

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

机械 设计

上 册

徐锦康 主编



A0947407



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

前 言

本书是教育部“面向 21 世纪高等教育教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是教育部高职高专规划教材。本书根据原国家教委“面向 21 世纪普通高等工程专科工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目第四子项目组(即“面向 21 世纪普通高等工程专科机械类专业机械原理机械零件系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”子项目组)研究提出的《面向 21 世纪普通高等工程专科机械类专业机械设计课程教学基本要求》组织编写,适用于高职、高专机械类专业,还可供有关专业师生及工程技术人员参考。全书分上、下两册,推荐授课时数为 160~240 学时。书中带*号的为扩充内容,供不同专业根据需要选用。

本书的主要特点如下:

1. 本书是根据高职、高专教育培养高等技术应用性专门人才的总目标和加强课程整合、优化的课程改革原则,将高职、高专机械类专业的理论力学、材料力学、机械原理、机械零件等四门课程的内容及典型零件公差配合的内容有机地整合而成的改革力度较大的教材。全书以机械设计为主线,遵循“以应用为目的”、“以必需、够用为度”、“少而精”、“浅而广”的原则,打破了旧的课程界限和学科体系,精选内容、精心编排,构建了应用性机械设计教材的新体系,减少了各课程之间的重复,缩减了教学时数。

2. 在编写中力求内容简明,联系实际,为专业课教学打好必要的基础。对基本理论(尤其是力学基本理论)及有关公式,突出其应用,简化乃至略去繁琐的论证与推导;对机构的分析与设计部分,突出运动分析与运动设计,降低对动力分析与设计的要求;对机械零、部件部分,突出失效形式、设计准则、材料选择、结构设计及机器的工作能力计算等内容,降低对强度设计理论的要求;对于运动分析、力分析、材料选择等的基础理论,以培养技术应用性人才为目标,以“必需、够用”为原则进行编排,力求在应用性和工程化方面有所突破。

3. 突出应用性,着重培养学生灵活应用基本理论和基本知识分析、解决工程实际问题的能力。

4. 注重教材的先进性,考虑到机械设计现代化的发展前景,突出了机构分析与设计的解析方法,并在绪论中简要介绍了多种机械设计的新方法。

5. 作为高职、高专教材,力求概念把握准确,叙述深入浅出,层次分明,详略

得当,文句通畅,体现了较好的“可教性”和“可自学性”。

6. 尽量引用最新的标准与规范,采用国家标准规定的'的名词术语和符号。

7. 为配合本书的使用和本课程的教学,切实加强学生应用计算机进行常用机构分析、设计和常用机械零、部件设计能力的培养与训练,在上述子项目组的组织下,由张春宜主编的配套教材《机械设计 C 语言程序设计》也将由高等教育出版社出版。

参加本书编写的有:南京机械高等专科学校徐锦康(第一、二十一章)、冯永伟(第三、六章、第五章的 § 5-1 ~ § 5-3)、高成冲(第四、十八章)、马银忠(第二章、第八章除 § 8-8 外的部分)、傅鹤龄(第十一章),黑龙江交通高等专科学校阎秀华(第十三章)、王慧文(第七、九、十九章),长春汽车高等专科学校余志宏(第十四、十六章),上海理工大学工程技术学院黄一晴(第十五、十七章),沙州工学院陈在铁(第十二章),苏州职业大学魏宣燕(第五章的 § 5-4 ~ § 5-7、第十、二十章及第八章的 § 8-8)。本书上册由徐锦康任主编,下册由徐锦康任主编,阎秀华任副主编。马银忠老师为全书书稿的录入、修改做了大量工作。

本书承东南大学郑文纬教授(第一~十章及第二十一章)和卢玉明教授(第十一~二十章)审稿,两位审稿人对本书提出了很多宝贵的意见和建议。本书经原国家教委高等工程专科机械基础课委会机械基础课程组组织召开的审稿会审定通过,会上课程组的专家们提出了不少中肯的意见。本书在编写过程中还得到上述项目组领导及有关老师的关心、支持与指教,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限和时间仓促,书中缺点和错误在所难免,恳请广大教师、读者批评指正。

