

机械设计基础

(任务驱动)

● 主编 谢双义 何 娇

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械设计基础（任务驱动）

主编 谢双义 何 娇

前 言

“机械设计基础”课程是机械类、机电类、近机类专业必修的一门主干技术基础课。它不仅是一门技术基础课，而且也是一门能直接用于生产的设计性课程，对学生学习专业课程起着承上启下的桥梁作用。它不仅具有较强的理论性，同时具有较强的实践性和应用性。它在培养机械类、机电类、近机类高素质技术技能型工程技术人才的全局中，具有增强学生的机械理论基础、提高学生对机械技术工作的适应性、培养其开发创新能力的作用。

针对现有教材，笔者以能力培养为中心对教学内容进行优化重构，知识讲解由易到难、由浅入深、由表及里，同时选取的教材内容来源于工作过程，使所授知识能更好地服务于工作岗位，并借助于典型任务驱动对授课知识进行编排。基于以上原则，编写了本教材。

本教材具有以下几个特点：

1. 教材内容的针对性

本教材的内容体系是在分析了行业、企业人才需求的前提下构建的，并以工作过程真实、典型的工作任务为依据，整合、充实和序化教材内容，按照完成职业岗位实际工作任务所需要的知识、能力和素质的要求，选取教材内容，为学生可持续发展奠定良好的基础。

2. 教材内容的适应性

(1) 教材内容采用任务化编排。包括常用机构与设计、常用传动装置与设计、典型零件设计、典型部件的选用与维护、典型机械系统的分析等。不同专业的学生在学习时可选用若干相同或不同的任务项目。

(2) 教学以学生为主体，以能力培养为核心。按工作过程的不同，对工作任务和工作环节进行能力分解，细化成若干个能力点，由此将其转化为由专业知识和技能训练所构成的教材内容，实现实践技能与理论知识相结合，使学生通过课程学习尽可能地获取与工作过程有关的经验和策略，使“机械设计基础”课程教学真正成为培养具有良好道德和科学创新精神的高技能人才必需的一个过程。确保学生在提升自身能力的同时掌握足够的理论知识，拓宽学生的视野，为学生今后的可持续发展奠定良好的基础。

3. 教材内容的整合性

本门课程以企业机械产品设计的真实工作任务及其工作过程为依据，在原有“机械原理”“机械零件”及其“机械设计基础课程设计”的教学内容基础上，整合、充实和细化成“机械设计基础”课程的教学内容。对课程设计环节，都科学地设计了学习性工作任务，针

对理论性较强的课堂教学，实行教、学、做结合，理论与实践一体化的教学模式。

本书由谢双义、何娇担任主编，蔡立娜、侯小琴、郑国秀、陈兴劼、蒋晶担任副主编，张波、冉龙超参与编写。其中，谢双义进行了任务1、任务2和附录的编写，蔡立娜进行了任务8的编写，何娇进行了任务3的编写，侯小琴进行了任务4和任务7的编写，郑国秀进行了任务9的编写，陈兴劼进行了任务5的编写，蒋晶进行了任务6的编写，张波和冉龙超在思考题与习题、答案及插图的编写和绘制中做了大量工作。

由于编者水平有限，并且时间仓促，书中存在缺点和错误在所难免，恳请使用本书的教师和读者批评指正。

编 者

目 录

任务1 常用机械结构组成、分析与设计	1
子任务1 机械认知	1
1.1.1 机械发展历史	1
1.1.2 本课程的研究对象	3
1.1.3 本课程的性质与任务	5
1.1.4 机械零件的失效形式及设计准则	5
1.1.5 机械零件常用材料及其选用原则	7
1.1.6 机械零件设计的一般步骤	8
子任务2 平面机构运动简图及自由度计算	8
1.2.1 运动副及其分类	9
1.2.2 平面机构运动简图	10
1.2.3 平面机构自由度计算及具有确定运动的条件	14
子任务3 平面连杆机构及其设计	17
1.3.1 铰链四杆机构的基本形式及演化	19
1.3.2 铰链四杆机构的基本特性	23
1.3.3 铰链四杆机构的运动设计实例	27
子任务4 凸轮机构及其设计	29
1.4.1 凸轮机构的组成和类型	30
1.4.2 从动件常用运动规律	32
1.4.3 图解法设计凸轮轮廓	34
1.4.4 凸轮常用材料及结构	40
知识拓展——间歇运动机构	41
1.5.1 棘轮机构	41
1.5.2 槽轮机构	43
1.5.3 不完全齿轮机构	44
思考题与习题	45
任务2 减速器的机构组成分析与认知	51
子任务1 减速器箱体认知	51
2.1.1 减速器箱体的结构形式	51
2.1.2 减速器箱体材料	55
子任务2 减速器附件认知	56
2.2.1 减速器的主要附件	56
子任务3 减速器轴系部件认知	57

2.3.1	齿轮	58
2.3.2	蜗轮蜗杆	86
2.3.3	轮系	94
2.3.4	轴	101
2.3.5	轴承	104
子任务4	减速器连接部件认知	115
2.4.1	键	115
2.4.2	销	119
2.4.3	螺纹与螺栓	120
2.4.4	联轴器	131
知识拓展——	离合器和制动器简介	135
2.5.1	离合器	135
2.5.2	制动器	136
思考题与习题		138
任务3	机械传动装置常用传动机构分析与认知	144
子任务1	带传动	144
3.1.1	带传动的主要类型	144
3.1.2	带传动的特点和应用	145
3.1.3	带传动的工作原理	145
3.1.4	平带传动的形式	146
3.1.5	普通V带和V带轮	147
3.1.6	带传动的受力和应力分析	151
3.1.7	带传动的弹性滑动和打滑	154
3.1.8	V带传动的张紧、安装和维护	155
子任务2	链传动	156
3.2.1	链传动的分类及应用	157
3.2.2	套筒滚子链传动的特点	157
3.2.3	滚子链及链轮的结构参数	157
3.2.4	套筒滚子链传动的工作情况分析	161
3.2.5	链传动的动载荷	162
3.2.6	链传动的布置、张紧	163
思考题与习题		164
任务4	机械传动装置的总体设计	167
子任务1	传动方案分析	167
子任务2	电动机选择	173
4.2.1	选择电动机的类型和结构形式	173
4.2.2	选择电动机的容量	174
4.2.3	确定电动机的转速	175
子任务3	传动装置传动比计算与分配	177

