



机械设计基础

主编 陈良玉 王玉良 马星国 李 力



NEUPRESS
东北大学出版社

PDG

机械设计系列教材

机械设计基础

主 编 陈良玉 王玉良
马星国 李 力

东北大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础/陈良玉等主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2000.9
ISBN 7-81054-555-8

I. 机… II. 陈… III. 机械设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 43559 号

内 容 简 介

本书是根据 1995 年由国家教委课程教学指导委员会审定通过、经国家教委批准的高等工业学校《机械设计基础课程教学基本要求 (多学时及少学时)》编写而成的。

全书除绪论外, 共分 18 章。前 7 章介绍了常用机构及机器动力学的基本知识, 后 11 章介绍了通用零 (部) 件的工作原理、特点及设计计算方法等。

本书可作为高等工业学校非机械类各专业机械设计基础课的教材, 也可供从事机械设计、制造和维修等工作的有关工程技术人员参考。

©东北大学出版社出版

(沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 邮政编码 110006)

电话: (024) 23890881

传真: (024) 23892538

网址: <http://www.neupress.com> e-mail: neuph@neupress.com

北宁市印刷厂印刷

东北大学出版社发行

开本: 787×1092 1/16

字数: 500 千字

印张: 19.25

印数: 1~4600 册

2000 年 9 月第 1 版

2000 年 9 月第 1 次印刷

责任编辑: 孙铁军 冯淑琴

责任校对: 冯 伟

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

定价: 25.00 元

前 言

本书是根据 1995 年由国家教委课程教学指导委员会审定通过、经国家教委批准的高等工业学校《机械设计基础课程教学基本要求(多学时及少学时)》编写而成。它适用于近机械类、非机械类各专业机械设计基础课的教学。书中带 * 号的章节为多学时课程的增选内容。

机械设计系列教材是由辽宁省高等工科机械基础课程教学研究会、东北大学国家工科机械基础课程教学基地、东北大学出版社共同组织编写。本书是机械设计系列教材之一,是近机械类、非机械类专业机械设计基础的主教材。

在编写本书过程中,本着“打好基础,精选内容,逐步更新,利于教学”的精神,突出本门课程所必需的基本理论、基本知识和基本技能,以满足教学基本要求为前提,精选编写内容。

本书采用最新国家标准和资料,并采用我国法定的计量单位。

为了便于组织教学,从认识规律和循序渐进的原则出发,将机械原理和机械设计的内容集中在一起,即前 7 章介绍常用机构及机器动力学的基本知识,后 11 章介绍通用零(部)件的工作原理、特点及设计计算方法等。

本书编写人员有:陈良玉(绪论、第十一章),王玉良(第一章、第十章),徐萃萍(第二章)、王琦(第三章),张钰(第四章),于洪思(第五章),孙春一(第六章),王丹(第七章),孙志礼、王君玲(第八章),马星国(第九章、第十八章),李力(第十二章),巩云鹏(第十三章),曾海泉(第十四章),鄢利群(第十五章),何雪宏(第十六章),邵伟平(第十七章)。由陈良玉、王玉良、马星国、李力担任主编。本书由丁津原、王金任主审。

限于编者的水平,书中难免有不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2000 年 6 月

目 录

前 言

绪 论	1
第一节 机械及其组成	1
第二节 本课程的研究内容、性质和任务	3
第一章 平面机构运动简图及自由度	4
第一节 平面机构的组成	4
第二节 平面机构的运动简图	5
第三节 平面机构的自由度	7
习 题	10
第二章 平面连杆机构	12
第一节 概 述	12
第二节 平面四杆机构的基本特性	14
第三节 铰链四杆机构存在曲柄的条件	17
第四节 平面四杆机构的演化	18
第五节 平面四杆机构的设计	19
习 题	25
第三章 凸轮机构	27
第一节 概 述	27
第二节 从动件的运动规律	29
第三节 图解法设计凸轮轮廓	31
第四节 凸轮机构基本参数的确定	34
习 题	37
第四章 齿轮机构	38
第一节 齿轮机构的特点和分类	38
第二节 齿廓啮合基本定律	39
第三节 渐开线齿廓的啮合性质	40
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和基本尺寸	42
第五节 渐开线齿轮的啮合传动	45
第六节 渐开线标准齿轮的公法线和固定弦齿厚	47
第七节 渐开线齿轮的加工方法及变位齿轮	48
第八节 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	51

