来完成机器预定功能的组成部分。一部机器可以有一个或几个执行部分,如图 1.2 所示(例如桥式起重机的卷筒、吊钩部分执行上下吊放重物的功能,小车行走部分执行横向运送重物的功能,大车行走部分执行纵向运送重物的功能)。

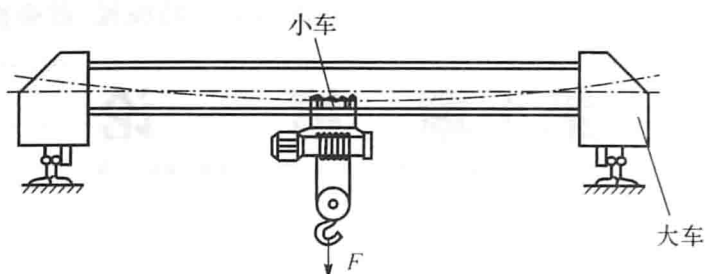


图 1.2 桥式起重机

(3) 传动部分。由于机器执行部分的功能是各式各样的,所以要求的运动形式也是各式各样的。同时,所要克服的阻力也会随着工作情况而异。但是原动机的运动形式、运动及动力参数却是有限的,而且是确定的。这就提出了必须把原动机的运动形式、运动及动力参数转变为执行部分所需的运动形式、运动及动力参数的问题。这个任务就是靠传动部分来完成的。也就是说,机器中之所以必须有传动部分,就是为了解决运动形式、运动及动力参数的转变。例如把旋转运动变为直线运动,把高转速变为低转速,把小转矩变为大转矩等。

机器的传动部分可以使用机械传动系统,也可以使用液压或电力传动系统。机械传动是绝大多数机器不可缺少的重要组成部分。传动部分的研究是“机械设计”课程所研究的主要内容之一。

1.2.2 附加组成部分

简单的机器只由上述三个基本部分组成。随着机器的功能越来越复杂,对机器的精确度要求也就越来越高,如机器只有以上三个基本部分,使用起来就会遇到很大的困难。所以机器除了以上三个部分外,还会增加其他部分,例如控制系统和辅助系统等,如图 1.1 中单线框所示。

1.3 机器的分类

按工作类型来分,机器可以分为三类:动力机器、工作机器和信息机器。

动力机器的功能是将非机械能转换为机械能,或将机械能变换成其他形式的能量,内燃机、电动机和发电机都是动力机器。

工作机器的功能是完成有用的机械功或移动物品,如金属切削机床、汽车、飞机、水压机、吊车和输送机等。

信息机器的功能是完成信息的传递和转换,如复印机、绘图机、照相机、传真机等。

如图 1.3 所示为一台带式输送机,其功能是输送物料工作机器,属于工作机器。它主要由电动机、减速器、输送带、支撑轴、联轴器、机架和操纵系统等组成。电动机进行能量转换,输出运动和机械能,通过联轴器,经减速器减速,增扭,再经联轴器带动输送带按设计的速度运行,实现输送物料。

再如图 1.4 所示为一台全功能数控车床。数控车床一般由以下部分组成:主机——数控车床的机械部件,包括床身、主轴箱、刀架尾座、进给机构等;数控装置——数控车床的控制核心,其主体是控制机床动作的计算机和软件;伺服驱动系统——数控车床切削工作的动力部

分,实现主运动和进给运动;辅助装置——数控车床的一些配套部件,包括液压、气动装置及冷却系统、润滑系统和排屑装置等。通过这四个部分的协调运转,数控车床就能对轴类或盘类等回转体零件自动完成内、外圆柱面、圆锥面、圆弧面和直、锥螺纹等工序的切削加工,并能进行切槽、钻、扩和铰等工作。

