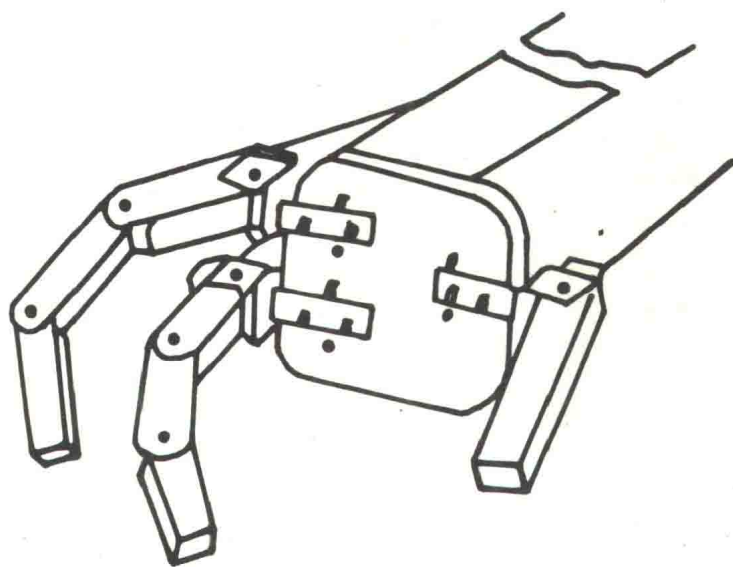


哈尔滨工业大学研究生教材

AUTOMATIC MECHANISMS
IN MANUFACTURING
PROCESS



李家宝 葛鸿翰 李旦 编

机械加工自动化机构

哈尔滨工业大学出版社

机械加工自动化机构

李家宝 葛鸿翰 李 旦 编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书为机械制造学科硕士研究生使用的教材。内容共分为八章：1.绪论；2.自动上下料装置；3.工件的自动定向；4.自动夹紧装置；5.零件的视觉识别；6.自动化机构中的传感器；7.机器人简述；8.计算机与自动化机构。

本书也可供机械制造学科的本科生教学人员，及有关工程技术人员参考使用。

机械加工自动化机构

李家宝 葛鸿翰 李 旦 编

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 印张11.875 字数200 000

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数1—1 000

ISBN 7-5603-0134-7/TH·12 定价2.40元

前 言

计算机的出现,使机械制造业发生了巨大变化,同样,机械加工自动化行业,也受到了极为深刻的影响。电子、信息、计算机冲击着、促进着机械加工自动化、数控机床、柔性生产系统、机器人等向前发展,使自动化生产由原来的大量生产,逐步扩展为能进行中、小批量多品种生产的地步,与此相应的机械加工自动化中的机械、机构问题也变得更加复杂。这就出现了所谓“机电一体化”(Mechatronics)的问题。

本书试图在机电一体化的基础上,研究、描述和解决有关的自动化机构问题。本书着重论述了有关自动上料装置,工件的自动定向理论与方法,工件的自动夹紧等问题;介绍了自动化中零件的视觉识别问题,触觉和有关传感器问题,以及机器人和相关的微处理机问题等内容。目的是使读者能够善于应用计算机、光电原理等电的方法进行设计、选择自动化机构,同时也能够从事研究、解决机电一体化中一些繁难的自动化机构方面的问题。当然,我们研究、解决问题的侧重面在于“机”这一方面,这也是本书定名为“机械加工自动化机构”的缘故。

本书的主要适用对象为:一是机械制造学科的硕士研究生;二是从事机械加工专业的教学人员、工程技术人员和研究人员,可作为参考书;三是具有大学基础的进行机械制造学科继续工程教育学习和在职提高的人员,可作为自学参考书。

该书第1、5、6、7、8章由李家宝执笔,第4章由葛鸿翰执笔,第2、3章由李旦执笔。全书由李家宝任主编,由葛鸿翰负责统稿审校。编写过程中得到了各有关方面的大力支持和帮助,张守亭同志对本书中的插图做了大量工作,值此深表谢意!对于书中的缺点和不足之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

1988年10月

目 录

第1章 绪 论	(1)
一、机械加工自动化的一般概述.....	(1)
二、生产机器和自动化动作功能的分类和分析.....	(2)
第2章 自动上下料装置	(8)
一、料仓式上料装置.....	(8)
1. 料仓.....	(8)
2. 输料槽.....	(12)
3. 隔料器.....	(21)
4. 上料与卸料机构.....	(24)
二、料斗式上料装置.....	(25)
1. 振动式料斗.....	(25)
2. 上下往复式料斗.....	(50)
3. 摆动式料斗.....	(53)
4. 回转式料斗.....	(57)
5. 双盘旋转式自动供料器.....	(66)
6. 循环式料斗.....	(73)
7. 流体式料斗.....	(76)
第3章 工件的自动定向	(78)
一、有关定向的概述.....	(78)
二、定向理论.....	(79)
三、零件的姿势概率.....	(87)
第4章 自动夹紧装置	(97)
一、一般概述.....	(97)
二、自动化弹簧夹头.....	(97)
三、电磁无心自动夹紧.....	(100)
四、工业机器人中用的自动夹紧装置.....	(102)
第5章 零件的视觉识别	(108)
一、利用电视摄像机进行的形状识别系统.....	(108)
二、利用截面投影法以激光高速识别立体形状.....	(111)
三、应用一般投影法求得“形状固有值”对凸平面图形进行识别的方法	(113)
四、根据多面体的平面投影图进行识别的方法.....	(118)

