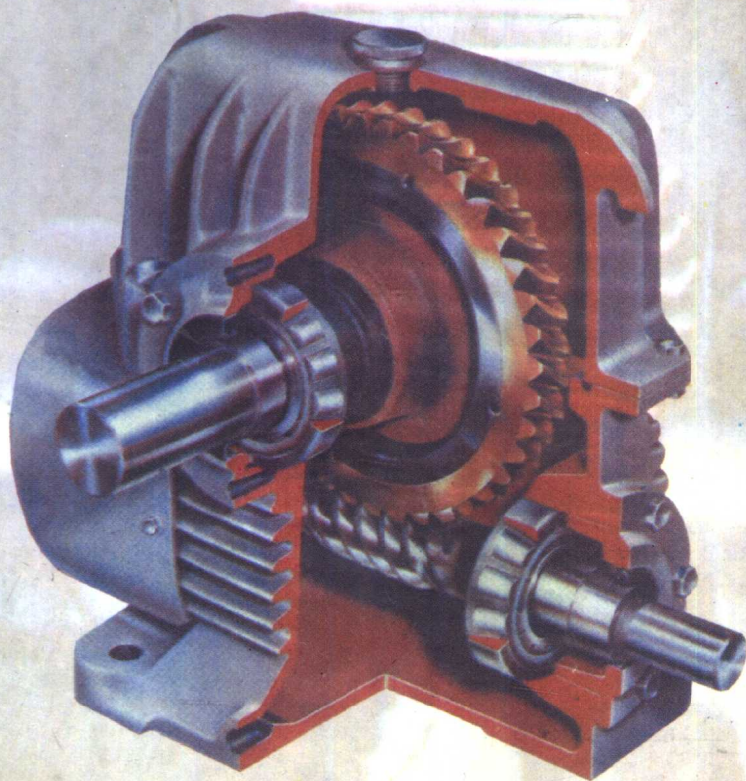


中等专业学校教材

机械设计基础

主 编 张建中 张天熙
副主编 李玉梅 郭修奎



中国矿业大学出版社

中等专业学校教材

机械设计基础

主 编 张建中 张天熙
副主编 李玉梅 郭修奎

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是根据教育部全国中专机械原理与机械零件课程组 1998 年制订的全国中等专业学校机械类《机械设计基础》教学大纲编写的。本书按照职业技术教育要求,改革了教材体系,精选和更新了教学内容,增加了新技术、新材料、新工艺,适当拓宽了知识面,既保证必要的基本知识、基本理论,又注重职业技能和能力的培养,具有科学性、先进性和实用性。

全书共六篇十九章。第一篇总论;第二篇机械联接;第三篇机械传动(含平面连杆机构传动、凸轮机构传动等);第四篇轴系零部件;第五篇其他(减速器和变速器、弹簧、机械动力特性、计算机辅助机械设计);第六篇实训练习指导。各章附有适量的思考题和习题。

本书可作为中等专业学校机械类、机电结合类专业《机械设计基础》或《机械原理与机械零件》课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

责任编辑 朱守昌

责任校对 关湘雯

技术设计 许秀荣

中等专业学校教材

机 械 设 计 基 础

主 编 张建中 张天熙

副主编 李玉梅 郭修奎

中国矿业大学出版社出版发行

新华书店经销 中国矿业大学出版社印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 22.25 字数 541 千字

1998 年 6 月第一版 1998 年 6 月第一次印刷

印数 1~10000 册

ISBN 7 - 81040 - 823 - 2

TH · 29

定价:24.00 元

前 言

本书是根据教育部全国中专机械原理与机械零件课程组 1998 年制订的全国中等专业学校机械类专业《机械设计基础》教学大纲编写的,可作为中等专业学校机械类、机电结合类专业《机械设计基础》或《机械原理与机械零件》课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

本教材具有以下特点:

1. 教材内容按照课程内容的内在联系、认识规律和机械传动的一般顺序编排,将内容分为总论、联接、机械传动、轴系零部件、其他及实训练习指导等六篇编写。

2. 按照中等专业学校培养生产一线技术类应用型人才的总目标,面向 21 世纪,以就业岗位技能和能力培养为中心,以少而精、突出实用为原则,以生产实际所需的基本知识、基本理论和基本技能为基础,精选教学内容,把握理论深度,删减了不必要的公式推导,更新了教学内容,增加了一些新技术、新知识、新材料,如增加了窄 V 带、新型传动等,适当扩展了知识面,加强了机械传动装置和零部件的结构工艺及使用、维护等方面内容。

3. 在总论中增加了“机械设计概述”一章,概括地阐明了本课程最基本的共性知识及相关的新理论、新技术,旨在使读者从整体上认识课程的内容,使课程知识完整而实用。

4. 根据新大纲加强实践训练,突出技能和能力培养的要求,本教材对传统的实验项目进行了较大的改革,去掉了一些理论验证性实验,增设了一些实训项目,并将实训练习指导附在本教材之后,以便于与教材配套使用。

