

高职高专机电类
工学结合模式教材

机械设计基础

李 梅 卢铁钢 主编

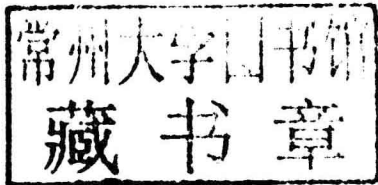
清华大学出版社



高职高专机电类
工学结合模式教材

机械设计基础

李 梅 卢铁钢 主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以作者与东北轻合金有限责任公司合作研发的、获得国家专利的物料翻转机为载体,把传统教材中多门课程的知识围绕物料翻转机器设计进行解构,以工作过程为导向重构,按照产品开发设计程序研发设计内容,全书共分为十二章:机械设计概述、平面机构的结构分析、平面连杆机构、基础力学分析、凸轮机构、带传动、齿轮传动、齿轮系、联接、轴承、轴、机电设备随机技术文件的编制。

本书突出实用性、应用性、职业性和现代性,既可作为高职高专相关专业教材,也可供成人高校、本科院校的二级职业技术学院、民办高校及相关工程技术人员使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/李梅,卢铁钢主编. —北京:清华大学出版社,2013.4
(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-31547-6

I. ①机… II. ①李… ②卢… III. ①机械设计—高等职业教育—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 030561 号

责任编辑:刘士平

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁芳

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.25 字 数:464千字

版 次:2013年4月第1版 印 次:2013年4月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:42.00元

产品编号:044454-01

本书编写人员

主 编：李 梅 卢铁钢

副主编：宋奇慧 王 彤 李 敏

编写人员：李 梅(黑龙江农业工程职业学院)

卢铁钢(黑龙江农业工程职业学院)

宋奇慧(黑龙江农业工程职业学院)

王 彤(黑龙江农业工程职业学院)

李 敏(哈尔滨职业技术学院)

苏 徽(东北农业大学)

王艳春(东北轻合金有限责任公司)

许光池(黑龙江农业工程职业学院)

曹克刚(黑龙江农业工程职业学院)

主 审：康国初(黑龙江农业工程职业学院)

本书从国家教育规划纲要机械工程类专业学生将来所必须具备的综合职业能力出发,按高端技能型人才培养目标需求,以“基于工作过程课程体系开发”理论为指导,是基于工作过程系统化课程开发的特色教材。

机械设计基础课程也是培养学生获取具有普适性的可持续发展能力的抽象工作过程。本书作者突出了以职业能力培养为重点,与东北轻合金有限责任公司等企业合作,进行了基于工作过程系统化的课程开发与设计。

本书应用先进教学方法和教学理论,优化和整合教学内容,以真实的工厂自动生产线工作任务为载体——创新设计并制造了物料翻转机。

本书按照产品开发设计程序编写,使学生根据机器设计任务书要求,熟悉从产品研发到技术文件编制的设计流程,并熟练查阅和使用各种机械设计工具书和资料。物料翻转机的复杂性高于生产实际使用的机器,它更适合于教学,最大限度地涵盖了学生实际工作中涉及的各种典型机构和轴承选择等完整机器设计的全过程。

全书共分为十二章,把传统教材中机械原理、机械零件、理论力学和材料力学等多门课程的知识围绕物料翻转机器设计进行解构,以工作过程为导向重构,形成符合学生职业成长规律和认知规律的课程,按照产品开发设计程序研发机器,充分体现职业教育的职业性、实践性和开放性。

本书由李梅、卢铁钢主编,由康国初教授主审。李梅、卢铁钢负责课程总体构架和载体实施。李梅负责编写绪论和第12章,卢铁钢负责编写第1章、第6章、第10章、第11章和附录,宋奇慧负责编写第7章和第8章,王彤负责编写第2章、第3章和第9章,李敏负责编写第5章,苏微负责编写第4章。参与本书编写的还有黑龙江农业工程职业学院许光池、曹克刚,以及东北轻合金有限责任公司王艳春高级工程师。

