



面向“十二五”机电类专业高职高专国家规划教材

机械设计基础

韩满林
谭淑英 主编
许勇平

JIXIE SHEJI JICHU



凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社



凤凰职业教育

面向“十二五”机电类专业高职高专国家规划教材

机械设计基础

韩满林

谭淑英 主编

许勇平

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 韩满林等主编. —南京: 江苏科学技术出版社, 2010. 9

面向“十二五”机电类专业高职高专国家规划教材

ISBN 978 - 7 - 5345 - 7609 - 6

I. ①机… II. ①韩… 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 164747 号

机械设计基础

主 编 韩满林 谭淑英 许勇平

责任编辑 汪立亮

特约编辑 龙 俊

责任校对 郝慧华

责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京展望文化发展有限公司

印 刷 南京大众新科技印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.25

字 数 370 000

版 次 2010 年 9 月第 1 版

印 次 2010 年 9 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978 - 7 - 5345 - 7609 - 6

定 价 36.00 元

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

前言

“机械设计基础”是高等职业教育和高等专科教育机电工程类专业的技术基础课程,本书包括了《静力学》《材料力学》及《机械设计基础》等三部分内容,教学时数为100—120学时,其中实验为28学时。书中带※为选学内容。

本书主要教学内容由绪论和杆件的静力分析、杆件的基本变形、平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、其他常用机构、带链传动、齿轮传动、轮系、联接、轴、轴承等十二个项目组成。本书具有以下特点:

(1) 遵循“应用为目的”“必需、够用为度”和“少而精、浅而广”的原则,突出了教学内容的实用性,理论推导从简,直接切入应用主题,适应当前基础课教学时数减少的现实,降低了学生的学习难度,逐步体现出高等职业教育“重在实践应用”这一基本特色。

(2) 从学生的学习认知规律、特点出发,采用项目教学法代替传统的教学方法,利于把学习、模仿练习、借鉴创新有机地结合起来,利于学生工程实践能力的培养。

(3) 版面新颖实用,有助于高效率地开展教学。为了更好地引导教师与学生实现教学目标,在每个项目前面都设置了“教学导航”;为了帮助学生归纳与总结所学知识,在每一项的后面均安排了“小结”。并且重要项目都编排了实验。

本书由南京信息职业技术学院韩满林、谭淑英及云南国防工业职业技术学院许勇平主编,并由韩满林、谭淑英进行统稿。参加本书编写的有韩满林(前言、绪论和小结);南京信息职业技术学院高华(项目1、项目2);南京信息职业技术学院郭丽(项目3、项目4);谭淑英(项目6、项目7、项目8、项目9);南京信息职业技术学院赵海峰(项目10);南京信息职业技术学院宋燕(项目11、项目12);许勇平(项目5)。最后,全书由“面向‘十二五’机电类专业高职高专规划教材建设委员会”主审并提出了宝贵意见。

在本书编写过程中,得到了云南广播电视大学、云南国防工业职业技术学院、南京信息职业技术学院以及凤凰出版传媒集团相关领导和老师的大力支持,在此表示感谢!

由于编者水平有限和时间仓促,书中的缺点和错误在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

2010年7月

目 录

0 机械设计基础概论	001
0.1 本课程研究的对象和内容	001
0.2 机械的组成	002
0.3 机械零件的失效形式及设计准则	004
0.4 机械零件的设计步骤	006
0.5 本课程的学习方法	006
0.6 实验：典型机构认识	007
小结	008
思考与练习	008
 项目 1 构件的静力分析	 009
教学导航	009
1.1 物体的受力分析	009
1.1.1 力	009
1.1.2 力对点之矩	011
1.1.3 力偶	012

1.1.4 物体的受力分析与受力图	013
1.2 平面力系及其平衡方程	017
1.2.1 概述	017
1.2.2 平面汇交力系	018
1.2.3 平面力偶系	019
1.2.4 平面任意力系	020
1.2.5 平面平行力系	023
※1.3 空间任意力系简介	023
1.3.1 概述	023
1.3.2 力在空间直角坐标系内的投影	023
1.3.3 空间力对轴之矩	024
1.3.4 空间任意力系的平衡方程	025
1.4 实验	
【实验一】 力的分解	025
【实验二】 力的合成	026
【实验三】 刚体静平衡	026
小结	026
思考与练习	027
项目2 构件的变形与强度计算	029
教学导航	029
2.1 概述	029
2.1.1 材料力学研究的对象	029
2.1.2 材料力学研究的变形	030
2.1.3 内力	030
2.1.4 应力、极限应力及许用应力	030
2.1.5 衡量构件承载能力的指标	031
2.2 轴向拉伸与压缩	031
2.2.1 轴向拉伸与压缩的概念及工程实例	031
2.2.2 轴向拉伸与压缩的内力——轴力	032
2.2.3 轴向拉伸与压缩的应力——正应力 σ	034
2.2.4 轴向拉伸与压缩的强度条件	035
2.3 剪切与挤压	036
2.3.1 剪切与挤压的概念及工程实例	036
2.3.2 剪切与挤压的实用强度计算	037

