

目 录

第一章 自动生产线概论	1
§ 1-1 自动生产线概论.....	1
一、概述	1
二、自动生产线的组成	3
三、自动生产线的类型	6
§ 1-2 自动生产线的设计程序.....	7
一、准备工作阶段	7
二、总体设计阶段	9
三、结构设计阶段	9
§ 1-3 工艺方案的拟定.....	10
一、自动生产线的工艺方案	10
二、工艺方案的拟定	13
§ 1-4 总体布局.....	27
一、按零件的结构布局	27
二、自动生产线的联接方式	33
三、自动生产线机床、工件传送系统中各种装置和其它辅助设备	36
§ 1-5 自动生产线周期表的绘制.....	36
一、自动生产线循环周期表	36
二、周期表的绘制方法	37
三、自动生产线主要机构的互锁要求	37
第二章 自动上下料装置	39
§ 2-1 概述.....	39
一、自动上下料装置的分类及特点	39
二、自动上料装置组成部分及作用	41
三、自动上料装置遵守的原则	42
§ 2-2 料仓式上料装置.....	42
一、料仓	42
二、输料槽	43
三、上料器	46
四、隔料器	48
§ 2-3 机械传动式料斗上料装置.....	48
一、概述	48
二、几种典型的料斗机构分析	49
三、料斗外二次定向机构	53
§ 2-4 电磁振动料斗上料装置.....	54
一、工作原理	54

二、振动料斗送料率 Q 的确定	57
三、振动料斗的典型结构	57
四、振动料斗的设计	59
第三章 凸轮机构与分配轴	70
§ 3-1 凸轮机构的应用及其分类	70
一、按凸轮的形状分类	70
二、按从动件头部形状分类	72
§ 3-2 凸轮从动件常用运动规律及其选择	72
一、等速运动规律	73
二、等加速与等减速运动规律	74
三、简谐运动规律	74
§ 3-3 解析法设计凸轮轮廓线	75
一、解析法设计凸轮轮廓曲线	76
二、凸轮基本参数的确定	78
§ 3-4 凸轮机构与分配轴的结构	80
一、凸轮及从动件的结构形式	80
二、分配轴的结构及其与凸轮的固定方式	81
三、凸轮机构所用材料	82
§ 3-5 凸轮机构的运动传递及周期图的绘制	83
一、凸轮机构的运动传递方式	83
二、凸轮机构的闭锁方式	84
三、多个凸轮周期图的绘制	84
第四章 输送装置	86
§ 4-1 概述	86
§ 4-2 带输送	87
一、带输送装置的组成	88
二、带输送中基本参数的确定	95
三、输送带张力计算	98
§ 4-3 链条输送	101
一、链输送装置的组成	102
二、链输送中基本参数的确定	106
§ 4-4 提升输送	113
一、斗式提升输送	114
二、托架提升输送	115
三、摇架提升输送	116
§ 4-5 悬挂输送	117
一、链条	118
二、滑架	118
三、架空轨道	119
四、吊具	120
五、转向装置	120
六、张紧装置、驱动装置、安全装置	121

§ 4-6 其它形式的连续输送	122
一、滚柱输送	122
二、螺旋输送	123
三、气流输送	124
§ 4-7 直线方向步进输送	127
一、PC控制式步进输送	127
二、棘爪步进输送	128
三、抬起步进输送	129
四、提升步进输送	130
§ 4-8 圆周方向步进输送	131
一、间歇机构的转位输送	131
二、液压、气动装置的转位输送	134
第五章 夹紧机构	136
§ 5-1 概述	136
一、机床夹具分类	136
二、机床夹具的组成	137
三、机床夹具的发展方向	138
§ 5-2 工件的定位	138
一、工件定位的基本原理	138
二、定位方法及定位元件	140
三、常用定位元件所能限制的自由度	144
四、定位误差的分析与计算	144
§ 5-3 工件的夹紧装置	151
一、夹紧装置的组成	151
二、对夹紧装置的基本要求	152
三、夹紧力方向的确定	152
四、夹紧力着力点的选择	152
五、夹紧力的确定	153
六、基本夹紧机构	153
§ 5-4 自动生产线夹具	166
一、随行夹具	166
二、固定夹具	170
第六章 工业机械手	172
§ 6-1 概述	172
一、基本概念	172
二、运动机能、规格参数	176
三、目前国内外概况及今后发展趋势	182
§ 6-2 执行机构	184
一、手部	184
二、腕部	203
三、臂部	207
§ 6-3 机械手的运动规律	211

