



**Jixie Sheji Jichu
Xiangmuhua Jiaocheng**



工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

**机械设计基础
项目化教程**

(含实验报告及考核手册)

▲ 主 编 张智华



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>





工学结合·基于工作过程导向的项目化创新系列教材
国家示范性高等职业教育机电类“十三五”规划教材

机械设计基础

项目化教程

(含实验报告及考核手册)

Jixie Sheji Jichu
Xiangmuhua Jiaocheng

- ▲主 编 张智华
▲参 编 王熙伟 康海霞 李 婧
许 睿 刘恩宇 高赵霞
张旭忠



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础项目化教程:含实验报告及考核手册/张智华主编. —武汉:华中科技大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-5680-1722-0

I. ①机… II. ①张… III. ①机械设计-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 088206 号

机械设计基础项目化教程(含实验报告及考核手册)

Jixie Sheji Jichu Xiangmuhua Jiaocheng(han Shiyang Baogao ji Kaohe Shouce)

张智华 主编

策划编辑:倪非

责任编辑:刘静

封面设计:原色设计

责任校对:马燕红

责任监印:朱玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录排:武汉正风天下文化发展有限公司

印刷:武汉科源印刷设计有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:18.25

字数:474千字

版次:2016年8月第1版第1次印刷

定价:42.00元(含实验报告及考核手册)



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

为了适应当前最新的职业教育发展,加强“机械设计基础”课程建设和教学改革,落实“因材施教,立德树人”教育方针,我们编写了本书。

本书实际上是我们多年教学经验的总结,力图搭建“机械设计基础”课程的教学平台,为各专业“机械设计基础”课程教学提供教学指导和服务。本书教学内容的选择建立在传统“机械设计基础”课程主要教学内容基础上,以突出实用性和针对性为方针,以“必需、够用、突出职业教育特点”为指导,践行理实一体化、项目化教学理念。

在设计本书各项目教学的时候主要遵循了以下原则。

第一,各项目以2个学时为1个单位,每个项目可以设置不多于5个任务(即主要知识点),各个项目均凸显出教学重点和难点。

第二,各项目设计必须包含5个部分:一是理论(演示)教学部分,建议时间为60分钟;二是习题(或练习或操作),建议时间为15分钟。习题要求学生现场到黑板上作答或口头作答,操作可以现场进行(可在实验实训室进行);三是现场评价(点评);建议时间为5分钟,配套使用相应考核表格;四是知识(能力)拓展(可以以思考题或其他方式进行),建议时间5分钟;五是教学效果评价(由教师课上或课后进行)。

第三,各项目设计时考虑了不同专业对机械设计基础知识需求及不同专业对教学时间要求相对接的问题。

第四,各项目设计时考虑了体现“理论+实践+过程性考核”一体化教学的精神。

第五,各项目设计时力图建立一个标准:即使是不同的老师,也应该教授同样的内容,也必须能达到同样的教学效果。

第六,项目设计的最终目标指向的是最佳的教学效果,必须考虑目前学生特点的现状,落实“因材施教,立德树人”教育方针。

在使用本书时需要注意以下几点问题。

第一,鉴于以上项目设计的指导思想,各项目设计基本是以2个学时为独立教学时间单位,故教学内容上主要围绕本项目课题展开,并不追求整个理论体系形式上的完整性,故可能存在和其他项目内容上有重复的问题,然而在某种程度上讲,这种重复也正好在教学中起到强调这部分知识以及基础知识的相互印证作用。

第二,由于机械设计基础的新理论及新发展,不同的设计理论、设计理念和设计准则,可能导致对某些学术和工程问题有不同的见解,本书无意进行此类问题的辩论,仅限于对学生介绍在某些专业领域的某些专业问题,因此可能在不同的项目中存在对同一个问题不同甚至相反的观点。

