

21世纪职业教育规划教材

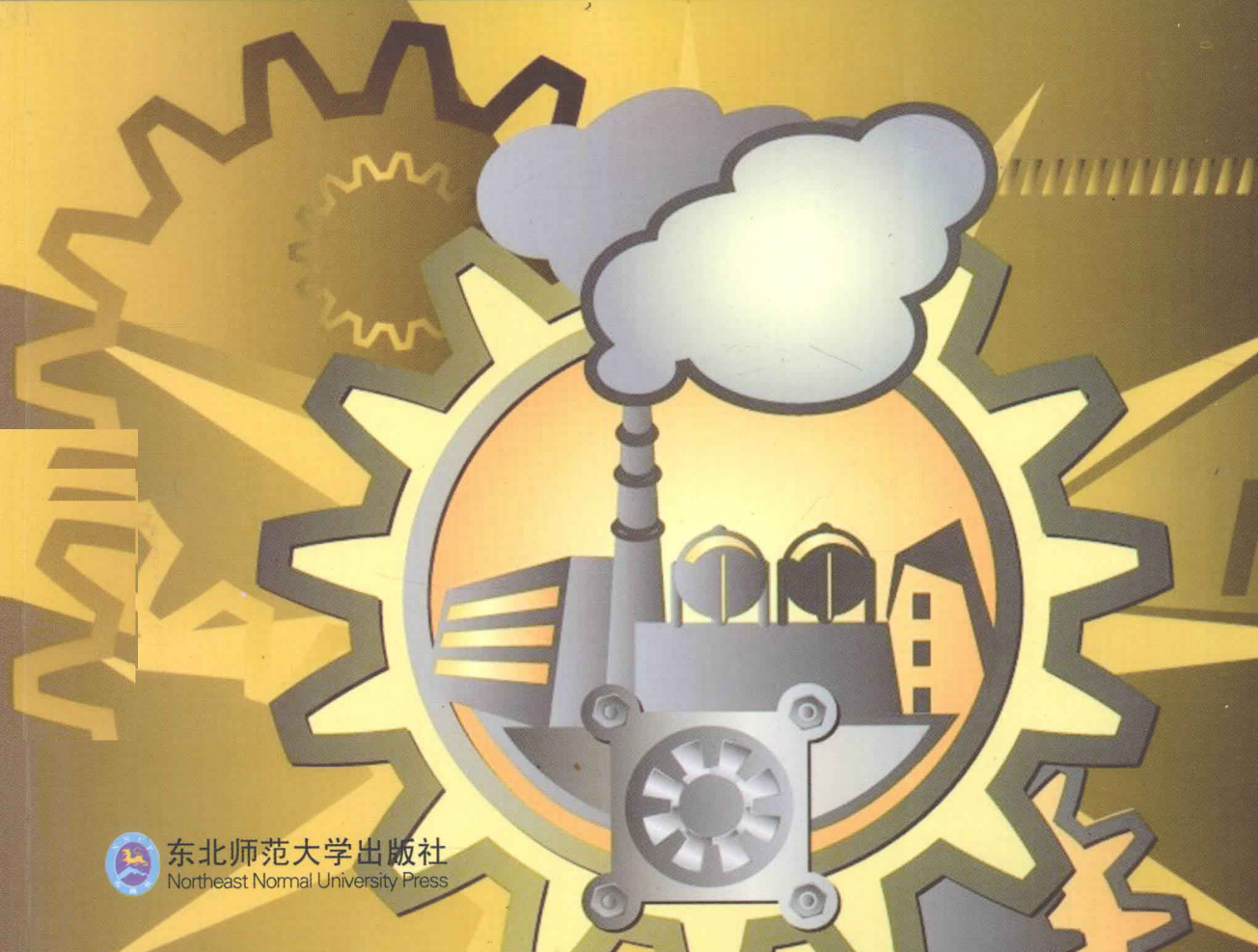
# 机械基础

JIXIE JICHU

赵庆 陈爱清 主编



东北师范大学出版社  
Northeast Normal University Press



# 21 世纪职业素质教育规划教材

## 机械基础

主 编 赵 庆 陈爱清

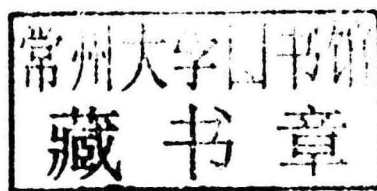
副主编 朱开求 朱玉银 曾 征

编 委 (姓氏笔画为序)

