



面向  
**21**世纪  
高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐  
高职高专系列教材

# 机械 工 程 基 础

李 茹 主 编  
史 国 有 主 审



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列教材

# 机械工程基础

主 编 李 茹  
参 编 巴世光 秦曼华  
李运生 李建国  
主 审 史国有

西安电子科技大学出版社

2004

## 内 容 简 介

本书根据当前高职院校教学模式和课程体系改革的需求,结合作者多年教学和生产实践经验编写,参考学时数为80~100学时。

全书共5篇(18章),包括总论、常用机构、机械传动、轴系零部件、液压与气压传动等内容。

全书内容以篇、章划分,各篇内容联系密切,共性突出,自成系统;各章内容特点明确,知识点突出,基本上按照性能特点与应用、工作原理、结构特点、设计计算、使用维护等顺序介绍。

本书内容丰富,通俗易懂,可操作性强,适合高职高专机械类、近机类各专业教学使用,也可供有关专业和工程技术人员参考。

☆ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础/李茹主编.

(高职高专系列教材)

—西安:西安电子科技大学出版社,2004.9

ISBN 7-5606-1440-X

I. 机… II. 李… III. 机械工程—高等学校:技术学校—教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第070032号

策 划 马乐惠

责任编辑 杨 璠 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 24.5

字 数 578千字

印 数 1~4 000册

定 价 26.00元

ISBN 7-5606-1440-X/TH·0041(课)

**XDUP 1711001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

# 前 言

本书是一本与高职高专教学模式和课程结构相结合的,突出“实际、实用、实践性”的新型教材,是高职院校教学改革的产物,展示了课程建设的一项成果。本书旨在使读者通过学习了解机械工程设计的基本思想,掌握其基本原理和基本方法;并能把学到的知识应用到生产实际中,培养工程实践的基本素质。

全书共5篇,包括总论、常用机构、机械传动、轴系零部件、液压与气压传动等。其特点如下:

(1) 体现“强化课程整合、优化课程结构”的教学特色,打破旧的课程界限和学科体系,将机械原理、机械零件、常用零件公差与配合、液压与气压传动等内容有机融合,构成机械工程基础体系。

(2) 体现“技术新、实用性强”的教学思想,精选教材内容,侧重机械工程基础知识和基本原理的阐述,广泛列举工程实例;力求取材新颖、直观简明、通俗易懂、紧密联系工程实践。

(3) 体现“工程应用性、综合性和设计性”的课程特点,优化设计自检题目。教材除配有“思考与练习”题外,还精心设计了“观察与实践”、“设计与制作”课题,以注重应用能力培养,加强创造性训练。

(4) 每章设有章节内容介绍和重点难点提示,以方便教、方便学。

(5) 全书严格执行最新国家标准,并含有新科技成果内容,适当介绍了现代机械设计方法、机械零部件的新型式和新结构。

本书涉及面广,内容丰富,可操作性强,适合高职高专机械类、近机类各专业教学使用,也可供有关专业和工程技术人员参考。

参加本书编写的有李茹(第1、2、4、6、9章)、巴世光(第5、7、17、18章)、秦曼华(第8、13、14、15、16章)、李运生(第10、12章)、李建国(第3、11章)。本书由天津职业大学李茹任主编并负责全书统稿。史国有教授担任主审,对全书文稿和图稿进行了认真的审阅,并提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。本书编写在如何体现课程特色方面得到天津职业大学董刚教授的指点和帮助,在此深表谢意。

恳望广大读者对书中错误和不妥之处批评指正。

编 者

2004年4月

# 目 录

## 第一篇 总 论

<b>第 1 章 概述</b> .....	1	<b>第 2 章 现代设计方法概述</b> .....	14
1.1 课程概论 .....	1	2.1 计算机辅助设计 .....	14
1.1.1 课程的研究对象 .....	1	2.1.1 概述 .....	14
1.1.2 课程的性质、内容和任务 .....	4	2.1.2 计算机辅助设计系统 .....	14
1.1.3 课程学习特点 .....	4	2.1.3 CAD 程序的编制方法 .....	16
1.2 机械设计概论 .....	5	2.2 机械优化设计 .....	18
1.2.1 机械设计的基本要求 .....	5	2.2.1 概述 .....	18
1.2.2 机械设计的一般步骤 .....	6	2.2.2 优化设计的数学模型 .....	18
1.2.3 机械零件设计概述 .....	7	2.2.3 优化设计的一般步骤 .....	20
1.3 机械结构设计 .....	7	2.3 机械创新设计 .....	21
1.3.1 结构设计的基本要求 .....	7	2.3.1 概述 .....	21
1.3.2 结构设计的准则 .....	9	2.3.2 机械创新设计应用实例 .....	22
自检题 .....	13	自检题 .....	23
思考与练习 .....	13	思考与练习 .....	23
设计与制作 .....	13	设计与制作 .....	23