一、坐标变换原理和变换矩阵	212
二、机械手的运动规律	216
三、手部的方位	217
四、几种常用的特性曲线	220
§ 6-4 定位精度和稳定性	221
一、概述	221
二、常用的定位系统	223
三、常用的缓冲装置	226
§ 6-5 驱动装置	229
一、液压驱动装置	229
二、气压驱动装置	232
三、电力驱动装置	234
四、机械驱动装置	234
§ 6-6 控制装置	234
一、控制系统简介	234
二、固定程序控制系统	235
三、可编程控制系统	241
第七章 控制基础与传感器	246
§ 7-1 常用低压电器	246
一、刀开关	246
二、自动开关	248
三、接近开关	250
四、熔断器	252
五、接触器	257
六、继电器	262
§ 7-2 执行电机	266
一、直流伺服电动机	266
二、交流伺服电动机	272
三、步进电动机	277
四、无刷直流电动机	280
§ 7-3 温度传感器	282
一、热电偶传感器	283
二、热电阻传感器	289
§ 7-4 位移传感器	295
一、电位器式位移传感器	295
二、差动变压器式位移传感器	297
三、感应同步器	300
四、光栅传感器	305
§ 7-5 角位移传感器	306
一、增量码盘	306
二、绝对值码盘	307
三、增量码盘与绝对值码盘的性能比较	309

第八章 顺序控制	312
§ 8-1 概述	312
§ 8-2 继电器接触器控制系统	313
一、电气控制线路图的绘制及读图	313
二、基本继电器接触器控制线路	315
三、电动机起动控制线路	319
四、电动机制动控制线路	323
五、电动机保护	327
六、继电器接触器控制线路举例	330
七、电器控制线路设计	335
§ 8-3 基本逻辑型顺序控制器	346
一、基本结构	346
二、基本原理	348
三、基本控制环节	349
四、顺序控制器的输出单元	352
五、基本逻辑型顺控器应用举例	352
§ 8-4 步进型顺序控制器	355
一、步进型顺控器的基本结构和主要功能	356
二、SK ₂ 顺控器的组成及工作原理	357
第九章 可编程控制器	374
§ 9-1 概述	374
一、系统的构成	374
二、PC的逻辑结构	375
三、PC的运行过程	376
四、器件和器件编号	377
§ 9-2 基本指令与梯形图	380
一、梯形图和程序	380
二、基本指令	381
三、暂存继电器的使用方法	384
四、梯形图的划分与连接	386
五、梯形图的规定	389
六、梯形图的化简	390
§ 9-3 编程指令	393
一、梯形图基本指令	393
二、数据应用指令	412
三、数据运算指令	426
四、高速计数器指令	429
§ 9-4 选型及应用举例	432
一、I/O扩展模块	432
二、I/O接口电路	433
三、选择型号	435
四、编程步骤	437

五、应用举例	438
第十章 微型计算机系统接口技术	455
§ 10-1 概述	455
§ 10-2 并行接口电路	456
一、不可编程的并行接口电路	456
二、可编程并行接口电路	464
§ 10-3 模拟量输出输入通道	478
一、模拟量输出通道D/A转换	478
二、数据的采样及保持	484
三、模拟量输入通道	491
第十一章 VCD插件机	503
§ 11-1 概述	503
一、工作系统图	503
二、VCD插件机及操作工艺流程	504
三、整机操作功能	505
四、技术性能	508
§ 11-2 运动系统	509
一、X-Y方向工作台运动系统	509
二、料带输入和进给装置	511
三、VCD插件机头、砧头和切断/打弯装置	513
§ 11-3 动力系统	519
一、VCD插件机动力分配控制板	519
二、气动系统	519
§ 11-4 控制系统	522
一、控制器的实体结构	523
二、输入/输出(I/O)系统	524
三、设备的自诊断功能	526
第十二章 电视机生产线	528
§ 12-1 工艺流程和线体布局	528
一、电视机整机装配工艺流程	528
二、线体布局和技术性能	530
§ 12-2 线体和机构	535
一、线体介绍	535
二、顶升转向机构	536
三、顶升移行机构	537
四、动力和张紧机构	539
五、升降机	539
六、真空移栽机	544
§ 12-3 自动波峰焊生产线	548
一、概述	548
二、自动波峰焊的标准工艺流程及其组成部分	551
三、各组成部分的作用及其结构特点	551

§ 12-4 电视机生产线的控制部分	563
一、工艺流程	564
二、I/O赋值	567
三、梯形图	568
四、程序	572

第一章 自动生产线概论

§ 1-1 自动生产线概述

一、概 述

当今时代，由于科学技术的迅速发展，自动化生产技术在工业生产中得到越来越广泛的应用。在机械制造、电子等行业已经设计和制造出大量的类型各异的自动生产线。这些自动生产线的使用，对于提高劳动生产率和产品的质量、改善工人劳动条件、降低能源消耗、节约材料等方面都取得了显著的成效。

自动生产线是在流水线的基础上逐渐发展起来的。它不仅要求线体上各种机械加工装置能自动地完成预定的各道工序及工艺过程，使产品成为合格的制品，而且要求在装卸工件、定位夹紧、工件在工序间的输送、切屑（加工废料）的排除、甚至包装等都能自动地进行。为了达到这一要求，人们通过自动输送及其他一些辅助装置按工艺顺序将各种机械加工装置连成一体，并通过液压系统、气压系统和电气控制系统将各个部分动作联系起来，使其按照规定的程序自动地进行工作。我们称这种自动工作的机械装置系统为自动生产线。

