

机 械 设 计

MACHINE DESIGN

汪 琪 编著



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

机 械 设 计

MACHINE DESIGN

汪 琪 编著

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/汪琪编著. — 合肥:合肥工业大学出版社, 2010.12
ISBN 978-7-5650-0340-0

I. ①机… II. ①汪… 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(2010)第 258486 号

机 械 设 计

汪 琪 编著

责任编辑 朱移山

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2010 年 12 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2016 年 1 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	总 编 室:0551-62903038	印 张	43.5
	市场营销部:0551-62903198	字 数	1030 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	安徽联众印刷有限公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0340-0

定价: 68.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

机械设计课程综合了理论力学、材料力学、机械原理、金属工艺学、金属学及热处理、公差及技术测量和机械制造等课程知识,有效地解决了通用零件的设计问题,为机械类专业知识奠定了技术基础。

本书是按高等工业院校四年制机械类专业试用的《机械零件教学大纲草案》的精神编写的。内容主要是根据编者五十多年来的教学实际经验,本着少而精的原则,从方便教与学的角度精选、编排的。各主要章节均在讲授提纲的基础上作了适当的引申和探讨,并对部分传统内容进行相应的更新。全书着重阐述了机械零件设计的基本理论、基本概念和基本方法,同时反映了一些有关的现代科学技术成就。

书中的插图,特别是结构示意图,力求直观、醒目和对比清晰。

本书的特点之一,是在各主要章节附有一定数目的例题,以便学者更容易掌握其设计理论。

结合当前国内外生产及使用情况,加强了关于窄 V 带传动、螺旋传动、变位齿轮的强度计算和圆弧目标蜗杆传动的介绍。

本书所引用的有关国家标准、规范、数据、资料等,仅采用与阐明问题密切有关的部分,详细的数据及资料等可另查阅有关手册,在实际设计时,均应以现行的标准、规范为依据。本书全部采用国际单位制(SI)。

本教材所用的符号,在各章自成体系。同一符号在不同章节里代表不同的意义时,均已及时做出相应的说明。

本书主要适用于高等工科院校机械专业学生,以及电视大学、职工大学、函授大学等类似专业学生使用,也可供其他专业的师生和工程技术人员参考。

编者于 1995 年夏开始着手编写本书,爱妻潘毓英鼎力支持,玉成此事。不幸她于 1996 年年底作古,值此本书付梓问世之时,格外怀念。

限于编者水平和时间所限,疏漏之处在所难免,殷切期望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪 论

§ 1-1 本课程的内容、性质和任务	1
§ 1-2 机械设计的基本要求和一般程序	2
§ 1-3 设计机械零件应满足的基本要求	8
§ 1-4 机械零件设计中的标准化	9
§ 1-5 机械设计方法的新发展	9

第二章 摩擦、磨损及润滑

§ 2-1 摩擦学的形成	11
§ 2-2 摩擦	11
§ 2-3 磨损	14
§ 2-4 润滑	17

第三章 机械零件的常用材料及其选择原则

§ 3-1 机械零件的常用材料	28
§ 3-2 选择材料的基本原则	31

第四章 机械零件的强度

§ 4-1 零件计算中的一般概念	34
§ 4-2 机械零件的计算准则	35
§ 4-3 机械零件强度计算的应力	36
§ 4-4 载荷与应力	39
§ 4-5 机械零件的体积强度	42
§ 4-6 机械零件的接触强度	64

第五章 螺纹联接

§ 5-1 概述	74
§ 5-2 螺纹	74
§ 5-3 螺纹联接的类型和标准联接件	77
§ 5-4 螺纹联接的预紧	81

§ 5-5 螺纹联接的防松	83
§ 5-6 螺栓联接的强度计算	85
§ 5-7 提高螺栓联接强度的措施	97
§ 5-8 螺栓组联接的计算举例	99

第六章 键、花键、无键联接和销联接

§ 6-1 键联接	114
§ 6-2 花键联接	120
§ 6-3 无键联接	124
§ 6-4 销联接	126

第七章 过盈联接和胶接

§ 7-1 概述	131
§ 7-2 圆柱面过盈联接的计算	132
§ 7-3 圆锥面过盈联接的计算	138
§ 7-4 过盈配合联接中过盈配合极限偏差	139
§ 7-5 胶接	145