## 第二篇 常 用 机 构

<b>第 3 章 机构的结构分析</b> .....	25	<b>第 4 章 平面连杆机构</b> .....	38
3.1 平面机构的组成 .....	25	4.1 概述 .....	38
3.1.1 运动副 .....	25	4.1.1 基本概念 .....	38
3.1.2 运动链 .....	27	4.1.2 平面连杆机构的特点及应用 .....	38
3.1.3 机构的组成 .....	27	4.2 平面连杆机构的类型及转化 .....	38
3.2 平面机构运动简图 .....	27	4.2.1 铰链四杆机构的基本形式 .....	38
3.2.1 平面机构的表示方法 .....	27	4.2.2 平面连杆机构的转化机构 .....	42
3.2.2 平面机构运动简图的绘制 .....	29	4.3 平面连杆机构的工作特性 .....	45
3.3 平面机构的自由度 .....	30	4.3.1 运动特性 .....	45
3.3.1 构件的自由度 .....	30	4.3.2 传力特性 .....	47
3.3.2 构件的约束 .....	31	4.4 平面四杆机构的设计 .....	49
3.3.3 构件系统自由度的计算 .....	31	4.4.1 图解法 .....	50
3.3.4 计算平面机构自由度时 的注意事项 .....	32	4.4.2 实验法 .....	52
自检题 .....	35	自检题 .....	52
思考与练习 .....	35	思考与练习 .....	52
设计与制作 .....	37	设计与制作 .....	53

<b>第 5 章 凸轮机构</b> .....	55	6.6.3 变位齿轮的几何尺寸和 传动类型 .....	92
5.1 概述 .....	55	6.7 平行轴斜齿齿轮机构 .....	94
5.1.1 凸轮机构的应用 .....	55	6.7.1 斜齿圆柱齿轮齿面的 形成和特点 .....	94
5.1.2 凸轮机构的分类 .....	56	6.7.2 斜齿圆柱齿轮的基本参数 和几何尺寸计算 .....	95
5.2 从动件的常用运动规律 .....	58	6.7.3 斜齿圆柱齿轮的当量齿数 .....	97
5.2.1 凸轮机构的运动过程及 运动参数 .....	58	6.7.4 平行轴斜齿圆柱齿轮的正确 啮合条件和重合度 .....	98
5.2.2 常用从动件的运动规律 .....	59	6.8 圆锥齿轮机构 .....	99
5.3 凸轮轮廓设计 .....	62	6.8.1 概述 .....	99
5.3.1 盘形凸轮轮廓设计的基本原理 .....	62	6.8.2 直齿锥齿轮齿廓曲面的形成 .....	99
5.3.2 图解法设计盘形凸轮轮廓 曲线的方法 .....	63	6.8.3 直齿锥齿轮背锥和当量齿数 .....	99
5.4 凸轮机构的基本尺寸、结构与材料 .....	66	6.8.4 直齿锥齿轮传动的 基本参数和几何尺寸计算 .....	100
5.4.1 凸轮机构的基本尺寸 .....	66	6.9 蜗杆蜗轮机构 .....	102
5.4.2 凸轮的结构、精度与材料 .....	70	6.9.1 概述 .....	102
自检题 .....	71	6.9.2 蜗杆蜗轮机构的 主要参数和几何尺寸计算 .....	104
思考与练习 .....	71	自检题 .....	107
设计与制作 .....	73	思考与练习 .....	107
<b>第 6 章 齿轮机构</b> .....	74	<b>第 7 章 轮系</b> .....	108
6.1 概述 .....	74	7.1 定轴轮系 .....	108
6.1.1 齿轮机构的特点与应用 .....	74	7.1.1 传动比的计算 .....	108
6.1.2 齿轮机构的类型 .....	74	7.1.2 传动比符号的 确定方法 .....	109
6.2 渐开线齿廓 .....	76	7.2 行星轮系 .....	111
6.2.1 齿廓啮合的基本定律 .....	76	7.2.1 行星轮系的构成 .....	111
6.2.2 渐开线齿廓 .....	77	7.2.2 行星轮系的分类 .....	111
6.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的 主要参数和几何计算 .....	80	7.2.3 行星轮系的传动比 .....	113
6.3.1 齿轮各部分的名称 .....	80	7.3 组合轮系 .....	116
6.3.2 圆柱直齿齿轮的基本参数 .....	81	7.4 轮系的应用 .....	117
6.3.3 圆柱标准直齿齿轮几何 尺寸的计算 .....	82	自检题 .....	119
6.3.4 渐开线标准齿轮的公法线长度 .....	83	思考与练习 .....	119
6.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合 .....	84	<b>第 8 章 其他常用机构</b> .....	122
6.4.1 渐开线直齿圆柱齿轮的 正确啮合条件 .....	84	8.1 棘轮机构 .....	122
6.4.2 渐开线齿轮连续传动的条件 .....	84	8.1.1 概述 .....	122
6.4.3 渐开线齿轮无侧隙啮合 .....	85	8.1.2 棘轮机构的运动设计 及几何计算 .....	125
6.5 渐开线齿形的切齿原理与根切现象 .....	86	8.2 槽轮机构 .....	126
6.5.1 渐开线齿形的切齿原理 .....	86	8.2.1 概述 .....	126
6.5.2 渐开线齿形的根切 .....	89	8.2.2 槽轮机构的运动设计 及几何计算 .....	128
6.6 变位齿轮机构 .....	90		
6.6.1 变位齿轮的概念 .....	90		
6.6.2 变位齿轮的齿形特点 .....	91		