邓志强 朱夕青 张臣文 陈 伟

陈 林 武向军 苗 伟 林 辉

谭 琳 魏振旭



东北师范大学出版社

长 春

---

**图书在版编目(CIP)数据**

机械基础 / 赵庆, 陈爱清主编. — 长春: 东北师范大学出版社, 2010.12

ISBN 978-7-5602-6744-9

I. ①机… II. ①赵… ②陈… III. ①机械学 IV.  
①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 251800 号

---

☐责任编辑:李敬东   ☐封面设计:林九华  
☐责任校对:林小平   ☐责任印制:徐元清

---

东北师范大学出版社出版发行  
长春净月经济开发区金宝街 118 号(邮政编码:130117)

销售热线:0431-85685389

传真:0431-85685389

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: [sdcbs@mail.jl.cn](mailto:sdcbs@mail.jl.cn)

东北师范大学出版社激光照排中心制版

北京市彩虹印刷有限责任公司印装

北京市顺义区顺平路南彩段 5 号(邮政编码:101300)

2010 年 12 月第 1 版   2010 年 12 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm×260 mm   印张:20   字数: 462 千

---

**全套定价:38.80 元**

如发现印装质量问题,影响阅读,可直接与承印厂联系调换

# 特别鸣谢

辽宁丹东技师学院

江苏省兴化中等专业学校

广东省中山市坦洲理工学校

广东省顺德区龙江职业技术学校

广东省佛山市高明区职业技术学校

山西大同市第二职业学校

邵阳市高级技工学校

湖南新邵职业中专

晋中市左权县职业中学

晋城市职业学校

四川省水利电力机械工程学校

四川省江油工业学校

四川省邻水县职业中学

甘肃省理工中等专业学校

# 前 言

“机械基础”是职业教育机械类专业的一门重要的专业基础课,也是工科非机械类专业的一门综合性实用技术课程。本书是依照教育部、劳动部颁发的《机械基础教学大纲》,并结合对口单招入学考试内容及中级工职业技能鉴定培训要求编写的。

通过本课程的学习既要达到各类中职教育人才培养目标及规格,又要兼顾对口单招入学考试及职业资格证书的培训考核需要,以“学生好学,教师好教”为最佳效果。本教材采用“模块任务驱动”的形式编写,充分体现了“模块任务驱动”的设计思想。本课程实用性强,分析透彻,通俗易懂,重点突出。

本书在编写过程中以“够用、实用”、“精练、易学”为指导思想,体现以下特色:

1. 各篇自成体系,形成模块式结构。按照“以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点”的原则,精选教学内容。在教学中可按模块顺序讲授,也可多模块并行讲授,内容上可适当调整,以适应不同类型学校和专业方向的需要。

2. 以职业教育岗位能力为主线,为学好专业课(机械类专业)打好基础。建议学完“机械制图”后,第二学期学习本课程。机械类专业教授全部内容,其他非机械类专业可选学部分或全部内容。

3. 注重理论和实践相结合。每个模块都配有习题与实训,便于学生复习自学和教师检验教学效果,同时可加强对学生实践能力的培养和工程素质的教育。

4. 本书为加快技能型人才的培养,结合中职学生的基础情况,将传统的机械类多门主干课程的内容整合成一本书,力争做到学时少、内容精、重视应用,以适用各类教学班级的教学需要。

本书由赵庆、陈爱清主编。赵庆负责编写第一篇,陈爱清负责编写第二篇,朱开求编写第三篇,朱玉银、曾征编写第四篇。本书由刘健审稿。

在本书出版过程中,借鉴了许多老师的宝贵经验和合理建议,也得到了出版社的领导和编辑们的大力支持和指导,在此一并表示衷心感谢!由于时间比较仓促,疏漏和不妥之处在所难免,恳请广大读者和同仁批评指正,以便使本书在教学实践中不断完善。

