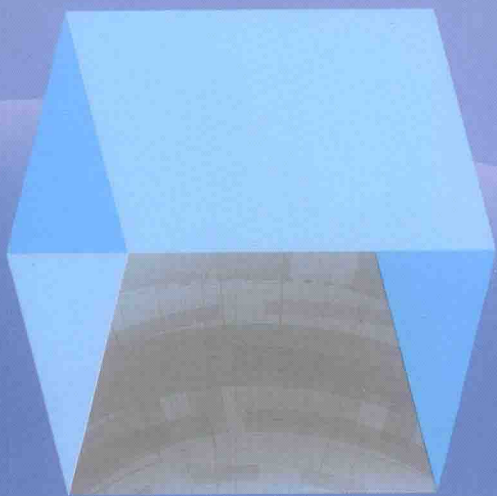


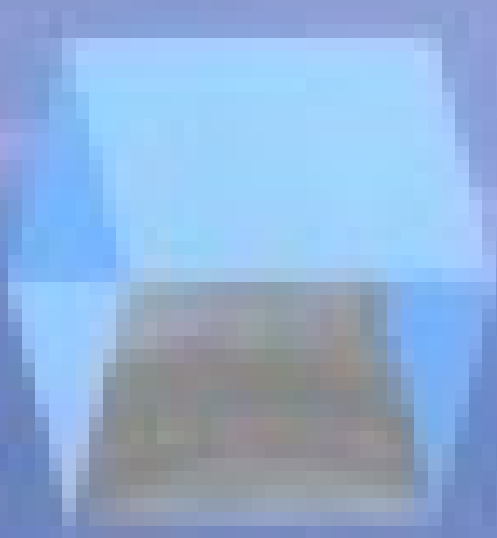


机械设计基础

(第二版)

主编 李业农

高等教育出版社



机械设计基础

(第二版)

张永成

北京理工大学出版社



“十二五”江苏省
高等学校重点教材 (编号)

JIXIE SHEJI JICHU

机械设计基础

(第二版)

主编 李业农

副主编 顾蓉蓉 游文明 吉庆 张海霞

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是在第一版的基础上,根据高职高专机械类和机电类专业的机械设计基础课程的教学基本要求,结合编者在机械设计领域多年教学改革和工程实践经验编写而成的。

本书共五篇十七章。第一篇机械设计基础知识(第一~三章),主要介绍机械设计的共性问题;第二篇平面机构设计(第四~八章),主要介绍平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、间歇运动机构等常用平面机构;第三篇机械传动设计(第九~十一章),主要介绍齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动的工作能力和结构设计;第四篇连接零件和轴系零部件设计(第十二~十六章),主要介绍螺纹连接及其他常用连接零件,轴,支承零件,联轴器、离合器和制动器,弹簧等常用机械零件的设计与选型;第五篇机械系统设计概论(第十七章),主要介绍机械系统的组成及动力学分析。

本书可作为应用型和技术型人才培养的职业院校、专科院校、成人高校、民办高校的机械类相关专业的教材,也可作为社会相关从业人员的业务参考书及培训用书。

本书为“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2013-1-072)。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 李业农主编. --2 版. --北京:
高等教育出版社, 2015.7
ISBN 978-7-04-043363-0

I. ①机… II. ①李… 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(2015)第 152256 号

策划编辑	毛红斌	责任编辑	毛红斌	封面设计	李卫青	版式设计	童 丹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	刘娟娟	责任印制	赵义民		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京天来印务有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2010 年 9 月第 1 版
印 张	22.75		2015 年 7 月第 2 版
字 数	560 千字	印 次	2015 年 7 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	39.80 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 43363-00

与本书配套的数字课程 资源使用说明

方式一：Abook

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn>
2. 输入数字课程账号(见封底明码)、密码、验证码
3. 点击“进入课程”
4. 开始课程学习

账号自登录之日起一年内有效,过期作废。

方式二：二维码

1. 扫描书中的二维码
2. 在线学习对应知识点的视频资源



The screenshot shows the login interface for the digital course 'Mechanical Design Fundamentals (2nd Edition)' (机械设计基础 (第2版)). The page features a header with the book title and author '李业农 主编'. Below the header is a login section with input fields for '用户名' (Username), '密码' (Password), and '验证码' (Verification Code), followed by a '3 4 5 7' security code and an '进入课程' (Enter Course) button. To the right is a '注册' (Register) button. Below the login section are tabs for '数字课程介绍' (Digital Course Introduction), '纸质教材' (Paper Textbook), '版权信息' (Copyright Information), and '联系方式' (Contact Information). The '数字课程介绍' tab is active, displaying a description of the course as a professional technical foundation for mechanical design, covering theory, calculation methods, and design principles. To the right of the tabs is a '重要通知' (Important Notice) section, which states that all users must register for system upgrades and provides instructions on how to register using a verification code. At the bottom right, there is a '注册 > 登录 > 充值' (Register > Login > Recharge) navigation bar and contact information for technical support via email (abook@hep.com.cn) or QQ (387152096).