第三,本书在编写及设计过程中,引用了许多公开发表和未公开发表的资料,可能存在无法一一列举的问题,在此做出特别说明。

第四,本书和与天津机电职业技术学院“机械设计基础”课程相配套的评价体系、教学方式、

电子教案和多媒体课件及实验指导(任务书)、习题库相结合使用,效果最佳。

在本书的编写过程中,得到天津工程机械研究院、鼎盛工程机械有限公司的大力支持,其工程机械专家王爱洪对此书提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书编写分工如下:本书由张智华担任主编并统稿。项目1~9由张智华编写,项目10~29由王煦伟编写,项目30~46由康海霞编写,项目47~56由李婧编写。同时,许睿、高赵霞、张旭忠负责校对工作,刘恩宇、高赵霞负责图的整理及绘制工作。

天津机电职业技术学院金工教研室

2015年9月

模块一 机械设计理论	(1)
项目 1 绪论	(2)
项目 2 机械设计的内容及要求	(6)
项目 3 机械零件设计的基本要求、基本原则及一般步骤	(10)
项目 4 机械设计的一般类型和现代机械设计	(15)
项目 5 机械设计基本准则及一般步骤	(19)
项目 6 机械零件的材料	(23)
项目 7 机械零件材料的热处理及结构工艺性	(26)
项目 8 机械装置的润滑与密封	(28)
项目 9 机械设计综合案例	(34)
模块二 机械原理与机械零件	(39)
项目 10 平面机构的运动简图	(40)
项目 11 平面机构的自由度	(45)
项目 12 平面连杆机构概述	(50)
项目 13 平面四杆机构的基本特性及设计	(55)
项目 14 凸轮机构的分类及从动件运动规律	(60)
项目 15 凸轮机构的设计、材料和结构	(65)
项目 16 间歇运动机构	(72)
项目 17 键连接	(78)
项目 18 螺纹连接概述	(82)
项目 19 螺纹连接的基本类型、预紧和防松	(85)
项目 20 螺纹连接的强度计算	(90)
项目 21 弹簧	(93)
项目 22 销连接	(95)
项目 23 轴的概述及结构设计	(97)
项目 24 轴的强度计算	(105)
项目 25 滑动轴承	(108)
项目 26 滚动轴承的类型、结构、代号及选择	(115)
项目 27 滚动轴承的寿命计算和静强度计算	(121)
项目 28 联轴器	(125)
项目 29 离合器	(130)

模块三 机械传动	(133)
项目 30 带的总体认识	(134)
项目 31 V带和V带轮	(137)
项目 32 带传动工作情况分析	(141)
项目 33 普通V带传动的设计	(145)
项目 34 带传动装置的张紧和维护	(152)
项目 35 链传动的特点和应用	(154)
项目 36 齿轮传动的类型及对它的基本要求	(157)
项目 37 齿廓啮合基本定律	(159)
项目 38 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	(162)
项目 39 渐开线齿轮的啮合传动	(166)
项目 40 渐开线齿轮的加工方法及根切现象	(169)
项目 41 轮齿失效和齿轮材料	(172)
项目 42 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	(175)
项目 43 直齿圆锥齿轮传动	(179)
项目 44 齿轮的结构设计及齿轮传动的润滑	(183)
项目 45 蜗轮和蜗杆	(186)
项目 46 轮系	(189)
模块四 力学	(193)
项目 47 静力学基础	(194)
项目 48 平面汇交力系	(201)
项目 49 力矩与力偶	(204)
项目 50 平面任意力系	(207)
项目 51 工程材料基本力学性能	(211)
项目 52 拉伸与压缩	(216)
项目 53 剪切与挤压	(220)
项目 54 圆轴的扭转	(222)
项目 55 梁的弯曲	(226)
项目 56 组合变形和压杆稳定	(231)
参考文献	(237)

(20)

(21)

(22)

(23)