子任务4 传动装置的运动和动力参数计算	179
思考题与习题	182
任务5 减速器传动及连接件的设计计算	183
子任务1 减速器外传动零件的设计计算——带传动设计	183
5.1.1 普通V带传动的设计	184
5.1.2 V带传动的设计计算实例	192
子任务2 减速器外传动零件的设计计算——链传动设计	194
5.2.1 链传动的失效形式	195
5.2.2 链传动的主要参数选择及设计步骤	195
5.2.3 链传动设计实例	198
子任务3 减速器内传动零件的设计计算——齿轮及蜗轮蜗杆传动设计	199
5.3.1 齿轮传动的失效形式	200
5.3.2 齿轮传动的设计准则	202
5.3.3 齿轮传动的受力分析及计算载荷	203
5.3.4 齿面接触疲劳强度计算	204
5.3.5 齿根弯曲疲劳强度计算	207
5.3.6 圆柱齿轮传动参数的选择及设计步骤	210
5.3.7 齿轮传动的精度简介	211
5.3.8 直齿圆柱齿轮传动设计实例	212
5.3.9 斜齿圆柱齿轮传动设计	214
5.3.10 圆锥齿轮传动设计	219
5.3.11 蜗轮蜗杆传动设计	221
子任务4 螺栓连接的强度计算	226
5.4.1 螺纹连接的常用材料	226
5.4.2 受轴向拉伸的螺栓连接	227
5.4.3 受横向载荷的配合(铰制孔)螺栓连接	229
5.4.4 螺纹连接的许用应力	230
思考题与习题	231
任务6 传动装置(减速器)的润滑与密封	233
子任务1 概述	233
子任务2 传动装置(减速器)的润滑	234
6.2.1 齿轮和蜗杆传动的润滑	234
6.2.2 滚动轴承的润滑	236
6.2.3 链传动的润滑	238
子任务3 润滑剂的选择	239
6.3.1 润滑油的选择	239
6.3.2 润滑脂的选择	240
子任务4 减速器的密封	241
6.4.1 轴伸出处的密封	241

6.4.2	轴承室内侧的密封	242
6.4.3	箱盖与箱座接合面的密封	243
6.4.4	其他部位的密封	243
思考题与习题		244
任务7 减速器装配图设计		245
子任务1 绘制减速器装配草图（第一阶段）		245
7.1.1	视图选择与图面布置	246
7.1.2	齿轮位置和箱体内壁线的确定	246
7.1.3	箱体轴承座孔端面位置的确定	248
子任务2 轴系部件的结构设计（第二阶段）		249
7.2.1	轴结构设计及校核计算	249
7.2.2	滚动轴承设计及校核计算	260
7.2.3	平键的选择及校核计算	268
7.2.4	齿轮与蜗轮蜗杆的结构设计	271
子任务3 减速器箱体和附件设计（第三阶段）		275
7.3.1	减速器箱体的外部结构设计	276
7.3.2	减速器箱体的内部结构设计	278
7.3.3	减速器的附件设计	278
子任务4 减速器装配图设计（第四阶段）		286
7.4.1	标注尺寸	287
7.4.2	减速器技术特性	288
7.4.3	减速器技术要求	288
7.4.4	零件编号、标题栏及零件明细表	289
任务8 零件工作图的设计与绘制		291
子任务1 轴类零件工作图的设计与绘制		292
8.1.1	视图的选择	292
8.1.2	尺寸标注	292
8.1.3	尺寸公差的标注	292
8.1.4	几何公差的标注	293
8.1.5	表面粗糙度的标注	293
8.1.6	技术要求	293
子任务2 齿轮类零件工作图的设计与绘制		294
8.2.1	视图的选择	294
8.2.2	尺寸标注	294
8.2.3	尺寸公差的标注	294
8.2.4	几何公差的标注	295
8.2.5	表面粗糙度	295
8.2.6	啮合特性表	295
8.2.7	齿轮类零件工作图上提出的技术要求	296

子任务3 铸造箱体工作图的设计与绘制	296
8.3.1 视图的选择	296
8.3.2 尺寸标注	296
8.3.3 几何公差的标注	297
8.3.4 表面粗糙度的标注	297
8.3.5 技术要求	298
任务9 编制设计计算说明书与准备答辩	299
子任务1 设计计算说明书的要求	300
9.1.1 主要内容的书写要求	300
9.1.2 计算内容的书写要求	300
9.1.3 引用内容的书写要求	300
9.1.4 重要数据的书写要求	300
9.1.5 附加简图表示法	300
9.1.6 参量表示方法	301
9.1.7 说明书的纸张格式	301
子任务2 设计计算说明书的内容	301
子任务3 准备答辩	301
子任务4 设计计算说明书书写格式示例	303
附录	305
附录1 电动机	305
附录2 连接件	310
附录3 滚动轴承	316
附录4 减速器附件	328
附录5 课程设计参考图例	329
附录6 机械设计基础课程设计题目	332
思考题与习题参考答案（部分）	335
参考文献	337

任务1 常用机械结构组成、分析与设计

子任务1 机械认知

任务引入

看一看机器的外在表现就知道其内部结构；听一听机器的声音就知道机器是否生了病并且知道病根在哪里；一旦有需要，就能根据所需设计甚至发明新的机械设备。您是否觉得这是天方夜谭、神乎其神呢？否！只要您学好了本课程，真正掌握了本课程所介绍的技能、方法和知识，具备上述本领就并非难事。

任务分析

在日常生活中，我们接触过很多机械，它们虽然功能和种类各不相同，但它们有一些共性值得我们去学习和研究；机械的发展史也是人类生产的文明进步史，了解它有助于激发我们的学习兴趣；本课程作为机械专业的基础课程，在整个专业课程的教学起着承上启下的作用；在本课程的学习中只有掌握正确的学习方法，才能达到事半功倍的学习效果。

任务目标

1. 了解机械及其相关概念；
2. 通过对机械发展史的了解正确认识学习机械的意义，明确本课程要研究的有关机械的内容及本课程的学习在整个专业课程教学中的意义；
3. 掌握课程的学习方法；
4. 了解机械零件的失效形式及设计准则、机械零件常用材料及其选用原则；
5. 了解机械零件设计的工艺性及“三化”意义；
6. 了解机械设计的基本要求和一般步骤。

1.1.1 机械发展历史

机械是人类进行生产劳动的主要工具，也是社会生产力发展水平的重要标志。

人类从使用简单工具到今天能够设计和制造复杂的现代机械，经历了漫长的过程。随着生产的不断发展，品种繁多的机械进入了社会的各个领域，承担了人力所不能或不便进行的工作，既减轻了人们的体力劳动，改善了劳动条件，又提高了生产效率。