编者

2000 年 3 月

第一章 绪 论

§ 1-1 机械设计研究的对象及其基本概念

机械是机器和机构的总称。机械设计研究的对象就是机器和机构。

在现代社会中,人们对机器并不陌生。所谓机器,是指根据某种使用要求而设计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。如电动机或发电机用来变换能量,各种加工机械用来变换物料的状态,录音机用来变换信息,起重机用来传递物料等。

机构也是一种执行机械运动的装置,如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、带传动机构及各种间歇运动机构等。

机器的种类很多,其构造、性能及用途也各异,但就组成来说,它们都是由各种机构组合而成。例如图 1-1 所示的内燃机就包含着:曲轴 1、连杆 3、气缸 5 和活塞 4 组成的连杆机构;由齿轮 12、13 组成的齿轮机构;由凸轮 10、11 和阀杆 9 组成的凸轮机构等。其中连杆机构将活塞的往复移动转换为曲轴的回转运动;齿轮机构与凸轮机构的协调动作确保内燃机的进、排气阀按工作要求有规则地启闭。由此可见,机构是机器中执行机械运动的装置,或者说机器中执行机械运动的基本装置就是机构。因此,从运动的观点来看,机构与机器并无差别。但从研究的角度来看,尽管机器的种类很多,而机构的种类却有限。一般将机构从机器中单列出来,着重研究它们的结构组成、运动与动力性能及尺寸设计等问题,而对机器则还涉及它们变换或传递能量、物料和信息

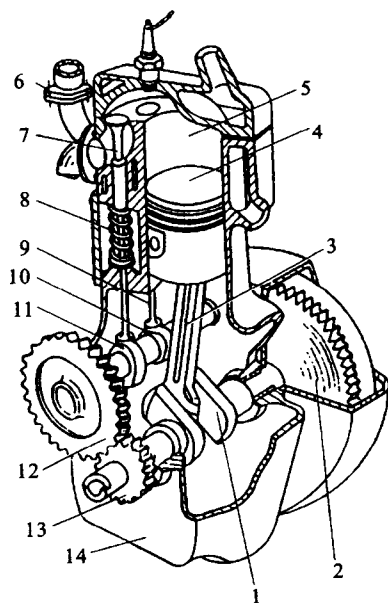


图 1-1 单缸四冲程内燃机

- 1—曲轴 2—飞轮 3—连杆 4—活塞
5—气缸(体) 6—螺母、螺栓 7—气阀
8—弹簧 9—阀杆 10、11—凸轮
12、13—齿轮 14—机座

等方面的问题,这是机构与机器的根本区别。

另一方面,从制造与装配的角度来看,机器是由机械零件(简称零件)和部件组成的。如图 1-1 所示的内燃机,是由曲轴、飞轮、阀杆、凸轮、齿轮、螺母及螺栓等零件和连杆等部件组成。这里的零件是指机器中独立的制造单元,它是组成机器的基本元素。部件则是指由一组协同工作的零件所组成的独立制造和独立装配的组合体。如图 1-2 所示的连杆,是由连杆体 4、连杆头 1、轴瓦及螺母 2、螺栓 3 等通过刚性联接而成的部件。此外,减速器、离合器等也均为部件。

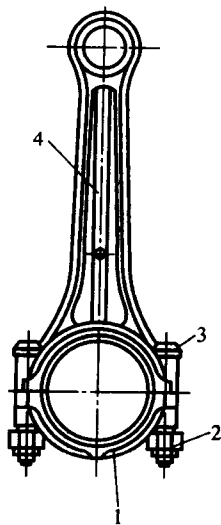


图 1-2 连杆

机械零件又可分为两大类,一类是在各种机器中都可能用到的零件,叫做通用零件,如螺母、螺栓、齿轮、凸轮、链轮等;另一类是在特定类型机器中才能用到的零件,叫做专用零件,如图 1-1 中的曲轴、船舶的螺旋桨等。

机构和机器中独立运动的单元称为构件。如图 1-1 中的活塞、连杆、曲轴部件(包括曲轴、齿轮和飞轮)、凸轮轴(包括凸轮、齿轮)及阀杆等,均为独立运动的构件。可见构件可以是单独的零件,也可以是几个零件通过刚性联接而成的部件。从运动的观点看,机构和机器都是由构件组合而成的。