2.4 圆轴的扭转	038
2.4.1 扭转的概念和工程实例	038
2.4.2 扭矩和扭矩图	039
2.4.3 圆轴扭转时横截面上的切应力及强度计算	040
2.5 直梁的弯曲	042
2.5.1 平面弯曲	042
2.5.2 剪力图与弯矩图	044
2.5.3 梁纯弯曲时横截面上的正应力及其强度计算	047
※2.6 组合变形和压杆稳定性	049
2.6.1 组合变形	049
2.6.2 压杆稳定性	049
2.7 实验	050
小结	051
思考与练习	051
 项目3 平面机构的结构分析	 054
教学导航	054
3.1 概述	054
3.1.1 构件的自由度	054
3.1.2 运动副	054
※3.2 平面机构运动简图	056
3.2.1 平面机构运动简图中构件和运动副的表示方法	056
3.2.2 绘制机构简图的基本方法和一般步骤	057
3.3 平面机构的自由度计算	060
3.3.1 平面机构自由度计算	060
3.3.2 机构具有确定运动的条件	060
3.3.3 计算机构自由度时应注意的事项	060
3.4 实验:平面机构运动简图的绘制与分析	063
小结	064
思考与练习	064
 项目4 平面连杆机构	 066
教学导航	066
4.1 概述	066
4.2 铰链四杆机构的基本形式及其演化	066

4.2.1 铰链四杆机构的基本形式	067
4.2.2 铰链四杆机构的演化	068
4.3 平面四杆机构的基本特性	071
4.3.1 曲柄存在的条件	071
4.3.2 急回特性和行程速比系数	072
4.3.3 传动角和压力角	073
4.3.4 死点位置	073
4.4 平面四杆机构的设计	074
4.5 实验:平面连杆机构搭接实验	075
小结	076
思考与练习	076
项目5 凸轮机构	077
教学导航	077
5.1 概述	077
5.1.1 凸轮机构的组成和应用	077
5.1.2 凸轮机构的分类	078
5.2 凸轮机构的从动件常用运动规律	080
5.2.1 凸轮机构的运动分析	080
5.2.2 从动件常用的几种运动规律	081
5.2.3 常用的从动件运动规律的选择	084
5.3 盘形凸轮轮廓的设计方法	085
5.4 凸轮机构设计中应注意的几个问题	086
5.4.1 凸轮机构压力角 α	087
5.4.2 凸轮基圆半径 r_b 的确定	087
5.4.3 滚子半径 r_T 的确定	088
5.4.4 凸轮和滚子的材料	089
小结	089
思考与练习	090
项目6 其他常用机构	091
教学导航	091
6.1 棘轮机构	091
6.1.1 棘轮机构的组成及工作原理	091
6.1.2 棘轮机构的类型、特点和应用	092

6.2 槽轮机构	094
6.2.1 槽轮机构的组成及工作原理	094
6.2.2 槽轮机构的主要参数	095
※6.3 不完全齿轮机构	096
6.3.1 不完全齿轮机构的工作原理	097
6.3.2 不完全齿轮机构的类型、特点及应用	097
※6.4 螺旋机构	098
6.4.1 螺旋机构的特点	098
6.4.2 螺旋机构的类型	098
小结	100
思考与练习	100
 项目7 带链传动	 101
教学导航	101
7.1 带传动概述	101
7.1.1 带传动的类型	102
7.1.2 带传动的特点	103
7.1.3 V带的结构和标准	103
7.1.4 普通V带轮常用的材料与结构	104
7.2 带传动的工作情况分析	106
7.2.1 带传动的受力分析	106
7.2.2 带传动的应力分析	108
7.2.3 带传动的滑动分析	109
7.3 V带传动设计计算	110
7.3.1 V带传动的设计准则	110
7.3.2 单根V带传递的功率	110
7.3.3 V带传动设计计算	112
7.4 V带传动的张紧、安装和维护	117
7.4.1 V带传动的张紧	117
7.4.2 带传动的安装和维护	118
※7.5 链传动	119
7.5.1 概述	119
7.5.2 滚子链的结构及标准	120
7.5.3 链轮齿形、结构和材料	121
7.5.4 链传动的失效形式	122