5. 本教材采用了最新国家标准(截止到 1997 年底)、规范和设计资料,采用了最新的设计计算方法和实用图例。

本教材所引用的有关标准、规范、数据、资料等,仅摘取了与阐明问题密切有关的部分。

6. 为使教材少而精,教材中用到的有关设计资料及减速器的结构设计内容,均编入与教材配套的《机械设计基础课程设计》(张建中、黄达忠主编)一书中。

7. 本教材内容较为全面,不同专业可视具体情况酌情取舍。

参加本书编写的有徐州建筑工程学校张天熙(第一、二、九章),济南铁路机械学校郭修奎(第三、四章),泰安煤炭工业学校张建中(第五、十三、十四、十九章),济南铁路机械学校崔发平、王风云(第六章),大同煤炭工业学校李玉梅(第七章),徐州建筑工程学校黄烨(第八章),湖南工业学校周乐国(第十章),阜新工业学校戴保山(第十一章),晋东南煤炭工业学校侯克清(第十二章),安徽煤炭工业学校程刚(第十四章),济宁工业学校齐爱霞(第十五章),泰安煤炭工业学校崔希海(第十六章),山东轻工学校栾香(第十七章),枣庄矿务局职工大学陈沛(第十八章),山西煤炭工业学校裴保家(第六篇)。全书由张建中、张天熙担任主编,李玉梅、郭修奎担任副主编。

本书由大同煤炭工业学校费鸿学高级讲师和中国矿业大学段嗣福教授担任主审。

限于编者水平,书中欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 5 月

目 录

第一篇 总 论

第一章 机械设计基础概论	(1)
第一节 机器的组成.....	(1)
第二节 本课程的内容、性质和任务	(3)
第三节 机器应满足的要求和设计制造程序.....	(5)
第四节 机械零件设计的基本知识.....	(7)
第五节 机械零件的强度.....	(9)
第六节 机械零件的材料和结构工艺性	(13)
第七节 摩擦、磨损和润滑.....	(16)
第八节 现代机械设计方法简介	(21)
第二章 平面机构运动简图和自由度	(23)
第一节 平面机构的组成	(23)
第二节 平面机构运动简图	(25)
第三节 平面机构的自由度	(28)
第四节 机构具有确定运动的条件	(31)

第二篇 联 接

第三章 螺纹联接	(35)
第一节 概述、常用螺纹的类型特点和应用.....	(35)
第二节 螺纹联接的类型和螺纹紧固件	(36)
第三节 螺纹联接的预紧和防松	(41)
第四节 螺栓联接的结构设计	(42)
第四章 轴毂联接	(49)
第一节 键联接	(49)
第二节 花键联接	(54)
第三节 销联接	(55)
第四节 无键联接	(57)

第三篇 机械传动

第五章 带传动	(59)
第一节 概述	(59)
第二节 V 带和带轮	(61)
第三节 带传动工作情况分析	(68)
第四节 V 带传动的设计计算	(72)
第五节 V 带传动的张紧与维护	(79)
第六节 其他带传动简介	(81)
第六章 链传动	(84)
第一节 概述	(84)
第二节 滚子链和链轮	(85)
第三节 滚子链传动的设计	(88)
第四节 链传动的使用和维护	(92)
第七章 齿轮传动	(96)
第一节 概述	(96)
第二节 齿廓啮合基本定律	(97)
第三节 渐开线齿廓	(98)
第四节 齿轮各部分名称、基本参数及渐开线标准直齿圆柱齿轮几何尺寸计算	(101)
第五节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动.....	(105)
第六节 渐开线齿轮的切齿原理.....	(107)
第七节 渐开线齿轮的根切现象和最少齿数.....	(109)
第八节 渐开线变位齿轮传动简介.....	(110)
第九节 直齿圆柱齿轮的齿厚测量计算.....	(112)
第十节 齿轮的失效形式及计算准则.....	(115)
第十一节 齿轮材料及热处理.....	(116)
第十二节 齿轮传动的精度.....	(119)
第十三节 直齿圆柱齿轮传动的受力分析及计算载荷.....	(120)
第十四节 直齿圆柱齿轮传动的强度计算.....	(123)
第十五节 直齿圆柱齿轮传动设计计算准则及主要设计参数的选择.....	(127)
第十六节 斜齿圆柱齿轮传动.....	(132)
第十七节 斜齿圆柱齿轮传动的受力分析和强度计算.....	(136)
第十八节 直齿锥齿轮传动.....	(139)
第十九节 齿轮结构.....	(143)
第二十节 圆弧齿轮传动简介.....	(144)
第二十一节 齿轮传动的润滑.....	(146)