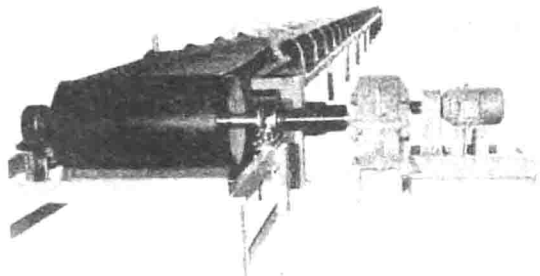


图 1.3 台带式输送机

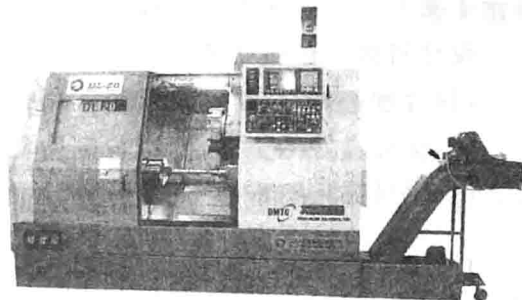


图 1.4 全功能数控车床

1.4 机械和机械设计

机械是机器和机构的总称。

人类为了满足生产及生活的需要,设计和制造了类型繁多、功能各异的机器。组成机器的不可拆的基本单元叫做机械零件或零件,如螺钉、齿轮、轴、活塞、叶片、弹簧等。为完成同一功能在结构上组合在一起的若干零件叫做机械部件或部件,如联轴器、轴承等。在机械设计领域,各种机器中普遍使用的零件叫做通用零件,如齿轮、轴、螺栓、轴承等。按国家标准或行业标准生产的零件称为标准件。

机械设计是根据对机械产品提出的任务,应用各种先进技术的成果,求得一个在技术上尽可能完善、使用方便、外型美观、经济上合理并能集中反映先进生产力的研制机械产品的方案和手段,是综合性、创造性劳动。它包括机器、机构、构件或零件的设计。

机械设计工作是装备制造业的命脉,企业要不断推出具有竞争力的产品,必须要有先进的设计。

从学科角度讲,机械设计是一门研究机器设计基础性问题 and 如何设计机械零件的一门学科。从设计角度讲,机械设计是根据使用要求对机器的工作原理、结构、运动方式、力和能量的传递方式、各个零件的材料和结构、润滑方法等进行构思、分析和计算并将之转化为具体的描述,以作为制造依据的工作过程,是一项创造性工作。

1.5 机械(机器)设计的基本要求

机械设计包括以下两种设计:

- (1)应用新技术、新方法开发创造新机械。
- (2)在原有机械的基础上重新设计或进行局部改造,从而改变或提高原有机械的性能。

机械设计质量的高低直接影响到机械产品的性质、价格及经济效益。

机械零件是组成机器的基本单元。在讨论机械设计的基本要求之前,首先应了解设计机械零件的基本要求。

1.5.1 机械零件设计的基本要求

机械零件设计的基本要求是机械零件工作可靠并且成本低廉。

零件的工作能力是指零件在一定的工作条件下抵抗可能出现的失效的能力。失效是指零件由于某些原因不能正常工作。只有每个零件都能可靠地工作,才能保证机器的正常工作。

设计机械零件还必须有经济观点,力求综合经济效益高。为此要注意:

- (1)合理选择材料,降低材料费用;
- (2)保证良好的工艺性,减少制造费用;
- (3)尽量采用标准化、通用化设计,简化设计过程,节省设计和加工费用。

1.5.2 机械(机器)设计应满足的基本要求

1. 使用要求

所设计的机械要求保证实现预定的使用功能,并在规定的工作期限内正常运行。

2. 经济性要求

机械的经济性应该体现在设计、制造和使用的全过程。它是一项综合性指标。要求设计及制造成本低、机器生产率高、能源和材料消耗少、维护及管理费用低等。

3. 可靠性要求

可靠性是机械在规定的工况条件下和规定的使用期限内,完成预定功能的一种特性。进行机器评价时,必须对机器的可靠性进行分析,把可靠性作为一项评价的指标。从可靠性的观点来看,盲目地追求复杂的结构往往是不明智的,一般地讲,系统越复杂,则系统的可靠性就越低。为了提高复杂系统的可靠性,就必须增加并联备用系统,而这不可避免地会提高机器的成本。

