

中等专业学校试用教材

# 机械制造工艺过程 自动化引论

成都市工业学校 熊崇武 主编

ZHONGDENG

ZHUANYE

XUEXIAO

JIAOCAI



机械工业出版社

## 前 言

自动化制造技术，特别是计算机辅助的自动化技术是当今和未来机械制造业发展的方向。作为从事机械制造的中级技术人员，必须跟上我国自动化制造技术前进的步伐并促进其尽快发展。为此，首先必需掌握有关这方面的最基本的知识。

本书是根据机械电子工业部中专教材编审委员会为充实新技术、新工艺等现代化知识，制定出的教学大纲而编写的。它适用于中等专业学校机械制造专业做教材使用。本书也可供类似专业的高等专科学校、职工大学和电视大学等参考选用，并可供相应水平的工程技术人员在知识更新时参考。

全书是按不同生产类型分别进行阐述的。第二、三章所涉及的主要是大批量条件下自动化方面的内容，第四、五、六、七章主要讲述中小批生产条件下实现自动化生产的途径。

本书第一、二、三章由许德轩编写，第四、五、六、七章由熊崇武编写。全书由熊崇武主编，胡廉主审。在制订本书编写提纲、进行编写、审定及修改过程中，机械制造工艺课程组及有关学校的老师提出了许多宝贵意见。主审胡廉在审稿及改稿中提出了大量的具体修改意见。杨启蓉和张志明绘制了全书的插图。对此编者一并表示衷心感谢。

由于这是一本反映新技术、新工艺的初创性教材，编者经验缺乏，水平有限，搜集国内外的新资料不够全面，缺点、错误和不足之处一定不少，望读者不吝指正。

编者

1989年12月

# 目 录

第一章 绪论 .....	1	应用 .....	81
§ 1-1 机械制造自动化的概念 .....	1	§ 4-4 成组技术应用的效益 .....	94
§ 1-2 实现机械制造工艺过程自动化的意义 .....	2	习题 .....	95
§ 1-3 机械制造工艺过程自动化的现状与今后的发展 .....	3	第五章 计算机辅助制造 .....	97
§ 1-4 课程内容及目的要求 .....	5	§ 5-1 机械制造中应用的计算机 .....	98
习题 .....	5	§ 5-2 计算机过程监视 .....	113
第二章 机械加工自动线 .....	6	§ 5-3 工艺过程控制的基本原理——模拟与分析 .....	118
§ 2-1 自动线概述 .....	6	§ 5-4 直接数字控制 .....	126
§ 2-2 自动线所用的工艺设备 .....	8	§ 5-5 监督控制 .....	130
§ 2-3 自动线的辅助设备 .....	9	§ 5-6 制造支持系统 .....	140
§ 2-4 自动线的控制系统 .....	29	§ 5-7 工业机器人 .....	148
§ 2-5 典型的机械加工自动线 .....	35	习题 .....	151
习题 .....	46	第六章 计算机辅助工艺过程设计 .....	153
第三章 装配工艺过程自动化 .....	47	§ 6-1 概述 .....	153
§ 3-1 概述 .....	47	§ 6-2 用派生法编制工艺规程 .....	155
§ 3-2 装配作业的自动化 .....	52	§ 6-3 用创成法编制工艺规程 .....	161
§ 3-3 大批量生产的装配自动化 .....	59	习题 .....	162
§ 3-4 中小批生产的装配自动化 .....	62	第七章 柔性制造系统 .....	163
习题 .....	65	§ 7-1 概述 .....	163
第四章 成组技术 .....	66	§ 7-2 柔性制造系统的组成 .....	165
§ 4-1 概述 .....	66	§ 7-3 自动化无人工厂 .....	171
§ 4-2 零件的分类与编码 .....	69	习题 .....	172
§ 4-3 成组技术在零件制造工艺中的		主要参考文献 .....	172

# 第一章 绪 论

## § 1-1 机械制造自动化的概念

### 一、什么是机械制造自动化

机械制造自动化的含义有两方面：1) 直接改变工件的形状、尺寸、位置等方面的基本劳动由机械所代替；2) 人对机器的操纵、工件的装卸、输送、转位等辅助性劳动也被机械所代替，并由自动控制系统或计算机控制生产全过程。只有实现自动化，才能最大限度地提高生产效率和产品质量，工人才能从繁重的体力劳动中解放出来，恶劣的劳动条件才能得到改善，因此，自动化生产是人类生产的理想方式，是生产效率不断提高的有效途径。

在机械制造中，随着自动化装置代替人工作业范围的大小和程度不同，可以把机械制造中的自动化分为三类：

1) 工序自动化 在机械制造中，仅用自动化装置代替人完成一个工序的加工及辅助工作，称为工序自动化。这是机械制造工艺过程自动化的基础。

2) 机械加工工艺过程自动化，机械加工工艺过程中各工序都实现了自动化，并用自动控制系统来协调和控制整个工艺过程，称为机械加工工艺过程自动化。

3) 综合工艺过程自动化 不仅实现了零件加工工艺过程自动化，也实现了装配工艺过程自动化及其它工艺过程自动化（热处理工艺过程自动化）时，称为综合工艺过程自动化。

以上三种自动化习惯上通称为机械制造工艺过程自动化，简称为工艺过程自动化。

### 二、不同生产条件下实现工艺过程自动化的途径

#### (一) 少品种、大批量生产条件下实现自动化的途径

大批量生产时，零件品种单一，年生产量很大，产品的结构稳定，工艺也比较成熟。目前国内外实现大批量生产自动化的主要途径有以下几种：

1) 采用自动机床来实现大批量生产条件下的自动化 各类自动机床（如自动车床、多轴自动车床）都具有工件自动输送、自动装夹机构和刀具自动循环系统，能实现单机加工的全部自动化。

2) 采用专用机床和组合机床来实现大批量生产条件下的自动化 对于某些大量生产的零件，因结构形状受限制，无法采用通用的自动机床加工时，就要根据特定的要求设计和制造专用机床或组合机床来进行机械加工。这两种机床都能实现单机加工的全部自动化，能有效地提高机械加工效率和稳定加工质量。

3) 广泛地采用机械加工自动线生产方式来实现大批量生产条件下的自动化 目前国内外已有的3万多条自动线的生产经验表明：在自动线中由于广泛地采用了自动机和自动输送系统，使自动线具有很高的生产效率和显著的经济效果。