综上所述,机械设计是一门以机构和机器为对象,研究常用机构、通用零件与部件以及一般机器的分析与设计的理论和方法的课程。

§ 1-2 机械设计的基本要求

一、设计机器应满足的基本要求

1. 功能性要求

机器必须具有预定的使用功能,为此要正确选择机器的工作原理,正确设计或选用原动机、传动机构和执行机构,合理配置机器的辅助系统。

2. 可靠性要求

机器在预定工作期限内必须具有一定的可靠性,机器的可靠性用可靠度 R 衡量。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。而机器在规定期限和条件下不能完成规定功能的概率则称为不可靠度,或称破坏概率,用 F 表示。显然,可靠度与破坏概率间应满足

$$R = 1 - F \quad (1-1)$$

提高机器可靠度的关键是提高其组成零、部件的可靠度。从机器设计的角度,可通过确定适当的可靠性水平,简化结构,减少零件数目,选用标准件及等可靠度零件,合理设计机器中的组件和部件,以及选取较大安全系数等,提高机器的可靠度。

3. 经济性要求

机器的经济性体现在设计、制造和使用的全过程中,包括设计制造经济性和使用经济性。设计制造经济性表现为机器的成本低,使用经济性表现为高生产率、高效率、较低的能源与材料消耗以及较低的管理和维护费用等。设计机器时应最大限度地考虑其经济性。

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,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) 尽量采用标准化、系列化及通用化的零、部件;4) 合理选用材料,改善零、部件的结构工艺性,尽可能采用新材料、新结构、新工艺和新技术以达到用料少、质量轻、加工费用少;5) 注意机器的造型设计,扩大销售量。

提高机器使用经济性的主要途径有:1) 提高机械化、自动化水平;2) 选用高效率的传动系统和支承装置;3) 采用适当的防护、润滑和密封装置等。通过这些途径可提高生产率,降低能源消耗和延长机器的使用寿命。

4. 劳动保护要求

设计机器时应重视劳动保护方面的要求,注意以下两方面:

(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;设置保险、报警装置以消除和避免不正确操作引起的危害;操纵应简便省力,简单而重复的劳动要利用机械本身的机构完成。

(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、有害物质的渗漏;治理废水、废气和废液;美化机器的外形及外部色彩。总之,所设计的机器应符合劳动保护法规的要求。

5. 其他特殊要求

有些机器还有一些特有的要求。例如:食品机械必须保持清洁、不能污染产品;机床必须能长期保持精度;飞机必须质量小、飞行阻力小等。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。

二、设计机械零件的基本要求

机器是由零件组成的,因此,设计的机器是否满足要求,零件的质量是关键。设计机械零件的基本要求如下:

1. 强度、刚度及寿命要求

强度是指零件抵抗破坏的能力。零件强度不足,将导致过大的塑性变形甚至断裂破坏,使机器停止工作甚至发生严重事故。采用高强度材料,增大零件截面尺寸、合理设计截面形状,采用热处理及化学处理方法处理材料,提高运动零件的制造精度,以及合理配置机器中各零件的相互位置等,均有利于提高零件的强度。

刚度是指零件抵抗弹性变形的能力。零件刚度不足,将导致过大的弹性变形,引起荷载集中,影响机器的工作性能,甚至造成事故。例如机床的主轴、导轨等,若刚度不足导致变形过大,将严重影响所加工零件的精度。零件的刚度分整体变形刚度和表面接触刚度两种。增大零件的截面尺寸或增大截面惯性矩,缩短支承跨距或采用多支点结构等措施,有利于提高零件的整体刚度。增大贴合面及采用精细加工等措施,有利于提高零件的表面接触刚度。一般满足刚度要求的零件也满足强度要求。

寿命是指零件正常工作的期限。材料的疲劳、腐蚀以及相对运动零件接触表面的磨损,是影响零件寿命的主要因素,此外还有高温下的蠕变等。提高零件抗疲劳破坏能力的主要措施有减小应力集中、保证零件有足够的尺寸及提高零件的表面质量等。有关提高零件耐腐蚀性的问题可参阅有关专著。