机械设计基础 (第2版) 李业农 主编

用户名 密码 验证码 3 4 5 7

重要通知

因系统升级,所有用户都需要先注册(不能用书后的明码密码直接登录)。注册后的用户登录后,请先点击页面右上方“充值”,正确输入教材封底标签上的明码和密码完成绑定操作。

在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程,点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的数字课程资源。本网站推荐使用IE、360和谷歌浏览器。如有疑问,请发邮件至:
abook@hep.com.cn 或者加入我们的QQ群: Abook技术支持 (387152096)。

前 言

本书是在第一版的基础上,按照高职高专机械类和机电类专业的机械设计基础课程的教学基本要求,结合编者在机械设计领域的教学和工程实践经验而编写的。参考学时为 72 ~ 96 学时。

本书从学生就业岗位的实际出发,结合企业机械工程的实例,以职业能力形成为依据选择教材内容,突出工程应用。本书的编写具有以下几个特点:

1. 按照“机械系统—机构与机械零件—工程应用—设计方法及参数的选择—工程设计实例”为主线设计教材结构,以加强教材的整体性、系统性和适用性。

2. 在内容的选取上,坚持少而精的原则,弱化理论分析,淡化公式推导,强化工程应用。帮助学生建立系统的机械设计概念,使学生具有设计简单机械传动装置的能力。

3. 按照学生的认知规律和职业成长规律,先让学生认识各种机械传动装置的特点和类型,再介绍其工作过程及工程设计案例。使学习由浅入深,循序渐进,能形成一定的逻辑关系。

4. 列举的工程案例有助于分层教学。学习能力强的学生可通过案例举一反三,拓展知识;基础知识欠缺的学生可集中精力学懂案例,通过模仿实例中的设计过程,完成相关的机械设计任务。

本书由李业农(南通职业大学)担任主编,由顾蓉蓉(南通职业大学)、游文明(扬州职业大学)、吉庆(连云港职业技术学院)、张海霞(江苏工程职业技术学院)担任副主编。参加编写的有南通职业大学李业农(第一、二、十七章)、顾蓉蓉(第六、九章)、周小青(第十三、十四章)、张佳兴(第十二章)、张丽萍(第四章)、杨林娟(第八章),扬州职业大学游文明(第三章)、高艳(第十六章),连云港职业技术学院吉庆(第十章)、朱晓红(第七章),南通农业职业技术学院刘志刚(第五章)、戴陈(第十一章),江苏工程职业技术学院张海霞(第十五章),全书由李业农统稿。

由于编者水平有限,本书难免有不足之处,望读者和各位同仁提出宝贵意见。

编者

2015 年 4 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

短信防伪说明

本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪，详情请查询中国扫黄打非网(<http://www.shdf.gov.cn>)。

反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话

(010)58582300

目 录

第一篇 机械设计基础知识

第一章 绪论	1	第五节 平面机构组成的实例分析	19
第一节 机器的组成及机器中常用的机构和零件	1	思考题与习题	20
第二节 本课程的研究内容、性质和任务	3	第三章 机械零件设计概论	24
第三节 机械设计的基本要求和一般过程	4	第一节 机械零件常用材料、热处理方法及其选择	24
第四节 机械设计中常用的设计方法	5	第二节 机械零件的工作能力和计算准则	27
思考题与习题	6	第三节 机械零件的疲劳强度计算	28
第二章 平面机构的组成和速度分析	7	第四节 机械零件的接触强度	33
第一节 运动副及其分类	7	第五节 摩擦、磨损简介	35
第二节 平面机构运动简图	9	第六节 机械零部件的结构工艺性	37
第三节 平面机构自由度计算	12	第七节 机械设计中的标准化	40
第四节 速度瞬心及其在机构速度分析上的应用	16	思考题与习题	41