第九节 圆锥齿轮机构	54
习 题	58
第五章 轮 系	59
第一节 概 述	59
第二节 定轴轮系的传动比计算	59
第三节 周转轮系及其传动比计算	61
第四节 混合轮系及其传动比计算	63
第五节 轮系的应用	64
第六节 几种常用的行星传动简介	67
习 题	70
第六章 间歇运动机构	72
第一节 棘轮机构	72
第二节 槽轮机构	76
第三节 不完全齿轮机构	79
习 题	79
第七章 平衡与调速	80
第一节 回转体的平衡	80
第二节 机械速度波动的调节	87
习 题	93
第八章 机械设计概述	96
第一节 机械零件的主要失效形式	96
第二节 机械零件的工作能力及工作能力准则	96
第三节 机械零件设计的一般步骤	98
第四节 机械零件的强度	98
第五节 摩擦、磨损和润滑基础	103
第六节 机械零件的常用材料	107
第七节 机械零件的工艺性及标准化	111
第九章 联 接	113
第一节 螺纹联接	113
第二节 螺旋传动	129
第三节 键和花键联接	132
第四节 过盈配合联接	136
习 题	137

第十章 带传动和链传动	139
第一节 带传动的类型和特点	139
第二节 带传动的工作情况分析	141
第三节 普通 V 带传动的设计计算	145
第四节 V 带传动的结构设计	150
第五节 链传动的特点、类型及应用	155
第六节 滚子链与链轮	157
第七节 链传动的运动分析和受力分析	161
第八节 链传动的设计计算	163
第九节 链传动的布置与润滑	167
习 题	170
第十一章 齿轮传动	171
第一节 齿轮传动的失效形式和计算准则	171
第二节 齿轮材料	173
第三节 齿轮传动的载荷计算	175
第四节 标准直齿圆柱齿轮的强度计算	179
第五节 齿轮精度、设计参数选择及许用应力	185
第六节 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	191
第七节 标准直齿锥齿轮传动的强度计算	195
第八节 齿轮的结构设计	196
第九节 齿轮传动的润滑	199
习 题	200
第十二章 蜗杆传动	202
第一节 概 述	202
第二节 圆柱蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算	203
第三节 蜗杆传动的承载能力计算	207
第四节 蜗杆传动的效率、热平衡计算及润滑	210
第五节 蜗杆和蜗轮的结构	213
习 题	215
第十三章 轴	217
第一节 概 述	217
第二节 轴的结构	219
第三节 轴的计算	222
习 题	228

第十四章 滚动轴承	229
第一节 概 述.....	229
第二节 常用滚动轴承的类型、代号及选择	230
第三节 滚动轴承的选择计算.....	235
第四节 滚动轴承的静强度计算.....	242
第五节 滚动轴承的组合设计.....	244
习 题.....	248
第十五章 滑动轴承	249
第一节 概 述.....	249
第二节 滑动轴承的结构形式.....	249
第三节 滑动轴承的失效形式、轴承材料与轴瓦结构	251
第四节 滑动轴承的润滑.....	256
第五节 非液体润滑滑动轴承的设计计算.....	259
第六节 液体动压润滑轴承.....	261
第七节 其他形式滑动轴承简介*	263
习 题.....	265
第十六章 联轴器和离合器	266
第一节 联轴器.....	266
第二节 离合器.....	271
习 题.....	273
第十七章 弹 簧	274
第一节 概 述.....	274
第二节 弹簧的材料、许用应力和制造	275
第三节 圆柱形压缩(拉伸)螺旋弹簧的结构和尺寸.....	278
第四节 圆柱形压缩(拉伸)螺旋弹簧的设计计算.....	280
第五节 其他弹簧简介.....	285
习 题.....	287
第十八章 设计方法学概述	288
第一节 设计方法学基本概念.....	288
第二节 设计方法学的设计进程.....	288
参考文献	297