第八章 带传动

§ 8-1 带传动的基本理论	150
§ 8-2 普通三角胶带传动设计计算	161
§ 8-3 窄 V 带传动的设计计算	180
§ 8-4 平带传动的设计计算	200
§ 8-5 同步带传动的设计计算	213
§ 8-6 多楔带传动的设计计算	227
§ 8-7 塔轮传动的设计计算	233
§ 8-8 多从动轮带传动的设计计算	238

第九章 链传动

§ 9-1 链传动的特点和应用	242
§ 9-2 传动链的结构和特点	242
§ 9-3 链传动的运动特性	253
§ 9-4 链传动的受力分析	256
§ 9-5 链传动的设计计算	257
§ 9-6 链传动的布置、张紧和润滑	271

第十章 齿轮传动

§ 10-1 齿轮材料和轮齿的硬化方法	276
---------------------------	-----

§ 10-2	齿轮传动的失效形式及计算准则	280
§ 10-3	齿轮传动的计算载荷	283
§ 10-4	标准直齿圆柱齿轮传动强度计算	290
§ 10-5	斜齿圆柱齿轮传动的设计计算	312
§ 10-6	标准圆锥齿轮传动的强度计算	326
§ 10-7	变位齿轮传动的强度计算	339
§ 10-8	圆弧齿轮传动	362
§ 10-9	齿轮的结构设计	371
§ 10-10	齿轮传动的效率和润滑	374

第十一章 蜗杆传动

§ 11-1	概述	388
§ 11-2	蜗杆传动的类型	389
§ 11-3	蜗杆传动的主要参数、几何尺寸	391
§ 11-4	普通圆柱蜗杆传动承载能力的计算	401
§ 11-5	蜗杆传动的效率、润滑及热平衡计算	410
§ 11-6	普通圆柱蜗杆和蜗轮的结构设计	416
§ 11-7	圆弧齿圆柱蜗杆传动的设计计算	428
§ 11-8	圆弧面蜗杆传动	440

第十二章 螺旋传动

§ 12-1	概述	457
§ 12-2	螺旋传动的材料和许用应力	458
§ 12-3	传力螺旋传动的设计计算	459
§ 12-4	传导螺旋传动的设计计算	473
§ 12-5	滚动螺旋传动的设计计算	477

第十三章 滑动轴承

§ 13-1	滑动轴承的种类及其应用	497
§ 13-2	滑动轴承的典型结构	499
§ 13-3	轴瓦的材料和结构设计	502
§ 13-4	滑动轴承润滑剂的选用	509
§ 13-5	不完全液体润滑滑动轴承的设计计算	511
§ 13-6	液体摩擦动压向心滑动轴承的设计计算	518
§ 13-7	其他形式滑动轴承简介	536

第十四章 滚动轴承

§ 14-1	滚动轴承的基本知识	543
--------	-----------------	-----

§ 14-2 滚动轴承的尺寸(型号)选择	552
§ 14-3 滚动轴承的组合设计	572

第十五章 轴

§ 15-1 轴的分类及用途	586
§ 15-2 轴的材料	587
§ 15-3 轴的结构设计	589
§ 15-4 轴的强度计算	595

第十六章 联轴器和离合器

§ 16-1 概述	614
§ 16-2 联轴器	615
§ 16-3 离合器	624

第十七章 弹簧

§ 17-1 概述	631
§ 17-2 圆柱压缩和拉伸螺旋弹簧	632
§ 17-3 圆柱扭转弹簧的计算	648

第十八章 减速器

§ 18-1 常用减速器的主要类型、特点和应用	651
§ 18-2 减速器的主要参数和传动比的分配原则	654
§ 18-3 减速器的结构和润滑	657

第十九章 摩擦轮传动和摩擦无级变速器

§ 19-1 概述	660
§ 19-2 摩擦轮传动	661
§ 19-3 摩擦无级变速器	669

第二十章 机座及箱体

§ 20-1 概述	682
§ 20-2 机座及箱体的剖面形状及肋板布置	683
§ 20-3 机座及箱体设计概要	685

参考文献	688
------------	-----

第一章

绪 论

§ 1-1 本课程的内容、性质和任务

在我国农业、工业、交通、国防和科学技术等各个领域需要拥有一批新的、大型的和先进的机械工业设备。为实现产品的标准化、系列化和通用化,特别是便于实现高度的机械化、电气化和自动化,需要进行大量的机械设计工作。因此,高等工科院校机械类专业的学生和从事机械设计的工作者,都要掌握机械设计(Machine design)的基本理论和技能。