第八章 蜗杆传动	(149)
第一节 蜗杆传动的类型和特点.....	(149)
第二节 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸.....	(151)
第三节 普通圆柱蜗杆传动强度计算.....	(154)
第四节 蜗杆传动的效率和热平衡.....	(157)
第五节 蜗杆、蜗轮的结构和蜗杆传动的使用维护	(158)
第九章 齿轮系传动	(163)
第一节 定轴轮系传动比的计算.....	(163)
第二节 行星轮系传动比的计算.....	(166)
第三节 组合行星轮系传动比的计算.....	(174)
第四节 轮系的功用.....	(177)
第五节 几种特殊行星传动简介.....	(180)
第十章 平面连杆机构传动	(185)
第一节 铰链四杆机构的基本类型、应用和特点	(185)
第二节 铰链四杆机构曲柄存在条件.....	(188)
第三节 铰链四杆机构的演化.....	(189)
第四节 平面四杆机构的传动特性.....	(192)
第五节 多杆机构简介.....	(195)
第十一章 凸轮机构传动	(199)
第一节 概述.....	(199)
第二节 从动件常用运动规律.....	(201)
第三节 盘形凸轮轮廓曲线的设计.....	(203)
第四节 平面凸轮的结构设计.....	(206)
第十二章 其他常见机构和组合机构	(212)
第一节 间歇运动机构.....	(212)
第二节 螺旋传动机构.....	(215)
第三节 组合机构简介.....	(217)

第四篇 轴系零、部件

第十三章 轴承	(220)
第一节 滑动轴承.....	(220)
第二节 滚动轴承的类型及代号.....	(230)
第三节 滚动轴承的类型选择、寿命校核和静强度计算	(238)
第四节 滚动轴承的组合设计.....	(245)
第五节 滚动轴承的使用与维护.....	(257)
第十四章 轴	(260)
第一节 概述.....	(260)
第二节 轴的结构设计.....	(262)

第三节 轴的强度校核·····	(268)
第四节 轴的使用与维修·····	(273)
第十五章 联轴器、离合器及制动器 ·····	(276)
第一节 联轴器·····	(276)
第二节 联轴器的安装与维护·····	(280)
第三节 离合器·····	(282)

第五篇 其 他

第十六章 减速器和变速器 ·····	(285)
第一节 减速器·····	(285)
第二节 变速器·····	(288)
第三节 摩擦轮传动简介·····	(290)
第十七章 弹簧 ·····	(293)
第一节 概述·····	(293)
第二节 圆柱螺旋弹簧设计·····	(295)
第十八章 机械的平衡及速度波动的调节 ·····	(303)
第一节 回转件的平衡·····	(303)
第二节 回转件的平衡试验·····	(305)
第三节 机械产生速度波动的原因及其调节方法·····	(306)
第十九章 计算机辅助机械设计 ·····	(308)
第一节 概述·····	(308)
第二节 编制计算机辅助机械设计程序基础·····	(310)
第三节 典型机械零件的程序设计·····	(313)

第六篇 机械设计基础实训练习指导

实训一 平面机构运动简图的测绘和分析 ·····	(320)
实训二 渐开线齿轮范成原理实验 ·····	(322)
实训三 渐开线齿轮范成原理的计算机演示 ·····	(325)
实训四 渐开线直齿圆柱齿轮参数的测定 ·····	(331)
实训五 轴系结构的测绘与分析 ·····	(334)
实训六 机构的结构及特性分析 ·····	(337)
实训七 减速器的结构分析和拆装 ·····	(341)
实训八 刚性转子的静平衡实验 ·····	(345)
实训九 计算机辅助机械设计上机操作 ·····	(347)
主要参考书目 ·····	(348)

第一篇 总 论

本篇概括地阐明本课程最基本的共性知识。第一章讲述机器的组成、本课程的内容和任务、机器设计制造程序、机械零件的强度、材料及结构工艺性、摩擦、磨损和润滑、现代机械设计方法简介等。第二章介绍平面机构运动简图和自由度等。

第一章 机械设计基础概论

在人类的生产和生活中,大量使用各种机械设备,以减轻或代替人们的劳动,提高生产效率、产品质量和生活水平。当今社会,经济竞争日益激烈,科学技术和工业生产飞速发展,计算机技术、电子技术与机械技术有机结合,实现机电一体化,促使机械产品向着高速、高效、多功能、精密、自动化和轻量化方向发展。大量新技术、高效优质的新产品不断涌现,产品更新换代的周期越来越短。机械产品的水平已成为衡量国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。

机械产品种类很多,按照产业和用途的不同,可分为金属加工机床、农业机械、矿山机械、工程机械、纺织机械、化工机械、建筑机械、交通运输机械、办公设备等等。各种机械虽然功能、特点各异,结构外形千差万别,但也有许多共性。

机械是机器和机构的总称。

第一节 机器的组成

一、机器

我们已接触到许多机器。在生产中,常见的机器如汽车、拖拉机、电动机、各种机床等;在生活中常用的洗衣机、缝纫机、电风扇、摩托车等。

机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料或信息,以减轻或代替人的体力劳动和脑力劳动,提高生产效率和产品质量。机器与其他设备的主要不同点在于:机器一定要作机械运动,并用机械运动来实现能量、物料和信息的变换。