4) 建立自动化车间或自动化工厂来实现大批量生产条件下的自动化 在自动线的基础上按先进的工艺方案建立起来的自动化车间或自动化工厂，具有极高的生产效率和极好的技

术经济效果，它是少品种、大批量生产的发展方向，目前正向着由产品设计、工艺设计到产品加工、装配、测试等整个生产过程的全盘自动化系统的方向发展。

## （二）多品种、中小批生产条件下实现自动化的途径

根据有关资料统计，机械产品中多品种、中小批生产约占80%左右，所以解决它们的生产自动化具有重大的意义。而多品种、中小批生产中，辅助工时所占的比例通常较大，因此，只有同时减少基本时间与辅助时间，才能有效地提高其生产效率。实现多品种、中小批生产自动化的主要途径有以下几种：

1) 采用机械化、自动化装置来实现零件加工时的装卸、定位、夹紧机械化与自动化。

2) 采用自动滚道、运输机械、电动及气动工具等装置来实现工作地点的小型机械化与自动化。

3) 采用成组技术（GT——Group Technology）来提高多品种、中小批生产的加工效率和稳定产品质量。GT根据零件结构上的相似性基本上决定了其加工工艺上相似性的原理，使多品种、中小批生产可类似采用大批量生产时的高效率自动化设备，从而有利于提高生产的加工效率和稳定产品质量。

4) 采用柔性制造系统（FMS——Flexible Manufacturing System）来达到多品种、中小批生产整体优化下的自动化加工。FMS可以根据不同的加工对象，自动变换加工程序，自动更换工艺设备。它的整个加工系统和运输系统都具有很大的“柔性”及高的自动化程度。所以采用柔性制造系统，可以有效地提高多品种、中小批生产的加工效率。

5) 采用数控机床及加工中心来实现多品种、中小批生产的加工自动化。这种方法是将穿孔磁带上的数字信息输入到数控装置（专用计算机）或数控机床的通用计算机（小型计算机或微机），就能自动控制机床和刀具的运动。只要改变穿孔磁带上的数字信息，其它部分无需作很多调整与更换，就能适应不同零件的加工，使整个加工系统具有很大的通用性。因此，采用数控机床和加工中心是实现多品种、中小批生产自动化的重要途径。

6) 采用计算机辅助制造（CAM——Computer Aided Manufacturing）实现多品种、中小批生产的加工自动化。计算机辅助制造系统除具有一般柔性制造系统的功能外，还能对装配、性能测试、设备运行等进行监视与控制，也能用于企业编制生产计划、工艺规程及制定工时定额等。

## § 1-2 实现机械制造工艺过程自动化的意义

机械制造工艺过程自动化是加工技术不断进步和生产高度发展的产物，是人类理想的生产方式，它受到了许多技术先进和生产发达国家的极大重视，这些国家投入了很大的人力和物力，设立了专门的研究机构，正在努力研究和开发生产自动化的先进技术。各国之所以极为重视工艺过程自动化的研究与应用，其意义在于：

1) 能有效地提高劳动生产率，增加产量。因为实现了自动化生产后，各种高效率的机器代替了人所担负的繁重体力劳动，各种自动控制装置和电子计算机代替了人对生产过程的操纵管理和部分脑力劳动，整个生产过程能按最佳状态连续生产，高速度地制造出大量物美价廉的产品，满足社会和日益增长的物质文化生活的需要，所以实现自动化生产后，能有效地提高劳动生产率。

2) 能有效地提高并稳定产品质量。因为自动化生产时, 采用了自动检验和自动调节装置控制各种工艺参数, 所以能有效地提高并稳定产品质量。

3) 有显著的经济效益。根据不同国家, 不同工厂的具体经济情况, 只要对产品采用与之相适应的自动化方式进行生产, 就能获得良好的技术经济效果, 见表 1-1。

表1-1 各国自动化生产的技术经济效果表

名称	生产率提高(倍)	节省操作工人/人	年节约经费 万元	减少生产面积	投资回收 年限/年	生产量 万件/年	备注
曲拐自动线(中国)	4	7	10	—	1.2	1.43	—
汽缸盖自动线(中国)	11	12	26.1	—	4.6	1.16	—
电机轴自动线	3	3	4.8	—	0.7	9	—
工具刀片自动线	2.3	7	1.39	—	4	14	—
204轴承环自动线(中国)	4.5	—	—	49.4%	—	366	—
活塞自动化工厂(苏联)	4	—	—	28%	—	120	—
汽缸体自动线(苏联)	1	48	—	—	—	1.63	一班制
MOLINS24系统(英国)	4.4	315	—	85%	—	—	计算机群 控加工系统

4) 能改善劳动条件, 降低劳动强度。自动化生产方式特别适用于笨重的劳动和对人体有害的工作场所。

5) 能减少工作人员, 减少工资支付, 减少生产面积, 缩短生产周期, 降低产品成本, 节约能源。

6) 促进了管理人员与生产工人的科学技术知识水平的提高。由于自动化生产采用了计算机控制系统及自动化程度更高的设备, 因此生产工人和管理人员必须掌握更高、更多、更广泛的科学技术知识, 才能胜任自动化加工系统的安装、使用、调整、维修和管理的工作。所以, 采用自动化生产能缩小体力劳动与脑力劳动之间的差别。

7) 柔性制造系统及计算机辅助设计(CAD—Computer Aided Design)的应用与发展, 还有利于产品的更新与提高。

总之, 自动化生产能创造出更多的产品, 最大限度地满足社会的需求和人民不断增长的物质文化需要。它符合我国现代化生产的总体目标。在社会主义制度下实现机械制造自动化, 对降低工人劳动强度, 保障生产安全具有特殊的意义。

## § 1-3 机械制造工艺过程自动化的现状与今后的发展

### 一、国外自动化生产的现状与发展

西方国家在19世纪就基本上形成了机械化生产方式, 此后, 由于追求高的生产效率及高利润, 许多工业发达的国家投入了大量的人力和物力研究自动化技术。随着电子技术、自动控制技术, 特别是计算机应用的发展, 国外的自动化生产技术进一步得到了迅速的发展。

到20世纪50年代中期, 西方和苏联等国广泛采用了自动化生产方式。以后, 日本也迅速采用自动化生产。到60年代, 大量生产的自动化技术已成熟与普及了。

随着技术的进步，国际市场的竞争，产品更新换代加快，使大量生产的自动化生产方式转向多品种、中小批生产的自动化技术。1952年美国研制出数控机床，并逐步用于中小批生产中。随着电子计算机的出现及微型化和大规模集成电路的采用，美国和日本相继研制成功由计算机控制的全自动柔性制造系统和数控机床的计算机控制系统。

1959年美国成功地研制出工业机器人，它广泛地用于机械制造业，以后又扩大到其它行业，用来代替人做一些笨重和有害于健康的工作。现在的机器人已发展到了具有感觉、触觉、视觉和简单逻辑判断能力的智能机器人，它除了能完成机床上装卸零件的工作外，还能进行识别图像、装配、焊接、喷漆、热处理、清砂、浇注铸件等工作。