近代机械是在蒸汽机发明后才纷纷出现的。当时，意大利人达·芬奇、英国人牛顿等研究出了用蒸汽作为动力的机械。1690年，法国人巴本制造了一台蒸汽机；1698年，英国人塞维利制造了用于矿井抽水的蒸汽泵；1703年，苏格兰人纽可门在前两人的基础上制造了一台蒸汽机。1712年，这种蒸汽机开始在英国矿井中用于运输煤炭。当时的蒸汽机效率很低，在此基础上，英国人瓦特用了6年时间，对蒸汽机做了两次重大改进，才使得蒸汽机能够作为商用，并成为火车的动力。1807年，美国人富尔顿利用蒸汽机原理制造了世界上

第一艘轮船。19 世纪欧洲产业革命中蒸汽机的出现推动了机械工业的产生和迅猛发展。

在我国，机械的创造、发展和使用有着悠久的历史。夏商时代，人们发明了脚踏水车（见图 1-1-1），它是一条提水运输链，并利用所运的水进行润滑。在公元前 5 世纪，墨翟在所著的《墨经》中就论述了杠杆原理及连杆碓舂米机构采用的凸轮机构（见图 1-1-2）；西汉时期，刘歆在《西京杂谈》中论述了由齿轮机构组成的指南车（见图 1-1-3）；