8.3 螺旋机构 .....	129	8.3.4 滚动螺旋简介 .....	135
8.3.1 螺旋副的受力分析、效率和自锁 .....	130	自检题 .....	135
8.3.2 螺旋机构的类型与特点 .....	133	思考与练习 .....	135
8.3.3 螺旋机构的运动分析 .....	134	观察与实践 .....	135
		设计与制作 .....	136

## 第三篇 机械传动

<b>第9章 带传动</b> .....	137	10.3.3 链传动的主要参数选择 .....	182
9.1 概述 .....	137	10.3.4 链传动的设计方法与步骤 .....	183
9.1.1 带传动的特点 .....	138	10.4 链传动的合理布置与润滑 .....	185
9.1.2 带传动的类型与应用 .....	138	10.4.1 链传动的合理布置 .....	185
9.2 带传动的工作情况分析 .....	139	10.4.2 链传动的张紧装置 .....	186
9.2.1 受力分析 .....	139	10.4.3 链传动的润滑 .....	186
9.2.2 应力分析 .....	140	自检题 .....	187
9.2.3 带传动的弹性滑动与打滑 .....	141	思考与练习 .....	187
9.3 普通V带传动设计 .....	142	观察与实践 .....	187
9.3.1 普通V带 .....	142	设计与制作 .....	187
9.3.2 普通V带轮 .....	144	<b>第11章 齿轮传动</b> .....	189
9.3.3 普通V带传动的设计计算 .....	145	11.1 齿轮常见的失效形式与 齿轮的材料 .....	189
9.4 带传动的张紧、安装和维护 .....	154	11.1.1 齿轮轮齿的失效形式 .....	189
9.4.1 张紧装置及初拉力 $F_0$ 的测定 .....	154	11.1.2 齿轮的设计准则 .....	191
9.4.2 安装与维护 .....	156	11.1.3 齿轮的材料与热处理 .....	191
9.5 同步齿形带传动 .....	156	11.2 圆柱齿轮公差与齿轮精度的设计 .....	193
9.5.1 同步齿形带传动的特点、 类型和应用 .....	156	11.2.1 对齿轮传动的基本要求 .....	193
9.5.2 同步齿形带的主要参数、 尺寸和标记 .....	157	11.2.2 齿轮精度的标准及应用 .....	194
9.5.3 设计计算 .....	162	11.3 圆柱齿轮的传动设计 .....	210
自检题 .....	167	11.3.1 圆柱齿轮传动的受力分析 .....	210
思考与练习 .....	167	11.3.2 直齿圆柱齿轮承载能力 的计算 .....	212
观察与实践 .....	168	11.3.3 斜齿圆柱齿轮承载能力 的计算 .....	218
设计与制作 .....	168	11.3.4 圆柱齿轮传动的设计计算 .....	219
<b>第10章 链传动</b> .....	169	11.4 直齿圆锥齿轮的传动设计 .....	226
10.1 概述 .....	169	11.4.1 受力分析 .....	226
10.1.1 链传动的特点、类型与应用 .....	169	11.4.2 锥齿轮承载能力的计算 .....	226
10.1.2 滚子链传动的传动件 .....	170	11.5 蜗杆传动设计 .....	227
10.2 链传动的运动特性 .....	175	11.5.1 蜗杆传动的失效形式、 设计准则及常用材料 .....	227
10.2.1 链传动的运动分析 .....	175	11.5.2 蜗杆传动的设计计算 .....	229
10.2.2 链传动的受力分析 .....	177	11.5.3 蜗杆传动的效率与 热平衡计算 .....	231
10.3 滚子链传动的设计计算 .....	178		
10.3.1 链传动的失效形式 .....	178		
10.3.2 设计计算准则 .....	179		

11.6 齿轮的结构与齿轮的润滑 .....	233	12.2 销联结 .....	247
11.6.1 齿轮的结构 .....	233	12.3 螺纹连接 .....	247
11.6.2 齿轮的润滑 .....	235	12.3.1 常用螺纹的类型、特点 和应用 .....	247
自检题 .....	236	12.3.2 螺纹连接的类型、预紧 和防松 .....	249
思考与练习 .....	236	12.3.3 螺栓连接的强度计算 .....	257
观察与实践 .....	237	12.3.4 螺纹连接件的材料和 许用应力 .....	261
设计与制作 .....	237	12.3.5 螺栓组的结构设计 .....	263
<b>第 12 章 连接</b> .....	239	12.3.6 提高螺纹连接强度的措施 .....	265
12.1 键联结 .....	239	12.3.7 螺纹连接的公差配合 .....	267
12.1.1 键联结的类型、构造和 工作原理 .....	239	自检题 .....	268
12.1.2 平键联结的选择和计算 .....	241	思考与练习 .....	268
12.1.3 花键联结的类型、特点 和选用 .....	242	观察与实践 .....	270
12.1.4 键联结的公差配合 .....	244		