70年代末期，日本、美国、法国都研制成功了用计算机控制的具有多品种加工功能、自动输送功能、生产管理功能和各种信息处理功能的柔性制造系统。现在，国外已有200多个这种系统。这种系统能自动编程、自动控制毛坯、自动更换工艺装备、自动控制加工进程。

目前，日本、联邦德国和美国等工业发达的资本主义国家，正致力于研究具有设计、制造和管理功能的全自动化企业。这是自动化程度更高，规模更大，包括了产品设计、生产管理、冷、热加工、检验、装配调试的全盘自动化系统——集成制造系统。可以预料，随着生产自动化的不断完善，将会出现更多的自动化车间及自动化工厂。

## 二、我国自动化生产的现状与发展

我国研究和开发自动化机械的历史很悠久，早在4000多年前就研制成功了自动定向的指南车。但是，由于长期的封建制度，我国的自动化技术一直处于停滞状态。直到建国以后，我国的自动化技术才得到了发展，正式列入了经济建设和科学规划。

1956年，我国建成了汽车的汽缸体加工自动线，制造成功了各类自动车床与组合机床，为进一步发展自动化生产打下了基础。

1959年，我国设计并制造成功丝锥自动线、轴承自动线、齿轮自动线和螺钉、螺帽自动线。

1964年以来，我国仅第二汽车制造厂就设计制造了各种高生产率的自动机床8000多台，自动线50多条。以后又相继研制成功了各种数控机床、工业机械手和工业机器人，为我国研究与建立柔性制造系统打下了基础。

据1980年的资料报导，我国已建成了两个自动化车间，400多条自动生产线，1000多台机械手，15台工业机器人。电子计算机已开始用于机械制造厂的管理、机械产品的优化设计和数控机床的控制中。

但是，在我国自动化生产的发展过程中，也还有不足之处，据有关资料统计：所建成的自动线只有44.7%运行比较正常，故障少，经济效益好；18.5%故障较多，生产节拍达不到设计要求；7.1%故障太多，加工质量达不到要求；25.9%因产品改变，无销路或因批量太小及生产管理方面的原因没有使用；3.8%由于技术不过关而报废。数控机床、工业机器人和机械手的制造和应用也有类似情况。在制造成本、质量、精度、稳定性、功能利用和维修等方面也不够理想。

搞自动化，必须从我国的实际情况出发，在相当长的时间内，我国还是要自动化、半自动化、机械化以及必要的手工劳动相结合。因为我国生产还不发达，劳动力多，劳动生产率低，技术也还跟不上。

我们搞自动化要考虑三个因素：1) 保证产品质量；2) 提高劳动生产率，降低生产成

本；3) 保证生产安全和改善恶劣的劳动条件。只有综合考虑上述三条因素，才能克服那种盲目搞自动化，造成人力、物力、财力浪费的不良后果。

## § 1-4 课程内容及目的要求

### 一、课程内容

本课程主要介绍机械加工及装配方面的自动化基本知识，是机械制造工艺学的继续与深化，又是自动机床、电子技术、液压传动、控制技术、计算机技术及系统工程学的综合应用与发展。本课程主要内容包括：

1) 少品种、大批量生产的自动化。包括：机械加工自动线、工件输送自动化、上下料自动化、贮料自动化、工件转位自动化、随行夹具返回自动化、断屑自动化、排屑自动化等内容。

2) 多品种、中小批生产的自动化。包括：成组技术、计算机辅助制造、计算机监控工艺过程、工业机器人、计算机辅助工艺过程设计、柔性制造系统等内容。

3) 机械制造中的综合工艺过程自动化。包括：装配工艺过程自动化、自动化车间、自动化工厂等内容。

### 二、本课程的目的

机械制造工艺过程自动化是50年代发展起来的一门独立学科，是中等专业学校机械制造专业的一门重要选修课。本课程的目的在于：探讨在不同生产条件下，提高劳动生产率、降低成本、提高产品质量、改善劳动条件的最佳自动化方案；探讨建立自动化加工系统和合理应用自动化工艺设备、自动输送系统、自动控制系统的原理、特点与方法。

### 三、本课程的要求

在掌握了机械制造工艺学等有关知识的基础上，通过本课程的学习，要达到以下要求：

1) 了解机械制造工艺过程自动化的基本概念，掌握不同生产条件下实现工艺过程自动化的主要途径和典型的自动化装置，为今后在工作中能够综合运用所学知识，解决工艺过程自动化中的实际问题打下基础。

2) 对成组技术、计算机辅助制造、计算机辅助工艺过程设计(CAPP——Computer Aided Process Planning)、柔性制造系统的基本原理及在机械加工中的应用有比较系统、基本的了解。

## 习 题

1. 机械化与自动化，它们在概念上有何区别？
2. 在不同生产规模条件下，实现机械制造工艺过程自动化的途径有哪些？
3. 实现机械制造工艺过程自动化的根本意义是什么？
4. 根据我国的国情，我们搞自动化必须考虑哪些因素？



## 第二章 机械加工自动线

### § 2-1 自动线概述

自动线是在流水线的基础上发展起来的，它对于稳定产品质量，提高劳动生产效率，改善工人劳动条件，降低零件加工成本起着十分重要的作用。是实现少品种、大批量生产条件下自动化的一种理想方式。

#### 一、自动线的定义、建线条件与特征

按零件加工顺序排列的若干台自动机床，用自动输送装置和其它辅助装置联成一个整体，并用控制系统按规定的工艺流程来自动操纵工件的输送、定位、夹紧和机械加工的生产线称为机械加工自动线，简称自动线。

使用自动线虽然能显著地提高劳动生产率，减轻工人的劳动强度，改善工人的劳动条件，降低零件的工艺成本，有利于提高和稳定产品质量，但并不是任何情况下使用自动线都是合理的，都能取得良好的经济效益。因此，建立自动线应符合以下的基本条件：

1) 零件的生产纲领要足够大，应通过严格的技术经济分析和方案论证，一般应使建线的总投资能在5年内收回。

2) 零件结构定型，质量稳定，经预测产品在较长期内销路好。

3) 采用的工艺方案和设备应稳定可靠。

4) 所用的毛坯质量好，生产效率高。

5) 企业管理正常，具有一套科学管理自动线的制度与方法。

自动线工作过程中，工件以一定的生产节拍，按照工艺顺序自动地经过各个工位，在不需工人直接参与的情况下，自动完成预定的工艺过程，最后成为合格的产品。由此可见，在工艺上自动线虽与流水线有相似之处，即适应大批量生产、设备按工艺路线布置、生产具有一定的节奏性等，但自动线具有自己的特点：即具有较高的自动化程度；全线具有统一的自动控制系统；具有比流水线更为严格的生产节奏性。