绪 论

第一节 机械及其组成

机械是人类在劳动实践中创造出来的生产工具。机械在人类文明的进步中起到了重要作用。人类利用机械可以减轻劳动强度,改善劳动条件,提高产品质量和劳动生产率。国民经济的各行各业都在使用着型式、结构和用途不同的机械,现代化生产离不开机械。机械工业是国民经济中的一个重要门类,它为国民经济各部门提供技术装备。因此,机械工业的发展水平是一个国家和地区社会生产力水平的重要标志。

在实际生产中使用着各种各样的机械。下面通过两个实例来分析机械的组成。

图 0-1 所示为内燃机。它主要由气缸 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、进排气凸轮 7 和 8、进排气阀推杆 9 和 10 等组成。在燃气的推动下活塞在气缸内作往复移动,并通过连杆使曲轴转动,从而把燃气产生的热能转换为曲轴转动的机械能。固定在曲轴上并与曲轴一起转动的齿轮 5 带动齿轮 6,齿轮 6 与凸轮 7 和 8 装在同一根轴上,凸轮 7 推动推杆 9 使进气阀开启和关闭,使可燃混合气体定时地进入气缸燃烧;凸轮 8 定时地推动推杆 10 使废气排出。这样就实现了曲轴的连续转动。内燃机是一种常用的动力源。

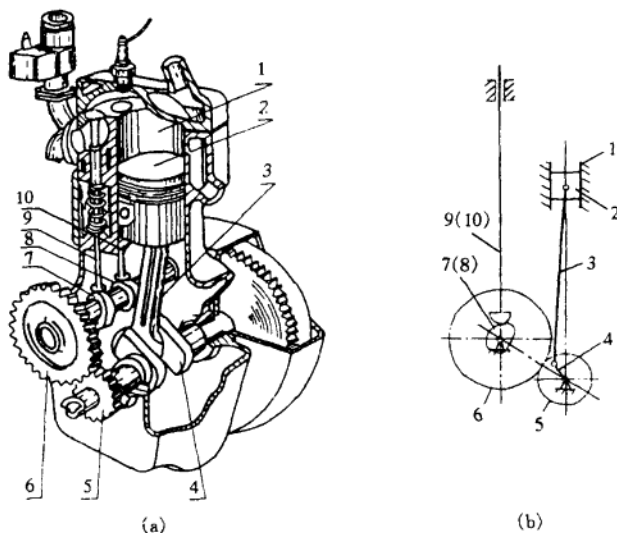


图 0-1 内燃机

图 0-2 所示为颞式破碎机。电动机轴上安装一个 V 带轮,它与电动机轴一起转动,通过 V

带3驱动大带轮4,大带轮与偏心轴5一起转动,从而带动动颚6运动,动颚被联在肘板8上,动颚与固定不动的定颚7之间形成破碎腔,动颚在运动过程中把物料破碎。颞式破碎机是一种破碎机械,它广泛应用于选矿、建材和化工等工业中。

