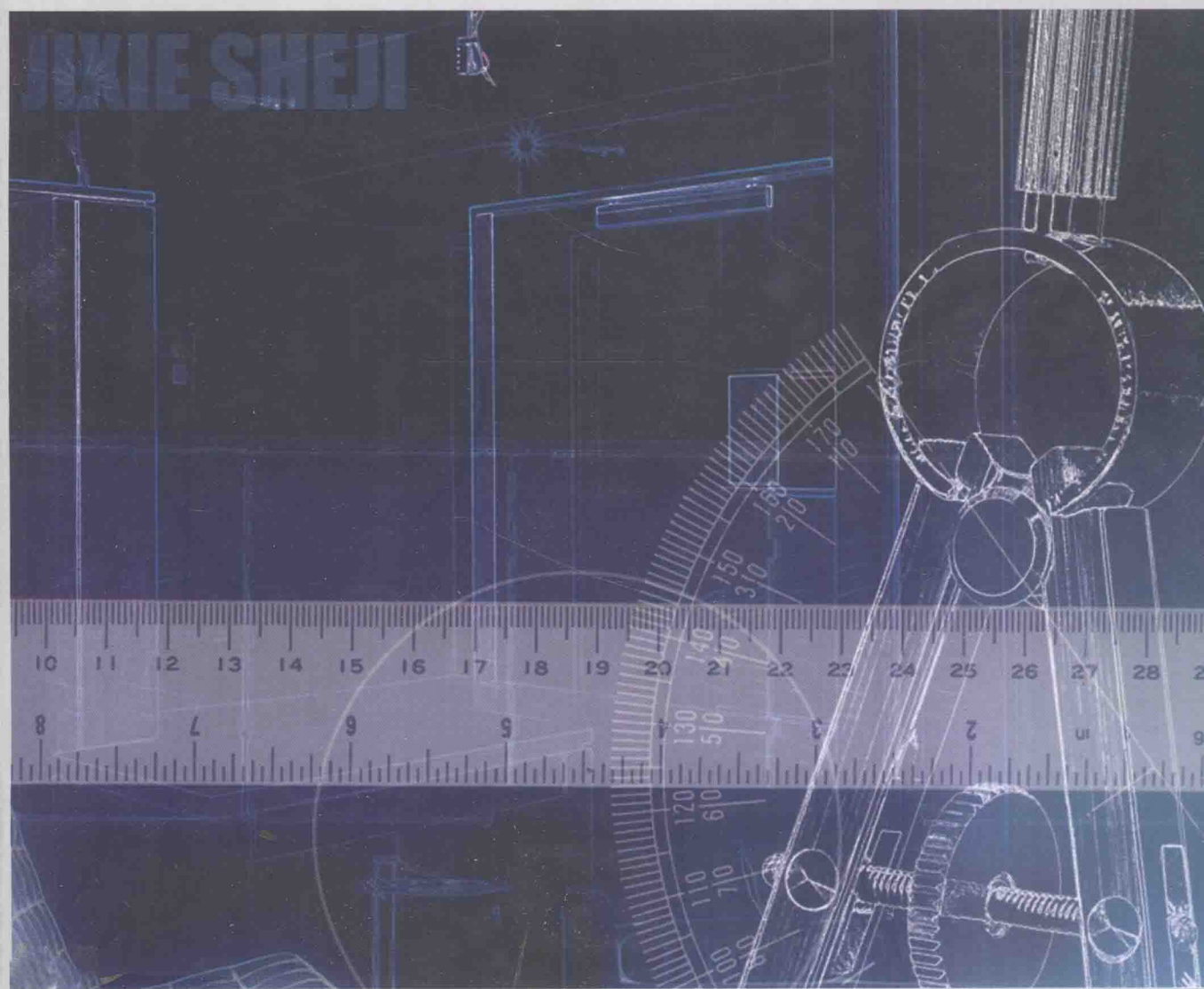


高职高专教材

机械设计

张晞 主编



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

高职高专教材

机 械 设 计

主 编 张 晞

副主编 路宗新

主 审 茹慧灵

参编人员 (按姓氏笔画为序)

计弘名 陆 平 张 晞

孟立新 杨景顺 路宗新

中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/张晞主编. —北京: 中国计量出版社, 2006. 8

高职高专教材

ISBN 7-5026-2288-8

I. 机... II. 张... III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 013490 号

内 容 提 要

本教材是根据新形势下高等职业院校教学的实际情况, 结合新时期高等职业技术学校机械类和近机械类专业机械设计课程的教学要求编写的。

全书共分十三章, 主要包括机械设计概论, 机械设计的强度理论及设计准则, 摩擦、磨损及润滑, 平面机构, 凸轮机构, 间歇机构, 螺纹联接与传动, 带传动, 链传动, 齿轮传动, 轴及轴承, 机械安全技术及机械安全设计等内容。各章节还根据需要编写了一定数量的思考题和习题, 以强化知识的应用。

本书可作为高等职业院校机械类及近机械类专业机械设计课程教材使用, 也可作为高等专科学校、成人高校相关专业教材使用, 还可供相关工程技术人员参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京玥实印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版板所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 19.25 字数 480 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

