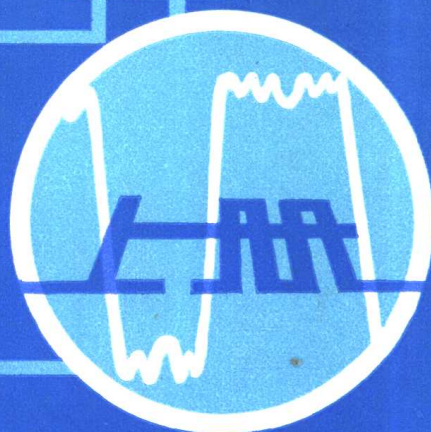


工厂实用自动控制

姜化善 编著



中国农业机械出版社

工厂实用自动控制

(上册)

姜化善 编著

中国农业机械出版社

序 言

作者曾长期在工厂从事电气自动化技术工作，并热心于电气自动化及可控硅应用技术的交流和培训工作。在实践中，深知目前工矿企业广大工程技术人员和维修电工为了搞技术革新，迫切要求学习自动控制技术；许多一九六六年以前毕业的工程技术人员急需学习电气自动化方面的新的技术知识；一九七七年以来入学的大学生们，也很需要把所学的现代控制理论同当前工矿企业的实际工作联系起来。

本书是根据作者多年来的学习心得、从事实际工作的体会以及在技术培训工作中积累的教学经验写成的一本适合于上述读者使用的自学参考书兼工具书。在内容上力求做到深入浅出、雅俗共赏。但限于作者水平，难免有错误与不足之处，恳请广大读者不吝指正。

本书（上册）在写作过程中，多蒙一机部自动化所二室主任工程师卢楚銮同志、北京市半导体器件三厂副总工程师谢鸿同志指教；完稿后又经一机部自动化所徐蕊工程师、刘玉谦工程师、北京化工学院一分院电工学教研室主任曲宗琪讲师精心审阅并提出宝贵的修改意见；此外，美术教师于令仪同志为本书封面设计了精美的图案，特在此一并致谢！

作 者

一九八一年四月

目 录

第一篇 绪 论

第一章 工业生产与自动控制	1
第二章 工业自动控制系统分类	3
§ 2-1 开关量自动控制系统	3
§ 2-2 连续量自动控制系统	4
第三章 顺序控制器技术的发展与应用	5
§ 3-1 顺序控制器的分类	6
§ 3-2 国外顺控器发展概况	8
§ 3-3 国内矩阵式顺控器的主要类型	10
第四章 可控硅技术在工业自动化中的应用	13
§ 4-1 可控硅技术的特点	13
§ 4-2 可控硅技术在工业自动化中的应用	14
第二篇 开关量自动控制系统的基础——逻辑电路原理	
第五章 概述	19
§ 5-1 一个实例	19
§ 5-2 开关量	20
§ 5-3 开关量的真值	21
§ 5-4 真值表	21
§ 5-5 与逻辑	22
§ 5-6 或逻辑	23
§ 5-7 非逻辑	23
§ 5-8 逻辑函数	24
§ 5-9 逻辑函数和逻辑元件	24
第六章 逻辑电路的数学基础——布尔代数	26
§ 6-1 交换律	27
§ 6-2 结合律	27
§ 6-3 分配律	28
§ 6-4 非之非	29
§ 6-5 开关量自身的与、或、非运算律	30
§ 6-6 反演律	30

§ 6-7 吸收律	32
§ 6-8 二进制数学	35
第七章 最小化逻辑电路的设计方法	45
§ 7-1 工艺要求和真值表	45
§ 7-2 读出逻辑式	47
§ 7-3 用布尔代数法简化与或函数	48
§ 7-4 选定开关元件并求出最佳式,画出最小化电路	51
第八章 卡诺图域法	55
§ 8-1 卡诺图 (Karnangh Map) 的产生——布尔代数的吸收律	55
§ 8-2 卡诺图的结构和读写方法	56
§ 8-3 用卡诺图域法直接读出最小式	57
§ 8-4 用卡诺图域法设计最小化与非网络	61
§ 8-5 当输入之非不可利用时,三级与非网络的设计方法	63
第九章 布尔代数的应用	65
§ 9-1 继电器接点网络的分析	65
§ 9-2 与非逻辑网络的分析	72
§ 9-3 卡诺图域法的应用实例	76
第十章 组合网络与时序网络	83
§ 10-1 组合网络	83
§ 10-2 时序网络	83
第三篇 开关量自动控制系统的基础——逻辑元件及其应用	
第十一章 开关电器——有接点的逻辑元件	86
§ 11-1 继电器	86
§ 11-2 时间继电器	92
§ 11-3 舌簧管及舌簧继电器	94
§ 11-4 几种常用的信号继电器	96
§ 11-5 按钮和行程开关	98
§ 11-6 接触器	101
第十二章 开关电器在有接点逻辑电路中的应用	103

