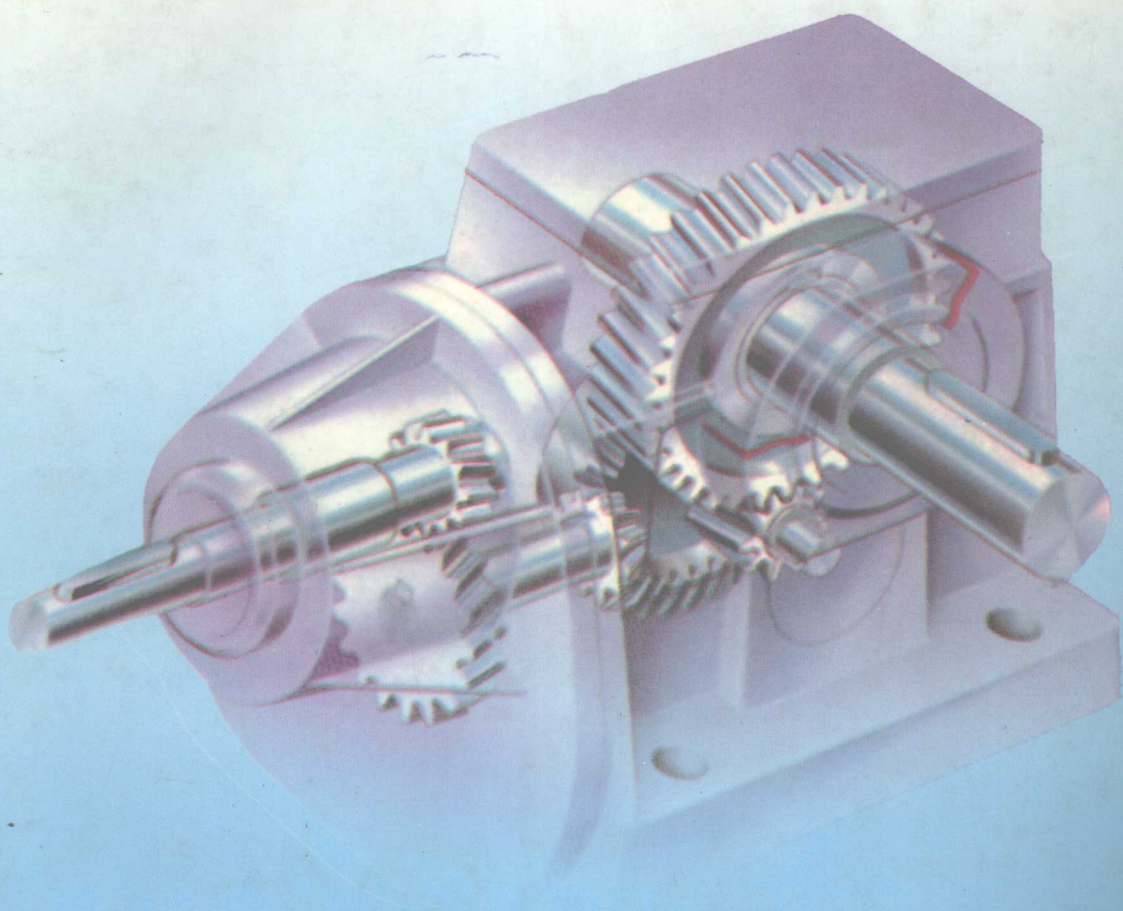


高等学校机械类系列教材

# 机械原理

黄茂林 郑增铭 张清珍 主编



重庆大学出版社

11  
76

# 机械原理

黄茂林 郑增铭 张清珍 主编

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书是根据 1992 年国家教委批准的《高等学校工程专科机械原理教学基本要求》编写的。

全书除绪论外共十一章,包括机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的力分析及机械效率、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、其它常用机构、机械动力学基础、机械传动系统方案设计及机构选型、机构的计算机辅助分析与设计。除绪论外,各章均附有一定数量的习题。

本书可作为高等学校工程专科机械类专业的教材,可作为职工大学的教材及供机械类专业本科师生及工程技术人员参考。

## 机械原理

黄茂林 郑增铭 张清珍 主编

责任编辑 梁 涛

\*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:346千

1995年7月第1版 1999年8月第3次印刷

印数:11 001—14 000

ISBN 7-5624-0975-7/TH·47 定价 15.00元

## 序

近年来我国高等专科教育发展很快,各校招收专科生的人数呈逐年上升趋势,但是专科教材颇为匮乏,专科教材建设工作进展迟缓,在一定程度上制约了专科教育的发展。在重庆大学出版社的倡议下,中国西部地区14所院校(云南工学院、贵州工学院、宁夏工学院、新疆工学院、陕西工学院、广西大学、广西工学院、兰州工业高等专科学校、昆明工学院、攀枝花大学、四川工业学院、四川轻化工学院、渝州大学、重庆大学)联合起来,编写、出版机类和电类专科教材,开创了一条出版系列教材的新路。这是一项有远见的战略决策,得到国家教委的肯定与支持。

质量是这套教材的生命。围绕提高系列教材质量,采取了一系列重要举措:

第一,组织数十名教学专家反复研究机类、电类三年制专科的培养目标和教学计划,根据高等工程专科教育的培养目标——培养技术应用型人才,确定了专科学生应该具备的知识和能力结构,据此制订了教学计划,提出了50门课程的编写书目。

第二,通过主编会议审定了50门课程的编写大纲,不过分强调每门课程自身的系统性和完整性,从系列教材的整体优化原则出发,理顺了各门课程之间的关系,既保证了各门课程的基本内容,又避免了重复和交叉。

第三,规定了编写系列专科教材应该遵循的原则:

1. 教材应与专科学生的知识、能力结构相适应,不要不切实际地拔高;
2. 基础理论课的教学应以“必须、够用”为度,所谓“必须”是指专科人才培养规格之所需,所谓“够用”是指满足后续课程之需要。
3. 根据专科的人才培养规格和人才的主要去向,确定专业课教材的内容,加强针对性和实用性;
4. 减少不必要的数理论证和数学推导;
5. 注意培养学生解决实际问题的能力,强化学生的工程意识;
6. 教材中应配备习题、复习思考题、实验指示书等,以方便组织教学;
7. 教材应做到概念准确,数据正确,文字叙述简明扼要,文、图配合适当。

第四,由出版社聘请学术水平高、教学经验丰富、责任心强的专家担任主审,严格把住每门教材的学术质量关。

出版系列专科教材堪称一项“浩大的工程”。经过一年多的艰苦努力,系列专科教材陆续面市了。它汇集了中国西部地区14所院校专科教育的办学经验,是西部地区广大教师长期教学经验的结晶。

纵观这套教材,具有如下的特色:它符合我国国情,符合专科教育的教学基本要求和教学规律;正确处理了与本科教材、中专教材的分工,具有很强的实用性;

与出版单科教材不同,有计划地成套推出,实现了整体优化。

这套教材立足于我国西部地区,面向全国市场,它的出版必将对繁荣我国的专科教育发挥积极的作用。这套教材可以作为大学专科及成人高校的教材,也可作为大学本科非机类或非电类专业的教材,亦可供有关工程技术人员参考。因此我不揣冒昧向广大读者推荐这套系列教材,并希望通过教学实践后逐版修订,使之日臻完善。

# 前 言

本书是根据国家教育委员会1992年批准发布的《高等学校工程专科机械原理课程教学基本要求》编写的。适用于72—81学时的机械类专业使用,是高等工科院校系列专科教材之一。

在编写过程中,针对高等学校工程专科教育培养应用型高级技术人才的目标要求,注意精选教学内容,既保证基础理论部分的“必需”和“够用”,又突出“应用”。减少理论推导,避免与先修课程中有关内容的简单重复,并注意与后继课程的衔接,提供必须的基础。注意加强工程实际应用性的内容,强调培养学生对常用机构的分析、应用能力,并具有一定的机构设计知识。为此,本书还适当加强了“绪论”及“机械传动系统方案拟定及机构选型”等方面的内容。为扩大学生的知识面和对本学科的新发展有所了解,本书还集中一章简要介绍了现代解析法和计算机在机构分析与设计中的应用,这也为有条件的学校在教学中采用电子计算机创造一定的条件。为使本书有较好的适应性和给教师在具体组织教学时,根据实际需要的主动、灵活性,本书仍编入了考虑摩擦的机构静力分析及一些可讲可不讲的章节(即书中注有\*号的内容)。

本书的名词、术语、单位及符号,均遵循现有国家标准(GB)及国际标准化组织(ISO)的标准,或者是为国内各统编教材所通用的。

参加本书编写的有:重庆大学黄茂林(绪论,第十章),兰州高等工业专科学校郑增铭(第六章),陕西工业学院张清珍(第四章,第九章),贵州工学院牛鸣岐(第一章,第十一章),云南工学院邱佃(第二章,第三章),广西工学院高桐(第六章,第七章),重庆大学秦伟(第五章)。全书由黄茂林、张清珍、郑增铭统稿。

本书承国家教委高等学校机械原理教学指导小组成员、重庆大学教授江裕金主审,并提出了许多宝贵意见和建议,各参编学校的领导给予了许多支持与关心,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请广大读者和使用本教材的老师给予批评指正,使之更臻成熟和完善。

编 者

1994年4月

# 目 录

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| 绪论 .....                              | (1)   |
| 第一章 机构的结构分析 .....                     | (8)   |
| § 1-1 研究机构结构的内容和目的 .....              | (8)   |
| § 1-2 机构的结构要素 .....                   | (8)   |
| § 1-3 平面机构运动简图 .....                  | (10)  |
| § 1-4 平面机构及其自由度计算 .....               | (13)  |
| * § 1-5 平面机构的组成原理和结构分析 .....          | (18)  |
| 第二章 平面机构的运动分析 .....                   | (26)  |
| § 2-1 机构运动分析的目的、内容与方法 .....           | (26)  |
| § 2-2 瞬心及其在机构速度分析中的应用 .....           | (26)  |
| § 2-3 平面机构运动分析的相对运动图解法 .....          | (28)  |
| * § 2-4 机构运动线图 .....                  | (36)  |
| 第三章 平面机构的力分析及机械效率 .....               | (39)  |
| § 3-1 机构受力分析的目的、内容与方法 .....           | (39)  |
| § 3-2 考虑摩擦的机构静力分析 .....               | (39)  |
| § 3-3 简单机械的效率与自锁 .....                | (44)  |
| 第四章 平面连杆机构 .....                      | (49)  |
| § 4-1 平面连杆机构的应用、特点和分类 .....           | (49)  |
| § 4-2 平面四杆机构的类型及其应用 .....             | (50)  |
| § 4-3 平面四杆机构的一些基本特性 .....             | (55)  |
| § 4-4 平面四杆机构的设计 .....                 | (59)  |
| 第五章 凸轮机构 .....                        | (67)  |
| § 5-1 凸轮机构的应用与分类 .....                | (67)  |
| § 5-2 凸轮机构的基本运动参数及从动杆常用运动规律 .....     | (71)  |
| § 5-3 凸轮机构中力的传递及压力角 .....             | (77)  |
| § 5-4 盘形凸轮廓线的设计 .....                 | (79)  |
| 第六章 齿轮机构 .....                        | (85)  |
| § 6-1 齿轮机构的类型、特点和应用 .....             | (85)  |
| § 6-2 齿廓啮合基本定律 .....                  | (87)  |
| § 6-3 渐开线及渐开线齿廓 .....                 | (88)  |
| § 6-4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的各部分名称、基本参数和尺寸 ..... | (92)  |
| § 6-5 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动 .....            | (95)  |
| § 6-6 渐开线齿轮的加工与测量简介 .....             | (101) |
| § 6-7 根切及标准齿轮不根切的最少齿数 .....           | (107) |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| § 6-8 变位直齿圆柱齿轮传动 .....           | (108) |
| § 6-9 斜齿圆柱齿轮机构 .....             | (116) |
| * § 6-10 螺旋齿轮机构 .....            | (120) |
| * § 6-11 蜗杆蜗轮机构 .....            | (122) |
| § 6-12 直齿圆锥齿轮机构 .....            | (125) |
| <b>第七章 轮系</b> .....              | (132) |
| § 7-1 轮系及其分类 .....               | (132) |
| § 7-2 定轴轮系 .....                 | (132) |
| § 7-3 周转轮系 .....                 | (135) |
| * § 7-4 摆线针轮行星传动简介 .....         | (145) |
| <b>*第八章 其它常用机构</b> .....         | (149) |
| § 8-1 万向联轴器 .....                | (149) |
| § 8-2 槽轮机构 .....                 | (151) |
| § 8-3 棘轮机构 .....                 | (154) |
| § 8-4 其它常用间歇运动机构简介 .....         | (157) |
| <b>第九章 机械动力学基础</b> .....         | (159) |
| § 9-1 机械动力学研究的内容及目的 .....        | (159) |
| § 9-2 刚性转子的平衡 .....              | (159) |
| § 9-3 机械系统的速度波动及调节 .....         | (166) |
| <b>第十章 机械传动系统方案设计及机构选型</b> ..... | (179) |
| § 10-1 机械设计概述 .....              | (179) |
| § 10-2 机械传动系统的方案拟定与设计 .....      | (180) |
| § 10-3 机构的选型与组合 .....            | (186) |
| <b>*第十一章 机构的计算机辅助分析与设计</b> ..... | (198) |
| § 11-1 概述 .....                  | (198) |
| § 11-2 平面连杆机构的运动分析 .....         | (199) |
| § 11-3 平面四杆机构的设计 .....           | (204) |
| § 11-4 凸轮机构的设计 .....             | (209) |
| <b>主要参考文献</b> .....              | (217) |