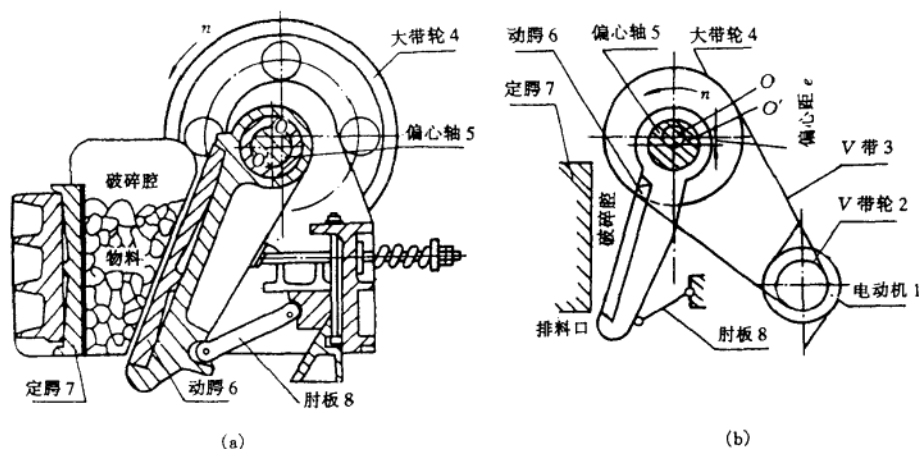


图 0-2 颞式破碎机

从运动的角度来说,机械是由机构组成的。机构能实现确定的相对运动,从而完成运动的传递或变换。如内燃机中的曲柄滑块机构能把活塞的往复移动转换为曲轴的旋转运动;齿轮机构实现曲轴和凸轮轴之间的转速变换;凸轮机构把凸轮轴的转动转换成推杆的往复移动。颞式破碎机中的四杆机构把偏心轮的转动转换成动颚的平面运动。

从做功和能量转换的角度来说,能实现确定的相对运动,又能做有用功或完成能量形式转换的机械称为机器。

显然,机构和机器在运动学上并无区别,所以一般把机构和机器统称为机械。

从制造加工的角度来说,机械是由零件组成的。零件是机械中每个能单独加工的单元体,即制造加工单元。机构是由构件组成的,构件是机构中每个作整体相对运动的单元体,即运动单元。构件可以是一个零件,也可以是由若干个零件联接在一起构成的刚性结构。例如,图 0-3(a)所示的曲轴和图 0-3(b)所示的连杆都是一个构件。曲轴构件只有一个零件,而连杆则是由连杆体1,轴瓦2,螺栓、螺母和垫圈3,4,5,垫片7和连杆盖8等零件组成的刚性结构。为了便于加工、装配及维修,若干个零件可以组成一个部件,进行整体的加工、装拆及检测。有的部件甚至包含几个机构,几个小部件还可以组成一个大部件。

机械中普遍使用的机构,如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等,称为常用机构。在各种机械中经常使用的零件,如齿轮、轴、螺栓等,称为通用零件。只能在一定类型的机械中使用的零件,如内燃机中的曲轴、活塞等称为专用零件。有一些零(部)件在尺寸、材料、结构和性能上已标准化和系列化,如螺栓、滚动轴承等,这类零(部)件称为标准零(部)件。

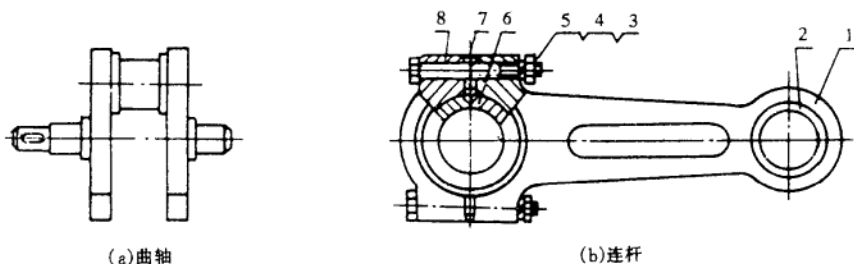


图 0.3 构件与零件

第二节 本课程的研究内容、性质和任务

一、本课程的研究内容

机械设计基础课程的主要研究内容是:机械设计的基本原则、基本理论及方法;常用机构、机械传动和通用机械零件的工作原理、性能、结构特点、基本设计计算方法。另外,还介绍机器动力学(如平衡和调速)的基本知识,简要介绍有关国家标准及规范的运用,以及一些标准零(部)件的选用原则和方法。