IV

- § 12-1 有接点的逻辑电路单元 103
- § 12-2 有接点时序网络的分析与综合 ... 118

第十三章 由分立元件组成的无接点

逻辑元件 132

- § 13-1 一些专业术语的定义和意义 132
- § 13-2 分立元件门电路 135
- § 13-3 与非门电路分析 141

第十四章 HTL系列高抗干扰数字

集成电路 147

- § 14-1 引言 147
- § 14-2 DTL电路 150
- § 14-3 HTL与非门电路 158
- § 14-4 HTL电路触发器 165
- § 14-5 HTL电路的使用方法 177

第十五章 CMOS系列互补-金属-氧

化物-半导体场效应管

集成电路 185

- § 15-1 MOS金属-氧化物-半导体场效应管集成电路 185
- § 15-2 CMOS互补-金属-氧化物-半导体集成电路的结构和工作原理 192
- § 15-3 CMOS电路的功耗 196
- § 15-4 CMOS电路的参数 198
- § 15-5 CMOS逻辑族基本电路 200
- § 15-6 CMOS电路的使用方法 206

第十六章 逻辑电路的稳定性 213

- § 16-1 有关稳定性理论的基本概念 213
- § 16-2 过渡过程时间(传输时间)与晶体管的开关特性 216
- § 16-3 临界竞争的产生和消除 221
- § 16-4 时序网络的稳定性 223

第四篇 开关量自动控制系统的设计

实例——矩阵式顺序控制器

第十七章 矩阵式顺序控制器的设计

基础——单元电路 225

- § 17-1 矩阵单元 225
- § 17-2 步进单元 232
- § 17-3 计数、计时单元 240
- § 17-4 译码及显示单元 246
- § 17-5 控制单元 251

第十八章 全HTL步进型矩阵式顺

序控制器 255

- § 18-1 方框图和主要逻辑单元 255
- § 18-2 全HTL顺控器原理图的结构和读法 259
- § 18-3 全HTL顺控器的工作原理 262
- § 18-4 全HTL顺控器的设计特点 265

第十九章 顺控器的组装、调试与抗

干扰措施 268

- § 19-1 顺控器的组装 268
- § 19-2 顺控器的调试与维修 271
- § 19-3 顺控器的抗干扰措施 273

第一篇 绪 论

第一章 工业生产与自动控制

工业自动控制技术是为工业自动化服务的一门应用科学。工业自动化的主要内容有三方面：

一、各种类型工业生产机械的**单机自动化**，如自动机床、数控机床、用无接点逻辑元件控制的自动气动造型机、用组合式顺控器控制的全自动粉末压机等。

二、以自动完成某产品的全部加工工艺为目的的**生产过程自动化**，如轧钢（热连轧线材和板材、冷轧板材和带材等）生产过程的电子计算机控制、多轴转塔式数控加工中心、用可编程序控制器控制的生产自动线等。

三、工业企业经济管理方面的自动化，主要是指利用电子计算机进行企业管理工作，如利用计算机集中收集、传输和处理企业管理上需要的数据信息，以便迅速、全面、及时地了解企业活动情况，有效地安排计划和作出决策，使企业的经济效果和对社会的服务水准得以提高。

从事工业自动控制技术工作，不仅需要熟悉自动控制技术本身，而且需要熟悉被控的生产机械。不熟悉被控机械的结构、性能及工作规律，便无法对其实行全面而有效的自动控制。

一般工业生产机械，都必不可少地具备动力机械、传动机构、工作机构和控制装置四部分。生产机械的驱动方式取决于选择什么样的动力机械和传动机构；工作方式取决于选择什么样的工作机构及其运转方式；控制方式取决于选用何种控制装置。

