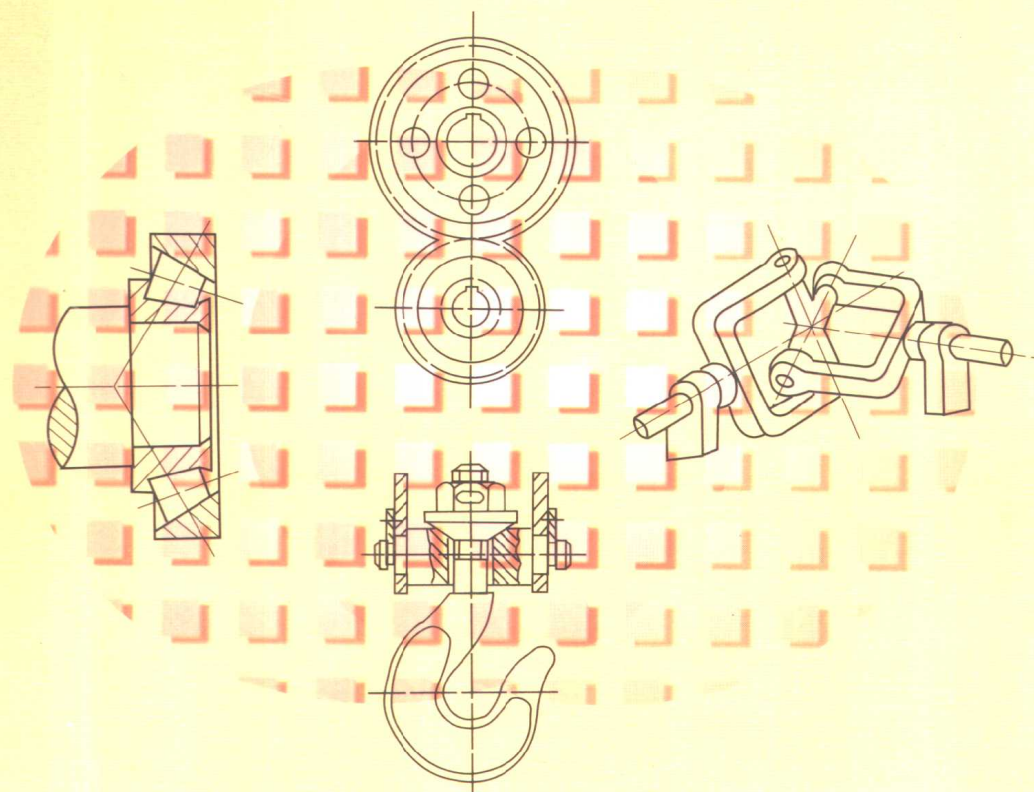


21世纪大学课程辅导丛书

机械设计学习指导

重点难点及典型题精解

张 鄂 主编



西安交通大学出版社

21 世纪大学课程辅导丛书

机械设计学习指导

重点难点及典型题精解

张 鄂 主编



西安交通大学出版社

内容提要

本书是机械设计课程的学习指导书,也是高等工业学校各类机械设计课程学习的辅助教材。考虑到各高校学生学习及考研的需要,编写中同时兼顾了全国几种常用的《机械设计》教材。

本书是针对《机械设计》各章而撰写的学习辅助教材。内容包括:各章重点内容及学习要求;基本知识点分析;典型题例解;复习思考题;自我测验题等五部分。本书主要用来指导高等学校机械类和近机类专业学生如何学习《机械设计》,帮助读者进一步理解本课程的主要内容及碰到的问题,掌握本门课程的基本理论、基本知识、基本方法和基本技能,以达到良好的学习效果。在书末附录中,选编有西安交通大学和全国部分重点大学近几年的本科生《机械设计》考试题和攻读硕士学位研究生入学考试《机械设计》试题,可供读者在学完全部课程后参考使用。

本书可作为高等工业学校各类机械设计课程的辅助参考教材,可供机械类和近机类专业的学生在学习本课程时使用,也可供电视大学、职工大学、自修大学、函授大学、夜大等相关专业的学生学习使用,还可供有关教师和工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计学习指导:重点难点及典型题精解/张鄂主编.
—西安:西安交通大学出版社,2002.2
(21世纪课程辅导丛书)
ISBN 7-5605-1483-9

I. 机… II. 张… III. 机械设计-高等学校-教
学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 096723 号

*

西安交通大学出版社出版发行
(西安市兴庆南路 25 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668315)
陕西省轻工印刷厂印装
各地新华书店经销

*

◆
开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:19.75 字数:477 千字
2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷
印数:0001~3 000 定价:25.00 元