# 绪 论

## 一、机械原理的研究对象 —— 机器与机构

机械原理是研究机械的共性特征和内在规律的学科。机械,主要是指实现机械运动与机械功的传递与变换的机构和机器。因此,首先研究机器和机构的共性特征及两者的区别与联系;介绍与本课程有关的一些基本名词、术语;认识一些常用机构。

### 1. 机器、构件与零件

机器是人类通过长期的生产与生活实践创造出来的,用以代替或减轻人的体力与脑力劳动,使生产或其它过程机械化、自动化的技术装备,是社会生产力的重要组成部分,能有效的提高生产与工作的效率及可靠性,广泛地应用于各个领域,其功用与构成是多种多样的。

机器与它所实现的机械化、自动化的“过程”,有着十分密切的联系,而且随着生产与科学技术发展的需要,其用途与类型也在不断的发展与丰富。按机器的用途与功能概括起来可分为:力能机器(实现其它种类的功、能与机械功、能间的转换。包括各种动力机和转换器);工艺机器(实现某种工艺及加工过程的机械化、自动化。如金属切削机床,轧钢机,轻纺、食品加工机器等);运输机器(实现工作物位置的转移,如汽车、火车、起重机等);检测控制机器;操纵机器;逻辑机器(主要是指对各种机械参量进行检测与控制的仪器、仪表;按照指令执行各种机械运动与功能的操作机、机械手和机器人;各种机械式计算机、其它信息与机械参量信息间的转换器及记录器等)。而每一类机器又是多种多样,具体结构千差万别。机械原理,就是研究各类机器的共有组成及共性规律。