例如，一台半自动金属切削机床，其动力机械是交流电动机，传动机构是皮带和齿轮变速箱，叫做交流电力驱动方式；工作机构是主轴、卡盘和刀架（或是主轴、卡盘和工作台），当主轴带着工件旋转、车刀沿直线运动时叫做车削工作方式（当主轴带着铣刀旋转、工件随工作台做直线运动时，叫做铣削工作方式）；它的控制装置是继电器-接触器控制盘，叫做有接点逻辑电路控制方式。这类系统一般简称为“**电力拖动自动控制系统**”。

又如组合机床和机加工自动线上最常用的气动机械手，它的动力机械是空气压缩机，靠气路中的气体压力来传动，属于气动的驱动方式；它的工作机械是一个能沿着给定轨迹运动的“臂”和一个能抓住和松开工件的“手”，根据各种不同的要求可以实现“装卡”、“搬运”、“取活”等多种工作方式；它的控制装置往往是一台简易的矩阵式顺控器和一些由电磁气阀控制的气动元件叫做气动-自动控制方式。这种系统一般简称为“**气动-自动控制系统**”。

再如国产Y79-250型全自动粉末压机，它的动力机械是液压泵，通过油路中的液体压力传动叫做液压驱动方式；它的工作机械是上、下冲头、模具和工作台，采用“冲压”或“压

铸”的工作方式；它的控制装置是一台ZBSK型组合式顺控器和一些用电磁阀控制的液压元件，叫做液压-自动控制方式，这类系统一般简称为“**液压-自动控制系统**”。

一般地说，工业生产机械的驱动方式，不外电力、液压和气动三种。而现代化的生产机械，无论采用何种驱动方式，都要求具有较高的自动化程度，都要求配备一套稳定、可靠的自动控制装置。本书下册对电力驱动方式有较详细介绍，至于液压和气动的驱动方式则不属于本书讨论的范畴。但是，希望读者在设计液压和气动机械的自动控制系统时，首先要认真了解这两种驱动方式各自的特点以及它们各自对控制系统提出的特殊要求。

对于一台生产机械来说，直接实现工艺要求、出产品、创造价值的“主角”是它的工作机械，而它的驱动和控制装置则是辅助、配合工作机械保质保量地完成加工工艺的“配角”。

有人说工业自动化专业是个配角专业，这种说法是符合客观实际的，因为我们所设计、制造的自控装置都是为主机配套的。要甘当配角、当好配角、要尊重机械设计人员提出的工艺要求。从事工业自动化工作的工程技术人员的座右铭是：

“一切从生产机械的工艺要求出发，一切为了实现工艺要求”。

第二章 工业自动控制系统分类

研究工业自动控制系统的分类,不仅有利于掌握工业自动化控制技术的规律,而且有助于针对实际的工艺要求选择最佳的控制系统方案。

众所周知,在工业生产中,按状态特征分,有两种被控制对象:一种是以开关状态变化为特征的开关量;一种是以连续变化为特征的连续量。如电动机的起动和停止,开关电器的接通与断开,信号灯的亮与灭等等都属于开关量的范畴;如电动机转速的高低变化、温度的升和降、流量的增加与减少等等都属于连续量的范畴。本书便是按照被控制对象的特征把工业自动控制系统分成两大类:一类叫做开关量自动控制系统;一类叫做连续量自动控制系统。

§ 2-1 开关量自动控制系统

开关量自动控制系统的理论基础是逻辑电路原理,其核心是布尔代数。按控制原理分类时,开关量自动控制系统也可叫做逻辑电路控制系统。

1. 按使用不同的开关元件分类

(1) 有接点逻辑元件系统,即通常所说的继电器-接触器控制系统。

(2) 无接点逻辑元件系统,即由分立元件的逻辑电路组件(如LG-11系列硅逻辑元件)组成的控制系统。

(3) 数字集成电路控制系统,即由工业中常用的HTL、CMOS和PMOS等逻辑族的数字集成电路逻辑门组成的控制系统,这种系统往往不能独立组成开关量自动控制系统,而常常出现在顺控器的逻辑运算和控制部分。

2. 按组成开关量自动控制系统的逻辑电路型式或称逻辑网络特征分类

(1) 有接点逻辑电路系统:这种系统的主要特征是信息的传递靠接点的开闭来实现;控制接点开闭的继电器或接触器线圈的动作电平很高,可达380V、220V、127V等,因而抗干扰能力最强;采取接点串、并联的方式进行与或运算,用一个接点桥上同时装有常开和常闭一对接点的方式实现逻辑非的运算(图5-2)。