#### 二、自动线的组成

根据工件的具体情况、工艺要求、工艺流程、生产率要求和自动化程度等因素的不同，自动线的结构和复杂程度常常有很大的差别。但一般自动线都由图2-1所示的几个基本部份组成。

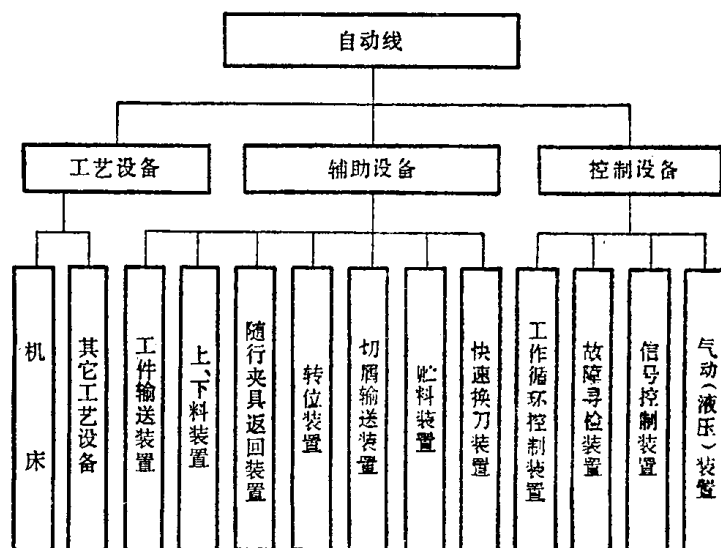


图2-1 自动线的组成

图 2-2 中所示是常见的加工箱体类零件组合机床自动线的实例。从图中可以看出该自动线主要由 3 台组合机床 2、8、7 和工件输送带 10、输送带传动装置 11、转位台 9、转位鼓轮 3、夹具 4、液压站 6、操纵台 1 以及切屑输送装置 5 等所组成。

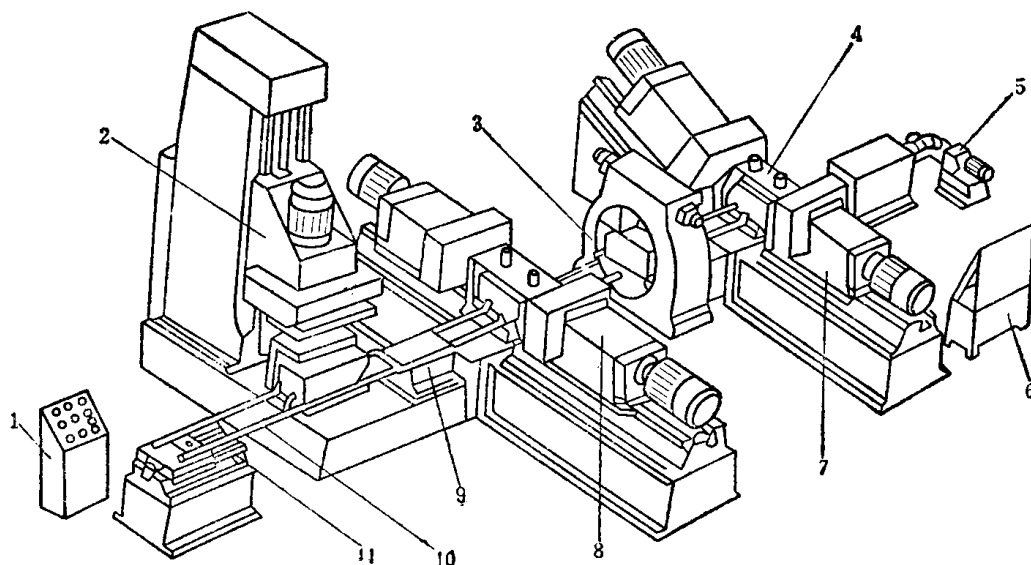


图2-2 组合机床自动线

1—操纵台 2—组合机床 3—转位鼓轮 4—夹具 5—切屑输送装置 6—液压站 7—组合机床 8—组合机床 9—转位台 10—工件输送带 11—输送带传动装置

### 三、自动线的类型及特点

根据自动线的结构特点，可将自动线按以下三个方面进行分类：

#### (一) 按所用的工艺设备类型分类

1. 通用机床自动线 这类自动线多数是在流水线的基础上，利用现有通用机床进行自动化改装后联成的。其特点是：建线周期短，制造成本低，收效快。一般用于加工盘类、环类、轴、套、齿轮等中小尺寸的简单零件。

2. 专用机床自动线 这类自动线以专用机床为主，其特点是：建线周期长，制造成本高。因设计专用机床，不受现有设备条件的限制。所以容易取得较满意的效果。专用机床自动线适用于加工结构复杂、形状特殊的零件。

3. 组合机床自动线 这类自动线是用组合机床联成的，其特点是：建线周期短，制造成本低，容易收到较好的使用效果和经济效果。组合机床自动线主要用来加工箱体类和杂件类零件。

在实际生产中，也有由组合机床、专用机床与通用机床组成的混合自动线。

#### (二) 按自动线中是否有贮料装置分类

1. 刚性联接的自动线 如图2-3 a、b 所示，这类自动线中无贮料装置，工件由输送装置强制地从上一个工位移送到下一个工位，直到加工完毕。其特点是：若某一工位因故停车，必然造成全线停车。

2. 柔性联接的自动线 如图2-3 c、d 所示，这类自动线中设有贮料装置。根据需要可以在每台机床之间或几台机床之间设置必要的贮料装置。其特点是：当某一工位因故停车时，上下工位仍可继续工作。或当前后相邻两台机床的生产节拍相差较大时，贮料装置可以

