

第1章

机械设计基础概述

任务1 机器及其组成

任务描述：熟悉机器的概念及组成；

了解机械的概念及分类。

任务分析：机器是由一个或多个机构组成的，但从运动的观点看，二者并无差别，工程上统称为“机械”。机构是多个实物的组合体，用来传递运动和动力，实现预期的机械运动。机器中普遍使用的机构称为常用机构，如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。

阶段1 机器

1. 机器的概念

零件、部件间有确定的相对运动，用来转换或利用机械能的机械称为机器。各种机器的具体结构形式和用途虽然不同，但它们却存在着共同的特征。

- (1) 各部分有确定的相对运动；
- (2) 人造的实物组合体；
- (3) 代替或减轻人类劳动，完成有用功、实现能量的转换或进行信息处理。

机器一般是指由零件、部件组成的一个整体，或者由几个独立机器构成的联合体。如果机构用来做功（如牛头刨床），或完成机械能与其他能之间的转换（如内燃机），机构就成为机器，所以机器主要是由机构组成的。

由两台或两台以上机器机械地连接在一起的机械设备称为机组。

2. 机器的组成

从运动的确定性及功能关系来分析机器，一部完整的机器由以下几部分组成。

- (1) 工作机部分：处于整个机械传动路线的终端，是直接完成工作任务的部分。其作用

是利用机械能做有用的机械功。

(2)原动机部分:机器的动力来源。其作用是将其其他形式的能量转换成机械能,如内燃机、电动机等。

(3)传动部分:介于工作机和原动机之间。其作用是把原动机的运动和动力传递给工作机。

(4)控制部分:控制机器的其他组成部分,使操作者能随时实现或终止机器的各种预定功能。现代机器的控制系统,一般包括机械控制系统和电子控制系统,其作用包括监测、信号拾取、调节和计算机控制等。

阶段 2 机械

1. 机械的概念

机械为机器和机构的泛称,是指将已有的机械能或非机械能转换成便于利用的机械能,以及将机械能转换为某种非机械能用机械能来做一定工作的装备或器具。

各种机械都是人类制造的实体组合,其组成件之间有确定的相对运动和力的传递,进行机械能的转换或机械能的利用。还有一些装置或器械,其组成件间没有机械能的转换和利用,也没有相对运动,如反应塔、精馏塔和压力容器等,但由于它们是通过机械加工而制成的产品,也被认为属于机械范畴。

2. 机械的分类

机械可分为动力机械、能量变换机械和工作机械 3 种类型。

(1)动力机械:是指将已有的机械能或非机械能转换成便于利用的机械能的机械,如风力机、电动机、水轮机、汽轮机和液压马达等。

(2)能量变换机械:是指将机械能变换为某种非机械能用机械能来做一定工作的装备或器具,如液压泵、发电机和压缩机等。

(3)工作机械:是指利用人、畜或动力机械所提供的机械能改变工作对象(原料、工件或工作介质)的物理状态、性质、结构、形状或位置等的机械,如造纸机械、制冷装置和粉碎机械等。

任务 2 本课程的内容、地位、任务及学习方法

任务描述: 了解本课程的内容及地位;

熟悉本课程的任务;

掌握本课程的学习方法。

任务分析: 本课程名为“机械设计基础”,其研究的对象为“机械”,其研究的内容则是有关机械设计的基础知识。在机械工业或其他工业部门从事工程技术工作的人员,都需要与机械打交道,具体包括两个方面,一是机械的使用,二是机械的设计。而本课程所学内容,正是研究已有机械的运动、工作性能及设计新机械的基本知识,对将来从事技术工作具有十分重要的意义。

阶段 1 本课程的内容

“机械设计基础”课程是一门重要的技术基础课,本课程实际上是将机械专业的两大专业基础课程,即机械原理和机械零件有机结合。在机械原理部分,主要研究几种常用的机构(平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构和齿轮机构)的运动特性、选用原则和组成,并对机构进行结构分析;在机械零件部分,主要研究各种通用机械零件的结构、设计和计算方法、特点及工作原理、选用原则、使用及维护,并介绍相关的国家标准和规范。