## 第四篇 轴系零部件

<b>第 13 章 轴系</b> .....	271	14.3 滚动轴承的寿命计算 .....	296
13.1 概述 .....	271	14.3.1 滚动轴承工作分析 .....	296
13.1.1 轴的类型及其特点 .....	271	14.3.2 失效形式与设计准则 .....	298
13.1.2 轴设计的要求和一般步骤 .....	273	14.3.3 滚动轴承的寿命计算 .....	298
13.2 轴的材料 .....	274	14.3.4 滚动轴承的静强度计算 .....	304
13.3 轴及轴系的结构设计 .....	275	14.4 滚动轴承组合设计 .....	305
13.3.1 零件在轴上的轴向固定 .....	275	14.4.1 滚动轴承的支承结构 .....	305
13.3.2 零件在轴上的周向固定 .....	277	14.4.2 轴承的组合及调整 .....	307
13.3.3 轴的结构工艺性 .....	278	14.4.3 轴承的预紧与拆装 .....	308
13.3.4 提高轴强度的结构措施 .....	278	14.5 滚动轴承的公差与配合 .....	310
13.4 轴的设计计算 .....	280	14.5.1 滚动轴承的精度等级 及其应用 .....	310
13.4.1 轴的计算简图 .....	280	14.5.2 滚动轴承配合的选用 .....	310
13.4.2 轴的强度计算 .....	281	14.6 滚动轴承的维护与使用 .....	312
13.4.3 轴的刚度计算 .....	283	14.6.1 轴承的润滑 .....	312
自检题 .....	286	14.6.2 滚动轴承的密封 .....	312
思考与练习 .....	286	14.6.3 滚动轴承的检验 .....	313
设计与制作 .....	288	自检题 .....	314
<b>第 14 章 滚动轴承</b> .....	289	思考与练习 .....	314
14.1 概述 .....	289	观察与实践 .....	316
14.1.1 滚动轴承的结构 .....	289	<b>第 15 章 滑动轴承</b> .....	317
14.1.2 滚动轴承的类型 .....	290	15.1 概述 .....	317
14.2 滚动轴承的代号及选用 .....	292	15.1.1 滑动轴承的特点与应用 .....	317
14.2.1 滚动轴承的代号 .....	292	15.1.2 滑动轴承的类型 .....	317
14.2.2 滚动轴承类型的选择 .....	295	15.2 滑动轴承的结构与材料 .....	318

15.2.1 滑动轴承的结构形式 .....	318	16.1 联轴器的类型与应用 .....	328
15.2.2 滑动轴承轴瓦的结构形式 .....	319	16.1.1 联轴器的功用及要求 .....	328
15.2.2 轴承材料 .....	320	16.1.2 联轴器的分类及应用 .....	328
15.3 滑动轴承的润滑 .....	321	16.2 离合器的类型与应用 .....	333
15.3.1 润滑剂 .....	321	16.2.1 离合器的功用及要求 .....	333
15.3.2 润滑方式 .....	323	16.2.2 离合器的分类及应用 .....	333
15.4 非液体摩擦滑动轴承的设计计算 .....	324	16.3 制动器的类型与应用 .....	336
15.4.1 径向滑动轴承的计算 .....	325	16.3.1 制动器的功用及要求 .....	336
15.4.2 止推滑动轴承的计算 .....	326	16.3.2 制动器的类型及应用 .....	337
自检题 .....	326	自检题 .....	338
思考与练习 .....	326	思考与练习 .....	338
观察与实践 .....	327	观察与实践 .....	338
<b>第 16 章 联轴器、离合器与制动器</b> .....	<b>328</b>		

## 第五篇 液压传动与气压传动

<b>第 17 章 液压传动</b> .....	<b>339</b>	自检题 .....	376
17.1 液压传动的基本知识 .....	339	思考与练习 .....	376
17.1.1 液压传动的工作原理与 系统组成 .....	339	观察与实践 .....	376
17.1.2 液压传动的特点 .....	340	<b>第 18 章 气压传动简介</b> .....	<b>377</b>
17.1.3 液压油 .....	341	18.1 气压传动系统的组成 .....	377
17.2 液压泵和液压马达 .....	341	18.1.1 气压传动系统的工作原理 .....	377
17.2.1 概述 .....	341	18.1.2 气压传动系统的组成 .....	377
17.2.2 齿轮泵 .....	343	18.2 气压传动的特点 .....	378
17.2.3 叶片泵 .....	345	18.2.1 气压传动的优点 .....	378
17.2.4 液压泵与液压马达的选用 .....	347	18.2.2 气压传动的缺点 .....	378
17.3 液压控制阀 .....	348	18.3 液压传动与气压传动的应用 和发展 .....	378
17.3.1 方向控制阀 .....	348	18.3.1 液压传动与气压传动在 工业领域中的应用 .....	378
17.3.2 压力控制阀 .....	357	18.3.2 液压传动与气压传动技术 的发展 .....	379
17.3.3 流量控制阀 .....	364	自检题 .....	379
17.4 液压基本回路与典型液压系统 .....	366	思考与练习 .....	379
17.4.1 方向控制回路 .....	366	<b>参考文献</b> .....	<b>380</b>
17.4.2 压力控制回路 .....	366		
17.4.3 速度控制回路 .....	368		
17.4.4 动力滑台液压系统 .....	373		