编者:赵 庆 陈爱清

2010年12月

# 目 录

|           |   |
|-----------|---|
| 绪 论 ..... | 1 |
|-----------|---|

## 第一篇 机械传动

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 模块一 摩擦轮传动和带传动 .....        | 10 |
| 课题 1 摩擦轮传动 .....           | 10 |
| 任务一 摩擦轮传动 .....            | 10 |
| 课题 2 带传动 .....             | 12 |
| 任务一 带传动的工作原理、传动类型及应用 ..... | 12 |
| 任务二 V 带传动 .....            | 17 |
| 模块二 螺纹及螺旋传动 .....          | 25 |
| 课题 1 螺 纹 .....             | 25 |
| 任务一 螺纹的类型和应用 .....         | 25 |
| 任务二 普通螺纹的主要参数 .....        | 28 |
| 任务三 螺纹的代号与标注 .....         | 30 |
| 课题 2 螺旋传动 .....            | 35 |
| 任务一 普通螺旋传动 .....           | 35 |
| 任务二 差动螺旋传动 .....           | 37 |
| 任务三 滚珠螺旋传动 .....           | 40 |
| 模块三 链 传 动 .....            | 43 |
| 课题 1 链传动的工作原理 .....        | 43 |
| 任务一 链传动的工作原理 .....         | 43 |
| 课题 2 链传动的类型 .....          | 45 |
| 任务一 链传动的常用类型 .....         | 45 |
| 模块四 齿 轮 传 动 .....          | 51 |
| 课题 1 齿轮传动的类型和应用场合 .....    | 51 |
| 任务一 齿轮传动的类型和应用场合 .....     | 51 |
| 课题 2 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动 .....   | 54 |
| 任务一 渐开线齿廓 .....            | 54 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 任务二 齿轮的基本参数和几何尺寸计算 .....          | 56 |
| 任务三 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算 ..... | 58 |
| 课题3 渐开线齿轮的失效形式 .....              | 63 |
| 任务一 齿轮的失效形式 .....                 | 63 |
| 课题4 其他常用齿轮及传动 .....               | 68 |
| 任务一 其他常用齿轮及传动 .....               | 68 |
| 模块五 蜗杆传动 .....                    | 73 |
| 课题1 蜗杆传动的类型及应用 .....              | 73 |
| 任务一 蜗杆传动的概述 .....                 | 73 |
| 任务二 蜗杆传动的应用特点 .....               | 77 |
| 课题2 蜗杆传动的主要参数及啮合条件 .....          | 79 |
| 任务一 蜗杆传动的主要参数及啮合条件 .....          | 79 |
| 模块六 轮 系 .....                     | 82 |
| 课题1 轮系的应用与分类 .....                | 82 |
| 任务一 轮系的应用与分类 .....                | 82 |
| 课题2 定轴轮系传动比的计算 .....              | 85 |
| 任务一 定轴轮系传动比的计算 .....              | 85 |
| 任务二 定轴轮系中任意从动齿轮的转速计算 .....        | 89 |

## 第二篇 机械机构

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 模块一 平面连杆机构 .....           | 93  |
| 课题1 铰链四杆机构的组成与分类 .....     | 93  |
| 任务一 铰链四杆机构的组成 .....        | 93  |
| 任务二 铰链四杆机构的分类 .....        | 95  |
| 课题2 铰链四杆机构的基本性质 .....      | 97  |
| 任务一 曲柄存在的条件 .....          | 97  |
| 任务二 急回特性与死点位置 .....        | 99  |
| 课题3 铰链四杆机构的演化 .....        | 101 |
| 任务一 铰链四杆机构的演化 .....        | 101 |
| 实训课题 汽车发动机活塞连杆组的拆装 .....   | 104 |
| 模块二 凸轮机构 .....             | 107 |
| 课题1 凸轮机构的应用和类型 .....       | 107 |
| 任务一 凸轮机构的应用和特点 .....       | 107 |
| 任务二 凸轮机构的类型 .....          | 108 |
| 课题2 凸轮机构的常用运动规律 .....      | 110 |
| 任务一 平面凸轮机构的基本尺寸和运动参数 ..... | 110 |
| 任务二 从动件的常用运动规律 .....       | 112 |



|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 实训课题 汽车发动机配气机构的拆装 .....    | 113        |
| <b>模块三 其他常用机构 .....</b>    | <b>115</b> |
| 课题1 棘轮机构 .....             | 115        |
| 任务一 棘轮机构的工作原理 .....        | 115        |
| 任务二 棘轮机构的特点和应用 .....       | 116        |
| 课题2 槽轮机构 .....             | 118        |
| 任务一 槽轮机构的工作原理 .....        | 118        |
| 任务二 槽轮机构的运动系数 .....        | 120        |
| 实训课题 牛头刨床工作台横向进给机构分析 ..... | 120        |

### 第三篇 机械零件(轴系零、部件)

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>模块一 轴 .....</b>           | <b>123</b> |
| 课题1 轴的分类和应用 .....            | 123        |
| 任务一 轴的分类和应用 .....            | 123        |
| 课题2 转轴的结构 .....              | 125        |
| 任务一 轴上零件的固定 .....            | 125        |
| 任务二 轴上常见的工艺结构 .....          | 128        |
| <b>模块二 轴 承 .....</b>         | <b>131</b> |
| 课题1 滚动轴承 .....               | 131        |
| 任务一 滚动轴承的概述 .....            | 131        |
| 任务二 滚动轴承的代号 .....            | 135        |
| 任务三 滚动轴承的选用 .....            | 138        |
| 任务四 滚动轴承的安装、密封与润滑 .....      | 140        |
| 课题2 滑动轴承 .....               | 142        |
| 任务一 滑动轴承 .....               | 142        |
| <b>模块三 键、销及其连接 .....</b>     | <b>149</b> |
| 课题1 键 连 接 .....              | 149        |
| 任务一 键连接 .....                | 149        |
| 课题2 销 连 接 .....              | 155        |
| 任务一 销连接 .....                | 155        |
| <b>模块四 联轴器、离合器和制动器 .....</b> | <b>158</b> |
| 课题1 联 轴 器 .....              | 158        |
| 任务一 联轴器的结构、特点及应用 .....       | 158        |
| 课题2 离 合 器 .....              | 162        |
| 任务一 离合器的结构、特点及应用 .....       | 162        |
| 课题3 制 动 器 .....              | 164        |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| 任务一 制动器的结构、特点及应用 ..... | 164 |
|------------------------|-----|