发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

机械设计课程是高等工业学校机械工程类专业和近机类专业学生的一门主干技术基础课。它综合运用理论力学、材料力学、机械原理、金属工艺学、金属材料及热处理、公差及技术测量和机械制图等先修课程的知识,有效地解决通用机械零件的设计问题,进行机械设计学科的基本训练,并为学生进一步学习专业课程和知识打下技术基础。

本课程与学生以前学习的比较单一的许多课程不同,它是建立在机械类基础课的基础上的一门综合设计性课程。它包含的内容较广,纵横关系复杂,几乎每一章都包括工作原理、类型特点、失效分析、材料选择、强度计算、结构设计、参数选择等内容。也就是说几乎每一章都要涉及到机械原理、材料力学、金属工艺学、金属材料、机械制图等多种学科。基于机械设计课程的性质、内容和任务的要求,本课程基本上是以每种零件独立成章来安排教学的,而章与章之间的联系又不十分密切。因此,学生在学习时一时难以适应,感到“繁杂”、“零散”和“六多”(关系多、门类多、要求多、公式多、图形多、表格多),从而给教学带来一定的困难。这门课程的另一个特点,是要学生把所学的知识运用到工程实际中去,要求学生充分发挥自己的主观能动性和智慧,自己选择参数自己设计,同一个题目答案也不只一个。因此在教学中必须启发学生开动脑筋积极思考,特别是在课程设计中,不仅要继承前人已有的经验,还应进行设计创新,这又给教学提出了一个难题。基于以上原因,这门课程长期以来被学生认为难学,被教师认为难教。

本书编写的目的主要是指导学生如何学习《机械设计》各章的内容,帮助学生掌握本课程的基本内容,明确重点,指引思路,以便能较深入地了解与掌握各章的主要内容、重点、难点、学习要求及相应的学习方法,从而取得更好的学习效果,以利于学生设计能力和创新能力的培养。本书还对教材中的一些难点及关键问题加以必要的解释,并针对在机械设计中具有典型性和实践性的问题,通过各章的典型题例解,进行精解详析,以帮助广大学生较好地解决机械设计过程中遇到的各种问题。

在本书的各章内容中,主要包括:重点内容及学习要求;基本知识点分析;典型题例解;复习思考题;自我测验题等五个部分。其中,各章的重点内容及学习要求,在简要介绍该章内容的基础上,指出该章应学习的学习重点和学习要求,同时详细说明了教材中哪些是属于必须掌握的基本内容,哪些是属于扩大知识面,作为一般性了解的内容,使学生能集中精力理解和掌握本课程的主要内容。各章的基本知识点分析,主要是对各章应掌握的一些基本概念、基本理论、基本知识和基本方法做了归纳,并对教材中的难点及关键问题加以必要的解释和深入的分析,还针对学习中易出现的问题及错误,做了一些延伸或补充性的论述,使学生能较全面较深入地理解教材中的主要问题。各章的典型题例解,是对教材例题的扩展和补充,并力求在基本理论的运用、设计思路等方面给学生以更多的启示;同时,在部分例题中还对解题方法和设计计算的结果进行了总结和讨论,通过总结其规律性东西,开阔学生的视野,丰富学生的设

计思路。各章的复习思考题,以复习思考的形式概括了本章的主要内容,其中大部分问题是教材及本书所叙述的重点和要点,可供读者在复习总结时参考。各章的自我测验题,包括选择题、填充题、简答题和分析与计算题(包括结构设计题)等四种题型,可供学生学完该章后检查学习效果时使用。

本书在附录中,选编了西安交通大学和全国部分重点大学近几年的本科生《机械设计》考试题和攻读硕士学位研究生入学考试《机械设计》试题,可供读者在学完全部课程后参考使用。

本书采用我国最新国家标准和资料,并采用我国法定计量单位。

本书可作为高等工业学校各类机械设计课程的辅助参考教材,可供机械类和近机类专业的学生在学习本课程时使用,也可供电视大学、职工大学、自修大学、函授大学、夜大等相关专业的学生学习使用,还可供有关教师和工程技术人员参考使用。

本书由张鄂主编。全书承蒙西安交通大学张言羊教授和西北工业大学陆培德教授审阅,西安交通大学陈钢副教授也审阅了部分章节,他们提出了很多宝贵意见,在此致以衷心感谢。

由于编者水平所限,本书的不妥处,欢迎广大读者批评指正。

编者

2002年2月于西安交通大学



作者简介

张鄂 西安交通大学机械工程学院副教授，长期从事《机械设计》、《现代设计方法》、《机械与工程优化设计》等课程的教学与改革工作，并进行现代设计方法、机械CAD、摩擦学及铁谱技术等领域的科学研究工作。曾多次获省教学成果优秀奖和部科技成果奖，已主编出版《现代设计方法》、《铁谱技术及其工业应用》等教材、专著共四部，主持研制“现代设计方法多媒体课件教学系统”、“机械优化设计程序库”等工作，在国内外学术刊物及国际学术会议上共发表论文60余篇。