任何一部机械,其机械系统总是全部或部分由一些机构(Assembly)组成;每个机构又是由许多零件(Elements)组成。所以机器的基本组成单元就是机械零件(Machine elements)。

根据用途,机械零件可分为通用零件(General-purpose elements)和专用零件(Special-purpose elements)两类。凡在各类机器中都用到,且起着相同作用的零件,如螺栓、齿轮、轴、键和弹簧等,均属通用零件;仅在某类机器中才用到,且起着特殊作用,如涡轮机的叶片、飞机的螺旋桨、内燃机曲轴等,则属专门零件。另外,还有把一组协同工作的零件组装成单一的总体,叫作部件,如减速器、联轴器及离合器等。

本课程的研究对象是在普通条件下工作且具有一般尺寸参数的通用零件(但是巨型、微型及在高速、高压、高温、低温条件工作的通用零件除外)。本课程的主要内容是研究通用零件的设计理论和设计方法,以及有关整部机器设计的基本知识。这就是从工作能力出发,考虑结构、工艺和维护等条件,研究如何确定零件的合理形状和尺寸,选择零件的合适材料、精度等级和表面质量,以及绘制工作图和装配图等。

本课程是一门设计性质的技术基础课,在本课程中将综合运用数学、物理、机械制图、金属工艺学、金属学及热处理、理论力学、材料力学、机械原理、公差及技术测量等先修课程的基础知识和制作实践知识来解决通用零件的设计问题。同时,本课程又为后继的专业课程打下专业设计的基础,从而在基础课和专业课之间起着承上启下的桥梁作用。

由于机械设计是许多学科的综合运用,所以读者在初学本课程时,总有一个逐渐适应的过程。为了帮助读者尽快适应本课程的学习规律和掌握机械零件的设计方法,图 1-1 所示机械零件设计的分析过程,可供学习时参考。本书各章主要内容的安排,大体上也遵循着如图所示的规律:首先分析零件的工作原理及其承受载荷的性质及大小;然后根据工作情况分析零件的应力状态和性质,以及零件的失效形式;从而依据主要失效形式建立保证零件工作能力

的计算准则,并列出相应的工作能力计算公式;进而计算出零件的主要尺寸;最后进行结构设计并完成工作图。应当注意:零件在工作中受到许多实际因素的影响,这些影响因素常用各种系数分别予以考虑。

学习中应根据零件的实际工作条件进行具体分析,并要着重了解设计计算出发点、各系数的物理概念及分析方法。此外,影响零件功能的因素很复杂,有时不能单纯由理论公式计算解决。很多系数和数据是由实验得出来的,有时还要用到经验或半经验公式。因此,对公式和系数应了解它们的使用条件和适用范围。同时,还必须充分重视结构设计在确定零件形状、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强度计算方法,并经常徒手绘图,掌握结构设计的特点。

所以,本课程的任务是帮助学生树立正确的设计思想,掌握设计通用零件所需的基本理论和基本技能,并对整机设计的原则、方法和步骤有基本的了解。

对于机械类专业的学生来说,学完本课程和课程设计后,应该初步具有一般机械设计的技能和解决机械设计问题的能力,即具有逻辑思维、运用资料、计算和绘图的能力,同时为学习有关专业课程和进行专业机械设计打下一定的基础。