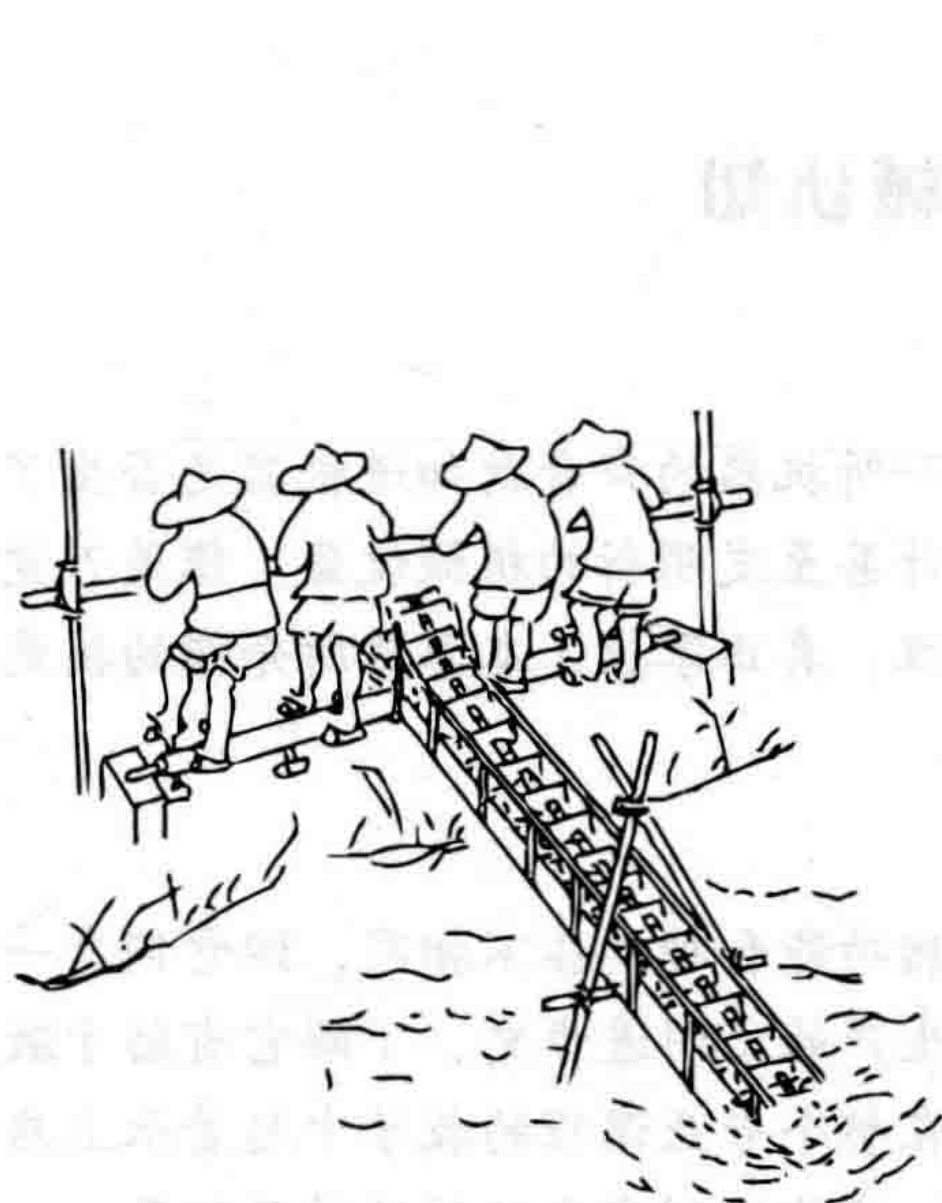


图 1-1-1 古代人力脚踏水车



图 1-1-2 连杆碓舂米机构

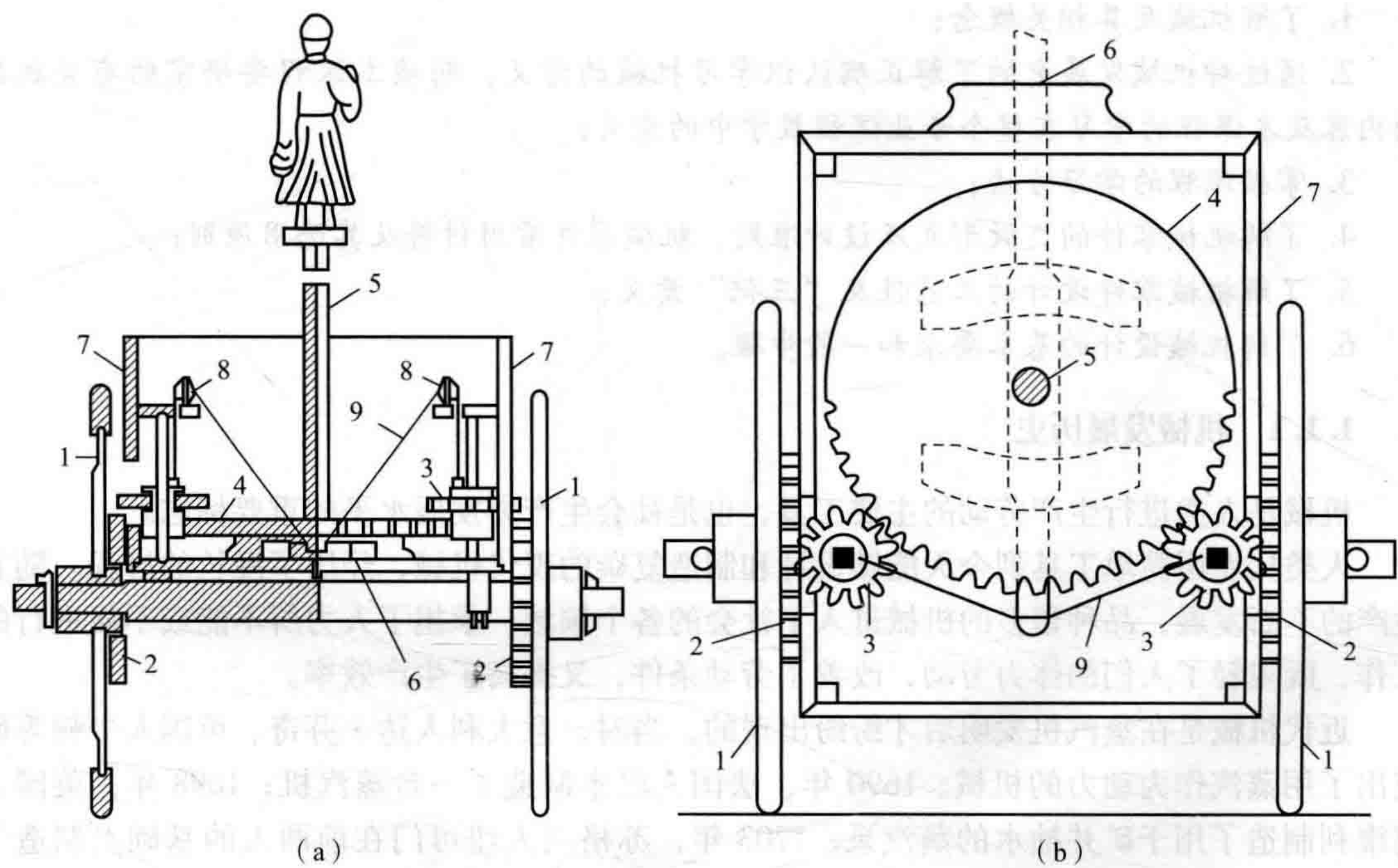


图 1-1-3 古代指南车

(a) 指南车后视图；(b) 指南车俯视图

1—足轮；2—立轮；3—小平轮；4—中心大平轮；5—贯心立轴；6—车辕；7—车厢；8—滑轮；9—拉索

东汉时期，张衡将杠杆机构用于人类第一台地动仪（候风仪）上；杜诗发明了用水作为动力带动水盘运转并驱动风箱炼铁的连杆机械装置（见图1-1-4），成为现代机械的雏形；元朝时，人们利用曲柄、滑块和飞轮制成了纺织机构等。近代，由于外敌入侵，朝廷腐败，闭关锁国，长年战乱，使我国机械工业发展停滞不前。

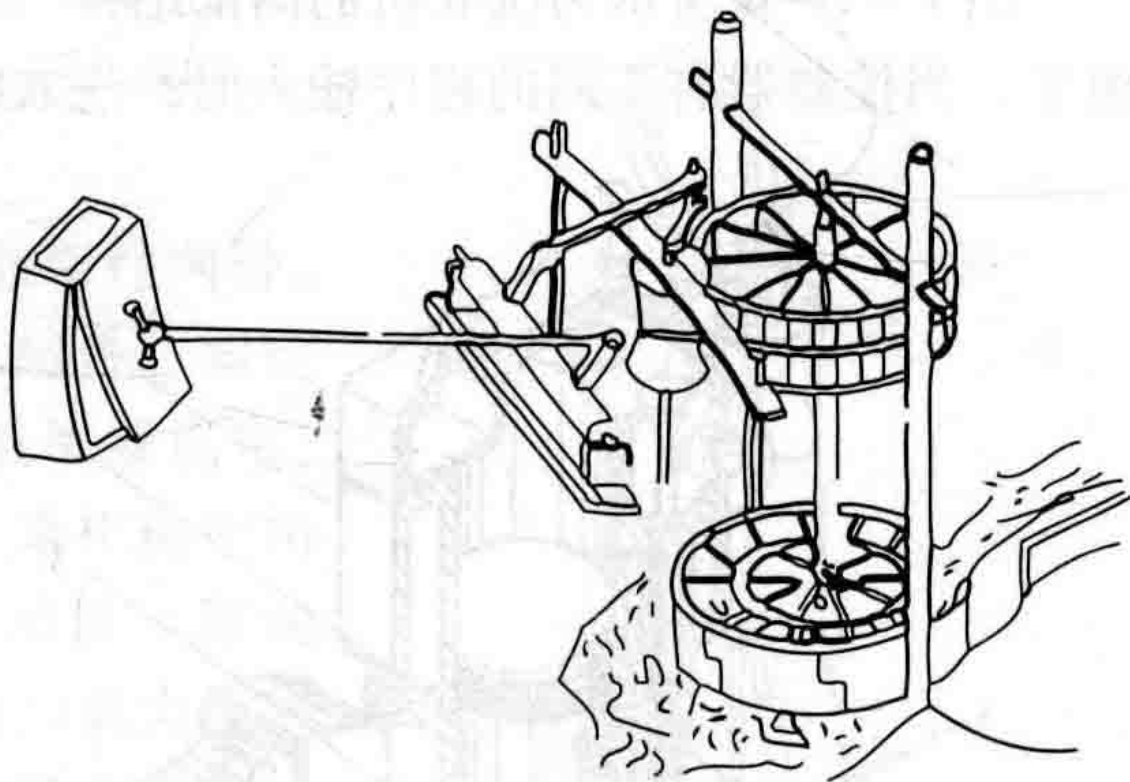


图1-1-4 驱动风箱炼铁的
连杆机械装置

新中国成立后，特别是近三十年来，我国的机械科学技术发展速度很快。经过不懈地努力，中国的机械工业已经逐步发展成为具有一定综合实力的制造业，初步确立了在国民经济中的支柱地位，并向机械产品大型化、精密化、自动化和成套化的趋势发展。在某些方面已经达到或超过了世界先进水平。就目前而言，中国机械科学技术的成就是巨大的，发展速度之快、水平之高也是前所未有的。机械工业部门具备了研制和生产重型、大型机械以及精密产品和成套设备的能力。全国基础工业部门的设备绝大多数都是我国自行制造的，从而改变了我国重型机械一片空白的面貌。例如，为电力部门提供了许多大型设备；为石油部门提供了3 200米、4 500米钻机和相应的其他设备；为交通运输部门提供了82个品种的汽车和200多种专用改装车；为全国各行业提供了130多种高精度机床和40多种数控机床；为建设项目和科学研究提供了成套的自动检测和控制设备。我国机械科技的研究水平有了很大的提高。新中国成立后，我国建立了机械科学研究院、电器科学研究院等科研机构，并陆续建立了机床、工具、通用机械、仪表、电气传动、汽车、轴承、内燃机等一系列专业研究设计机构。新中国成立以来，我国在机械工业领域出现了许多科研成果，解决了不少机械工业中的重大科技问题，中国的机械科技水平与发达国家的差距正在逐渐缩小。