## 第四篇 液 压 传 动

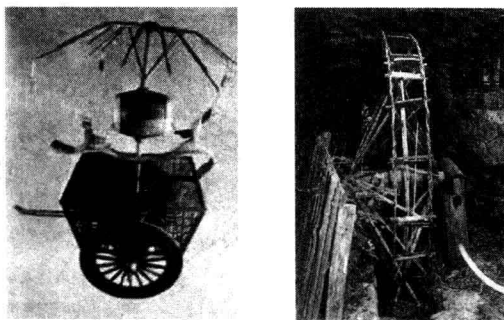
|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 模块一 液压传动基础概念 .....      | 167 |
| 课题 液压传动原理特点 .....       | 167 |
| 任务一 液压传动的基本原理 .....     | 167 |
| 任务二 液压传动系统的组成 .....     | 169 |
| 任务三 液压传动的特点和应用 .....    | 170 |
| 模块二 液压传动的基本理论 .....     | 172 |
| 课题 液压传动的基本理论 .....      | 172 |
| 任务一 液压油的种类及选用 .....     | 172 |
| 任务二 液体压力的形成及传递 .....    | 174 |
| 任务三 液体流量和平均流速 .....     | 177 |
| 模块三 液 压 泵 .....         | 179 |
| 课题 液压泵的工作原理 .....       | 179 |
| 任务一 容积式液压泵的工作原理 .....   | 179 |
| 任务二 液压泵的主要性能参数 .....    | 181 |
| 任务三 齿轮泵的工作原理 .....      | 183 |
| 模块四 液 压 缸 .....         | 186 |
| 课题 液压缸的结构和特点 .....      | 186 |
| 任务一 液压缸的分类和特点 .....     | 186 |
| 任务二 液压缸的结构 .....        | 190 |
| 模块五 液 压 控 制 阀 .....     | 193 |
| 课题 液压控制阀的结构特点 .....     | 193 |
| 任务一 液压阀的基本结构与原理 .....   | 193 |
| 任务二 方向控制阀 .....         | 195 |
| 任务三 压力控制阀 .....         | 199 |
| 任务四 流量控制阀 .....         | 205 |
| 模块六 液压系统基本回路 .....      | 208 |
| 课题 液压系统基本回路结构特点 .....   | 208 |
| 任务一 压力控制回路 .....        | 208 |
| 任务二 方向控制回路 .....        | 211 |
| 任务三 速度控制回路 .....        | 213 |
| 任务四 顺序动作回路 .....        | 216 |
| 液压传动实训课题 数控车床液压系统 ..... | 218 |
| 附录 常用液压图形符号 .....       | 222 |

## 绪 论

机械是人类用以转换能量和借以减轻体力劳动、提高生产率的主要工具。机械工业的发展是社会生产力发展水平的重要标志。当今社会高度的物质文明是以近代机械工业的飞速发展为基础建立起来的,人类生活的不断改善也与机械工业的发展紧密相连。

### 一、机械发展的历史回顾

人类早在五千年前就已开始使用简单的纺织机械,晋朝时在连机椎和水碾中应用了凸轮原理,西汉时应用轮系传动原理制成了指南车和记里鼓车,如图 1-1 所示东汉张衡发明的候风地动仪是世界上第一台地震仪。目前许多机械中仍在采用的青铜轴瓦和金属人字圆柱齿轮,在我国东汉年代的文物中都可以找到它们的原始形态。