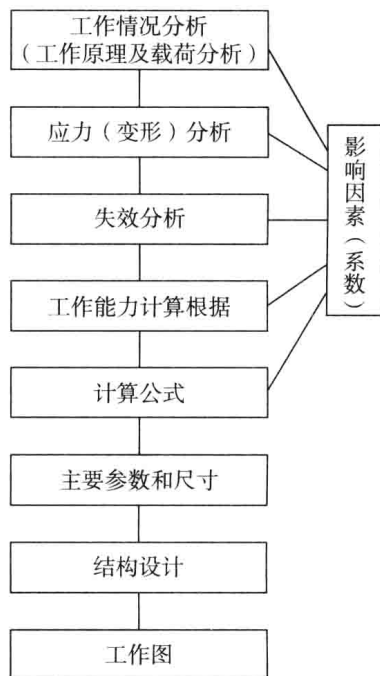


图 1-1 机械零件设计的分析过程

§ 1-2 机械设计的基本要求和一般程序

一、机械设计的基本要求

随着科学技术的发展和工业水平的提高,相应地对机器设计提出了更新更高的要求。但是对任何机器来说,设计时所要考虑的问题却是相同的,不外乎以下几项基本要求:

(一)使用功能要求

机械应具有预定的使用功能。这主要靠正确地选择机构的组合及正确地设计机器的零、部件来实现。但合理的配置原动机及必要的辅助系统对实现其预定功能的要求也非常重要。

(二)经济要求

机器及零、部件的经济性是一个综合指标,它表现在设计和制造及使用的整个过程中。在设计、制造上要求结构合理、重量轻、造价低、生产周期短;在使用上要求生产率高、工作效率高、能源消耗少、适用范围大、管理和维修费用低等。

(三)劳动保护要求

劳动保护有两层意义:

1. 方便安全 要使机器操作既方便又安全,设计时应按照人机工程学(Ergonomics)的观点尽可能减少操作手柄的数量,操作手柄和按钮等应放置在便于操作的位置,合理地规定

操作时的驱动力,操作方式要符合人的心理和习惯。同时,设置完善的安全防护及保安装置、报警装置、显示装置等。

2. 改善操作环境 所设计的机器应符合劳动保护法规的要求。降低机器运转时的噪声,防止有毒、有害介质的渗漏,对废水、废气和废液进行治理,根据工程美学的原则美化机器的外形及外部色彩等。

(四)可靠性要求

一个经过正确设计的零件,由于材料强度、加工精度和外载荷的大小都存在着离散性,有可能出现早期意外的失效,这种偶然情况,如发生在某些机器设备(如飞机、人造卫星)上,则可能造成很严重的事故。因此,要求把出现这种偶然情况的概率限制在一定程度以内,这就是对零件提出的可靠性要求。

现行设计计算中所采用的安全系数并不能对可靠性给予定量的说明。随着可靠性这门学科的发展,利用可靠性计算方法已能定量地说明可靠性的程度。

在规定的使用条件和规定的时间(工作次数、运行距离等)内,不失效地发挥规定功能的概率称为可靠度(Reliability),以 R 表示,并作为可靠性指标。设有 N_T 个零件,在预定的时间 t 内有 N_S 个零件偶然失效,剩下 $N_T - N_S$ 个零件仍能继续工作,则可靠度 R 可表示为

$$R = \frac{N_T - N_S}{N_T} = 1 - \frac{N_S}{N_T} \quad (1-1)$$

不可靠度为

$$F = \frac{N_S}{N_T} \quad (1-2)$$

不可靠度与可靠度的关系为 $F + R = 1$ 或 $F = 1 - R$ (1-3)

如果试验时间不断延长,则 N_S 将不断地增加,故可靠度也将改变。这就是说,零件的可靠度本身是一个时间的函数。

如果在时间 t 到 $t + dt$ 的间隔中,又有 dN_S 件零件发生破坏,则在 dt 时间间隔内破坏的比率 $f(t)$ 定义为

$$f(t) = \lambda = -\frac{dN_S/dt}{N_T} \quad (a)$$

式中 $f(t)$ 称为失效率,负号表示 dN_S 的增大将使 N_S 减小。

分离变量并积分

$$-\int_0^t \lambda dt = \int_{N_T}^{N_S} \frac{dN_S/dt}{N_T} = \ln \frac{N_S}{N_T} = \ln R \quad (b)$$