自动生产线之所以称为一个系统，因为它是建立在机械技术、计算机技术、传感技术、驱动技术、接口技术等基础上的一门综合技术。它是从系统工程观点出发，应用这些综合技术，根据生产的不同需要，对它们进行有机的组织与综合，从而实现整体设备的最佳化。因此，自动生产线虽源于流水生产线与流水生产线有相似之处，但其性能已经远远超过流水生产线，并有许多明显的不同。最主要的特点是自动生产线具有统一的自动控制系统，有较高的自动化程度，还具有比流水生产线更为严格的生产节奏，工件必需以一定的生产节拍经过各个工位完成预定的加工。

由于生产的产品不同，各种类型的自动生产线的大小不一，结构有别，功能各异。但我们仍可把它分为五个部分：机械本体、检测、信息处理、执行机构和接口部分。它们之间的联系如图1-1所示：

从功能上来看，不论何种类型的自动生产线都应具备最基本的四大功能：即运转功能、控制功能、检测功能和驱动功能。运转功能在自动生产线中依靠动力源来提供。控制功能的实现在自动生产线中主要由微型机、单片机、单板机、可编程控制器或其他一些电子装置来承担。在工作过程中，设在各部位的传感器把信号检测出来，控制装置对其进行存贮、运

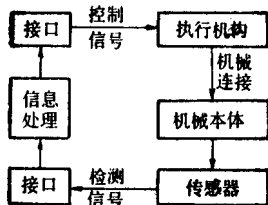


图 1-1 自动生产线各部分联系图

算、变换等，然后用相应一接口电路向执行机构发出命令完成必要的动作。检测功能主要由位置传感器、直线位移传感器、角位移传感器等各种传感器来实现。传感器收集着生产线上各种信息，如：位置、温度、压力、流量等传送给信息处理部分完成控制作用。驱动功能主要由电动机、液压缸、气压缸、电磁阀、机械手或机器人等执行机构来完成。整个自动生产线的主体是机械部分。

图1-1中的接口部分是指将各组成部分连接起来的接口电路。没有相应的接口电路就无法构成一个自动生产线系统。接口电路主要有两种，一种是工作速度快的计算机与工作速度慢的外部设备之间进行信息交换所需的接口。另一种是不同类型元器件之间进行连接所需的接口，即电平转换电路。接口电路布满了整个自动生产线系统。

由于自动生产线所涉及的技术领域广泛，所以它的发展、完善是与各种相关技术的进步及互相渗透是紧密相连的。因而我们研究自动生产线的发展概况就必须与整个支持自动生产线有关技术的发展联系起来。在流水线发展到自动生产线的漫长历史过程中，自动化技术进步的惊人飞跃可以说是从六十年代才开始的。一九五九年由于集成电路的出现，以集成电路为中心的微电子技术开始迅猛发展。它的出现与发展引起了工业上一场新的革命。随着集成电路集成度的提高，在应用方面，相继开拓了许多新的领域，特别是应用于计算机上，使计算机的处理、运算能力大大提高，体积、功耗、重量大大减小，成本急剧下降。同时由于可靠性的大幅度提高而使应用得到迅速普及。计算机技术的发展也开始与机械制造业相结合。在应用于自动化生产线方面，微电子技术越来越多地代替了自动生产线中原来由机械方式组成的控制部分，使自动生产线具有检测、记忆、运算、比较判断、反馈控制及显示等一系列功能，从而使自动生产线开始进入了升级换代的新的发展时期。

七十年代以后，进入大规模集成电路时代。元器件的集成度达到一千至一万个，效率提高一百万倍，可靠性提高了一万倍，而价格却降低一千倍，计算机开始向微型化发展。一九七二年微型机的诞生，CPU、ROM、RAM和接口电路的模块化，使微机开始作为商品出现。同时，在这一时期，可编程序控制器的研制及使用，传感技术、机械人技术、气压技术也在飞速发展。这些方面技术的发展又促进了机械技术的变化，自动生产线在结构设计上改变了传统的设计方法，向着缩小体积、减轻重量、提高刚性、实现标准化、系列化和提高系统整体可靠性的方向发展。自动生产线所使用的材料也从以钢铁为主发展到也使用一些非金属复合材料等。

在这一时期，出现了类似小型机和微型机基本功能的可编程序控制器。它是一种以顺序控制为主，回路调节为辅的工业控制机。不仅能完成逻辑判断、定时、计数、记忆和算术运算等功能，而且能大规模地控制开关量和模拟量，克服了小型机用于开关控制系统所存在的编程复杂、非标准外围接口的配套复杂、机器资源未能充分利用而导致功能过剩、造价高昂、对工程现场环境适应性差等缺点。由于可编程序控制器具有一系列优点，因而替代了许多传统的顺序控制器，如继电器控制逻辑、二极管矩阵逻辑以及变换线的数字逻辑等，开始广泛应用于自动生产线的控制。

机器人技术由于微机的出现，机器人内装的控制器被计算机代替而产生了第二代的工业机器人，我国自行研制的大都是机械手，已有一千多种，这些机械手的出现使机器人技术由通用型走向专业化，出现了喷涂用、电焊用、点焊用等各具特色的商品化工业机械手和机器人，在自动生产线中的装卸工件、定位夹紧、工件在工序间的输送、加工余料的排