2. 结构工艺性要求

零件应具有良好的结构工艺性,即在一定的生产条件下能方便、经济地生产出零件,并便于装配成机器。为此,应从零件的毛坯制造、机械加工及装配等生产环节综合考虑零件的结构设计。

3. 可靠性要求

零件可靠度的定义与机器可靠度的定义相同。提高零件的可靠性应从工作条件(荷载、环境温度等)和零件性能两个方面考虑,使其随机变化尽可能小。加强零件使用中的维护与监测,也可提高零件的可靠性。

4. 经济性要求

零件的经济性主要决定于零件的材料和加工成本,因此提高零件的经济性主要从零件的材料选择和结构工艺性设计两个方面考虑,如采用廉价材料代替贵重材料,采用轻型结构和少余量、无余量毛坯,简化零件结构、改善零件的结构工艺性以及尽可能采用标准化零、部件等。

5. 质量小的要求

绝大多数机械零件都要求尽可能减小质量。减小质量可节约材料,对运动零件还可减小其惯性,从而改善机器的动力性能。对于运输机械,减小零件质量就可减小机械本身的质量,增加运载量。因此应从多方面采取设计措施减小零件的质量。

§ 1-3 机械设计的方法和一般步骤

一、机械设计的方法

机械设计包括机器、机构及机械零、部件的设计三大内容,但它们并不是截然分开的。机械设计的方法可分为传统设计和现代设计方法两种,其中传统机械设计方法又有以下三种。

1. 理论设计

根据经过长期研究与实践总结出来的传统理论和实验数据所进行的设计,称为理论设计。多数机构的尺寸设计和重要零、部件的工作能力设计等均采用理论设计。理论设计的计算过程又分为设计计算和校核计算。前者是按照已知的运动要求、荷载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,如齿轮、蜗轮的强度计算等;后者是先根据类比法、实验法等初步定出零件的尺寸和形状,再用理论公式进行精确校核的计算过程,如转轴的精确校核等。理论设计可得到比较精确、可靠、合理的结果,重要的零、部件设计大都选择这种设计方法。

2. 经验设计

根据经验公式或设计者本人的经验用类比法所进行的设计称为经验设计。对一些次要零件(如受力较小的螺钉),一些理论上不够成熟或虽有理论但没有必要进行复杂的理论设计的零部件、机架、箱体等,通常采用经验设计方法。一般对通过经验设计的零、部件不进行理论性的校核计算。

3. 模型实验计算

把初步设计的零、部件或机器制成小模型或小尺寸样机,通过实验手段对其各方面特性进行检验,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,这种设计称为模型实验设计。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、飞机的机身、新型船舶的船体等)需采用这种设计方法。

二、机械设计的一般步骤

机械设计的一般步骤如下。

1. 拟订设计任务书

这是设计工作顺利展开的必要前提和准备。设计任务书大体应包括:机器的功能,技术经济指标(应与国内外对比),主要参考资料或样机,制造技术关键,特殊材料,必要的试验项目,完成设计任务的预期期限,以及鉴定方式和地点等。

只有在充分调查研究和分析的基础上,才能拟订出可行的设计任务书。

2. 传动系统方案设计

机械传动系统是指机器中从原动件输出轴到各执行构件间实现运动和功率传递的系统,包括传动机构和执行机构。机械传动系统方案设计又称为机械运动方案设计,是整个设计的关键,其主要工作有以下几点。

(1) 拟定执行机构方案 1) 拟定机器的工作原理。首先要根据生产任务拟定机器的工作原理,再进行工艺动作分析,定出其运动方案(形式),从而确定所需执行构件的数目和运动。2) 拟定原动机方案。包括选择原动机类型及其运动参数,一般机器中大多用电动机。3) 机构的选型。理论上包括传动机构和执行机构的选型,但前者一般较为简单,故这里仅指执行机构的选型。执行机构一般安排在传动机构的末端。4) 正确设计执行机构间运动的协调、配合关系。

(2) 拟定传动系统方案 拟定传动系统方案时主要考虑的问题有:合理设计传动路线,合理安排传动机构顺序,合理安排功率传递顺序,合理分配传动比,以及注意提高机械的效率等。