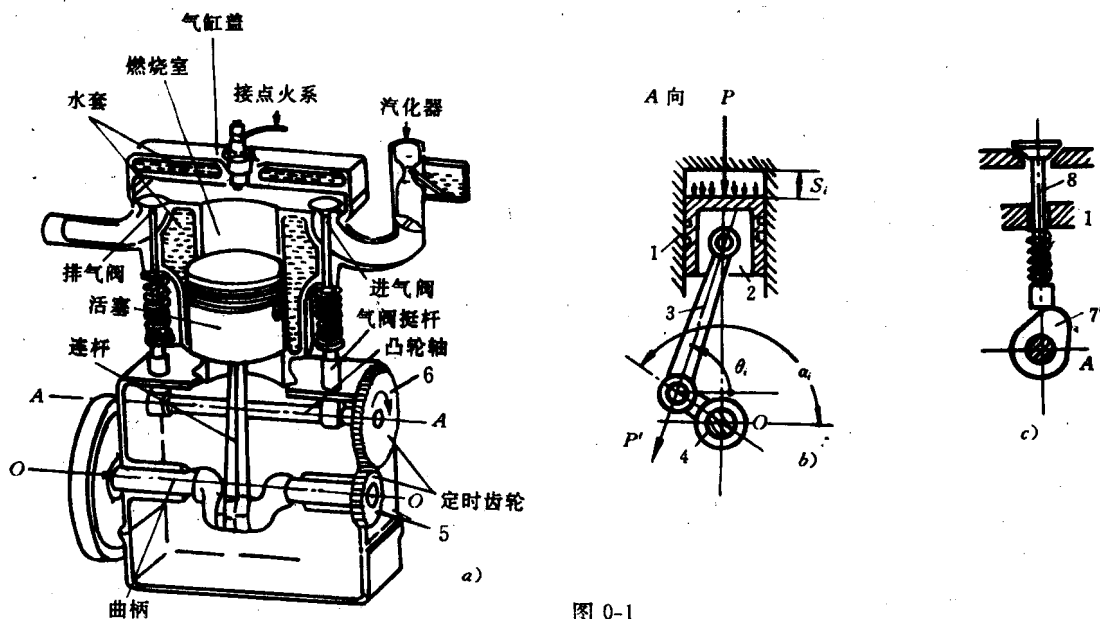


图 0-1

为了从宏观上认识机器的共性特征,下面例举三种机器。图 0-1 为一个四冲程单缸内燃机

的结构简图,它属于力能机器。经由气化器进入汽缸 1 的可燃混合气,当活塞 2 处于上极端位置时已被压缩,这时火花塞点火使混合气燃烧体积迅猛膨胀,而活塞与汽缸体以圆柱表面相互接触配合,形成可动联接,于是活塞在燃气压力作用下往下移动,并通过活塞销与连杆孔所形成的可动联接,将力和运动传至连杆 3,又将力与运动传至曲轴 4 的曲柄销上。而 4 与连杆及缸体之间均以圆柱表面相接触,形成可作相对转动的联接,于是曲轴在偏心力的作用下(见图 b),形成对轴线  $O-O$  的力矩使之转动,并对外输出机械功。例如驱动摩托车克服地面的阻力向前奔驰。

图 0-2 为插床的结构简图。它是属于工艺机器类中的加工机器,用以将机器零件加工成一定的形状和尺寸。电动机经减、变速系统将力矩和转动传至绕床身上的轴线  $O_2$  转动的齿轮 2,经由偏心装置于 2 上,可作相对转动的滑块 3 传至摆杆 4。摆杆可绕床身上的轴线  $O_1$  转动,其一端与 3 构成可相对移动的联接,另一端与连杆 5 构成可作相对转动的联接。插头 6 与床身 1 以导轨表面形成可作上下移动的连接,而与连杆 5 在  $C$  处形成相对转动联接。这样,摆杆 4 的转动和力矩就经连杆 5 传递并变换为插头 6 的移动及其上的力,推动刀具克服金属切削阻力对工件进行加工。

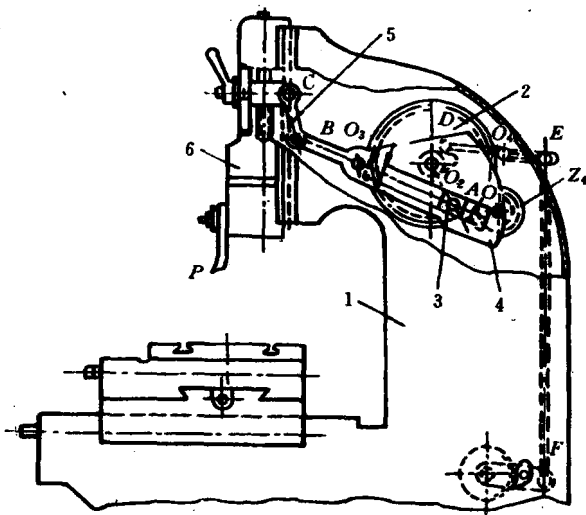


图 0-2

图 0-3 为一焊接机器人的结构示意图。1 为固定的机座,机身 2 通过电机  $M_1$  (图中未表示出) 的驱动,带动整个机器人的工作部分绕垂直轴线  $O_1$  旋转。支撑臂 3 通过  $M_2$  的驱动可绕轴线  $O_2$  摆动,带动 6、7、8、9 等一起运动,但保持俯仰臂轴线  $O_4$  的位置角不变,作平行运动。电机  $M_3$  (安装在  $M_2$  的对面) 通过绕  $O_2$  转动的臂 4 及连杆 5 驱动俯仰臂 6 绕轴线  $O_3$  摆动。臂 7 由  $M_4$  驱动可绕轴  $O_4$  转动,而手部则由  $M_5$ 、 $M_6$  通过齿轮传动系统的传递与变换,分别驱动 8、9 部绕轴线  $O_5$  及  $O_6$  转动。共有 6 个伺服电机驱动,提供 6 个独立运动。该机器人是由控制系统及计算机,按照焊接工艺的要求,向各电机发送指令,使各运动相互协调配合,最后使焊枪头  $D$  能按一定的路线和运动速度完成焊接。

由以上三例可见,机器具有以下共同特征:

(1) 机器都存在功能的输入与输出。输入可以是机械能或其它形式的能(如热能、电能),而输出,除个别机器(如发电机)外,一般都是机械能。故机器用以实现能量形式的转换或机械能的传递,输出机械功。

(2) 机器由若干能传递机械运动和力的实体组成。这些实体,可能是刚性体(前例),也可以是挠性体或流体(见后例)。运动时,作为一个整体的结构,称为构件。如上例中的机身、活塞、连杆、插头等。而一个构件,还可能由若干个彼此没有相对运动的实体联接而成,如连杆的连杆体、连杆盖、螺栓、轴瓦等。这些作为结构或制造过程的最小实体,称为零件。机器是由具有承载能力的构件和零件组成。