除, 加工操作、包装等部分得到广泛使用。现在正在研制的第三代智能机器人不但具有运动操作技能, 而且还有视觉、听觉、触觉等感觉的辨别能力。具有判断、决策能力。能掌握自然语言的自动装置也正在逐渐应用到自动生产线中。

传感技术随着材料科学的发展和固体物理效应的不断出现, 形成了一个新型的科学技术领域, 建立了一个完整的独立科学体系——传感器工程学。在应用上出现了带微处理器的“智能传感器”, 它在自动生产线的生产中监视着各种复杂的自动控制程序, 起着极重要作用。

此外, 液压和气压传动技术在这一时期发展也很快, 特别是气动技术, 由于使用的是取之不尽的空气作为介质, 具有传动反应快、动作迅速、气动元件制作容易、成本小和便于集中供应和长距离输送等优点, 而引起人们的普遍重视。气动技术已经发展到一个独立的技术领域。在各行业, 特别是电子行业的自动生产线中得到迅速发展和广泛地应用。

所有这些支持自动生产线的相关技术的进一步发展, 使得自动生产线功能更加齐全、完善、先进, 从而能完成技术性更加复杂的操作和生产或装配工艺要求更高的产品。目前这些技术已向更先进领域开拓, 特别是八十年代后的微电子技术向超大规模和超大规模集成电路发展。几平方毫米硅片上集积几百万甚至上千万个逻辑元件, 使计算机更趋于小型化、高速化、智能化。智能计算机的出现使自动生产线功能更先进和完善, 给生产率、产品质量带来不可估量的影响。

由于我国的自动化生产和先进国家相比还存有一定的差距, 因此迅速增加自动生产线的数量和提高自动生产线的精度等级将成为我们今后奋斗的目标。

二、自动生产线的组成

自动线的优点主要是提高劳动生产率、缩小生产面积、缩短生产循环的周期及减轻工人的劳动。自动线的出现及发展, 基本上沿着两个方面进行的。

第一方面, 流水生产法的进一步发展。我们如果比较一下流水生产和非流水生产, 就可以看到在一条统一的工艺流水线上加工零件比非流水作业要优越的多。在非流水生产中, 通常在生产厂房旁还需设置中间储料仓库。在图1-2的加工中, 被加工零件经过某些工序后, 例如车削, 便送到中间储料仓库, 然后再送至下一个工序, 例如铣削。显然, 这种加工方法造成了额外的时间损失, 即很多的时间都消耗在工件的运转及贮存上。

然而当我们采用流水作业生产时, 由于各工序具有相同的生产节拍, 因此克服了以上弊病。

使用流水作业生产法不利的一面是在改变了工艺过程之后, 设备的布局就要发生变化。尤其是当采用专用设备时, 这些设备在工艺过程发生改变之后就会因此而报废。因此, 在采用流水作业生产方式以及应用流水作业生产的设备之前, 应慎重地分析工件加工工艺过程、工艺过程的稳定性及其可能发生变化的远景。

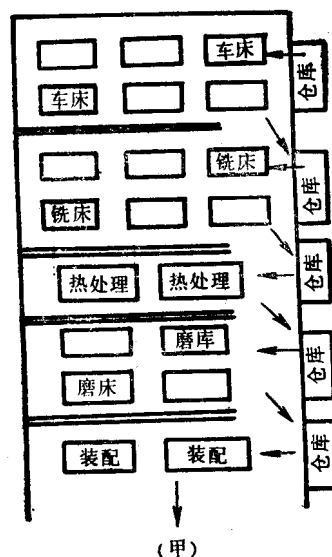


图 1-2 非流水生产

第二方面，顺序作业多工位自动机床的进一步发展，同样也导致自动线的建立。自动线的采用，为自动地实现各种各样的、复杂的工艺过程开辟了广阔的前景。

自动线中采用的组合原则（即顺序的、平行的、混合的）及其零件运输特性图1-3，对自动线本身有很大的影响。在加工过程中，零件的移动可以是间歇的，也可以是连续的。其中以顺序组合的组合方式中工件不从传送带上取下来的情况应用的最为普遍。

工件不从运输机上取下而间歇运动的场合，就是零件装在总的运输机上，由运输机把它从一个工位移动到另一个工位。这类自动线在汽车，拖拉机、飞机及其它工业部门加工箱体零件时都广泛地应用着。

连续移送毛坯，并在运动过程中把它加工的自动线，是自动线的先进形式，如图1-3（3），这种方法使得自动线的生产率大大提高，是因为毛坯的连续运动使得工作行程及空行程工序重合进行从而节省了工时的缘故。但是，移动过程的连续性，使得工艺过程受到了一定的限制，因为加工是在行程中完成的，因此这种自动线适于管类零件的辗压成形以及某些装配工作自动线。