机械的可靠性取决于设计、制造、管理、使用等各阶段。设计阶段对机械可靠性起到决定的影响。

4. 工作安全,操作方便

贯彻“以人为本”的理念,要有各种保险装置以消除由于误操作而引起的危险,避免人身及设备事故的发生。操作系统要简便可靠,有利于减轻操作人员的劳动强度。

5. 造型美观,减少污染

要求所设计的机器不仅使用性能好、尺寸小、价格低廉,而且外形美观,富有时代特点,并且尽可能地降低噪声,减轻对环境的污染。

6. 其他特殊要求

有些机器还具有某些特殊要求。例如:机床有长期保持精确度的要求;经常搬动的机器(如建筑起重机、钻探机等)有便于安装、拆卸和运输的要求;食品、纺织机械有不得污染产品要求等。

1.6 机器设计的一般程序

机器设计没有一成不变的程序,须视具体情况而定,一般设计过程,通常可概括为如下几个阶段:

(1)研究和确定设计任务。首先根据生产要求,确定机器的功能范围和工作指标,研究实现的可能性,然后确定设计要解决的课题和项目。

(2)拟定总体方案。根据设计任务,调查现有同类型机器的设计、生产、使用情况,了解制造厂生产技术水平,拟定机器的工作原理、机构运动简图、机械传动示意图。

(3)初步设计。通过运动分析、动力分析和强度计算,确定零件、构件和机构的主要参数和尺寸,并绘制必要的草图。

(4)结构设计。根据初步设计的结果,充分考虑满足零件的工作能力及结构工艺性,确定零件的形状和全部尺寸,并绘制零件工作图,编出各种技术文件和说明书。

(5)试制与投产。设计结果是否能满足要求,需要经过试制和鉴定,并进行必要的修改和小批量生产。设计定型后,再进行成批生产。

设计过程的各个阶段是互相联系的,所以,具体设计过程往往要相互交叉进行,发现不足,必须修改前面有关阶段的内容,以期获得良好的结果。

1.7 本课程的性质和任务

本课程是综合应用先修课程(机械制图、理论力学、材料力学、工程材料及机械制造基础、机械原理等)的基础理论和工程实践生产知识的一门重要的技术基础课,在教学计划中,它在基础课与专业课之间起承上启下的作用。

本课程的主要任务:

(1)为有关专业的学生学习专业机械设备课程提供必要的理论基础。

(2)为从事工艺、运行、管理的技术人员在了解各种机械传动原理、设备的正确使用和维护及设备的故障分析等方面提供必要的基本知识。

(3)通过本课程的理论学习、实验和课程设计,可以培养学生初步具备运用手册设计机械传动装置和简单机械的能力,为日后从事技术革新创造条件。

复习题与习题

1.1 简述机械工业在现代化建设中的作用。

1.2 简述机器的组成。

1.3 什么是机械设计?有何意义?

1.4 机械设计课程研究的内容是什么?

1.5 机械零件设计的基本要求有哪些?

1.6 机械(机器)设计应满足的基本要求是什么?

1.7 机器设计的一般程序是什么?

第2章 机械零件设计概论

在现代生产和日常生活中,有各种类型的机械,如汽车、机床、起重机、机器人以及缝纫机、洗衣机等,虽然它们的用途、功能不同,工作条件各异,表现在机械的结构形式和零件材料的选择上也各不相同,但在设计这些机械时,除了要考虑各自的特殊性以外,都必须满足一些共同的基本要求,遵循一些基本原则。为此,本章只对机械和机械零件的设计计算有关的共同性问题作扼要阐述。