在一定时间内起着调节平衡的作用，不致使工作节拍短的机床停下来等候。

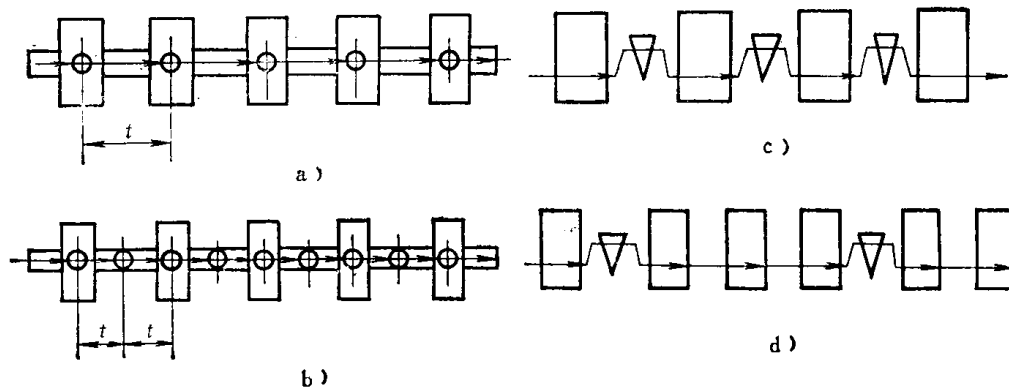


图2-3 刚性联接和柔性联接的自动线

a)、b) 刚性联接的自动线 c)、d) 柔性联接的自动线

### (三) 按加工对象分类

1. 旋转体工件加工自动线 它由自动化通用机床或专用机床所组成，其特点是建线周期长，难度大，成本高。用于加工轴、盘及环类工件。在切削加工过程中工件旋转，完成的典型工艺是：车外圆、车内孔、车槽、车螺纹、磨外圆、磨内孔、磨端面等。

2. 箱体、杂件加工自动线 它用组合机床联线，其特点是：建线周期短、收效快。在切削加工过程中工件固定不动，可以对工件进行多刀、多轴、多面加工。完成的典型工艺是：钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、铣面、铣槽等。

## § 2-2 自动线所用的工艺设备

自动线所用的工艺设备有以下几种：

1) 经过自动化改装的通用机床 对于若干中小型工厂，常采用经过自动化改装的通用机床建立自动线，这样既可以提高生产技术水平，进一步提高劳动生产率，稳定加工质量，又能充分发挥现有设备的潜力。改装机床投资少、收效快，特别是在某些工厂暂时还没有条件大量设计和制造专用设备的情况下，利用经过自动化改装后的通用机床建线，是实现生产加工自动化的重要途径之一。

当采用经过自动化改装的通用机床建线时，应进行必要的技术经济分析。因为通用机床在设计上并未考虑实现自动化改装和建线的要求，在结构和布局上存在着较大的局限性，因而改装的工作量往往很大，有时只能保留机床原有的少量部件。电气控制部分的改动量也很大。所以在确定对通用机床进行自动化改装时，应进行必要的技术经济分析，以确定利用现有自动化改装后的通用机床建线是否恰当。

2) 专用机床 对于为了建线而设计的专用机床，一般都是根据自动线总体设计中提出的要求进行设计的。因而采用专用机床建线，常常比采用通用机床改装能得到更加满意的效果。采用专用机床建线时，要考虑机床结构的可靠性和精度的稳定性。

3) 组合机床 用组合机床建立自动线，目前已得到普遍的采用。由于组合机床是用标准化部件和少量专用部件组合而成的机床，所以自动线的设计、制造和调整周期可以缩短，

建线成本可以降低。用组合机床联成的自动线目前在汽车、拖拉机、柴油机等大批量生产企业中得到很快的发展。它用于孔加工和平面加工时效果最为显著。

## § 2-3 自动线的辅助设备

自动线的辅助设备包括：工件在自动线上的输送装置、上下料装置、贮料装置、转位装置、随行夹具的返回装置、断屑和排屑装置、快速调刀与自动换刀装置等。这些装置的自动化程度将直接影响自动线的工作效率、加工成本、工作可靠性及工人的劳动强度。本节将分别介绍上述装置的工作原理、基本类型及应用范围。

### 一、工件输送装置

工件输送装置是自动线中最主要和最有代表性的辅助设备，它将被加工工件从上一个工位自动传送到下一个工位，从上一台设备自动输送到下一台设备，从而为保证自动线按生产节拍连续地工作提供了条件；并从结构上将自动线上的各台设备连接成为一个整体。

工件输送装置的型式与工件的结构和尺寸精度、自动线中工艺设备的类型和布局以及自动线工艺过程的特性等因素有关，因而其结构型式也是多种多样的。按其输送的方法与结构可以分为以下三种类型，如图 2-4 所示。

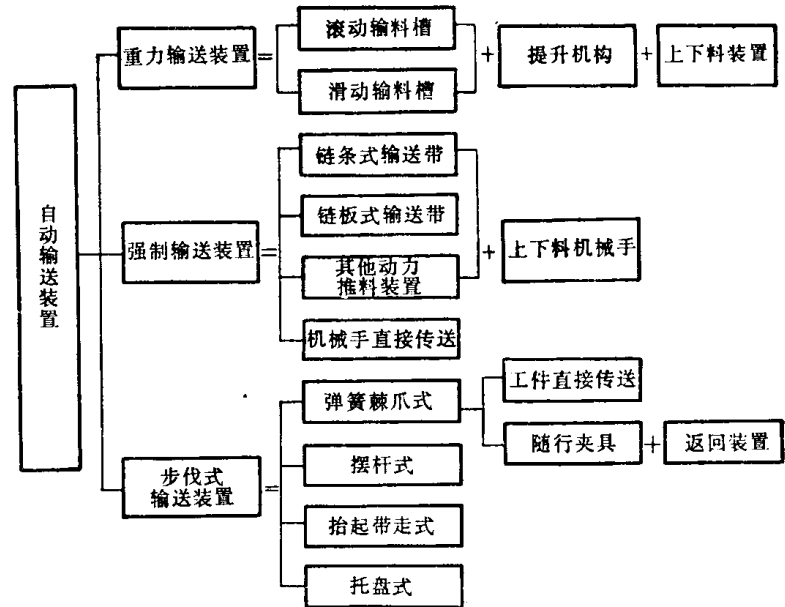


图 2-4 工件输送装置的分类

按其输送的方法与结构可以分为以下三种类型，如图 2-4 所示。

#### (一) 重力输送装置

1. 滚动式输料槽 它是利用工件自重来实现输料的。在工件输料过程中，需靠提升机构或机械手，将工件提升到一定高度，放入倾斜料槽中（倾斜角  $\alpha = 5^\circ \sim 15^\circ$ ），工件在重力作用下向下滚动，实现机床之间的工件输送。

滚动式输料槽的结构型式与特点如表 2-1 所示，此种输料槽结构简单，应用广泛。目前多用于中小型回转体零件（如盘、环、齿轮、销、短轴等）。

2. 滑动式输料槽 滑动式输料是靠工件自身重量在倾斜的输料槽中由上往下滑动，它可在工序间或上下料装置内部输送工件，并兼作料仓，用以贮存已定向排列好的工件。滑动式输料槽按其结构型式可分为：V 型滑道、管型滑道、轨道型滑道、箱型滑道等 4 种，各型滑道的特点与应用范围如表 2-2 所示。