# 第一篇 总 论

## 第 1 章 概 述

**【基本内容】**讲述本课程的研究对象、内容及在专业中的地位、任务和作用，使学生明确为什么学，学什么，怎样学。阐述机械设计的基本要求、内容、步骤、设计计算准则及结构设计要求。

**【重点难点】**机械概念，课程性质及学习方法。机械设计基本要求，结构设计准则。

### 1.1 课 程 概 论

#### 1.1.1 课程的研究对象

本课程的研究对象是机械。

##### 1. 机械的概念

###### 1) 机器与机构

机械是人们用以代替或减轻体力(脑力)劳动、改善劳动条件、提高劳动生产效率的工具。在日常生活和工作中，常把具体的机械叫做机器。如汽车、飞机、摩托车、起重机、挖掘机、电风扇、缝纫机、洗衣机等。下面分析两个机器实例，以准确理解机械的相关概念。

图 1-1 所示为单缸内燃机，主要由缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮轴 7、进气门顶杆 8、排气门顶杆 9、进气门 10、排气门 11 等组成。当燃气在气缸内推动活塞作往复移动时，通过连杆使曲轴作连续转动，经进气—压缩—爆燃—排气的循环过程，将燃气热能不断地转换为机械能。为了保证曲轴连续转动，要求进、排气阀必须有规律地启闭，使可燃混合气定时进入气缸，废气定时排出气缸。在内燃机中进、排气阀的启闭是通过曲轴上的齿轮 5 带动齿轮 6 使凸轮轴转动，进而推动顶杆来实现控制的。

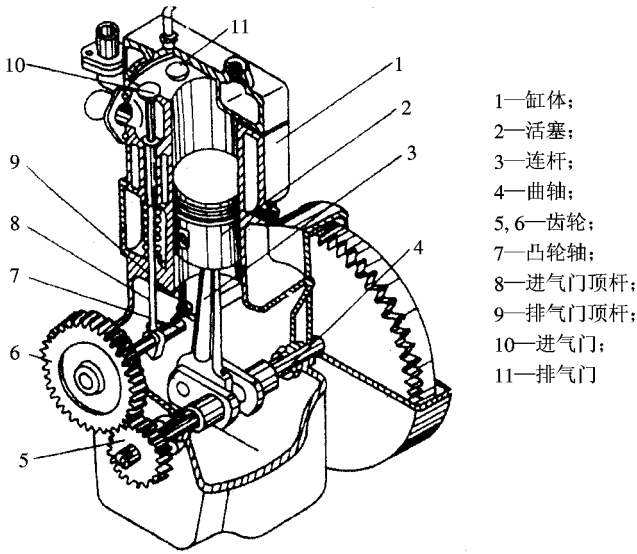


图 1-1 单缸内燃机

图 1-2 所示的颚式破碎机，在电动机 1 的轴上安装 V 带轮 2，通过 V 带 3 驱动带轮 4，偏心轴 5 随之转动，使动颚 6(动颚连在肘板 8 上)产生摆动，从而破碎置于动颚 6 与定颚 7 之间的物料，完成有用的机械功。

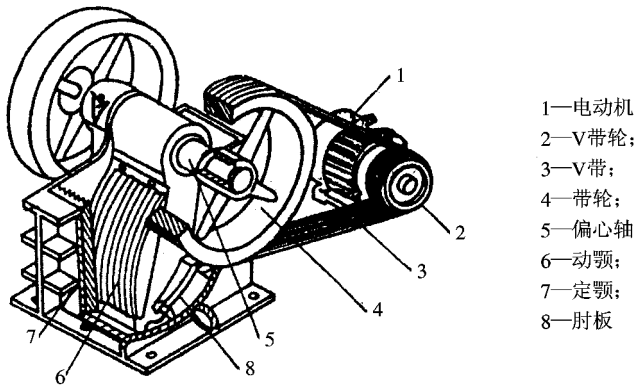


图 1-2 颚式破碎机

内燃机、破碎机都是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量，以代替人的劳动。尽管它们的形态、性能、结构各异，但都具有以下共同特征：

- (1) 是一种人为实体的组合；
- (2) 各实体之间具有确定的相对运动；
- (3) 能进行能量、物料或信息的变换与传递，并完成有用的机械功或实现能量转换。

凡具备以上三个特征的实体组合系统称为机器，仅具备前两个特征的称为机构。

显然，机构仅体现组成机器的各实体之间的相对运动关系，而不考虑其功能。现进一步分析图 1-1 的实例：缸体与活塞、连杆、曲轴的组合可将活塞的往复直线运动转换成曲轴的回转运动；缸体与齿轮 5、6 的组合可将主动齿轮的转动转换成从动齿轮的转动；缸体