1.1.2 本课程的研究对象

1.1.2.1 机器和机构

所谓机械，就是机器与机构的总称，那么什么是机器和机构呢？

机器在人们的感性认识中早已形成，如蒸汽机、内燃机、发电机、电梯、机器人及各种机床等。

图1-1-5所示为单缸内燃机，它由气缸体（机架）1、活塞2、连杆3、曲轴4、气阀推杆5、凸轮轴6、大齿轮7和小齿轮8组成。当燃烧的气体膨胀时，推动活塞往复移动，通过连杆3使曲柄连续旋转，齿轮、凸轮和推杆的作用是启、闭进气阀和排气阀，以吸入燃气和排除废气。这样，各构件协调地动作，就把热能转换为曲柄的机械能。

内燃机可视为由三种机构组合而成。其中，由机架（气缸体1）、活塞（滑块）2、连杆3、曲柄4构成曲柄滑块机构，其作用是将活塞的往复移动转换为曲柄的连续转动，是机器的主体部分；由机架（气缸体1）和齿轮7、8组成齿轮机构，其作用是改变转速的大小和转动方向；由机架（气缸体1）、凸轮轴6和气阀推杆5组成凸轮机构，其作用是将凸轮的连续转动转换为推杆的往复移动。

图 1-1-6 所示为洗衣机的内部结构。它由控制器、波轮、电动机、带、减速器等部分组成。当控制器有不同的程序输入时，洗衣机就会完成相应的动作指令。

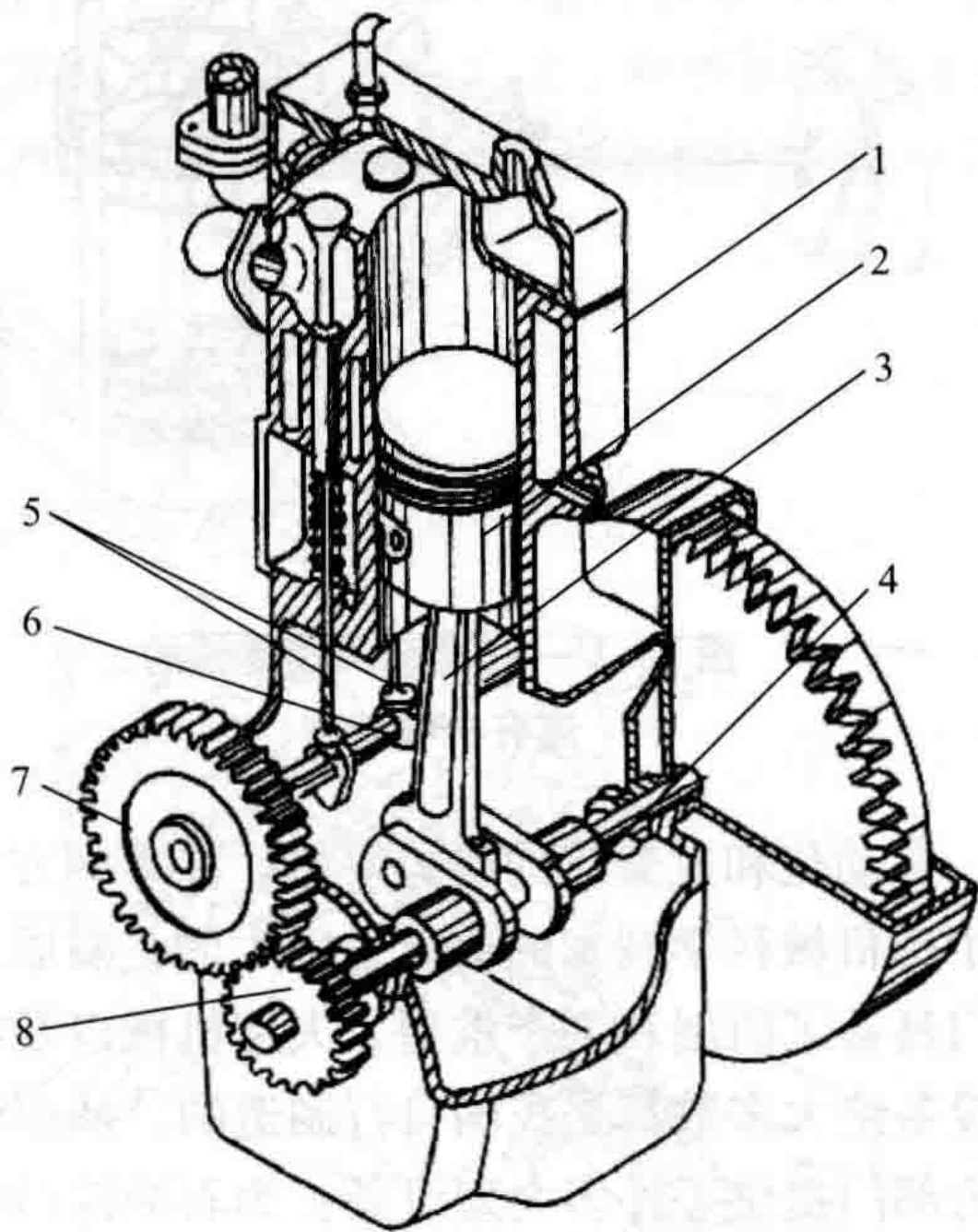


图 1-1-5 内燃机

1—气缸体；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；
5—气阀推杆；6—凸轮轴；7—大齿轮；8—小齿轮