#### (二) 强力输送装置

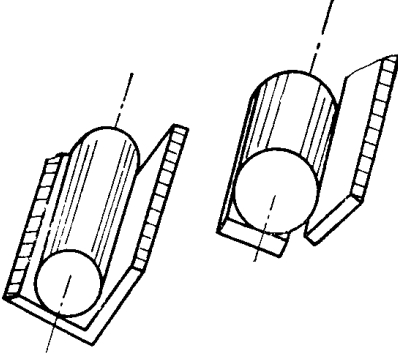
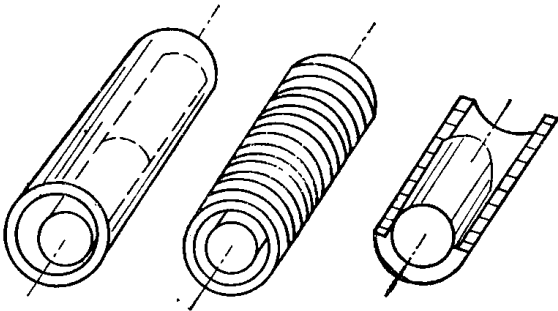
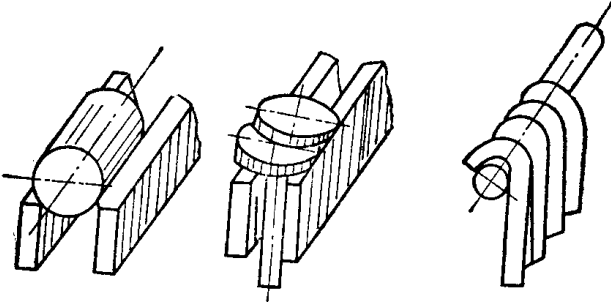
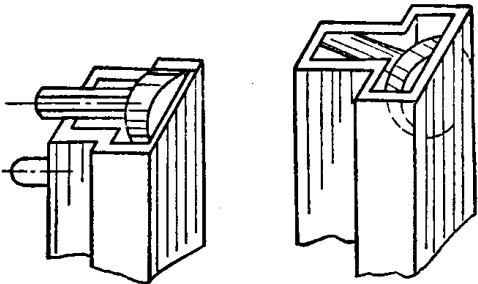
当无法利用工件自身重量输送时，就采用这种具有动力驱动装置的强力输送装置。

1. 链条式输送装置 图 2-5 所示为链条式输送装置的传动结构，它由两列封闭式链条、链轮和驱动装置所组成。用于支撑工件及定位的 V 形板 4 等距地固定在链条 3 的销轴上，随

表2-1 滚动式输料槽的型式和特点

型式	简 图	特 点 及 应 用 范 围
开 式		简单, 运送距离较长时, $\alpha = 5^{\circ} \sim 20^{\circ}$
闭 式		可防止工件在滚动时掉出滚道 适用于: 1) 运送距离较短而倾斜角较大 ( $\alpha > 20^{\circ}$ )时 2) 工件滚动速度较高时
可 调 式		可根据工件尺寸规格调整, 通用性较广, 适用于成批生产
组 合 式		用钢板组装而成, 底部可防止积存切屑脏 物、滚动阻力小, 还可用于带肩轴轮类工件
杆 式		用圆钢拼焊成, 轻巧省料, 底部不易积存 脏物, 适用于圆盘、轮类工件, 刚性、可拆 性差
曲 折 式		可使工件滚动时减速缓冲, 可防止工件偏 斜转向, 可减轻底部工件的压力, 适用于倾 角较大或垂直传送时

表2-2 滑动式输料槽的型式和特点

型 式	简 图	特 点 及 适 用 范 围
V 型 滑 道		<p>夹角 = <math>90^\circ</math>，可用标准角铁，适用于较小工件</p> <p>夹角 <math>&gt; 90^\circ</math>，可用板条拼焊成，适用于较大工件</p>
管 型 滑 道		<p>整体、刚性管用于工件需密闭的场合</p> <p>柔性弹簧管用于相对运动部件之间传送工件</p> <p>半管式用于较大工件</p>
轨 型 滑 道		<p>底部漏空，可防止积存切屑</p> <p>板式滑轨适用于带肩工件</p> <p>杆型滑轨适用于带弯钩工件</p>
箱 型 滑 道		<p>闭箱式适用于短距离要求密闭的传送带肩工件</p> <p>开式箱型适用于传送时需观察工件状况的场合</p>

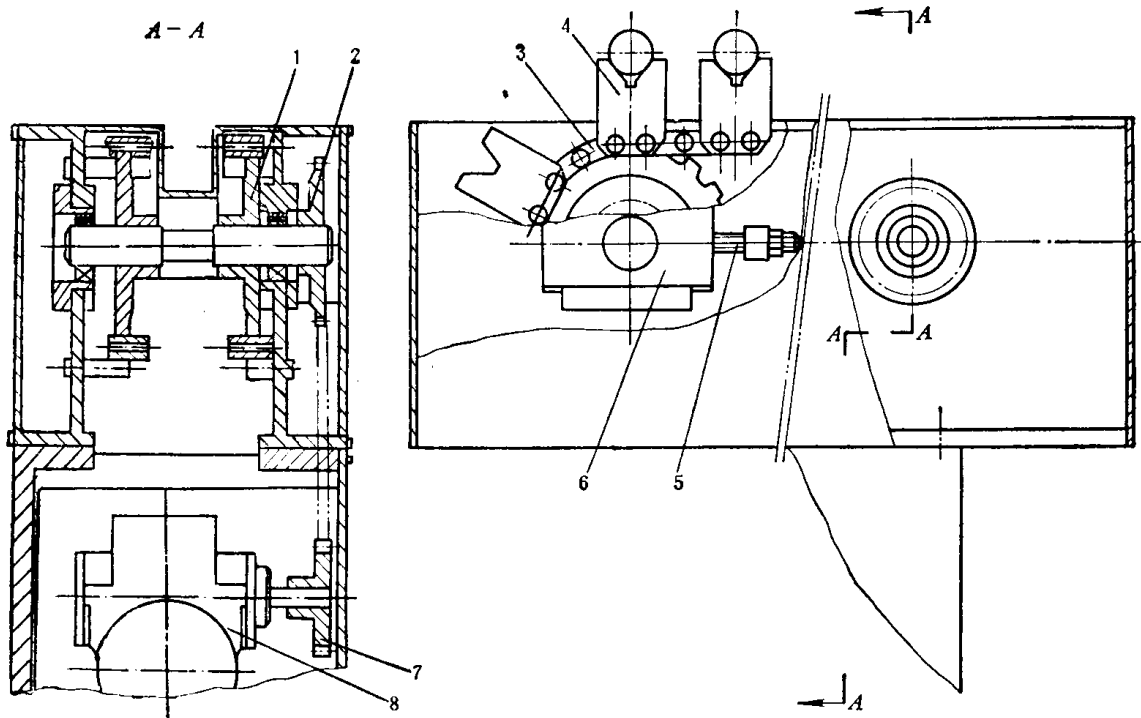


图2-5 链条式输送装置的传动结构

1—导板 2—链轮 3—链条 4—V形板 5—螺钉 6—滑块 7—链轮 8—减速器

链条一起运动以输送工件。链条由电动机通过减速器8和链轮7、2传动。导板1用来支撑链条3以防止链条下垂，链条的松紧可通过螺钉5及滑块6调节。这种链条式输送装置适用于大中型回转体零件。