(3) 传动系统运动尺寸设计 主要目的是确定各执行机构的运动尺寸和传动系统中齿轮、链轮的齿数及链轮、带轮的直径等,以及绘制各执行机构的运动简图和整个传动系统的运动简图。

(4) 传动系统运动、动力分析 其中动力学计算将为后续零件的工作能力计算提供数据。根据动力学计算的结果,可粗略计算原动机所需的功率,从而选定原动机的型号和规格。

(5) 考虑总体布局并画出传动简图 总体布局时还应考虑其他装置和必要的附属设备的配置,如操纵、信号等装置,润滑、降温、吸尘、排屑等设备的配置,在传动简图中均应表示出来。

3. 技术设计

技术设计的目标是给出正式的机器总装配图、部件装配图和零件工作图,主要工作有以下几方面。

(1) 零、部件工作能力的设计和结构设计。

(2) 部件装配草图和总装配草图的设计 草图应对所有零件进行结构化设计,协调各零件的结构和尺寸,全面考虑零、部件的结构工艺性。

(3) 主要零件校核设计 有些零件(如转轴等)须在草图设计后才能确定其基本结构和尺寸及受力,因此对其中重要的或受力复杂的零件应进行有关校核计算。

(4) 零件工作图设计。

(5) 完成部件装配图和总装配图设计。

4. 编制技术文件

要编制的技术文件有:机器设计计算说明书,使用说明书,标准件明细表及易损件(或备用件)清单等。

在实际设计工作中,上述设计步骤往往是相互交叉或平行的,而且并不是一成不变的。例如,计算和装配图、零件图的绘制就常常是相互交叉、互为补充的。一些机器的继承性设计或改型设计往往直接从技术设计开始,使整个设计步骤大为简化。机器设计过程中还必须有审核环节,如方案设计与技术设计的审核、工艺审核和标准化审核等。

当完成上述设计工作后应进行样机试制,这一阶段有时会因工艺原因修改原设计。当产品推向市场一段时间后,有时也会根据用户反馈的意见修改设计或进行改型设计。这些设计工作的主要内容与步骤仍然是以上介绍的四大部分。作为一名合格的设计工作者,应将自己的设计视野延伸到制造和使用的全过程,以不断改进设计和提高机器的质量。

三、机械零件设计的一般步骤

机械零件是组成机器的基本要素,其设计是机器设计中极其重要且工作量较大的设计环节,一般包括以下步骤。

- (1) 根据零件功能的要求选定零件的类型。一般应通过多方案比较后择优确定。
- (2) 分析零件的工作情况,计算作用在零件上的荷载。
- (3) 根据零件的工作条件及对零件的特殊要求,选择零件材料及热处理方法。
- (4) 根据工作情况分析确定零件的失效形式,从而确定其设计准则。
- (5) 选择零件的主要参数并根据设计准则计算零件的主要尺寸。
- (6) 根据工艺性及标准化等原则进行零件的结构设计。这是零件设计中极为重要的设计内容,往往设计工作量较大。
- (7) 结构设计完成后,必要时要进行校核计算,若不合适则应修改结构设计。
- (8) 绘制零件工作图,编写计算说明书及有关技术文件。

§ 1-4 现代设计方法简介

现代设计方法是科学方法论应用于设计领域而形成的设计方法,是动态地、科学地、计算机化地实现设计过程和执行设计任务的设计方法。现代设计方法种类较多,内容十分丰富,这里仅简略介绍几种国内近一、二十年来在机械设计中应用较成熟、影响较大的方法。

一、优化设计方法

优化设计是将最优化的数学理论(主要是数学规划理论)应用于设计领域而形成的一种设计方法。该方法是将设计问题的物理模型转化为数学模型,选用适当的优化方法,借助计算机求解该数学模型,从而求得最佳设计方案。近年来,优化设计还和可靠性设计、模糊设计等其他设计方法结合起来,形成了可靠性优化设计、模糊优化设计等新的优化设计方法。