本书的编写也是课程改革的探索,加之编者水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误和不当之处,真诚希望广大读者批评指正。

编者

2013年1月

绪论	1
0.1.1 机械设计初步	1
0.1.2 本课程的性质和基本要求	3
0.1.3 本课程的特点和学习方法	3
第 1 章 机械设计概述	5
1.1 机械设计一般程序	5
1.1.1 机械设计一般程序简介	5
1.1.2 机械零件的载荷和应力	6
1.1.3 机械零件的工作能力及设计准则	7
1.2 材料的选择及结构工艺性	9
1.2.1 材料选择	9
1.2.2 结构工艺性	11
思考题	11
第 2 章 平面机构的结构分析	12
2.1 机构的组成	12
2.1.1 基本概念	12
2.1.2 运动副及其分类	12
2.2 平面机构的运动简图	14
2.2.1 一般构件的表示法	14
2.2.2 机构运动简图的绘制	16
2.3 平面机构的自由度	18
2.3.1 平面机构自由度计算公式及机构具有确定运动的条件	18
2.3.2 计算平面机构自由度应注意的特殊情况	21
章节知识点提示	24
思考题	25
习题	25
第 3 章 平面连杆机构	28
3.1 平面四杆机构及其应用	28

3.1.1	铰链四杆机构的形式	28
3.1.2	铰链四杆机构形式判别	32
3.1.3	含一个移动副的四杆机构	33
3.2	平面四杆机构的基本特性	36
3.2.1	急回特性	36
3.2.2	传力特性	38
3.2.3	死点位置	39
3.3	平面四杆机构的尺度综合	40
3.3.1	按照连杆的预定位置进行尺度综合	40
3.3.2	按照给定的两连架杆的对应位置进行尺度综合	41
3.3.3	按照行程速度系数进行尺度综合	42
3.4	构件和运动副的结构	43
3.4.1	构件的结构	43
3.4.2	运动副的结构	45
3.5	间歇运动机构概述	46
3.5.1	棘轮机构	47
3.5.2	槽轮机构	49
	章节知识点提示	51
	思考题	52
	习题	52
第 4 章	基础力学分析	55
4.1	静力学基础	55
4.1.1	静力学基本概念	55
4.1.2	静力学公理	56
4.1.3	力的投影与分解	57
4.2	力矩与力偶	58
4.2.1	力矩	58
4.2.2	合力矩定理	59
4.2.3	力偶及其性质	59
4.2.4	平面力偶系的合成与平衡	60
4.3	受力分析	60
4.3.1	约束与约束力	60
4.3.2	约束类型	60
4.3.3	受力分析与受力图	62
4.4	力系的平衡	63
4.4.1	平面汇交力系	63
4.4.2	平面汇交力系的平衡方程和解题步骤	65
4.5	平面一般力系	67

4.5.1	引言	67
4.5.2	平面一般力系向一点简化	68
4.5.3	平面一般力系的平衡条件与平衡方程	71
4.5.4	物系平衡和机械的静力计算	74
4.6	空间力系简介	76
4.6.1	空间力系	76
4.6.2	空间力系的平衡条件与平衡方程	79
	章节知识点提示	81
	思考题	82
	习题	82
第 5 章	凸轮机构	88
5.1	概述	88
5.1.1	凸轮机构的应用和分类	88
5.1.2	凸轮和滚子的材料	90
5.1.3	凸轮的结构与安装	90
5.2	凸轮机构特性分析	91
5.2.1	凸轮机构的运动分析	91
5.2.2	从动件的常用运动规律	93
5.2.3	凸轮机构的压力角与基圆半径的关系	95
5.3	凸轮机构的尺度综合方法	96
	章节知识点提示	100
	思考题	100
	习题	101
第 6 章	带传动	102
6.1	带传动概述	102
6.1.1	带传动的特点	102
6.1.2	带传动的主要类型与应用	102
6.2	V 带结构	104
6.3	V 带传动的工作能力分析	106
6.3.1	带传动的受力分析	106
6.3.2	带传动的变形与应力分析	107
6.3.3	带传动的运动分析	111
6.3.4	带传动的设计准则	114
6.3.5	单根 V 带的基本额定功率	114
6.4	V 带传动的设计计算	115
6.4.1	V 带设计步骤和计算方法	115
6.4.2	V 带轮的设计	118