7.5.5 链传动的布置、张紧及润滑	123
7.6 实验	125
【实验一】 机械设计认知	125
【实验二】 带传的实验	128
小结	128
思考与练习	128
项目8 齿轮传动	130
教学导航	130
8.1 概述	130
8.1.1 齿轮机构的分类	130
8.1.2 齿轮机构的优缺点	131
8.2 渐开线齿廓	132
8.2.1 渐开线的形成和性质	132
8.2.2 渐开线齿廓啮合特性	133
8.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮	133
8.3.1 齿轮各部分的名称	133
8.3.2 基本参数	134
8.3.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸与基本参数的关系	135
8.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	136
8.4.1 正确啮合条件	137
8.4.2 标准中心距和标准安装	137
8.4.3 连续传动条件	138
8.5 渐开线直齿圆柱齿轮的加工方法	139
8.5.1 仿形法	139
8.5.2 展成法	140
8.5.3 根切现象与最少齿数	142
8.6 渐开线齿轮传动强度设计计算基础	143
8.6.1 齿轮传动的失效形式及计算准则	143
8.6.2 齿轮的常用材料和热处理	144
8.6.3 齿轮传动的精度等级	146
8.6.4 齿轮的结构设计	147
8.6.5 齿轮传动的润滑	149
8.7 直齿圆柱齿轮传动的强度计算与设计	150
8.7.1 轮齿的受力分析	151

8.7.2 轮齿的计算载荷	152
8.7.3 齿面接触疲劳强度计算	152
8.7.4 齿根弯曲疲劳强度计算	153
8.7.5 齿轮的许用应力和主要参数的选择	154
※8.8 斜齿圆柱齿轮传动	158
8.8.1 斜齿圆柱齿轮传动形成原理及啮合特点	158
8.8.2 斜齿圆柱齿轮的基本参数	159
8.8.3 斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	161
8.8.4 斜齿圆柱齿轮啮合传动	162
8.8.5 轮齿的受力分析	163
※8.9 直齿圆锥齿轮传动	164
8.9.1 概述	164
8.9.2 直齿圆锥齿轮传动的主要参数	164
※8.10 蜗杆传动	165
8.10.1 概述	165
8.10.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	166
8.10.3 蜗杆传动设计计算	170
8.10.4 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	174
8.10.5 蜗杆、蜗轮的结构	176
8.11 实验	
【实验一】 机构组合设计	177
※【实验二】 渐开线直齿圆柱齿轮基本参数的测定	178
【实验三】 渐开线齿廓的展成原理	178
小结	179
思考与练习	179
项目9 轮系	181
教学导航	181
9.1 概述	181
9.2 定轴轮系传动比的计算	183
9.3 周转轮系传动比的计算	185
9.4 混合轮系传动比计算	189
9.5 轮系的应用	190
9.6 实验：轮系运动特性实验	191
小结	192

思考与练习	193
项目 10 连接	195
教学导航	195
10.1 螺纹连接	195
10.1.1 螺纹的形成和主要参数	196
10.1.2 螺纹的常用类型	197
10.1.3 螺纹连接的基本类型及应用	198
10.1.4 标准螺纹连接件	200
10.1.5 螺纹连接件的材料	201
10.2 螺纹连接的预紧和防松	201
10.2.1 螺纹连接的预紧	201
10.2.2 螺纹连接的防松	202
※10.3 螺纹连接的强度计算	204
10.3.1 普通螺栓连接的强度计算	204
10.3.2 铰制孔用螺栓连接的强度计算	206
10.4 螺纹连接结构设计应注意的问题	208
10.5 键连接	209
10.5.1 平键、半圆键、楔键、切向键的功能及应用	209
10.5.2 键的选择	211
10.5.3 平键连接强度计算	211
※10.6 花键连接和销连接	213
10.6.1 花键连接	213
10.6.2 销连接	214
10.7 联轴器和离合器	215
10.7.1 联轴器	215
10.7.2 离合器	217
小结	218
思考与练习	218
项目 11 轴	219
教学导航	219
11.1 概述	219
11.2 轴的材料	221
11.3 轴的基本直径的估算	222