平行组合常在自动线及自动车间个别工段中遇到，这是为了建立自动线共同的工作速度，必须装有重复机床。但有时也会遇到独立的平行组合自动线。

在不从运输机上取下毛坯而进行加工的情况下图1-3（4），从投入毛坯到加工完一个零件，运输机要移动一个等于工位数乘以工位间距离的长度，即 $L = n \cdot l$ 。

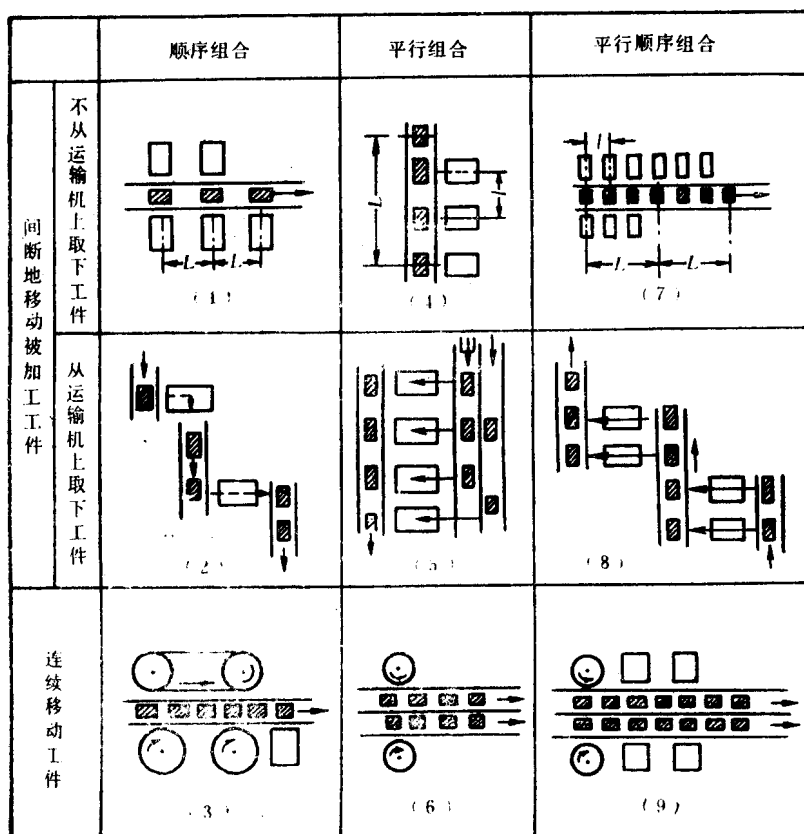


图 1-3 自动线的组合形式

在从运转机上取下零件的情况下图1-3(5)，零件在加工好之后，通常沿着另一个输送机移动。必须指出，在这种情况下，运送零件本身可以是连续的，而在加工时须将零件固定在机床上。

混合组合（即平行—顺序组合形式），是有发展前途的自动线，是自动化工厂所采用的一种有代表性的组合形式。

由于自动线是一个汇合成一个总体的许多机器的加工系统，因此自动线中个别组合机床及机构发生故障时，都会引起整个自动线的停顿，这就导致我们须将自动线分为若干工段，在工段间，安置工序间储备零件的储料仓。这样可以停下单组的组合机床而不致于引起整个自动线的停顿如图1-4所示。图中介绍了把自动线分为几个工段的两种方法。

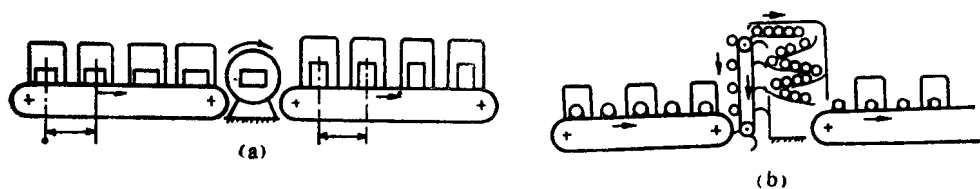


图 1-4 储料仓

由于工件在经过某些工序后，先被送至中间储料库，然后再从储料仓库送至下一个工序。因此，这种方法引起了额外的时间消耗，增加了辅助生产时间并延长了加工周期。然而这种生产方法的优点是在改变工艺过程时在安排生产上具有较大的灵活性。

在流水生产中，被加工的工件按照预定的工艺过程，从一个机床移向另一个机床。采用流水生产作业时，由于全部设备具有统一的工作速度，即各个工位上的基本生产时间相等，因而大幅度地减少了生产面积及整个加工周期。从而使得流水作业生产愈来愈广泛地被应用在生产的各个领域之中。