目 录

第1章 机械设计总论

1.1 重点内容及学习要求	(1)
1.2 基本知识点分析	(1)
1.2.1 机械设计概论	(1)
1.2.2 本课程的内容、性质和任务	(11)
1.2.3 机械零件常用材料和选用原则	(11)
1.2.4 机械零件的强度	(12)
1.2.5 摩擦、磨损及润滑概述	(19)
1.2.6 现代设计方法简介	(26)
1.3 《机械设计》课程的学习方法	(35)
1.4 典型题例解	(38)
1.5 复习思考题	(43)
1.6 自我测验题	(45)

第2章 带传动

2.1 重点内容及学习要求	(49)
2.2 基本知识点分析	(50)
2.2.1 带传动的主要类型及特点	(50)
2.2.2 带传动的工作情况分析	(50)
2.2.3 带传动的失效形式和计算准则	(53)
2.2.4 V带传动的设计计算和参数选择	(54)
2.3 典型题例解	(56)
2.4 复习思考题	(59)
2.5 自我测验题	(60)

第3章 齿轮传动

3.1 重点内容及学习要求	(65)
3.2 基本知识点分析	(65)
3.2.1 齿轮传动的主要类型及特点	(65)
3.2.2 齿轮传动的失效形式和计算准则	(68)
3.2.3 齿轮常用材料及热处理	(68)

3.2.4 齿轮传动的载荷计算·····	(69)
3.2.5 圆柱齿轮传动的受力分析·····	(69)
3.2.6 圆柱齿轮传动的强度计算·····	(71)
3.2.7 齿轮传动主要设计参数选择及许用应力·····	(74)
3.2.8 齿轮传动的设计计算·····	(76)
3.2.9 标准直齿圆锥齿轮设计·····	(76)
3.2.10 齿轮的结构设计和润滑设计·····	(79)
3.2.11 本章总结参考提纲·····	(80)
3.3 典型题例解·····	(81)
3.4 复习思考题·····	(91)
3.5 自我测验题·····	(95)

第4章 蜗杆传动

4.1 重点内容及学习要求·····	(102)
4.2 基本知识点分析·····	(102)
4.2.1 蜗杆传动的类型及特点·····	(102)
4.2.2 蜗杆传动的参数和几何尺寸计算·····	(103)
4.2.3 蜗杆传动的相对滑动速度和效率·····	(104)
4.2.4 蜗杆传动的失效形式和计算准则·····	(105)
4.2.5 蜗杆传动的受力分析·····	(106)
4.2.6 蜗杆传动的强度计算·····	(107)
4.2.7 蜗杆传动的热平衡计算·····	(108)
4.2.8 蜗杆传动的设计计算程序·····	(109)
4.2.9 蜗杆和蜗轮的结构·····	(109)
4.3 典型题例解·····	(109)
4.4 复习思考题·····	(118)
4.5 自我测验题·····	(120)

第5章 链传动

5.1 重点内容及学习要求·····	(125)
5.2 基本知识点分析·····	(125)
5.2.1 链传动的特点、类型及应用·····	(125)
5.2.2 滚子链的结构·····	(126)
5.2.3 链传动的运动特性及受力分析·····	(128)
5.2.4 滚子链传动的失效形式及功率曲线图·····	(130)
5.2.5 滚子链传动的设计计算·····	(132)
5.2.6 链传动的布置、张紧和润滑·····	(134)
5.3 典型题例解·····	(135)
5.4 复习思考题·····	(137)

5.5 自我测验题	(137)
-----------------	-------

第6章 轴和轴毂联接

6.1 重点内容及学习要求	(140)
6.2 基本知识点分析	(140)
6.2.1 轴的分类及设计准则	(140)
6.2.2 轴的材料	(141)
6.2.3 轴的结构设计	(142)
6.2.4 轴毂联接	(146)
6.2.5 轴的强度计算	(149)
6.2.6 轴的刚度计算	(151)
6.3 典型题例解	(152)
6.4 复习思考题	(164)
6.5 自我测验题	(167)