按照用途的不同,可把机器分为动力机器、工作机器和信息机器。

动力机器用以实现其他形式的能量与机械能间的变换。如内燃机、涡轮机、电动机、发电机等,都属于动力机器。

工作机器用来做机械功或搬运物品,即变换物料。金属切削机床、轧钢机、织布机、收割机、汽车、机车、飞机、起重机、输送机等均为工作机器。

信息机器用来获取或变换信息,如照相机、打字机、复印机等。

二、机器的组成

现代机器由动力装置、传动装置、执行装置和操纵控制四个部分组成。此外,还有必要的辅助装置。

1. 动力装置

动力装置是机器的动力来源,有电动机、内燃机、燃气轮机、液压马达、气动马达等。现代机器大多采用电动机,而内燃机主要用于运输机械、工程机械和农业机械。

2. 传动装置

传动装置将动力装置的运动和动力变换成执行装置所需的运动形式、运动和动力参数,并传递到执行部分。机器中的传动有机械传动、液压传动、气压传动和电力传动,应用最多的是机械传动。本书只讨论机械传动装置。

3. 执行装置

执行装置是直接完成机器预定功能的工作部分,如车床的卡盘和刀架、汽车的车轮、船舶的螺旋桨、带式输送机的输送带等。

4. 操纵、控制及辅助装置

操纵和控制装置用以控制机器的起动、停车、正反转、运动和动力参数的改变及各执行装置间的动作协调等。自动化机器的控制系统能使机器进行自动检测、自动数据处理和显示、自动控制和调节、故障诊断和自动保护等。辅助装置则有照明、润滑和冷却装置等。

前三种装置为机器的基本组成部分。

图 1-1 为牛头刨床的传动系统。刀架和工作台为执行装置;带传动、齿轮传动、导杆机构、连杆机构和棘轮机构组成传动系统;电动机的运动和动力经变换和传递,使滑枕和刀架作往复直线移动,进行刨削;使工作台横向移动,完成进给。刀架、工作台的速度和位置是靠操纵机构来控制的。

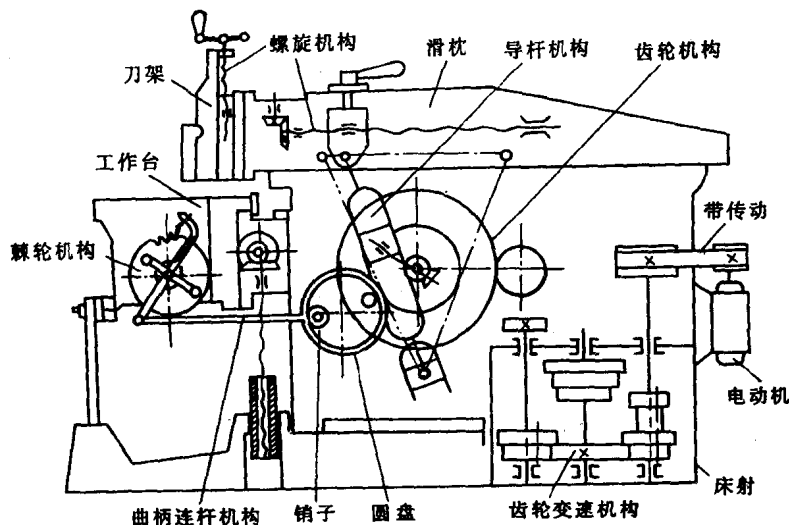


图 1-1 牛头刨床的传动系统图

对于汽车,发动机(汽油机或柴油机)为原动机;离合器、变速箱、传动轴和差速器等组成传动部分;车轮、车身、悬挂系统和底盘为执行部分;方向盘和转向系统、排档杆、刹车及其踏板、离合器踏板、油门等组成操纵系统;刮雨器、车门开启机构、后视镜等为辅助装置。

机器是由许多零件装配而成。零件是机器的不可拆的基本单元,如齿轮、轴、键、螺栓、链、弹簧等。为协同完成某一功能而装配在一起的若干个零件的装配体称为部件,如联轴器、轴承、减速器等。“机械零件”也常用来泛指零件和部件。

各种机器中普遍使用的零件称为通用零件,如螺钉、齿轮、轴等;只在某些特定类型的机器中才使用的零件,称为专用零件,如发动机中的曲轴和活塞、汽轮机的叶片、纺织机中的织梭等。

经过优选、简化、统一,并给以标准号的零件和部件称为标准件。

三、机构

机构是一种用来传递运动和力或改变运动和动力参数、运动形式的机械传动装置。

机器中常用的机构有:带传动机构、链传动机构、齿轮机构、连杆机构、凸轮机构、螺旋机构和间歇机构等。另外,还有组合机构。

一部机器,特别是自动化机器,要实现较为复杂的工艺动作过程,往往需要多种类型的机构。例如,牛头刨床含有带传动机构、齿轮机构、连杆机构、间歇机构和螺旋机构等五种机构;内燃机的传动部分由曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构组成(图 1-2)。