本课程研究的内容主要有以下几方面。

- (1) 常用机构的特点、工作原理、基本设计理论和设计方法等;
- (2) 常用机械的特点、传动原理、运用、维护、标准和规范等;
- (3) 通用零件工作特点、类型、构造、选用原则和设计方法等。

阶段 2 本课程的地位

本课程是工科相关专业的骨干技术基础课,是工科高职院校教学计划中必修的骨干课程之一,它在教学计划中起着承上启下的作用。它一方面是综合运用一些先修学科知识的设计性课程,另一方面又是后续专业课学习的重要技术基础。

阶段 3 本课程的任务

通过本课程的学习,应掌握机械设计的基础知识、基本理论和基本方法,得到设计技能的基本训练,为今后从事机械设计和研究工作打下基础。

具体任务表现在以下几点。

- (1) 树立正确的设计观念,具有一定的创新意识;
- (2) 熟悉常用机构、常用机械传动及通用零部件的特点、应用、工作原理、结构和标准;
- (3) 掌握零部件的受力分析和强度计算方法;
- (4) 掌握常用机构、常用机械传动和通用零部件的选用和基本设计方法,具备正确分析、使用和维护机械的能力,初步具有设计简单机械传动装置的能力;
- (5) 具有运用标准、规范、手册及其他有关技术资料的能力、计算能力和绘图能力。

阶段 4 本课程的学习方法

本课程是一门技术基础课,具有较强的理论性和实践性,是从理论性和系统性都很强的基础课向实践性很强的专业课过渡的转折点。

本课程的学习主要涉及以下几种方法。

(1)学会综合运用知识。

本课程是一门综合性课程,综合运用本课程和其他课程所学知识,解决机械设计问题是本课程的教学目标。

(2)弄清设计原理和设计公式的应用条件及公式中各量之间的相互关系。

本课程的许多设计公式都是带有条件的。设计时应弄清实际情况是否与条件相符。此外,设计计算时,通常在同一公式中要同时确定几个参数或数据,而这些参数或数据的确定是否合理,又取决于对公式中各量之间的关系和对实际情况的了解程度。

(3)学会总结归纳。

本课程的研究对象比较多,所以必须对每一个研究对象的基本知识、基本原理和基本设计思路方法进行归纳总结,并与其他研究对象进行比较,掌握其共性与个性,只有这样才能有效提高分析和解决设计问题的能力。

(4)注意单个机构、零件的设计与机器总体设计之间的联系。

为了讨论方便,本课程对常用机构和通用零件是分别研究的。但机器又是由若干机构、构件和零件组成的不可分割的整体,各机构、各零件与机器之间有着非常密切的联系。因此,设计机构和零件时,不仅要熟练掌握常用机构和通用零件的设计原理与方法,而且要注意这些机构与零件之间的联系。

(5)重视培养结构设计能力。

学习本课程时,应当多看零部件的实物和图纸,多参观工厂,丰富结构知识和工艺知识,以逐步提高结构设计能力。

(6)学会创新。

学习机械设计不仅在于继承,更重要的是应用创新,机械科学产生与发展的历程,就是不断创新的历程。只有学会创新,才能把知识变成分析问题与解决问题的能力。

任务 3 机械设计的基本要求及一般过程

任务描述:了解机械设计的基本要求;

掌握机械设计的一般过程。

任务分析: 机械设计的最终目的是为市场提供价廉物美、优质高效的机械产品,以及取得良好的经济效益。而产品的质量和经济效益取决于设计、制造和管理的综合水平,而产品设计则是关键。因此,在机械产品设计中,应重视机电技术的有机结合;注意新技术、新工艺及新材料等的采用;特别重视从系统的观点出发,合理地确定系统的功能,努力提高产品的安全性、可靠性及经济性。

阶段 1 机械设计的基本要求

机械设计是机械产品研制的第一步,机械设计就是从使用要求出发,对机械的工作原理、结构、运动形式、动力和能量的传递方式,各个零件的材料、尺寸和形状以及使用维护等问题进行构思、分析和决策的创造性过程。设计的好坏直接关系到产品的质量、性能和经济效益。