第二篇 平面机构设计

第四章 平面连杆机构	43	第三节 渐开线及渐开线齿廓	80
第一节 平面连杆机构的基本形式和应用	43	第四节 渐开线标准齿轮的基本参数与几何尺寸的计算	82
第二节 平面四杆机构的基本特性	50	第五节 渐开线标准齿轮的啮合	86
第三节 平面连杆机构的运动设计	54	第六节 渐开线直齿圆柱齿轮的加工方法	89
第四节 平面连杆机构设计实例与分析	59	第七节 根切、最少齿数及变位齿轮	92
思考题与习题	61	第八节 平行轴斜齿轮机构	95
第五章 凸轮机构	63	第九节 锥齿轮机构	100
第一节 凸轮机构的应用和类型	63	第十节 齿轮机构设计实例与分析	104
第二节 从动件的几种常用运动规律	65	思考题与习题	106
第三节 图解法设计凸轮轮廓	69	第七章 轮系	108
第四节 解析法设计凸轮轮廓	74	第一节 轮系的类型	108
第五节 凸轮机构设计实例与分析	75	第二节 定轴轮系及其传动比计算	109
思考题与习题	77	第三节 周转轮系及其传动比计算	112
第六章 齿轮机构	78	第四节 复合轮系及其传动比	115
第一节 齿轮机构的特点和类型	78	第五节 轮系的应用	117
第二节 齿廓啮合基本定律	80		

思考题与习题	119
第八章 间歇运动机构简介	122
第一节 棘轮机构	122
第二节 槽轮机构	126

第三节 不完全齿轮机构	129
第四节 凸轮间歇运动机构	129
思考题与习题	130

第三篇 机械传动设计

第九章 齿轮传动	131
第一节 齿轮传动的失效形式、材料及热处理、设计准则	131
第二节 齿轮传动的精度	136
第三节 直齿圆柱齿轮的强度计算	137
第四节 直齿圆柱齿轮设计实例与分析	142
第五节 斜齿圆柱齿轮传动	145
第六节 斜齿圆柱齿轮设计实例与分析	146
第七节 直齿锥齿轮传动	148
第八节 齿轮的结构设计	151
第九节 齿轮传动的润滑和效率	153
第十节 减速器简介	155
思考题与习题	157
第十章 蜗杆传动	159
第一节 蜗杆传动的特点和类型	159
第二节 圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	160
第三节 蜗杆传动的失效形式、材料和	

结构	164
第四节 圆柱蜗杆传动的承载能力计算	165
第五节 圆柱蜗杆传动的效率、润滑及热平衡计算	169
第六节 圆柱蜗杆传动的精度等级及其安装和维护	171
第七节 圆柱蜗杆传动设计实例与分析	172
思考题与习题	174

第十一章 带传动和链传动	176
第一节 带传动的特点和类型	176
第二节 带传动的工作情况分析	182
第三节 V 带传动的设计及实例分析	187
第四节 链传动的特点和类型	198
第五节 链传动的工作情况分析	202
第六节 滚子链传动的设计及实例分析	205
思考题与习题	213

第四篇 连接零件和轴系零部件设计

第十二章 螺纹连接及其他常用连接零件	215
第一节 螺纹的基本类型和标准连接件	215
第二节 螺旋副的受力分析、效率和自锁	220
第三节 螺纹连接的预紧和防松	223
第四节 螺栓连接的强度计算	225
第五节 螺栓连接的设计实例与分析	231
第六节 提高螺纹连接强度的措施	234
第七节 滑动螺旋传动的设计计算	236

第八节 滚动螺旋传动简介	240
第九节 键连接和花键连接	241
第十节 销连接	245
思考题与习题	246
第十三章 轴	249
第一节 轴的应用及类型	249
第二节 轴的材料及选择	250
第三节 轴的结构设计	252
第四节 轴的工作能力计算	256
第五节 轴的设计步骤与实例	261
思考题与习题	263

第十四章 支承零件	266	思考题与习题	298
第一节 概述	266	附表	299
第二节 滑动轴承的结构类型、材料及 润滑	266	第十五章 联轴器、离合器和制动器	301
第三节 非液体摩擦滑动轴承的设计	272	第一节 联轴器	301
第四节 液体摩擦动压径向滑动轴承 简介	275	第二节 离合器	306
第五节 滚动轴承的结构类型、代号及 选择	277	第三节 制动器简介	311
第六节 滚动轴承的选择计算	283	思考题与习题	312
第七节 滚动轴承选择计算的步骤和实 例分析	289	第十六章 弹簧	314
第八节 滚动轴承的润滑和密封	291	第一节 弹簧的作用及类型	314
第九节 滚动轴承的组合设计	294	第二节 圆柱螺旋拉伸、压缩弹簧的应力 与变形	315
第十节 导轨简介	296	第三节 圆柱螺旋拉伸、压缩弹簧的 设计	319
		思考题与习题	325