自动生产线比流水线更为先进，它主要由基本工艺装备以及各种辅助装置、控制系统和工件的传输系统等组成，根据工件的具体情况、工艺要求、工艺过程、生产率要求，工

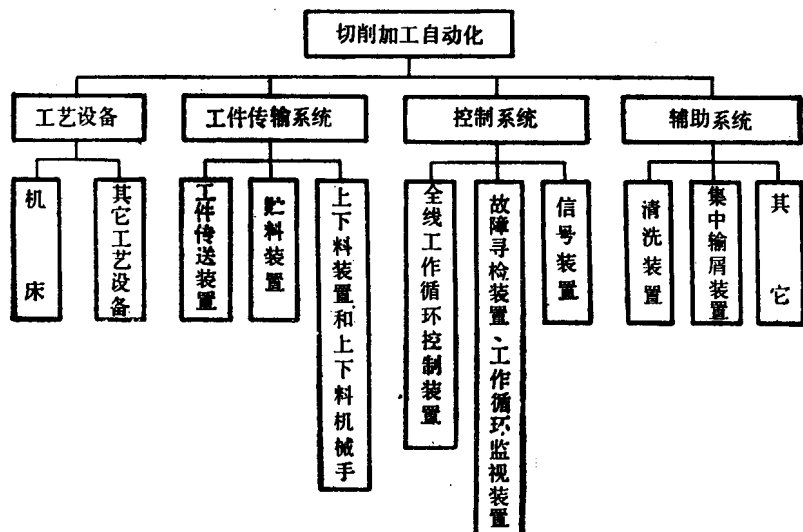


图 1-5 自动线的组成形式

件的生产纲领的大小及自动化程度等因素的差异导致自动线的结构及其复杂程度常有很大的差别。但不论其复杂程度如何,一般自动线都有以下几个基本组成部分。可概括地表示为图1-5所示的自动线组成系统图。

三、自动生产线的类型

自动生产线的类型是多种多样的。根据不同的特征,它可以有许多不同的分类方法。如:根据工作性质的不同可以分为:切削加工自动线、装配自动线及综合性自动线(即具有不同性质的工序如:机械加工、装配检验、热处理、玻璃制品熔化、剪料、成型、检验等);根据工件的输送方式可分为:用料槽输送的自动线、用机械手输送的自动线、用传送带输送的自动线以及带随行夹具的自动线等;根据布局形式可分为:直线排列的自动线、折线排列的自动线以及框形封闭式自动线等;根据生产批量的大小又可分为大批大量生产的自动线和中小批量生产的自动线。大批大量生产自动线用于单一产品的生产,中小批量生产的自动线用于多种零件的生产,是按照这几种零件的工艺要求来设计的。在结构上具有一定的可调性。可以在规定的范围内实现多品种的加工,故又称为多品种加工自动线或可调自动线。

按不同特征进行分类的目的,在于为了从某一方面分析和掌握自动线的特性与规律提供便利条件。从研究自动线的结构特点出发,可从以下两方面予以分类。

1. 按所用的工艺设备类型分类

(1) 通用机床自动线。这类自动线大多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。在这类自动线中是以通用机床为主,也包括少数专用机床。

(2) 专用(非组合)机床自动线。这类自动线所采用的工艺设备以专用自动机床为主。由于专用自动机床是针对某一种(或某一组)产品零件的某一工序而设计制造的,因而建线费用较高。因此,建造这类自动线时,要求产品结构比较稳定,年产纲领比较大,才能取得较好的经济效益。但另一方面,由于设计时不受现有设备条件所限,因而比较容易取得满意的效果。同时在设计输送、上料等装置时,有条件考虑全线结构上的通用化和典型化。

(3) 组合机床自动线。用组合机床联成的自动线,在大批大量生产中日益得到普遍的应用。由于组合机床本身具有一系列优点,特别与一般专用机床相比,其设计周期短,制造成本低,同时目前在生产中积累了较丰富的实践经验,因此组合机床自动线能收到较好的使用效果及经济效益。这类自动线在目前多用来进行钻、扩、铰、镗、攻丝和铣削等工序的加工。

2. 根据自动线中有无贮料装置分类

(1) 刚性联接的自动线。在这类自动线中没有贮料装置,机床按照工艺顺序依次排列,工件由输送装置强制性的从一个工位送到下一个工位,直到加工完毕。其移动的步距 t 可以等于两台机床间距[如图1-6(a)],也可小于两台机床的间距[如图1-6(b)]。

刚性联接自动线的特点是:全线所有的机床由输送设备和控制系统联成整体,工件的加工和输送过程有严格的节奏性。当某台机床发生故障而停歇时,就会导致全线的停歇。因此这种自动线中的机床与辅助设备愈多,即自动线愈长,故障停歇的时间损失的影响就愈大。为了保证自动线的生产率,所采用的机床和各种辅助设备都应具有较好的稳定性和

可靠性,同时应避免采用过于复杂的和易出故障的机构。

(2) 柔性联接的自动线。在这类自动线中设有必要的贮料装置,根据实际需要,可以在每台机床之间设置贮料装置[如图1-6(c)],也可相隔若干台机床设置贮料装置[图1-6(d)],将自动线分为若干工段。这样,在贮料装置的前后两台机床(或两段),就可以彼此独立地工作。由于贮料装置中贮备着一定数量的工件,当某一台机床(或某一段)因故停歇时,其余的机床在一定的时间内可继续工作,或当前后两台相邻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协平衡的作用,这样就避免了生产节拍短的机床的停歇,即保证了自动线的正常运行。