五、利用光点矩阵的排列进行识别的方法·····	(122)
六、利用光点零件投影图相重迭进行识别的方法·····	(124)
七、简单的零件识别装置示例·····	(127)
第 6 章 自动化机构中的传感器 ·····	(128)
一、传感器的概述与分类·····	(128)
二、人工触觉·····	(128)
三、接触觉传感器与压力觉传感器·····	(136)
四、力觉传感器与滑觉传感器·····	(140)
第 7 章 机器人简述 ·····	(143)
一、一般概述·····	(143)
二、工业机器人·····	(146)
三、其他类型机器人·····	(148)
四、机器人动作的定位、定向和路径问题·····	(152)
第 8 章 计算机与自动化机构 ·····	(158)
一、一般概述·····	(158)
二、微型计算机的基本构成·····	(158)
三、计算机进行的自动控制·····	(163)
四、机器人的顺序控制示例·····	(167)
五、数字控制·····	(170)
六、工具交换的自动化·····	(178)
参考文献·····	(181)

第1章 绪 论

一、机械加工自动化的一般概述

在各工业部门和某些领域中,自动化的发展迅猛异常,这对于提高劳动生产率,起到了巨大的作用,对社会的发展产生了极为深刻的影响。

机械化、自动化的历史悠久,简略回顾一下,最早的工具机,早在2500年前就已付诸应用。那是一种原始的转动器具,应用它,工匠们能以木材或其它硬性材料生产出较复杂的圆形产品。直到14世纪,才发明了第一个原型的精密机器。德多迪·乔万尼(Giovanni DeDondi, 1318~1389)提出了机械重量驱动的时钟,推动了第一台真正的工具机(如螺丝加工机床)的发展。工业革命的成功,18世纪风磨转动方向自动控制装置和蒸汽机的离心调速器出现后,进一步推动了机械化、自动化的发展。1798年惠特尼·伊莱(Eli Whitney)与美国政府签订了一个生产12000支旧式枪的契约,并且应允每个枪的零件将是可互换的,从而开创了大量生产中零件可互换的精密制造方法。到1900年,美国机器工厂所包含的基本工具机从其形式与使用范围来看,与今天所用的已无很大的区别。

第二次世界大战以后,尤其是1946年第一台电子数字计算机在美国宾夕法尼亚大学莫尔分校研制成功后,可以说自动化进入了划时代的新时期。当时最新型的继电器式计算机需要20小时的计算工作,使用电子数字计算机只需要30秒钟,计算速率快了2400倍。1945年程序内存方式的发明,1958年半导体的出现,1964年集成电路(IC)的出现,以及以后大规模集成电路(LSI)的出现,大大地促进了计算机在工业自动控制中的应用。于是,在机械加工中数字程序控制、工业机器人、CAD、CAM、以及柔性生产系统、无人自动车间等等新技术风起云涌,接踵而至,开始向“生产无人化”迈进。

自动化为生产带来了良好的经济效益,因此工业部门对自动化的投资也在猛增。例如:据报道,1976年美国主要工业部门的投资为959亿美元,其中自动化投资达368亿美元,占投资总额的37.5%。据苏联的材料说,生产自动化的综合效果是,新产品的研制费用减少45~75%,劳动生产率提高150~400%,产品成本降低50~75%,可见自动化在国民经济中的意义与重要性。从工业机器人的发展、制造和使用情况,也可看出自动化发展的趋势。据日本“商业周报”报道,到1985年出售的机器人将达5亿美元,时代报1980年报道,日本拥有10000个工业机器人,居世界第一位,美国有3000个居第二位。据日本机器人工业会的报道,日本使用工业机器人的情况,1976年约值137亿日元,1978年约值266亿日元,1980年约值769亿日元,其中汽车业和电气器具制造业各约占三分之一左右。据报道,在日本工业机器人直接从事生产所创造的产值也在逐年增加,1981年度突破1000亿日元,1982年又超过1400亿日元。

现在，一谈到机械加工的自动化问题，人们很自然就会联想到计算机，也许还会有人误解，以为有了计算机，就不必再去研究发展各种机构和机械装置了。其实不然，在机械加工中，要实现自动化，除了必须发展计算机及其应用外，还必须要有与之相适应的各种机械装备以及除主机外的自动化的辅助装置和工、夹具等，我们统称之为自动化机构。当前，机电一体化（Mechatronics）已成为机械行业发展与研究的方向，其中发展自动化机构占有很重要的地位，而且往往随着计算机以及各式各样的数控机床、工业机器人等在机械加工中的广泛应用，对自动化机构的要求也更高、更严格。