第五篇 机械系统设计概论

第十七章 机械系统的组成及动力学 分析	327	第三节 刚性回转件的平衡	338
第一节 机械系统的组成	327	第四节 机械运转速度波动调节	344
第二节 机械传动系统方案的拟订	328	思考题与习题	348
参考文献	351		

第一篇 机械设计基础知识

第一章 绪 论

学习要点:

- ① 了解机械设计的研究对象和基本要求,了解机械设计的一般过程。
- ② 具有观察机器的能力,掌握机器的基本组成和机械设计的基本原则。

第一节 机器的组成及机器中常用的机构和零件

人类在长期的生产和生活实践中创造和发展了机械,其目的是为了减轻或替代人的体力劳动,提高劳动生产率。我们在日常生活或工作中已经见到或接触过许多机器,对机器有一定的感性认识。

图 1-1 所示为一台单缸内燃机。它由气缸体 1(机架)、曲轴 2、连杆 3、活塞 4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮 8 和齿轮 9 和齿轮 10 等组成。单缸内燃机可以把燃气燃烧时产生的热能转化为机械能。它的工作原理如下:燃气通过进气阀 5 被下行的活塞 4 吸入气缸,然后进气阀关闭,活塞上行压缩燃气,点火使燃气在气缸中燃烧、膨胀产生压力,该压力将推动活塞下行,通过连杆 3 带动曲轴 2 转动,向外输出机械能。当活塞再次上行时,排气阀 6 打开,废气通过排气阀排出。图中,凸轮 8 和推杆 7 用来启、闭进气阀和排气阀;齿轮 9 和 10 则用来保证进气阀、排气阀和活塞之间形成有规律的动作。

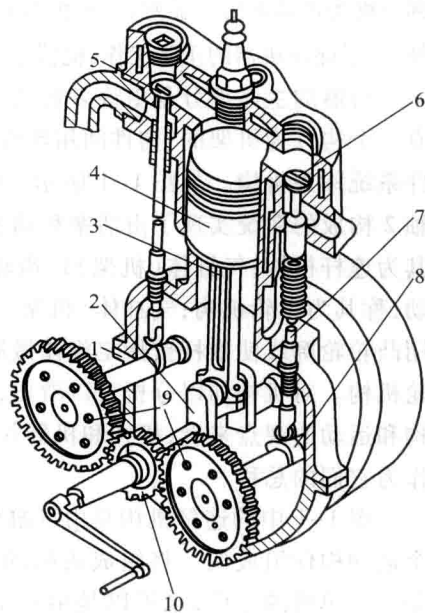


图 1-1 内燃机

图 1-2 所示为一台球磨机。它由电动机 1、联轴器 2、减速器 3、齿轮 4 和齿轮 5、球磨滚筒 6 和滑动轴承 7 等组成。电动机 1 通过联轴器 2、圆柱齿轮减速器 3 和一对开式齿轮 4 和 5,驱动由滑动轴承 7 支承的球磨滚筒旋转,筒体内的钢球随着筒体旋转至高位后通过自由落体撞击粉碎矿石。

从上述两个例子可以看出,尽管机器的种类繁多,其构造、性能和用途也各不相同,但在机器的组成、运动和功能关系上都具有以下一些共同特征:

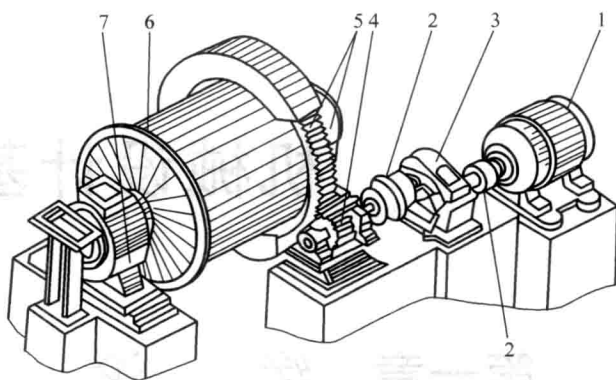


图 1-2 球磨机

- ① 它们都是一种人为的实物(机件)的组合体。
- ② 组成它们的各部分之间具有确定的相对运动。
- ③ 它们用来代替或减轻人类的劳动去完成有用的机械功(如起重机、金属切削机床和洗衣机等)或将其他形式的能转换为机械能(如内燃机、电动机等)。