即 $R = e^{-\int_0^t \lambda dt}$ (1-4)

零件或部件的失效率 $\lambda = f(t)$ 与时间 t 的关系如图 1-2 所示。这个曲线,常被形象化称为浴盆曲线,一般是用试验的方法求得的。该曲线分为三段:

第 I 段代表早期失效阶段。在这一阶段中,失效率由开始时很高的数值急剧下降到某一稳定的数值。引起这一阶段失效率特别高的原因是零、部件所存在的初始缺陷,例如零件

上未被发现的加工裂纹、安装错误、接触表面未经磨合(跑合)等。

第Ⅱ段代表正常使用阶段。在此阶段内如果发生失效,一般多是由于偶然原因而引起的,故其发生是随机性的,失效率则表现为一常数。

第Ⅲ段代表损坏阶段。由于长时间的使用而使零件发生磨损、疲劳裂纹扩展等,失效率急剧增加。良好的维护和及时更换即将损坏的零件,可以延缓机器进入这一阶段到来的时间。

在工程中,失效率常用的单位为“失效数/ 10^6 h^{11} ”。

表征失效率的另一指标是两次失效间的平均工作时间 $MTBF$ (mean time between failures), 可用符号 m 表示, 它和 λ 的关系为

$$m = \frac{1}{\lambda} \quad (1-5)$$

由于 m 易于用统计方法求得, 所以常常利用式(1-5)来求 λ 的值。

为保证所设计零件具有所需的可靠度 R , 要对零件进行可靠性设计 (Design of reliability) [按式(1-4)计算]。

当由许多零件组成一个串联系统时, 只要其中之一失效, 则该系统即告失效。设各个设备零件的可靠度分别为 $R_1, R_2, \dots, R_n$, 则串联系统的可靠度为它们的乘积, 即

$$R = R_1 R_2 \cdots R_n \quad (1-6)$$

由上式可知, 串联系统的可靠度低于最低可靠度零件的可靠度。零件越多, 系统的可靠度越低。

提高可靠性的措施有:

- 1) 设计上力求结构简单, 需要调节的环节少, 零件数目少;
- 2) 提高系统中最低可靠度零件的可靠度;
- 3) 尽可能采用有一定可靠度保证的标准件;
- 4) 合理规定维修期;
- 5) 必要时增加重要环节的备用系统。

同机器的生产能力或额定功率一样, 机器的可靠性也是机器的一种固有属性。机器出厂时已经存在的可靠性叫作机器的固有可靠性。它在机器的设计、制造阶段就已确定。作为机器的用户, 其使用机器的经验、维修能力和技艺都有很大的差别, 考虑到用户的这些人为因素, 已出厂的机器(即已具有确定的固有可靠性机器)正确地完成预定功能的概率, 叫作机器的使用可靠性。作为机器的设计者, 当然对机器的可靠性能起到决定性的影响。

(五) 其他专用要求

对不同的机器, 还有一些为该机器所特有的要求。例如: 对机床有长期保持精度的要求; 对飞机有质量小、飞行阻力小而运载能力大的要求; 对流动使用的机器(如钻探机械)有便于安装和拆卸的要求; 对巨型机器有便于运输的要求等。