*

印数 1—1500

定价: 33.00 元

前 言

为了适应高等职业教育以社会需求为目标,以就业为导向,培养更多的高技能型人才,根据《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》,结合多所院校教师多年来的教学经验,本着理论适度,重在知识应用的原则,编写了本教材。本教材参考学时 90~120 学时。

该教材适用于高职高专工科类院校的机械与近机械类专业,也可供工程技术人员参考。

本教材有以下特点:

1. 以机械设计原理的运用与设计方法的掌握为核心内容,理论阐述简明扼要,删除了复杂的计算公式推导,着重原理公式的应用,使学生能够掌握机械设计的一般过程。

2. 突出机械零部件的材料选择、失效形式、设计准则、结构设计及工作能力计算等基本要求。降低对强度设计理论的要求,着重于它们在设计中的运用。

3. 增强教材内容的实践性,对基本理论内容,遵循“必须、够用为度”和“掌握原理、强化应用”为原则,注重强化培养学生机械设计基本原理的灵活运用能力。范例和习题的编写突出机械设计理论的应用性,课后练习题丰富。

4. 适当加入机械安全技术及机械安全设计内容,进一步完善了机械设计内容。

5. 教材编写中采用国家最新机械设计标准。

该教材由河北石油职业技术学院张晞任主编,廊坊职业技术学院路宗新任副主编,全书由河北石油职业技术学院茹慧灵教授主审。对于在编写过程中给予支持和帮助的领导及同事们表示诚挚的谢意。

参加本书编写的有:河北石油职业技术学院张晞(第一、十二、十三章),廊坊职业技术学院路宗新(第四、五、六章),北华航天工业学院孟立新(第二、三章),河北石油职业技术学院杨景顺(第七、八章),河北石油职业技术学院计弘名(第九章),河北石油职业技术学院陆平(第十、十一章)。

由于编者水平有限,疏漏及不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 4 月

目 录

第一章 机械设计概论	(1)
第一节 课程概论	(1)
第二节 机械设计概述	(6)
第三节 机械零件的主要失效形式与设计准则	(12)
第四节 机械零件的耐磨性及润滑	(15)
第五节 机械零件设计的基本要求与一般步骤	(23)
习 题(1)	(25)
第二章 平面机构概述	(27)
第一节 构件和运动副	(27)
第二节 平面机构运动简图	(31)
第三节 平面机构的自由度及机构具有确定运动的条件	(34)
习 题(2)	(40)
第三章 平面连杆机构	(42)
第一节 铰链四杆机构的类型	(42)
第二节 平面四杆机构的特性	(45)
第三节 平面铰链机构的演化	(49)
第四节 平面四杆机构的设计	(52)
第五节 平面连杆机构的应用	(56)
习 题(3)	(58)
第四章 凸轮机构	(61)
第一节 凸轮机构的应用和类型	(61)
第二节 凸轮机构的工作原理和从动件的运动规律	(64)
第三节 凸轮轮廓设计	(69)
第四节 凸轮轮廓曲线校核	(72)
第五节 凸轮机构的结构设计	(74)
习 题(4)	(77)
第五章 间歇运动机构	(79)
第一节 棘轮机构	(79)
第二节 槽轮机构	(83)
第三节 不完全齿轮机构	(86)
习 题(5)	(87)
第六章 螺纹联接	(88)
第一节 螺纹基本知识	(88)
第二节 螺旋副的受力分析、效率和自锁	(91)
第三节 螺纹联接的基本类型和螺纹紧固件	(93)

第四节	螺纹联接的预紧和防松	(97)
第五节	螺栓组的结构设计	(102)
第六节	螺纹紧固件的材料与许用应力	(104)
第七节	螺纹联接的强度计算	(105)
第八节	提高螺栓联接强度的措施	(109)
习 题(6)		(113)
第七章	带传动	(114)
第一节	概述	(114)
第二节	带传动工作情况分析	(120)
第三节	V 带传动的设计计算	(123)
第四节	V 带传动的张紧、安装与维护	(129)
习 题(7)		(130)
第八章	链传动	(131)
第一节	概述	(131)
第二节	滚子链和链轮	(132)
第三节	链传动的运动特性及失效形式	(136)
第四节	链传动的布置、张紧与润滑	(137)
习 题(8)		(139)
第九章	齿轮传动	(140)
第一节	齿轮传动的分类和特点	(140)
第二节	渐开线齿轮的齿廓	(142)
第三节	渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸计算	(144)
第四节	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(147)
第五节	渐开线齿轮的切齿原理与根切现象	(149)
第六节	平行轴斜齿圆柱齿轮机构	(154)
第七节	直齿圆锥齿轮机构	(159)
第八节	蜗杆传动简介	(162)
第九节	标准圆柱齿轮传动的设计	(172)
第十节	齿轮的结构与齿轮的润滑	(190)
第十一节	齿轮系	(192)
习 题(9)		(200)
第十章	轴承	(203)
第一节	概述	(203)
第二节	滑动轴承简介	(204)
第三节	滚动轴承的组成、类型及特点	(212)
第四节	滚动轴承的代号与选用	(217)
第五节	滚动轴承的计算	(221)
第六节	滚动轴承的组合设计	(231)
习 题(10)		(244)

第十一章 轴及轴毂连接..... (246)

 第一节 轴的功用与分类..... (246)

 第二节 轴的结构设计..... (248)

 第三节 轴的强度计算..... (254)

 第四节 轴的设计..... (256)

 第五节 轴毂连接..... (259)

 习 题(11)..... (264)

第十二章 机械安全技术..... (266)

 第一节 机械的本质安全..... (266)

 第二节 机械危害及其产生的原因..... (269)

 第三节 机械安全的基本要求..... (273)

 习 题(12)..... (280)

第十三章 机械安全设计..... (281)

 第一节 机械安全设计的基本技术原则..... (281)

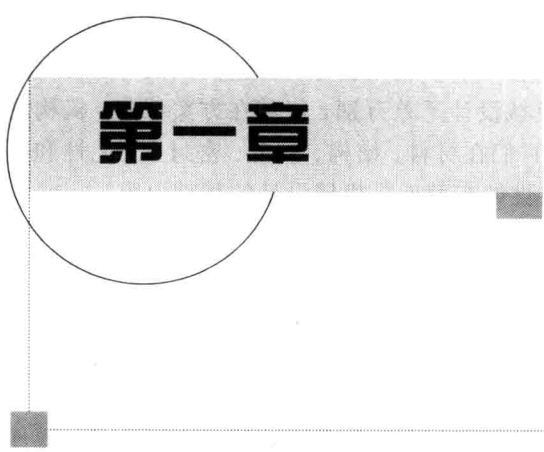
 第二节 机械安全设计的主要内容..... (284)

 第三节 机械安全防护装置的设计..... (292)

 第四节 机械的安全使用信息及附加安全预防措施..... (296)

 习 题(13)..... (299)

参考文献..... (300)



第一章

机械设计概论

第一节 课程概论

一、机械设计发展简述

随着科学技术的进步,机械产品已成为社会生产、生活不可或缺的部分。机械设计是人类在生产实践中长期开展的一项重要的创造活动,是社会生产力发展水平的重要标志。机械产品从需求到满足,要经过设计、制造、销售、售后服务和技术改进等诸多环节。其中设计是机械产品生产的最基本环节。所谓设计就是将人们头脑中思考的物体变成实际物体形式,而进行的全部信息数据的处理。设计是人类大脑活动实现物化的中间桥梁。

人类发展史中工具的产生对人类的生存与发展起到了至关重要得作用。随着生产工具的不断丰富和完善,开始出现了能够代替人力劳动的简单机械。由此各类机械由简到繁不断发展,候风地动仪、纺织机和蒸汽机等许多更为复杂的机械开始出现,极大地促进了人类社会的发展。经过 18 世纪的工业革命,以及当今世界以知识经济为特征的产业革命的推动,人类又发明了电子计算机、数控机床、人造卫星和太空探测仪等高新技术产品。与传统的机械相比,现代机械产品在工作原理、结构、性能和设计方法上,都发生了深刻的变化,其显著特征是以计算机技术为支撑的信息处理、控制手段和设计方法在机械设计中获得了广泛的应用。

机械产品的设计就是根据使用要求,对其工作原理、系统组成、工作能力、运动和力学特性、零部件的材料和结构尺寸、装配和润滑等众多相关因素,依据设计理论和原则,在各种限定的条件之下,进行分析、论证、计算、设计,获得满足各项技术经济指标设计方案的过程。机械产品设计为产品的生产制造提供依据,企业就是依据产品设计所确定的结构、参数、材料、制造工艺等生产条件,组织产品的生产制造。

机械产品的日益丰富,使机械产品的设计和分类进一步细化。从机械产品的功用上来分,可以将它们分为进行能量变换的动力机械(如电动机、发电机、内燃机、空气压缩机、涡

轮机等);完成机械功的工作机械(如金属切削机床、压力机、飞机、汽车、工程机械等);进行信息传递和变换的信息机械(如复印机、绘图机、打印机、照相机、投影仪等)三大类。从机械产品整体来看,根据产业生产技术的不同,形成了更为细致的机械设计分支学科,如内燃机设计、机床设计、汽车设计、飞机设计、船舶设计、机车设计、农业机械设计、纺织机械设计和信息机械设计等。虽然各专业领域的机械设计千差万别,但其在方案拟定,机构的运动和力学分析,零部件的工作能力计算,以及它们在材料、结构、润滑、密封、工艺性和标准化的确定等诸多方面具有一定的共性。这些共性的东西就是机械设计的基础内容。

二、机械设计方法及其发展

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的广泛应用,在机械设计传统设计方法的基础上又发展了一系列新兴的设计理论与方法。因而机械设计的方法通常分为传统(或常规的)设计方法,和近几十年发展起来的现代设计方法两类。

传统设计方法是综合运用与机械设计有关的基础学科,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,逐渐形成的机械设计方法。传统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的方法。这是一种以静态分析、近似计算、经验设计、人工劳动为特征的设计方法。目前传统设计方法在我国仍被广泛使用。

(一) 常用的传统设计方法

1. 理论设计

理论设计是传统设计方法中常用的一种重要的设计方法。它是根据长期研究和实践总结出来的传统设计理论及实验数据所进行的设计。理论设计的计算过程分为设计计算和校核计算。前者是按照已知的运动要求、载荷情况及零件的材料特性等,运用一定的理论公式设计零件尺寸和形状的计算过程,如按转轴的强度、刚度条件计算转轴的直径等;后者是先根据类比法、实验法等方法初步定出零件的尺寸和形状,再用理论公式进行零件的强度、刚度等校核及精确校核的计算过程,如转轴的弯扭组合强度校核和精确校核等。设计计算多用于能通过简单的力学模型进行设计的零件,校核计算则多用于结构复杂、应力分布较复杂,但又能用现有的分析方法进行计算的场合。理论设计可得到比较精确而可靠的结果,重要的零部件大都应该选择这种设计方法。

2. 经验设计

经验设计是基于大量实践经验总结基础上的一种设计方法。它可以根据对某类零件归纳出的经验公式或设计者本人的工作经验用类比法进行设计。对一些不重要的零件,或者对于一些理论上不够成熟或虽有理论方法但没有必要进行复杂、精确计算的零部件如机架、箱体等,通常采用经验设计方法进行设计。

3. 模型实验设计

将初步设计的零部件或机器制成小模型或小尺寸样机,经过实验手段对其各方面的特性进行检验,再根据实验结果对原设计进行修改,从而获得尽可能完善的设计结果,这样的设计过程称为模型实验设计。该设计方法费时、昂贵,一般只用于特别重要的设计中。一些尺

寸巨大、结构复杂而又十分重要的零部件,如新型重型设备及飞机的机身、新型舰船的船体等的设计,常采用这种设计方法。

(二) 现代设计方法及发展

计算机信息技术的广泛应用,给机械设计发展带来了革命性变化,创造出了大量的新的设计理论与方法。近二十年来在机械设计中应用较为成熟、影响较大的方法有以下几种。

1. 有限元法

有限元法是随着计算机技术的发展而迅速发展起来的一种现代设计计算方法。它是把连续的介质(如零件、结构等)看成由在有限个节点处连接起来的有限个小块(称为元素)所组成,然后对每个元素通过取定的插值函数,将其内部每一点的位移(或应力)用元素节点的位移(或应力)来表示。再根据介质整体的协调关系,建立包括所有节点的未知量的联立方程组,最后用计算机求解该联立方程组,以获得所需要的数据。当元素足够小时,可以得到十分精确的数据。

有限元法适用性极广,不仅可用来计算一般零件、杆系结构、板、壳、复杂的机架等问题的静应力或热应力,还可计算它们的弹塑性、蠕变、大挠度变形等非线性问题,以及振动、稳定性等问题。

2. 机械可靠性设计

可靠性是指工程或产品在规定条件下和规定时间内保持工作能力的概率。可靠性也称作可靠度。机械可靠性设计是将概率论、数理统计、失效物理和机械学相结合而产生的一种设计方法。在机械可靠性设计中,零件材料的许用应力或危险剖面上的最大工作应力等设计参数看作随机变量,用概率统计的方法定量设计出符合机械产品可靠性指标要求的参数和结构尺寸。

3. 机械优化设计

机械优化设计是将最优化数学理论应用于机械设计领域而形成的一种设计方法。该方法先将设计问题的物理模型转化为数学模型,再选用适当的优化方法并借助计算机求解该数学模型,经过对优化方案的评价与决策后,从而求得最佳设计方案。采用优化设计方法可以在多变量、多目标的条件下,获得高效率、高精度的设计结果,极大地提高了设计质量。

4. 机械系统设计

系统是相同或相类的事物按一定的秩序或内外部联系组合而成的整体。机械系统设计就是应用系统的观点进行机械产品设计的一种设计方法。传统设计只注重机械内部系统设计,且以改善零部件的特性为重点,对各零部件之间、内部与外部系统之间的相互作用和影响考虑较少。机械系统设计则遵循系统的观点,研究内、外系统和各子系统之间的相互关系,通过各子系统的协调工作、取长补短来实现整个系统最佳的总功能。机械系统设计的一般过程包括计划、外部系统设计(简称外部设计)、内部系统设计(简称内部设计)和制造销售四个阶段。

5. 模块化设计

模块化设计是产品设计的一个重要趋势,它可以实现以尽可能少的模块种类和数量,组

成种类和规格尽可能多的产品。模块化设计是在对一定应用范围内的不同功能或相同功能不同特性、不同规格的机械产品进行功能分析的基础上,划分并设计出一系列功能模块,然后通过模块的选择和组合构成不同功能产品的一种设计方法。该方法具有设计与制造时间短,利于产品更新换代和新产品开发,利于提高产品质量和降低成本,利于增强产品的市场竞争能力和企业对市场的应变能力,以及方便维修等优点。

6. 机械动态设计

机械动态设计是现代机械设计区别于传统机械设计的重要特性之一。该设计方法可使机械产品的动态性能在设计时就得到预测和优化。

机械动态设计是根据机械产品的动载工况,以及对该产品提出的动态性能要求与设计准则,按动力学方法进行分析与计算、优化与试验的一种设计方法。该方法使用中运用了大量的数学理论,通过建立对象的动态数学模型,并运用有限元法、模型试验方法、模态分析法和传递函数法求解数学模型。