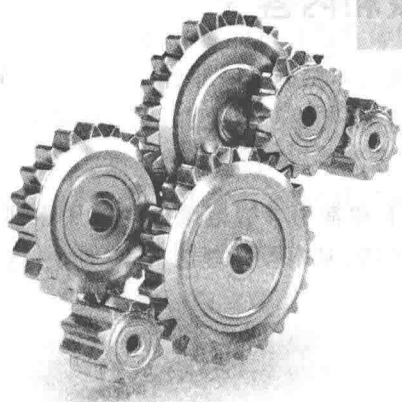
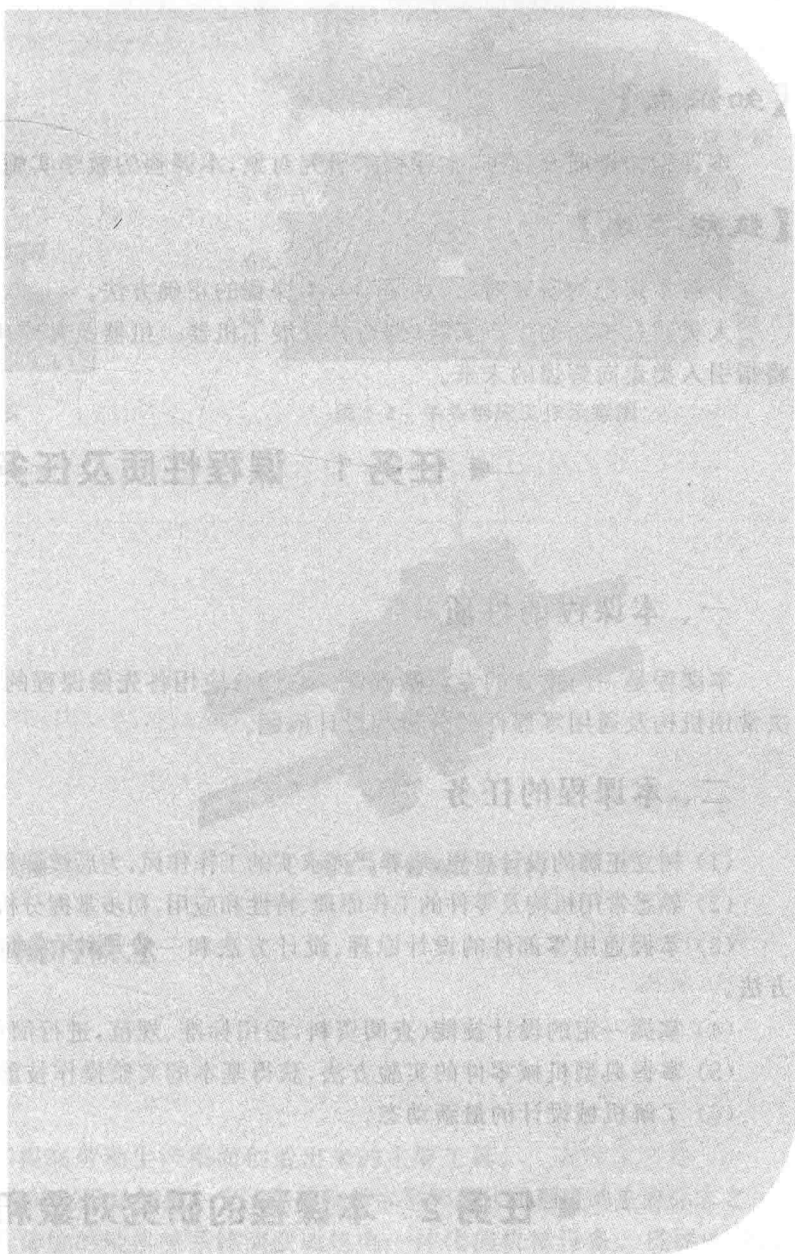
(24)

(25)