通常将同时具备上述三个特征的实物组合体称为机器。

球磨机的滚筒旋转使钢球至高位落下撞击粉碎矿石,从事生产工作的部分称为工作机构或执行机构;电动机是球磨机工作的动力来源,称为原动机;电动机与滚筒之间的减速器和开式齿轮传动部分称为传动系统。显然,一般机器的结构组成包括工作机构、原动机和传动系统三个基本部分。此外,为了保证机器的正常工作,机器中还有控制系统和辅助系统部分。

机器的主体部分是由许多运动构件组成的。用来传递运动和力的、有一个构件为机架的、构件间用能够相对运动的连接方式连接组成的构件系统称为机构。如图 1-1 所示,气缸体(机架)1、活塞 4、连杆 3 和曲轴 2 构成的系统实现了由活塞移动变为曲轴转动的运动形式的转换,称其为连杆机构;气缸体(机架)1、齿轮 9 和 10 构成的系统实现了变速转动,称其为齿轮机构;气缸体(机架)1、凸轮 8 和推杆 7 构成的系统则利用凸轮轮廓线使推杆按指定规律做周期性的往复移动或摆动,称其为凸轮机构。对机构加以分析可以看出,机构具有机器的前两个特征。从结构和运动的观点来看,机构和机器并无本质区别,因此,常用“机械”一词作为它们的总称。

图 1-1 中的连杆机构是由气缸体(机架)、活塞、连杆和曲轴等若干个运动构件组成的。将组成机构的这些运动单元称为构件。构件可以是一个单独的零件,也可以是由若干个零件刚性连接而成的一个整体。例如,上面介绍的连杆,就是由连杆体 1、连杆头 2、轴瓦 3、螺杆 4、螺母 5 和轴套 6 等零件刚性连接而成的,如图 1-3 所示。显然,从制造工艺上

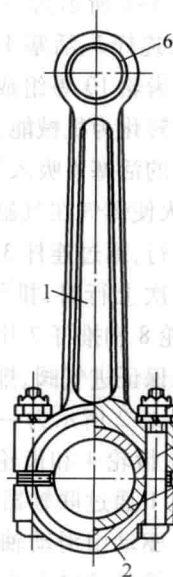


图 1-3 连杆的组成

看,零件是加工的最小单元,任何机器都是由许多零件组成的。

机器的组成机构随各机器的用途不同而各异。但在不同的机器中,总包含有一些普遍使用的机构和零件,它们在不同的机器中所起的作用和工作原理基本上是相同的,把这类机构和零件称为常用机构和通用零件。前面所提到的齿轮机构、凸轮机构和连杆机构等都是常用机构;而像齿轮、轴承、轴、螺钉等零件则是通用零件。对应于通用零件,仅在某些类型机器中使用的零件,如内燃机中的活塞、曲轴,汽轮机中的叶片等,则称为专用零件。

此外,工程中也常把为完成同一工作任务协同工作的零件,在结构上组合在一起,称之为部件,如图 1-2 中的减速器。一般大型机械设备都是由若干部件组成的,如汽车上的发动机、变速器及后桥等部件,车床上的主轴箱、尾架及进给箱等部件。

随着现代科学技术的发展,机器的概念和机器的特征也都有了相应的扩展。现代机器更加智能化,不仅具有处理物质和能量的功能,而且具有处理信息流的功能,是一个在结构上高度机电一体化的系统。机器不仅可以代替人的劳动,成为人类体力的延伸,而且由于人工智能技术的应用,机器也将可以代替人的脑力劳动成为人类智力的延伸。机器的智能化,将是未来机械工业发展的重要趋势。

第二节 本课程的研究内容、性质和任务

本课程主要研究机械设计的基本理论和技术,包括机械组成的基本原理,常用的传动机构、连接零件和轴系零件的工作原理、特点和应用以及具体的设计计算方法和选用原则,机械系统的方案设计。本课程讨论的具体内容有以下几个方面:

① 机械设计基础知识 介绍机械设计的基础知识;机械零件常用材料的选择、设计计算方法、结构设计的原则及方法;摩擦、磨损和润滑方面的基础知识。

② 常用平面机构设计 介绍常用平面机构的类型、特点和应用;平面机构运动设计的基本原理和方法。

③ 常用机械传动设计 介绍常用机械传动的类型、特点和应用;机械传动强度设计和结构设计的基本原理和方法。

④ 连接零件和轴系零部件设计 介绍连接和轴系通用零件的类型、特点和应用;工作能力设计、结构设计和标准零件选型设计的基本理论和方法。

⑤ 机械系统设计概论 介绍机械系统的组成、机械系统总体方案的拟订、机械传动系统的方案设计;讨论机械系统的速度波动调节和刚性回转件的平衡等问题。

从上面的学习内容可以看出,本课程主要讨论机器中常用机构和通用零件的基本设计理论和方法,是一门培养学生掌握一定机械设计能力的技术基础课程,也是后续课程和将来从事机械工程工作的知识基础。

随着科学技术的进步和生产过程的机械化、自动化水平的不断提高,机器在各个领域中的应用将日益广泛。对于将来从事机械工程技术工作的技术人员来说,肯定会在工作中遇到机械设备的设计、使用、维护和管理中的许多问题,因此很有必要学习和掌握一定的机械设计基础知识。

本课程的主要任务是:培养学生掌握机械设计的一般规律和常用机构及通用零件的设计原理和方法,使其能进行一般机构和简单机械装置的设计;培养学生具备运用有关标准、规范、手册

和技术资料的能力;使学生对机械设计的发展趋势和方向有一定了解。

第三节 机械设计的基本要求和一般过程

一、机械设计的基本要求

机械设计是指规划和设计实现预期功能的新机械或改进原有机械的性能。机械产品的设计阶段是决定其各项性能指标高低优劣的关键。机械产品的结构、性能、质量、成本、交货时间、可制造性、可维修性以及人机环境关系等,原则上都是在设计阶段确定的。尽管机械产品的类型很多,但其设计的基本要求都大体相同,主要有以下几个方面:

① 使用要求 使用要求是对机械产品的首要要求。机械产品必须满足用户对所需要功能的要求,这是机械设计最基本的出发点。

② 可靠性和安全性要求 机械产品在规定的使用条件下、规定的时间内,应具有实现规定功能的能力。安全可靠是机械产品的必备条件。

③ 经济性和社会性要求 所设计的机械产品应在设计、制造和使用的全过程中都有低的成本,即体现为产品的成本低、效率高、耗能少、维修简便、管理费用低等方面。此外,机械产品应操作方便、安全,具有宜人的外形和色彩,符合国家环境保护和劳动保护法规的要求。

④ 其他特殊要求 有些机械产品由于工作环境和要求的不同,对设计提出了某些特殊要求。例如,对航空飞行器有质量小、飞行阻力小和运载能力大的要求;对机床有长期保持精度的要求;对食品机械、纺织机械则有不得污染产品的要求等。

二、机械设计的一般过程

机械产品的设计类型大致有以下几类:

① 开发性设计 应用新原理、新技术对产品进行全新的设计。

② 适应性设计 根据生产技术和使用部门的要求,对产品的结构和性能进行更新和改造的设计。

③ 变型设计 产品的工作原理和功能结构不变,为了适应工艺条件和使用要求,改变产品的具体参数或结构的设计。

显然,设计类型的不同以及机械产品本身类型的不同,都会影响设计过程的繁简程度和设计重点所在。机械产品的设计一般都要经过以下几个阶段:

① 计划阶段 在计划阶段,应组织有关人员要对要设计的机械产品的需求情况作充分的调研和分析,进一步明确产品应具备的功能、经济价值、加工时限要求和对环境的影响情况等,经过论证,编制设计任务书。设计任务书中应明确规定机械产品的功能、经济性、环保要求、制造要求、基本使用要求以及完成设计任务的预计期限等。

② 方案设计阶段 根据设计任务书,通过充分的调查研究和必要的试验分析,提出若干个可行的设计方案。经过对方案的对比分析和评价,确定最佳设计方案。方案设计要绘制出机械产品的原理图和机构运动简图,它是下一步设计工作的基础,对整个设计的成败起关键的作用。