以机械加工和装配为主要代表的机械工业要实现自动化，比之化学工业等要困难，主要就表现在自动化机构上。这是因为机械工业所使用的材料及加工手段较为复杂，在化学工业中一般用流体和粉状的材料为主，而机械工业中的材料为固体，并且要求方向性很强，这就要求高精密、高准确的定向、定位，特别是对于形状极为复杂的零件，还需要有可靠的识别或视觉装置，以及触觉，握持装置等。如果没有这些精密、灵巧、可靠的机构来保证，要进行自动化是不可能的。另一方面，在化学工业中，生产过程是由一连串的管道系统所组成，而机械工业与之不同，每一个产品必须分成许多零件，各自分别在独立的工序加工手段中进行加工，最后再进行装配。每个零件的加工过程，需要很多的加工手段与方法。要实现全盘自动化相当困难，缺少不了各种各样的自动化机构，诸如自动化的装料机构，卸料机构，定向整理装置，夹紧握持装置，运送装置以及识别装置等，仿佛人的手和眼一样，把工件有秩序而准确地从一个机器上卸下来，再装到别的机器上。

新式的自动化供料装置和定向装置，不仅在结构构思和制造使用上发展很快，而且在理论上也逐步形成了若干学派，并正在进一步研究和发展中。同样，零件的识别问题，机器人、机械手的握持问题，自动夹紧问题，夹持器的定位、定向和路线行走问题，以及触觉问题等等，都在迅猛发展中，并有许多理论正在形成，本书中在以后的章节将择其重点予以介绍。

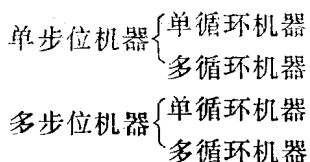
二、生产机器和自动化动作功能的分类和分析

为了便于研讨机械加工的自动化问题，可以将机械工业的生产系统划分为大量大批生产和多种少批量生产两大类。

无论这两大类的那一类系统，都是由各种各样的机器或机床所组成，它们的各种自动化机构，或称自动化装置（device），必然分别完成着赋予它的一定使命或任务。这种使命或任务，我们称之为动作功能（function）。因此，自动化机构或装置是与生产加工用的机器或机床以及它们共同完成的动作功能分不开的。

首先，有必要对各种机器和加工中的各种动作功能进行分类和深入分析。笔者赞同日本松田博信的分类和分析法，现简略叙述如下：

所有各种各类加工用的机器和机床，按照加工的步位（station）和加工的循环（cycle）可以划分为：



所谓单步位机器,是指只进行一个加工工作的机器,例如只进行钻孔的机器;多步位机器是指在同一台机器上进行两个或两个以上的加工工作的机器,例如能够进行钻孔与攻丝的机器,在这类加工设备中具有对工件不同加工工作之间的输送装置(或工具的自动交换装置)。把单步位机器排列起来,在其间用自动运输装置使其相联,即成为自动生产线,也可以考虑加入多步位机器。

所谓单循环机器,是指从把工件安装到机器上使之开动起,加工完一个工件即行停机,次一个工件的加工必须再次开动的机器;所谓多循环机器,是指在一个工件加工完后并不停机,接着连续加工下一个工件的机器。以下将按自动化的程度,从低到高对各类机器(或机床)进行简要的分析与叙述。

单步位一般通用加工机器

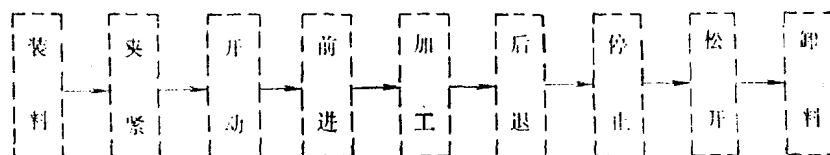


图 1-1 一般通用加工机床的框图

图 1-1 是表示本机器动作功能的框图。若取车床为例,首先将工件安放到卡盘上,即为装料;紧固卡盘,即为夹紧;按动开关电钮使主轴回转,即为开动;操作刀架等的操作手柄,使刀具与被切削物接近,即是前进;手动送进手柄进行切削,即是加工;加工完了同时连同刀架退回原位,即是后退;回松卡盘,即是松开;最后,从卡盘中取出成品,即是卸料。

以上示例内容不限于车床,对铣床、镗床、磨床等所有的通用机床,情况相同。图中虚线方框是表示手动的意思。由于所有动作都是手动,一般需要由一个工人照应一台机床。

单步位单循环自动机器

本机器是在图 1-1 所示通用机器上从开动到停止已经自动化了的机器,停止以后由人手进行松开及卸料。图 1-2 为本机器的框图,图中实线方框是表示已自动化了的意思。

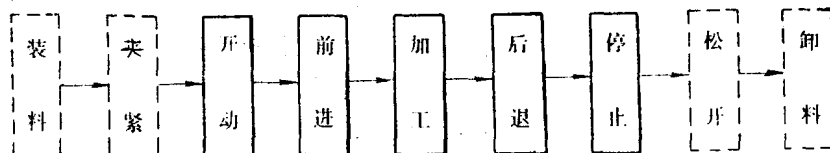


图 1-2 单步位单循环自动机器

机器开动之后，刀具的前进→加工→后退→停止，称为一般加工循环。即本机种是属于加工循环自动化了的机器。

属于本机种的自动机是很多的，其例子不再一一列举，附有 NC（数字控制）的车床，附有 NC 的铣床也都归入本机种。NC 是不用人手而以穿孔纸带或穿孔卡片作为控制介质、一般只进行加工的装置，刀具从出发位置前进，进行所需要的加工，直到退回到原来位置的全路径，均由指令进行控制。几乎大部分的 NC 机器都具有这种功能，因此许多 NC 机器也被考虑为单步位单循环机器的一种。