记里鼓车

水碾

图 1-1 我国古代在机械研制方面有许多杰出的发明创造

18 世纪初以蒸汽机的出现为代表产生了第一次产业革命,人们开始设计、制造各种各样的机械,例如纺织机、火车、汽轮船,如图 1-2、图 1-3 所示。

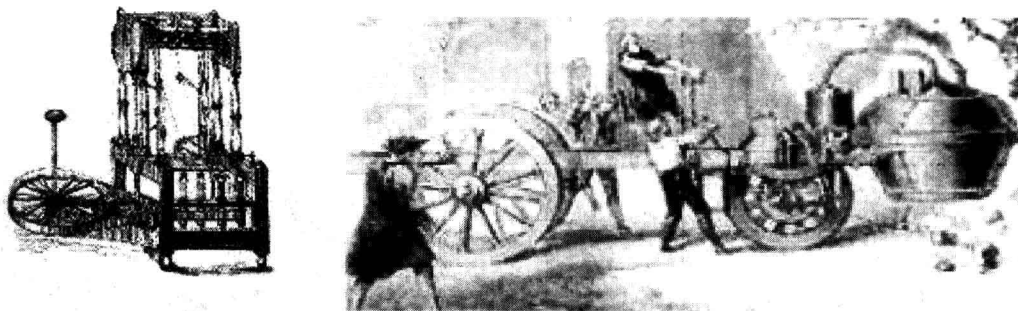


图 1-2 哈格里沃斯发明的“珍妮纺纱机” 图 1-3 法国陆军技术军官古诺发明了世界上第一辆蒸汽动力车

19 世纪到 20 世纪初的第二次产业革命,随着内燃机的出现,促进了汽车、飞机等运输工具的出现和发展,如图 1-4、图 1-5 所示。

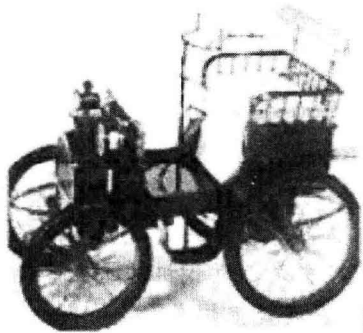


图1-4 1898年问世的“雷诺”牌汽车

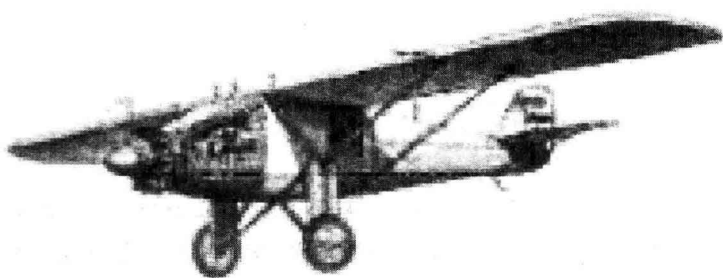


图1-5 “圣路易斯精神”号飞机 1927年美国人林德伯格驾驶着它完成了人类首次不着陆飞越大西洋的壮举

20世纪中后期,以机电一体化技术为代表,在机器人、航空航天、海洋舰船等领域开发出了众多高新机械产品,如火箭、卫星、宇宙飞船、空间站、航空母舰、深海探测器等,如图1-6、图1-7所示。

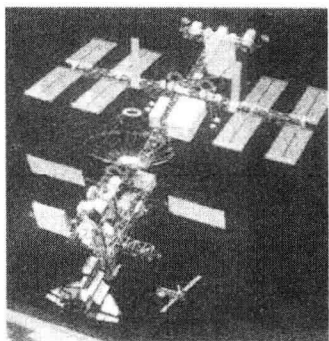


图1-6 国际太空站

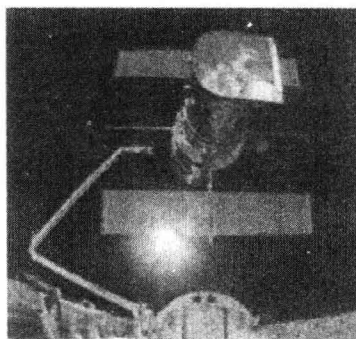


图1-7 航天飞机正在利用机械臂施放哈勃空间望远镜

展望刚刚到来的21世纪,智能机械、微型机构、仿生机械的蓬勃发展,如图1-8、图1-9所示,将促进材料、信息、计算机技术、自动化等领域的交叉与融合,进一步丰富和发展机械基础学科知识。