6.5	V带传动的使用	122
6.5.1	V带传动的张紧装置	122
6.5.2	V带传动的使用与维护	122
6.6	同步带	124
6.6.1	同步带传动的特点及应用	124
6.6.2	同步带的类型和主要参数	125
6.7	链传动	125
6.7.1	链传动的主要类型	125
6.7.2	链传动的特点和应用	126
6.7.3	链传动的布置、张紧和润滑	128
	章节知识点提示	130
	思考题	131
	习题	131
第7章	齿轮传动	133
7.1	齿轮传动的类型、特点和齿廓啮合基本定律	133
7.1.1	齿轮传动的分类	133
7.1.2	齿轮机构的特点	133
7.1.3	齿廓啮合基本定律	133
7.2	渐开线直齿圆柱齿轮	135
7.2.1	渐开线的形成和性质	135
7.2.2	渐开线齿廓满足齿廓啮合基本定律	136
7.2.3	渐开线齿廓啮合的特点	136
7.3	渐开线齿轮各部分的名称和几何尺寸	137
7.3.1	齿轮各部分的名称	137
7.3.2	基本参数	137
7.3.3	齿轮的几何尺寸计算	139
7.4	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	140
7.4.1	渐开线齿轮正确啮合条件	140
7.4.2	中心距	141
7.4.3	连续性条件和重合度	142
7.4.4	齿条与齿轮传动	143
7.5	斜齿圆柱齿轮传动	144
7.5.1	斜齿圆柱齿轮的形成及啮合特点	144
7.5.2	斜齿轮传动的主要特点	144
7.5.3	斜齿圆柱齿轮的参数	145
7.6	齿轮加工	147
7.6.1	齿轮的加工方法	147
7.6.2	根切现象和最小齿数	149

7.7 渐开线变位直齿圆柱齿轮传动	151
7.7.1 渐开线变位直齿圆柱齿轮	151
7.7.2 变位直齿圆柱齿轮传动的啮合角和中心距	152
7.7.3 变位传动的类型和特点	152
7.7.4 选择变位系数的基本要求	154
7.8 圆柱齿轮的结构和精度	154
7.8.1 圆柱齿轮的结构	154
7.8.2 圆柱齿轮的精度	157
7.9 齿轮的失效形式及材料选择	159
7.9.1 齿轮传动的失效形式	159
7.9.2 齿轮的材料选择	159
7.10 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	161
7.10.1 轮齿受力分析	161
7.10.2 齿面接触疲劳强度计算	162
7.10.3 齿根弯曲疲劳强度计算	163
7.10.4 齿轮的许用应力	164
7.10.5 齿轮传动主要参数的选择	167
7.11 直齿圆锥齿轮传动	171
7.12 蜗杆传动	172
7.12.1 蜗杆传动的组成和主要特点	172
7.12.2 主要参数和几何尺寸	174
7.12.3 蜗杆传动的传动关系	175
7.12.4 蜗杆机构的材料和结构	177
7.12.5 常用各类齿轮的传动选择	179
章节知识点提示	179
思考题	180
习题	181
第 8 章 齿轮系	184
8.1 轮系的类型与功用	184
8.1.1 轮系的类型	184
8.1.2 轮系的功用	185
8.2 定轴轮系的传动比	185
8.2.1 定轴轮系中齿轮传动方向的确定	185
8.2.2 传动比的计算	186
8.2.3 定轴轮系的应用	188
8.3 周转轮系的传动比	189
8.4 复合轮系的传动比	191
章节知识点提示	193