模块一

机械设计理论

1



项目 1

绪论

【知识点】

本课程的性质及任务,本课程的研究对象,本课程的教学实施及考核办法。

【技能要求】

了解本课程的研究对象,掌握学习本课程的正确方法。

人类通过长期的生产实践,创造并发展了机器。机器及其应用,使人类创造了现代文明,必将指引人类走向辉煌的未来。

◀ 任务 1 课程性质及任务 ▶

一、本课程的性质

本课程是一门重要的专业基础课。它综合应用各先修课程的基础理论和生产知识,用于解决常用机构及通用零部件的分析和设计问题。

二、本课程的任务

- (1) 树立正确的设计思想,培养严谨求实的工作作风,为后续课程的学习和生产实践打下基础。
- (2) 熟悉常用机构及零件的工作原理、特性和应用,初步掌握分析和设计常用机构的基本方法。
- (3) 掌握通用零部件的设计原理、设计方法和一般规律,掌握通用零件选用和设计的基本方法。
- (4) 掌握一定的设计技能(查阅资料,运用标准、规范,进行简单的设计计算等)。
- (5) 掌握典型机械零件的实验方法,获得基本的实验操作技能。
- (6) 了解机械设计的最新动态。

◀ 任务 2 本课程的研究对象和内容 ▶

一、本课程的研究对象

本课程的研究对象为机械中的常用机构及一般工作条件下和常用参数范围内的通用零部件。本课程主要研究它们的工作原理、结构特点、运动和动力性能、基本设计理论、计算方法、选用和维护,以及有关标准与规范。

二、典型研究对象举例

本课程典型研究对象案例如图 1-1~图 1-4 所示。

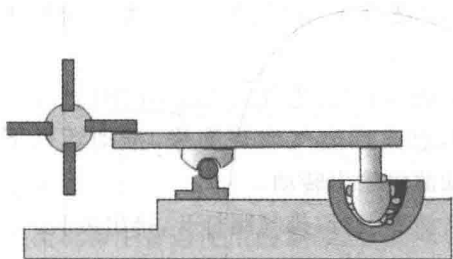


图 1-1 我国古代的水锤图

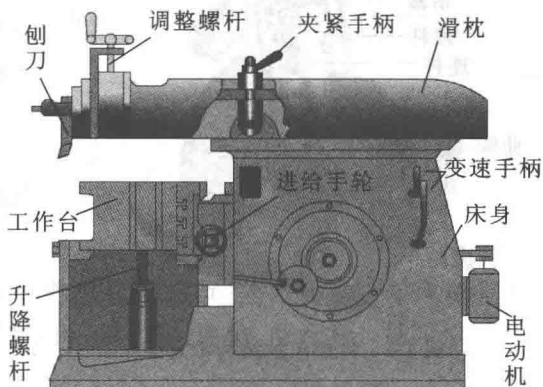


图 1-2 牛头刨床工作示意图

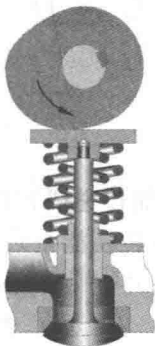


图 1-3 内燃机配气机构图

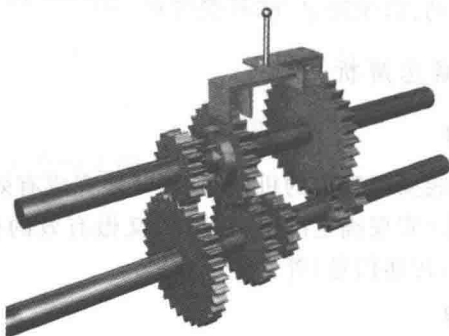


图 1-4 齿轮传动机构

三、机器、机构和机械的概念

(一) 机器

1. 机器概述

(1) 定义: 机器是人类为了提高劳动生产率而创造出来的主要工具。

(2) 意义: 使用机器进行生产的水平是衡量一个国家的技术水平和现代化程度的重要标志之一。

(3) 发展: 大量的新机器从传统的纯机械系统演变成机电一体化的机械设备。机器的设计与制造进入了智能化的新阶段。机器设计与制造的周期越来越短, 对机器的性能、质量的要求越来越高, 个性化要求越来越多, 机器向着高速、精密、重载、智能等方向发展。

(4) 学习目的: 机器的种类繁多, 性能、用途各异, 但是它们有共同的特征, 我们要从机器的特征出发, 剖析其结构, 研究其组成原理, 以达到掌握、运用机器的目的。