第7章 滚动轴承

7.1 重点内容及学习要求	(172)
7.2 基本知识点分析	(173)
7.2.1 滚动轴承的特点、构造及材料	(173)
7.2.2 滚动轴承的基本类型、特点和代号	(173)
7.2.3 滚动轴承的载荷分析	(177)
7.2.4 滚动轴承的失效形式和计算准则	(178)
7.2.5 滚动轴承的寿命计算	(178)
7.2.6 滚动轴承的静强度计算	(183)
7.2.7 滚动轴承的极限转速	(183)
7.2.8 滚动轴承尺寸选择计算流程	(183)
7.2.9 滚动轴承的组合结构设计	(184)
7.3 典型题例解	(185)
7.4 复习思考题	(192)
7.5 自我测验题	(194)

第8章 滑动轴承

8.1 重点内容及学习要求	(199)
8.2 基本知识点分析	(200)
8.2.1 滑动轴承的分类、特点及应用	(200)
8.2.2 滑动轴承的几种润滑状态	(201)
8.2.3 非液体摩擦滑动轴承的设计计算	(201)
8.2.4 液体动压润滑的基本方程及承载机理	(203)
8.2.5 液体动压径向滑动轴承的设计计算	(205)

8.2.6 滑动轴承的结构类型	(212)
8.2.7 滑动轴承的材料	(214)
8.3 典型题例解	(214)
8.4 复习思考题	(220)
8.5 自我测验题	(222)

第9章 联轴器和离合器

9.1 重点内容及学习要求	(226)
9.2 基本知识点分析	(227)
9.2.1 联轴器和离合器的功用及工作要求	(227)
9.2.2 联轴器的分类	(228)
9.2.3 几种常用的联轴器的特点与应用	(228)
9.2.4 联轴器的选择和计算	(229)
9.2.5 离合器的分类	(230)
9.2.6 常用离合器及其特点	(230)
9.3 典型题例解	(232)
9.4 复习思考题	(235)
9.5 自我测验题	(236)

第10章 螺纹联接

10.1 重点内容及学习要求	(238)
10.2 基本知识点分析	(239)
10.2.1 螺纹基本知识	(239)
10.2.2 螺纹联接的预紧和防松	(241)
10.2.3 螺栓组联接的受力分析	(241)
10.2.4 螺栓联接的失效形式和计算准则	(243)
10.2.5 单个螺栓联接的强度计算	(245)
10.2.6 提高螺栓联接强度的措施	(248)
10.3 典型题例解	(248)
10.4 复习思考题	(254)
10.5 自我测验题	(254)

附录A: 全国部分重点大学本科生《机械设计》考试题

A.1 西安交通大学 2001 年机械类本科生《机械设计》考试题	(259)
A.2 西安交通大学 1998 年机械类本科生《机械设计》考试题	(263)
A.3 华中理工大学 1992 年机械类本科生《机械设计》考试题	(266)
A.4 西北工业大学机械类本科生《机械设计》考试题	(269)
A.5 全国高等工业学校“机械制造工艺与设备”专业评估试点统测《机械设计》 (原机械零件)考试题	(271)

A.6	机械设计与制造专业本科生机类统考《机械设计》考试题	(276)
A.7	西南交通大学 1985 年机械工程系本科生《机械零件》考试题	(279)

附录 B: 全国部分重点大学攻读硕士学位研究生入学考试《机械设计》试题

B.1	西安交通大学 2001 年攻读硕士学位研究生入学考试《机械设计》试题	(283)
B.2	西安交通大学 1992 年攻读硕士学位研究生入学考试《机械设计》(含机械原理)试题	(286)
B.3	西安交通大学 1991 年攻读硕士学位研究生入学考试《机械零件》(含机械原理)试题	(288)
B.4	西安交通大学 1987 年攻读硕士学位研究生入学考试《机械零件》(含机械原理)试题	(291)
B.5	北京理工大学 1994 年攻读硕士研究生入学考试《机械设计》试题	(295)
B.6	哈尔滨工业大学 1992 年攻读硕士研究生入学考试《机械零件》试题	(299)
B.7	西南交通大学 1986 年攻读硕士研究生入学考试《机械零件》试题	(302)

参考文献	(306)
------------	-------

第1章 机械设计总论

1.1 重点内容及学习要求

本章简要地介绍了与学习机械设计有关的几个方面问题。它们包括:机械设计概论;本课程的内容、性质与任务;机械零件的常用材料;机械零件的强度;摩擦、磨损及润滑概述;现代设计理论与方法简介。

本章的重点学习内容为:

(1) 机械设计概论,它包括机械设计的基本概念,机械设计基本原则和设计程序,机械零件设计概述等;

(2) 本课程的内容、性质与任务;

(3) 机械零件强度设计计算的基本理论和方法。

本章的学习要求是:

(1) 使学生建立机械设计的基本概念;了解机械设计及机械零件设计的基本原则和设计程序;弄清零件设计在机械设计中的地位与作用。

(2) 了解课程的内容、性质、特点、与先修及后继课程之间的关系,以及相应的学习方法,从而对整个课程获得一个鸟瞰,并为以后的学习打好基础。

(3) 了解机械设计的一些共性问题:即机械零件的常用材料及选用原则;机械零件强度设计计算的基本理论和方法;摩擦、磨损及润滑基本知识;现代设计理论与方法简况等。

总的来说,学习本章的要求可概括为要搞清三个大问题:“为什么学?”、“学什么?”和“如何学”。

*在课程内容安排上,除本章集中介绍有关机械(零件)设计的共性基础知识之外,其余各章均为机械零件的设计和计算。将共性知识集中在一起,且放在首章,目的是便于学习后续零件设计时直接引用,也有利于了解零件设计的规律性。在学习以后各零件设计时,应注意前后呼应。

学习时的注意要点是,除了掌握本章的基本内容外,还应联系本课程的性质与特点,积极探索具有针对性的学习方法。此外,在学习本章教材外,还应对机械设计手册有一大致了解,并通过参观机械设计陈列室增强对机械设计和机械零件的感性认识。

1.2 基本知识点分析

1.2.1 机械设计概论

1.2.1.1 机械设计的基本概念

1. 机械和机械设计

机械(机器)是人类进行生产时用以减轻体力劳动和提高劳动生产率的工具。机械一般是

由原动机、传动装置、工作机和控制装置组成,它可以代替或减轻人的体力劳动,改善劳动条件和提高生产率,提高产品质量。机械的发展经历了一个由简单到复杂的漫长过程。目前,使用机械(机器)进行生产的水平已成为衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。

机械设计是机械产品研制的第一道工序,设计工作的质量和水平,直接关系到机械产品的质量、性能、研制周期和技术经济效益。因而,机械设计在机械产品开发过程中起着关键性的作用。

机械设计的基本要求是实现预定功能、做到人-机协调、提高经济效益和保证安全可靠。设计时不仅要考虑到机械产品的功能本身,还要考虑制造与装配、生产成本、生产周期、售后服务(维修)和用后回收等产品生命周期全过程的各个方面。

机械设计是一项复杂、细致和科学的工作。要想提供功能好、质量高、成本低、竞争力强、市场广的新机械产品,就应逐步深化机械设计方法的综合研究。

2. 机械零件、部件

《机械设计》课程是以机械零件的设计和计算为基本教学内容。

从生产和装配的角度看,每台机械都由许多零部件组装而成。机械零件(简称零件)是组成机械的基本单元,如螺栓、齿轮、轴、滚动轴承和联轴器等。为实现某一功能,将一些零件组合成一体,称为部件,如减速器、变速箱等。

零件的构成部分称为元件,如滚动轴承中的滚珠、内圈、外圈等。元件、零件和部件没有严格的定义,在不同场合三者常混用。

机械零件这一术语也常用来泛指零件和部件。

3. 通用零件、专用零件

机械中的零件可以分为通用零件和专用零件两大类:各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,例如齿轮、螺钉等;只在某一类机械中使用的零件称为专用零件,例如汽轮机中的叶片、纺织机械中的织梭、锭子和往复机械中的曲轴等都是专用零件。

4. 机械零件的设计计算和校核计算

机械零件设计的基本要求是产品工作可靠、工艺性好和成本低廉。

机械零件的计算分为设计计算和校核计算。设计计算是根据零件的工作情况和工作能力准则确定安全条件,用计算方法求得零件的主要几何尺寸,然后再按工艺要求和尺寸协调进行结构设计。校核计算是先参照已有实物、图样或经验数据,初步拟定零件的结构布局和主要几何尺寸,然后根据工作能力准则进行校核验算。无论是设计计算还是校核计算,一般均应对某些复杂的物理现象做适当的简化,如以集中力代替实际的分布力,以支承点代替支承面等,所以机械零件计算总带有一定的条件性。为使计算结果更符合实际,应多参考已有的成功设计和在实际应用中积累的统计资料。