(2) 无接点逻辑电路系统:这种系统的主要特征是信息直接传递,信息的逻辑运算由与、或、非逻辑元件直接进行,并通过元件的输出电平的高低变化来分别提供开关状态的两个信息。组成这种电路的元件必须是分立的晶体管逻辑元件或数字集成电路逻辑门,所以动作电平很低,一般最大不超过18V,因而抗干扰能力远不如有关接点开关电器强。

(3) 矩阵式逻辑电路系统:这种系统的主要特征是利用二极管的旁路和钳位作用通过矩阵对信息进行与、或运算,矩阵本身还具有编程和译码的功能。

3. 按开关量自动控制系统的程序特征分类

(1) 固定(死)程序系统:系指当加工工艺固定不变时,控制系统的工步顺序、间隔、内容也固定不变的系统。如继电器-接触器控制系统。

(2) 可变(活)程序系统:系指当加工工艺或生产过程经常需要改变时,控制系统的工步顺序、间隔、内容也应随之改变以满足新的工艺要求,这种可以灵活地变更程序的系统常称为活程序或可变程序系统,实现活程序的理想工具之一便是顺序控制器。这种系统再

按变更程序方式的不同可分为：矩阵式顺控器和可编程序控制器。

§ 2-2 连续量自动控制系统

按控制方式不同，连续量自动控制系统可分为反馈控制系统和断续控制系统两大类。

1. 反馈控制系统：系指利用被控制量的反馈信息与给定量之间的差值（误差）进行控制以保证被控制量严格按照给定量或给定规律进行变化的控制系统。这种系统的最重要特征是：**为保证被控制量严格服从给定量或给定规律变化，系统必须永远处在不断出现误差和不断消除误差的矛盾运动之中。**

（1）反馈控制系统按其控制功能的不同又可分为：

① 定值调节系统：其给定值是一个定值，系统应自动保证被控制量永远等于这个定值。例如，恒温控制系统、恒速控制系统等。

② 程序控制系统：其给定值按一定规律变化，系统应保持被控制量严格按给定规律变化。例如程序控制机床的控制系统。

③ 随动系统：其给定值是变化的，而且变化规律是未知的，系统应保证被控制量能准确地跟踪这个事先不知其变化规律的给定量。例如，焊接中的焊缝跟踪系统、仿形切割和仿形铣床等的控制系统均属于这一类。

（2）反馈控制系统按系统中元件传递（或称转移）特性的不同，还可分为：

① 线性反馈控制系统：即反馈系统中每个元件的输出与输入之间都是线性关系，或者该元件虽是非线性元件，但在系统工作范围内的一段，传递特性可以线性化的也属于这类系统。

② 非线性反馈控制系统：系指组成系统的元件中至少有一个非线性元件，而且该元件不能线性化的系统。例如带继电器的控制系统即为典型的非线性系统。因为继电器的输入输出特性无论如何也无法线性化（图11-3）。

2. 断续控制系统（或称采样控制系统）：其最根本的特点是将被控制的连续模拟量先通过采样装置，即模数转换装置变成以数字脉冲形式出现的断续的数字信息（每个信息都是一个开关量）序列，然后利用数字控制系统或电子计算机进行控制，最后将数控装置或计算机的数字形式的输出指令，再通过数模转换装置变成连续模拟量，从而达到对连续量进行控制的目的。

按数控装置的不同可分为：

（1）简易数控系统，系指以数字脉冲电路实现对数字量控制的系统。例如目前在热处理车间推广应用的多点巡回检测数控系统。这种系统只是通过一个由数字脉冲电路组成的简易数控系统进行控制，并未使用电子计算机。

（2）电子计算机控制系统，系指利用电子计算机对采样装置发出的数字脉冲序列进行控制的系统。电子计算机控制系统是典型的断续控制系统，其结构方框图如图2-1所示。

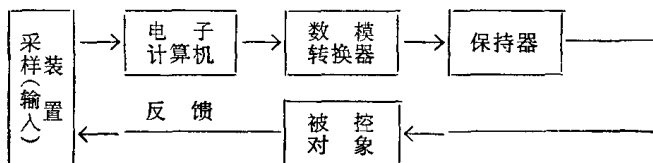


图 2-1 电子计算机控制系统方框图

第三章 顺序控制器技术的发展与应用

在工业自动控制技术中，按照预先规定的程序或条件，对控制过程各阶段顺序地进行自动控制的方式叫做顺序控制。所谓**顺序或程序**就是控制过程中由逻辑功能所决定的信息传递与转换所具有的次序。

