



二十一世纪高职高专院校规划教材

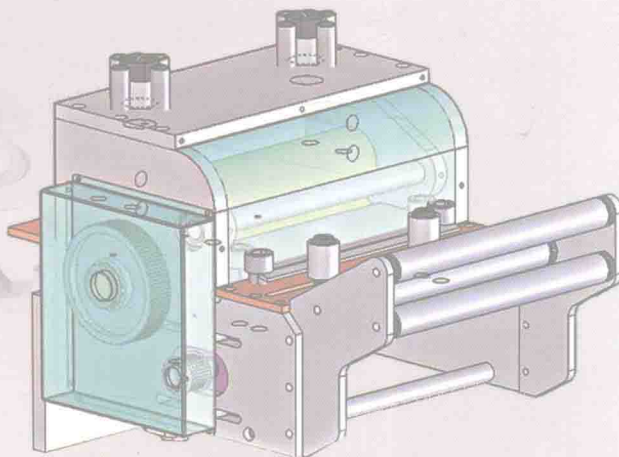
机械设计

JIXIE SHEJI
JICHU

基础

主 编◎姚 杰 田 勤

内附
实训



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



二十一世纪高职高专院校规划教材

机械设计

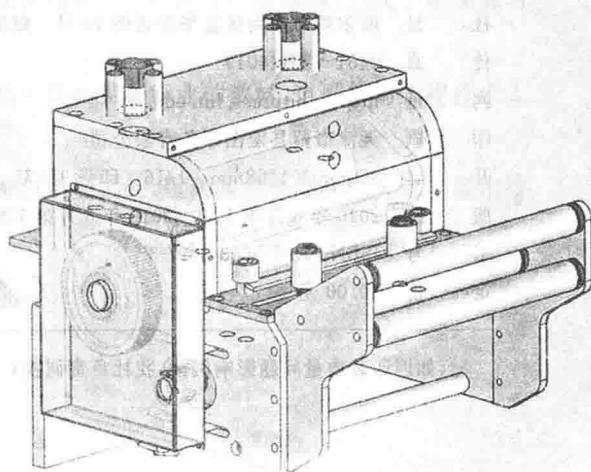
JIXIE SHEJI
JICHU

基础

主 编 姚 杰 田 勤
副主编 杨 琳 孟祥坡
编 者 陈文涛 梁 杰

罗澄清

常州大学图书馆
藏书章



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

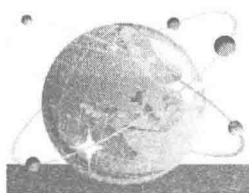
机械设计基础/姚杰,田勤主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2010.5
二十一世纪高职高专院校规划教材
ISBN 978-7-5603-3027-3

I. ①机… II. ①姚… ②田… III. ①机械设计—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 078200 号

责任编辑 费佳明 杨晓丹
封面设计 周 伟
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414049
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司
开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 15.75 字数 350 千字
版 次 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-3027-3
定 价 30.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



前言

FOREWORD

本书是根据教育部关于高职高专教育机械设计基础课程教学的基本要求和全国高职高专院校“十二五”规划以及最新审定的人才培养方案,并结合编者多年教学、生产实践经验编写而成。

随着科学技术的飞速发展和社会产业结构的变化,对人才的设计、操作、管理等方面的知识、能力及素质结构都提出了更高的要求。本书从培养高级应用型人才应具备的基本技能出发,充分考虑学生实际需要和工业生产实际,力求简明、实用。本课程的主要特点如下:

一、主要内容为机械系统的5个部分,即总论、常用机构、传动件设计、连接件设计和轴系零部件设计。全书共17章,突出机械设计基础课程的基本内容、基本理论和基本方法的学习与应用。包含常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计原理和计算方法以及材料的选择等内容。培养学生掌握机械设计的基本知识、基本理论和基本方法;培养学生具备机械设计中基本机构和一般通用零部件的设计能力;为学生学习后续的专业课和今后从事设计工作打下坚实的基础。

二、考虑学生特点和高职教学要求,简化有关基本理论和相关公式的分析推导;有机整合理论力学、材料力学、机械原理、机械零件四部分教学内容,避免重复交叉;围绕常用机构的分析和通用零件的选用,适合分散教学侧重点于各有关章节;完善凸轮、齿轮等零件的设计分析,突出实用计算。