2. 机器实例: 内燃机

内燃机的结构示意图如图 1-5 所示。

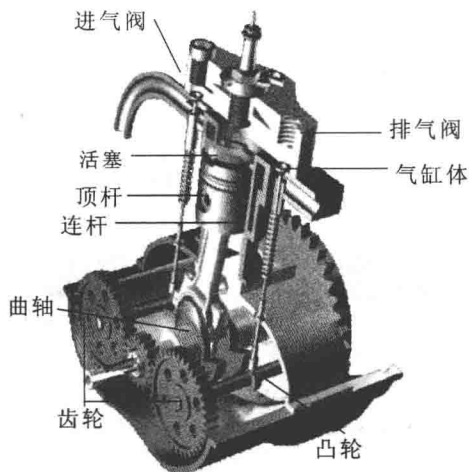


图 1-5 内燃机的结构示意图

(1) 功能: 内燃机是将燃气燃烧时的热能转化为机械能的机器。

(2) 组成。内燃机包含以下三种机构: 曲柄滑块机构(用于将活塞往复移动转化为曲柄的连续转动)、齿轮机构(用于改变转速大小和转向)、凸轮机构(用于将凸轮的连续转动转变为推杆的往复移动)。

(3) 工作过程。

进气冲程: 活塞下行, 进气阀打开, 燃气被吸入气缸。

压缩冲程: 活塞上行, 进气阀关闭, 压缩燃气。

做功冲程: 点火后燃气燃烧膨胀, 推动活塞下行, 经连杆带动曲轴输出转动。

排气冲程: 活塞上行, 排气阀打开, 排出废气。

(4) 运动分析。

原动件: 活塞(它由燃气推动, 是驱动力所作用的构件)。

主运动: 将活塞的往复直线运动转变成曲轴的回转运动。

辅助运动: 启闭进排气阀(配气)。

(二) 概念辨析

1. 机器

机器既能实现确定的机械运动, 又能完成有效的机械功, 或者能传递或转换能量、物料、信息等, 如车床(实现确定的机械运动, 又做有效的机械功)、内燃机(转换能量)、机械手(传递物料)、照相机(传递信息)等。

2. 机构

机构仅能传递或转换运动, 如齿轮机构(传递运动)、凸轮机构(转换运动)等。

如果不讨论机械功或能量转换方面的问题, 那么机器可以看作机构。机器和机构在组成和运动方面是相同的。

3. 机械

机械是机器和机构的总称。

(三) 机械的特征

1. 机器的特征

(1) 机器是人为的实物组合, 即机器是由人工组合而成的构件系统。

(2) 各实物间具有确定的相对运动。例如, 活塞-缸体, 往复运动; 曲轴-缸体, 转动; 连杆-曲轴, 摆动。

(3) 能够实现能量转换或完成有效的机械功, 能代替人的劳动。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, 电动机将电能转化为机械能。

所有机器均同时具备以上三个特征。

2. 机构的特征

机构只具备上述机器的前两个特征。例如, 凸轮机构(配气机构)和曲柄滑块机构均既不能

实现能量转换又不能完成有效的机械功,但凸轮机构(配气机构)能把回转运动转变成直线运动,曲柄滑块机构将活塞的直线运动转变成曲柄的回转运动。

3. 机器和机构的关系

机器是由一种或多种机构组成的。

(四) 构件和零件

(1) 机器是由机构组成的。

(2) 机构是人工组合的构件系统,必须满足以下两点要求:一是它必须由若干构件组合而成;二是组成机构的构件具有确定的相对运动。

(3) 构件是机构的基本运动单元,是机器中独立运动的单元体,由一个或几个零件组成。

(4) 零件是组成机器最基本的单元体,是机械制造的单元体。它可分为专用零件和通用零件两类。其中,专用零件是指特定机器中所使用的零件,如活塞、曲轴、叶片等。通用零件是指各类机器中普遍使用的零件,如齿轮、轴、螺栓等。