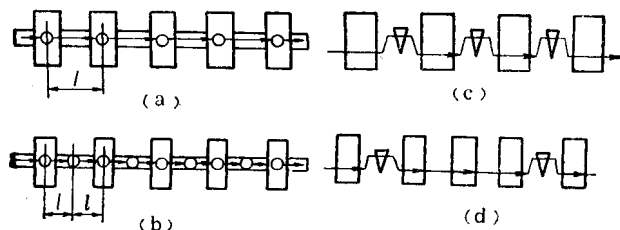


图 1-6 刚性联接和柔性联接的自动线

§ 1-2 自动生产线的设计程序

自动线的设计程序可分为准备工作阶段、总体方案设计阶段、结构设计阶段等几步进行。这里,总体方案与结构设计是相互影响、相辅相成的。根据不同的情况,其中有些工作有时也可平行交错地进行。

一、准备工作阶段

在设计自动线之前,必须明确任务要求,掌握一定的设计资料。为此,应做好两方面工作:一是调查研究;二是在调查研究的基础上进行分析,以便确定建线的可能性。

1. 调查研究工作

调查研究的内容有如下几方面:

(1) 被加工工件的年产纲领、工件在自动线上所要完成的工艺内容,在自动线上的安装位置、使用条件及其它特殊要求;

(2) 零件的结构、形状、尺寸、材料、技术条件以及在机器中所起的作用,该产品的发展前途;零件毛坯的种类和工件的加工余量;

(3) 被加工工件原来的工艺方法、加工质量、生产率等情况;国内外类似零件的有关技术资料等。

2. 确定是否适宜建造自动线

这个问题可以从以下几个方面进行分析:

(1) 分析零件结构。作为自动线生产的对象产品(零件),在结构上必须是已经定型的。而且应当是自动线用户长期(至少在自动线投资收回以前)生产的产品。假若这种产品

并不准备长期生产，或者在不久的将来有改变结构的可能性，就不适宜建造自动线。

(2) 分析毛坯情况是否合乎自动线的要求。毛坯的材质、制造方法与技术要求，对自动线的工艺过程、结构型式、复杂程度、工作的可靠性等，都有直接的影响。因此，应对毛坯提出如下要求：

第一，为使毛坯的供应量能满足自动生产的需要，即量的需要，毛坯本身的制造工艺必须是先进的、高生产率的。显然，这是建造切削加工自动线的一个先决条件。

第二，要求毛坯有较好的精度与质量。从提高自动线工作的可靠性及减少自动线的加工量出发，应对毛坯尺寸精度、几何形状及相互位置精度提出较流水生产更为严格的要求。毛坯尺寸不稳定、硬度不均匀，会直接影响到自动线的加工质量，甚至会影响到自动线工作的可靠性。所以，对尺寸很不稳定的毛坯，一般不宜于建造自动线。若由于客观原因必须建造自动线时，则应采取一定的措施改变毛坯的不稳定性。否则将这样的毛坯直接送上自动线是不合适的。

(3) 分析产量纲领是否合乎建线条件。如果对象产品(零件)的年产纲领很小时，则建线以后，其设备负荷率必然很低，除非有可能组织多种零件或成组加工自动线，否则不可能取得良好的效果。究竟年产纲领达到多少才宜于建线(自动线)，目前还没有确切的指标规定。但是，一般可以根据年产纲领的大小计算出自动线的生产节拍，然后再与同类产品的流水生产线的节拍对比，作为是否建造自动线的参考。如果计算出的结果比现场流水生产的节拍短，单纯靠增加机床来组织流水生产线，将会增加生产人员和生产面积，技术经济效果不好，这种情况下就应考虑建设自动线。

自动线的生产节拍，按下列公式计算：

$$t_j = \frac{60T}{N} \eta \text{ (分/件)} \quad (1-1)$$

$$N = Q_n(1 + p_1 + p_2)$$

式中 t_j ——自动线的生产节拍(分/件)；

T ——年基本工时(小时/年)，一般规定按一班制工作时为2360小时/年，按两班制工作时为4650小时/年；

N ——自动线对象产品(零件)的年产纲领(件/年)；

η ——自动线的负荷率，一般为0.65~0.85，复杂的自动线取较低值，简单的自动线取较高值；

Q ——产品(机器)的年产量(台/年)；

n ——每台产品包含对象产品(零件)的数量(件/台)；

p_1 ——备品率；

p_2 ——废品率。

目前，中型零件(如汽车的气缸体、气缸盖等)自动线的生产节拍一般在1~2分/件左右，某些先进的自动线(如连杆自动线)已达到6秒/件(四件同时加工)的水平。

(4) 分析劳动条件。有些零件就年产纲领而言，虽然不够建线条件，但采用流水生产时劳动强度大，劳动条件差或需要的工人多等，对于这种情况，从减轻劳动强度、改善劳动条件出发，仍有必要建造自动线。