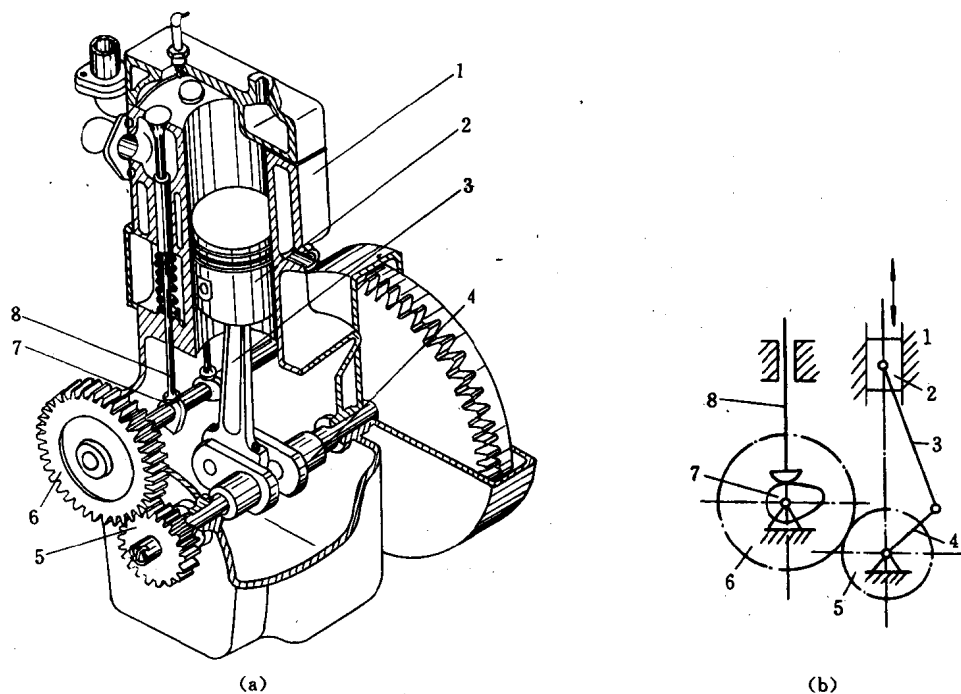


图 1-2 内燃机
(a) 结构图; (b) 运动简图

在仪器、设备和日常用具中,也大量应用各种机构。

从结构和运动的观点来看,机构与机器之间并无区别。因此,为了简化叙述,习惯上常用“机械”一词作为机械和机器的总称。

第二节 本课程的内容、性质和任务

本课程研究的对象是一般工况条件下的常用机构和通用机械零、部件。对于巨型、微型、以及高速、高温、高压或低温条件下工作的通用零、部件,则在有关专门课程中研究。

本书的主要内容为:

1. 总论部分:机器、机构的组成原理;机械零部件设计选用的原则和基本知识;机械零件的强度、材料和结构工艺性;机械的摩擦、磨损和润滑等方面的基本知识;机械现代设计方法简介。

2. 联接部分:螺纹联接;键联接;过盈配合联接;成形联接;销联接。

3. 传动部分:带传动;链传动;齿轮传动;蜗杆传动;齿轮系传动;平面连杆机构传动;凸轮机构传动;其他常用机构传动、组合机构等。

4. 轴系结构部分:轴承;轴;联轴器和离合器。

5. 其他部分:减速器、变速器;弹簧;机械的平衡及速度连动的调节;计算机辅助机械设计等。

6. 实训练习指导。

本课程是机械类和近机类各专业的一门主干技术基础课。旨在培养工程技术人员职业岗位所需的通用机械零件和常用机构的基本知识、基本理论和基本技能,使之基本具有分析、运用和维护机械传动装置和机械零件的能力,为今后解决生产实际问题及学习有关新的科学技术打下基础。

本课程的主要任务:通过本课程的教学,应使学生达到下列基本要求:

- (1) 熟悉常用机构和通用机械零件的结构、工作原理、特点和应用;
- (2) 掌握通用零部件的选用和设计的基本方法,初步具有设计简单机械传动装置的能力;
- (3) 具有与本课程有关的解题、计算、绘图、执行国家标准和较熟练使用有关技术资料的能力;
- (4) 基本具有测绘、装拆、调整、检测一般机械装置的技能;
- (5) 基本具有使用、维护机械传动装置的能力;
- (6) 初步具有分析和处理机械一般问题的能力;
- (7) 初步具有在本课程中应用计算机的能力;
- (8) 了解有关技术经济政策和法规,掌握科学的工作方法和思想,具有严谨的工作作风、刻苦钻研精神和创新精神。

本课程的教学应注意以下几点:

(1) 在本课程的教学,要以学生为主体,以职业能力培养为主线,以实训场地为主要课堂,注重学生全面素质和综合职业能力培养。特别要重视自学能力、观察能力、信息收集和处理能力、实践能力、分析问题和解决问题的能力、理解和表达能力、科学思维方法和创新精神的培养。