(3) 机器在工作时,各构件间具有确定的相对运动关系。如图 0-1 中的活塞 2 相对于缸体

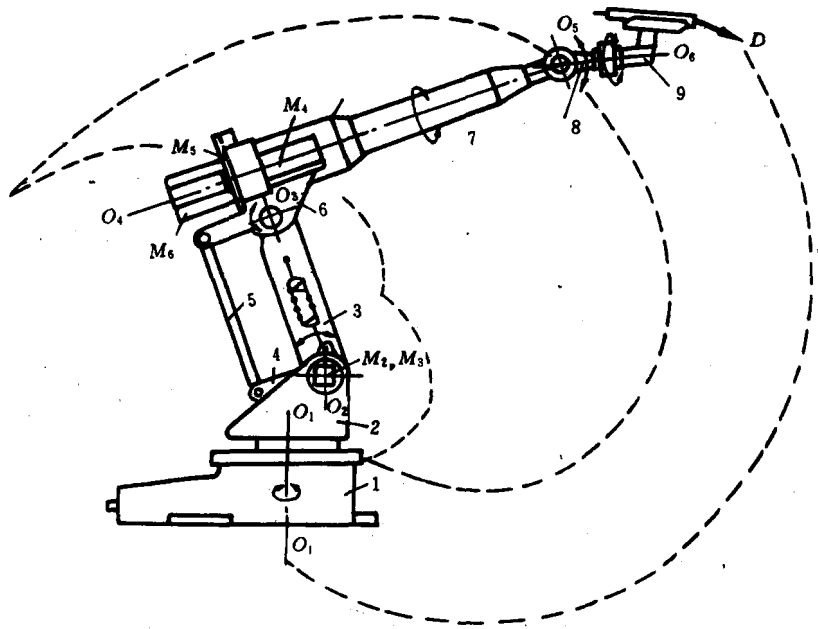


图 0-3

上下往复移动一次,曲轴 4 则相对于缸体转一周,当活塞处于某确定位置时,连杆、曲轴的位置参数也是确定的。即如图 0-1b) 所示,其各位置参数  $s$ 、 $\alpha$ 、 $\theta$  之间的关系是确定的,彼此一一对应。这种确定的运动关系是由各构件间的联接形式及构件尺寸所确定的。

## 2. 机构

前述内燃机实现能量形式转换的过程,实质上是混合气燃烧所产生的热能,使气体体积迅猛膨胀,形成对密闭腔各方向(包括对活塞端部)的压力,正是在力的作用下迫使活塞相对于气缸体移动,再通过各构件间的可动联接部分将力和运动传递至连杆、曲轴,最后曲轴以转动和力矩形式对外作出机械功。又如图 0-2 所示插床,是在电动机所输出的转动和力矩的作用下,驱动各构件传递至作直线移动的刀具(安装在插头上),克服切削阻力作出机械功。说明如力能机器及加工机器等,实现力(力矩)和运动的传递与变换,是其本质特征。而在测量、控制用的仪器仪表及运算、逻辑等机器中,虽然也有力的传递与变换,但处于次要地位,而运动的传递和变换是这些机器的主导功能。所以,从更广的意义来说,机械运动的传递与变换是所有机器的主要本质特征。因此,从运动的传递与变换特征来研究机器的共性组成与规律是研究机器的基础。

以内燃机为例,由缸体 1—活塞 2—连杆 3—曲轴 4,彼此可动联接所形成的构件系统,从运动角度看,它实现了把活塞的往复移动,通过连杆传递到曲轴,并转换为定轴转动。这一系统是内燃机的主要工作部分,也是其主要的运动学组成部分。为了将此运动的传递与转换继续下去,内燃机还必须连续的实现吸气—压缩—点火燃烧气体膨胀—排气这样的循环工作过程。这是通过与活塞的上、下行程相协调配合的进、排气阀的开、闭运动来实现的。为达到这一运动间的协调配合,则通过与活塞运动有确定关系的曲轴的转动与阀的运动相联系来实现的。由于阀的开、闭是作上、下移动,且是在活塞往复移动两次、曲轴转两转的范围内各开闭一次。即只

能在活塞的某一对应行程中完成开闭运动,在曲轴转2转这一工作循环的时间内,阀几乎有一半的时间是停止不动的。可见,这就需要将曲轴的连续转动转换为阀的间隙移动,并且要适时配合。为此,在曲轴上装有与它一起转动的齿轮5,并以曲线齿廓相接触与大齿轮6形成可动联接,推动大齿轮6绕轴线A-A旋转。而且5转两转,6转一转,转向相反。与6一起转动的凸轮轴7上装有进、排气凸轮,凸轮轮廓的向径是变化的,它与进、排阀的挺杆接触(见图0-1c)形成可动联接,凸轮连续转动就推动阀或上下移动或停止不动,从而实现了上述要求的运动形式的转换和协调配合。

由以上可知,内燃机的运动学组成,除由构件1、2、3、4所组成的实现移动与转动转换的主要部分外,还有可实现旋转运动的传递并改变其大小与方向的,由构件1、5、6组成的部分,以及把连续转动转换为间隙移动的,由1、7、8所组成的部分。可见,这3个构件系统,由于它们的构件形状,特别是形成可动联接、相互接触部分的形状不同,以及构件数量的不同,各自具有不同的运动传递与转换的特征。则把这类由两个以上的构件相互直接接触,具有一定形状的可动联接结构和一定运动传递与转换特征,各构件间具有确定的相对运动规律的系统称为机构。

根据可动联接的结构形状及运动传递与变化特征,可以把机构分为若干种类。例如,上述内燃机中,由1、2、3、4构件所组成的系统,称为曲柄-滑块机构;由1、5、6构件所组成的称为齿