三、较多地介绍应用知识与经验,减少一些理论性较强的知识;对各种典型的机构和通用零件的种类、特点、应用范围和结构的选择作为重点内容,对强度计算、结构工艺结合具体的机构和零件做一般的介绍。删减了连杆机构等有关内容的设计内容,只对其结构类型特点和应用作分析介绍。

四、全部采用最新的国家标准;努力采用新标准、新名词、新图样,反映成熟的新理论、新技术、新方法、新工艺;着力体现本课程综合性、实践性和创新性的特征。

五、针对应用型人才的培养,加强实用和动手能力的学习和训练,加强了实训和习题的内容。习题出现在理论教程中,答案在教师参考用书中。而且在教师参考用书中有题库,方便了学生练习和教师批阅。

本书可作为高职高专学校、成人高等学校机械类和近机类各专业的教材,也可作为工程技术人员的培训教材。

鉴于编者水平有限,虽经反复修改仍难免有疏漏和不妥之处,敬请各位老师和广大读者提出宝贵意见。

编者

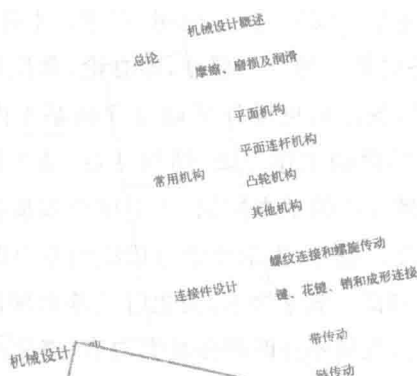
本书学习导航

本书体例模式在综合考虑教师教学及学生学习两方面特性的基础上，以方便教师和学生明确主次，有针对性分配教学或者学习时间而精心打造。体例模式如下：

知识全观

展示全书的知识结构框架图，让学生对全书的知识有全面的认识和把握。

知识全观



目标规划

将本章内容知识点提炼为两个部分：知识目标和技能目标。知识目标从两个方面（基本了解、重点掌握）来阐述；技能目标重点阐述学生应熟练应用的知识点。

第一章

机械设计概述

目标规划

- (一) 知识目标
 - 1. 基本了解：机械设计的基本要求；
 - 2. 重点掌握：机械设计的内容与步骤。
- (二) 技能目标
 - 掌握机械零件的设计步骤的确定。

课前热身随笔

设计笔记页，便于学生记录预习时发现的问题或者产生的想法，以便学习时和教师交流。

课前热身随笔

机械零件

本章穿针引线

机械设计的基本要求

满足社会需求
可靠性的要求
经济性的要求
安全性的要求

机械设计内容的分类
机械设计方法

课堂笔记

的压力角越小,传力性能越好。设计时要考虑传力性能和结构紧凑两方面要求,在保证 $\alpha = 45^\circ$ 的前提下尽可能选取较小的基圆半径 r_b 。避免设计凸轮时,根据结构条件和选定的 r_b ,当凸轮与从动件啮合时,基圆半径要略大于轴半径,一般取 $r_b = r + r_f + (2 \sim 3)r_f$ 。当凸轮与从动件啮合时 $r_b = (1.8 \sim 2)r + r_f + (2 \sim 3)r_f$ 。无轴半径 r_f 为圆角半径。

课后延伸

[1] 刘行斌. 凸轮机构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
[2] 石永刚, 吴克忠. 凸轮机构设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

课后延伸

- [1] 罗玉衡, 王少波. 机械设计基础[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2009.
[2] 邓月桥, 张莹. 机械设计基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
[3] 杨可桢, 程光面. 机械设计基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
[4] 张德中. 机械设计基础多媒体辅助教学系统[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
[5] 申永胜. 机械原理图解与习题[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
[6] 陈作梅. 机械原理学习指南[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2011.

闯关考验

1. 机构具有确定运动的条件是什么?
2. 什么是复合铰链?
3. 什么是局部自由度? 什么是虚约束?
4. 机构运动简图有什么作用? 如何绘制?
5. 绘制如图 3-20 所示简易冲床机构的机构示意图, 并计算自由度。

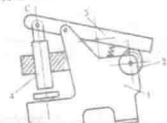
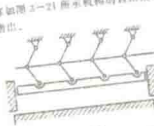
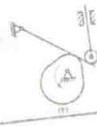


图 3-20 简易冲床机构

6. 计算如图 3-21 所示机构的自由度。若机构有复合铰链, 局部自由度及虚约束, 必须明确指出。



(a)