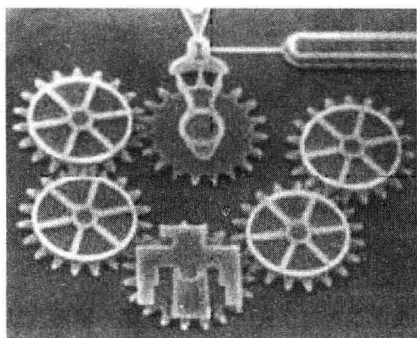


图1-8 用光刻技术做成的微米尺寸的微机械

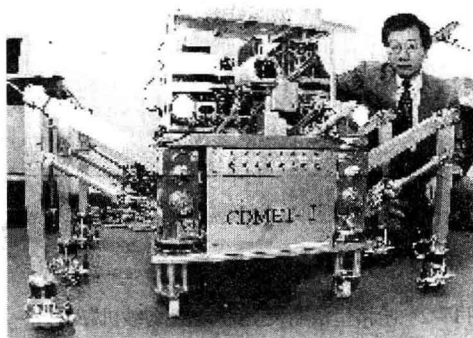


图1-9 蜘蛛形探雷机器人

## 机械基础课程研究的对象

## 一、机器的组成

在日常生活和生产中,从家用的洗衣机到生产用的机床等各种机器随处可见。

机器的种类繁多,构造、用途和性能也各不相同。那么,一部机器究竟是如何组成的呢?它有哪些特征呢?我们先从功能上看一看轿车的组成,如图1-10所示。

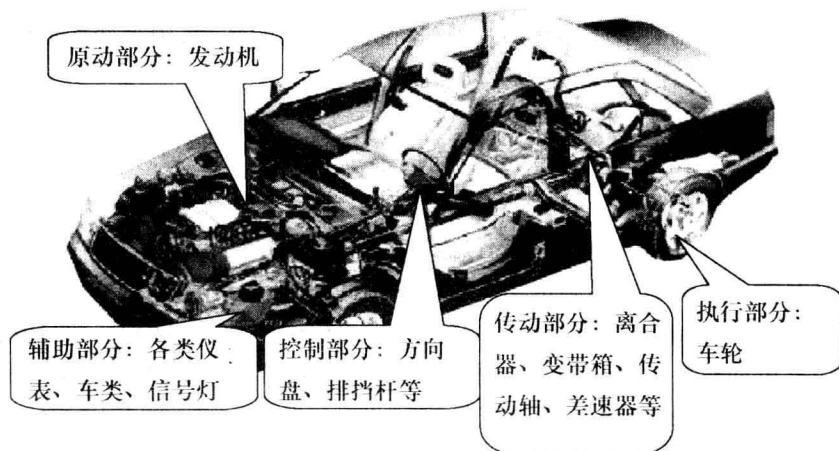


图 1-10 轿车的组成

从图1-11中可以看出,一台完整的机器组成通常包括原动部分、传动部分、执行部分、控制部分、辅助部分。

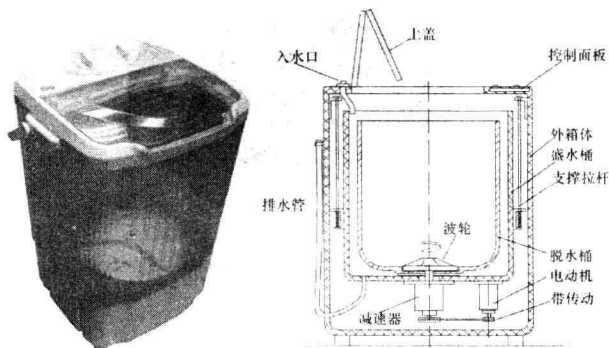


图 1-11 家用洗衣的组成

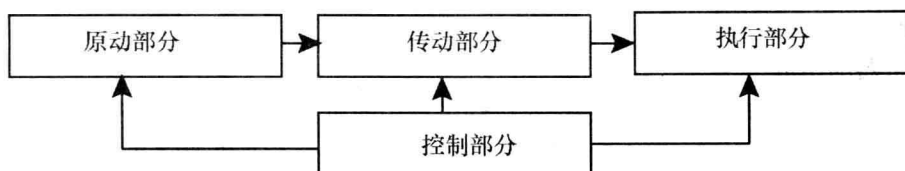
**原动部分**——机器动力的来源。常见的有电动机、内燃机和空气压缩机。

**传动部分**——将原动部分的运动和动力传递给工作部分的中间环节。

**执行部分**——直接完成机器工作任务的部分。处于整个传动装置的终端,其结构形式取决于机器的用途。

**控制部分**——显示和反映机器的运行位置 and 状态,控制机器正常运行和工作。包括自动检测、自动控制两个部分。

相互之间的关系如下:



## 二、机器、机构、构件和零件

**机器**是人们根据使用要求而设计的一种执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息,从而代替或减轻人类的体力劳动和脑力劳动。

### 机器的共同特征

**组成:**由一系列人造的机件(构件)组合而成。

**运动特性:**组成的各部分之间具有确定的相对运动。

**功、能关系:**能够代替人的劳动完成有用功或者实现能量的转换。

**机构**是具有特定结构形状和确定相对运动的构件组合。

如图 1-12 所示,汽油机中的曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构等。曲柄滑块机构将活塞的直线往复运动转换为曲轴的转动,而凸轮机构则将凸轮轴的转动转换为气阀杆的直线往复运动,确保了汽油机能够有规律地进、排气。