经过以上分析，确定建造自动线以后，还应从简化自动线的结构和提高自动线工作的

可靠性出发,对被加工零件的结构工艺性进行分析。必要时,应在保证使用性能的前提下,对被加工零件提出改善工艺性的要求。例如,为了定位和输送的需要,有必要在一些壳体类零件上增添工艺凸台或定位用的工艺孔等。

二、总体设计阶段

这个阶段的工作内容,可以概括如下:

- (1) 拟定工艺方案,并绘制工序图及加工示意图。
- (2) 拟定全线的自动化方案。
- (3) 确定自动线的总体布局,绘出自动线的总联系尺寸图。
- (4) 绘制自动线周期表。
- (5) 对于没有充分把握的某些工序、先进工艺及结构,进行必要的试验工作等。

现以切削加工为例,讨论一下拟定全线自动化方案的问题。

典型加工自动线,可在以下几方面实现自动化:

- (1) 机床工作循环自动化。
- (2) 工件在机床上的装卸自动化。
- (3) 工件的定位与夹紧的自动化。
- (4) 工件在工序间的输送自动化。
- (5) 排屑自动化。
- (6) 自动线的链锁保护自动化。
- (7) 自动线的上料与下料自动化。
- (8) 加工质量的自动检验及自动控制。
- (9) 刀具的自动调整及自动更换。

其中以前六项为主。这是一般自动线应具有自动化程度的最低要求。当自动线的工作节拍很短,或加工笨重的工件时,对于第七项这时不仅要考虑使用的需要,并且要考虑实现自动上下料的可能性、可靠性与经济性。至于最后的两项可根据自动线要求完善的程度酌情处理。

当全线自动化程度确定之后,就要拟出具体的措施,如确定与工艺方案相适应的设备(包括专用设备)、夹具、刀具、量具等方案、工件输送系统方案以及电气、液压等操纵系统方案等,必要时还应给出某些关键性部件的结构草图。

三、结构设计阶段

在结构设计阶段中,主要是进行工艺装备(包括机床、夹具、辅助工具、刀具、量具等)、工件输送装置、液压、电气系统等零部件的设计工作,以及编制自动线结构、使用与维修说明书等。

§ 1-3 工艺方案的拟定

一、自动生产线的工艺方案

工艺方案是确定自动线工艺内容、加工方法、加工顺序、加工质量和生产率的基本文件，是建立自动线的基础，也是进行自动线结构设计的重要依据。工艺方案制定的正确与否，关系到自动线的成败，所以对自动线工艺方案的拟定应给予足够的重视。在制定自动线方案时必须考虑以下几个问题：

1. 工件毛坯的选择及制造

对于旋转体工件毛坯，多为棒料、锻件和少量的铸件。箱体、其它另件毛坯，多为铸件和少量锻件。

供自动线加工的工件毛坯，应采用先进的制造工艺，如金属模铸造毛坯、精密铸造和精密锻造毛坯，以提高工件毛坯的精度。

工件毛坯尺寸和表面形状允差要小，以保证加工余量均匀及工件硬度变化要均匀且范围要小。因这些因素都影响工件的加工工序和输送方式。毛坯余量过大及硬度不均，会导致刀具的损坏。硬度的变化范围过大还会影响加工质量(尺寸精度、表面粗糙度)的稳定。

为了适应自动线加工工艺特点，在拟定方案时可对工件和毛坯作某些工艺和结构上的局部修改。比如：有时为了能实现直接输送的需要，在箱体类零件上增添一些工艺凸台、工艺销孔、工艺平面或工艺凹槽等。

2. 工件的定位基准选择原则

确定工件在自动线上所用的定位基面时，应从保证工件的加工精度和简化自动线的结构这两条最基本的原则出发。

工件定位基准应遵循一般的工艺原则。旋转体工件一般以中心孔、内孔或外圆以及端面或台肩定位。直接输送的箱体工件一般以“两销一面”作为定位基准。此外，尚须注意以下几个原则：

(1) 应当选用精基准作为定位基面，以减少在各工位上的定位误差。作为毛坯上在自动线第一道工序的定位基面，一般要选择工件上最重要的表面，此面以后还要在自动线上加工，这样有利于保证这些加工表面具有均匀的加工余量。

(2) 尽量选用设计基准作为定位基准。这样做即符合“基准统一”的工艺原则，又可避免因两种基准不重合而产生的定位误差，从而保证加工精度。但在某些情况下，为了简化自动线的结构或便于实现自动化等原因，往往不能遵守这一原则，而必须改用其它表面作为定位基准。在这种情况下，可以通过进行工艺尺寸换算来解决(即工艺尺寸链的解算)。经过验算，只要能保证加工精度，也是可行的。必要时还可在安排加工工艺时设法提高工艺尺寸链中某一中间环的尺寸精度，以保证最后所需的加工精度。

(3) 为能统一全线夹具结构，全线尽量选择统一的定位基准。这样不但可以减少安装误差，有利于保证加工精度，而且也有利于实现自动线夹具结构的通用化。但有时必须灵活对待。例如，当工件上有些孔距离定位销太近，不能加工时，就只好采用变换定位基面的办法。又如，在工位较多的自动线中加工铝质合金工件，定位销往往因进行多次重复定