一般说来，所有的开关量自动控制系统都可以称为顺序控制系统。但是，各类开关量自动控制系统并不都叫顺序控制器。

顺序控制器一般是指用于顺序控制生产过程的、可以变更程序内容或备有存储程序的数字式或模拟式的自动控制装置。我国一机部关于顺控器的部颁标准（试行草案）中规定，“顺序控制器不包括对给定值进行跟踪的非二进制控制，尽管跟踪控制有时也称为顺序控制”。顺控器属于活程序系统，而过去常用的继电器-接触器控制系统则属于死程序系统。后者的缺点是：

① 可靠性不高，触头易被电弧或火花烧坏，以致造成控制失灵或事故，工作寿命受机械寿命的限制。

② 灵活性差，控制盘配线是接死的，属于死程序系统。当生产过程稍有变化，改动配线很麻烦。若生产过程变化很大，又是复杂控制对象，就要重新做控制盘。

③ 通用性不强，要根据不同要求作出不同的控制装置，制作一台控制装置所需周期较长。

④ 控制对象比较复杂时，继电器控制线路也相应地很复杂，维修很困难。总之，继电器式控制装置，难以适应复杂的和需要经常改变程序的对象。所以，在六十年代末，就从继电器控制发展到电子化的顺序控制器。

顺序控制器采用电子技术和数字电路进行逻辑运算。它能对被控对象进行开关量的顺序操作，实现自动化。它具有以下特点：

① 程序设计简单；变更程序内容方便；灵活性强。

② 可靠性高，一般环境条件下，能连续长时间工作。不象计算机要求很高的环境条件。

③ 通用性强，硬设备便于标准化，使生产、应用和维修都较方便。

④ 原理较简单、易学易懂、易掌握。

⑤ 造价便宜、便于推广普及。

⑥ 可以和计算机及其它繁简程度不同的工业自动化装置联用。

在一般工业企业自动化中的中小对象上采用顺控器进行自动控制和采用继电器或小型计算机控制相比，顺序控制器优点显著。

顺控器比继电器控制系统有以下优点：

① 可靠性高、内部连线少、容易维修。

② 灵活性强、通用性强、程序变更容易。

③ 结构紧凑、装置体积较小。

④ 设计、生产、调试周期短。

顺控器比小型计算机控制系统有以下优点:

- ① 可靠性较高、成本低。
- ② 程序编制简单、易于掌握、便于推广。
- ③ 使用方便、维修容易、不需要特殊环境。
- ④ 设计、生产、调试周期较短。
- ⑤ 不需要很多外围设备、体积小、重量轻。

⑥ 线路和结构简单,特别适用于中小规模控制对象。如使用计算机,则往往不能充分发挥其功能。

因为对于一般量大面广的、不很复杂的生产自动线、机械手和组合机床来说,选用计算机往往价格昂贵、大材小用、维护使用也较复杂,在一定程度上阻碍了它的推广应用。所以,顺序控制器,对于用继电器控制不能满足要求又不适合采用计算机的为数很多的控制对象是适宜的。

概括起来,它具有“好造、好修、好学、好用”的优点。正因为如此,在电子计算机已出现二十多年并在工业中得到广泛应用的今天,顺控器仍然得到了迅速的发展,很快占领了从继电器固定逻辑控制到电子计算机之间的开关量自动控制领域。广泛应用于机械、冶金、电力、石油、化工、煤炭、建材、纺织、轻工和国防等部门,用来控制各种专机、机加工自动线和机械手。

§ 3-1 顺序控制器的分类

一、按照顺控器的结构特点可分

1. 矩阵式顺控器:主要结构特点是将编程或译码用的二极管钎焊在矩阵板的行、列母线之间。接触可靠,但变更程序较困难。目前,国内用得最多的是这类顺控器。

2. 插销板式顺控器:利用二极管插头变更程序。编程和变更程序简便,但容易发生接触不良现象。

3. 凸轮或鼓式顺控器:电动凸轮式顺控器利用许多相互之间角位移不等的凸轮来实现复杂的开关动作,各工步之间的时间间隔可用电动机的转速快慢进行调整。鼓式顺控器是用电动机驱动一个轮式机构来推动一个表面上钻有许多小孔的鼓。程序的安排采用插在鼓面上的若干塑料插销来完成,能保证在一个工步未完时,下个工步不开始工作。这两种顺控器的共同特征,是利用了机械式的顺序机构来保证各工步按给定顺序工作。编程容易、动作简明,但是动作寿命及工作频率因受到机械机构的限制不可能高。