这类机器由于加工期间不依赖人手，往往有可能由一个工人看管 2 台以上的机器。

单步位多循环全自动机器

本机种是在单步位单循环自动机器上，附加了自动供料装置，使之接近于全部自动化的机器。当工件被加工完为发出信号时，即从附属的贮料槽中自动地送出新的待加工工件。它从贮料槽之后可以继续地无人操作而自动加工，当然，夹紧、松开、开动、停止等也随之而必须自动化。图 1-3 是本机器的示意框图。贮藏定向→运输→分离→到装料，是属于工件自动供给的必要装置。图 1-4 是仅把它的供料装置抽出的自动供料基本型，但也不一定仅限于这种基本型。

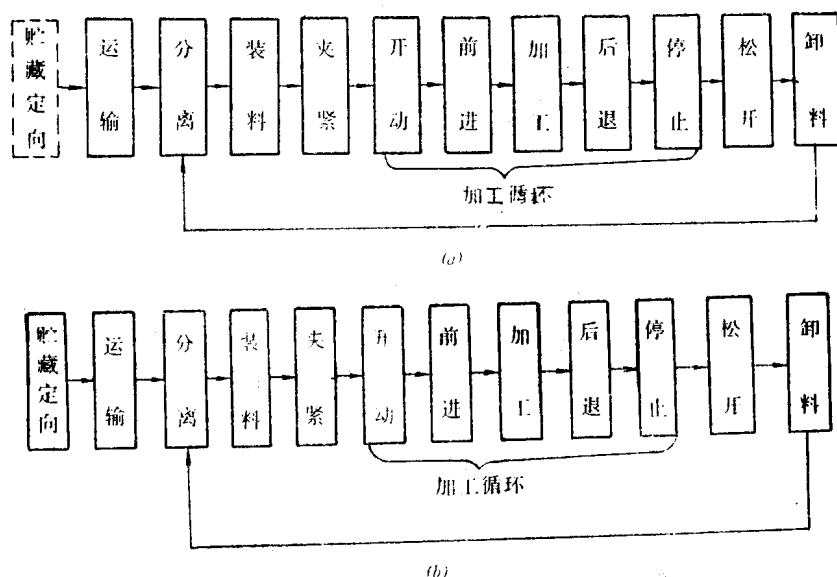


图 1-3 单工位多循环全自动机器的框图

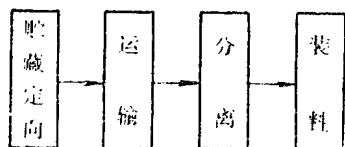


图 1-4 供料装置的框图

表示，如图 (b)；用人手预先确定方向并进行贮藏的贮料槽，如图 (a)，以虚线方框

当一个工件被加工完了而松开，根据当时的信号，滚道（运输装置）上的工件每次各一个地由分离器分开，并被上料机构送进而供给到机床上。

当把工件供给机器时，工件方向的确定（定向），多数是在普通的贮料槽中完成的。具有自动定向装置的贮料槽，在图 1-3 的框图中以实践方框

表示。前者称为料斗，后者称为料仓；前者是全自动的，后者可以称为半自动。根据运输情况，可以分为利用重力运输或者利用动力运输等等。利用重力运输的滚道作为贮料槽的情况较多。

多步位单循环机器

本机器具有两个或两个以上步位，一台机器可以进行多种形式的加工工作，当然，在各加工工作之间具有对工件的自动输送装置（或者用机械手装卸工件和更换工具，或具有自动交换工具以进行下一加工工作的工具交换装置）。本机器一台可以进行多种加工工作，但各加工工作不能并行地进行，而是一个接一个地顺序加工，直到最后。机器加工完了一个工件时必须停止，并取下已加工工件，安装上未加工工件，然后再次进行开动。图1-5是本机器的框图。

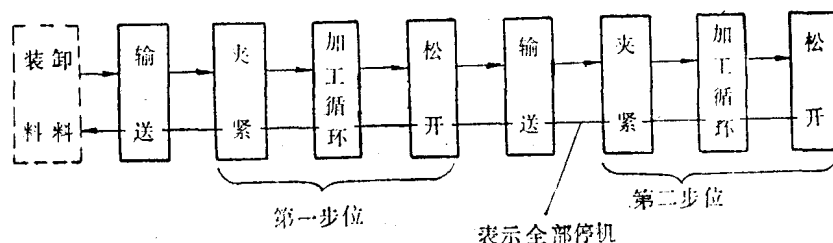


图 1-5 多步位单循环机器的框图

作为本机种的例子，可以举出转子型专用机床，单轴自动车床，六角自动镗床等。转子型专用车床与六角镗床相反，前者是工件输送型，后者是工具交换型。再者，机械加工中心也可归入这一機種。机械加工中心与六角镗床的动作相似，工具不是由六角头而是由工具贮存箱（或称工具库；如刀具库）里的交换装置，对每一加工工作进行必要工具的交换的。

多步位多循环自动机器

此类机器又可分为若干类型。一大类是有节奏的分度型（Index 型），即传送机构或回转工作台动作一次，全部工件一齐进行输送，并不能单独作用，也即若一部分停止则必须全部停止。它的框图如图 1-6。其中（a）型是工件的回程由于具有加工线以外的返回传送带，在各步位上有可能并行加工。（b）型是直接由传送机构推动工件并输送到步位间，最终加工工作完了后成品可以直接排出，不需要返回传送带。

另一大类型，是将通用机器排列好，在其间以自动运输装置相联系起来的生产线，如图1-7为例草图，图1-8为其框图。在一台机器与另一台机器之间设有贮料槽（运输线路长些较好），这其间若作为贮存器使用，则即使前面的机器由于交换工具而停止，则下一台机器可以使用它当中的贮藏器而继续连续生产。

然而，由于各机器的节拍并不一定一致，因此，当中间贮料槽贮藏满了的情况下，有必要设置使前面机器停机和停止供料的中间连锁机构。

再者，在各机器的节拍相差很大的情况下，可以设置运输路线的分支，对同样的加工工作配置数台机床，这样也容易进行并行生产。

从自动化的角度看，除了装配用的机器外，各种机械加工用的生产机器所具有的动

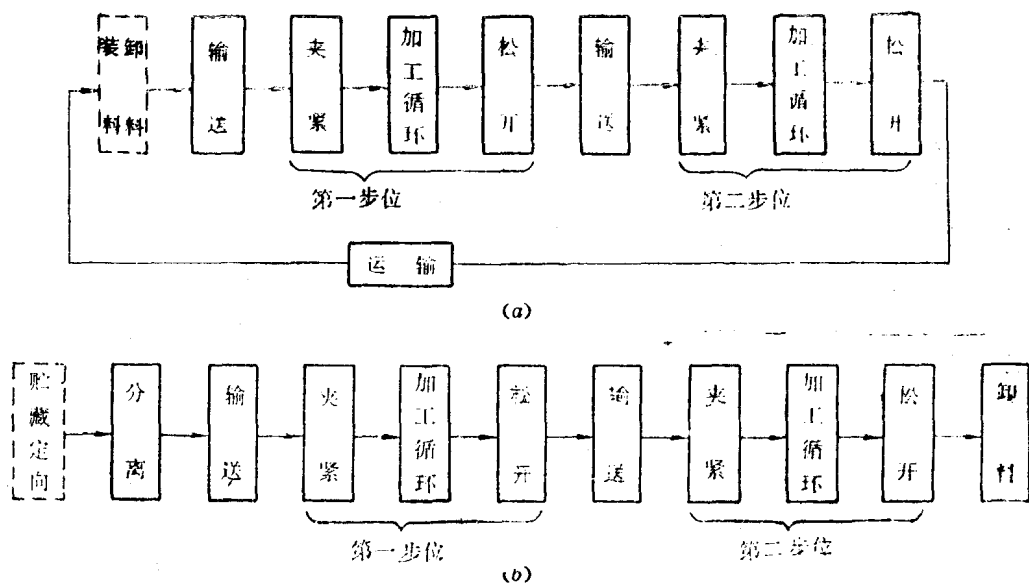


图 1-6 多步位多循环自动机器的框图

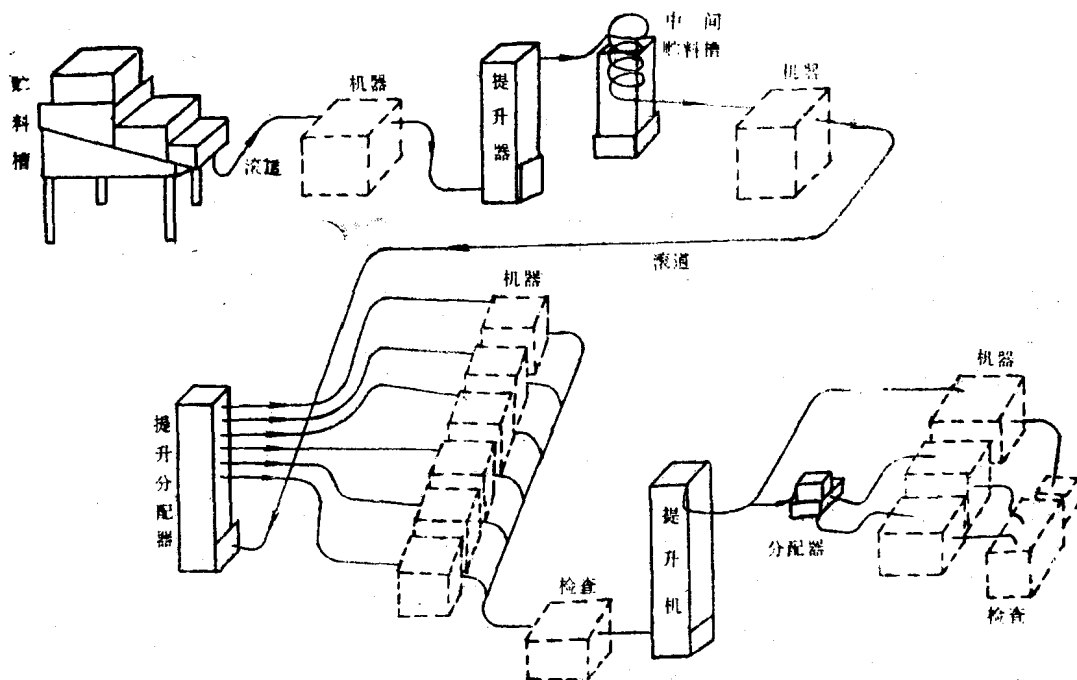


图 1-7 由自动运输装置将机器联系起来的生产线示例

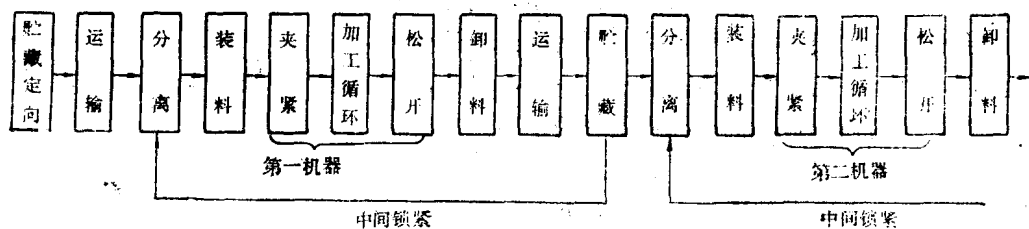


图 1-8 由通用机床和自动输送装置组成生产线的框图

作功能，归纳起来可以分为以下10种：

- | | |
|-----------|---------------|
| 1. 贮料； | 2. 定向（整理）； |
| 3. 运输； | 4. 分离； |
| 5. 装料； | 6. 输送（交换），定位； |
| 7. 夹紧，松开； | 8. 开动，停止； |
| 9. 前进，后退； | 10. 加工； |

其中贮料、定向、运输、分离、装料、卸料是为供料所必要的动作功能；开动、停止、前进、后退、加工是为加工循环所必要的动作功能；输送（工具交换）、定位、夹紧、松开是工序间的转换以及为了加工而固定工件所必要的动作功能。因此，把这些动作全部自动化的话，即可得到全自动化的机器。根据企业的实际内容与情况，多数是不必全部自动化的，这当中，使多少个动作功能进行自动化，采用什么样的自动化机构，则是一个很大的问题。

另一方面，就实际的生产而言，以上的10种动作功能是不够的，因为要完成加工工作，需要有辅助作业，例如机器本体无论怎样自动化，切屑的处理尚需认真研究解决。因此，越先进的自动化，必须除对机器本体的自动化外，越要提高辅助动作的自动化程度。

第2章 自动上下料装置

自动上下料装置,是自动机床和自动线设计中复杂程度高而且难度较大的重要组成部分之一。

自动上下料装置所完成的工作,是将散乱的工件经过定向机构,实现定向排列,然后顺次地把它安装到机床夹具上,并在加工完成后从夹具中卸下工件。自动上下料装置还可用于将工件定向整理后送至装配位置。自动上下料装置中,自动上料装置发展很快,已成为一个独立的部分,通常又称为自动供料器。

自动上料装置的结构形式在很大程度上取决于工件的毛坯形式及其原材料。毛坯有卷料、板料,棒料和件料等多种形式,故自动上料装置也是多种多样的。在自动上料装置中,用于卷料、板料及棒料的装置往往是属于机床的专用部件,本书不作介绍。本章着重介绍在生产实践中使用性能较好的件料自动上料装置。

件料自动上料装置大致可分为料仓式和料斗式两大类。

料仓式上料装置是将已经整理好的工件放在贮料器中进行上料的装置。这种上料装置虽然需用人工来完成工件的定向整理,但其结构简单,且工作可靠性较高。它适用于批量较大且因重量、尺寸及几何形状特殊等原因而难于进行自动定向整理的工件,或者使用于单件工序时间较长,人工定向整理一批工件可供机床加工很长时间的场合。

料斗式上料装置一般可以自动地实现杂乱工件的定向整理,并将之送至工作地点,因此能进一步减轻工人的劳动强度,便于多机床管理。这种上料装置多用于工件形状简单,体积和重量不大,而且工序时间短、要求频繁上料的情况。