(2) 本课程是一门实践性很强的课程,除理论教学外,还有习题讨论课、现场教学、实践训练、设计作业、课程设计和调查实践等多项实践教学环节。应十分重视实践性环节教学,把主要精力用于钻研机械传动装置和零部件的结构、工作原理、标准、规范、适用场合、工作情况、受力、失效形式和计算准则、选材、计算方法和步骤、使用和维护上,放在知识的运用、问题的处理和实践能力的培养上。只有加强实践,才能学好本课程。

(3) 本课程教学内容与各行业生产和生活实际密切相关。因此教学中应注意联系实际。教师、学生应经常深入工厂、生产现场、五交化商场、产品展销会等地,观察机械产品、了解生产、机械装置使用、产品销售等情况,调查研究、收集资料,以充实、更新教学内容。

(4) 本课程教学内容有名词术语多、公式多、系数多、图形多、表格多、标准多、涉及的学科多和知识面广等特点。此外,一个零件的设计结果并不是唯一正确的答案,很多尺寸要由结构设计确定。这些都要求学生改变学习方法,不能死记硬背,要多观察、多思考、分析比较,掌握处理问题的方法,注重理解和运用。

第三节 机器应满足的要求和设计制造程序

技术人员应了解对机器的要求和机器设计制造的一般过程。

一、机器应满足的要求

一般来说,机器应满足下列要求。

1. 使用要求

机器应在规定的使用期限内保证实现预定的功能,达到规定的性能。这项要求主要合理地选择机器的工作原理,正确地设计传动方案,合理配置辅助系统等来实现。

2. 经济性要求

机器的经济性应体现并贯穿在设计、制造和使用的全过程,以求获得最高的经济效益。在设计阶段,采用先进的现代设计方法,使设计参数精确并最优化。应用 CAD 技术,加快设计进度,降低设计成本。尽量采用标准件、通用件及使产品系列化,缩短设计周期。尽可能采用新技术、新材料和新结构,少用贵重材料。选用高效传动系统,以降低能耗。适当考虑机器的机械化和自动化水平,以提高机器的生产率等。在制造过程中,合理地组织生产过程,尽量采用各种新工艺,缩短制造周期,降低生产成本;在使用方面,加强管理和维护保养,以减少电、油及辅助材料消耗和降低维修费用。

3. 社会要求

对机器的社会要求有以下几个方面:应满足人机工程学要求,如操作方便、省力、舒适、劳动强度低、维修简便等;应满足安全运行要求,保证人、机安全,如设置安全防护装置、连锁装置、预警信号系统等;应满足工艺美学要求,机器造型美观、色彩协调、雅致精巧,如消防机械用红色,给人以紧迫、警示感;医疗、食品机械多用浅色,给人以洁净感等;应符合环保要求,降低噪声,最好在 80 dB 以下;防止有毒有害介质的泄漏。

4. 可靠性要求

现代机器日趋复杂。一个组件或某一环节发生问题,都会引起整个机器不能正常工作。因此,要求机器具有较高的可靠性。机器的可靠性是指在规定的使用寿命和工况条件下机器完成规定功能的能力。可靠性是衡量机械产品的一个重要指标。机器的可靠性取决于零件的可靠性和零件的组合关系。

机器的设计、制造、管理、使用等环节都影响机器的可靠性,而起决定性作用的则是设计阶段。

5. 其他特殊要求

在满足以上基本要求的前提下,不同机械还有其特殊要求,如机床有长期保持精度的要求;食品机械有防止污染的要求;大型设备有便于安装和运输的要求等。

二、机器设计、制造的一般程序

新产品从设计到投放市场,一般要经过六个阶段。

1. 可行性研究阶段

新产品开发任务提出后,要进行可行性研究。首先要作充分的调查研究,收集资料,掌握信息,然后对产品的预期需要、使用要求和关键技术进行详细分析研究,明确任务要求,提出机器功能设计参数和制约条件,并作经济效益估算,论证设计的必要性、先进性和可行性,最后给出可行性报告和设计任务书。设计任务书内容主要包括:机器的用途、主要性能参数、工作环境和使用要求、制造要求、预期成本、设计完成期限、以及有关特殊要求等。

2. 方案设计阶段

方案设计即为机器的功能原理设计。本阶段是决定机器结构、产品水平和竞争力的关键阶段。

方案设计是在机器功能分析的基础上,确定机器的工作原理和技术要求,拟定机器的传动方案和总体布置等。

进行机器功能分析之后,以确定的功能参数为依据,通过借鉴、模型试验和创新构思,提出多个可能实现预定功能目标的原理方案。经分析比较、设计评价、优化筛选,最后决策、从几个可行方案中选出最佳方案。