(b)

本章穿针引线

展示本章内容框架, 让师生对于本章的学习一目了然。

课后延伸

列出学生学习本章后可以自学的课外知识, 可以是参考文献或者网站的形式。

闯关考验

设计形式多样的练习题, 练习题答案将在教师参考用书中体现。

知识全观



第一章 机械设计概述	1
✧目标规划	1
✧课前热身随笔	1
✧本章穿针引线	2
第一节 机械设计的基本要求	3
第二节 机械设计的内容与步骤	5
第三节 机械零件的失效形式及设计计算准则	8
✧课后延伸	10
✧闯关考验	10

第二章 摩擦、磨损及润滑	11
✧目标规划	11
✧课前热身随笔	11
✧本章穿针引线	12
第一节 摩擦与磨损	13
第二节 润 滑	16
✧课后延伸	21
✧闯关考验	22

第三章 平面机构的结构分析	23
✧目标规划	23
✧课前热身随笔	23
✧本章穿针引线	24
第一节 机构的组成	25
第二节 平面机构的运动简图	28
第三节 平面机构的自由度	29
✧课后延伸	33
✧闯关考验	33



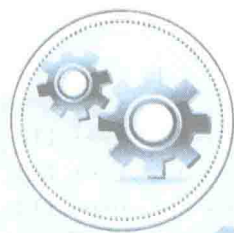
第四章 平面连杆机构	35
◆目标规划	35
◆课前热身随笔	35
◆本章穿针引线	36
第一节 铰链四杆机构的组成	37
第二节 铰链四杆机构的基本形式	37
第三节 铰链四杆机构的基本特性	41
第四节 铰链四杆机构的设计	44
◆课后延伸	45
◆闯关考验	45



第五章 凸轮机构	47
◆目标规划	47
◆课前热身随笔	47
◆本章穿针引线	48
第一节 凸轮机构概述	49
第二节 常用从动件运动规律	50
第三节 图解法设计凸轮轮廓简介	54
◆课后延伸	58
◆闯关考验	58



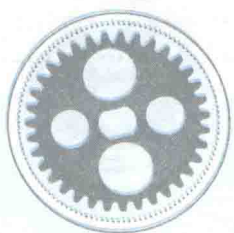
第六章 其他机构简介	60
◆目标规划	60
◆课前热身随笔	60
◆本章穿针引线	61
第一节 棘轮机构	62
第二节 槽轮机构	64
第三节 不完整齿轮机构	66
第四节 凸轮式间歇运动机构	67
◆课后延伸	68
◆闯关考验	68



第七章 螺纹连接与螺旋传动	69
✧ 目标规划	69
✧ 课前热身随笔	69
✧ 本章穿针引线	70
第一节 螺纹连接的基本知识	71
第二节 螺纹连接的预紧与防松	75
第三节 螺纹连接的强度计算	76
第四节 提高螺纹连接强度的措施	80
第五节 螺旋传动简介	82
✧ 课后延伸	84
✧ 闯关考验	84



第八章 键、花键、销和成型连接	85
✧ 目标规划	85
✧ 课前热身随笔	85
✧ 本章穿针引线	86
第一节 键连接	87
第二节 花键连接	88
第三节 销连接	89
第四节 成型连接	89
✧ 课后延伸	90
✧ 闯关考验	90



第九章 带传动	91
✧ 目标规划	91
✧ 课前热身随笔	91
✧ 本章穿针引线	92
第一节 V带和V带轮	93
第二节 传动的工作性能分析	99
第三节 带传动的设计	101
第四节 同步带传动	107
第五节 带传动的安装、张紧和维护	109
✧ 课后延伸	110
✧ 闯关考验	111



第十章 链传动	112
❖ 目标规划	112
❖ 课前热身随笔	112
❖ 本章穿针引线	113
第一节 链传动概述	114
第二节 滚子链和链轮	114
第三节 链传动的运动特性	117
第四节 滚子链传动的设计计算	118
第五节 链传动的布置、张紧及润滑	121
❖ 课后延伸	123
❖ 闯关考验	123



第十一章 齿轮传动	124
❖ 目标规划	124
❖ 课前热身随笔	124
❖ 本章穿针引线	125
第一节 概 述	126
第二节 齿轮传动的类型与应用特点	126
第三节 渐开线齿廓与传动比	128
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数及几何尺寸计算	129
第五节 渐开线齿轮啮合特性	132
第六节 其他齿轮传动简介	134
第七节 齿轮轮齿的失效形式与设计准则	138
❖ 课后延伸	142
❖ 闯关考验	142