与凸轮轴、顶杆的组合可将凸轮轴的转动转换成顶杆的间歇直线运动。这些具有确定的相对运动的人为实体的组合系统均称为机构。

从运动的观点看，机器与机构并无差异，其区别仅在于机构主要用来传递或变换运动和力，而机器却能完成有用的机械功或能量转换。工程上将机器与机构统称为“机械”。

## 2) 构件与零件、部件

机构中的运动单元称为构件。

从运动的角度看，构件是一个具有独立运动的单元体，机构由具有确定的相对运动的构件组成。构件可以是一个独立的零件，也可以是由几个零件刚性地连接组成的。图 1-3 所示的内燃机连杆就是由单独加工的连杆体 1、连杆头 2、轴套 3、轴瓦 4、螺栓 5 和螺母 6 等零件组成的。从制造的角度看，机器是由若干零件组成的，零件是最小的制造单元。较复杂的机器是先由零件组装成部件，再由零件和部件组装成机器。

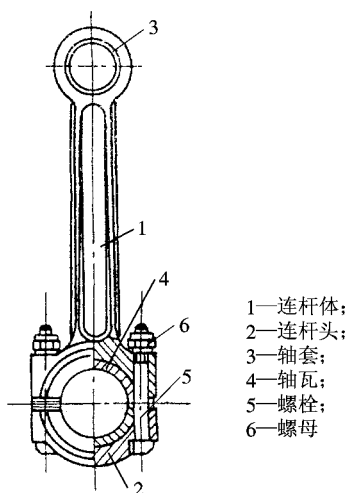


图 1-3 内燃机连杆

零件按其功能和结构特点分为两类：一类是各种机器设备中常用的零件，称为通用机械零件，如螺钉、皮带、齿轮、轴承等；另一类是在特定类型机器上使用的零件，称为专用机械零件，如起重机中的吊钩、洗衣机中的波轮、内燃机中的活塞、曲轴等。

本课程主要研究常用机构及通用零部件的工作原理、结构特点、基本设计理论和计算方法。

## 2. 机械的分类

根据运动形式的不同，机械可分为动力机、工作机和信息机等。

(1) 动力机：又称原动机，是一种将其他形式的能量转换为机械能的机械。如电动机是把电能转换为机械能的机械，汽油机、柴油机、蒸汽机等是将燃油、煤等燃烧时产生的热能转换成机械能的机械。

(2) 工作机：是利用机械能来完成有用功的机械，大部分机械都是工作机。工作机中必包含动力机。如起重机通过搬运物料而做机械功；金属切削机床通过对物料的传递和转移而做机械功。

(3) 信息机：是通过各种复杂信息的传递来控制机械运动的机械，它是一种特殊的工

作机。如打印机是通过计算机的指令来传递信息并实现打印工作的。绘图机、复印机、传真机等都是信息机。

### 3. 机械的组成

从整体上看,机械是由原动部分、执行部分、传动部分、控制部分组成的,如图 1-4 所示。

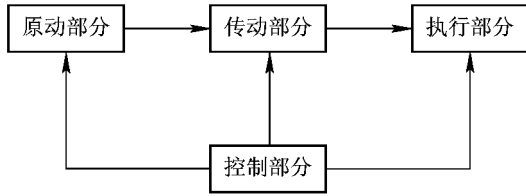


图 1-4 机械的组成

(1) 原动部分:是机械的动力源,机械依赖其驱动其他部分,如电动机、内燃机等。

(2) 执行部分:是为实现某些作业提供所需的机械动作,以完成一定的能量转换或做有用功的工作部件,如汽车的车轮、机床的主轴和刀架等。

(3) 传动部分:是将动力和运动传递给执行部分的中间装置,介于原动部分和执行部分之间,起桥梁作用。如卷扬机中的变速箱,洗衣机中的皮带传动,车床中的带传动、齿轮传动、丝杠螺母传动等。

(4) 控制部分:是控制机械各组成部分运动的装置,它使操作者能随时实现或终止机械的各种预定功能。一般来说,现代机械的控制包括机械控制系统和电子控制系统,其作用为检测、信号拾取、调节、计算机控制等。

## 1.1.2 课程的性质、内容和任务

### 1. 课程的性质与地位

本课程是一门理论性、实践性、综合性较强的主干技术基础课。要综合应用工程力学、金属工艺学、工程制图等课程知识解决机械设计中的问题,较之以往的先行课更接近工程实际,在教学中具有承上启下的作用,是机械工程技术人员及管理人员必修的课程之一。

### 2. 课程的内容和任务

本课程的内容分两部分:一是常用机构及通用零部件的工作原理、类型、特点、功能及应用等基本知识;二是机构的基本理论和设计方法,通用零部件的失效形式、设计准则和设计方法。

本课程的任务包括三方面:一是学习必要的基本知识、基本理论和设计方法;二是培养学生分析解决工程实际问题的能力,使其初步具有运用手册、标准选用参数的能力及设计通用零件或简单机械传动装置的能力;三是增强学生的实践观念、工程观念、创新意识和作为工程技术人员的基本素质。

## 1.1.3 课程学习特点

在本课程学习中应注意以下几点:

### (1) 摸清规律，系统学习。

本课程内容以篇、章划分，各篇内容联系密切，共性突出，自成系统；各章内容特点明确，知识点突出。本课程在系统性和逻辑性上不如基础课那样明显，但各章内容基本上按照性能特点与应用、工作原理、结构特点、设计计算、使用维护等顺序介绍，因此学习时要注意找出其自身的规律，抓住特点。

### (2) 勤于观察，善于思考。

本课程涉及知识面广，实践性强，重要的是如何综合运用诸多知识，解决实际问题。所以，在学习过程中要勤于观察，随时留意日常生活和生产中遇到的各种机械和零件，以丰富自己的感性认识；同时要善于思考，使所学理论与实际相结合，注意联系具体的机械进行分析，以加深理解课程内容，更加牢固地掌握理论。

### (3) 注重实践，举一反三。

本课程学习中要多练习，多实践，多做简单设计及模拟练习，并要举一反三，加深对理论和方法的理解和应用，在实践中学，在学中用，努力提高工程实践能力。

### (4) 主次分明，灵活应用。

机械设计中许多理论源于实践并指导实践，教材中会介绍很多经验公式、参数表格及简单计算，学习中要分清主次，注重应用，灵活掌握。学习中对公式的推导、经验数据的取得、某些曲线的来历等只需一般了解，不必深究。

### (5) 注意综合归纳，提高实践能力。

学习中要克服重视理论计算而忽视结构设计和工艺设计的倾向，注意综合归纳分析，全面考虑各种因素，求得最佳效果。养成科学严谨、一丝不苟和勇于创新的工作作风。

## 1.2 机械设计概论

在机械设计中，无论是应用新技术、新方法，开发创造新机械，还是在原有机机械的基础上重新设计或进行局部改造，以改变或提高原有的性能，其设计都必须认真思考和解决产品的性能、工艺、使用及经济性等诸多问题。

### 1.2.1 机械设计的基本要求

机械产品设计一般要满足以下基本要求：

#### (1) 满足使用要求。

机械产品的设计应能实现预定的功能（如机器工作部分的运动形式、运动速度、运动精度、平稳性等）和某些特殊要求（如自锁、连锁、保险装置等）；应在规定的工作条件和工作期限内能可靠地运行，达到功能要求而不发生各种损坏和失效；应操作简便、可靠、安全。

#### (2) 满足经济性要求。

经济性是一项综合性指标，要求在设计 and 制造上周期短、成本低；在使用上生产率高、效率高，能源和材料消耗少，维护和管理费用低。

#### (3) 满足工艺性要求。

机械的工艺性是指在不影响机械工作性能的前提下，使机械的结构简单，加工容易，

装拆方便，维护简便。

(4) 满足其他要求。

机械设计中要尽量采用标准化、通用化、系列化的参数和零部件，以节省费用，降低维修工作量，有利于保证质量；要注意造型设计，使机械产品不仅性能好、尺寸小、价格廉，而且外形美观大方，富有时代特点；要尽可能降低噪声，尽可能减轻对环境的污染等。

## 1.2.2 机械设计的一般步骤

机械设计按常规设计方法可分为理论设计、经验设计和模型实验设计等。随着科学技术的发展，对设计的理解在不断地深化，设计方法在不断地发展，现代设计方法在机械设计中得到推广和应用。即使如此，常规设计方法仍然是工程技术人员进行机械设计的重要基础，必须牢牢掌握。

机械设计过程通常分为四个阶段，如图 1-5 所示。



图 1-5 机械设计的一般步骤

### 1. 产品规划阶段

机械设计的任务是根据生产和市场需求提出的。此时，对所设计的机械只是个模糊的概念。设计相关人员要对所设计机器的需求情况做充分的调研和分析，明确机器应具备的功能及设计项目的经济价值、技术要求、结构要求、使用要求等，拟定产品开发计划和机械设计任务，提出设计任务书。

### 2. 原理方案设计阶段

原理方案设计包括机械系统总体方案设计、传动系统方案设计、控制系统方案设计和其他辅助系统设计。机械系统总体设计就是根据机器的功能要求，构思多种方案并进行分析比较，以选择确定最佳的工作原理和可靠的传动方案，并用规定的符号绘制出机构运动简图。

### 3. 结构和技术方案设计阶段

机械的结构和技术设计是根据机构运动简图提出合理的结构设计方案，进行产品的总体结构设计，部件和零件设计及绘制全部生产图纸，编制设计计算说明书、机械使用说明书、标准件明细表等技术文件。