设计机器时, 在满足前述共同基本要求的前提下, 还应着重地考虑一些机器的特殊要

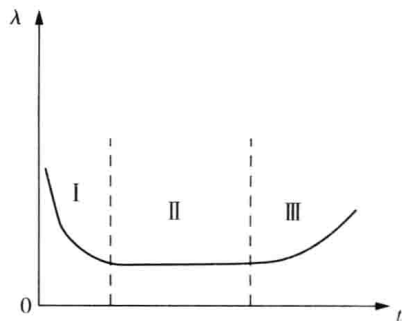


图 1-2 失效率曲线

求,以提高其使用性能。

显然,机器各项要求的满足,是以组成机器的机械零件的正确设计和制造水平为前提的,亦即,零件设计的好坏,将对机器使用性能的优劣起着决定性的作用。

二、机械(机器)设计的一般程序

一部机器的质量基本上决定于其设计质量。制造过程对机器质量所起的作用,本质上就在于实现设计时所规定的质量。因此,机器的设计阶段是决定机器好坏的关键。

一部完整的机器的设计,是一项复杂的系统工程,要很好地完成设计任务,必定有一套科学的设计程序。根据人们设计机器的长期经验,设计程序基本上如表 1-1 所示。

表 1-1 设计机器的一般程序

设计 的 阶 段	工 作 步 骤	阶 段 的 目 标
计 划	提出任务 分析对机器的需求 确定任务要求	设计任务书
方案设计	机器功能分析 提出可能的解决办法 组合几种可能的方案 评价 决策——选定方案	提出原理性的设计方案——原理图或机械运动简图
技术设计	明确构形要求 结构化 选择材料, 决定尺寸 评价 决策——确定结构形状及尺寸 零件设计 部件设计 总体设计 编制技术文件	总体设计草图及部件装置草图, 并绘制出零件图、部件装配图及总装图
技术文件的编制		编制计算说明书、使用说明书、工艺文件等

以下各阶段分别加以简要说明:

(一)编制设计任务书

设计任务书是机器设计的主要技术依据。设计任务书通常由机器的用户与参加设计者经过调查研究、综合分析后,共同制定的。内容应包括:机器的功能和经济性的预估、制造要求、基本使用要求以及完成设计任务的预计期限等。

(二)方案设计

机器的功能分析,就是要对任务提出的机器功能中必须达到的要求、最低要求及希望达到的要求进行综合分析,看其能否实现及各功能间有无矛盾,相互间能否替代等。最后确定出功能参数,作为技术设计的依据。在这一步骤中,要恰当处理需要与可能、理想与现实、发展目标与当前目标等之间可能产生的矛盾。

确定功能参数后,即可提出可能采用的方案。寻求方案时应从一部机器的组成开始,如图 1-3 所示(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),即按原动机部分、传动部分及执行部分分别进行讨论。通常先从执行部分开始讨论。

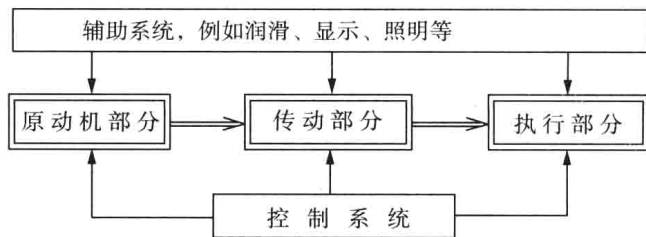


图 1-3 机器的组成

讨论机器的执行部分时,首先是关于工作原理的选择问题。根据不同的工作原理,可以有不同执行机构的具体方案。例如以切削螺纹来说,既可以采用工件只作旋转运动而刀具做直线运动的方案(如在普通车床切削螺纹),也可以使工件不动而刀具作转动和移动(如用板牙加工螺纹)。这就是说,即使对于同一工作原理,也可能有几种不同的结构要求。

原动机部分的方案也有多种选择。由于电力供应的普遍性和电力拖动技术的发展,现在绝大多数的固定机械都已采用电动机作为原动机部分。对于运输机械、工程机械或农业机械,大多选用热力原动机。即使采用电动机作原动机,也还有交流和直流的选择、高转速和低转速的选择等。

传动部分的方案就更为多样了。对于同一传动任务,可以由多种机构的组合来完成。因此,如果用 N_1 表示原动机部分的可能方案数, N_2 和 N_3 分别代表传动部分和执行部分的可能方案数,则机器总体的可能方案数为

$$N = N_1 N_2 N_3$$

以上是仅就组成机器的三个主要部分讨论的。有时,还须考虑到配置辅助系统。

在如此众多的方案中,技术上可行的仅有几个。对这几个可行的方案,要从技术方面和经济方面进行综合评价,如图 1-4 所示。由图可见,总费用最低处对应的机器复杂程度的机器结构方案就应是经济最佳方案。

评价结构方案的设计制造经济性时,还可以用单位功效的成本来表示。例如单位输出

功率的成本、单位产品的成本等。

进行机器评价时,还必须把可靠性作为一项评价的指标,对机器的可靠性进行分析。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。