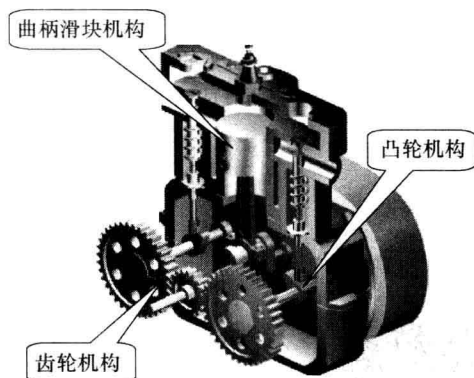


图 1-12 汽油机的组成

### 机构的共同特征

**组成:**由一系列人造的机件(构件)组成。

**运动特性:**组成的各部分之间具有确定的相对运动。

机器是由机构组成的,而机构却不能像机器一样实现能量转换。若仅从结构和运动的观点来看,机器与机构之间并无区别,所以统称为**机械**。

**构件**是每一个能独立影响机构功能并且能单独运动的单元体,一个构件可以是单一零件,如图 1-13(a)所示的曲轴;也可以有多个相互无运动的零件组成,如图 1-13(b)所示的连杆。

**零件**是机器单独加工的制造单元体,机器中不可拆的单元。如图 1-13(b)所示,汽油机连杆上的螺栓、连杆体等。有时也将用简单方式连成的单元件称为零件,如轴承、轴等。

一台机器的机械结构总是由若干零件组成的,如图 1-14 所示。

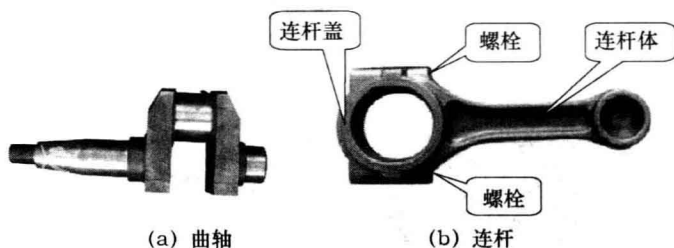


图 1-13 曲轴与连杆

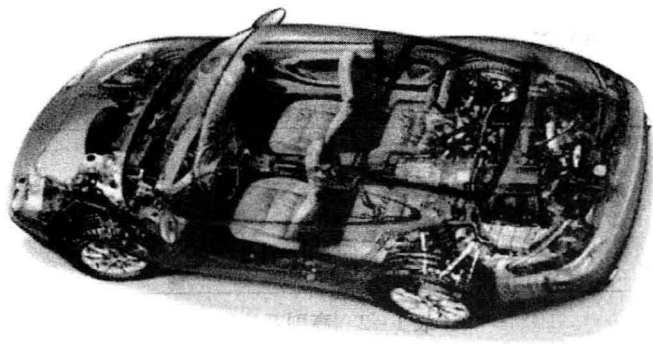


图 1-14 机器的组成

### 三、运动副

**思考一下:**在单缸内燃机的曲轴连杆机构中,曲轴与连杆的组合实现转动,活塞与缸体的组合实现往复运动,这两者之间有什么共同点呢?

共同点:两个相邻构件直接接触;

两者之间允许一定的相对运动;

每个构件至少和另外一个构件通过运动副连接。

**运动副**是指两构件直接接触且又能产生一定形式的相对运动的可动连接。

**副元素**是指两个构件上参与接触构成运动副的部分(点、线、面)。

#### 1. 运动副类型

根据两构件之间的接触情况是点(或线)、面,运动副可分为高副和低副两大类。

(1)低副 两构件之间作面接触的运动副。按两构件之间的相对运动特征,低副可分为转动副、移动副和螺旋副,见表 1-1。

(2)高副 两构件之间作点或线接触的运动副。按接触形式不同,高副通常分为滚动轮接触、凸轮接触和齿轮接触,其应用见表 1-2。

表 1-1 低副及应用

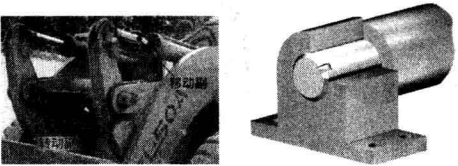
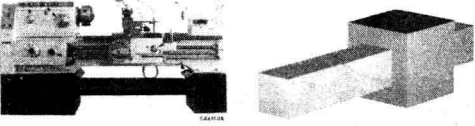
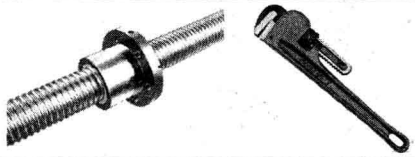
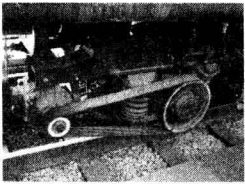
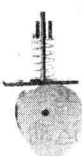
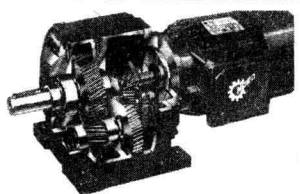
| 类型  | 实例                                                                                                | 相对运动         |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 转动副 |                  | 转动           |
| 移动副 | <br>床鞍与导轨之间构成移动副 | 往复运动         |
| 螺旋副 |                  | 转动和往复运动的复合运动 |

表 1-2 高副及应用

| 类型    | 实例                                                                                  | 相对运动 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 滚动轮接触 |   | 比较复杂 |
| 凸轮接触  |  |      |
| 齿轮接触  |  |      |