7. 人机学设计

人机学设计是从人机工程学的角度考虑机械设计,处理机械与人的关系,使设计满足人的需要。该方法用系统论的观点来研究人、机器和环境所组成的系统,研究组成三要素及其相互关系。其研究的重点则是人,从研究人的生理和心理特征出发,使系统中的三要素相互协调,以便促进人的身心健康,提高人的工作效能。

8. 现代设计方法的发展

由于现代产品对自身的功能、可靠性、效益等提出了更为严格的要求,因此,随着新兴技术对机械产品的渗透和应用,现代机械产品正在朝着机械——电子——信息一体化技术的方向发展。随着现代科学技术和应用数学的飞跃发展,许多新的设计思想、方法和手段,如设计方法学设计(DMD-Design Methodology Design)、计算机辅助设计(CAD-Computer-aided Design)、优化设计(OD-Optimization Design)、有限元(FEM-Finite Element)、可靠性设计(RD-Reliability Design)、参数化设计(PD-Parameterization Design)、虚拟产品设计(VPD-Virtual Product Design)、网上设计(OND-On Net Design)等种类繁多内容丰富的设计方法,这些方法促进了机械设计的革新和发展。机械设计的水平与整个工业的发展水平是相互制约和相互影响的,没有高水平的机械设计和机械制造技术,就没有高水平的机械工业和相关工业。同样,没有先进的电子工业、微电子工业和材料工业等,新的材料技术、能源技术、信息技术和体现这些技术群体的现代设计法,就不可能在机械设计中得到应用。

尤其是随着计算机技术的迅猛发展,给机械设计与制造带来了前所未有的变化。以计算机辅助设计(CAD-Computer-aided Design)为主流的设计方法,正是利用计算机运算速度快、准确性高、存储量大、逻辑判断功能强等特点进行设计信息处理,并通过人机交互作用完成设计工作的一种设计方法。一个完备的CAD系统由科学计算、图形系统和数据库等组成。与传统设计方法相比,该设计方法可以显著提高设计效率,缩短设计周期,有利于加快产品更新换代,增强市场竞争能力。随着CAD系统的日益完备和高度自动化,设计工作变得易学易用,设计人员从繁杂的重复性工作中得以解脱,以从事更富创造性的工作。

计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM-Computer-aided Made)结合形成CAD/CAM系统,再与计算机辅助检测(CAT)、计算机管理自动化结合形成计算机集成制造系统

(CIMS),综合进行市场预测、产品设计、生产计划、制造和销售等一系列工作,实现人力、物力和时间等各种资源的有效利用,有效地促进了现代企业生产组织、管理和实施向信息化、自动化、无人化的方向发展。

三、课程概述

(一) 本课程的研究对象

本课程是讨论一般尺寸和参数的通用零件的设计理论和方法,包括这些零件所组成的有关机器设计方面的基本知识。因而本课程的主要研究对象是机器及组成机器的机械零部件。

(二) 本课程的性质和地位

本课程是机械工程类专业的一门技术基础课程,是一门介于基础课程与专业课程之间,具有承上启下作用的主干课程。本课程的课程教学,应在学生学习和掌握了机械制图、理论力学、材料力学、互换性与技术测量、机械原理、工程材料及金属工艺学等课程的基础理论和基本知识,并积累一定生产实践知识后进行,它将为以后学习有关专业课程奠定必要的基础。

(三) 本课程的主要内容

本课程的主要内容包括以下三个方面:

1. 机械设计的基本知识、基本理论、基本方法和机械安全设计基本知识。
2. 机械零部件设计,主要包括:
 - (1)传动部分——带传动、链传动、齿轮传动、螺旋传动等。
 - (2)轴系部分——滚动轴承、滑动轴承、轴及联轴器等。
 - (3)联接部分——螺纹联接、键联接。
3. 综合设计练习。

(四) 本课程的主要任务

通过本课程的理论教学和实践环节训练,将增强学生对机械技术工作的适应性和提高学生进行机械产品开发创新设计的能力,为培养机械类高级应用型工程技术人才打下重要的基础,并通过学习使学生获得以下基本设计能力。

1. 树立理论联系实际的正确设计思想,提高创新思维和创新设计的能力。
2. 掌握通用机械零部件的设计原理、设计方法和机械设计的一般规律,具有设计通用机械传动装置和简单机械的能力。
3. 具有运用机械设计手册、图册及标准、规范和查阅有关技术资料的能力。
4. 了解机械设计发展新动向,掌握基本现代设计方法,获得进一步学习的能力。

(五) 本课程的特点和学习策略

本课程是机械类和近机械类专业的一门主干技术基础课,具有很强得实践性。在整个学习过程中起着从理论性课程过渡到设计性课程,从基础课程过渡到专业课程的作用。因而,

本课程有着既不同于一般公共基础课程,又区别于后续专业课程的鲜明特点。认真了解和掌握本课程的特点,在学习中不断探求与之相适应的一些学习方法,并随时注意总结提高,是学好本课程的重要条件。针对本门课的学习结合本课程的特点,将学习中应注意的几个问题总结如下,以供学习者参考。

1. 本课程是在已学和同步学习,如机械制图、材料力学、金属工艺学、金属材料与热处理、公差配合与技术测量等专业基础课程基础上,开设的一门知识面宽、综合性强的课程,因而学习中要注意复习和巩固有关课程的知识,培养和提高综合应用各门课程知识的能力。

2. 本课程是以培养学生基本设计能力为目标的实践性很强的课程。学习中要紧紧抓住“设计能力”培养这一环节,在学习设计基本理论的同时,强化课程训练内容,重视知识运用能力的训练,循序渐进地培养和提高学生机械设计的能力。

3. 机械设计中能够熟练使用设计手册及各种技术资料的能力是不可缺少得,这也是培养学生标准化意识,提高设计质量和水平的重要环节。

4. 机械设计中运用的原理和公式都是带有条件的,许多设计公式中还会涉及多个参数与系数,这些因素往往使设计显现的错综复杂,使设计结果表现出某种不确定性,设计结果往往不是惟一的。因而学习中要注意了解这一特性,在注意原理与公式的适用条件同时,准确把握设计公式中各参数间的关系、意义与取值,并正确对待理论设计结果。在理论设计结果处理上,通常设计结果要服从结构设计和加工工艺的要求。对于无法由理论计算一次确定的,可以先由结构设计或凭经验初定尺寸,再经过校核、修改后确定。对于设计中有些在开始设计时不能确定的参数或系数,同样可以经过先初选再校核最后确定的设计过程进行设计。这种先由结构设计或凭经验初定尺寸,再经过校核、修改后确定设计结果的设计方法,是机械零部件设计中常用的方法,学习中要逐步适应和很好地掌握。

5. 本课程中所能学到的基本设计方法主要是理论设计方法。但在实际应用中仍会有许多问题难以用理论解释清楚,有些问题难以通过计算得到精确的数值。所以实际设计工作中往往要借助类比、实验等经验性的设计手段,或者借助设计人员长期积累的设计经验来完成设计工作。因而在学习中既要认真学习和掌握机械理论设计的方法,也要重视对具有实用价值的经验设计方法的了解和学习。

6. 零部件是机器的基本组成部分。在不同的机器中,同样的零部件因为工况功用的不同,其设计要求及设计特点等也会有所不同。所以,机械零部件的设计总是和具体机械或机电产品的开发设计联系在一起的。要真正学好本课程,真正掌握机械零部件设计本领,必须注意培养和建立整机设计的概念,从产品整体开发设计的高度来对待机械零部件的设计问题。要结合产品的制造与装配工艺、市场前景及产品的经济性来考虑机械零部件设计问题。

第二节 机械设计概述

一、机械的基本概念

机械是机器和机构的总称。同时人们又将某一类机器统称为机械,如农业机械、轻工机械、纺织机械、交通机械等。机器是人们根据某种功能要求而设计和制造的一种执行机械运动的装置,可用来变换或传递能量、物料和信息。是人类在生产和生活中用以代替或减轻人

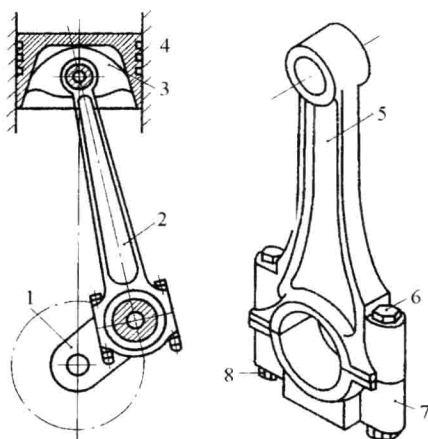
的体力劳动和辅助人的脑力劳动、提高生产效率和产品质量的主要工具,更是完成人类无法从事或难以从事的各种复杂、艰难、危险劳动的重要工具。机器的类型很多,不同的机器具有不同的形式、构造和用途。例如发电机、内燃机、车床、铣床、汽车、起重机等。通常一台完整的机器是由原动部分、传动部分、执行部分所组成,虽然一台完整的现代化机器还包括电器、控制、润滑和监测等部分,但机器的主体是机械系统。任何机器的机械系统,又都是由一定数量的基本单元(又称基本组成要素)所组成,此基本单元就是机械零件,简称零件。通过分析这些机器的结构组成,我们可以看到机器具有一些相同的特征。

1. 机器都是由许多构件(或零件)组合而成的。如图 1-1 所示的内燃机曲柄连杆机构简图可以看出,作为内燃机的主要工作部分,是由汽缸体、活塞、连杆、曲轴等组成。

在这些零件中,有的作为一个独立的运动单元体在运动,如曲轴;有的则常常与其他零件刚性地联接在一起,作为一个整体在运动,如连杆是由连杆体、连杆盖、螺栓、螺母等联接在一起,作为一个整体在运动。

这些刚性地联接在一起的各个零件之间不能产生任何相对作用,而是共同组成了一个独立的运动单元体。机器中的这种独立的运动单元体称作构件。因而从运动的观点来看,可以说任何机器都是由若干个(两个以上)构件组合而成的。

零件是机器或构件中最基本的制造单元,一般情况下是在制造和装配中不能再进行分解的独立个体,如图 1-1 中的连杆体、螺栓、螺母等。零件通常分为两大类,一类是在各种机器中经常用到的零件,称作通用零件,如螺栓、齿轮、轴承等;一类是在特定类型的机器中才能用到的零件,称作专用零件,如内燃机中的曲轴、涡轮机的叶片、飞机的螺旋桨等。由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的可以实现某种功能的组合体称作部件(或总成),如减速器、离合器、差速器等。



(a) 曲柄滑块机构 (b) 连杆

图 1-1 内燃机曲柄连杆机构简图

1-曲轴;2-连杆;3-活塞;4-汽缸体(机架);5-连杆体;6-螺栓;7-连杆盖;8-螺母

2. 组成机器的各个构件之间都具有确定的相对运动。如图 1-1 所示,曲轴与箱体之间,连杆与曲轴之间,活塞与连杆之间,活塞与缸体之间等都具有完全确定的相对运动。

3. 各种机器均能完成有益的机械功或转化能量。如内燃机将热能转化为机械能,发电机将机械能转化为电能等。

综上所述, 机器就是一种构件组合, 各构件之间具有完全确定的相对运动, 而且能够代替人类完成有益的机械功或转化能量。机构通常认为其具有机器的前两个相同的特征, 它也是一种构件的组合物, 主要用于实现某种确定的运动。如图 1-1 中的曲柄、连杆、活塞、汽缸体所组成的构件组合物, 就具有机器的前两个特征, 它们所组成的机构称为曲柄滑块机构。一部机器可以是一种机构, 也可以是数种机构的组合, 不同的机器也可能包括相同的主体机构, 如内燃机、冲床等的主体机构为曲柄滑块机构。

二、机器设计应满足的基本要求

机器的种类虽然很多, 但设计时需要考虑的要求却往往具有共性。这些要求主要有如下几方面。

(一) 预定功能要求

人们为了生产和生活上的需要才设计和制造各式各样的机器, 因此, 所设计和制造的机器必须具有预定的使用功能, 能满足人们某方面的需要。这主要靠正确选择机器的工作原理, 正确地设计或选用原动机、传动机构和执行机构以及合理地配置辅助系统来保证。

(二) 运动和动力性能的要求

根据预定的使用要求确定机械的工作原理, 并据此选择机构类型和机械传动方式, 达到以合理的机构组合来协调运动, 实现预定动作。在运动分析的基础上, 对机构进行动力分析, 从而确定作用在各零件上作用力。

(三) 工作可靠性要求

机器的可靠性是通过可靠度来衡量的。机器的可靠度是指机器在规定的工作期限内和规定的工作条件下, 无故障地完成规定功能的概率。机器在规定的工作期限和条件下丧失规定功能的概率称为不可靠度, 或称破坏概率。显然, 机器的可靠度与破坏概率应满足提高机器可靠度的关键是提高其组成零部件的可靠度。此外, 从机器设计的角度考虑, 确定适当的可靠性水平, 力求结构简单, 减少零件数目, 尽可能选用标准件及可靠零件, 合理设计机器的组件和部件以及必要时选取较大的安全系数等, 对提高机器可靠度也是十分有效的。

为了使机械在预定的工作期限内可靠地工作, 防止因零件失效而影响正常运行, 零件应满足下列要求:

1. 强度 强度是衡量零件抵抗破坏的能力, 是保证零件工作能力的最基本要求。零件强度不足时, 就会发生不允许的塑性变形, 甚至造成断裂破坏, 轻则使机械停止工作, 重则发生严重事故。为保证零件有足够的强度, 零件的工作应力不得超过许用应力, 这就是零件的强度计算准则。

2. 刚度 刚度是衡量零件抵抗弹性变形的能力。零件的刚度不足时, 就会产生不允许的弹性变形, 形成载荷集中等, 影响机械的正常工作。例如造纸机的辊子, 缝纫机的主轴, 如果没有足够的刚度, 就会导致产品质量的严重恶化。刚度计算准则要求零件工作时的弹性变形量(弯曲挠度或扭转角), 不超过机械工作性能所允许的极限值(即许用变形量)。

3. 耐磨性 耐磨性是指零件抵抗磨损的能力。例如齿轮的轮齿表面磨损量超过一定限

度后, 轮齿齿形有较大的改变, 使齿轮转速不均匀、产生噪声和动载荷, 严重时因齿根厚度减薄而导致轮齿折断。因此在磨损严重的条件下, 以限制与磨损有关的参数 (如零件接触表面间的压强和相对滑动速度) 作为磨损计算的准则。

4. 耐热性 耐热性包括抗氧化、抗热变形和抗蠕变的能力。零件在高温 (一般钢件在 $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 以上, 轻合金和塑料件在 $100^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 以上) 工作时, 将会因强度削弱而降低承载能力, 同时会出现蠕变, 增加塑性变形甚至发生氧化现象, 从而大大影响机械的精度甚至使零件失效。另外, 高温下润滑油膜容易破裂, 润滑能力降低甚至完全丧失。为保证零件在高温下能正常工作, 除采用耐热材料外, 还可采用水冷或汽化冷却等降温措施, 以达到将机器的工作温度限制在正常的运行温度, 使发热与散热相平衡, 即热平衡准则。