③ 技术设计阶段 设计方案确定之后,就要进行运动学、动力学设计,结构设计和主要零部

件的工作能力(强度、刚度、振动稳定性、寿命等)设计等技术设计工作,完成装配图、零件工作图的绘制,编写设计计算说明书等技术文件。

④ 施工设计阶段 用技术设计阶段提供的图样等技术文件试制样机,进行样机的有关试验,根据样机存在的问题,对原设计方案进行修改完善。

⑤ 生产设计阶段 根据修改后的设计图样和其他技术文件进行工艺流程和工艺设备的设计,完成生产准备。

⑥ 投产和售后服务 组织生产合格产品,投放市场,完善售后服务工作,并通过售后服务,发现用户在使用产品过程中出现的问题和市场变化情况,为产品的改进和更新设计提供依据。

应当注意,在机械设计过程中,各个阶段的工作会不断出现交叉和反复。在设计、加工、安装、调试、使用过程中要及时发现问题,反复修改,以期取得最佳的成果,并从中积累设计经验。

第四节 机械设计中常用的设计方法

机械设计中常用的设计方法通常分为常规设计方法和现代设计方法两大类。

1. 常规设计方法

常规设计方法是以经验总结为基础,以由数学和力学分析或实验而形成的公式、经验数据、图表和设计手册等作为设计依据,通过经验公式、简化模型或类比改造等方法进行设计的方法。机械设计中的常规设计方法可概括地划分为以下三种:

① 理论设计 根据长期总结出来的设计理论和实验数据所进行的设计。通常分为设计计算和校核计算两方面。设计计算是根据机械零部件的运动要求、受力情况、材料性能和失效形式,采用理论公式计算出零部件危险截面的尺寸,从而设计出零部件的具体结构。校核计算则是根据已有机器和零部件的形状尺寸,通过理论公式校核其强度是否满足使用要求。

② 经验设计 根据对某类机器或零部件已有的设计与使用实践总结出来的经验数据或公式,或与类似的机器或零部件相类比而进行的设计。经验设计对使用要求变动不大且结构形状已典型化的零部件,是很实用有效的设计方法。

③ 模型实验设计 对一些尺寸巨大而结构又很复杂的重要机器和零部件,在初步设计时,将其做成小模型或小尺寸样机,通过实验,对其各方面特性加以检验,并根据实验结果对设计进行修改,最终获得完善的设计结果,这样的设计叫做模型实验设计。

常规设计方法在长期应用中不断地得到完善和提高,尽管它还存在着诸如依赖于设计者的经验、分析计算多采用近似或静态方法、设计周期较长、效率较低等方面的不足,但在现阶段的机械产品和零部件设计中,仍然得到了广泛的应用,是符合目前我国机械工业技术水平发展多元化要求的一种有效的设计方法。因此,本课程主要介绍机械产品和零部件设计中的常规设计方法。

2. 现代设计方法

自20世纪中期以来,由于科学技术的飞速发展和计算机的普及应用,传统的机械设计理论和方法发生了重大变化,其特征是从经验走向理论、从宏观走向微观、从静态走向动态、从单目标走向多目标、从粗略走向精密、从长周期走向快节奏,从而使机械设计进入了现代设计阶段。现代设计阶段所使用的设计理论和方法称为现代设计方法。下面简单介绍几种常用的现代设计方法:

① 计算机辅助设计 计算机辅助设计(computer aided design, CAD)是一种采用计算机软硬件系统辅助设计者对产品或工程进行设计(包括设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动)的方法与技术。一个完备的机械 CAD 系统具有科学计算分析、图形处理与仿真、数据处理和文件编制的功能,既可以采用现代设计方法进行设计计算,也能够将计算分析结果自动显示并绘制设计的结果(如产品的装配图和零件图等),还可以对设计结果进行动态修改。目前, CAD 已向具有逻辑分析能力的智能 CAD 技术以及采用网络技术以形成 CAD 网络系统的趋势发展。CAD 的基础工作是建立常用算法的程序库、设计资料的数据库和参数化的图形库。设计时依据机械产品的具体要求,建立该产品的数学模型和设计程序,在计算机上自动或人机交互式地完成设计工作。

② 优化设计 优化设计(optimum design)是把最优化理论应用于工程设计问题,在所有可行的设计方案中寻求最优设计方案(即使某项或某几项设计指标达到最优值)的一种现代设计方法。进行优化设计时,首先必须建立设计问题的数学模型,然后选择合适的优化方法进行运算求解,获得最优的设计方案。优化设计的数学模型由设计变量、目标函数和约束条件三部分组成。设计变量是一些相互独立的基本参数,它们会影响设计性能指标。设计变量应当满足的条件称为约束条件,而设计者选定用于衡量设计方案优劣并期望得到改进的产品性能指标,称为目标函数。优化设计中常用的优化方法有黄金分割法、梯度法、Powell 法、惩罚函数法等。