11.4 轴的结构设计	224
11.5 轴的强度计算	229
11.6 轴的设计	230
小结	234
思考与练习	234
项目 12 轴承	235
教学导航	235
12.1 概述	235
※12.2 滑动轴承	235
12.2.1 滑动轴承的摩擦状态	235
12.2.2 滑动轴承的主要类型	236
12.2.3 滑动轴承的特点及应用	238
※12.3 轴瓦的结构和材料	238
12.3.1 轴瓦的结构	238
12.3.2 滑动轴承的失效形式及材料	239
12.4 滚动轴承的结构、类型及其选择	240
12.4.1 滚动轴承的结构	240
12.4.2 滚动轴承的主要类型及其代号	243
12.4.3 滚动轴承类型的选择	246
12.5 滚动轴承的失效形式及计算	248
12.5.1 滚动轴承的失效形式和计算准则	248
※12.5.2 寿命计算	249
12.6 滚动轴承的组合设计	255
12.7 滚动轴承的润滑与密封	257
12.8 实验: 减速器的拆装	259
小结	260
思考与练习	260
参考文献	261

0 机械设计基础概论

0.1 本课程研究的对象和内容

1. 概述

人们在生产和生活中为了节省劳动、提高效率,不断改进所使用的工具,从而创造、发展了机械和机械学科。从最早的杠杆、斜面等最简单的机械,发展到起重机、汽车、飞机、各种机床设备、缝纫机、机器人、计算机、现代航天器等种类繁多、结构复杂、技术先进、功能全面的机械。机械科学的不断发展,推动着生产力的进步和社会的向前发展,使用机器进行生产的水平已经成为衡量一个国家生产技术和现代化程度的重要标志之一。为了承担设计、制造、使用和管理机器的任务,从事生产第一线技术、管理工作的技术人员必须熟悉机器基本知识,掌握机械设计、制造、使用和维修的技术。因此,学习机械设计基础课程是十分重要的。

2. 本课程研究的性质、对象和内容

本课程是一门工科类专业技术基础课,研究对象和内容分别是:项目1和项目2的力学部分研究对象分别为刚体系统和变形固体,其中,构件的静力分析主要研究刚体在载荷作用下的平衡问题,为构件承载能力提供依据,构件承载能力分析主要研究变形固体的强度和刚度问题,为机械零件设计确定合理的材料、截面形状和尺寸提供理论依据;项目3到项目12研究对象为机械中常用机构和通用零部件,其中,常用机构部分主要研究机器中常用机构的工作原理、结构特点、运动特性及其设计的基本原理和方法,机械中通用的零部件主要研究机械中通用零部件的工作原理、结构特点、选用、设计的基本原理和方法。

3. 本课程的任务

通过对本课程的学习,应达到以下基本要求:

① 熟练运用力学知识处理简单的力系平衡问题和零部件的受力分析及强度、刚度的计算方法。

② 熟悉常用机构、常用机构传动和通用零件的工作原理、结构特点、应用和标准,掌握它们的选用和设计的基本原理方法,具备正确分析、使用、维护机械的能力,初步具备设计简单机械传动装置的能力。

③ 具备与机械设计有关的解题、运算、绘图和运用标准、手册、图册等技术资料的能力。

4. 本课程在机械工程中的意义和应用

本课程主要研究机械设计中的基本问题,是进行机械设计工作的技术基础,在日常生活

和工程实践中都具有广泛的应用。在进行机械设计工作时,首先都是根据产品功能需求确定机构组成;其次,分析各构件在工作过程中的运动情况及受载时的平衡问题;然后根据不同构件具体的受载情况,合理选择材料、热处理,确定构件的形状、结构、几何尺寸、制造工艺等;最后根据上述各环节的结果绘制零件工作图。传动机械设计的流程就是本课程所研究内容的系统应用过程。

0.2 机械的组成

机械是机器和机构的总称。

在经济建设中,使用着各种不同类型的机器,如汽车、飞机、起重机、输送机、压力机、轧钢机、纺织机等。由于机器的功用不同,其工作原理、构造和性能也各异。但是,从机器的组成原理、运动的确定性及其功能的关系来看,各种机器之间存在一些共同的特征。