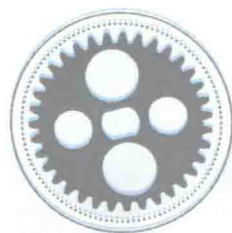
第十二章 蜗杆传动	143
❖ 目标规划	143
❖ 课前热身随笔	143
❖ 本章穿针引线	144
第一节 蜗杆传动的类型和特点	145
第二节 蜗杆传动的基本参数	146
❖ 课后延伸	152
❖ 闯关考验	152



第十三章 轮 系	154
❖ 目标规划	154
❖ 课前热身随笔	154
❖ 本章穿针引线	155
第一节 轮系传动的应用与分类	156
第二节 定轴轮系	158
第三节 周转轮系	159
❖ 课后延伸	161
❖ 闯关考验	161



第十四章 轴	163
❖ 目标规划	163
❖ 课前热身随笔	163
❖ 本章穿针引线	164
第一节 常用轴的种类与材料	165
第二节 轴径的确定方法	167
第三节 常用轴的结构	168
第四节 轴毂连接	169
❖ 课后延伸	169
❖ 闯关考验	170



第十五章 轴 承	171
❖ 目标规划	171
❖ 课前热身随笔	171
❖ 本章穿针引线	172
第一节 滑动轴承简介	173
第二节 滚动轴承的结构及常用类型	175
第三节 滚动轴承类型的选用	178
第四节 滚动轴承的组合设计	180
第五节 滚动轴承的工作情况分析	182
❖ 课后延伸	185
❖ 闯关考验	185



第十六章 联轴器和离合器	186
❖ 目标规划	186
❖ 课前热身随笔	186
❖ 本章穿针引线	187
第一节 概 述	188
第二节 联轴器的结构与应用	188
第三节 离合器的结构与应用	190
❖ 课后延伸	192
❖ 闯关考验	192



第十七章 弹 簧	193
❖ 目标规划	193
❖ 课前热身随笔	193
❖ 本章穿针引线	194
第一节 概 述	195
第二节 圆柱形压缩(拉伸)螺旋弹簧	198
❖ 课后延伸	204
❖ 闯关考验	204

第一章

机械设计概述

目标规划

(一) 知识目标

1. 基本了解：机械设计的基本要求；
机械设计的内容与步骤。
2. 重点掌握：机械零件的失效形式及设计计算准则。

(二) 技能目标

掌握机械零件的设计步骤的确定。



课前热身随笔



本章穿针引线

机械设计概述

机械设计的基本要求

满足社会需求

可靠性的要求

经济性要求

安全性要求

机械设计的与步骤

机械设计内容的分类

机械设计方法

机械设计的步骤

机械零件的失效形式及设计计算准则

机械零件的失效形式

机械零部件设计计算

设计计算准则



机械设计的基本要求

机械设计的最终目的是为市场提供优质高效、价廉物美的机械产品,在市场竞争中取得优势,赢得用户,取得良好的经济效益。

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。没有高质量的设计,就不可能有高质量的产品;没有经济观念的设计者,就不可能设计出性价比好的产品。据统计,产品质量事故约有 50% 是设计不当造成的;产品的成本 60%~70% 取决于设计。因此,在机械产品设计中,特别强调和重视从系统的观点出发,合理地确定系统的功能;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;努力提高产品的可靠性、经济性和安全性。因此,对机械设计有如下要求。

一、满足社会需求

机械产品的设计总是以社会需求为前提,一项产品的性能应尽量满足用户的需求。没有需求就没有市场,也就失去了产品存在的价值和依据。社会的需求是变化的,不同时期、不同地点、不同的社会环境就会有不同的市场行情和需求。产品应不断地更新改进,适应市场的变化,否则就会滞销、积压,造成浪费,影响企业的经济效益,严重时甚至导致企业的倒闭。所以,设计师必须确立市场观念,以社会需求和为用户服务作为最基本的出发点。

所谓需求,就是对功能的需求,用户购买产品就是购买产品的功能。产品的功能是与技术、经济等因素密切相关的。通常随着功能的增加,产品的成本也随之上升。所以设计师就必须进行市场调查和用户访问,查清市场当前的需求和预测今后的需求,然后对产品进行功能分析,遵循保证基本功能、满足使用功能,剔除多余的功能、增加新颖功能、恰到好处地利用功能原则,提高功能价值,降低实现成本,力求提高产品的竞争力。