5. 振动稳定性 机器中存在着许多周期性变化的激振源, 如轴上零件的偏心载荷、滚动轴承中的振动、齿轮的啮合等。如果零件本身的固有频率与激振源的频率相同或为其整数倍时, 零件就会发生共振, 振幅将急剧增大, 能在短期内使零件或整部机械造成破坏。所以, 对于高速机械及其零件应进行相应的振动计算并采取措施以防机械及其零件因共振而失效。

(四) 安全性要求

机械的安全性是指从人的安全需要出发, 在使用机械的全过程的各种状态下, 达到使人的身心避免受到外界因素危害的存在状态和保障条件。由于机械用途及使用目的的不同, 机械产品的自身构造也千差万别, 因而它所带来的危害和有害因素也不同。如缠绕危险、冲击危险、刺伤危险、挤压危险、剪切危险等。因而在机械设备的设计阶段就要采取安全技术措施, 进行安全设计, 经过对机械设备性能、可靠性、实用性、经济性、安全性等各方面的综合分析, 使机械设备本身达到安全。

(五) 经济性要求

机器的经济性是用设计、制造和使用三个方面的综合性指标进行衡量的。设计机器时应最大限度地考虑经济性, 在满足使用要求的前提下应力求结构简单、加工容易, 材料市场供应充分, 维修方便和能源消耗较低等。在机器设计制造中应尽量采用标准零件, 不仅可以简化设计, 保证互换性, 便于机器零件的装配维修, 而且有利于提高零件质量降低生产成本。

提高设计制造经济性的主要途径有:

1. 尽量采用先进的现代设计理论和方法, 力求参数最优化, 以及应用 CAD 技术, 加快设计进度, 降低设计成本。
2. 合理地组织设计和制造过程。
3. 最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零部件。
4. 合理地选用材料, 改善零件的结构工艺性, 尽可能采用新材料、新结构、新工艺和新技术, 使其用料少、质量轻、加工费用低、易于装配。
5. 尽力改善机器的造型设计, 使产品美观而人性化, 扩大销售量。

提高机器使用经济性的主要途径有:

1. 提高机器的机械化、自动化水平, 以提高机器的生产率和生产产品的质量。
2. 选用高效率的传动系统和支承装置, 从而降低能源消耗和生产成本。
3. 采用适当的防护、润滑和密封装置, 以延长机器的使用寿命, 并避免环境污染。

（六）劳动保护要求和环境保护要求

设计机器时应给劳动保护要求和环境保护要求给予高度重视，一般可从以下两方面着手：

1. 注意操作者的操作安全，减轻操作时的劳动强度。具体措施有：对外露的运动件加设防护罩；减少操作动作单元、缩短动作距离；设置完善的保险、报警装置以消除和避免不正确操作等引起的危害；操纵应简便省力，简单而重复的劳动要利用机械本身中的机构来完成。

2. 改善操作者及机器的环境。具体措施有：降低机器工作时的振动与噪声；防止有毒、有害介质渗漏；进行废水、废气和废液的治理；美化机器的外形及外部色彩。总之，设计的机器要符合国家的劳动保护法规要求和环境保护要求。

（七）其他特殊要求

对不同的机器，还有一些为该机器所特有的要求。例如：对医药、食品等机械有保持清洁、不能污染产品的要求；对机床有长期保持精度的要求；对飞机有质量轻、飞行阻力小等要求；对流动使用设备如钻探机、塔式起重机等要求便于安装、拆卸、运输等。因而设计机器时，不仅要满足前述共同的基本要求，还应满足其特殊要求。

此外要指出，随着社会的不断进步和经济的高速增长，在许多国家和地区，机器的广泛使用使自然资源被大量的消耗和浪费，环境质量受到严重的破坏。这一切使人类自身的生存和发展受到了严重的威胁，人们对此已有了较为深刻的认识，并提出了可持续发展的观念和战略，即人类的进步必须建立在经济增长与环境保护相协调的基础之上。因此，设计机器时除了满足以上基本要求和某些特殊要求外，还应该考虑满足可持续发展战略的要求，采取必要的措施，尽量减少机器对环境和资源的不良影响。具体措施包括：使用清洁的能源，如太阳能、水力、风力以及现有燃料的清洁燃烧；采用清洁的材料，即采用低污染、无毒、易降解、可回收的材料；采用清洁的制造过程，不消耗对环境产生污染的资源，废气、废水、废物排放达到排放标准；使用清洁的产品，即使用机器过程中不污染环境，机器报废后易回收等措施。

三、机器设计的一般程序

设计机器是一个富有创造性的工作，同时也是一个尽可能多地利用已有成功经验的工作。机器的质量基本上是由设计质量所决定的，而制造过程主要就是实现设计时所规定的质量。设计机器的过程是复杂的，它涉及多方面的工作，如市场需求调研、技术预测和人机工程等。本书仅就设计机器的技术过程进行讨论。由于机器的种类繁多，性能差异巨大，所以设计机器的过程并没有一个通用的固定顺序，需要根据具体情况进行。在此仅以比较典型的机器设计为例，介绍设计的一般程序。

1. 产品规划调研阶段

在产品规划调研阶段，要进行所设计机器的需求分析和市场预测，在此基础上确定所设计机器的具体功能和性能参数，并根据现有的技术、资料及研究成果，分析其实现的可能性，明确设计中的关键问题，拟定设计任务书。设计任务书大体上应包括：机器的功能，技术经