1. 从机器的各部分功能分析

从机器的各部分功能分析,机器由四大部分组成:动力部分、工作部分、传动部分及控制部分。

(1) 动力部分

动力部分是机器能量的来源,它将各种能量(如电能、热能等)转变为机械能。常见的动力部分多为电动机、内燃机和汽轮机等。

(2) 工作部分

工作部分是直接实现机器特定功能、完成生产任务的部分。如起重机的卷筒和吊钩、掘土机的撮斗、轧钢机的轧辊、汽车的车轮、机器人的执行部分等。

(3) 传动部分

传动部分是按工作要求将动力部分的运动和动力传递、转换或分配给工作部分的中间装置。如带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、螺旋传动等。

(4) 控制部分

控制部分是控制机器启动、停车和变更运动参数的部分。如开关、变速手柄、离合踏板以及相应的电器等。

如图0-1所示是一台卷扬机的传动示意图。图中动力部分是电动机;工作部分是卷筒和钢丝绳;介于动力部分和工作部分之间的齿轮传动是传动部分,它将电动机的高速转动改变为低速转动,并将转矩加大;而控制台上的按钮和手柄是卷扬机的控制部分,分别控制电动机的启动、制动和卷筒的正、反转,从而控制钢丝绳上、下运动进行吊重。

2. 从制造角度分析

从制造角度分析,可以把机器看成由若干机械零件(简称零件)组成的。零件是指机器的制造单元。机械零件分为通用零件和专用零件两大类。通用零件是指各种机器经常用到的零件,如螺栓、螺母、齿轮、轴等;专用零件是指某种机器才用到的零件,如汽轮机中的叶

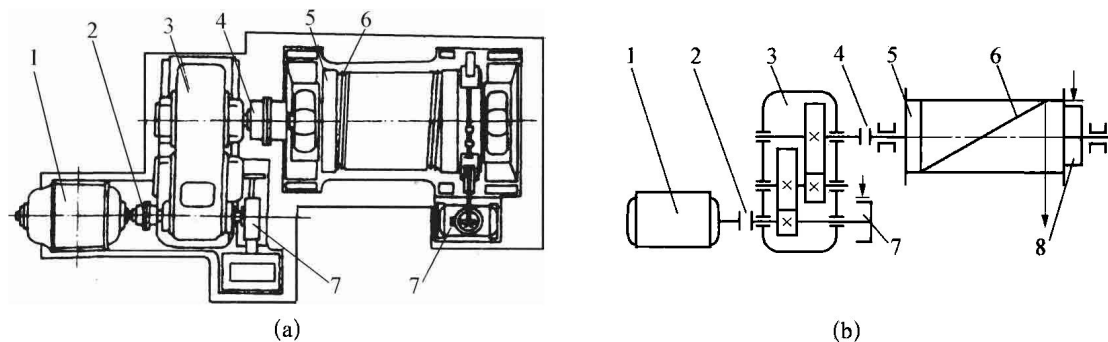


图 0-1 卷扬机

1—电动机;2—联轴器;3—减速箱;4—联轴器;5—卷筒;6—钢丝绳;7—制动器

片,内燃机中的曲轴和机床主轴等。

3. 从运动角度分析

从运动角度分析,可以把机器看成由若干构件组成的。构件是指机器的运动单元。构件可能是一个零件,也可能是若干个零件的刚性组合体。如图 0-2 所示中的内燃机连杆,就是由如图 0-3 所示的连杆体 1、螺栓 2、螺母 3、开口销 4、连杆盖 5、轴瓦 6 和轴套 7 等多个零件构成的一个构件。又如图 0-4 所示中的齿轮-凸轮轴,则是由凸轮轴 1、齿轮 2、键 3、轴端挡圈 4 和螺钉 5 等零件构成的构件。