二、可靠性的要求

可靠性是指产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。这里所指的“产品”可以是零件、部件等,也可以是整机系统。“规定条件”是指对产品进行可靠性考核时所规定的使用条件 and 环境条件,包括载荷状况、工作制度、应力、强度、湿度、粉尘及腐蚀等,也包括操作规程、维修方法等。“规定时间”是指对产品可靠性考核时所规定的时间,包括运行时间、应力循环次数、行驶的里程等。“规定功能”是指对产品考核的具体功能。产品规定功能的丧失称为失效;可修复产品的失效也称为故障。

可靠性是衡量产品质量的一个重要指标,提高产品可靠性的最有效的方法是进行可靠性设计。设计者应从整机系统出发,对可能发生的故障和失效进行预测和分析,采取相应的预防措施。对整机系统可靠性有关键影响的零部件应进行可靠性分析和设计。衡量产品可靠性的指标有很多,机械产品常用的可靠性指标主要有可靠度 R 、失效概率 F 及失效率 λ 等。

可靠度 R : 指产品在规定的条件下和规定的时间内(寿命)完成规定功能而不发生故障或失效的概率, $0 \leq R \leq 1$ 。

课堂速记



失效概率 F : 指在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能时发生故障或失效的概率。失效概率也称不可靠度, $0 \leq F \leq 1$ 。因为失效和不失效是对立事件, 所以 $F = 1 - R$ 。

失效率 λ : 是指产品工作到某一时刻后, 在单位时间内发生失效或故障的概率, 失效率也称为故障率。

三、经济性要求

提高产品的经济性, 既是增加产品市场竞争力、赢得用户的需要, 也是节约社会劳动和提高社会效益的需要。提高产品的经济性是以寿命周期成本最低为目标的。

寿命周期成本: 指产品从规划、设计、制造、使用直至报废的整个寿命周期内所支出费用的总和。寿命周期成本等于生产成本与使用成本之和。

生产成本等于直接成本与间接成本之和。

直接成本: 包括研究与设计、材料及采购、加工和装配等与生产直接有关的各项成本。

间接成本: 主要包括管理、销售、广告、公用事业、保险福利、研究开发及利息等各项非直接生产环节的支出分摊到该产品的成本。

销售价格等于生产成本、利润和税金之和。

使用成本: 包括运行成本和维修成本。机械产品通常是寿命周期较长的耐用消费品, 其使用费用累积额可能相当可观。

提高产品经济性的途径有以下几点。

(一) 提高设计和制造的经济性

(1) 在完成产品功能分析的基础上, 通过创新构思, 优化筛选得到最佳的功能原理方案。该方案在满足功能要求和可靠性要求的前提下, 具有效率高、能耗少、生产成本低及易维修等良好经济性的特点。

(2) 采用先进的现代设计制造方法, 使设计参数最优化, 达到尽可能精确的设计结果, 保证机器的可靠性。尽可能地应用 CAD/CAM 技术, 特别是先进制造技术, 提高设计制造效率、降低设计制造成本。

(3) 尽可能地采用新技术、新工艺、新结构和新材料。

(4) 努力提高零部件结构的工艺性, 使其用料少、易加工、易装配、提高生产率、缩短生产周期、降低生产成本。

(5) 最大限度地采用标准化、系列化及通用化的零部件。

(二) 提高使用和维修经济性的途径

(1) 提高产品的效率、降低能耗。机器的效率主要取决于传动系统和执行系统的效率。传动系统的效率通常与传动类型、结构形式、工作表面的形态、摩擦润滑状况、润滑剂的种类、润滑方式及工作条件等有关; 执行系统的效率与执行机构的类型、机构结构及参数有关。在方案设计和结构设计时, 应充分考虑提高效率的措施。

(2) 合理地确定机器的经济寿命。机器的寿命分为以下三种:

① 功能寿命: 机器从开始使用至其主要功能丧失而报废所经历的时间。

② 技术寿命: 机器从开始使用至因技术落后而被淘汰所经历的时间。

③ 经济寿命: 机器从开始使用至继续使用, 其经济效益显著变差所经历的时间。

在科学技术高速发展的时代, 机器的经济寿命、技术寿命大大短于功能寿命。按成