

自动化机构 设计构思实用图例

黄越平 编
徐进进

中国铁道出版社

1993年·北京

前 言

在当今工业发达的国家,自动化生产设备(生产线)在各类制造业中比比皆是,生产过程的自动化不仅大大提高了生产率,把人们从繁重的劳动中解脱出来;而且对提高产品质量,降低制造成本,促进产业结构的合理化起到了积极的作用。由于自动化生产设备(生产线)集机械、自动控制、检测传感、信息处理等技术为一体,因此在某种意义上可以说自动化生产设备(生产线)的水平高低是衡量一个国家工业技术水平的综合指标。

在自动化生产设备(生产线)中机械和控制是两大基本的组成部分,其中机械部分又处于主导地位。作为一台自动化生产设备(生产线)的总体设计,首先要根据工件的特征(形状、尺寸、精度、材质、重量等)及工艺动作、过程的要求,进行机构选型并确定其配置方案;其次还要考虑检测元件的部署和对控制系统提出要求。事实上,总体设计特别是机械部分设计的优劣,对整个设备(生产线)的性能、成本、复杂程度等起着决定性作用。从而,为实现各种生产过程的自动化,能否设计出结构好、成本低且便于控制的机构是关键所在。

机械工程师都知道,机械零件的种类是有限的,但通过巧妙的组合,则可以产生形形色色的机械。进一步而言,各种机构的不同组合又可以创造出无数种装置或设备。因此,对于一名机械工程师来说,充分了解人类迄今为止所开发出的各种各样的机构是极为重要的。在文学界常有“读书破万卷,笔下能生花”的说法,同样作为从事机械设计的工程师,也只有博采众家,开阔思路,才能高屋建瓴,举一反三。

编者认为:从国外引进设备或生产线的确可以在较短的时间内提高我国的工业生产水平;但从长远来看,与之同时更应该注重学习、消化国外的先进技术特别是机构设计技术,进一步加强我国自动化机械设计的基本建设,并努力提高材料、工艺及元器件的水平,这样才能真正使我国的工业跨上一个新台阶。正是基于这个想法,编者收集了国外近年出版的多种图集、专著及有关杂志,考虑到实用性、新颖性、代表性和启发性,从其数千个机构实例中精心加以选择而编成此书。本书从实用出发,主要侧重于介绍自动化生产设备(生产线)中各种机构的基本结构、动作原理及其特点,没有过多地涉及机构的设计理论和计算方法,而以一幅图例配一段说明文的形式为读者提供了自动化机构设计构思的素材。编者相信,本书将能对读者了解国外的机构设计技术及推陈出新有所帮助。

本书分为五章,第一章 自动化基本机构;第二章 自动上料装置中的各种机构;第三章 自动夹紧机构;第四章 工业机械手;第五章 其他机构。全书共列举了497个机构,其中许多图例为立体图,可使读者一目了然。本书在编排上灵活采用了按机构的运动、用途及结构特点分类的方法,既有普遍性又有针对性,基本符合实际工作中机构选型的设计思路。另外附带说明的是:本书对选用图例中的投影法即第三角法基本未加改动,这一点请读者予以注意。

本书在编写过程中曾得到许多前辈和朋友们的支持和帮助,特别是北京航空航天大学郭可谦教授、铁道部科学研究院郭祥熹研究员对书稿提出了十分宝贵的意见,在此表示真诚的谢意。由于编者水平有限,书中定有许多错误和不妥之处,希望有关专家和读者给予批评指教。

编 者

1993年2月于北京

目 录

第一章 自动化基本机构	1
§ 1 直线运动机构(图例 1~55)	3
§ 2 摆动机构(图例 56~82)	31
§ 3 回转机构(图例 83~104)	45
§ 4 复合运动机构(图例 105~126)	56
第二章 自动上料装置中的各种机构	67
§ 1 供料器(图例 127~138)	68
§ 2 利用振动式供料器及其它机构定向排列工件的方法(图 139~158)	75
§ 3 隔离机构(图例 159~184)	84
§ 4 合路机构(图例 185~194)	94
§ 5 分路机构(图例 195~201)	98
§ 6 上料机构(图例 202~219)	101
第三章 自动夹紧机构	110
§ 1 铰链杠杆夹紧机构(图例 220~255)	111
§ 2 偏心(凸轮)夹紧机构(图例 256~286)	128
§ 3 楔夹紧机构(图例 282~308)	138
§ 4 螺旋夹紧机构(图例 309~315)	150
§ 5 自动定心夹紧机构(图例 316~329)	153
§ 6 复合夹紧机构(图例 330~336)	160
§ 7 其它夹紧机构(图例 337~348)	164
第四章 工业机械手	169
§ 1 回转型机械手(图例 349~385)	171
§ 2 移动型机械手(图例 386~409)	187
§ 3 多指式机械手(图例 410~424)	196
§ 4 其它类型的机械手(图例 425~432)	203
第五章 其它机构	206
§ 1 弹簧的几种特殊应用(图例 433~437)	206
§ 2 输出运动可调机构(图例 438~447)	208
§ 3 单向机构(图例 448~452)	212
§ 4 快速松脱机构(图例 453~467)	214
§ 5 轴的定位锁紧机构(图例 468~476)	219
§ 6 销机构(图例 477~490)	222
§ 7 分度机构(图例 491~497)	227

第一章 自动化基本机构

任何复杂、庞大的自动化生产设备都可以分解为一个个相对简单的机构。机构是自动化生产设备最基本的组成部分。在实际应用中，机构的种类繁多，其结构及动作原理也各不相同，但它们都具有共同的特征，这就是传递、变换机械运动和力。所谓传递、变换机械运动，从根本上来说就是要使机构的输出运动满足一定的工作要求，如实现一定的运动、动作或轨迹。而对于某一确定的工作要求，又可以采用不同的机构来实现。因此，我们可以按机构的输出运动将机构加以分类。观察各种机构的输出运动，大致可归纳出三种基本类型：直线运动、摆动及回转。这三种基本运动的组合又可以派生出各种各样的复合运动，诸如：直线运动+摆动，直线运动+回转，直线运动+摆动+回转等等。这样，按照机构输出运动的基本类型，本章将机构分为：直线运动机构、摆动机构及回转机构三种基本机构；同时附加一节复合运动机构以进一步说明三种基本机构的应用。

另一方面，在实际应用中，机构的输出运动还必须满足一定的速度特性要求。一般地，常希望机构的从动件在行程两端点或起动、停止时的速度变化较为平缓，以避免冲击；或者为了节省时间，要求机构的从动件在空行程时具有急回运动特性等。在自动化生产设备中常用机构的输出速度特性通常可分为：

(1) 等速型 (见图 0 (A)、(B))

机构从动件在一个动作循环中，起动、换向及停止瞬时完成，往复或单向运动的速度相等且无变化。图中横坐标表示时间 t ，纵坐标表示速度 V 。

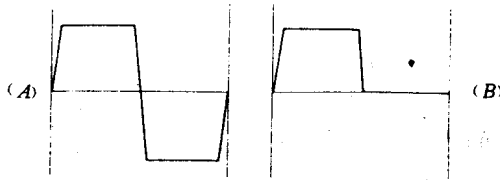


图 0 (A)

图 0 (B)

(2) 端点减速型 (见图 0 (C)、(D)、(E))

机构从动件在一个动作循环中，起动时速度渐增，停止时减速。

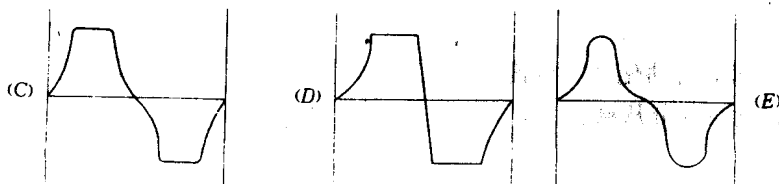


图 0 (C)

图 0 (D)

图 0 (E)

(3) 变速型 (见图 0 (F)、(G))

机构从动件在一个动作循环中, 速度按一定规律变化。在使用凸轮的机构中, 通过更换凸轮还可获得不同的速度变化规律。

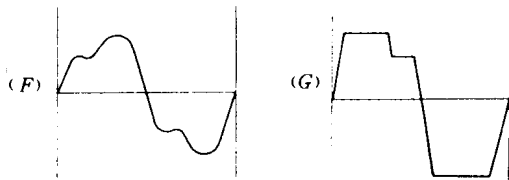


图 0 (F)

图 0 (G)

(4) 急回型 (见图 0 (H)、(I))

机构从动件在一个动作循环中的往复速度不同, 空程的速度大于工作行程的速度。

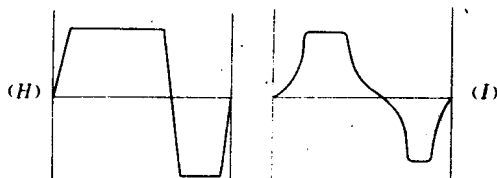


图 0 (H)

图 0 (I)

(5) 中间停止型

机构从动件在行程中间的某一位置, 依靠行程开关、电气回路的控制, 停顿一段时间后再行动作。

最后关于本章的内容再作几点说明:

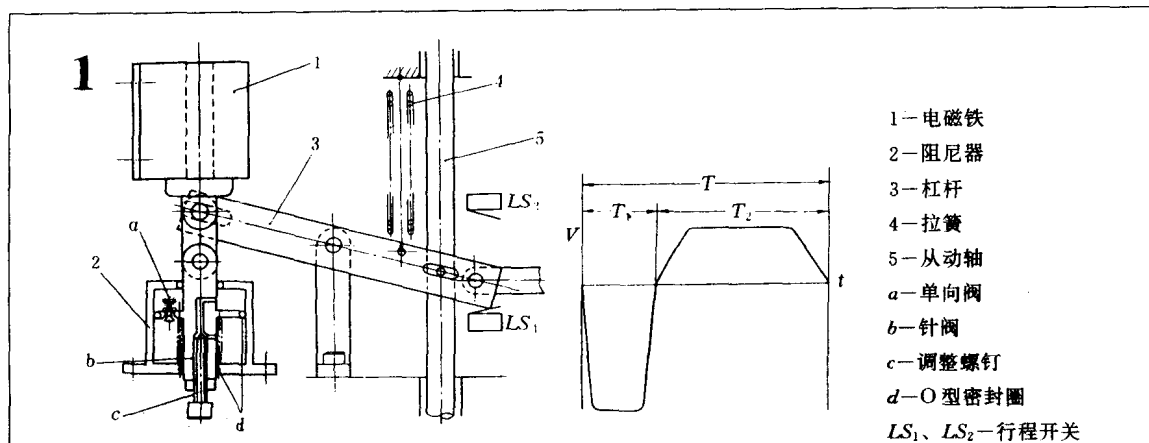
(1) 许多图例都给出了机构从动件的行程或摆角范围、速度特性曲线, 仅供读者参考。

(2) 一些图例的说明文中提到了机构所能承受的载荷, 其范围的基本划分如下:

- 轻载荷: 1kg 以下
- 中等载荷: 1~10kg
- 重载荷: 10~100kg

(3) 严格地讲, 自动化基本机构还应包括控制电路, 但由于本书重点放在机构的机械结构方面, 故将控制电路部分从略。

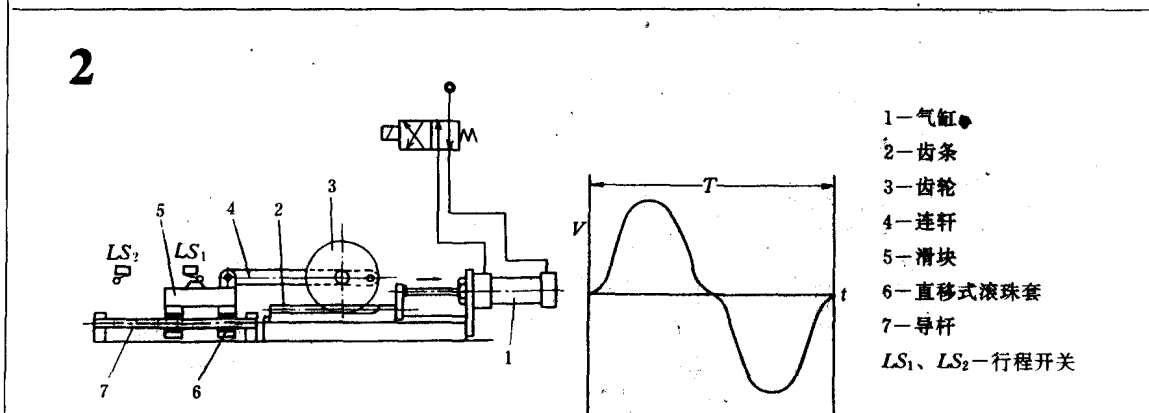
§ 1 直线运动机构



图为利用空气阻尼器使从动轴具有急回运动特性的机构。

电磁铁 1 的可动铁心（驱动轴）与结构形如气缸的阻尼器 2 相铰接，同时又以柱销和杠杆 3 左端的开口槽相配合。当从动轴 5 在拉簧 4 的作用下向上运动时（工作行程），电磁铁 1 的可动铁心将向下运动，由于阻尼器 2 下腔的空气只能经针阀 *b* 进入上腔，故形成阻尼而使从动轴 5 以较低的速度向上运动。反之，当杠杆 3 的右端触动行程开关 *LS*₂ 时，电磁铁 1 通电，其可动铁心向上运动，由于此时阻尼器 2 上腔的空气可通过单向阀 *a* 迅速排入下腔，故从动轴 5 能以较高的速度向下运动（空程）。

该机构适用于轻载荷，行程范围为 5~20mm。



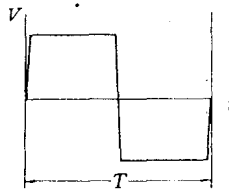
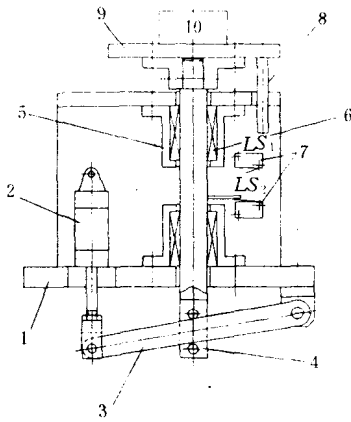
图为利用齿条齿轮的行程两端减速直线运动机构。

当采用气缸 1 直接驱动滑块 5 时，在行程两端往往难以实现减速，易引起冲击。但若在气缸 1 与滑块 5 之间，如图所示地加入齿条 2、齿轮 3 及连杆 4，则可使滑块 5 在其行程两端具有良好的减速特性。

该机构可用于中等载荷，行程范围为 50~150mm。

设计时可选取齿轮 3 的直径等于气缸 1 的行程，使其转角小于 180°；当对滑块 5 的定位精度要求较高时，亦可设置限位挡块。

3



- 1—安装板
- 2—气缸
- 3—杠杆
- 4—从动轴
- 5—轴承支座
- 6—轴承
- 7—行程开关
- 8—止转杆
- 9—承载台
- 10—工件

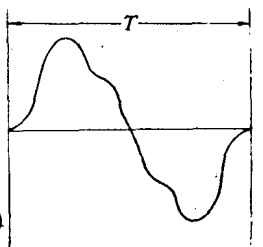
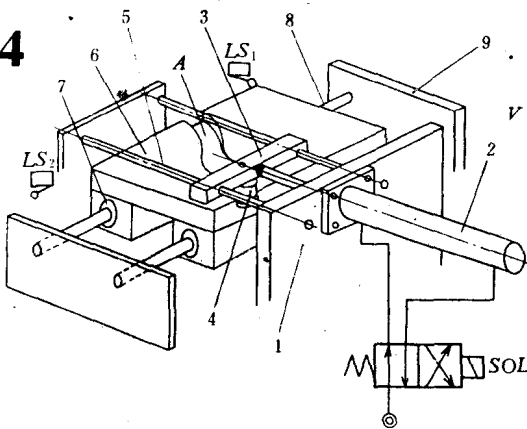
图为气缸通过杠杆驱动从动轴作上下往复运动的机构。

该机构具有力放大特性，适用于中等载荷；行程范围为10~50mm。

设计要点：

- (1) 气缸2的安装方式应采用尾部耳轴式；
- (2) 在气缸2的行程两端点应采取缓冲措施；
- (3) 从动轴4与轴承6的配合部应有足够的精度及硬度；轴承6可采用直移式滚珠套或滑动轴承。

4



- 1、9—固定支板
- 2—气缸
- 3—滑块
- 4—滚轮
- 5、8—导杆
- 6—工作台
- 7—直移式滚珠套
- A—曲线槽
- LS₁、LS₂—行程开关

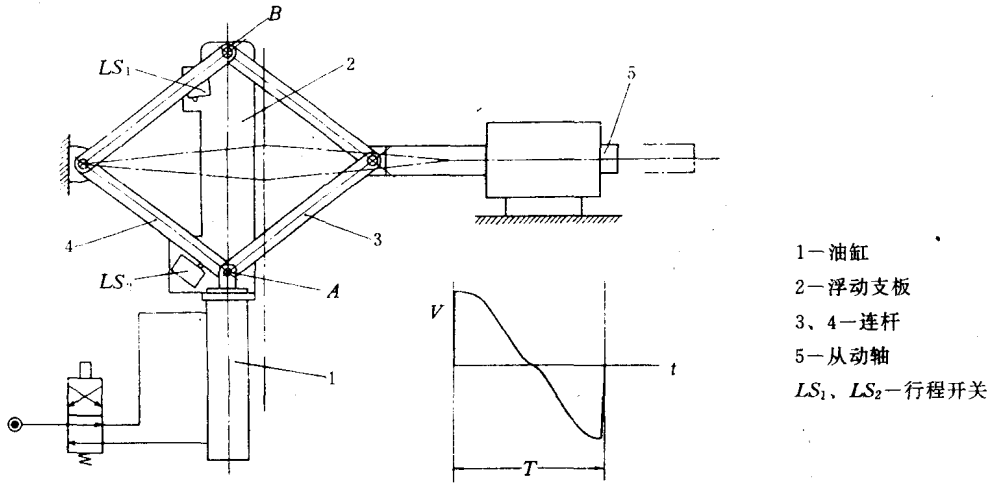
图为气缸驱动的变换直线运动方向的机构。

安装在滑块3上的滚轮4插在工作台6的曲线槽A中；当气缸2动作时，工作台6将在与气缸2轴线相垂直的方向上作往复直线运动。工作台6在行程的两端具有较平滑的减速特性。该机构适用于轻载荷，行程范围为10~100mm。

设计要点：

- (1) 滑块3、导杆5、8应具有足够的刚度，以避免气缸2的活塞杆承受过大的弯曲载荷；
- (2) 当要求工作台6有较高的定位精度时，应考虑滚轮4与曲线槽A的磨损。

5

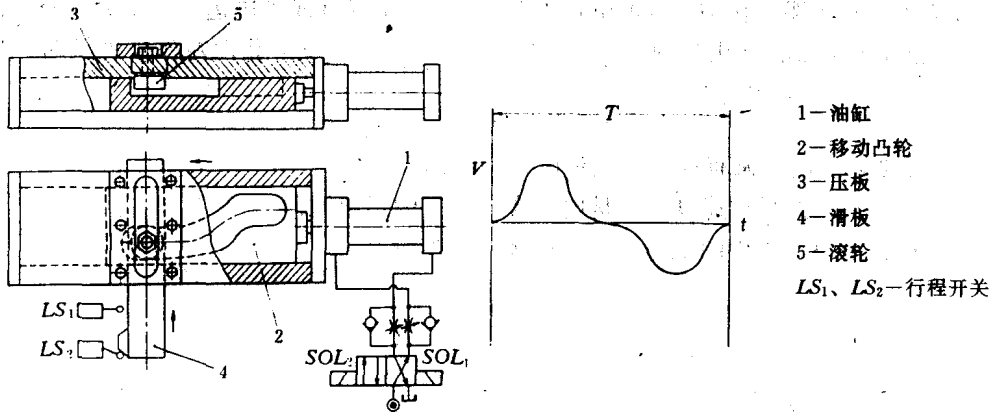


图为使油缸浮动的行程终端减速直线运动机构。

当欲用耳轴支承油缸但其支点又无处安装时,可采用图示的使油缸整体浮动的方法。油缸1的缸体固定在浮动支板2上,其活塞杆与连杆3、4相铰接;上侧的连杆3、4以销轴B相连,销轴B固结在浮动支板2上。当油缸1的活塞杆伸出时,浮动支板2向右下方移动,从动轴5向右运动,在行程的终端即当销轴A、B两点重合时,从动轴5可获得完全的减速特性。

该机构可用于中等载荷,行程为300mm。

6

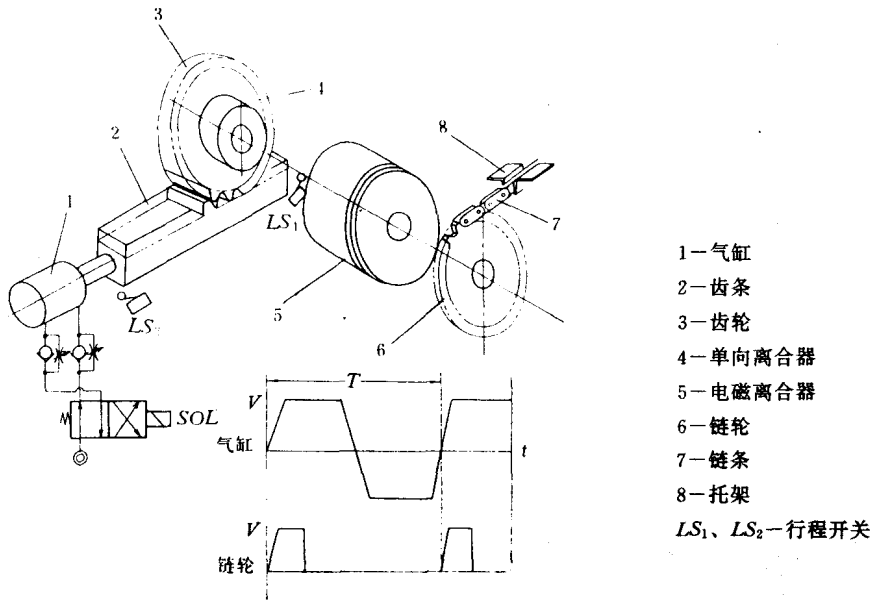


图为使用移动凸轮的任意变速机构。

安装在滑板4上的滚轮5与移动凸轮2的曲线槽相配合;当油缸1驱动移动凸轮2往复运动时,滑板4将在垂直于油缸1轴线的方向上作直线往复运动。通过更换移动凸轮2,可使滑板4获得不同速度特性的运动。

该机构能用于重载荷,行程为50mm。

7



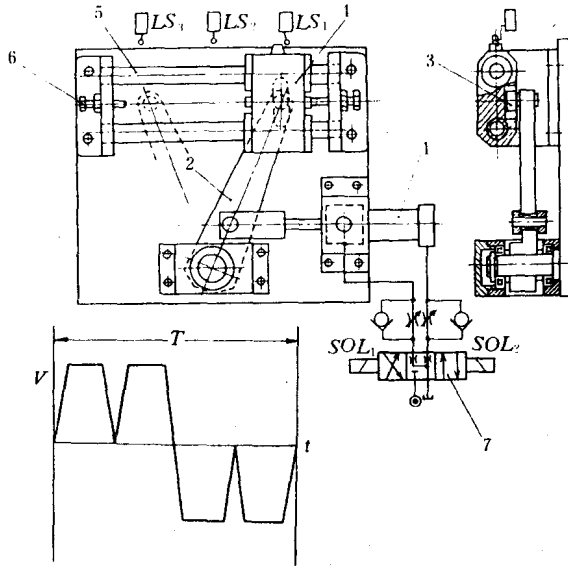
图为步距可变的直线步进机构。

气缸 1 驱动齿条 2 作直线往复运动，通过齿轮 3、单向离合器 4 及电磁离合器 5 将运动传递给链轮 6，使其作单向间歇转动。利用定时器适当地选择电磁离合器 5 的通电时间，可使固结在链条 7 上的托架 8 在 10~300mm 的步距范围内实现直线步进运动。例如，若电磁离合器 5 仅在气缸 1 的活塞杆伸出过程中的一段时间内通电，则托架 8 将向左作步进运动，其步距为：

$$p = \frac{d}{D} \cdot V \cdot T$$

式中 d 是链轮 6 的节圆直径； D 是齿轮 3 的节圆直径；
 V 是气缸 1 的平均速度； T 是电磁离合器 5 的通电时间。
 该机构可用于工件的低速输送，能承受中等载荷。

8

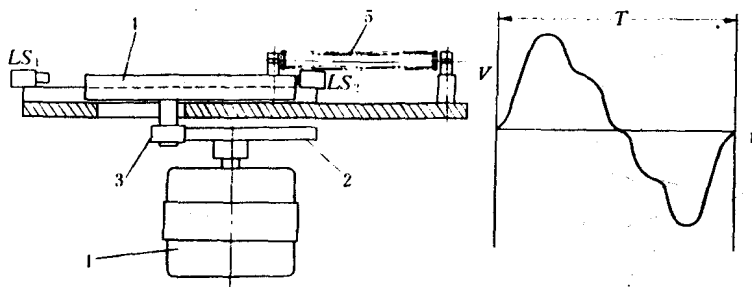


- 1—油缸
- 2—摇杆
- 3—滚轮
- 4—滑座
- 5—导杆
- 6—限位螺钉
- 7—换向阀
- LS₁、LS₂、LS₃—行程开关

图为使从动件以高于油缸的最高速度运动的机构。该机构还可用于扩大油缸行程的场合。滑座4由两导杆5所支承，安装在摇杆2端部的滚轮3插在滑座4上的长孔中。当油缸1驱动摇杆2往复摆动时，滑座4将以高于油缸1的速度在行程500mm的范围内作往复直线运动。由于设置了行程开关LS₃及三位四通Y型换向阀7，故亦可使滑座4停顿在行程的中间位置。

该机构可用于自动化生产线中输送装置的驱动。

9



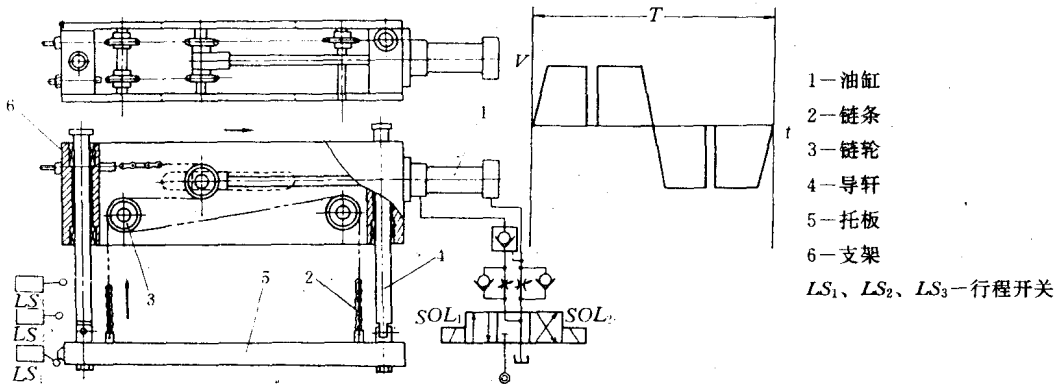
- 1—摆动气缸
- 2—凸轮
- 3—滚子
- 4—工作台
- 5—拉簧
- LS₁、LS₂—行程开关

图为摆动气缸及凸轮驱动的直线往复运动机构。

安装在摆动气缸1（摆角为270°）的输出轴上的凸轮2驱动工作台4向左运动，回程则依靠拉簧5实现。为避免回程速度过高及保证滚子3始终与凸轮2相接触，应使拉簧5的弹性力与机构运动部分的质量相平衡，或改善凸轮2的廓线形状，也可采用形封闭的凸轮机构。工作台4的导轨以采用摩擦较小的结构为宜。

该机构的行程为50mm，可用于中等载荷。

10



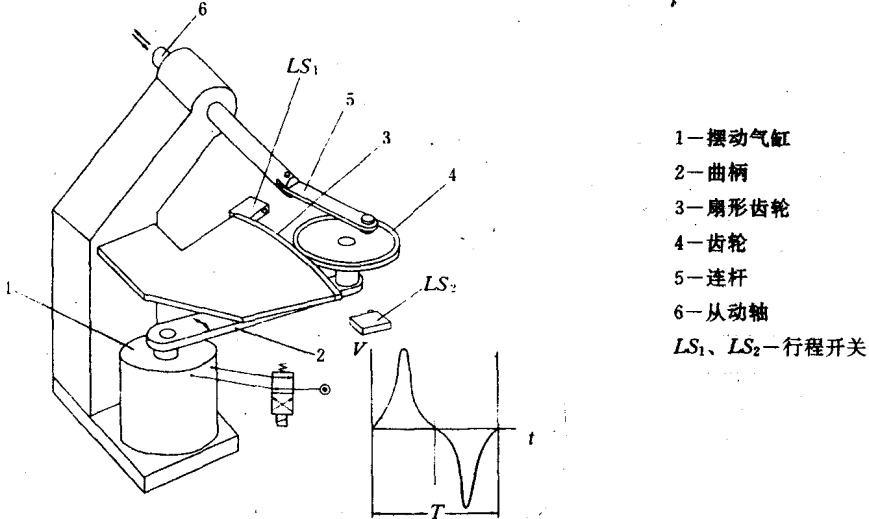
图为利用链条、链轮及导杆将油缸的水平往复运动变换为托板上平行运动的机构。

两根链条2均为一端固定在支架6上，另一端通过两个或三个链轮3与托板5相连。托板5的行程为驱动油缸1行程的2倍。托板5依靠工件的自重下降（油缸1的前腔卸压）。

该机构适用于较长且较重工件的垂直上下搬运。

设计时需注意的是：导杆4与托板5应采用铰链连接；当两导杆4的间距较大时，宜采用直移式滚珠套导向以减小摩擦阻力。

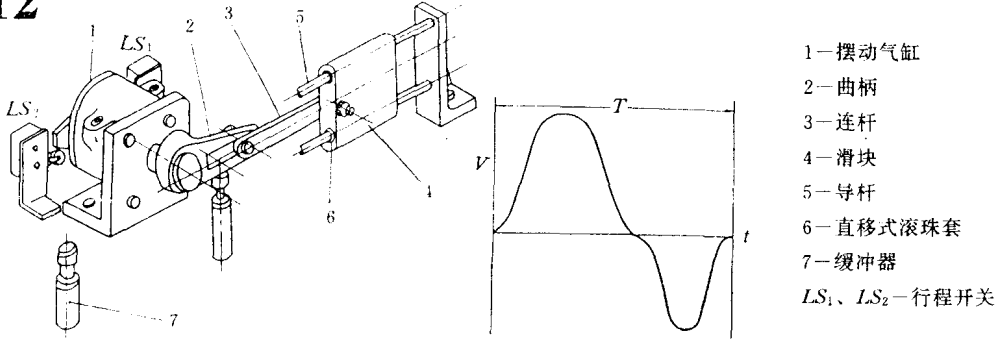
11



图为摆动气缸驱动行程两端减速直线运动机构。

安装在曲柄2自由端的齿轮4与固定不动的扇形齿轮3相啮合，同时又通过连杆5和从动轴6铰接。当摆动气缸1驱动曲柄2摆动时，齿轮4将在扇形齿轮3上作纯滚动，并通过连杆5带动从动轴6作直线往复运动。当齿轮4的转角小于180°时，从动轴6在行程两端具有减速特性。若改变齿轮4与扇形齿轮3的啮合位置或改变其齿数比，则从动轴6亦可在行程中间的某范围内获得减速。

12



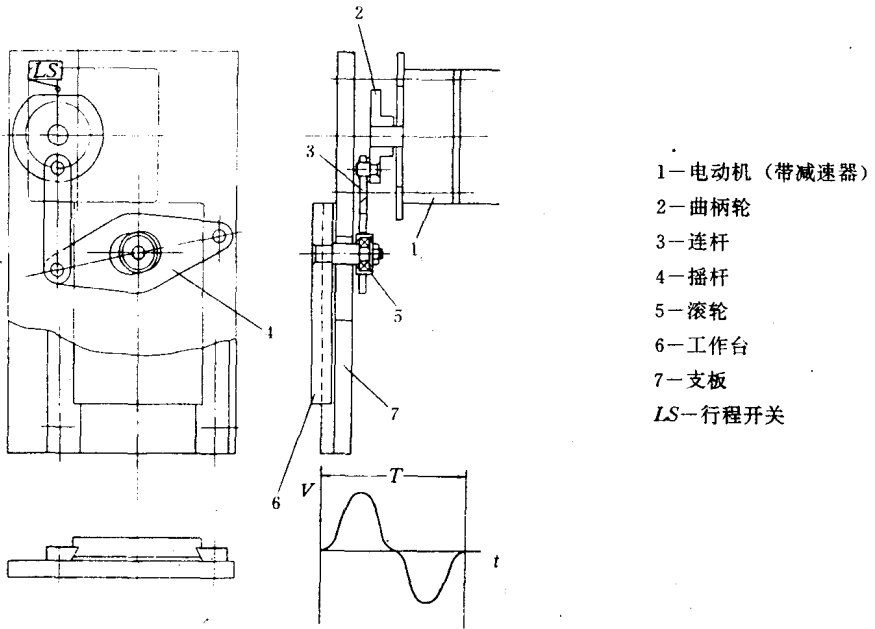
- 1—摆动气缸
- 2—曲柄
- 3—连杆
- 4—滑块
- 5—导杆
- 6—直移式滚珠套
- 7—缓冲器
- LS₁、LS₂—行程开关

图为可获得长行程的直线往复运动机构。

该机构用于要求速度较高及行程较大的场合。当曲柄 2 的摆动范围为 ±90° 时，滑块 4 按简谐运动规律移动。在曲柄 2 摆动的两极限位置设有缓冲器 7 以减小冲击。

该机构的行程可达 500mm，能承受中等载荷。

13



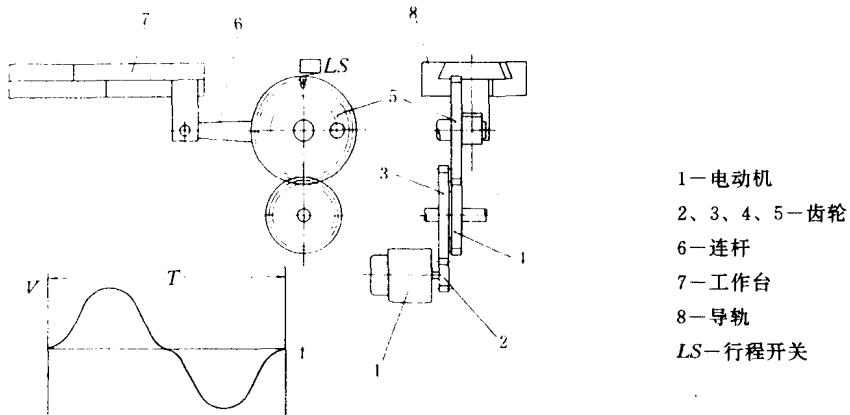
- 1—电动机（带减速器）
- 2—曲柄轮
- 3—连杆
- 4—摇杆
- 5—滚轮
- 6—工作台
- 7—支板
- LS—行程开关

图为将曲柄运动变换为直线往复运动的机构。

电动机 1 驱动曲柄轮 2 连续转动，通过连杆 3 使摇杆 4 作往复摆动；在摇杆 4 杆长的 1/2 处开有长孔，安装在工作台 6 上的滚轮 5 与之相配合，从而工作台 6 在摇杆 4 的带动下作直线往复运动，其行程等于曲柄轮 2 的半径（曲柄长度）。

该机构可用于中等载荷。

14

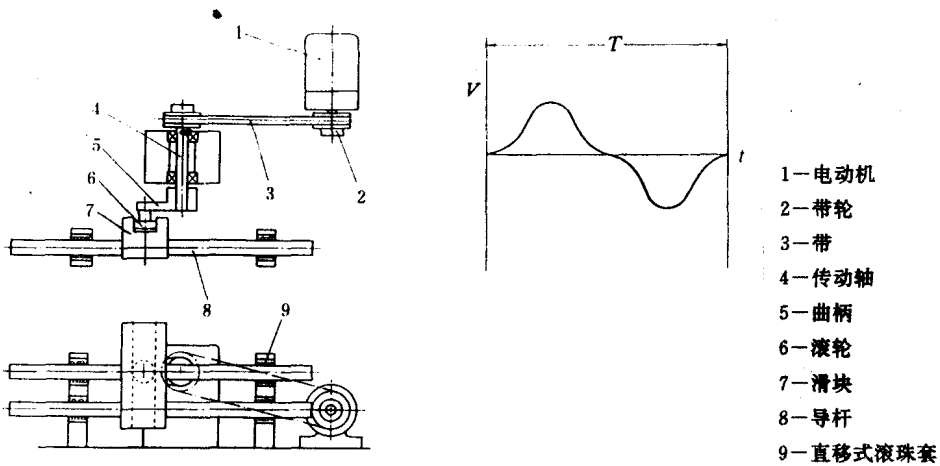


- 1—电动机
- 2、3、4、5—齿轮
- 6—连杆
- 7—工作台
- 8—导轨
- LS—行程开关

图为利用曲柄运动的行程两端减速直线运动机构。

由燕尾形导轨 8 支承的工作台 7 通过连杆 6 与齿轮 5 相铰接，齿轮 5 相当于曲柄轮。当齿轮 5 连续回转时，工作台 7 便沿导轨 8 作直线往复运动，且在行程两端具有良好的减速特性。该机构的行程范围为 50~100mm，可用于中等载荷。

15



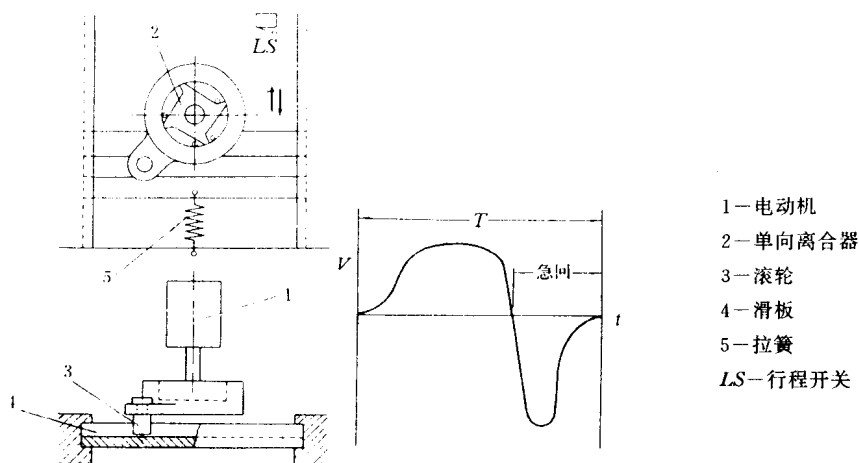
- 1—电动机
- 2—带轮
- 3—带
- 4—传动轴
- 5—曲柄
- 6—滚轮
- 7—滑块
- 8—导杆
- 9—直移式滚珠套

图为利用曲柄运动的行程两端减速直线运动机构。

两导杆 8 由直移式滚珠套 9 支承，并与开有凹槽的滑块 7 固定联接，曲柄 5 端部的滚轮 6 插在滑块 7 的凹槽中。当电动机 1 通过带传动使曲柄 5 连续回转时，滑块 7 即两导杆 8 将作直线往复运动，且在行程两端具有良好的减速特性。

该机构的行程范围为 50~100mm，适用于轻载荷。

16



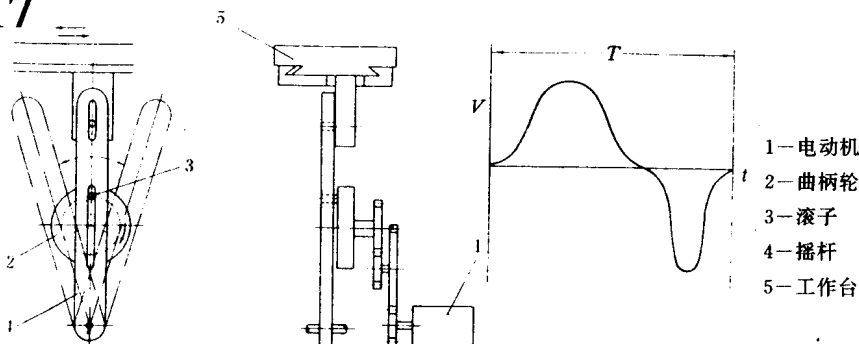
- 1—电动机
- 2—单向离合器
- 3—滚轮
- 4—滑板
- 5—拉簧
- LS—行程开关

图为利用单向离合器的急回运动机构。

单向离合器 2 直接固定在电动机 1 的输出轴上，其外套筒上的摆臂端部装有滚轮 3，滚轮 3 插在滑板 4 的槽中。从俯视图所示的位置，当电动机 1 顺时针回转时，由于单向离合器 2 处于接合状态，故滑板 4 将在摆臂的带动下沿导轨运动；在行程端点，当滑板 4 触动行程开关 LS 后，电动机 1 将停止转动，滑板 4 则在拉簧 5 的作用下快速复位，此过程中单向离合器 2 处于分离状态。

该机构的行程范围为 50~100mm，可用于中等载荷。

17



- 1—电动机
- 2—曲柄轮
- 3—滚子
- 4—摇杆
- 5—工作台

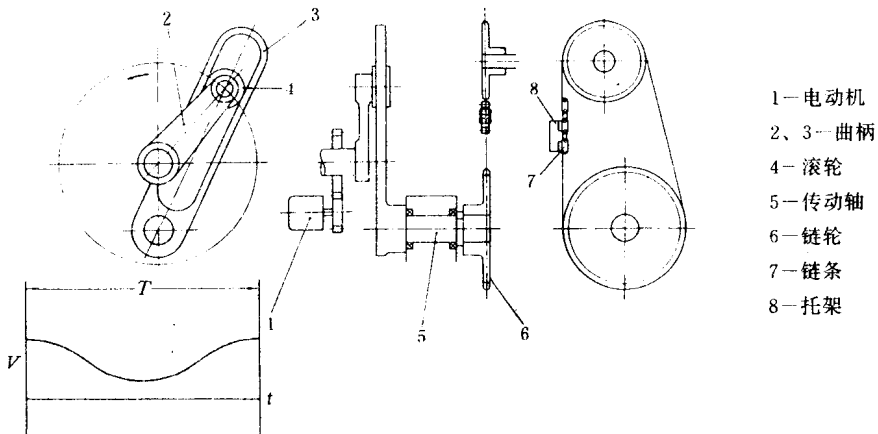
图为利用曲柄轮及摇杆的急回运动机构。

当电动机 1 经齿轮副驱动曲柄轮 2 沿图示方向连续回转时，安装在曲柄轮 2 上的滚子 3 将带动摇杆 4 绕支点摆动，使连于摇杆 4 端部的工作台 5 沿导轨作直线往复运动。从工作台 5 的速度曲线可见：工作台具有急回运动特性（向左运动时），且在行程端点具有良好的减速性。

改变滚子 3 的回转半径可实现工作台 5 的行程调整。

该机构的行程范围为 50~200mm，能用于中等载荷。

18



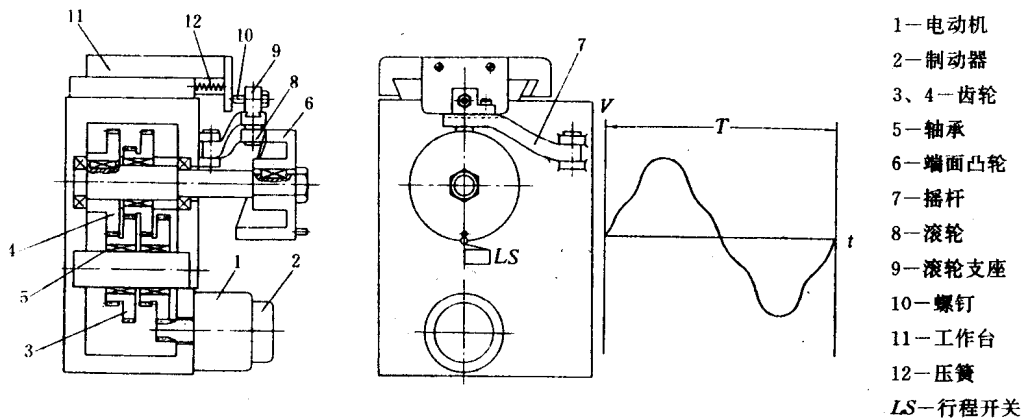
- 1—电动机
- 2、3—曲柄
- 4—滚轮
- 5—传动轴
- 6—链轮
- 7—链条
- 8—托架

图为双曲柄式变速直线运动机构。

安装在曲柄 2 自由端的滚轮 4 插在曲柄 3 的长孔中，曲柄 3 与链轮 6 同轴。当电动机 1 通过齿轮副驱动曲柄 2 以匀速转动时，曲柄 3 及链轮 6 将作周期性变速转动，从而使安装在链条 7 上的托架 8 作周期性变速直线运动。

该机构可用于装配生产线中的零件输送，行程为 600mm，能承受中等载荷。

19



- 1—电动机
- 2—制动器
- 3、4—齿轮
- 5—轴承
- 6—端面凸轮
- 7—摇杆
- 8—滚轮
- 9—滚轮支座
- 10—螺钉
- 11—工作台
- 12—压簧
- LS—行程开关

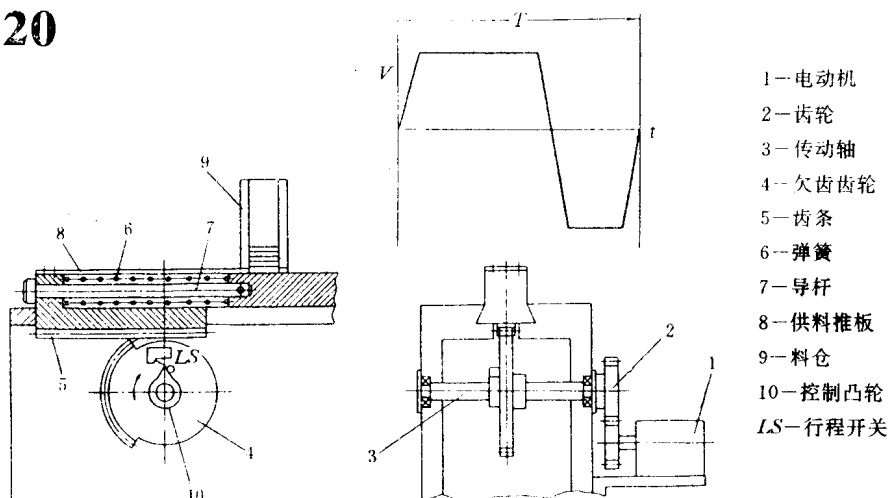
图为利用端面凸轮的任意变速直线运动机构。

由电动机 1 经四级齿轮减速驱动的端面凸轮 6，通过摇杆 7 推动工作台 11 向左运动（工作行程），而工作台 11 的向右运动即空行程则依靠压簧 12 实现。

通过更换凸轮 6 可改变工作台 11 的速度特性；通过调整摇杆 7 上的滚轮支座 9 相对凸轮 6 的位置可实现工作台 11 行程的微调。另外，当对工作台 11 的初始位置有所要求时，可调节设置在滚轮支座 9 上的螺钉 10。

该机构的行程范围为 10~50mm，能承受中等载荷。

20



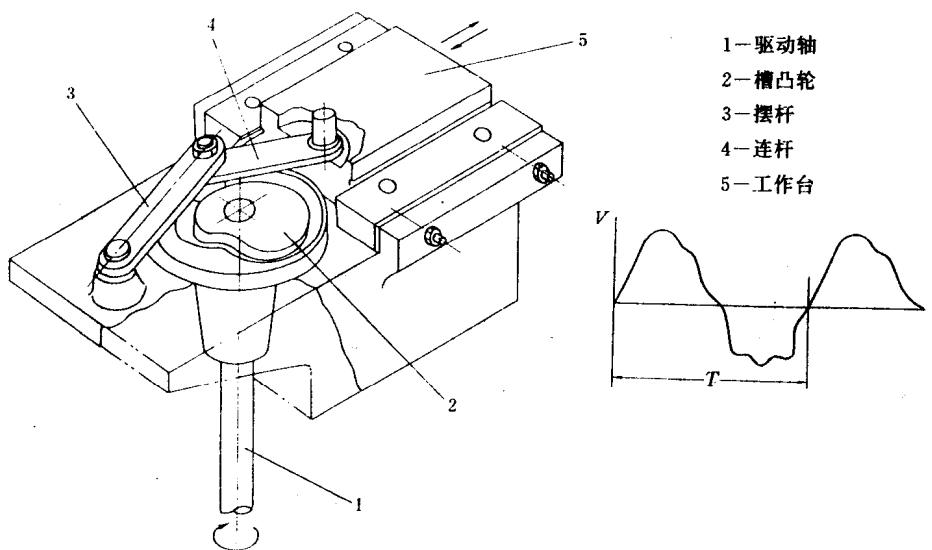
- 1—电动机
- 2—齿轮
- 3—传动轴
- 4—欠齿齿轮
- 5—齿条
- 6—弹簧
- 7—导杆
- 8—送料推板
- 9—料仓
- 10—控制凸轮
- LS—行程开关

图为利用齿条与欠齿齿轮的急回运动机构。

该机构可用于装配生产线中从料仓推出工件的场合。送料推板 8 与齿条 5 相固结，其向右的运动即工作行程由欠齿齿轮 4 驱动齿条 5 实现，而空程的急回运动则依靠弹簧 6。

该机构的行程范围为 50~200mm，可用于中等载荷。

21

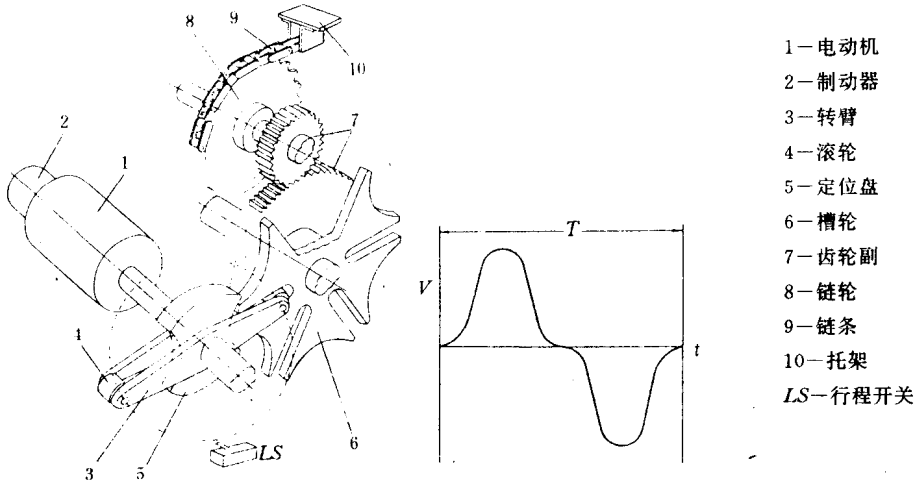


- 1—驱动轴
- 2—槽凸轮
- 3—摆杆
- 4—连杆
- 5—工作台

图为利用槽凸轮将连续转动变换为直线往复运动的机构。

安装在摆杆 3 与连杆 4 铰接点的滚轮插在槽凸轮 2 的槽中；当槽凸轮 2 在电动机（未画出）的驱动下连续转动时，通过连杆 4 将使工作台 5 作直线往复运动。工作台 5 的速度特性由槽凸轮 2 所决定，其行程范围为 10~50mm，可用于中速重载荷。

22

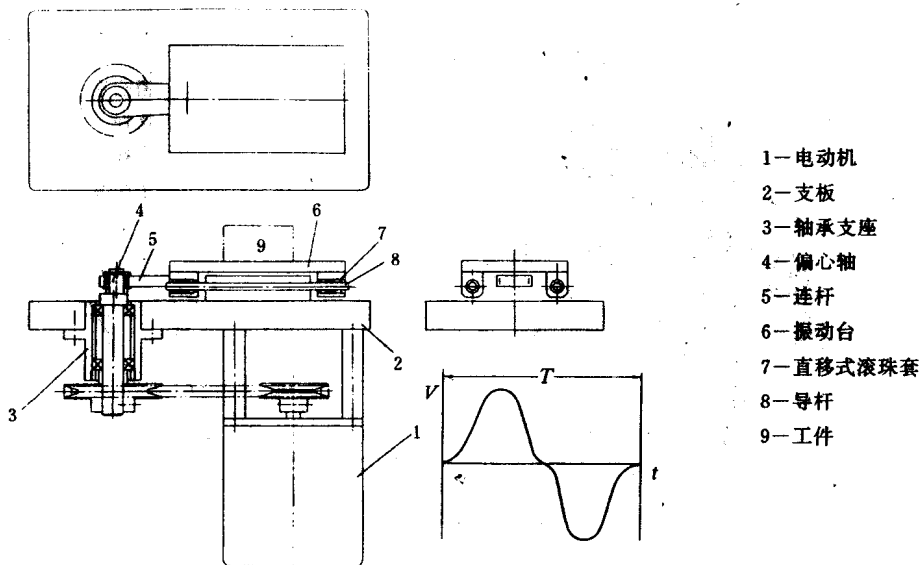


图为利用槽轮的间歇直线运动机构。

带有制动器 2 的电动机 1 通过外槽轮机构 (3、4、5、6) 及齿轮副 7 驱动链轮 8 间歇转动, 使安装在链条 9 上的托架 10 作间歇直线运动。槽轮 6 每转动半圈托架 10 停顿一次。通过改变齿轮副 7 的齿数比可调整托架 10 的行程。

该机构的行程范围为 50~200mm, 能用于中等载荷。

23



图为利用偏心轴获得水平直线振动的机构。

采用皮带传动可防止过载。振动台 6 的振幅由偏心轴 4 的偏心量所决定。

该机构的最大振幅为 5mm, 可用于中等载荷。

设计时应尽可能减小振动台 6 的质量及可动配合面的摩擦阻力。