二、可靠性设计方法

机械的可靠性设计方法是将概率论、数理统计、失效物理和机械学相结合而成的一种设计方法。其主要特点是将传统设计方法中视为单值而实际上具有多值性的设计变量(如荷载、应力、强度、寿命等),看成服从某种分布规律的随机变量,用概率统计方法设计出符合机械产品可靠性指标要求的零、部件和整机的主要参数及结构尺寸。机械可靠性设计的主要内容有:1)从规定的目标可靠度出发,设计零、部件和整机的有关参数及结构尺寸,这是可靠性设计最基本的内容;2)进行可靠性预测,即根据零、部件和机器(或系统)目前的状况及失效数据,预测其实际可能达到的可靠度,预报它们在规定的条件下和时间内完成规定功能的概率;3)进行可靠性分配,即根据确定的机器(或系统)的可靠度,分配其组成零、部件或子系统的可靠度,这对复杂产品和大型系统来说尤为重要。

三、机械动态设计方法

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,按动力学方法反复进行分析计算、优化与试验的一种设计方法。该方法的基本思路是:把机械产品(系统或设备)看成是一个内部情况不明的黑箱,通过外部观察,根据其功能对黑箱与周围不同的信息联系进行分析,求出机械产品的动态特性参数,然后进一步寻求它们的机理和结构。该方法的关键是建立对象(黑箱)的动态数学模型和求解数学模型。建立的数学模型可以是复域中的传递函数、频域中的频率特性以及时域中的微分特性等,求解数学模型的方法有有限元分析方法、模型试验方法、模态分析法和传递函数法等。

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征之一,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。

四、模块化设计方法

模块化设计是在对一定应用范围内具有不同的功能,或具有相同功能但性能不同、规格不同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产品的一种设计方法。该方法的主要目标是以种类和数量尽可能少的模块组成种类和规格尽可能多的产品。与传统设计相比,模块化设计具有产品设计与制造时间短,利于产品更新换代和新产品开发,方便维修,利于提高产品质量和降低成本等优点,从而增强了产品的市场竞争能力和企业对市场的应变能力。

五、价值分析

价值分析(Value Analysis,简称VA)又叫价值工程(Value Engineering,简称VE),是以产品功能分析为核心,以开发创造性为基础,以科学分析为工具,寻求功能与成本的最佳比例以获得最优价值(价值优化)的一种设计方法或管理科学。所谓价值是指产品某一功能与实现这一功能所需成本之间的比例,即:

$$V = F/C \quad (1-2)$$

式中 V 为产品的价值(实用价值), F 为产品具有的功能, C 为取得该功能所耗费的成本。

价值分析中“分析”只是手段,“获得最优价值”(即价值优化)才是设计中始终应贯彻的指导思想和争取实现的目标。

六、有限元分析方法

有限元分析方法是随着电子计算机的发展而迅速发展起来的一种现代设计计算方法。它的基本思想是:把连续的介质(如零件、结构等)看作由在有限个节点处联接起来的有限个小块(称为元素)所组成,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)表示。再根据介质整体的协调关系,建立包括所有节点的位移(或应力)未知量的联立方程组,最后用计算机求解该联立方程组,以获得所需要的解答。当元素足够小时,可以得到十分精确的解答。

有限元分析方法适用性极广,不仅可用来计算一般零件(二维或三维)、杆系结构、板与壳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。

七、机械系统设计方法

机械系统设计方法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的设计,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。

八、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,处理机械和人的关系,以使设计满足人的需要。该方法从系统论的观点研究人、机器和环境所组成的系统,研究组成系统的三要素及其相互关系。其研究的重点是人,从人的生理和心理特征考虑,使系统中的三要素相互协调,以促进人的身心健康,提高人的工作效率。

九、计算机辅助设计

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)是利用计算机运算快速准确、存储量大、逻辑判断功能强等特点进行设计信息处理,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、图形系统和数据库三方面组成。与传统设计方法相比 CAD 具有以下优点:

(1) 显著提高设计效率,缩短设计周期,有利于加快产品的更新换代,增强市场竞争能力;

(2) 能同时给出多种设计方案并进行分析比较,以获得最佳设计方案;

(3) 能充分应用其他先进的现代设计方法。

(4) 把设计人员从繁琐的重复性工作中解脱出来,以从事更富创造性的工作。由于 CAD 系统的日益完备和高度自动化,使缺乏设计经验、刚开始从事设计工作的人员也能顺利完成设计工作。