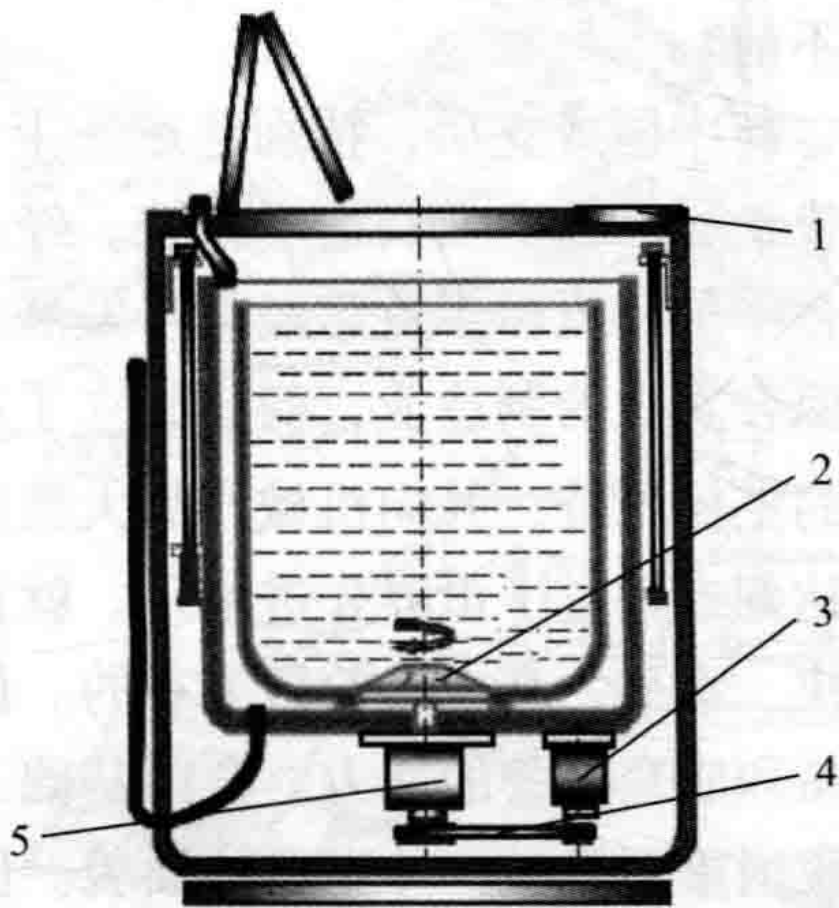


图 1-1-6 洗衣机的内部结构

1—控制器（控制）；2—波轮（执行）；
3—电动机（动力）；4—带（传动）；
5—减速器（传动）

从以上两个实例可以看出，机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料与信息。尽管机器的品种繁多，形式多样，用途各异，但都具有如下特征：

- (1) 都是人为的各种实物的组合体；
- (2) 组成机器的各种实物间具有确定的相对运动；
- (3) 可代替或减轻人的劳动，有效地完成机械功或能量转换。

凡具备上述三个特征的实物组合体均称为机器。

所谓机构，它也是各种实物的组合体，实物间具有确定的相对运动，即符合机器的前两个特征，如图 1-1-5 所示，机架（气缸体 1）和齿轮 7、8 等组成齿轮机构；机架（气缸体 1）与凸轮轴 6 和气阀推杆 5 组成凸轮机构。

可见，机构主要用来传递和变换运动，而机器主要用来传递和转换能量。从结构和运动学的角度来分析，机器与机构之间并无区别，因此，习惯上用“机械”一词作为机器和机构的总称。

1.1.2.2 零件与构件

机器是由若干个不同零件组装而成的，零件是组成机器的基本要素，即机器的最小制造单元。各种机器经常用到的零件称为通用零件，如螺钉、螺母、轴、齿轮、弹簧等。在特定的机器中才会用到的零件称为专用零件，如汽轮机中的叶片，起重机的吊钩，内燃机中的曲轴、连杆、活塞等。

构件是机器的运动单元，它可以是单一的零件，也可以是由若干个零件组成的刚性结

构。如图 1-1-7 所示的内燃机连杆，就是由连杆体 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。

构件按其运动情况，可分为固定构件和运动构件两种。固定构件又称机架，是机构中固接于定参考系的构件。固定构件一般用来支持运动构件，通常就是机器的机体或机座，例如各类机床的床身。运动构件又称可动构件，是机构中相对于机架可以运动的构件。运动构件又分成主动件（原动件）和从动件两种。主动件是机构中作用有驱动力或力矩的构件，有时也将运动规律已知的构件称为主动件。形象地说，主动件就是带动其他可动构件运动的构件，从动件是机构中除了主动件以外的随着主动件的运动而运动的构件。

构件与零件的区别在于：构件是运动的单元，零件是加工制造的单元。而由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合物称为部件，如联轴器、滚动轴承等。

随着科学技术的发展，机械的概念得到了进一步的扩展。某些情况下，构件不再是刚体，而是加入了柔性构件，甚至气体、液体等也可参与实现预期的机械运动。机器内部包含了大量的控制系统和信息处理、传递系统。利用光电、电磁等物理效应来实现能量传递、运动转换或实现动作的一类机构，应用也十分广泛。例如，采用继电器机构实现电路的闭合与断开；电话机采用磁开关机构，提起受话器时，接通线路进行通话，当受话器放到原位时，断开线路结束通话。

机器不仅能代替人的体力劳动，还可代替人的脑力劳动。除了工业生产中广泛使用的工业机器人以外，还有应用于航空航天、水下作业、清洁、医疗以及家庭服务等领域的“服务型”机器人。

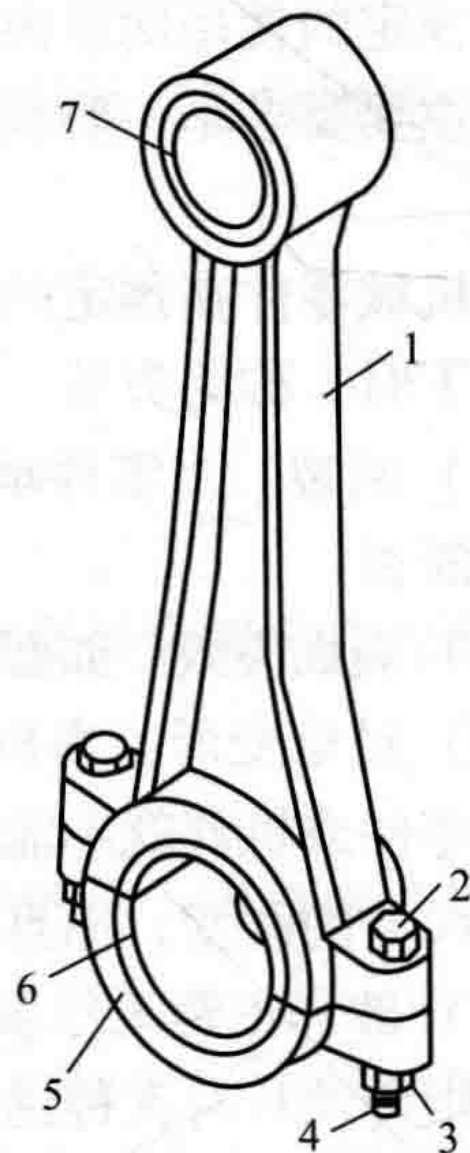


图 1-1-7 内燃机连杆

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

1.1.3 本课程的性质与任务

(1) 本课程主要研究机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、失效形式、基本的设计理论和计算方法；