## 2. 运动副的应用特点

低副特点:承受载荷时的单位面积压力较小,故较耐用,传力性能好。但低副是滑动摩擦,摩擦损失大,因而效率低。此外,低副不能传递较复杂的运动。

高副特点:承受载荷时的单位面积压力较大,两构件接触处容易磨损,制造和维修困难,但高副能传递较复杂的运动。



### 3. 低副机构与高副机构

机构中所有运动副均为低副的机构称为低副机构;机构中至少有一个运动副是高副的机构称为高副机构。

#### 四、常用机构构件、运动副代表符号

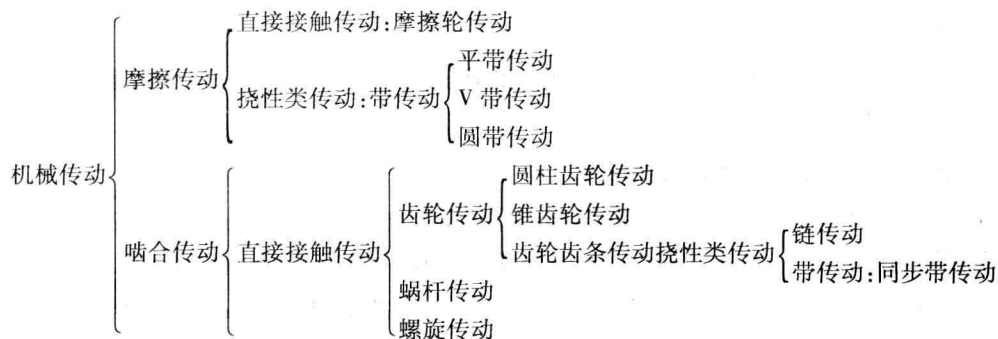
实际机构往往是由外形和结构都很复杂的构件所组成。但构件的运动只取决于运动副的类型和机构的运动尺寸(各运动副相对位置尺寸),与构件的外形、断面尺寸、组成构件的零件数目、固联方式及运动副的具体结构等无关。因此,为了便于研究机构的组成原理和运动,可以不考虑构件、运动副的外形和具体构造,只用简单的线条和规定的符号代表构件和运动副,并按比例确定各运动副位置,表示机构的组成和传动情况。见表1-3,这种能够表达机构运动特性的简明图形称为机构运动简图。机构运动简图与原机构具有完全相同的运动特性。

表 1-3 常用机构构件、运动副代表符号

|     |          |  |
|-----|----------|--|
| 转动副 | 两构件为活动构件 |  |
|     | 有一个构件固定  |  |
| 移动副 | 两构件为活动构件 |  |
|     | 有一个构件固定  |  |
| 高副  | 齿轮机构     |  |
|     | 凸轮机构     |  |

### 五、机械传动的分类

用来传递运动和动力的机械装置称为机械传动装置。按传递运动和动力的方法不同,机械传动一般分类如下:



### 本课程的主要内容和学习要求

本课程是中等职业技术学校机械、机电类专业的一门重要的技术基础课。本课程研究的是各种常用机械所具有的共性问题,是基础课与专业课之间的联系环节,起承上启下的作用。因此,在课程体系中占有重要的位置。主要内容包括:

**常用传动:**常用机械传动有带传动、链传动、螺旋传动、齿轮传动、蜗杆传动和轮系。

**常用机构:**包括平面连杆机构、凸轮机构和其他常用机构。主要讨论它们的结构、工作原理和应用场合等。

**机械零件:**常用的机械零件包括轴、轴承、联轴器、离合器和制动器等。主要讨论它们的结构、特点和应用场合。

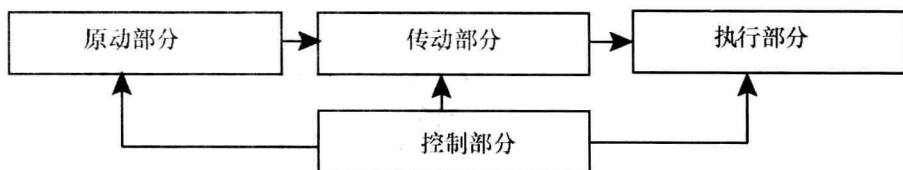
**液压传动:**包括基本概念、(液压泵、液压缸、液压控制阀和辅件)、液压基本回路和系统。

本课程是一门综合性、实践性很强的课程。通过学习,我们应掌握常用机械零件、机构以及机械和液压传动的基本知识、工作原理和应用;掌握分析机械工作原理的方法;能做简单的有关计算;会查阅有关技术资料 and 选用标准。



### 任务总结

#### 1. 机器组成



2. 机器是由机构组成,机构由构件通过运动副(动连接)连接而成,而构件由一个或若干个零件组合而成。构件是运动的单元,零件是制造的单元。关系图如下:

