

机械机构及应用

第2版

▶▶ 陈国华 编著

JIXIE JIGOU JI YINGYONG



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械机构及应用

第2版

陈国华 编著



机械工业出版社

本书对各种机械机构的概念、类型、工作原理、应用以及必要的设计计算作了较详细的阐述。内容包括运动变换机构、平面四杆机构运动轨迹图析及应用启示、调节机构、测微放大机构、解算机构、间歇转位机构、快速夹紧机构、快锁机构、滚动摩擦直线导向机构、气动机构、进料自动化机构、xyz 三维传动机构、电磁式间歇传动机构、传动保险机构、机构力系的平衡及增力机构，还给出机构的综合应用。

本书按机构的功能分章，便于查阅和应用，并且图文表达简洁、清晰。

本书资料性强、有实用参考价值，可供从事机械设计的技术人员和有关院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械机构及应用/陈国华编著. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2013. 3

ISBN 978-7-111-35937-1

I. ①机… II. ①陈… III. ①机构学 IV. ①TH112

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 033259 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 黄丽梅 责任编辑: 黄丽梅 陈建平

版式设计: 霍永明 责任校对: 姜 婷

封面设计: 陈 沛 责任印制: 张 楠

北京玥实印刷有限公司印刷

2013 年 5 月第 2 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 20.75 印张 · 401 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-35937-1

定价: 48.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

社服务中心: (010)88361066

销售一部: (010)68326294

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

策划编辑: (010) 88379770

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

科学技术和工业的发展离不开机械的应用，因此机械工业成了各种工业的基础。而工业的机械化、自动化和现代化，必须将机械技术与其他学科技术有机地结合才能得以实现。

任何机械设备、机电产品、器械或各种装置，都有其预定的运动规律和功能。要完成预期的运动和动作，就需要用相应的机械机构来实现。所以，机械机构是构成机械运动装置的重要部件，机械机构的设计是机械设计必备的技术基础和技能。

任何机械设计，至关重要的都是根据运动规律和动作功能要求，选择合适的机构，并作灵巧的设计。这是体现机械设计的合理性和先进性的一个重要环节。

机械机构是形式多样的功能部件，只有对各种机构有全面和深刻的了解，才能在设计中得心应手和充分发挥创造性。

作者长期从事科研和与生产有关的机械和自动化设计工作，对机电设备和产品的结构设计及机械化和自动化制造有较深入的研究，对各类机构作了较全面和深入的分析 and 归纳，积累了很多经验，有较多体会，特此编写本书，敬献给广大读者，并恳请赐教，批评指正，不胜感激。

作 者

目 录

前言

第 1 章 机械机构及其设计概述	1
1.1 基本概念	1
1.2 设计要求	2
1.3 设计原则	4
第 2 章 运动变换机构	7
2.1 直线→直线、回转、摆动的运动变换机构	7
2.2 回转→直线、回转、摆动的运动变换机构	13
2.3 摆动→直线、回转、摆动的运动变换机构	22
2.4 复合运动机构	26
第 3 章 平面四杆机构运动轨迹图析及应用启示	30
3.1 平面四杆机构的特点、类型和运动特性	30
3.2 曲柄摇杆机构运动轨迹	33
3.3 双曲柄机构运动轨迹	35
3.4 双摇杆机构运动轨迹	41
3.5 平面四杆机构的演变机构运动轨迹	47
第 4 章 调节机构	53
4.1 设计原则	53
4.2 螺旋调节机构	59
4.3 组合式微动调节机构	64
4.4 摩擦调节机构	71
第 5 章 测微放大机构	80
5.1 测微放大机构的基本类型及其原理	80
5.2 杠杆式测微放大机构	82
5.3 机-光杠杆式测微放大机构	93
5.4 杠杆-齿轮式测微放大机构	95
5.5 齿轮式测微放大机构	97
第 6 章 解算机构	100

6.1	加法机构	100
6.2	乘法机构	105
6.3	平方和开方机构	109
6.4	三角函数机构	111
6.5	微分和积分机构	116
6.6	函数记录机构	120
第7章	间歇转位机构	125
7.1	槽轮式间歇转位机构	125
7.2	螺旋槽凸轮式间歇转位机构	128
7.3	蜗杆凸轮式间歇转位机构	130
7.4	圆柱凸轮式轴向间歇运动机构	131
7.5	直线往复运动变换为间歇转位机构	133
7.6	销轮、销-槽轮间歇转位机构	136
7.7	差动轮系间歇转位机构	138
第8章	快速夹紧机构	141
8.1	肘节式夹紧机构	141
8.2	斜楔式夹紧机构	142
8.3	偏心轮夹紧机构	144
8.4	夹持移位机构	146
8.5	真空吸盘和气囊夹持机构	148
8.6	制动夹紧机构	150
8.7	自定心夹紧机构	155
第9章	快锁机构	162
9.1	转轴和转盘快锁机构	162
9.2	功能开关快锁机构	168
9.3	机箱机柜和控制台门锁机构	171
9.4	小型快锁机构	175
第10章	滚动摩擦直线导向运动机构	178
10.1	滚珠丝杠机构	178
10.2	滚珠滑块导轨机构	187
10.3	交叉滚柱导轨机构	189
10.4	滚珠导套副机构	192
10.5	滚珠花键副导向机构	194
第11章	气动机构	198

11.1	双/单作用典型气缸机构	198
11.2	双气缸机构	203
11.3	单缸双导杆气缸机构	205
11.4	滑台气缸机构	207
11.5	转台气缸机构	209
11.6	气动-转臂夹具机构	212
11.7	气动-肘节夹具机构	215
11.8	气动-夹指机构	219
11.9	气动/液压组合增压机构	221
11.10	气动液压缓冲机构	223
第12章	进料自动化机构	227
12.1	间歇摆动-直推式进料机构	227
12.2	间歇转位式进料机构	230
12.3	线(带)料进料机构	231
12.4	间歇分离式进料机构	232
12.5	工作台进给式机构	235
12.6	工件分流进给机构	236
12.7	工件合流进给机构	237
12.8	远距离传递工件机构	237
12.9	输送带式进料机构	238
12.10	提升式进料机构	240
12.11	转动式进料机构	242
12.12	计件式间歇进料机构	244
12.13	真空气吸式进料机构	247
12.14	磁铁吸取式进料机构	250
第13章	xyz 三维传动机构	253
13.1	三维传动常用的基本机构	253
13.2	三维传动常用的导向副	253
13.3	三维传动常用的驱动电动机	256
13.4	三维传动机构的基本类型	258
第14章	电磁式间歇传动机构	264
14.1	电磁铁的基本类型	264
14.2	磁场基本物理量	266
14.3	直流电磁铁吸力计算和有关参数的选择	270

14.4	直流电磁铁的应用	273
第 15 章	传动保险机构	275
15.1	弹簧-摩擦片/锥面离合式	275
15.2	弹簧-V形爪离合式	276
15.3	弹簧-钢球压合式	278
15.4	低强度传动销剪断式	279
第 16 章	机构力系的平衡及增力机构	280
16.1	机构力系的平衡	280
16.2	增力机构	289
第 17 章	机构的综合应用	296
17.1	电阻引线剪切成形自动化综合机构	296
17.2	全气动机构组合自动化机械手	299
17.3	生产线检测自动化综合机构	302
17.4	夹具夹紧力测试机	305
17.5	手机电池电极焊片的剪切和传送	307
17.6	导线打端子装置	309
17.7	导线焊接端扭线装置	311
17.8	带料剪切装置	312
17.9	自动打螺钉装置	313
17.10	转台间歇分度和丝杠副组合进料装置	314
参考文献	322

第1章 机械机构及其设计概述

1.1 基本概念

机械机构是由若干个构件按机械原理组合而成的部件或组件，它具有确定的相对运动，能改变运动规律或变换运动形式，具有独立的功能。构件是机构的运动单元，它可以是单一的整体零件，也可以是由几个零件组成的刚性结构件。

任何机械机构都有原动机（或原动件）、传动件和执行件三个组成部分。为把原动机的运动变换成执行件所需的运动或动作，要求传动件对运动规律和运动形式作出变换。

组成传动部分的各个机构，它们各自都按预定的运动规律完成既定的动作，彼此相互配合，协调一致，确保整机按工作要求正常运行。可见，机构的功能和质量的好坏，对机器整体运作状态的优劣影响极大，所以机构设计是任何机械设计中至关重要的环节，务必全面分析和充分掌握。

任何机构都有其主动件（驱动件）和从动件（工作构件）。设计时，首先要明确主动件和从动件的工作性质和动作功能。主动件是指该机构的运动输入构件，它可以由动力器件（如电动机、气缸、电磁铁或弹簧等）直接驱动，也可以由前一级机构的运动输出驱动。从动件是指该机构的运动输出构件，它可以是该机构完成某个动作的最终构件，也可以是与之连接的后级机构的运动输入构件，它的运动性质和动作功能取决于工作要求。

着手机构设计时，应先根据该机构的工作性质和动作功能的要求，确定从动构件的类型和具体结构；再根据动力源的形式来确定主动件的类型和具体结构；最后决定连接主、从动构件之间的运动变换所需的构件。

对于有自动化要求的机构，尚需设计自动化控制系统。控制系统可采用电路的、气路的或两者兼有的方案。

机械机构设计除几何尺寸、物理性质、运动参数和运动轨迹的设计外，所需元器件的配置和布局以及机械构件的形式也十分重要，需全面考虑，在确定最佳方案后再作设计。

1.2 设计要求

无论是主动构件或从动构件，机构设计都要考虑六方面的基本要求，即运动形式、工作行程、速度特性、工作周期、工作载荷和动力源。只有对这些要求有充分的理解，才能获得合理的设计方案和理想的应用效果。

1. 运动形式

运动形式的基本类型有三种：直线运动、回转运动和摆动运动。这三种基本运动都可以实现间歇式的运动。

由两种或两种以上的基本运动组合而成的运动，叫做复合运动。比如螺旋运动，它是由直线运动和回转运动组合而成的复合运动。

2. 工作行程

工作行程是指工作构件在完成某个动作时所需的有效运动路程。工作行程有如下三类：

- (1) 直动距离 作直线运动的构件所要求的运动行程。
- (2) 摆动角度 作摆动运动的构件所要求的摆角范围，通常摆角小于 360° 。
- (3) 转动角度 作回转运动的构件所要求的转角范围，如间歇转动机构。

3. 速度特性

对于机构而言，速度指的是工作构件（可以是动构件或输出构件）的运动速度。

速度有直线运动的线速度，还有回转运动的转速、角速度和线速度。

速度特性是指机构工作构件运动速度的变化规律。速度特性可分为以下三类：

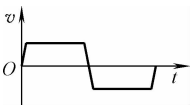
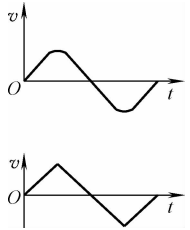

- 1) 等速型。
- 2) 增速-减速型（或减速-增速型）。
- 3) 速度连续多变型。

这三类速度特性都可以通过某种机构实行变换。三类速度特性及其特性曲线见表 1-1。

速度特性是机构设计应考虑的重要因素。例如，要求机构的工作构件在起动和停止时运动平稳、无冲击，这就要求机构的工作构件能缓慢升速，继而缓慢减速，直至终端速度为零。曲柄滑块机构的滑块运动和曲柄摇杆机构的摇杆摆动都具有这种速度特性。又如，有些作往复运动的机构，常要求工作构件具有急速返

回运动的速度特性，以提高工作效率，这时可采用摆动导杆机构，牛头刨床的进刀和返回运动就是根据这类速度特性设计的。

表 1-1 速度特性及其特性曲线

速度特性	特性曲线	注释及举例
等速型		指机构的工作构件从起动到停止的运动过程中，其运行速度大致不变的速度特性。例如，齿轮传动机构输出轴的转速，链（带）传动机构传输物料的速度，斜面滑块传动机构从动杆上下运动的速度等
增速-减速型 (或减速-增速型)		指机构的工作构件有规律地进行增、减速交替变换的速度特性。例如：曲柄滑块机构滑块的运动速度，偏心圆盘凸轮机构的从动杆上下运动的速度，曲柄摇杆机构摇杆的摆动速度等
速度连续多变型		指机构的工作构件的运动速度是多变的速度特性。例如，根据工作需要设计的凸轮机构的从动杆作上下运动时的速度

4. 工作周期

工作周期是指机构的工作构件完成一个完整动作所需的时间。它决定了机构工作效率的高低，是评价机构工作质量的一个重要参数。

工作周期的类型有：

- (1) 直线运动构件的工作周期 按设定的行程往返一次所需的时间。
- (2) 回转运动构件的工作周期 按设定的转动范围或转数，正反转一次所需的时间。
- (3) 摆动运动构件的工作周期 按设定的摆角范围，来回摆动一次所需的时间。

工作周期与工作次数的关系：一个工作周期所完成的工作次数，可以是一次或多次。次数越多，工作效率就越高。例如：三瓣凸轮机构在一个回转周期内，从动杆可实现三次上下运动；冲床的冲头上下运动一次通常只完成一个冲切或成形的动作，但若设计一个复合模，可以同时完成冲切和成形动作，则效率就成倍地提高。

工作周期 (T) 与运动速度 (v) 的关系为： $T = 1/v$ 。可见，提高速度可缩

短工作周期；给定工作周期，可通过机构变换来确定运动速度。

5. 工作载荷

对于工作载荷不大的机构，不必过多地考虑承载能力，以简化机构、节约材料和降低成本。若机构要完成较大的工作推力、压力或扭力，则要全面分析机构的运动传递和动力传递的要求和条件，拟定合理的方案，选择合适的动力源和较佳的省力机构。

6. 动力源

动力源可分为四类：电动、气动、液压和弹力。它们相应的器件分别是电动机（包括电磁铁）、气缸、液压缸和弹簧元件。

在复合运动机构中，动力源往往不是单一的，有时需要采用两种或两种以上的动力源，如电动-气动、电动-液压和气动-弹力等。

动力源是根据应用场合和对机构的功能要求而选定的。设计机构时，首先要确定动力源的类型，因为机构的动作、结构形式和布局、尺寸大小、连接方式和安装方法等都与之有关。

1.3 设计原则

1. 构件多功能设计

所谓构件多功能，就是一个构件具有多个作用功能，在机构运作过程中，能产生多个所需的动作。例如：在进料机构中，推料构件既有推料到位的作用，又有定位夹紧的功能；在夹紧机构中，压紧构件既起压紧作用，又有定位的功能；在作往复运动的机构中，对行程开关触动构件，既起触发机构作反向运动的作用，又有推动计数器作记录的功能。

采用构件多功能的设计，可使结构简单、紧凑和灵巧，可使机构运行稳定可靠。

2. 运动变换机构应简单可靠

运动变换机构的设计，要根据功能要求和技术条件，选择合理的机构，力求简单可靠地实现运动形式和运动方向的变换，能方便地进行作用力和工作位置的调节。机构类型的选择，要考虑其固有的特性，例如：减速机构必有省力和运行较平稳的功能；反之，增速机构不省力也不大平稳，但有增大行程（或增大转角）和延时的作用。

3. 合理的调节和定位设计

任何机构都是由零件组成的，这些零件都有一定的尺寸精度和配合要求。这些要求，有的是按尺寸公差与配合精度通过加工来满足，有些则可以采用调节原理来设计，利用调节的方法使关键构件的配合间隙或运动行程处于最佳状态，而无需对这些构件提出苛刻的精度要求，从而降低了加工成本和缩短了制作周期。

对于要求经常快速装卸和精确定位的零部件，必须在装配时，调至最佳位置，打上定位销，无需再次调节。对于有方向性装配关系的零部件，必须有防止反向定位的设计措施。

4. “机-电-光”三结合设计

现代机电设备或产品，几乎都集机、电、光三门学科和技术于一体，各施所长。这类产品通常都具有功能齐全、技术先进、质量可靠、工作稳定和操作方便等优点。

对机械机构而言，与电、光配合设计，主要是指利用相关的传感器配合工作。这种配合工作的设计内容，包括机构的工作行程、运动方向变换、速度变换、定位、限位、安全报警及工作状态等的控制。电、光设计也是系统实现自动化控制的主要组成部分，为系统提供按设定的工作程序进行运作所必需的信号指令。

用于机械机构的传感器大多是目标和位置检测的传感器，主要有以下类型：

- 1) 电感式，用于检测电导性物体。
- 2) 电容式，用于检测非电导性物体及电导性物体，例如常用的接近传感器。
- 3) 磁感式，用于检测气缸活塞位置。
- 4) 光电式，用于检测物体间的距离位置。

常与机械机构配合使用的电感式和电容式位置检测传感器，也称接近传感器。主要用于机件、工件或工具的运动行程检测或定位，检测距离一般都较短。这类传感器的主要技术参数如下：

检测距离：1.5 ~ 25mm，小型的可检测 0.6 ~ 2mm。

工作电压：直流 10 ~ 30V。

输出电流：100 ~ 200mA。

接近传感器的结构外形有长方形、圆柱形和螺柱形三种。

各种传感器的基本接线电路有直流双线式（见图 1-1）和直流三线式（见图 1-2）两种。

红外线光电开关属于光电式位置检测传感器，常用于检测空间较大，距离较

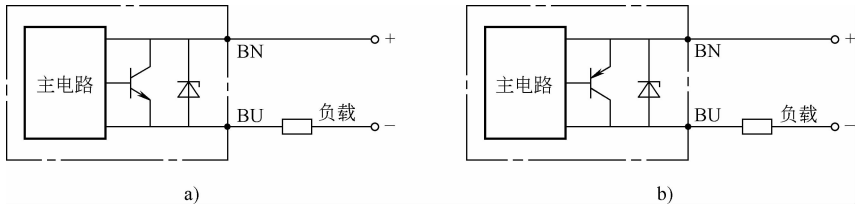


图 1-1 直流双线式

a) 双线 NPN 型 b) 双线 PNP 型

注：接线颜色：BN——棕；BU——蓝。

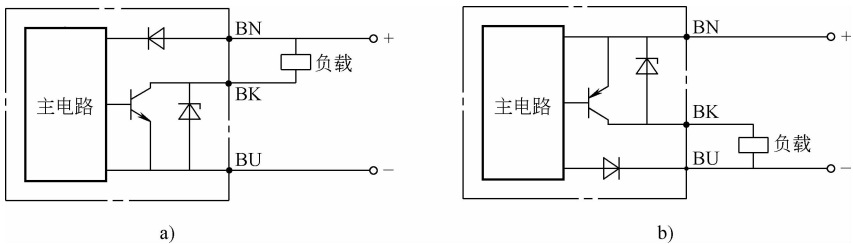


图 1-2 直流三线式

a) 三线 NPN 型 b) 三线 PNP 型

注：接线颜色：BN——棕；BK——黑；BU——蓝。

远的运动物体，或用于需要有安全报警的区域。常用红外线光电开关的类型及其基本参数见表 1-2。

表 1-2 常用红外线光电开关的类型及其基本参数

类 型	工作原理图	检测距离/cm	直线工作电压/V	输出电流/mA
透过型		200 ~ 1000	10 ~ 30	100 ~ 200
反馈反射型		300 ~ 400	10 ~ 30	100 ~ 200
扩散反射型		5 ~ 80	10 ~ 30	100 ~ 200

第 2 章 运动变换机构

机械运动形式有三种基本类型：直线运动、回转运动和摆动运动。这三种运动形式可以通过适当类型的运动变换机构进行相互变换，以满足不同需要。这种相互变换的关系如图 2-1 所示，分为三类，共有九种：

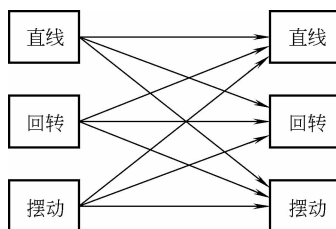


图 2-1 运动类型变换关系

1) 将直线运动变换为直线运动、回转运动或摆动运动。

2) 将回转运动变换为直线运动、回转运动或摆动运动。

3) 将摆动运动变换为直线运动、回转运动或摆动运动。

上述运动变换机构属于简单运动变换机构。如果机构输出的运动规律是复合运动，那么该机构称为复合运动机构；例如，螺旋线运动和摆线运动都是由直线运动和回转运动，或由直线运动和摆动运动合成的。

各种运动变换机构的主动件的动力源及其运动形式，可以根据机构的使用场合和要求进行选择。例如：电动机的转动，气缸的直动、转动或摆动，电磁铁的吸动；也可以是前一级机构的终端输出构件的驱动力及其运动形式。