思考题	193
习题	193
第 9 章 联接	196
9.1 键、花键、销和胀紧联接	197
9.1.1 键联接	197
9.1.2 平键联接的尺寸选择与强度校核	198
9.1.3 花键联接	204
9.1.4 销联接	205
9.1.5 胀紧联接套	205
9.2 螺纹联接	206
9.2.1 常用螺纹的类型和应用	207
9.2.2 螺纹联接的结构	208
9.2.3 螺栓联接的强度计算	215
9.3 螺旋传动简介	220
9.3.1 螺旋传动的类型和应用	220
9.3.2 滚珠丝杠机构	220
9.4 联轴器	221
9.4.1 联轴器的分类	221
9.4.2 常用联轴器	222
9.4.3 联轴器的选用	225
章节知识点提示	227
思考题	227
习题	229
第 10 章 轴承	231
10.1 滚动轴承概述	231
10.2 滚动轴承的类型及选择	232
10.2.1 滚动轴承的类型	232
10.2.2 滚动轴承的代号	235
10.2.3 滚动轴承的选择	236
10.3 滚动轴承的失效和计算准则	237
10.3.1 滚动轴承的受载情况分析	237
10.3.2 滚动轴承的失效	238
10.3.3 滚动轴承的计算准则	238
10.4 滚动轴承的寿命	239
10.4.1 滚动轴承的寿命概念	239
10.4.2 滚动轴承的寿命计算	240
10.5 滚动轴承的组合设计	241

10.5.1	滚动轴承的轴向固定	241
10.5.2	轴承的调整	242
10.5.3	轴承的润滑与密封	243
10.5.4	滚动轴承的配合与装配	245
10.6	滚动轴承的维护	245
10.7	滑动轴承简介	248
10.7.1	滑动轴承的结构	248
10.7.2	轴瓦和轴承衬	249
	章节知识点提示	251
	思考题	252
	习题	253
第 11 章	轴	254
11.1	概述	254
11.1.1	轴的分类	254
11.1.2	轴的失效	255
11.1.3	轴的设计过程	255
11.2	轴的材料	256
11.3	轴径初步估算	257
11.3.1	轴径初步估算方法	257
11.3.2	扭转变形强度计算	258
11.4	轴的结构设计	260
11.4.1	轴的结构	260
11.4.2	轴上零件的定位和固定	261
11.4.3	轴的工艺性	263
11.4.4	轴的结构与轴的零件	265
11.5	轴的强度计算	267
11.5.1	轴的简化	267
11.5.2	按弯扭组合强度校核计算	268
11.5.3	轴的设计实例	270
	章节知识点提示	274
	思考题	275
	习题	275
第 12 章	机电设备随机技术文件的编制	278
12.1	概述	278
12.2	机电设备技术文件的内容	278
12.2.1	机电产品技术文件	278
12.2.2	机电产品图样及设计文件编号原则	278

12.2.3 机电产品文件目录编制样式范例	279
12.3 机电设备随机文件内容	285
12.3.1 机电产品使用说明书	285
12.3.2 合格证书格式	286
12.3.3 装箱单的内容	287
思考题	287
习题	287
附表 深沟球轴承基本尺寸与数据	289
参考文献	293

绪 论

0.1.1 机械设计初步

人类在生产和生活中为了节省劳动,提高效率,创造出了各种各样的机械设备,从而创造、发展了机械和机械学科。根据使用要求对机械的工作原理、结构、运动方式、力和能量的传递方式、各个零件的材料和形状尺寸、润滑方法等进行构思、分析和计算,并将其转化为具体的描述,以作为制造依据的工作过程就是机械设计。机械设计是机械工程的重要组成部分,是机械生产的第一步,是决定机械性能的最主要的因素,随着科学技术的发展,机械设计能力的高低已经成为衡量一个国家生产技术发展水平和现代化程度的重要标志之一。从事生产第一线技术、管理工作的技术人员必须熟悉机器知识、掌握机械设计、制造、使用和维修的技术,而本课程就是为培养掌握机械设计基本理论和基本能力的工程技术人员而设置的一门重要课程。