在技术方案设计中要确定部件和零件的材料、工艺及配合关系，进行载荷和动力分析、强度计算、刚度和热平衡计算等。

### 4. 评估与决策阶段

在完成产品基本设计的基础上，根据设计任务书，拟定评价标准和指标体系，对设计方案进行评估、审查、决策，以进一步改进和完善设计，提高产品的实用性、可靠性和经济性。

### 1.2.3 机械零件设计概述

#### 1. 零件失效

机械零件由于某种原因不能正常工作时，称为失效。在不发生失效的条件下，零件所能安全工作的限度称为工作能力，又称为承载能力。

机械零件失效形式归纳起来主要包括断裂、过量变形、表面失效、破坏正常工作条件引起的失效等。

各种不同的失效形式有相应的工作能力判定条件。这种为防止失效而确定的判定条件通常称为工作能力计算准则。例如，当强度为主要问题时，按强度条件判定，即应力 $\leq$ 许用应力；当刚度为主要问题时，按刚度条件判定，即变形量 $\leq$ 许用变形量……判定条件可概括为计算量 $\leq$ 许用量。

设计机械零件时，常根据一个或几个可能发生的主要失效形式，运用相应的判定条件，确定零件的形状和主要尺寸。

#### 2. 机械零件设计的步骤

- (1) 根据机械零件的使用要求选择零件的类型与结构。
- (2) 根据机器的工作要求分析零件的工作情况，确定作用在零件上的载荷。
- (3) 根据零件的工作条件（包括对零件的特殊要求，如耐高压、耐高温、耐腐蚀等）考虑材料的性能、供应情况、经济因素等，合理选择零件材料。
- (4) 根据零件可能出现的失效形式，确定其设计准则，并通过计算确定零件的主要尺寸。
- (5) 根据零件的主要尺寸及工艺性、标准化等要求进行零件的结构设计。
- (6) 绘制零件工作图，制订技术要求。

## 1.3 机械结构设计

机械结构设计的任务是根据产品的功能原理方案，在总体设计的基础上确定机械和零件具体的结构图，以满足所要求的功能。



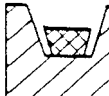
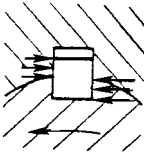
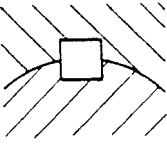
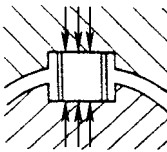
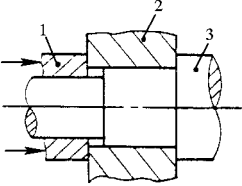
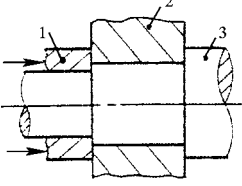
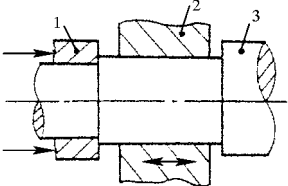
### 1.3.1 结构设计的基本要求

结构设计的基本要求是明确、简单和安全可靠。

#### 1. 明确

所谓明确，是指结构应能清晰地表达设计者的意图，不能模棱两可。实现后的结构其作用效果必须确切、肯定，并与设计者的预期效果一致。明确要求的结构设计举例见表 1-1。

表 1-1 体现明确要求的结构设计举例

明确的	不明确的	不希望的效果
 <p>V带侧面工作，承载能力强</p>	 <p>V带工作面不明确</p>	 <p>V带非侧面工作，优势得不到发挥</p>
 <p>平键侧面工作，轴毂对中性好</p>	 <p>键工作表面不明确</p>	 <p>轴、毂对中性不好，违背平键连接原则</p>
 <p>件 1 使件 2 在件 3 上的位置确定</p>	 <p>件 1 作用不明确</p>	 <p>件 1 不能紧靠件 2，件 2 在件 3 上的位置不确定</p>

2. 简单

在结构设计中，应使机械所包含的零件数目尽量少，零件的几何形状尽可能简单（如平面、圆柱面、圆锥面），容易计算、加工和检验。零部件之间的连接、拆装要方便，调整尽可能简单，如图 1-6 所示。

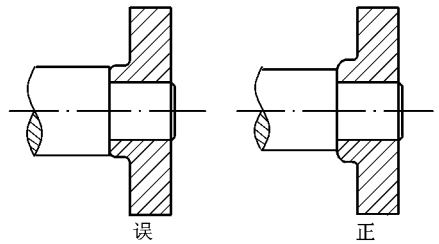


图 1-6 考虑拆装简单原则的构形比较

3. 安全可靠

安全可靠是指在规定的载荷、使用条件和时间内，机械的零部件不发生失效，不对人和环境产生危害。对于机器来说，首先是在正常使用条件下机器应当性能稳定，并具有足够的耐用性；其次是机器对于环境应具有较强的适应能力，例如在气候变化和受震动冲击时，机器应能保持性能稳定和不损坏；再次是当机械发生非正常使用（例如过载和误操作等）时，应具有安全保护功能等，例如汽车上的安全带，液压、气动或锅炉系统中的安全阀，在结构设计中，对零件倒角、倒圆以及在带传动中、齿轮传动中设置防护罩等都是安全要求的考虑。此外，结构设计还必须保证机器的噪声、辐射以及排放物等对环境保护的规范要求。