5. 等强度设计

在机械设计中,为缩小零件尺寸,充分发挥材料效能和节约材料,设计时应尽量采用等强度设计原则。

所谓等强度可以是同一零件中各部分结构尺寸等强度,也可以是相关零件间的等强度,如二级圆柱齿轮减速器高速级与低速级轮齿接触等强度。

6. 常规设计方法和现代设计方法

长期以来,人们在机械产品设计中一直采用的设计方法是常规设计方法(又称传统设计方

法)。19 世纪至 20 世纪初,随着机械工业的发展,与机械设计有关的一些基础理论与技术,如理论力学、材料力学、弹性力学、流体力学、热力学、互换性与技术测量、机械制图等,逐渐发展成独立的学科。综合运用这些学科而逐渐形成的机械设计方法,现被人们称之为常规设计方法。从本质上说,常规设计方法是以经验总结为基础,运用力学和数学形成经验公式、图表、设计手册等并作为设计的依据,通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计。从一定意义上讲,常规设计方法是一种以静态分析、近似计算、经验设计、人工劳动为特征的设计方法。它也是目前我国广泛使用的设计方法。

20 世纪 60 年代以来,随着科学技术的迅速发展以及计算机技术在机械设计中的广泛应用,使设计方法更加科学、更加精确、更加完善。相应地发展了一系列新兴设计理论与方法,例如优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计、设计方法学、有限元法、工业造型设计、动态设计、摩擦学设计、反求工程设计等。这些学科已日趋成熟,并在机械设计和工程实际中获得广泛应用。为了强调它们对设计领域的革新,以区别于常规设计理论和方法,我们把这些新兴设计理论和方法统称为现代设计理论和方法。与常规设计方法相比,现代设计方法是一种以动态分析、精确计算、优化设计和 CAD 为特征的设计方法。

本节提出的常规设计方法和现代设计方法两个大类别,读者应理解它们的内涵及联系。不可误解以为有了现代设计方法,常规的设计方法就是过时了或不需要了。因为现代设计方法是在新的设计思想以及有了现代的设计技术物质手段的条件下,由常规设计方法发展而来的,是用来弥补常规设计方法的不足,但它并不能完全取代常规设计方法,因为现代设计方法本身是离不开常规设计方法的。例如优化设计方法中的很多约束条件就是要依靠常规设计方法来建立。另一方面,随着当代科学技术的飞速发展和产品应用的迫切要求,不发展现代设计方法也是不行的。所以要摆正这两种设计方法间的关系,以提高机械产品的设计质量和水平。

1.2.1.2 机械设计的一般程序及要求

1. 机械设计的一般程序

一部新机械(机器)从着手设计到制造出来,大致要经过以下阶段:

产品规划→方案设计→技术设计→施工设计→试制、试验、鉴定→定型产品设计。

(1) 产品规划 根据社会、市场的需求确定所设计机械的功能范围和性能指标;根据现有技术、资料及研究成果研究其实现的可能性,明确设计中要解决的关键问题;拟定设计工作计划和设计任务书。

(2) 方案设计 按设计任务书的要求,了解、分析同类机械的设计、生产和使用情况以及制造厂的生产技术水平;拟定机械系统的组成、总体布置;确定有关的机构和传动方式。

该阶段中,在满足设计任务书中设计具体要求的前提下,由设计人员构思出多种可行的设计方案,并用方案原理图表达出来。通过对各种可行的方案进行比较和筛选,并进行技术经济评价及可行性评价,从中优选出一种功能满足要求、工作原理可靠、结构设计可行、成本低廉的最优方案。

方案设计是机械产品设计的初始阶段。它是一个重要阶段。因为,方案设计的优劣直接决定了机械设计的成败和质量,故应充分重视。

(3) 技术设计 对已选定的设计方案进行运动学和动力学分析;确定机构和零件的功能参数,必要时进行模拟试验、现场测试;修改参数,计算零件的工作能力,进而确定机械的主要结构尺寸,绘制设计总图。

(4) 施工设计 根据技术设计的结果,考虑零件的工作能力和结构工艺性,确定零件的形状和结构尺寸以及配合件间的公差;完成零、部件及整机的全部工作图;编写有关技术文件。

(5) 试制、试验、鉴定 经过加工、安装及调试,制造出样机。所设计的机械能否实现预期的功能,满足所提出的要求,其可靠性、经济性如何等,都须通过样机的试验来加以验证。再经过鉴定,进行科学的评价以确定是否可以投产或进行必要的改进设计。

(6) 定型产品设计 经过试验和鉴定,对设计进行必要的修改后,可进行小批量的试生产。经过实际条件下的使用,将取得的数据和使用意见反馈回来,再进一步修改设计,即定型产品设计,然后正式投产。

实际上整个机械设计的各个阶段是互相联系的,在某个阶段发现问题后,必须返回到前面的有关阶段进行设计的修改。整个机械设计过程是一个不断修改,不断完善以至逐渐接近最佳结果的过程。或者说,机械设计过程是一个“设计-评价-再设计(修改)”渐进与优化的过程。它是以满足社会客观需求及提高社会生产力为目标的一种创造性劳动。

2. 机械(机器)设计的一般要求

机械(机器)是人类进行生产时用以减轻体力劳动和提高生产率的主要劳动工具。它的主要优点是:既能承担人力所不能或不便进行的工作,又能较人工生产改进产品质量,特别是能够大大提高劳动生产率和改善劳动条件。此外,只有使用机械(机器),才能集中进行大量生产,并对生产进行严格的分工与科学的管理;也只有使用机械(机器),才便于实现产品的标准化、系列化和通用化,尤其是便于实现高度的机械化、电气化和自动化。因此,在进行机械产品设计时,应满足以下几方面要求:

(1) 具有预定功能的要求 使所设计制造的机器能实现预定的功能,并能在规定的工作条件下和规定的工作期限内正常运行。在设计阶段起重要作用的是机器工作原理的选择。

(2) 使用、维护 and 安全性要求 在机器的设计阶段,就必须对机器的使用、维护 and 安全性予以足够的重视。即要求设计的机器操作方便和省力;要设置必要的安全防护装置及措施,使运行时安全可靠,安全包括操作人员的人身安全及机器工作时本身的安全;力求维护方便并降低机器噪声,不污染环境等。

(3) 可靠性要求 机器可靠性的概念是在机器的组成日趋复杂的前提下发展起来的。可靠性是用可靠度来度量的。一部机器或一个部件,都是由各种各样的零件组成的一个系统。而系统的可靠度则取决于其组成部件或零件的可靠度。对于串联机械系统而言,组成机器系统的零部件越多,则其系统的可靠度越低,因此,从提高系统可靠度的观点,在设计机器时应尽量减少零件的数目。

(4) 经济性要求 机器的经济性是一个综合性的指标,它体现在设计、制造、使用的全过程中。设计及制造的经济性表现为设计制造成本的降低。使用经济性则表现为高生产率,高效率,较少地耗费能源、原材料及辅助材料,以及低的管理和维护费用等。

目前已建立出了评价产品经济性的方法——价值分析。将价值分析方法引入工业产品设计中,并进一步规范化,称为价值工程。价值工程在机械产品设计中的应用,对提高产品的经济性有极大帮助。

(5) 造型美要求 随着社会的飞速发展和市场竞争的日益激烈,在同样满足使用功能的条件下,产品的外观造型设计已成为竞争的重要手段之一,因而工业产品的艺术造型设计也就成为工业产品开发设计中必不可少的重要组成部分。

运用工业艺术造型设计方法,对机械产品进行工业造型设计,能使所设计的机器实现产品功能的科学性和造型设计的艺术性以及人-机系统的谐调,从而达到产品实用、经济、美观的目的。

1.2.1.3 机械零件设计的基本要求及步骤

1. 机械零件设计的基本要求

设计机械零件时,应考虑以下几方面的要求:机械零件的工作能力,机械零件的结构工艺性,机械零件的可靠性,“三化”及经济性等。

(1) 机械零件的工作能力要求 机械零件由于某些原因不能正常工作时,称为失效。失效有破坏性失效(如齿轮轮齿折断)和非破坏性失效(如联接零件松动)两类。机械零件虽然有很多种可能的失效形式,但归纳起来,最主要的是由于强度、刚度、摩擦与耐磨性、温度以及振动稳定性等对工作能力产生影响造成的失效。

为了避免机械零件失效,设计时应使零件具有足够的工作能力。机械零件的工作能力是指机械零件在一定的工作条件下抵抗失效的能力(对载荷而言的工作能力称为承载能力)。衡量机械零件工作能力的准则,随零件失效形式的不同而不同。以轴为例,它的失效可能是疲劳断裂,也可能是过大的弹性变形。对于前者,轴的工作能力取决于轴的疲劳强度;对于后者,则取决于轴的刚度。影响机械零件工作能力的主要因素有强度、刚度、耐磨性和振动稳定性等几个方面。因此,在机械零件设计时必须考虑这些问题的计算准则。

① 强度准则 机器工作时,机器中的各个零件将承受载荷,如果强度不够,零件将会失效。显然,保证所设计的零件有足够的强度,是保证机器正常工作的根本保证。零件的强度是指零件抵抗断裂及塑性变形的能力。强度准则是指在机械零件中,由载荷引起的应力不应超过允许的限度。强度准则保证机械零件工作能力最基本的准则。判断零件强度有两种方式。一种方式是判断零件危险截面处的最大应力(σ, τ)是否小于许用应力($[\sigma], [\tau]$)。其强度条件为:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &\leq [\sigma], & [\sigma] &= \frac{\sigma_{\lim}}{[S_{\sigma}]} \\ \tau &\leq [\tau], & [\tau] &= \frac{\tau_{\lim}}{[S_{\tau}]} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中 $\sigma_{\lim}, \tau_{\lim}$ ——极限正应力、切应力;

$[S_{\sigma}], [S_{\tau}]$ ——正应力和切应力的许用安全系数。

另一种方式是判断零件危险截面处的实际安全系数(S_{σ}, S_{τ})是否大于许用安全系数($[S_{\sigma}], [S_{\tau}]$)。其判别条件为

$$\left. \begin{aligned} S_{\sigma} &= \frac{\sigma_{\lim}}{\sigma} \geq [S_{\sigma}] \\ S_{\tau} &= \frac{\tau_{\lim}}{\tau} \geq [S_{\tau}] \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

关于机械零件的强度问题,由于它的重要性和应用广泛性,将在1.2.4节另作提要。

② 刚度准则 零件的刚度是指机械零件在载荷作用下抵抗弹性变形的能力。大多数零件在工作时应有足够的刚度。例如机床主轴刚度不足,将影响被加工零件的精度。零件的刚度有时又是保证强度的重要条件,例如受压长杆,若刚度不足,将影响其受压稳定性。刚度也

会影响零件的自激振动频率,刚度小则自激振动频率低,刚度大自激振动频率高,所以说刚度是影响振动稳定性的主要因素。

零件的刚度条件是要求零件在载荷作用下产生的弹性变形量 y 应小于或等于机器工作性能所能允许的许用变形量(极限变形量) $[y]$,即

$$y \leq [y], \varphi \leq [\varphi] \quad (1-3)$$

式中 $y, [y]$ ——零件工作时的实际变形量(伸长、挠度等)及许用变形量;

$\varphi, [\varphi]$ ——零件的变形角(挠角、扭角)及许用变形角。

③ 寿命准则 经验表明,有的零件工作初期虽然能够满足各种要求,但在工作一定时间后,却可能由于某种(或某些)原因而失效。零件能够正常工作的持续时间称为零件的寿命。

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三个方面。这三个方面的问题属于不同范畴,它们各自产生的机理及发展规律也完全不同。

大部分机械零件都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。近代对零件进行精确的强度计算时,都要考虑到零件材料的疲劳问题。影响零件材料疲劳强度的主要因素有:应力集中、零件尺寸大小、零件表面质量及环境状况。在设计零件时,应努力从这几方面采取措施,以提高零件抵抗疲劳破坏的能力。关于零件疲劳寿命计算,通常是求出使用寿命的疲劳极限来作为计算的依据。

零件处于腐蚀介质中工作时,就有可能使材料遭受腐蚀。目前关于腐蚀的寿命计算还没有适当可靠的定量计算方法。对于这些零件,主要是通过选用耐腐蚀材料或采用各种防腐蚀的表面保护等措施,以提高零件的耐腐蚀性能。

关于零件的磨损以及提高耐磨性等问题见 1.2.5 节。

④ 振动稳定性准则 机器中存在着许多周期性变化的激振源,例如齿轮的啮合、轴的偏心转动、滑动轴承中的油膜振荡、滚动轴承中振动等。当零件(或部件)本身的自激振动频率 f 等于或接近于上述激振源的振动频率 f_p 时,零件就会发生共振。共振时振幅急剧加大,致使零件破坏,机器工作失常。这种现象称之为“失去振动稳定性”。

振动稳定性准则是:在设计时应使机器中受激振作用的各个零件的自激振动频率与激振源的频率错开。通常应保证

$$f_p < 0.85f \text{ 或 } f_p > 1.15f \quad (1-4)$$

式中 f ——零件的自激振动频率;

f_p ——激振源的振动频率。

如果不能满足上述条件,则可改变零件或系统的刚度或采用防振、减振措施,例如提高零件制造精度,提高回转零件动平衡精度,增加阻尼系统,提高材料或结构的衰减系数,采用减振、隔振装置等措施都可改善零件的振动稳定性。

⑤ 摩擦学准则 在摩擦学状态下工作的机械零件主要有两类:一类要求工作时摩擦力小、功耗低,如滑动轴承、啮合传动等。一类要求摩擦力大,利用摩擦传递动力,如带传动、摩擦轮传动、摩擦离合器等。前一类零件应选用减摩材料制造,并采用适当的润滑方式以保证工作时摩擦系统摩擦阻力小、功耗少、效率高。后一类零件应选用摩擦材料或耐磨材料制造,设计时应保证摩擦力或摩擦力矩的极限值大于工作阻力或工作阻力矩,否则工作时会发生打滑,使传动失效。

在摩擦学系统中工作的机械零件,其工作接触表面因相对运动及摩擦要产生磨损。零件