1. 机器概述

随着生产的不断发展,各种各样的机械越来越多地进入社会的各个领域,减轻了人们的劳动强度,提高了生产率。

如图 0.1 所示的单缸内燃机,它由气缸体(机架)1、曲柄 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8 及齿轮 9、10 组成,当燃气推动活塞作往复移动时,通过连杆使曲柄作连续转动,从而将燃气的热能转换为曲柄的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律启闭阀门,以吸入燃气和排出废气。这种内燃机能量的转换主要由活塞 4、连杆 3、曲柄 2 和机架 1 构成的曲柄滑块机构,齿轮 9、10 和机架 1 组成的齿轮机构,凸轮 8、推杆 7 和机架 1 组成的凸轮机构三种不同的机构来实现的。

图 0.2 为物料翻转机。物料翻转机是工厂自动化生产线上的组成部分,主要由电动机、带传动、减速器、四杆机构组成,通过电动机驱动翻转机构往复摆动,完成物料翻转 90° 的工作任务^①。

① 物料翻转机专利号: ZL 2010 2 0632825. 2

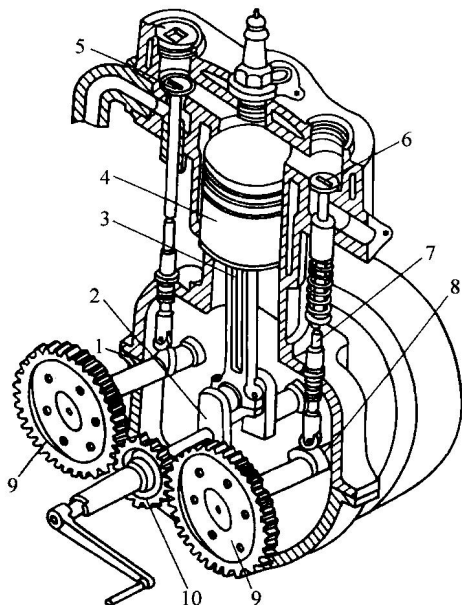


图 0.1 单缸内燃机

1—机架；2—曲柄；3—连杆；4—活塞；5—进气阀；
6—排气阀；7—推杆；8—凸轮；9、10—齿轮

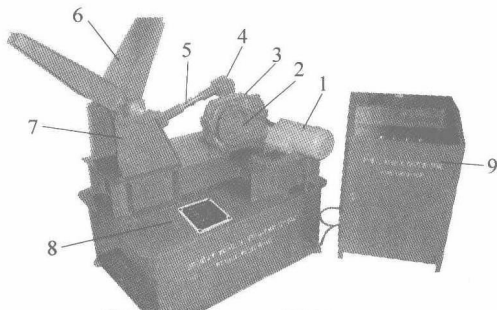


图 0.2 物料翻转机

1—电动机；2—带传动；3—减速器；4—曲柄；5—连杆；
6—翻转臂；7—机架；8—物料翻转机底座；9—控制台

2. 机器功能

一台机器就其各部分功能而言，主要由四部分组成，如图 0.3 所示。

(1) 驱动系统

驱动系统通常称为原动机，是机器的动力源，包括动力机及其配套装置，常用的动力机有电动机、内燃机、水轮机、蒸汽轮机等，其中电动机应用最为广泛，例如物料翻转机采用的就是电动机驱动。