通过对方案的评价进行最后决策,确定一个据以进行下一步技术设计的原理图或机构运行简图。

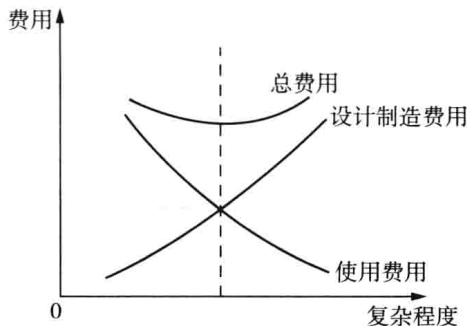


图 1-4 机器经济性费用曲线

在方案设计阶段,要正确处理借鉴与创新的关系。既要反对保守和照搬原有设计的倾向,也要反对一味求新而把合理的原有经验弃置不用的错误倾向。

(三) 技术设计

根据对机器功能的要求,进行机构、组件、部件及零件的初步设计。设计工作包括:

1. 机器的运动学设计 根据确定的结构方案,先确定原动机的参数(功率、转速、线速度等),然后作运动学计算,从而确定各运动构件的运动参数(转速、速度、加速度等)。

2. 机器的动力学计算 结合各部分的结构及运动参数,计算各主要零件上所受载荷的大小及特性。此时所求得的载荷,由于零件尚未设计出来,因而只是作用于零件上的公称(或名义)载荷。

3. 零件的工作能力设计 已知主要零件所受的公称载荷的大小和特性,即可进行零、部件的基本尺寸计算。

4. 部件装配草图及总装配草图的设计 根据已知的主要零、部件的基本尺寸,设计出部件装配草图及总装配草图。草图上应对所有零件外形及尺寸进行结构化设计。在此步骤中,需很好地协调各零件的结构及尺寸,全面考虑所设计的零、部件的结构工艺性,使全部零件有最合理的构形。

5. 主要零件的校核 在所有零件的结构及尺寸均为已知,相互邻接的零件之关系也已确定时,才可以较为精确地定出作用在零件上的载荷,决定影响零件工作能力的各个细节因素。只有在此条件下,才有可能对主要零件进行精确的校核计算。根据校核的结果,反复地修改零件的结构及尺寸,直到满意为止。

(四) 技术文件

技术文件的种类很多,主要有:

1. 设计计算说明书 应包括方案的选择及技术设计的全部结论性的内容。

2. 用户的机器说明书 包括向用户介绍机器的性能参数范围、使用操作方法、日常保养及简单维修方法,以及备用件目录等。

3. 其他技术文件 检验合格单、外购件明细表、验收条件等。

以上仅就机器设计程序作了介绍,但在机器制造和使用过程中,都有可能出现问题,作为设计工作者和机器制造厂应当有强烈的社会责任感,应进行跟踪服务,持续不断地提高机器的质量,更好地满足用户生产及生活的需求。

§ 1-3 设计机械零件应满足的基本要求

设计零件时应满足的要求是从设计机器的要求中引申出来的。一般有以下基本要求:

一、防止在预定寿命期失效的要求

为了保证机械零件在预定的使用期限内正常工作,设计时应按具体情况对其进行强度、刚度、磨损、振动、发热、可靠性等方面的计算。

1. 强度 机械零件首先应该满足的基本要求。如果零件的强度不够,就会产生表面失效、整体断裂及塑性变形的情况,使零件丧失工作能力。为了保证零件有足够的强度,计算时应使其在载荷作用下所产生的最大应力不超过零件的许用应力。

2. 刚度 零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。某些零件(例如轴)的刚度不够,会破坏机器的正常工作,或影响其工作质量。因此,这些零件的主要尺寸要根据刚度要求来确定。为了保证零件有足够的刚度,计算时应使其在载荷作用下所产生的最大弹性变形不超过零件容许的限度。