(5) 可与计算机辅助制造(CAM)结合而形成 CAD/CAM 系统,还可进一步与计算机辅助检测(CAT)、计算机管理自动化结合而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,使企业总效益达到最高。

§ 1-5 本课程的内容、地位、作用和任务

一、本课程的内容

概括地说,本课程包括以下内容:

(1) 机械、机器、机构、零件等的基本概念,机械设计的基本要求、方法及一般步骤,现代设计方法简介;

(2) 常用机构的组成原理和结构分析;

(3) 运动学、静力学和动力学的一般原理,常用机构的运动分析、动力分析和设计计算;

(4) 构件基本变形的强度、刚度计算,构件组合变形的强度和构件疲劳强度的计算;

(5) 通用零件的强度、刚度、寿命和结构的设计计算,包括零件的材料选择、工作情况分析、失效分析、设计准则的确定及润滑、密封方法与装置的选择和设计等;

(6) 机械传动系统运动设计。

二、本课程的地位、作用和任务

机械设计是一门机械类各专业必修的设计性课程,是介于基础课和专业课之间的一门主干技术基础课程。其课程教学应在学生学习了高等数学、物理、机械制图和计算机基础等课程后进行,并要求工程材料课程和金工实习与之同时开设。机械设计课程的教学,将为学生学习有关专业课及掌握新的机械科学技术打下必要的理论基础,是一门在教学中起承上启下作用的课程。

当前机械产品和设备发展的动向是高性能、多功能、高质量,讲求造型艺术化及大型配套化,推进高新技术化、系统集成化及智能化等。机械设计课程的任务是通过课堂教学、习题、课程设计和课程实验等教学环节,使学生掌握机械设计的基本理论、基本知识和基本技能,具备分析和设计常用机构、通用零、部件和简单机器的基本能力,以及初步具有确定机械运动方案的能力;使学生掌握质点、质点系和刚体机械运动的基本规律和研究方法,对构件的强度、刚度和稳定性问题具有明确的基本概念、必要的基础知识、一定的计算能力及初步的分析能力,初步学会应用所掌握的理论和方法分析解决简单的工程实际问题。通过本课程的教学,力求增强学生对机械技术工作的适应性,提高其开发创新能力,为培养机械类高级应用性工程技术人才打下重要的基础。

第二章 平面机构的结构分析

§ 2-1 机构结构分析的内容和目的

机构结构分析的主要内容包括以下几个方面:

(1) 研究机构的组成及其具有确定运动的条件。机构是用来传递运动和动力或改变运动形式的机械装置,为达到这一目的,机构一般均具有确定的相对运动。

(2) 根据结构特点进行机构的结构分类。按机构的结构特点对其进行分类,这样对同一类机构就可用相同方法进行研究,从而建立起各类机构运动、动力分析及运动简图设计的一般方法。

(3) 研究机构的组成原理,建立系统的结构分析方法。根据机构运动的确定性要求,在分析组成机构的构件时弄清机构的组成原理,以合理设计机构及进行机构的结构分类。

(4) 研究机构运动简图的绘制方法。掌握机构运动简图的绘制方法,既是学习本课程的基础,也是进行机构结构分析和运动分析的基础。

机构结构分析的目的在于:以机构运动简图为工程语言,探讨机构具有确定运动的条件,从机构的组成原理出发,建立起系统的结构分析方法,为创造与设计新机构打下基础。

§ 2-2 运动副、运动链和机构

一、运动副及其分类

1. 运动副

当构件组成机构时,需要以一定的方式把各构件联接起来,使彼此联接的两构件间既保持直接接触又能产生相对运动。这种可动的联接称为运动副。两构件组成运动副时,构件上参与接触的点、线、面称为运动副元素。

2. 运动副的分类

运动副分类的方法有多种,这里仅介绍其中的两种。

(1) 按组成运动副两构件的接触特性通常把运动副分为低副与高副两类。两构件通过面接触而构成的运动副称为低副;两构件通过点、线接触而构成的运动副称为高副。在承受同样大小的荷载时,高副单位接触面积上的压力远大于低副,故高副易于磨损。