设计机械应满足的基本要求为以下几点。

(1) 功能性要求:设计的机械应在规定条件下、规定的寿命期限内,有效地实现预期的全部职能。

(2) 安全性要求:要设置完善可靠的防护装置,确保人身安全与设备安全,还要有利于环境保护。

(3) 结构工艺性要求:指在一定的生产条件下,采用合理的结构,以便于制造、装配和维护,并尽可能采用标准零部件。

(4) 经济性要求:机械设计应当合理选用原材料,确定适当的精度要求,缩短设计和制造的周期。

(5) 其他方面的要求:如可靠性等要求。

阶段 2 机械设计的一般过程

机械产品设计的过程是一个复杂的过程,不同类型的产品、不同类型的设计,其产品的设计过程不尽相同。机械设计的一般过程包括规划设计、方案设计、技术设计、施工设计及改进设计等几个阶段。

1. 规划设计

规划设计是指在明确任务的基础上,广泛地开展市场调查,进行可行性分析,下达技术任务书。

(1) 可行性分析:综合研究各方面的信息并进行详细分析,提出设计、工艺等方面需要解决的关键问题,明确预期达到的最低目标和最高目标,包括设计技术水平、经济效益和社会效益等,直至提出产品开发的可行性报告。

(2) 技术任务书:是产品设计、制造等评价决策的依据,也是用户评价产品优劣的尺度之一,其具体内容主要包括:

- ① 可靠性、寿命要求；
- ② 产品功能、技术性能要求；
- ③ 设计进度要求。
- ④ 经济性要求；
- ⑤ 操作、使用维护要求；
- ⑥ 环境适应性与安全保护要求。

2. 方案设计

方案设计包括分析产品功能、求解功能原理、综合评价原理方案。实现产品功能是产品设计的核心,而体现同一功能的原理方案可以是多种多样的。因此,这一阶段就是在功能分析的基础上,通过创新构思、优化筛选,取得较理想的功能原理方案。

对现代机械产品来说,其机械系统的方案设计往往表现为机械运动方案图和机械运动简图的设计。

3. 技术设计

技术设计的任务是将功能原理方案具体化,成为机器及其零部件的合理结构。在此阶段要初定参数、尺寸、材料和精度,进行总体布置图、传动系统图、液压系统图和电气系统图的总体设计、结构设计等,最后得到总装配图。

4. 施工设计

施工设计工作内容包括编制设计说明书、标准件及外购件明细表等技术文件,绘制零件工作图、部件装配图及总装图,以进行零部件设计。

5. 改进设计

根据设计任务书的各项要求,对样机进行测试,发现产品在设计、制造、装配及运行中的问题并进行细化分析。在此基础上,对方案、整机、零部件作出综合评价,对存在的问题和不足加以改进。因此改进设计主要包括样机试制、测试、综合评价及改进,以及工艺设计、小批量生产、市场销售和定型生产等环节。

任务 4 机械零件设计的基本要求及一般方法

任务描述: 了解机械零件设计的基本要求;

掌握机械零件设计的一般方法。

任务分析: 机械零件设计即根据零件的使用要求,选择零件的类型和结构;根据零件的工作条件和零件的特殊要求,选择合适的材料;根据机器的总体设计方案,分析零件可能出现的失效形式,选择零件的设计计算准则,确定零件的主要参数和尺寸,以判定结构的合理性,并在必要的修改后绘制零件工作图。

阶段 1 机械零件设计的基本要求

机械零件是组成机器的制造单元,所以设计机械零件时应由机器整体出发,对该零件提出具体的要求,基本要求有以下几点。

- (1)工作可靠,即在规定的使用寿命内不失效;
- (2)尺寸小,重量轻;
- (3)结构工艺性好,即在既定的生产条件下,能方便而经济地制造出来,并便于装配;
- (4)有较好的经济性。