(2) 通过本课程的学习，可具备设计简单机械传动装置的能力，掌握设备的选购、正常使用和维护以及故障分析等方面的基本知识；

(3) 具有运用相关标准、规范、手册、图册等有关技术资料及编写设计说明书的能力；

(4) 为学习机械类相关专业课打好理论基础；

(5) 为机械产品的创新设计打下良好的基础；

(6) 为现有机械的合理使用和革新改造打好基础。

1.1.4 机械零件的失效形式及设计准则

1.1.4.1 机械零件的失效形式

对机器的设计 requirements 是：在满足预期功能的前提下，尽可能做到性能好、效率高、成本

低；在预定的使用期限内，做到安全可靠、操作方便、维修简单以及造型美观等。对于机械零件的主要要求是：要具有足够的强度和刚度，有一定的耐磨性，无强烈振动以及具有耐热性等。

当机械零件在预定的时间内或规定的条件下，丧失其预定功能或预定功能指标降低到许用值以下时，称为失效。零件的主要损伤与失效形式有以下几个方面：

(1) 断裂。当零件承受过大载荷时，截面上的应力超过零件材料的强度极限，从而导致零件断裂。

(2) 表面失效。如磨损、表面接触疲劳（点蚀）、胶合、压溃、腐蚀等均属于表面失效。

(3) 过量变形。当机械零件承受载荷时，总要产生弹性变形，当弹性变形量超过允许量时，零件或机器就不能正常工作；当严重过载时，还会产生塑性变形，不仅会导致零件的形状和尺寸的改变，而且会破坏零件之间的配合关系，甚至导致零件丧失工作能力。

(4) 破坏正常工作条件而引起的失效。有些零件只有在一定的工作条件下才能正常工作，如带传动只有在传递的有效圆周力小于临界摩擦力时才能正常工作；高速转动的零件只有在转速与转动件系统的固有频率避开一个适当的间隔时才能正常工作。

1.1.4.2 机械零件的设计准则

对机械零件的功能要求通常被视为衡量机械零件工作能力的准则。为防止机械零件产生各种可能的失效，使之能够安全、可靠地工作，在进行设计工作之前，首先拟定的以零件工作能力为计算依据的基本原则，称为零件的设计准则。

同一种零件可能有多种不同的失效形式，那么对应不同的失效形式就有不同的设计准则。设计零件时，首先应根据零件的失效形式确定其设计准则以及相应的设计计算方法。一般来讲，有以下几种准则：

1. 强度准则（整体强度和表面强度）

要求机械零件的工作应力 σ 不超过许用应力 $[\sigma]$ 。其典型的计算公式是：

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\lim}}{S}$$

式中， $\sigma_{\lim}$ ——极限拉应力；

S ——安全系数。

整体强度的判断准则表示为： $\sigma \leq [\sigma]$ 。

表面接触强度的判断准则分为接触应力和挤压应力。

(1) 接触应力表示法： $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ ， $[\sigma_H]$ 表示许用接触应力。

(2) 挤压应力表示法： $\sigma_p \leq [\sigma_p]$ ， $[\sigma_p]$ 表示许用挤压应力。

2. 刚度准则

刚度准则要求零件受载荷后的弹性变形量不大于允许弹性变形量。刚度准则的表达式为：

$$y \leq [y]; \theta \leq [\theta]; \varphi \leq [\varphi]$$

式中， y ——零件的变形量；

$[y]$ ——零件的许用变形量；

θ ——零件的转角；

$[\theta]$ ——零件的许用转角；

φ ——零件的扭角；

$[\varphi]$ ——零件的许用扭角。

3. 振动稳定性准则

振动稳定性是指机械零件在机器运转时避免发生共振的性质。振动稳定性准则要求机械零件的固有频率应与激励的频率错开, 保证不发生共振, 即要满足

$$f_p < 0.85 f \quad \text{或} \quad f_p > 1.15 f$$

式中, f ——零部件的固有频率;

f_p ——激励的频率。

4. 耐磨性准则

耐磨性准则要求零件的磨损量在预定期限内不超过允许值。过度磨损会使零件的形状和尺寸发生改变、配合间隙增大、精度降低, 并产生冲击振动。

5. 可靠性准则

可靠性是指产品在规定的条件和规定的时间内, 完成规定功能的能力。可靠度是指产品在规定的条件和规定的时间内, 完成规定功能的概率。

按传统的强度设计方法设计的零件, 由于其材料强度、外载荷和加工尺寸等存在离散性, 有可能出现达不到预定工作时间而失效的情况, 因此, 我们希望将出现这种失效情况的概率限制在一定程度之内, 这就需要对零件提出可靠性要求。

6. 标准化准则

标准化准则是指对零件的特征参数以至其结构尺寸、检验方法和制图等的规范要求。标准化是缩短产品设计周期、提高产品质量和生产效率、降低生产成本的重要途径。

7. 其他准则

设计机械零件时, 在满足上述要求的前提下, 还应力图减小质量, 以减小材料消耗和惯性载荷并提高经济效益。还需考虑诸如耐高温或低温、耐腐蚀、表面装饰和造型美观等要求。