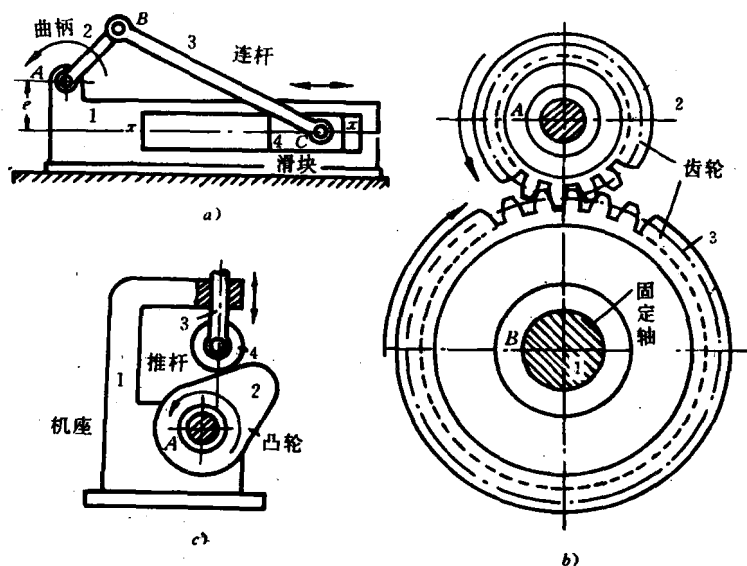


图 0-4

轮机构;而由1、7、8构件所组成的则称为凸轮机构。这3种常用机构的典型结构示意图如图0-4所示。常用的机构还有如图0-5所示将转动变换为往复摆动的:a)曲柄摇杆机构;b)摆动导杆机构;c)摆动从动杆凸轮机构等。图0-6为其它常见的传递与变换连续转动的机构:a)皮带传动;b)链传动;c)摩擦轮机构;d)双曲柄机构等。图0-7所示为可将连续转动和往复摆动变换为间隙运动的槽轮机构a)和棘轮机构b)。图0-8则为通过流体介质来传递力和运动的机构:a)为液动旋转机构。叶轮1的旋转驱使液体由b流向c,并作用于叶轮2的叶片上推动它旋转;b)为液动式移动机构。

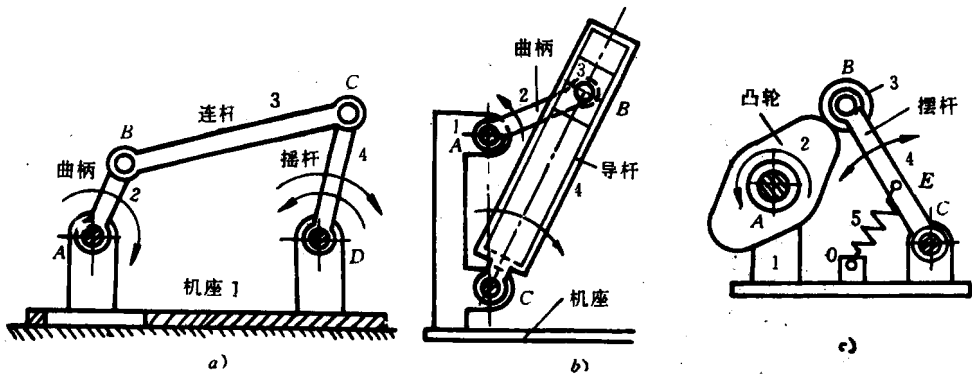


图 0-5

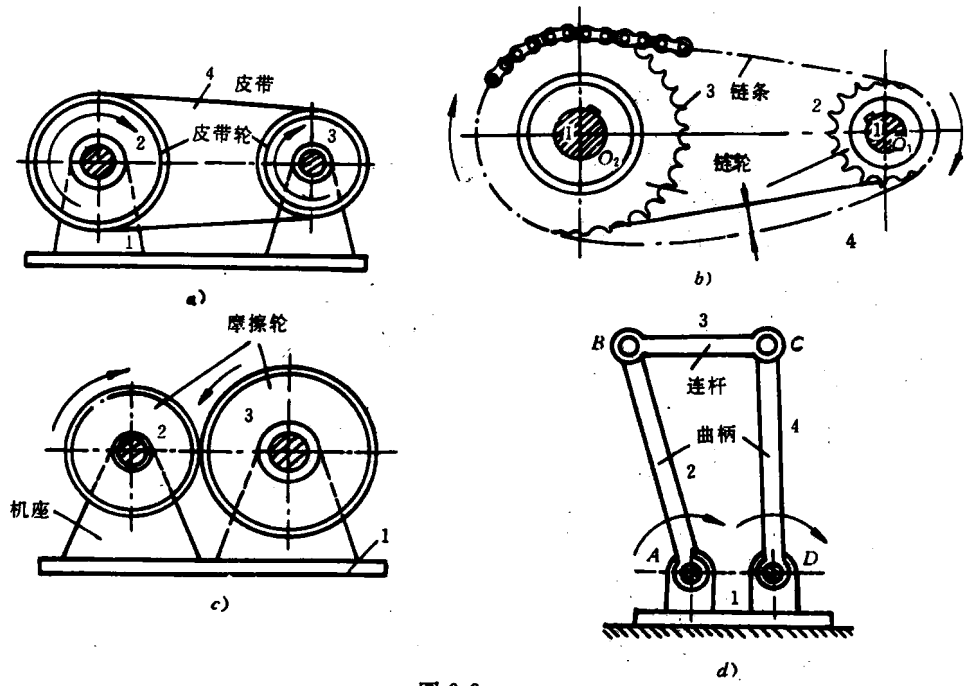


图 0-6

通过以上的机构举例可知，机构可以按一定规律实现机械运动的运动形式及位移、速度、加速度等运动参量的大小与方向的变换。作为传递与变换运动的介质——构件，可以是刚性体，也可以是挠性体（皮带、链条等）、液体或气体。

机器，是由一种或几种机构所组成。凡需要实现某种运动传递与变换的场合，都可以采用对应的某种机构。通过这些典型机构的不同组合，就可以实现各种各样的运动要求，完成各种工作要求，创造出千差万别、各种功用的机器。所以，机构是一切机器的共性组成部分。机器根据功用不同，种类很多，而机构的种类是有限的。总括起来，常用的典型机构有平面连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、间隙运动机构，以及摩擦传动机构和气、液动机构等。《机械原理》是研究机器的共性规律，故本课程的主要研究对象就是各常用典型机构。