阶段 2 机械零件设计的一般方法

目前常用的机械零件设计方法包括 4 种。

1. 理论设计

理论设计是根据长期总结出来的设计理论和实验数据所进行的设计。理论设计分为设计计算和校核计算两种。

设计计算多用于能通过简单的力学模型进行设计的零件,是指由理论设计计算公式确定零件的主要参数和尺寸;校核计算多用于结构及应力分布较复杂,但又能进行强度计算或刚度计算的零件,即先按经验和某些简易的方法初步确定出零件的主要参数和尺寸,然后用理论校核公式进行校核计算。

2. 经验设计

经验设计适用于使用要求变动不大而结构形状已典型化的零件。经验设计是根据从某类零件已有的设计与使用实践中归纳出的经验公式和数据,或采用类比的方法所进行的设计。

3. 模型实验设计

模型实验设计是指把初步设计的零部件或机器根据相似理论做成小模型或小尺寸样机,经过试验考核其性能,取得必要的实验数据,然后根据试验结果对设计进行逐步的修改,使其达到预期效果。

对于一些尺寸很大、结构复杂、工况条件特殊而又难以进行理论计算的重要零部件,为了提高设计的可靠性,可采用模型实验设计的方法。

4. 计算机辅助设计。

在机械零件的设计方面也不断地涌现出新的设计方法。目前,在对机械的分析和综合中日益广泛地应用了计算机,发展并推广了计算机辅助设计(简称 CAD)。

利用电子计算机及配套设备和相应的设计计算程序,辅助设计人员进行工程和零部件设计的过程,称为计算机辅助设计。利用计算机辅助机械设计,可以使那些从前难以想象的庞大的设计工作量,在很短的时间内完成,并能取得相当高的计算精度。



知识拓展

设计机械零件时,保证零件在规定期限内不产生失效所依据的原则,称为设计计算准则。组成机器的零件必须具有相应的工作能力,不能满足正常工作需要被视为功能丧失,称为失效。

机械零件的常见失效形式有断裂、塑性变形过大、弹性变形过大、表面磨损过大、疲劳点蚀、表面压溃、表面胶合和振动过大等。零件产生失效的形式取决于零件的材料、受载情况、结构特点和工作条件。例如,轴可能发生疲劳断裂,也可能发生过大的弹性变形,也可能发生共振等。对于载荷稳定的转轴,疲劳断裂是其主要失效形式;对于精密主轴,过大的弹性变形是其主要失效形式;对于高速转动的轴,发生共振、失去稳定性是其主要失效形式。

机械零件的设计准则主要有强度准则、刚度准则、寿命准则、振动稳定性准则和可靠性准则。其中强度准则是设计机械零件首先要满足的一个基本要求。为保证零件工作时有足够的强度,设计计算时应使其危险截面或工作表面的工作应力(σ 或 τ)不超过零件的许用应力 $[\sigma]$ 或 $[\tau]$,即

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$\tau \leq [\tau]$$

本章小结

1. 机器和机械的概念。
2. 本课程的研究内容:常用机构、常用机械和通用零件。
3. 本课程的地位、任务和学习方法。
4. 机械设计的基本要求:功能性要求、安全性要求、结构工艺性要求、经济性要求、其他方面的要求。
5. 机械设计的一般过程:规划设计、方案设计、技术设计、施工设计及改进设计。
6. 机械零件设计的基本要求:工作可靠、尺寸小,重量轻、结构工艺性好、经济性好。
7. 机械零件设计的一般方法:理论设计、经验设计、模型实验设计和计算机辅助设计。

本章习题

- 1-1 简述机器的概念及其特征。

- 1-2 从运动的确定性及功能关系来分析机器,一部完整的机器应由哪几部分组成?
- 1-3 简述机械的概念及其分类。
- 1-4 本课程的研究内容有哪些?
- 1-5 本课程在技术基础课中占有怎样的地位?
- 1-6 本课程的任务有哪些?
- 1-7 本课程是一门技术基础课,具有较强的理论性和实践性,在学习中应注意掌握哪些学习方法?
- 1-8 简述机械设计的基本要求。
- 1-9 机械设计是一个复杂的过程,不同类型的产品有不同类型的设计,应怎样理解机械设计的一般过程?
- 1-10 机械零件应满足哪些基本要求?
- 1-11 简述机械零件设计的一般方法。