1.1.5 机械零件常用材料及其选用原则

1.1.5.1 机械零件的常用材料

工程中, 机械零件所使用的材料是多种多样的, 其中应用最多最广的还是金属材料, 尤其是黑色金属材料。具体来说可分为以下几种。

1. 钢

钢主要有碳钢、合金钢、铸钢、锻钢等, 其主要性能为强度很高, 塑性较好, 可承受很大载荷, 且可进行热处理以提高和改善其机械性能。

2. 铸铁

铸铁主要有灰铸铁、球墨铸铁及特殊性能铸铁等, 其主要性能为具有良好的铸造、切削加工、抗磨、抗压和减振性能, 且价格低廉。

3. 有色金属合金

有色金属合金主要有铜合金、铝合金等, 其主要性能为具有某些特殊性能, 如良好的减摩性、耐腐蚀性、导电导热性等。

4. 非金属材料

非金属材料主要有工程塑料、橡胶、石墨、木材、陶瓷等, 根据其材料品种的不同, 其具有一些特殊的性能, 如良好的耐腐蚀性、绝缘性、耐磨性等。

5. 复合材料

复合材料主要有纤维增强塑料、纤维增强金属及复合材料等, 其主要性能为质量小、强

度高、耐高温能力强、加工成型方便、弹性优良、耐化学腐蚀和电绝缘性良好。

1.1.5.2 机械零件常用材料的选用原则

- (1) 使用要求。使用要求主要包括对机械性能、物理性能、化学性能和吸振性能等方面的要求，选择时应根据使用要求，满足主要要求，兼顾一般要求。
- (2) 制造工艺要求。应使零件的制造加工方法简便、易于实现，如铸造件应选择热熔状态时具有易于流动等性能的材料。
- (3) 经济性要求。在满足使用要求的前提下，应尽量选用价格低廉的材料，同时还应考虑到使用和维护简便、费用低等问题。

1.1.6 机械零件设计的一般步骤

机械零件在设计过程中一般采取以下几个步骤：

- (1) 根据机器的具体运转情况和简化的计算方案，确定零件的载荷。
- (2) 根据材料的力学性能、物理性质、经济因素及供应情况等选择零件的材料。
- (3) 根据零件的工作能力准则，确定零件的主要尺寸，并加以标准化或圆整。
- (4) 根据确定的主要尺寸并结合结构和工艺上的要求，绘制零件的工作图。
- (5) 零件工作图是制造零件的依据，故应对其进行严格的检查，以提高工艺性，避免差错，造成浪费。

子任务2 平面机构运动简图及自由度计算

任务引入

机构是由构件组成的，其主要作用是传递运动和变换运动形式。若组成机构的所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动，则称该机构为平面机构，否则称为空间机构。

一般情况下，机构各构件之间必须具有确定的相对运动。然而，将构件任意拼凑起来并不一定具有确定的运动。

在图1-2-1和图1-2-2所示的机构中分别由几个构件组成？各构件之间是怎么连接的？它们能否按给定的运动规律运动？

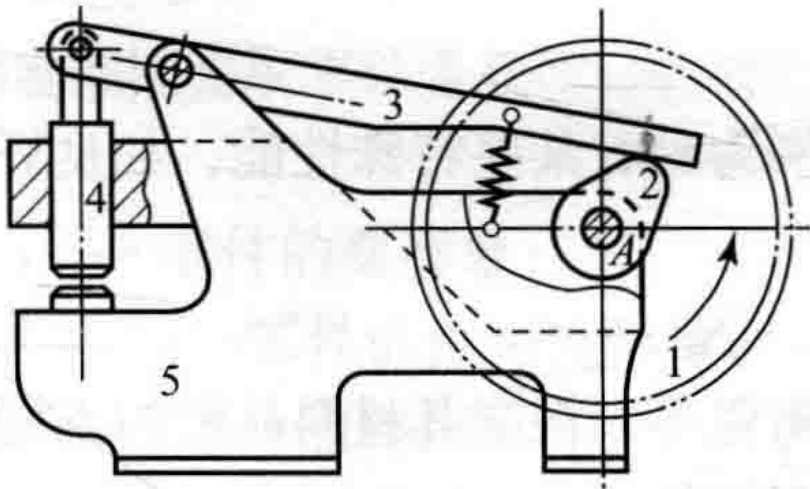


图 1-2-1 机构 1

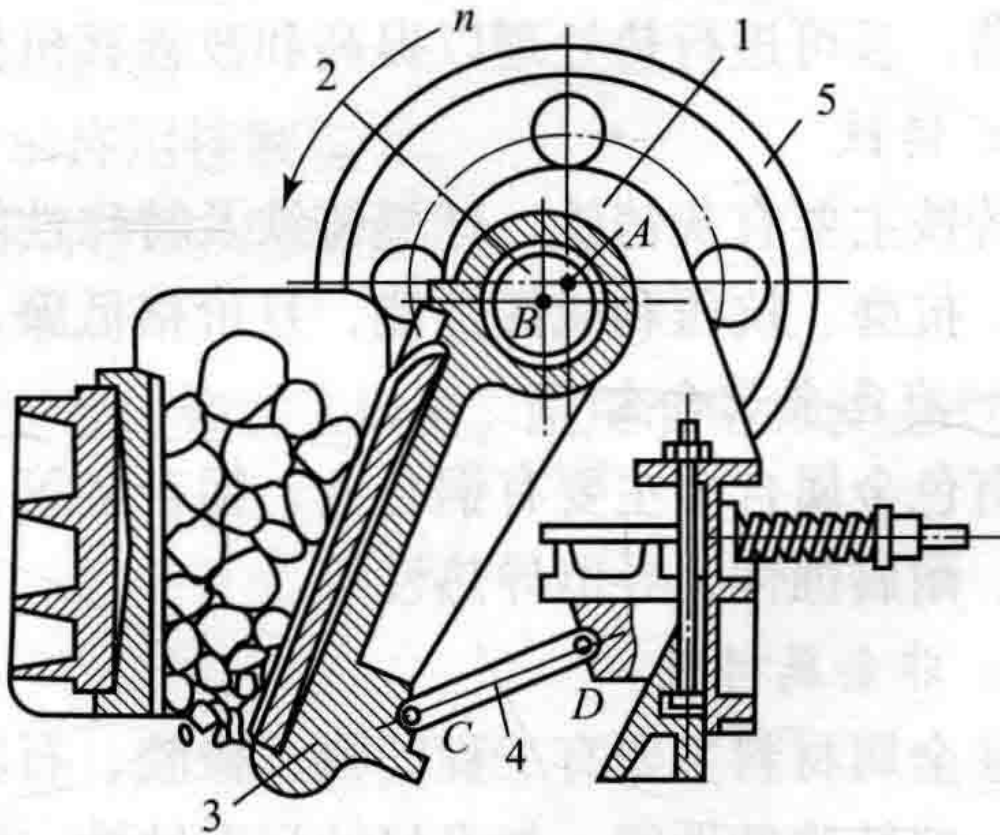


图 1-2-2 机构 2