二、本课程的性质和任务

机械设计基础课程是一门技术基础课。本课程综合运用机械制图、工程力学、工程材料与机械制造基础等先修课程中的知识,来研究解决机械设计中的共性问题,为以后进一步学习各专业课程中的有关机械的内容或各有关专业机械设备的课程打下一定的基础。本课程在培养采矿、选矿、冶金、动力、加工、石油、化工、土建、铸造等专业的工程技术人员方面起着一定的作用。国民经济物质生产过程中的机械化、自动化水平正在不断提高,机械设备在各个部门都得到广泛应用。对于各个行业从事工程技术工作的人员来说,机械设备的管理、使用及维护、技术革新中涉及到的机械设备方面的问题,都需要掌握一定的机械方面的基本知识。这样才能更好地为生产的技术进步、生产力水平的提高和经济建设的发展服务。这就是高等工科学校各有关专业的学生学习机械设计基础课程的目的和任务。

通过对本课程的学习,应达到如下要求:

- (1) 掌握机械设备的使用和维护的基础知识;
- (2) 掌握机械中常用机构、通用零(部)件及标准零(部)件的工作原理、结构、性能特点、选用及设计计算方法;
- (3) 具备设计简单的机械传动装置和进行机械设计方案研究的初步能力。

本课程是一门涉及知识面广,并且偏重于应用的课程。学习中要重视理论联系实际,注重分析和解决问题的方法,学会综合运用本课程的知识来解决具体的机械设计问题。

第一章 平面机构运动简图及自由度

一台机器即是一个系统,它的外形及结构都很复杂,为便于分析研究,在方案设计时,通常用简单的线条和符号来表示实际的机械。工程技术人员应当熟悉机构运动简图的绘制方法。

机构各构件之间应具有确定的相对运动,那么机构满足什么条件构件间才具有确定的相对运动,对于分析现有机构或设计新机构都是十分重要的。

组成机构的所有构件都在同一平面内或几个相互平行的平面内运动,则称这种机构为平面机构,否则称空间机构。工程中常见的机构大多属于平面机构。本章只研究平面机构的组成、运动简图的绘制、自由度的计算及机构具有确定运动的条件。

第一节 平面机构的组成

为分析机构的组成以及机构具有确定运动的条件,必须首先研究构件间的联接形式即运动副。

一、运动副及其分类

机构中的每个构件都以一定方式与其他构件相互联接。两个构件直接接触并能产生一定的相对运动的联接称为运动副。

两个构件组成运动副,不外乎通过点、线或面的接触来实现。按接触方式,将运动副分为低副和高副两类。

(1) 低副 两构件通过面接触组成的运动副称为低副。平面机构中的低副有回转副和移动副两种。

① 回转副 若组成运动副的两构件只能在一个平面内相互转动,这种运动副称为回转副或称为铰链。如轴在滑动轴承中的转动,图 1-1 为两个杆件 1, 2 通过销轴的联接, (a) 为回转副的实际结构; (b) ~ (e) 为回转副的简图符号。

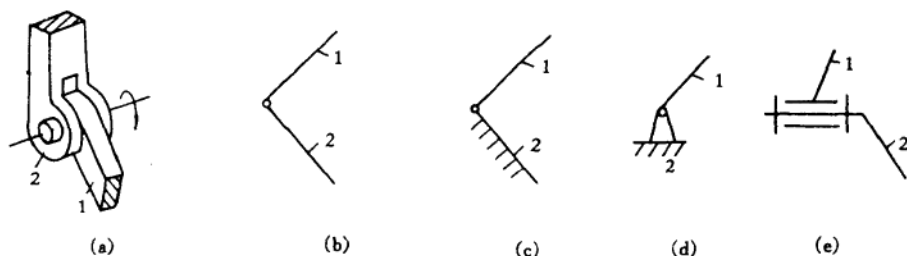


图 1-1 回转副及其表示符号

② 移动副 若组成运动副的两构件只能沿某一轴线相对移动,这种运动副称为移动副。如活塞在汽缸中的运动,见图 1-2。 (a) 为移动副的实际结构; (b) ~ (e) 为移动副的简图符号。