2.1 直线→直线、回转、摆动的运动变换机构

1. 直线→直线的运动变换机构

(1) 斜块-导杆机构（见图 2-2）

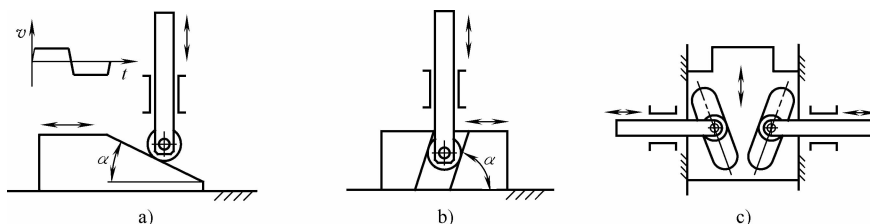


图 2-2 斜块-导杆机构

利用斜块（斜面式或斜槽式）和导杆可组成如图 2-2 所示的“直线→直线”运动变换机构。

图 2-2a 所示的机构是将斜面滑块的往复直线运动变换为从动导杆沿垂直方向的直线运动。斜块斜角 $\alpha < 30^\circ$ ，导杆的速度特性为等速型。若将滑块的斜面做成特殊形状的曲面，可改变从动导杆的速度特性。图 2-2b 所示的机构是以导杆为主动件，将导杆的垂直运动变换为从动斜块的水平直线运动，斜块斜角宜取 $\alpha > 45^\circ$ 。图 2-2c 所示是开有两对称斜槽的双向导杆机构。斜槽滑块作直线往复运动，两从动导杆分别向左右作直线往复运动。此机构可用于对称反向开合的精密调节装置，速度特性可为等速型，也可以通过改变滑槽曲面形状而改变速度特性，甚至两导杆可具有不同的速度特性。

(2) 气缸-肘节-导杆机构（见图 2-3）

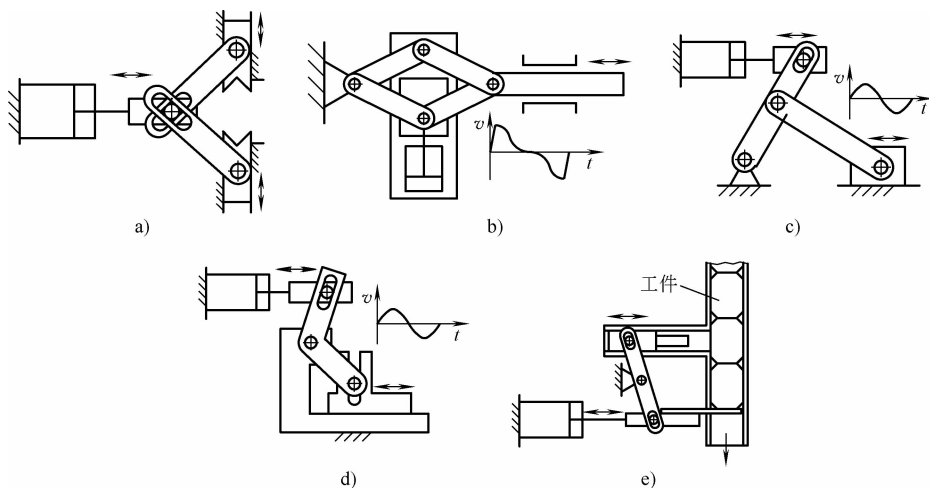


图 2-3 气缸-肘节-导杆机构

此类机构的共同特点是：气缸轴作直线往复运动，通过肘节构件推动导杆作直线往复运动。

图 2-3a 所示的气缸轴作直线往复运动，通过肘节构件带动两钳口式滑块作方向相反的直线往复运动，可用于夹紧装置和机械手抓取机构。图 2-3b 所示的气缸的安装板悬空，肘节的上节点与安装板铰接，下节点与气缸轴端铰接，工作原理与图 2-3a 所示的机构相同，但在机构尺寸相同的情况下，本例的滑杆比上例的单个滑块的工作行程大一倍。图 2-3c、d 所示的两种机构都是由气缸轴推动摆杆摆动，从而使滑块作直线往复运动的运动变换机构，其速度特性为两端减速型。图 2-3e 所示是由气缸驱动杠杆两端的导杆作反向平行直线运动的机构，它可用于间歇送料和计件装置等。