4. 穿孔带式顺控器或称卡片式顺控器:这种顺控器依靠穿孔纸带上编好的程序进行工作,工作质量好坏的关键是读卡机(俗称电报机头)。读卡机的最高速度便是顺控器的最高工作速度,读卡机的机械寿命(接点动作次数)即为顺控器的工作寿命。由于使用穿孔纸带编程,所以编程和储备程序容易,更换程序简单。目前我国已试制成功一种光电读卡机,这种读卡机的工作寿命和频率要比机械式的高许多倍。

5. 可编程序顺控器:是一种准计算机性质的控制系统。要求有专用的编程语言和程序指令,即可以用软件编制程序。这种顺控器的程序自由度大,动作频率及运算速度较高。

二、按顺控器的控制电路特点可分

有接点开关电器（继电器）-矩阵式逻辑电路顺控器。

无接点逻辑元件（分立元件）-矩阵式逻辑电路顺控器。

数字集成电路-继电器-矩阵式逻辑电路顺控器。

目前国内使用最多的便是最后一种顺控器。

按控制和反馈信息的特征还可分为：

时间基准型同步式顺控器，通常称为时序控制器。

条件控制型（终点控制型）非同步式顺控器。

一般的通用型顺序控制器都应具备时间和条件两种控制方式。即在一台顺控器中同时设有条件设定和时间设定两种矩阵板。因为一个综合性的开关量自动控制系统往往既需要用时基准作为转步信号又需要现场行程开关、信号继电器等提供的应答（条件、终点）信号；甚至用两种信号的同时到来作为转步条件。

三、我国按系列标准生产的顺序控制器

（一）矩阵式顺控器（又称简易式顺控器）：信息的变换主要依靠二极管矩阵完成的顺序控制器，在矩阵中用插接（或钎焊）二极管来实现程序设计，矩阵有存储程序的作用，同时还兼有逻辑运算的能力。它的特点是实用、简单、价廉。矩阵式顺控器又分为下列五种：

1. 基本逻辑型：由二极管矩阵组成组合逻辑电路，进行“与”、“或”运算，构成条件控制顺序控制器。

2. 条件步进型：以条件判断为主，具有步进器结构的顺序控制器。

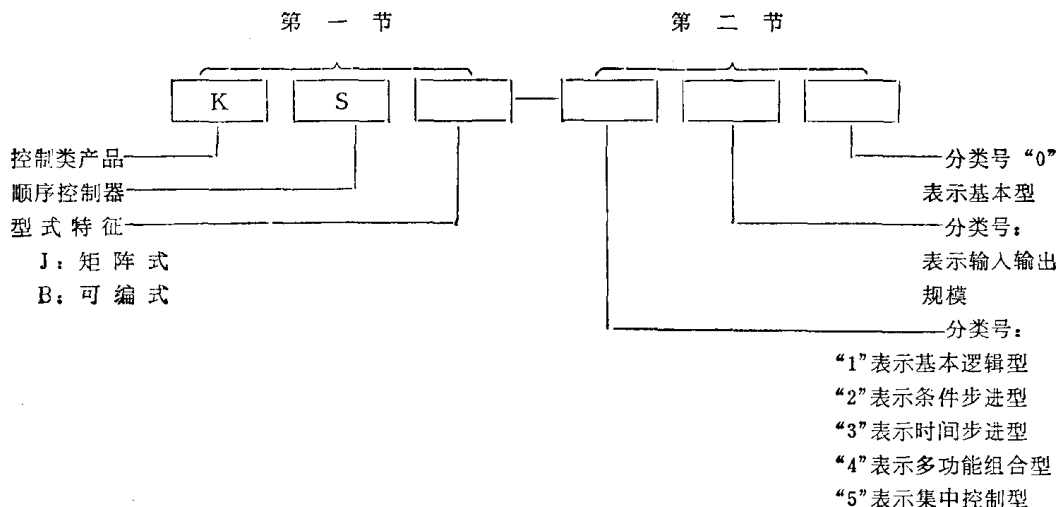
3. 时间步进型：以定时控制为主，具有步进器结构的顺序控制器。

4. 多功能组合型：功能较多、结构灵活，以条件步进型为主，实现对各个阶段控制的顺序控制器。

5. 集中控制型：功能较多，以主循环协调子循环的方式，实现对各个控制阶段进行控制的顺序控制器。

（二）可编程序式顺序控制器：采用电子计算机原理，以开关量逻辑运算为主，并能和功率输出设备相联系的顺序控制器，它又分为大、中、小型三档。

顺序控制器的型号是由汉语拼音字母和数字序号两部分组成。共二节，每节三位。其中字母的含意及数码格式如下：



§ 3-2 国外顺控器发展概况

一、可编程序控制器

可编程序控制器，一般由存储器、运算及控制器（包括定时器、计数器）、输入输出装置等组成。可用于较复杂的控制对象，特别适用于对生产过程尚不清楚或生产过程变化比较频繁的场所。

第一台可编程序控制器于1969年在美国通用汽车公司首次应用。七十年代初期到中期是美国可编程序控制器飞速发展的五年，1972年仅有200台可编程序控制器，到1974年，时隔两年便增加到3000台。使用量在两年内猛增15倍，可见新技术在美国推广起来是很快的。同时，美国可编程序控制器的年产量也以惊人速度增长：

1970年	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年
50台	300台	1200台	3400台	7000台	13000台

五年间增长了260倍。到1975年，美国已有五十一家工厂生产可编程序控制器，品种已达四十多种。

日本有近20个厂家生产30多个品种的可编程序控制器。据日本顺控器调查专门委员会统计，日本1974年使用的可编程序控制器为353台，占日本通用顺控器总使用台数的29.8%。估计1976年一年的总销售额达50亿日元。

西欧有十个厂家生产可编程序控制器。其中西德有五家；英国有三家；法国有两家。值得注意的是早在七十年代中期，微处理机刚刚由实验室走向工业应用时，它就被英国的Ferranti公司用到可编程序控制器上。该公司生产的SC900型可编程序控制器以微处理机为基础采用8位字长多达46条指令，除了逻辑运算、定时和计数功能外还能进行数值运算。这样的可编程序控制器实际已属于微处理机控制系统一类。

在国外，可编程序控制器早已广泛应用于汽车制造工业的机加工自动线、铸造自动线、热处理自动线、冲压自动线、后桥装配线、车身制造、喷漆控制、汽车配件试验、立体仓库自动堆垛起重机及运输机的控制，如美国，可编程序控制器总产量的65%左右用于汽车制造工业。另外，火电站汽轮发电机主轴振动监视、水电站和火电站汽轮机的自起停、高炉配加料、塑料挤压、电视显象管装配、天然气泵的控制、石油化学工业、造纸工业、机床工业、化纤工业、橡胶装配线、食品加工、玻璃制造、印刷机械、电焊和气割自动线等的自动控制与程序控制也广泛应用可编程序控制器。

二、矩阵插销板式顺控器

矩阵插销板式顺控器在日本比在美国使用更为普遍，技术也更加完善。

日本于1968年开始制造和使用矩阵插销板式顺控器。目前已有二十多个厂家生产五十多个品种的顺控器。根据日本顺控器调查专门委员会的统计，到1974年这种简易顺控器的使用台数已达811台，占通用顺控器总使用台数的68.4%，详见表3-1。

由表3-1可以看出，简易的矩阵插销板式顺控器与可编程序控制器相比，使用场合不同，前者多半控制单机或简单过程，而后者往往控制自动线或较复杂过程。

三、日本矩阵插销板式顺序控制器的特点

1. 程序处理方式：由于这种控制器是用插销板（在矩阵上插二极管插头）或矩阵板

(在矩阵上钎焊二极管)来设定程序,所以基本上采用并行处理方式。如中断、跳选以及其它自选功能都用并行处理。个别产品也有采用循环处理方式的。

表 3-1 日本矩阵插销板式顺控器使用情况

使用部门	控制对象	使用台数
电机工业	绕线机	200
	阴极射线管传送设备	10
	铁心运送设备	3
	传送带	3
冶金工业	钢管运送设备	40
	装配料设备	40
	钢材传送设备	30
	上下线机	20
	铝线切断机	15
	转炉原料输送机	10
	锻压设备	1
化学工业	自动电镀机	100
	装配料设备	20
机械工业	自动组合机床	32
	自动运转设备	10
	装配生产线	4
	运送设备	4
	焊接机	2
	工厂设备	1
食品工业	制糖设备、糖化设备	40 = 29 + 11
电力、纤维 造纸及其它 工业	印刷设备、自动仓库	100
	水泥输送机、水泥及砂石配料设备	55
	自动运输设备	20
	上下水道、瓦斯	24 = 16 + 8
	电力工业(水电站、变电所)	7
	其它	20
合计		811台