3. 技术设计阶段

技术设计阶段的任务是完成机器总装配草图和部件装配草图,将原理方案结构化。

技术设计内容和步骤如下。

(1) 机器的运动学设计

确定动力机的类型、型号和参数(功率、转速等),进而确定各构件的运动参数(转速、速度、加速度等)。

(2) 机器的动力学计算

确定各级传动的传动比,计算各主要零件上所受的载荷(大小、方向、性质等)。

(3) 零件工作能力设计

确定主要零件的失效形式、计算准则,选择材料和热处理方法,并对主要零件进行工作能力计算、确定其主要尺寸和参数。

(4) 部件装配草图和总装配草图设计

结合考虑满足装配、润滑、密封、维修和运输等要求,设计并绘制各部件装配图,再绘制出机器总装配图。必要时,还应绘出电气、液压、润滑等系统图。

(5) 主要零件校核

在绘出装配草图后,所有零件的结构、尺寸及零件间的关系已基本确定,可较为精确地进行零件的载荷和强度校核计算。根据校核结果,再修改零件的结构和尺寸。

4. 施工设计阶段

施工设计需完成零件工作图的设计和编制各类技术文件。

零件工作图是制造和检验零件的依据。根据装配图设计并绘制零件工作图。设计工作图时,要认真考虑零件的全部结构、加工和装配工艺性、检验要求等。若零件结构、尺寸改变,按最后确定的零件工作图上的结构和尺寸,重新绘制部件装配图和总装配图。应使工作图上零件的结构和主要外廓外尺寸与装配图中的完全一致。一般说来,技术设计与工作图设计相互制约,往往需交叉进行,反复修改。

一套完整的机器图纸除装配图和零件图外,还应有机器外形图、基础安装图、传动系统

图,以及电气、液压、润滑,冷却系统图等。

技术文件包括:设计计算说明书、使用说明书、标准件和外购件明细表、重要零部件的工艺文件、试车大纲等。机器使用说明书内容有:机器的性能参数范围、使用操作方法、日常保养和简单的维修方法、备用件目录等。

在技术设计和施工设计阶段;应尽量采用计算机辅助设计(CAD)技术,以提高设计质量和加快进度。

5. 样机试制阶段

试制样机,进行样机试验,测试各项技术性能指标,分析是否达到设计要求。样机试验完成后,应进行全面的技术经济评价,专家鉴定,以决定设计方案是否可用或修改意见。一般说来,即使方案可用,仍需作适当修改,以使设计更加完善。

6. 投产销售阶段

在改进原设计使之达到设计任务书规定的全部要求后,可报批投产。进行生产和准备,正式投产。并开展售后服务、跟踪调查、及时反馈制造和使用的信息,反复不断修改设计,甚至改型,提高产品质量和信誉,开拓出更广阔的市场。

第四节 机械零件设计的基本知识

一、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功能的现象,称为失效。常见的失效形式为:断裂、工作表面损伤、过量变形和正常工作条件被破坏等。

1. 断裂

断裂的原因是零件强度不足。零件在外载荷作用下,某一危险截面上的应力超过零件的强度极限时,会发生断裂;或者零件受变应力作用,经较长时间工作,发生疲劳断裂,如螺栓的断裂、齿轮轮齿根部的断裂等。

2. 工作表面损伤

表面损伤主要有:压溃、点蚀、磨损和腐蚀等。

受挤压作用的零件,若抗挤压强度不足,会造成表面的压溃,如键联接中轮毂槽侧面的压溃。

在接触应力作用下长时间工作的零件,工作表面由于疲劳产生裂纹和小块剥落而形成麻点状损伤,称为点蚀,如齿面点蚀、滚动轴承的滚动体及座圈滚道表面的点蚀等。

作相对运动的零件接触表面都会因摩擦而产生磨损,磨损使零件的尺寸逐步减小,且工作表面的正确形状遭到破坏。当磨损量达一定值时,零件即失效。处于潮湿空气中或与水、汽及其他腐蚀性介质接触的金属零件,均可能发生腐蚀。

另外,还有表面胶合,如齿面胶合,详见齿轮传动部分。

3. 过量变形

零件受载后产生弹性变形。过大的弹性变形会使零件不能正常工作,影响机器的精度;若应力超过了材料的屈服极限,零件将产生塑性变形。过大的塑性变形会改变零件的尺寸和形状,破坏零件间的相对位置和配合,亦使机器不能正常工作。

4. 破坏正常工作条件而引起的失效

如摩擦传动的打滑、液体摩擦滑动轴承油膜破坏引起过热、磨损等均为破坏正常工作条件而引起的失效。

同一零件发生失效的形式可能有多种,如齿轮失效形式有轮齿折断、点蚀、磨损等。但其主要失效形式将由材料、结构和工作条件等决定。

二、机械零件应满足的要求

零件是组成机器的基本单元。为保证机器的性能,零件应满足如下基本要求:

1. 工作能力要求

零件不发生失效时的安全工作限度称为工作能力。零件承受载荷的工作能力称为承载能力。为防止零件失效,设计时保证其工作能力所依据的基本原则称为计算准则。

(1) 强度要求

强度要求是任何零件都必须满足的最基本的要求。强度是指零件在载荷作用下抵抗断裂、塑性变形或表面损伤的能力。为了保证零件具有足够的强度,计算时,应符合强度计算准则,即使零件受载所产生的最大应力不大于零件的许用应力,或零件的安全系数不小于零件的许用安全系数。