2. 链板履带式输送带 图2-6是链板履带式输送带结构简图，它是由一节节带齿的链板组成。链板上表面磨光，靠其摩擦力输送工件。链板下面有齿，与驱动链轮相啮合，带动链板作单向循环运动。当其在链板上设置分路挡板机构时，还可实现分料、合料、拨料、限位等运动。

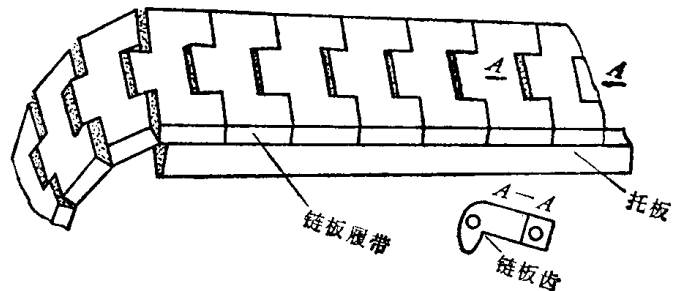


图2-6 链板履带式输送带

链板式输送带结构简单，动作可靠，贮料较多，容易实现“分料”、“合料”，通用性好。其缺点是磨损快，需定期调整或更换。

这种链板式输送装置主要适用于外形较复杂的工件运输。

### (三) 步伐式输送装置

步伐式输送装置是组合机床自动线的典型工件输送装置。它是一种刚性联接的输料装置。输送带的结构尺寸不仅与输送步距有关，而且与机床安装调整时的实际距离有关。

1. 弹簧棘爪式输送带 图2-7是组合机床自动线中最常用的弹簧棘爪式输送带。输送杆在支承滚子上往复移动，向前移动时棘爪推动工件或随行夹具前进一个步距。返回时，棘爪被后一个工件压下从工件底面滑动，退出工件后在弹簧作用下又抬起。工件在固定的支承板上滑动，由两侧的限位板导向，以防工件歪斜。

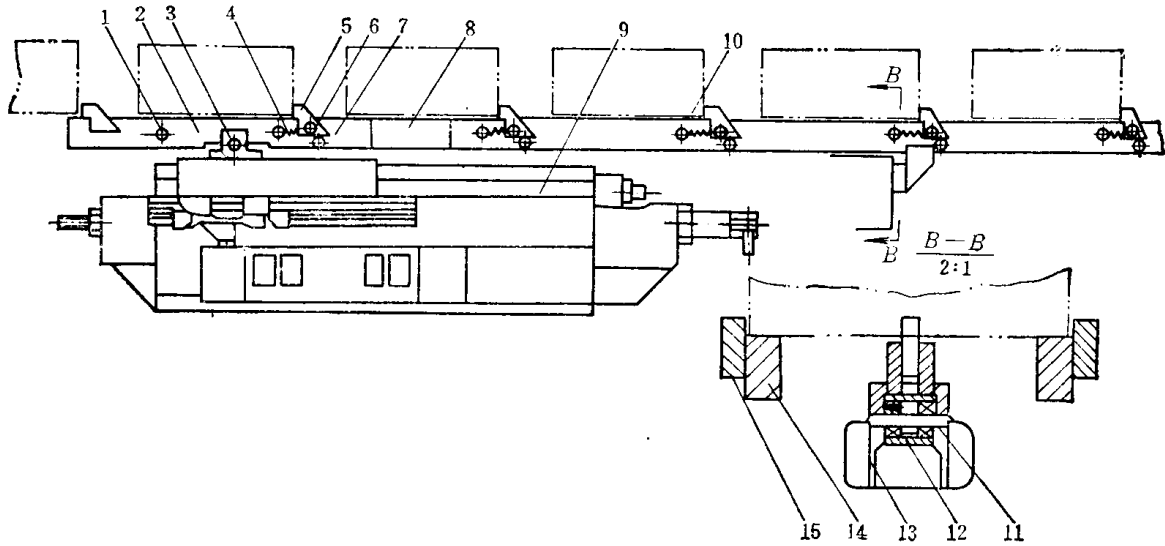


图2-7 棘爪移动步进式输送带

- 1—垫圈 2—输送杆 3—拉架 4—弹簧 5—棘爪 6—棘爪轴 7—支销 8—联接板 9—传动装置  
10—工件 11—滚子轴 12—滚轮 13—支承滚架 14—支撑板 15—侧限位板

这种输送装置在加工箱体类零件的自动线以及带随行夹具的自动线中，使用非常方便。

2. 摆杆式输送带 图2-8所示是摆杆式输送带的一个实例，它是由一条圆管形的输送杆1和若干刚性拨块（每个工件有两个拨块）所组成。在驱动液压缸5的作用下，输送杆1向前移动，杆上拨块卡着工件输送到下一个工位。摆杆在返回前，在回转机构的作用下，旋转一定角度。使拨块让开工件后再返回原位。