一、料仓式上料装置

料仓式上料装置由料仓、输料槽、隔料器、上料及卸料机构等部分组成。这些部分并不一定是相互独立的,往往可以用一个机构来同时完成多种功能。

1. 料仓

料仓的作用是贮存已整理好的工件,它的结构型式随着工件的形状特征、贮存量及上料机构的不同而异。料仓可分为多层装载型、单层装载型、单列装载型和分离载型四种类型。

多层装载型料仓

图2-1是一种应用很广的摆槽式料仓上料装置,它的贮存量较大,适用于细长圆柱形的柱、轴、管、套等类工件的上料,特别适用于外形平滑的诸如针杆类的细长工件。

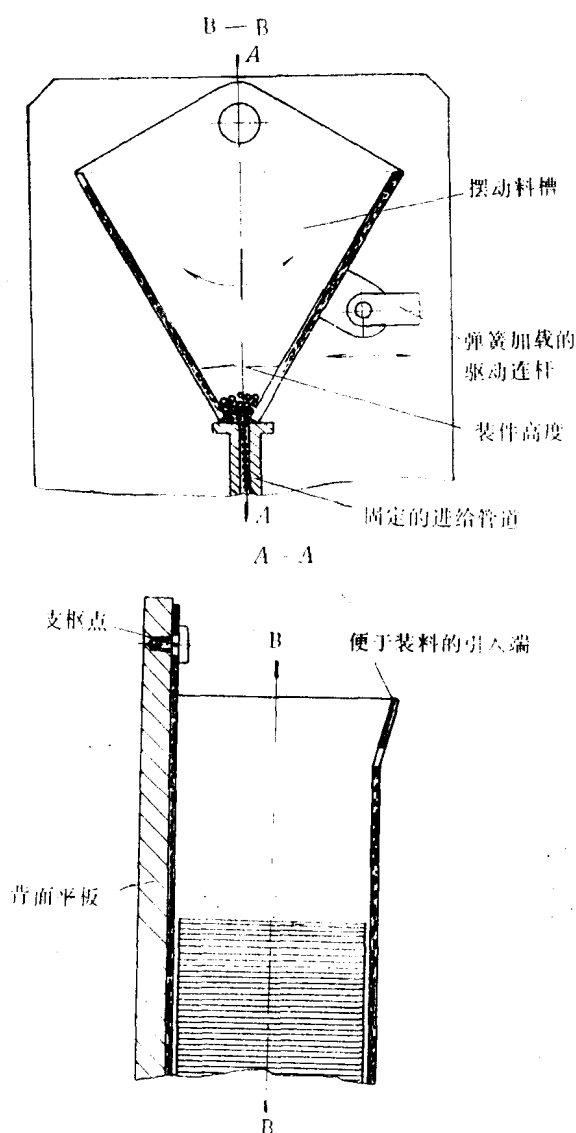


图 2-1 摆槽式料仓上料装置

工件在这种料仓中多层整齐排列时，经常会出现由于互相拥挤而卡住的所谓拱形堵塞现象，使料仓中的工件不能落至输料槽中去，影响上料工作的正常进行。为防止工件形成拱形堵塞，常在这种料仓中设置拱形消除器。图2-2所示是几种常用的拱形消除器。

其中(a)为杠杆式拱形消除器，它是利用杠杆的拨动破坏拱形堵塞的形成。(b)是凸轮式拱形消除器。(c)中除摆动杠杆以外，在料仓内还装有菱形搅动器，用以加强破坏料堆上部可能形成的拱形。(d)为电磁振动式拱形消除器，适用于重量较轻的工件。(e)所示为棘齿式拱形消除器，它利用在送料器表面上做成的波纹或齿纹，并由上料机构的往复运动来搅动料堆中的工件，从而防止了拱形的形成。

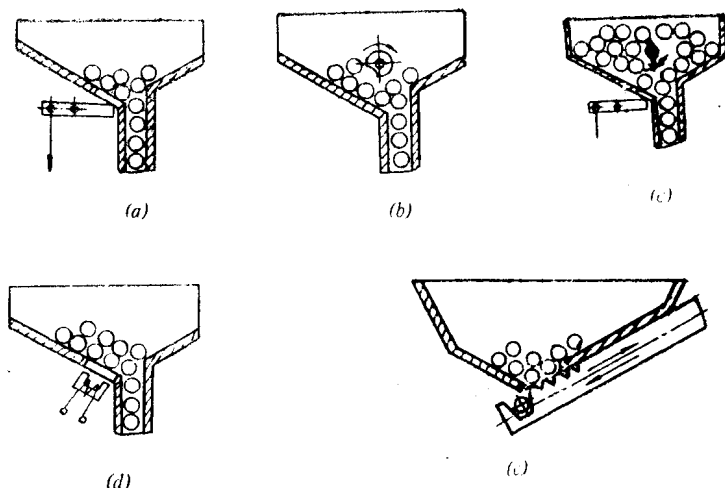


图 2-2 拱形消除器

单层装载型料仓

单层装载型料仓适用于扁平的片、环、盖类工件。图2-3中 (a) 为利用摩擦圆盘的旋转，将工件送至出口处。(b) 为利用料盘的倾角，也可利用电磁振动使工件进入输料槽。(c) 所示为带辅助料箱的料仓式上料装置。在这几种料仓中，为防止工件产生拱形堵塞，最好也在出口处设置搅动机构。