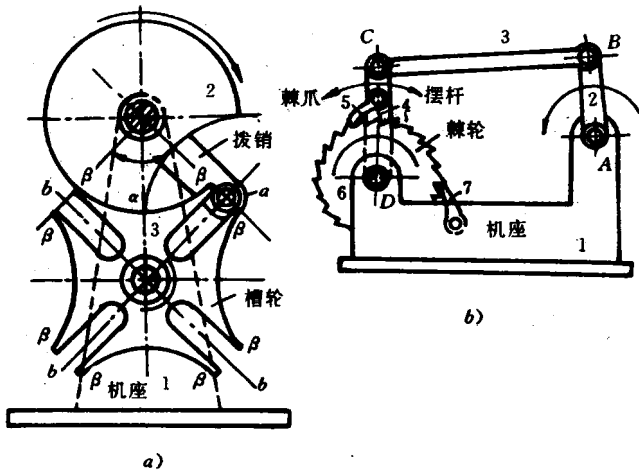


图 0-7

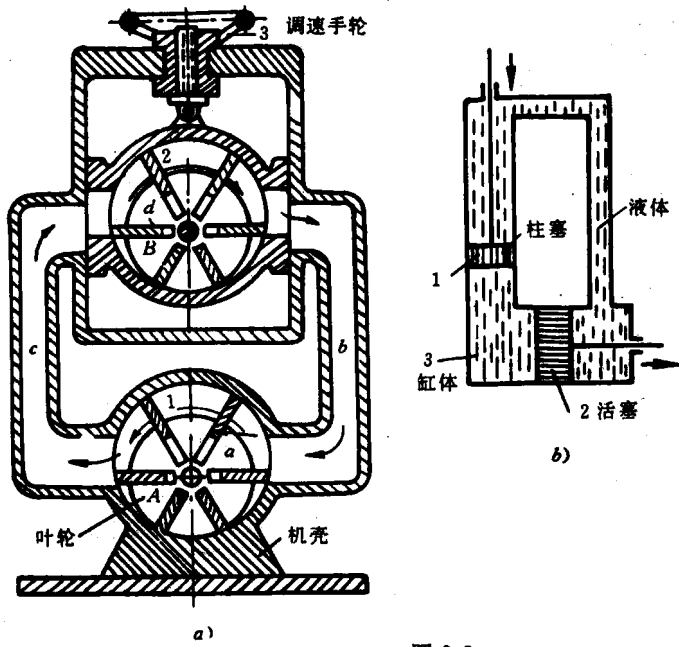


图 0-8

## 二、机械原理课程学习的内容与目的

机械原理的研究对象,主要是各种常用机构。通过学习,了解和掌握机构的组成及工作原理;掌握机构分析的基本方法与技能;熟悉常用机构的运动特性和动力特性;对常用基本机构的运动学设计及机械传动系统方案的拟定与机构选型等有一定了解。为正确使用各种机械设备,为改进现有机械和创造新机械打下必备的基础。

本课程的内容主要包括以下几个方面:

### 1. 机构分析

(1) 平面机构的结构分析 主要研究构件及构件间的可动联接的型式与种类;要组成各构件间具有确定的相对运动规律的机构,其构件与可动联接的种类与数目应满足的条件;以及根据结构特征,分析机构的组成原理及分类等。

(2) 机构的运动分析 研究在机构的结构类型、运动学尺寸及原动件运动规律已知的条件下,确定其它各可动构件和构件上某些点的运动参数的方法。通过运动分析,认识和了解机构的运动特性,并为机构的受力分析提供依据。

(3) 机构的力分析 包括机构的静力分析和动态静力分析。本课程主要研究考虑摩擦的机构静力分析和简单机械的效率与自锁条件。这是认识与评价机构性能优劣的一个重要内容,也为机械零件的强度设计和原动机的选择提供依据。

机构分析,是了解与掌握机构的特性,正确应用机构所必不可少的重要内容。它为改进与设计机构提供了依据,也是机构设计的基础。

## 2. 常用机构的设计

常用机构的设计主要讨论平面连杆机构、凸轮机构及齿轮机构等常用基本机构的应用特点和分类;它们的运动和传力特性的评定及其分析计算;以及按给定运动要求,确定机构尺寸的方法。后一内容常称为机构的运动学设计或机构综合。

## 3. 机械动力学

主要研究机械中的力及其在所有力(包括外力及惯性力)作用下的真实运动状态。研究机械运转过程中引起振动、冲击噪声及运动不稳定的原因及其减小与消除的措施。这是现代机械中的非常重要的内容。本课程主要讨论其中的一些基本内容,了解一些基础知识,介绍机械惯性力的平衡及机械运转不均匀产生的原因及其调节方法。

## 4. 机械传动系统方案的拟定及机构选型

主要讨论根据机械的工作要求,确定机械传动系统方案的内容与步骤,以及按方案各组成部分的功用与相互关系,选择合适的机构类型,确定机构的基本设计参数的基本原则和方法。

## 三、机械原理在教学计划中的地位与作用

本门课程是在学习了数学、力学、金属工艺学及机械制图等基础课程后,应用所学的基础理论与方法,应用已有的知识,来分析解决“机械”这一实际工程对象的共性规律问题。它是前修理论基础课和技术基础课的综合应用与扩展,又为后继课程(如“机械设计”及专业课等)的学习和今后的技术工作打下必备的基础,是机械类专业的一门重要的技术基础课。在整个专业培养计划中,起到承上启下的作用;是由理论到与实际工程问题相结合的重要转折,起到培养学生分析与解决实际机械工程问题的能力的作用。对增强学生对机械技术工作的适应能力和在今后的四化建设中发挥才能,也必将起到重要的重用。

学习本课程,要注意理论联系实际,注意学习如何应用基本理论分析与解决实际工程问题的方法,注意能力的培养。要重点掌握常用机构的工作原理及其特性与应用,掌握基本概念和机构的基本分析方法,掌握计算、绘图与实验、测量等基本知识和技能。