(2) 执行系统

执行系统包括执行机构和执行构件，通常处于机械系统的末端，其功能是按照工艺要求完成确定运动，实现预定工作，物料翻转机的翻转臂、内燃机的活塞为执行构件。

(3) 传动系统

传动系统是把原动机的动力传递给工作机的中间装置，其功能是实现运动和力的传递与变换，以适应工作机的需要。图 0.2 所示物料翻转机中带传动、减速器组成了传动系统。

(4) 操纵系统和控制系统

操纵系统和控制系统是使驱动系统、执行系统、传动系统彼此协调工作，并准确可靠地完成整个机器系统的装置，包括机械控制、电气控制和液压控制等。

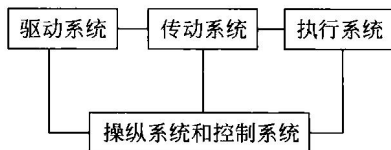


图 0.3 机器组成

3. 机器、机构的结构组成

尽管机器的种类繁多，其功能、结构、工作原理各不相同，但从结构和功能上看，各种机

器都具有以下 3 个特征。

- (1) 都是人为的实物组合。
- (2) 组成机器的各实物单元之间具有确定的相对运动。
- (3) 可以代替人的劳动,实现能量转换或完成有用的机械功。

具有以上 3 个特征的实物组合称为机器。而仅具备前两个特征的称为机构。所谓机构是具有确定相对运动的各种实物组合。能实现预期的机械运动,主要用来传递和变换运动。由此可见,机器是由机构组成的,但是从运动的角度来分析,两者并无区别,工程上将机器和机构统称为机械。

4. 构件与零件

在机器中作为一个整体运动的结构实体称为构件,构件是组成机器的最小运动单元。机构实质上就是两个以上相互可动的构件联接而组成的构件系统。构件可以是单一的实体,也可以由若干彼此没有相对运动的实体联接而成。

机器中单一的实体称为零件,它是组成机器的最小制造单元。如轴、齿轮、键、皮带等。机器、机构、构件、零件之间的组成关系如图 0.4 所示。

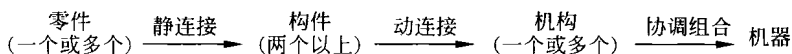


图 0.4 机器的结构组成

0.1.2 本课程的性质和基本要求

本课程是融静力学、材料力学、机械原理和机械零件等有关内容为一体的综合性专业基础课程,是以培养机械设计人才为主的重要入门课程,为以机械学为主干学科的各专业学生提供机械设计的基础知识、基础理论和基本方法。通过本课程的学习,应达到如下基本要求。

- (1) 熟悉常用机构的工作原理、特点和应用场合;了解常用机构结构尺寸的确定方法。
- (2) 掌握对常用机构进行静力分析的基本知识。
- (3) 熟悉通用零件的工作原理、特点、结构及标准;掌握选用通用零件的基本方法。
- (4) 掌握零件材料及热处理方法的选择;了解构件强度和刚度计算的基本方法。
- (5) 学会使用标准、规范、手册和图册等有关技术资料;具备编写设计技术文件的方法和能力。

0.1.3 本课程的特点和学习方法

本课程是一门综合性、实践性很强的专业基础课程,因此,学生在学习时必须掌握本课程的特点,在学习方法上尽量做到知识由单科向综合、由抽象向具体、由理论向实践的转变,在学习过程中应注意以下几点。

(1) 理论联系实际,注重培养综合运用知识的能力。本课程内容与工程实际联系密切,学习时要利用各种机会深入生产现场,注重理论联系实际,同时注意先修课程知识的综合应用,合理运用设计手册、网络资源、已有设备等,为机械设计完成提供帮助。

(2) 把握“设计”主线,掌握机械设计一般规律。学习本课程一定要抓住“设计”主线,把本课程的各章节内容串联起来,熟练掌握设计机械零部件的一般规律,为将来的设计发挥事半功倍的效果。

(3) 努力培养解决工程实际问题的能力。要多看、多问、多想、多练,按照解决工程实际问题的思维方式逐步培养、提高机械设计能力。