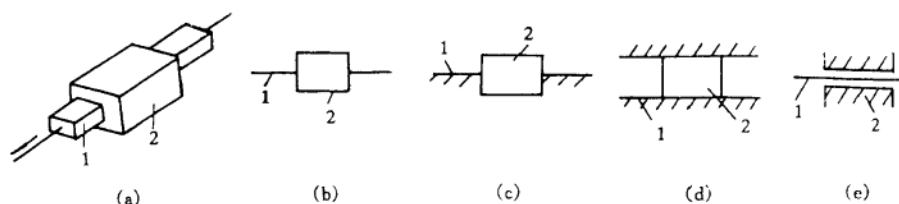


图 1-2 移动副及其表示符号

(2) 高副 两构件通过点、线接触组成的运动副称为高副。例如车轮与轨道、凸轮与从动件、两齿轮齿廓间的接触。如图 1-3 所示。(a), (b) 为高副的实际结构; (c), (d) 为高副的简图符号。

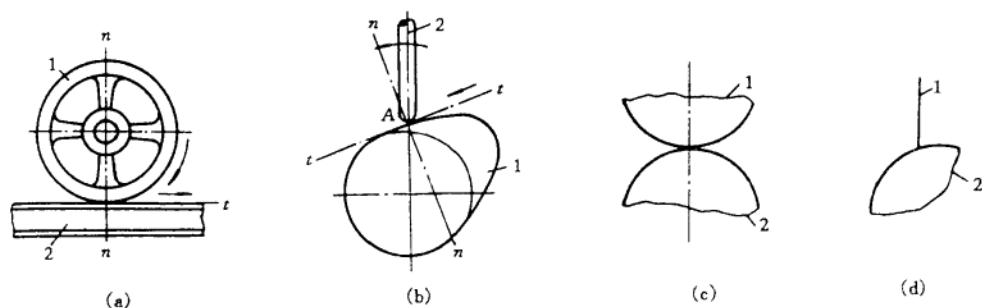


图 1-3 高副及其表示符号

二、机构的组成

构件用运动副联接起来则组成了机构。机构中的构件可分为三类。

(1) 固定构件(机架) 是用来支承运动构件的构件。通常机架相对地面是不动的, 以机架作为参考坐标来描述其他构件的运动情况。

(2) 原动件(主动件) 是运动规律已知的活动构件。它的运动由原动机(电动、液动或气动等)输入, 故又称输入构件。

(3) 从动件 是机构中随着原动件的运动而运动的其余活动构件。其中输出预期运动规律的从动件称为输出构件, 它的运动规律取决于原动件与中间传递运动的从动件的尺寸。

第二节 平面机构的运动简图

实际构件的外形和结构往往很复杂, 在研究机构的运动时, 由于构件之间的相对运动仅与运动副的形式和运动副之间的相对位置有关, 为使问题简化, 不必考虑与运动无关的因素, 仅用简单的线条和符号来表示构件和运动副, 并按比例定出各运动副的位置。这种说明机构各构件间相对运动关系的简化图形, 称为机构运动简图。

常用机构的运动简图符号见表 1-1。

表 1-1

机构简图中常用符号(摘自 GB4460-84)

名 称	基 本 符 号	名 称	基 本 符 号
齿轮传动 圆柱齿轮		联轴器不 指明类型	
锥 齿 轮		弹性联轴器	
蜗轮与圆 柱 蜗 杆		制 动 器	
带 传 动		向心普通轴 承一般表示	
		单向向心推 力普通轴承	
		电 动 机	
链 传 动		盘形凸轮	