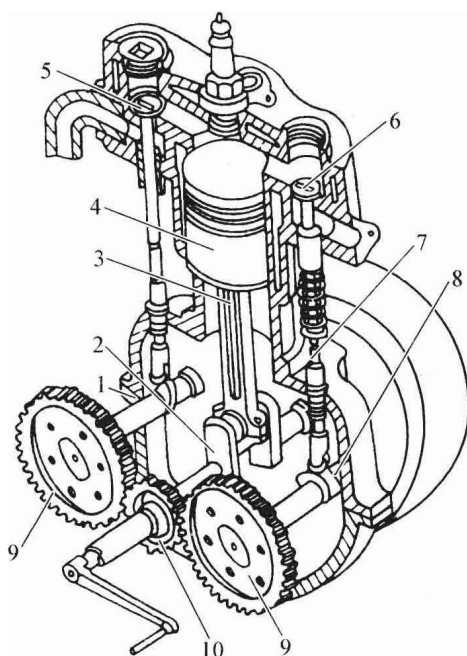


图 0-2 单缸内燃机

1—汽缸体(机架);2—曲轴(曲柄);3—连杆;
4—活塞(滑块);5—进气阀;6—排气阀;
7—推杆;8—凸轮轴(凸轮);9、10—齿轮

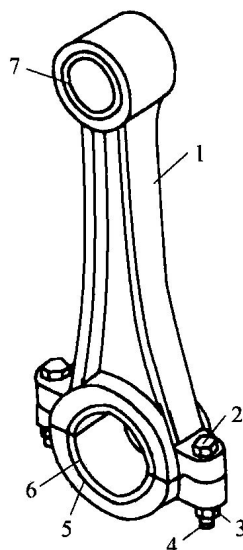


图 0-3 内燃机连杆

1—连杆体;2—螺栓;3—螺母;
4—开口销;5—连杆盖;6—轴瓦;7—轴套

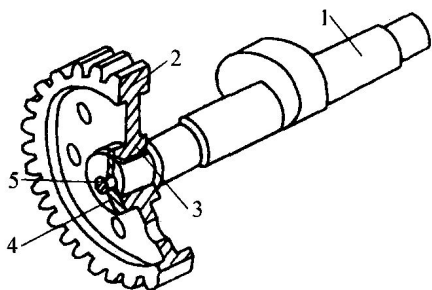


图 0-4 齿轮-凸轮轴

1—凸轮轴;2—齿轮;3—键;4—轴端挡圈;5—螺钉

4. 从运动的确定性及功能关系分析

从运动的确定性及功能关系分析,如图 0-2 所示中的单缸内燃机,它由汽缸体(机架)1、曲轴(曲柄)2、连杆 3、活塞(滑块)4、进气阀 5、排气阀 6、推杆 7、凸轮轴(凸轮)8 及齿轮 9、10 组成。当燃气推动活塞 4 作往复移动时,通过连杆 3 使曲轴 2 作连续转动,从而将燃气的热能转换为曲轴的机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律按时启闭阀门,完成吸气和排气。

凡将其他形式的能量转换为机械能的机器称为原动机。内燃机、电动机、液压马达、蒸汽机等都是原动机。

有些机器是利用机械能来作有用机械功的。凡利用机械能作有用机械功的机器,称为工作机。金属切削机床、辗砂机、织布机、印刷机、起重机等都是工作机。

发电机是由转子和定子组成的。当原动机驱动发电机时,发电机便将机械能转换为电能。凡是将机械能转换为其他形式能量的机器,称为转换机。

从上述可以看出,机器具有以下三个特征:

- ① 机器一般是由许多构件组成的。
- ② 各构件间具有确定的相对运动。
- ③ 机器能代替或减轻人类劳动来完成有用的机械功或转换机械能。

当仅仅研究构件之间的相对运动,而不考虑构件在作功和能量转换方面所起的作用时,通常把具有确定相对运动、实现运动的传递或运动形式的转换的多构件组合称为机构。最简单的机器只包含一个机构,如电动机就是由一个双杆机构组成的。大多数机器都包含若干个机构,如内燃机就是由曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构组成的。

从结构和运动的角度来看,机器与机构之间是没有区别的。因此,为了叙述方便,通常用“机械”一词作为“机器”和“机构”的总称。

0.3 机械零件的失效形式及设计准则

一个机械零件可能有多种失效方式,防止失效是保证机械零件正常工作的主要措施。了解零件的失效形式,设计者在设计时就可以预先估计所设计零件可能的失效形式,从而用计算的方法使机械零件的工作负担控制在其承载能力允许范围之内,从而避免失效。计算所依据的条件称为设计准则。

1. 失效形式

机械零件丧失工作能力或达不到设计要求,称为失效。失效并不意味着破坏。

常见的失效形式有:因强度不足而断裂;过大的弹性变形或塑性变形;摩擦表面的过度磨损、打滑或过热;连接松动;压力容器、管道等的泄漏;运动精度达不到要求等。