2.1 机械零件的主要失效形式和设计计算准则

2.1.1 机械零件的主要失效形式

机械零件丧失工作能力或达不到设计要求性能时,称为失效。失效并不只是意味着破坏,有多种形式。常见的失效形式有以下几种。

1. 断裂

零件在外载荷作用下,由于某一危险剖面上的应力超过零件的强度极限而发生的断裂,或者零件在交变应力作用时,危险剖面上发生的疲劳断裂,这是大多数机械零件的失效形式。

2. 过量变形

机械零件受载时,必然会发生弹性变形。在允许范围内的零件的弹性变形,对机械正常工作影响不大,但过量的弹性变形(即刚度不足)则将使机械不能正常工作,有时还会造成较大的振动,致使零件损坏。当零件过载时,塑性材料还会发生塑性变形,造成零件尺寸和形状的改变,破坏零件或部件间的相互位置或配合关系,使零件或机器不能正常工作。

3. 表面失效

在机械中绝大多数零件都与别的零件发生静的或动的接触和配合关系,载荷作用于表面,摩擦发生在表面,环境介质也包围着表面,因此,失效多出现在表面。表面失效包括:

- (1)零件受力表面无相对运动的失效,如压溃;
- (2)零件受力表面有相对运动的失效,如磨损、疲劳点蚀、胶合或表面塑性变形等;
- (3)零件不受力表面的失效,如腐蚀。

表面失效在很大程度上限制了零件的使用寿命。

4. 破坏正常工作条件引起的失效

有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作,如果破坏了正常工作条件就会失效。例如,靠表面摩擦力保持工作能力的带传动,当传递的有效圆周力超过临界摩擦力时就将发生打滑失效;液体摩擦滑动轴承,当润滑油膜破裂时将发生过热、胶合、磨损等形式的失效;高速转动的零件,当其转速等于或接近零件的自振频率时,就会发生共振,使振幅急剧增大,导致零件甚至整个系统在短期内破坏等。

2.1.2 机械零件的工作能力计算准则

零件抵抗失效的安全工作限度称为零件的工作能力。通常对载荷而言,称为零件的承载能力。工作能力有时也对变形、速度、温度、压力等而言。在实际工作中,同一种零件可能有好几种不同的失效形式,对应于各种失效形式就有不同的工作能力。例如,轴的失效可能是疲劳断裂,这时轴的工作能力取决于轴的疲劳强度;轴的失效也可能是过量的弹性变形,这时轴的工作能力取决于轴的刚度。显然,起决定作用的将是零件工作能力中的较小者。

机械零件工作能力的判定条件称为零件的工作能力计算准则。它主要有强度、刚度、耐磨性、振动稳定性和耐热性准则等,它们是计算确定零件基本尺寸的主要依据。

1. 强度准则

强度是衡量机械零件工作能力最基本的计算准则,它是指零件受载后抵抗整体断裂、塑性变形和某些形式的表面失效的能力。如果零件强度不够,就不能正常工作,甚至可能发生严重事故。强度计算的条件为

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (2.1)$$

式中, σ 为零件危险截面或工作表面的最大工作应力, N/mm^2 ; $[\sigma]$ 为零件的许用应力, N/mm^2 。

2. 刚度准则

刚度是指零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。对于有刚度要求的零件,如机床主轴、电动机轴等需要进行刚度计算。刚度计算条件为

$$\left. \begin{aligned} y &= [y] \\ \varphi &\leq [\varphi] \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

式中, y 为零件工作时的变形量(伸长量、挠度等); $[y]$ 为零件的许用变形量; φ 为零件工作时的变形角(偏转角、扭转角等); $[\varphi]$ 为零件的许用变形角。

y 和 φ 可按理论计算或用实验方法确定,而 $[y]$ 和 $[\varphi]$ 则应随不同的场合,按理论或经验确定其合理的数值。

3. 寿命准则

影响零件寿命的主要失效形式有腐蚀、磨损及疲劳,它们三个不同范畴的问题,所以,各自的产生机理及发展规律完全不同。迄今为止,关于腐蚀与磨损的寿命计算尚无法进行,关于疲劳寿命计算,通常是计算出使用寿命时的疲劳极限或额定载荷作为计算的依据。