3. 寿命 影响零件寿命的主要因素有:材料的疲劳、材料的腐蚀以及相对运动零件接触表面的磨损等。大部分零件在变应力条件下工作,因而疲劳破坏是引起零件失效的主要原因。影响零件材料疲劳强度的主要因素是:应力集中、零件尺寸大小、零件表面质量及环境状况。零件处于腐蚀介质中工作时,就有可能使材料遭受腐蚀。对于这些零件,应选用耐腐蚀材料或采用各种防腐蚀的表面保护,例如发蓝、表面镀层、喷涂漆膜及表面阳极化处理等。

关于磨损及提高耐磨性等问题见第二章。

二、结构工艺性要求

零件的结构工艺性应从毛坯制造、机械加工过程及装配等生产环节加以综合考虑。零件的结构工艺性设计,在整个机器设计工作中占有很大的比重,必须予以重视。

三、经济性要求

采用轻型的、工艺性良好的小余量或无余量的零件结构可以减少加工工时;采用廉价材料和采用结合结构代替整体结构,可以降低材料成本;尽量采用标准化的零、部件也是降低机器成本的途径。

四、质量小的要求

减小质量的好处有:一可以节约材料;二可以减小运动零件的惯性,改善机器的动力性能。对于运输机械的零件,减小了本身的质量就是增加了运载量,从而提高机器的经济效益。采用轻型薄壁的冲压件或焊接件代替铸、锻零件,以及采用强重比(即强度与单位体积材料所受的重力之比)高的材料等,都是减小零件质量的措施。

五、可靠性要求

零件可靠度的定义和机器可靠度的定义是相同的,不再讨论。

§ 1-4 机械零件设计中的标准化

零件的标准化,就是通过对零件的尺寸、结构要素、材料性能、检验方法、设计方法、制图要求等,制定出各式各样的共同遵守的标准。标准化带来的优越性表现为:

1. 减轻设计工作量;
2. 便于安排专门工厂,以先进技术大规模地集中生产标准零部件,有利于合理利用原材料,保证产品质量,降低制造成本;
3. 统一材料和零件的性能指标,使其能够进行比较,并提高零件的可靠性;
4. 增大互换性,简化维修工作。

现已发布的与机械零件设计有关的标准,从应用范围来讲,有国家标准(GB)、部颁标准和企业标准三个等级。从使用的强制性来说,可分为必须执行的(如螺纹标准、制图标准等)和推荐使用的(如标准直径等)。出口产品应采用国际标准(ISO)。

对于同一产品,为了符合不同的使用条件,在同一基本结构或基本尺寸条件下,规定出若干个辅助尺寸不同的产品,称为不同的系列,这就是系列化的含义。例如对于同一结构、同一内径的滚动轴承,制出不同的外径及宽度的产品,称为滚动轴承系列。系列大小的规定,一般是以优先数系为基础的。优先数系是按几何级数关系变化的数字系列,而级数项的公比一般取为10的某次方根。例如取公比 $q=\sqrt[n]{10}$,通常取根式指数 $n=5,10,20,40$ 。按它们求出的数字系列(要作适当调整)分别为5,10,20和40系列(详见GB321-80)。

通用化是指系列之内或跨系列的产品,尽量采用同一结构和尺寸的零、部件,以减少企业内部零部件种数,从而简化生产管理,并获得较高的经济效益。

标准化、系列化、通用化,通称“三化”。“三化”程度的高低,常是评定产品质量的指标之一。“三化”是我国现行的很重要的一项技术政策,设计者应尽量使产品系列化、部件通用化、零件标准化,以提高产品质量并降低成本。

§ 1-5 机械设计方法的新发展

随着新的边缘学科的不断发展和大容量电子计算机的广泛应用,计算技术的日益提高,机械设备也不断向高速、高温、高压、大功率、精密和自动化方向发展,机械设计方法也在不断改进和发展中。常用的现代机械设计方法有下面几种:

一、计算机辅助设计(Computer aided design)

随着电子计算机的飞速发展,作为设计人员助手的电子计算机在机械设计方面的应用愈来愈广泛了。过去不能处理的一些复杂问题,现在可用计算机来求解,运算速度极快,可以在很短时间求解过去用手算难以求解,甚至无法求解的设计方程。

二、优化设计(Optimal design)

设计时,为获得最优设计方案,对于简单问题,可用试算法拟定几个方案进行比较,从中