(5) 部件是若干个零件的装配体。

◀ 任务3 本课程的教学特点和考核方法 ▶

1. 教学模式

理实一体化,任务驱动,项目化教学,翻转课堂的实施。

2. 学习方法

理论学习和课堂练习相结合。

3. 考核方法

出勤 + 课堂表现 + 作业 + 实验 + 考试
5% 15% 10% 10% 60%

【练习题】

1. 机器、机构与机械有什么区别?各举出两个实例。
2. 机器具有哪些共同特征?如何理解这些特征?
3. 零件与构件有什么区别?请用实例说明。举出多个常用的通用零件。

【能力拓展】

1. 自行车、电脑、汽车、机床是机器吗?为什么?
2. 机器人应该属于哪种类型?试用学过的知识给机器人下一个定义。

【课后作业】

1. 完成练习题和能力拓展并上交书面作业。
2. 预习项目2的内容。

项目 2

机械设计的内容及要求

【知识点】

机械设计的基本要求,机械设计的方法,机械设计的内容和步骤。

【技能要求】

掌握机械设计的基本要求、机械设计的一般阶段、机械设计的一般内容和步骤,以及机械设计的计算准则。

◀ 任务 1 机械设计的基本要求 ▶

一、机械设计的内容

机械设计包括以下两方面的内容。

- (1) 应用新技术、新方法开发、创造新机械。
- (2) 在原有机械的基础上重新设计机械或对其进行局部改造。

二、设计机械零件的基本要求

- (1) 所设计的机械零件应工作可靠并且成本低廉。
- (2) 所设计的机械零件具有一定的工作能力。零件的工作能力是指零件在一定的工作条件下抵抗可能出现的失效的能力。对载荷而言,工作能力又称为承载能力。
- (3) 所设计的机械零件在使用寿命内正常工作,不会出现失效现象。失效是指零件丧失正常工作能力。

三、设计机械零件时的注意事项

设计机械零件时,应注意以下三点。

- (1) 合理地选择材料,以降低材料费用。
- (2) 保证良好的工艺性,减少制造费用。
- (3) 尽量采用标准化、通用化设计,简化设计过程,从而降低成本。

任务2 机械设计的方法与过程

一、机械设计的方法

机械设计的方法分为现代设计方法和常规设计方法两类。

1. 现代设计方法

现代设计方法包括优化设计、可靠性设计、有限元设计、模块设计和计算机辅助设计等。

2. 常规设计方法

常规设计方法包括理论设计、经验设计和模型实验设计等。

二、机械设计的过程

机械设计的过程如下。

1. 产品规划

产品规划的主要工作是提出设计任务和明确设计要求。

2. 方案设计

在方案设计环节,设计人员构思出多种可行方案并对方案进行分析、比较,从中优选出一种方案。

3. 技术设计

技术设计的设计结果以工程图及计算书的形式表现出来。

4. 制造及试验

在制造及试验环节,经过加工、安装及调试制造出样机,对样机进行试运行或在生产现场试用样机。

任务3 机械设计的一般步骤

机械设计的一般步骤如下。

- (1) 根据机器的具体运转情况和简化的计算方案确定零件的载荷。
 - (2) 通过分析零件的工作情况,判定零件的失效形式,从而确定其计算准则。
 - (3) 选择主要参数,选定材料,根据计算准则并考虑热处理及结构工艺性要求等,求出零件的主要尺寸。
 - (4) 进行结构设计。
 - (5) 绘制零件工作图,制订技术要求,编写计算说明书及其他有关技术文件。
- 在设计过程中,机械设计的步骤是相互交错、反复进行的。

任务 4 机械零件设计的标准化、系列化及通用化

一、标准件

标准件是指按规定标准生产出的零件。使用标准件,可带来以下好处。

- (1) 由专门化工厂大量生产标准件,能保证质量、节约材料、降低成本。
- (2) 选用标准件可以简化设计工作,缩短产品的生产周期。
- (3) 选用标准件,在机械制造过程中可以减少刀具和量具的规格。
- (4) 标准件具有互换性,从而可以简化机器的安装和维修。

为了保证产品质量,减轻设计工作量,便于零部件的互换和组织专业化的大生产以降低生产成本,国家和各部委等制订了一系列的标准,这些标准可分为国家标准(GB)、行业标准(如机械行业标准——JB,黑色冶金行业标准——YB)和专业标准三类。在使用标准时,要注意标准的年代号,年代号太久的标准可能是报废标准。