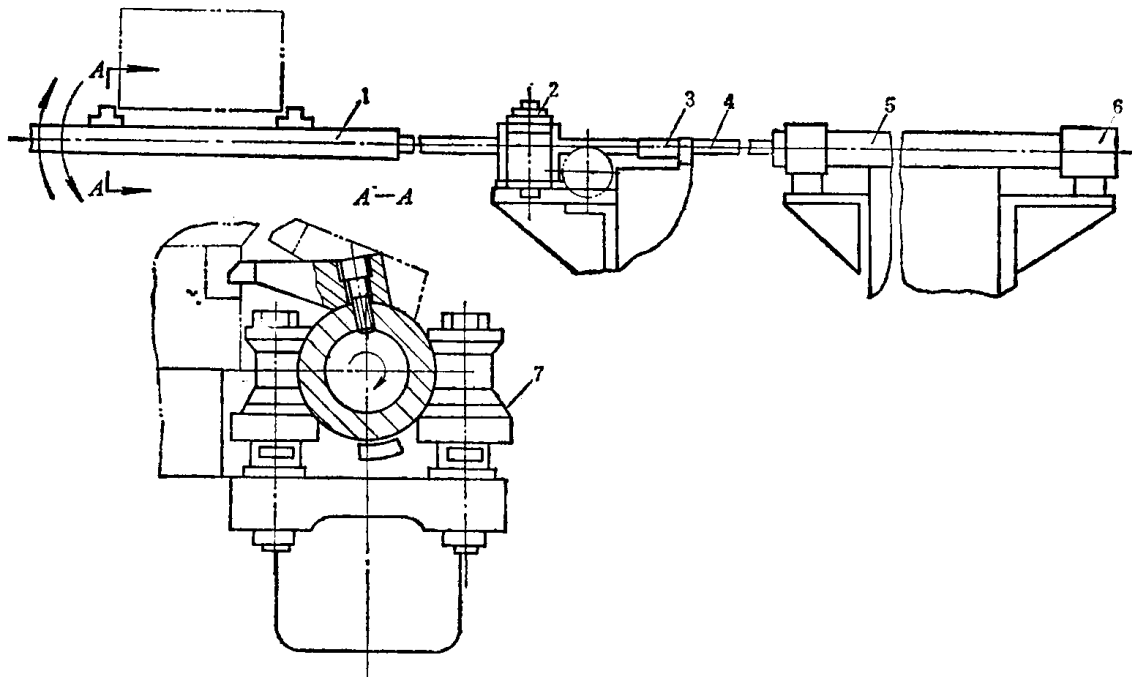


图2-8 摆杆式输送带

- 1—输送杆 2—回转机构 3—回转接头 4—活塞杆 5—驱动液压缸 6—液压缓冲装置 7—支撑滚

这种输送装置，常用来输送具有良好输送基面的工件或随行夹具。

## 二、自动线的上下料装置

自动上下料装置是用来使工件或毛坯定向排列，然后利用抓取机构顺次把工件送到加工



部位，待工件加工完毕，从机床加工部位把工件取下。

按上下料装置的结构特点与自动化程度不同，可分为料斗式和料仓式两种型式。

### (一) 料斗式上料装置

料斗式上料装置是一种全自动化的上料装置，具有自动定向机构。上料时，工人将工件成批地倒入料斗中，料斗的定向机构能将杂乱无章的工件自动定向，使之按规定方向整齐排列起来，然后抓取机构按一定的生产节拍把工件自动送到加工部位。如图 2-9 c 所示就是一种典型的料斗式上料装置，上料装置岗位上的工人的职责仅是把毛坯成批地倒入料斗中，并对上料装置以及整个机器的工作过程进行监督。

对于工件批量大，生产效率高，工序时间短，要求上料频繁及工件形状简单、重量不大的毛坯（如各种紧固标准件、轴承、五金、钟表、无线电零件等），常采用料斗式上料装置。

### (二) 料仓式上料装置

图 2-9 a、b 所示是一种典型的料仓式上料装置，工件在料仓中的定向是靠人工定向排列完成的。它没有自动定向机构，所以是一种半自动化的上料装置。而工件的送装则靠送料器自动完成。

这种料仓式上料装置，适用于因重量、尺寸或几何形状的特点而难于自动定向排列的工件。如曲轴、连杆、凸轮轴等工件。或者用于单件工序时间较长，人工定向排列一批工件后可以工作很长时间，没有必要采用自动化程度更高的料斗式上料装置的场合。料仓式上料装置能简化机构，增加工作的可靠性。

工件在自动线上加工完毕后，一般都能自行滑离自动线。而有些外形比较特殊的工件（如曲轴），往往需要专门设置下料装置。图 2-10 所示为曲轴自动线的下料装置，它由卸料机械手 4 及贮料架 2 等组成，机械手按照自动线的节拍，定时地从自动线最后一个工位抓起工件 3，送到自动线旁边的贮料架 2 上，工件即利用自重沿着贮料架的倾斜轨道自动下滑。

### 三、贮料装置

为了使自动线能在各工序的节拍不平衡的情况下连续工作一段较长的时间；或者在自动线中某台设备换刀、调刀或发生故障而停歇时，保证其它机床仍能正常工作，必须在自动线各工段之间或工序之间设置贮料装置。以保持工段间或工序间具有一定的工件贮备量。

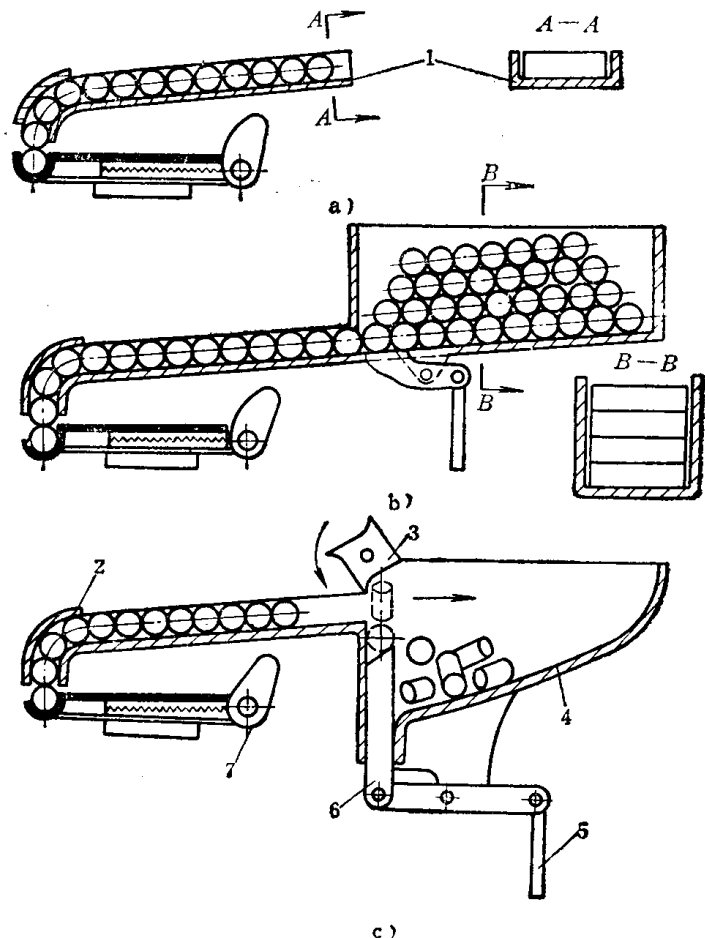


图 2-9 自动上料装置原理图

1—送料器 2—料道 3—剔除器 4—料斗  
5—驱动机构 6—定向机构 7—驱动机构