# 第一章 机构的结构分析

## § 1-1 研究机构结构的内容和目的

由绪论所述可知,机构是由若干构件联接而成的,而且各构件之间具有确定的相对运动。但各构件之间是如何联接的,以及要满足什么条件才能成为机构,这是设计新机构时必须解决的问题。因此,研究机构结构的目的一,就是要探讨构件组合成为机构的方法与条件。

机构的结构型式很多,因此,有必要研究它们在结构方面的区别和内在联系,根据机构应满足的条件进一步分析机构是如何组成的,并根据它们的结构特点进行分类,以便按分类来建立机构运动和动力分析与设计的一般方法,了解它们的特性和应用。研究机构的结构还可以指示出创造新机构的途径。因此,机构的结构分类也是机构结构分析的目的之一。

机构的实际结构和外形往往是十分复杂的。在研究机构的运动和动力特性时,没有必要把机构的实际形状和具体构造画出来,只需根据构件的联接特征和与运动有关的尺寸,用简单的线条和符号绘出简图。利用这种简图对机构进行分析研究是十分方便的。因此,本章还要介绍如何绘制机构运动简图。

## § 1-2 机构的结构要素

### 一、构件

如前所述,构件是机构中传递机械运动和力的实体,是运动的独立单元。机构是由若干构件联接而成的,所以构件是机构结构的基本要素。应当指出,机构中的构件大多数是由弹性材料制成的。严格地说,这些构件都是弹性构件。但由于一般机构中构件的刚度较大,可以近似的视为刚性构件。这样,机构的分析和设计就简单得多,而且也能满足一般工程的要求。

机构的基本特征是各构件间具有确定的相对运动。机构的基本功用是实现机械运动的传递和变换。构件是机构的基本组成要素,则主要是考虑其运动学性质。由理论力学知,刚体的运动可分为空间运动和平面运动。空间运动刚性构件有6个独立运动,而作平面运动的构件有3个独立运动。如图 1-1 所示,自由构件在  $xoy$  平面坐标系的3个独立运动是:沿  $x$  轴和  $y$  轴的移动;绕垂直于  $xoy$  平面的轴的转动。这3个独立运动可以用3个独立参变量(任一基点  $A$  的坐标  $x$  和  $y$ ,以及任一直线的倾角  $\theta$ ) 来描述。因此把构件所具有的独立运动

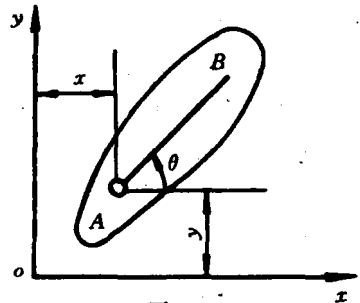


图 1-1



数目(或确定构件位置的独立参变量的数目)称为构件的自由度。显然,作平面自由运动的构件有 3 个自由度。本书将主要研究由平面运动构件组成的平面机构。

## 二、运动副、约束及其分类

在由若干构件组成的机构中,为了能传递和转换运动,每个构件都以一定的方式与其它构件既保持直接接触,又能产生一定的相对运动。两构件间的这种直接接触的可动联接称为运动副。例如图 1-2a) 所示的轴与轴承之间的联接;图 b) 所示的滑块与导槽之间的联接;图 c) 所示的轮齿与轮齿之间的联接;图 d) 所示的凸轮与从动件之间的联接都构成运动副。

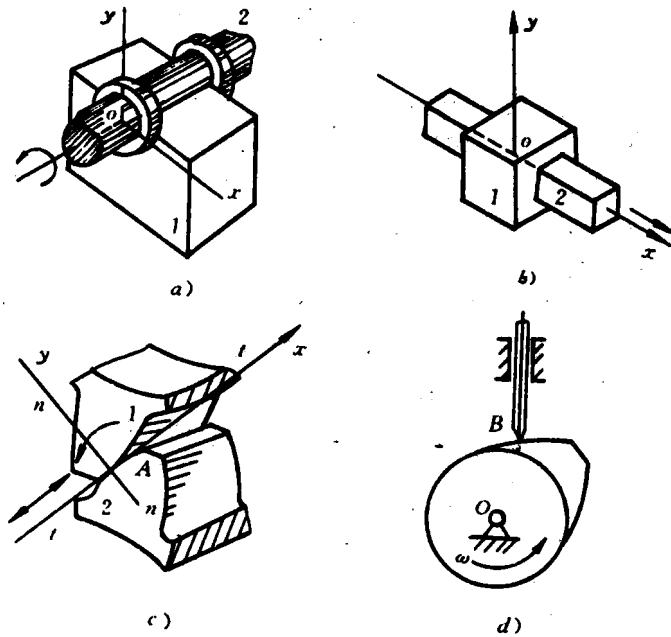


图 1-2

两构件构成运动副的直接接触不外乎点、线、面 3 种。例如图 1-2d) 中所示的运动副为点接触,图 c) 所示的运动副为线接触,图 a) 和图 b) 所示的运动副为面接触。这些参与接触而构成运动副的点、线、面称为运动副元素。

运动副按其联接的两构件间的相互运动是平面运动还是空间运动,可分为平面运动副和空间运动副。

机构是由若干构件经运动副联接而成的,按照机构各构件的运动性质,可将机构分为平面机构和空间机构。所有构件都只能在相互平行的平面上运动的机构称为平面机构;至少有两个构件的运动不在相互平行的平面上运动的机构称为空间机构。本章仅讨论平面运动副和平面机构的有关问题。

当自由构件与其它构件用运动副联接之后,自由构件相对所联接构件的运动将受到限制,其相对自由度必将减少。例如图 1-2a) 所示,构件 1 和 2 用运动副联接后,构件 2 相对构件 1 沿  $x$  和  $y$  方向的移动受到限制。这种对独立运动所加的限制称为约束。由此可见,一构件对另一构件所施加的约束是通过运动副来实现的,而约束的多少和性质完全决定于运动副的结构形式。下面来讨论平面运动副的约束性质及其分类。