近年来,为了便于加强对国家标准的管理和监督执行,我国将国家标准分为以下两大类。

(1) 为强制性国家标准,其代号为 GB ××××(为标准序号)—××××(为批准年代),如 GB 5842—2006(液化石油气钢瓶),GB 15578—2008(电阻焊机的安全要求)。虽然强制性国家标准只占整个国家标准中的极少部分,但我们必须严格执行强制性国家标准。

(2) 为推荐性国家标准,其代号为 GB/T ××××—××××,如 GB/T 12368—1990(锥齿轮模数)。这类标准占整个国家标准中的绝大部分。如无特殊理由和特殊需要,必须遵守推荐性国家标准,以取得事半功倍的效果。

我国现行标准有国家标准(GB)、行业标准和专业标准等,而国际上推行国际标准化组织(ISO)的标准。

机械设计中常用标准案例如表 2-1 所示。

表 2-1 机械设计中常用标准案例

序号	标准号	标准名称
1	GB/T 19764—2005	优先数和优先数化整值系列的选用指南
2	JB/T 7518—1994	机电产品可靠性评定导则
3	JB/T 7559—1994	机械产品可靠性研制试验通则
4	GB/T 2822—2005	标准尺寸
5	GB/T 131—2006	产品几何技术规范(GPS) 技术产品文件中表面结构的表示法
6	GB/T 1031—2009	产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值
7	GB/T 1184—1996	形状和位置公差 未注公差值
8	GB/T 145—2001	中心孔
9	GB/T 6403.4—2008	零件倒圆与倒角
10	GB/T 6403.5—2008	砂轮越程槽
11	GB/T 1357—2008	通过机械和重型机械圆柱齿轮 模数
12	GB/T 1840—1989	圆弧圆柱齿轮模数
13	GB/T 10088—1988	圆柱蜗杆模数和直径
14	GB/T 10089—1988	圆柱蜗杆、蜗轮精度

二、通用化

通用化是指在不同规格的同类产品或不同类产品中采用同一结构和尺寸的零件、部件。

【思考题】

如果让你设计一种家庭洗衣机,你愿意创造一种新型洗衣机还是愿意在原有洗衣机的基础上进行改造设计?

【能力拓展】

设计一种家庭洗衣机需要考虑的功能性问题有哪些?

【作业题】

试写出一种家庭洗衣机的产品规划书。

项目 3

机械零件设计的基本要求、基本原则及一般步骤

【知识点】

1. 机械设计的基本要求。
2. 失效的原理。

【技能要求】

1. 根据工程实际需要规划机械的基本要求。
2. 能够进行强度计算及校核。

◀ 任务 1 机械零件设计的基本要求 ▶

1. 功能性要求

预定功能的要求是设计机器的基本出发点。

功能要求:设计机器的功用和性能指标(运动性能指标、动力性能指标、技术指标等),使机器能够在规定的使用条件下、在预定的工作期限内完成预定功能。

我们必须正确选择机器的工作原理、机构类型和机械传动方案。

2. 可靠性要求

机器必须在规定的使用条件下、在预定的工作期限内正常运转,即满足可靠性要求。

3. 经济性要求

所设计的机器应满足成本低、效率高、维护方便等经济性要求。经济性要求是一个综合性指标,与设计、制造、使用都有关。

使所设计的机器尽可能地满足经济性要求的一般办法是:设计良好的工艺,合理选材,尽量三化(零件标准化、部件通用化、产品系列化)。

4. 操作使用要求和环境保护要求

操作使用要求:操作简单,劳动强度低等。

环境保护要求:采取必要的回收、净化等措施,避免或减少机器对环境的影响。

5. 其他要求

其他要求主要指安装体积、外形美观等方面的要求。

◀ 任务 2 机械零件设计的基本准则 ▶

零部件丧失正常工作能力称为失效。机械零件主要的失效形式有永久性失效(如断裂、塑