4. 振动准则

振动准则是针对高速机器中零件出现的振动、振动的稳定性和共振,它要求零件的振动应控制在允许范围内,而且是稳定的,对于强迫振动应使零件的固有频率与激振频率错开。高速机械中存在着许多激振源,如齿轮的啮合、滚动轴承的运转、滑动轴承中的油膜振荡及柔性轴的偏心转动等。设计高速运动的机械零件除满足强度准则外,还要考虑满足振动准则。对于强迫振动,振动准则的表达式为

$$f_n < 0.85f \quad (2.3)$$

$$f_n > 1.15f \quad (2.4)$$

式中, f 为零件的固有频率,单位为 Hz ; f_n 为激振频率,单位为 Hz 。

5. 耐磨性准则

耐磨性准则是针对零件的表面失效,它要求零件在正常条件下工作的时间内能达到零件的寿命。腐蚀和磨损是影响零件耐磨性的两个主要因素。目前,关于材料耐腐蚀和耐磨损的计算尚无实用有效的方法。因此,在工程上对零件的耐磨性只能进行条件性计算。

一是验算压强。使其不超过许用值,以防此压强过大使零件工作表面油膜破坏而产生过快磨损,其验算式为

$$p \leq [p] \quad (2.5)$$

二是验算滑动速度 v 。比较大的摩擦表面,还要防止摩擦表面温升过高使油膜破坏,导致磨损加剧,严重时产生胶合。因此,要限制单位接触面积上单位时间内产生的摩擦功不要过大。如果摩擦因数为常数时,则可验算 pv 值不超过许用值,即

$$pv \leq [pv] \quad (2.6)$$

式中, p 为零件表面压强,单位为 MPa; v 为零件表面的线速度,单位为 m/s; $[pv]$ 为 pv 的许用值,单位为 MPa · m/s。

6. 可靠性准则

产品、系统在规定的条件下,规定的时间内,完成规定功能的能力称为可靠性。产品可靠性定义的要素是三个“规定”：“规定条件”“规定时间”和“规定功能”。

对产品而言,可靠性可以用可靠度来衡量,可靠度越高可靠性就越好。可靠度高的产品,可以长时间正常工作(这正是所有消费者需要得到的);从专业术语上来说,就是产品的可靠度越高,产品可以无故障工作的时间就越长。

如有一大批某种零件,其件数为 N_0 ,在一定的工作条件下进行试验,如果在 t 时间后仍有 N 个零件在正常地工作,则此零件在该工作环境条件下工作 t 时间的可靠度可表示为

$$R = \frac{N}{N_0} \quad (2.7)$$

如果时间再延长,则 N 将不断地减小,那么可靠度将发生改变,这说明,可靠度是时间的一个函数。

如果再将时间延长些,则又会有 dN 个零件发生破坏,则在该时间间隔内的破坏比率 $\lambda(t)$ 可以表示为

$$\lambda(t) = -\frac{dN/dt}{N} \quad (2.8)$$

式中, $\lambda(t)$ 表示失效率,负号表示 dN 的增大将使 N 减小。

将失效率对时间进行积分,可以得到

$$-\int_0^t \lambda(t) dt = \int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \ln \frac{N}{N_0} = \ln R \quad (2.9)$$

$$R = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

可以知道,零件的失效率 $\lambda(t)$ 与时间 t 的关系曲线是浴盆曲线(图略),其分为三个阶段:早期失效区、偶然失效区和耗损失效区。早期失效区的失效率为递减形式,即新产品失效率很高,但经过磨合期,失效率会迅速下降。偶然失效区的失效率为一个平稳值,意味着产品进入了一个稳定的使用期。耗损失效区的失效率为递增形式,即产品进入老年期,失效率呈递增状态,产品需要更新。