(2) 按组成运动副两构件的相对运动可将运动副分为空间运动副和平面运动副。若相对运动为空间运动,则该运动副称为空间运动副;若相对运动为平面运动,则该运动副称为平面运动副。

这里主要介绍平面运动副,对于空间运动副仅介绍工程实践中应用较多的螺旋副(如图 2-1a 所示,图 2-1b 为其简图)。图中螺杆 1 相对于螺母 2 可一方面绕 x 轴转动,一方面沿 x 轴移动,但两个运动并不相互独立,故螺旋副只允许两构件间有一个相对运动。

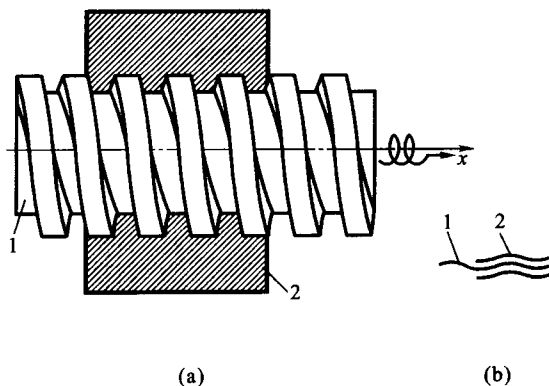


图 2-1 螺旋副简图

平面运动副有转动副、移动副和平面高副三种。

1) 转动副 使两构件在同一个平面内作相对转动的运动副,称为转动副,或称铰链,其简图如图 2-2 所示。回转轴线垂直于图面时用图 2-2a 表示,平行于图面时用图 2-2b 表示。构成转动副的两构件之一为机架时,机架构件(如图 2-2 构件 1)应画上短斜线。

2) 移动副 使两构件间作相对移动的运动副称为移动副,其简图如图 2-3 所示。

转动副和移动副均为低副。

3) 平面高副 如图 2-4a、b 所示,两构件构成平面高副时,构件 1 相对于构件 2 既可沿接触点切线 u 方向相对移动,又可绕接触点 A 相对转动,即两构件间可产生两个独立的相对运动。

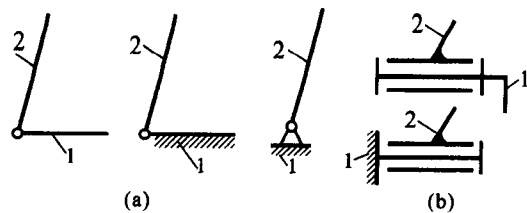


图 2-2 转动副简图

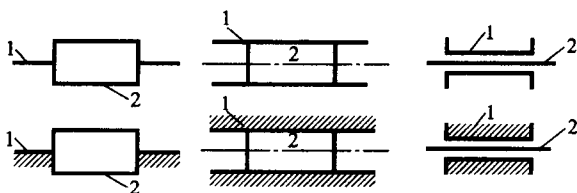


图 2-3 移动副简图

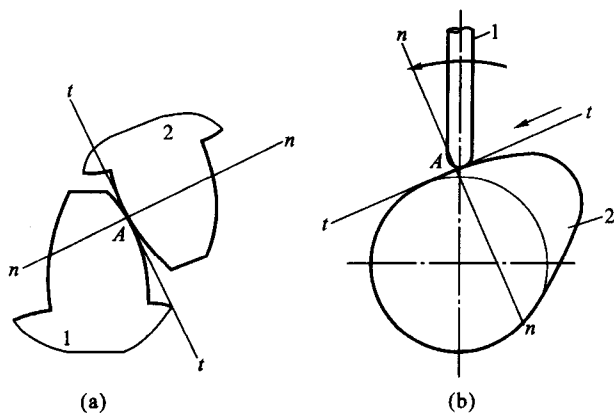


图 2-4 平面高副简图

二、运动链和机构

1. 运动链

两个以上的构件通过运动副联接而成的系统称为运动链。如果运动链中各构件构成首末封闭的系统(图 2-5a、b),称为闭式运动链,简称闭链。如果运动链中各构件未构成首末封闭的系统(图 2-5c),则称为开式运动链,简称开链。