(2) 刚度要求

刚度是零件受载后抵抗弹性变形的能力。对于某些零件(并非所有零件),如转轴,若刚度不足,会使机器不能正常工作,因此应提出刚度要求。为了保证这类零件具有足够的刚度,应使零件在载荷作用下的弹性变形量不大于机器工作性能所限制的许用变形量。即满足零件计算的刚度准则。

(3) 寿命要求

影响零件寿命的主要因素是磨损、疲劳和腐蚀。

耐磨性是指零件在载荷作用下抵抗磨损的能力。为了保证零件具有良好的耐磨性,应运用摩擦学原理设计零件的结构、选定摩擦副的材料和热处理、润滑剂等,并使之处于良好的润滑状态,以延长零件的使用寿命。

对于疲劳寿命,通常是求出使用寿命时的疲劳极限来作为计算的依据。

至于腐蚀影响,至今尚无有效的计算方法。

(4) 振动稳定性要求

机器在运转中一般都有振动。轻微的振动不会妨碍机器的正常工作。但剧烈的振动将影响机器的运转质量和工作精度,甚至会造成破坏事故。剧烈的振动是由零件的共振所引起。因此,对于高速机械,应进行振动分析和计算,以确保零件及系统的振动稳定性。

2. 结构工艺性

零件的结构工艺性包括零件结构和加工工艺性两个方面,二者密切相关。零件应具有良好的结构工艺性,即在既定的生产条件和规模下,零件易于加工,成本低,且便于装配。一般说来,在保证和利于提高零件工作能力的前提下,应力求使零件结构合理、外形简单、造型美观和易于加工。零件的结构工艺性将在下节进一步讨论。

3. 经济性要求

经济性体现在零件本身材料、设计费用和生产成本上。采用廉价又供应充足的材料以代替贵重材料;采用少余量的毛坯及轻型结构以减少零件用料;采用工艺性良好的零件结构,以减少加工和装配工时;尽量采用标准化的零、部件等等,都能够降低零件的成本。

4. 可靠性要求

通常用可靠度作为可靠性的指标。零件的可靠度为:在规定的使用时间和规定的使用条件下,零件能够正常地完成规定功能的概率。提高零件的可靠度,将提高机器的可靠度。为了提高零件的可靠性,应使零件工作条件和性能随机变化尽可能小,并在使用中加强维护。

三、机械零件设计的一般步骤

机械零件设计的步骤大致如下:

1. 根据零件的使用要求,选择零件的类型或结构;
2. 根据零件的工作条件及对零件的特殊要求,选择合适的材料和热处理方法;
3. 根据零件的工作情况,确定作用于零件上的载荷(包括建立力学模型、进行载荷分析和计算、考虑各种因素对载荷的影响及确定零件的计算载荷);
4. 根据零件可能出现的失效形式,确定计算准则,并计算和确定出零件的基本尺寸;
5. 根据工艺性和标准化等要求进行零件的结构设计;
6. 必要时应对零件进行校核计算;
7. 绘出零件的工作图。

四、机械零件的标准化

零部件的标准化、通用化和产品系列化通称为“三化”,是我国一项重要的技术政策。

零件的标准化是指对零件的尺寸、结构要素、材料性能、检验方法、设计计算方法、制图要求等制定、发布和实施统一的标准,必须共同遵守。

通用化是在系列产品内部或在跨系列产品之间采用同一结构和尺寸的零部件。实行通用化可减少零部件品种,实现通用互换,从而简化生产管理和获得较高的经济效益。

系列化是指对同一类产品,在同一基本结构或基本尺寸条件下,规定出若干种不同尺寸参数的产品,形成系列。例如对于同一类内径相同的滚动轴承,有直径系列和宽度系列产品。

零部件的标准化、通用化和系列化具有重要的意义:① 采用标准结构及零部件,可简化设计工作,缩短设计周期,提高设计质量,有利于把主要精力用于关键零件、部件的设计;② 可在专门工厂采用先进技术大规模集中生产标准零部件,有利于节约原材料和能源,保证产品质量、降低成本;③ 增大互换性,便于用户使用和维修;④ 有利于改进和提高产品质量、扩大生产批量和开发新品种。

我国现行的标准有国家标准(GB)、部颁标准(如机械部标准 JB、冶金部标准 YB 等)和企业标准。出口产品应采用国际标准(ISO)。国家标准中越来越多地采用国际标准。

第五节 机械零件的强度

一、载荷和应力

1. 载荷的分类

机械零件所受的载荷包括力 F 、转矩 T 、弯矩 M 和功率 P 等。

载荷按其大小和方向是否随时间变化,可分为两类:

静载荷:不随时间变化(或变化缓慢)的载荷;

变载荷:随时变化的载荷。

在设计计算中,常把载荷分为名义载荷和计算载荷。