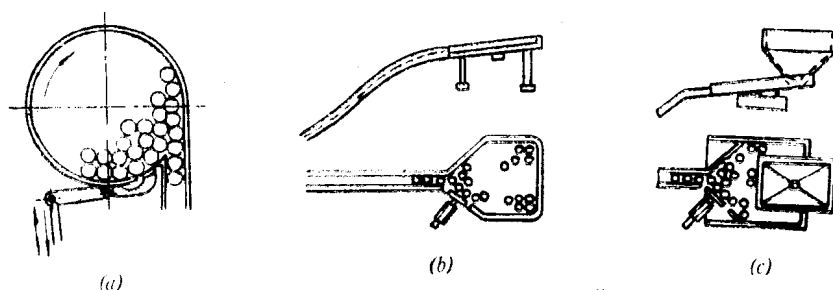


图 2-3 单层装载型料仓

单列装载型料仓

槽式料仓 (图2-4(a)) 是常用的一种单列装载型料仓，它可以作为输料槽并兼作贮料之用。槽式料仓的形状，根据工件的形状特征和上料装置在机床上的配置情况以及贮存量的大小，可做成直槽、弯槽和曲折形槽等等。螺旋槽式料仓 (图2-4(b)) 适用于贮存带锥形的回转体工件。图2-4 (c) 所示管式料仓可用于球、柱、轴、盖、片等类工件的上料，料管可用弹簧钢丝绕成柔性的，也可用钢管制成刚性的。图2-4(d)所示的杆式料仓实际上是管式料仓的一种变形，较多地用于片状工件的上料，当要求贮料尺寸可调时，可将杆的安装设计成可调节的固定方式。

摩擦式料仓也是一种常用的上料装置，它可适用于多种形状的工件。图 2-5 为这种料仓的几种典型型式。

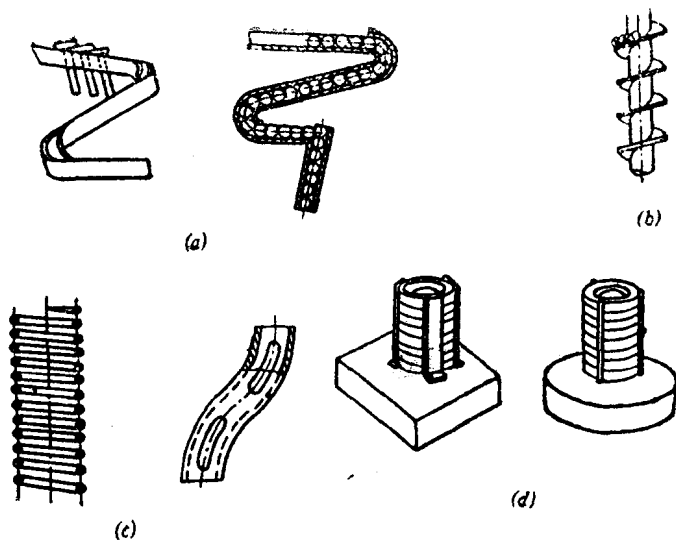


图 2-4 几种单列装载形料仓

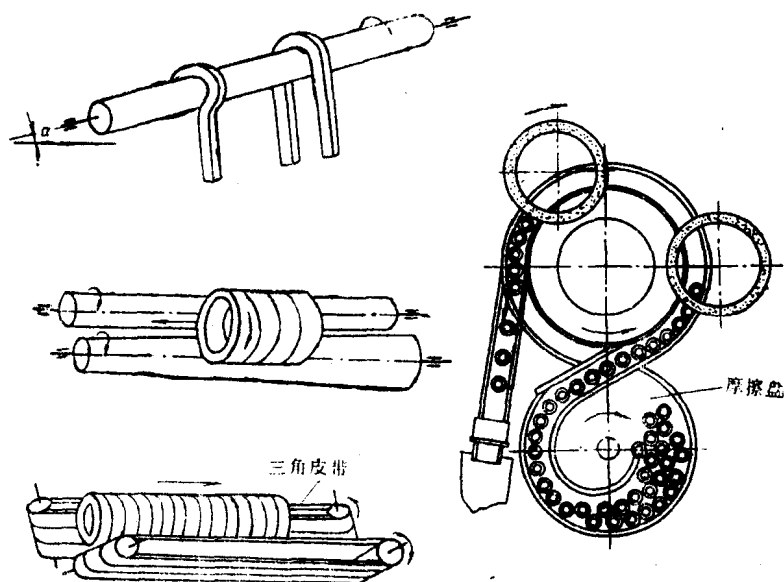


图 2-5 摩擦式料仓

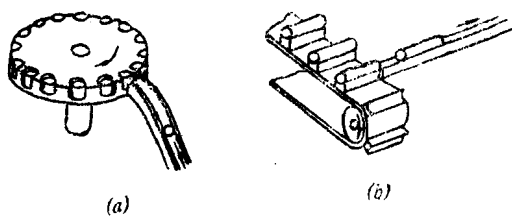


图 2-6 分离装载型料仓

分离装载型料仓

分离装载型料仓作间歇或连续运动，适用于较大工件的上料。图 2-6

(a) 所示料仓常用于圆盘、环、盖类工件。图 2-6 (b) 为轴类及较复杂的工件上料所用的料仓。