③ 可靠性设计 可靠性设计(reliability design)是将概率统计理论、失效物理和机械设计理论结合起来的综合性工程技术,其主要特征是将常规设计方法中所涉及的设计变量,如材料强度、疲劳寿命、载荷、几何尺寸及应力等所具有的多值现象都看成是服从某种统计分布的随机变量,根据机械产品的可靠性指标要求,用概率统计方法设计出机械零部件的结构参数和尺寸。采用可靠性设计方法设计机械产品和零部件与采用常规设计方法不同,其不是以安全系数来判定零部件的安全性,而是用可靠度来说明零部件安全的概率有多大。机械零件的强度可靠性设计采用的主要理论方法是应力-强度干涉模型理论,机械系统的可靠性设计则需视系统类型(串联系统、并联系统、混联系统和复杂系统等)的不同而采用不同的设计方法。

思考题与习题

1.1 机械、机器、机构、构件和零件之间的关系是什么?它们有什么区别?

1.2 机械设计的基本要求是什么?

1.3 指出下列机器的原动机、传动系统、工作机构和控制部分:

(1) 汽车。(2) 自行车。(3) 车床。(4) 电风扇。

1.4 常规设计方法和现代设计方法有什么区别?

第二章 平面机构的组成和速度分析

学习要点:

- ① 掌握机构的组成,运动副的概念及分类。
- ② 具有分析机构的能力,掌握平面机构运动简图的绘制及自由度的计算。

机构是一个构件系统,为了传递运动和力,机构各构件之间要有确定的相对运动,但任意拼凑的构件系统不一定能发生相对运动;即使能够运动,也不一定具有确定的相对运动。为了保证机构中各构件具有确定的相对运动,必须深入讨论其应该具备的条件,即应对机构进行结构分析,研究机构的组成原理。

第一节 运动副及其分类

组成机构的每一个构件都是以一定的方式与其他构件相互连接的,这种连接既可以使两个构件直接接触,又可以保证两构件能产生一定的相对运动,两构件间形成的这种可动连接称为运动副。如果构成运动副的两构件之间的相对运动是平面运动,这种运动副称为平面运动副;若两构件之间的相对运动是空间运动,则这种运动副称为空间运动副。本章所讨论的运动副主要是指平面运动副。

一个作平面运动的自由构件具有三个独立运动,如图 2-1 所示,在 xOy 坐标系中,构件 S 可随其上任意一点 A 沿 x 轴、 y 轴方向独立移动和绕 A 点独立转动。构件相对于参考系的独立运动称为自由度。所以,一个作平面运动的自由构件具有三个自由度。两构件相互连接构成运动副后,构件的某些独立运动将受到约束,自由度将随之减少。

根据运动副对构件相对运动的约束情况和运动副元素的接触情况的不同,运动副分为以下几种:

① 低副 两构件通过面接触组成的运动副称为低副。根据运动副允许两构件相对运动形成方式,低副又可分为转动副和移动副。只允许两构件在平面内作相对转动的运动副称为转动副,也称为铰链,如图 2-2 所示。两构件之一固定的铰链称为固定铰链,两构件均为活动件则称为活动铰链。只允许两构件沿某一直线做相对移动的运动副称为移动副,如图 2-3 所示。

② 高副 两构件通过点或线接触的运动副称为高副。如图 2-4a 所示的凸轮 1 与从动杆 2 是点接触,图 2-4b 所示的车轮 1 与钢轨 2 是线接触,图 2-4c 所示的轮齿 1 与轮齿 2 是线接触,因而所形成的运动副都是高副。

此外,常用的运动副还有螺旋副(图 2-5a)和球面副(图 2-5b)等空间运动副。这些运动副中两构件的相对运动是空间运动,属于空间运动副,不在本章讨论的范围之内。

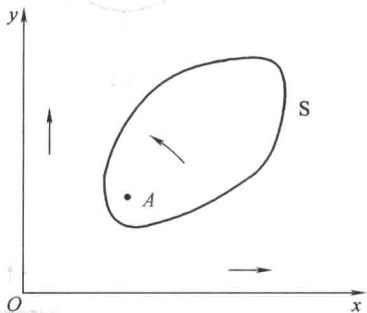


图 2-1 作平面运动的自由构件的自由度