下面以图 1-4 所示的发动机配气机构为例,说明绘制机构简图的方法和步骤。

(1) 明确机构的组成 配气机构由凸轮 1、滚子 2、摆杆 3、阀芯 4、阀体 5, 5 个构件; 3 个回转副 A, C, D; 1 个移动副 F 和 2 个高副 B 和 E 组成。

(2) 分析机构的运动 从原动件开始, 按运动传递顺序依次进行。原动件凸轮 1 按顺时针方向转动, 通过滚子带动摆杆绕回转副 D 转动, 由高副 E 与弹簧的作用使阀芯作往复运动来实现阀门的启闭。

(3) 选择视图平面 一般选择与各构件运动平面相互平行的平面作为机构简图的视图平面, 这样比较容易表达清楚机构的组成和运动情况。当一个视图不足以表达清楚时, 可以再增加视图或局部视图。此配气机构的视图平面与纸面平行。

(4) 绘制机构简图 选定适当的比例尺, 根据实际机构运动副的位置和构件的尺寸用规定的符号从原动件开始, 依次绘出机构的运动简图。机架画上阴影线, 原动件用箭头示出运动方向。图 1-4(b) 即为绘出的配气机构的运动简图。

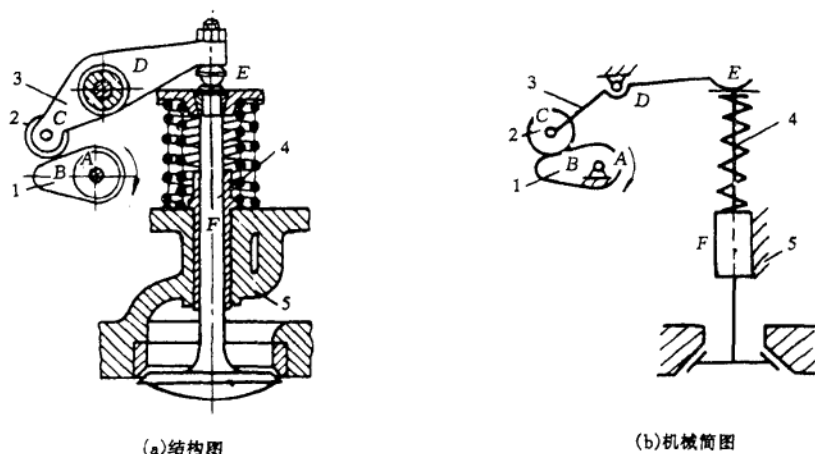


图 1-4 发动机配气机构

第三节 平面机构的自由度

一、构件的自由度

一个作平面运动的自由构件具有三个独立运动。如图 1-5 所示, 在 xOy 坐标系中, 构件 S 可随其上任一点 A 沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕 A 点转动。构件的这种独立运动称为自由度。一个作平面运动的自由构件有 3 个自由度, 即用构件上任意一点 A 的 x, y 坐标, 以及过点 A 任意直线 AB 的倾角 α 三个参数来描述。

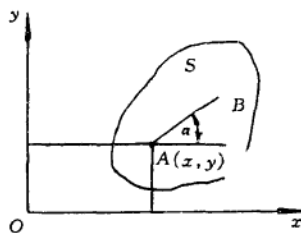


图 1-5 构件的自由度

二、运动副的约束

两构件组成运动副后, 由于构件间的直接接触使某些独立运动受到了限制, 自由度随之减少。对独立运动所加的限制称为约束。不同类型的运动副引入的约束不同, 所保留的自由度也不同。例如如图 1-1 所示的回转副, 约束了两个移动自由度, 保留了一个转动自由度; 而移动副(图 1-2)约束了沿某一轴方向的移动和平面内转动两个自由度, 保留了沿另一轴方向移动