2. 程序存储: 由二极管插销或二极管矩阵板来实现程序的存储和记忆。存储容量, 以15~30行×10~30列、15×30步者占绝大多数。

3. 输入输出: 输入输出接口元件, 虽然也有采用光电耦合器、晶体管、集成电路等半导体开关元件的, 但是70%以上采用继电器。继电器的耐压多数取为交流1500V 60s。也有采用交流500V、交流200V较低耐压等级的。输入输出点数以15~30点者居多, 超过50点的均以10点为一单元。输入参量多半是开关量。

4. 运算功能: 系指逻辑运算功能, 这类顺控器没有数值运算功能。几乎全都采用定时器(时钟脉冲源)在顺控器中定时器几乎是必不可少的。除逻辑运算、计时、计数功能外, 个别产品还具备程序转移或分支、奇偶校验和二一十进制编码功能。

5. 停电记忆: 有停电记忆功能的顺控器约占一半。

6. 编程方法: 绝大多数用插销板和矩阵板编程。

7. 程序设定方式：绝大多数用插销板或钎焊二极管的矩阵板设定程序，但也有用印刷电路板插件、短路线、线路图板来设定程序的。

矩阵插销板式顺控器在日本所以能获得迅速发展，主要是它设计、制造简单，编程、变更程序方便，运行可靠，容易维修，价格低廉（在日本售价10~30万日元，折合人民币600~2000元）。

§ 3-3 国内矩阵式顺控器的主要类型

我国于1973年开始研制顺控器，短短几年内，共提出百余种不同型式的顺控器样机。

在统一制定顺控器系列标准之前，我国各单位试制成功的通用型顺控器中，比较有代表性的是以下三种型式：

1. JCKH-16简易顺序控制器

该顺控器由设定矩阵板（包括动作设定、时间设定、复位设定）、程序计数、译码显示、时间计数及显示、一致电路、控制器、步进器、定时器、输出继电器板等部件组成。能控制十六个程序，程序的转换可根据时间设定和现场反馈应答信号，如由温度、压力、液位、重量、位移等转换而来的开关量信号进行控制。这种顺控器结构简明、制造工艺简单、调试维修方便；编程容易，更改程序简便，显示直观，采用HTL系列高抗干扰数字集成电路，整机具有体积小、重量轻、耗电省、可靠性高、抗干扰能力强等优点。

2. SKJ系列顺序控制器

是我国顺控器处于试制阶段时的第一个系列化定型产品。SKJ系列产品具有较强的通用性和灵活性、功能齐备、工作可靠、调试维护容易、使用方便、编程简单、直观等优点，广泛用于机械制造、冶金、电力、石油化工、煤炭、建材、纺织、轻工等工业部门，用来控制单机、机械手和自动线。其设计特点如下：

（1）顺序控制器的程序步数是由步进单元的步数决定的，因此要求步数较多时就需要扩展，一般采用加法式扩展步数。一块步进单元步数为10步；如需20步时，就要用两块步进单元；40步时，就要用四块步进单元；……以此类推。而SKJ系列顺序控制器采用乘法式扩展步数，是用控制单元和步进单元相配合来实现的。一块控制单元有4个程序状态，一块步进单元有10步，用一块控制单元和一块步进单元相配合，就可扩展到40步（ $4 \times 10 = 40$ ）；用两块控制单元和一块步进单元相配合，就可扩展到80步〔 $(4 + 4) \times 10 = 80$ 〕。由此可见，用乘法式扩展步数可大大节约功能板数和元件数。

（2）可将多个程序预先编制、存储在矩阵单元中。当运行工况发生变化或出现各种故障时，程序可自动转换，以适应运行工况的变化或进行故障处理。

（3）可构成双层多系统（SKJ₋₁₁，SKJ₋₁₂），即有一个主系统和多个子系统，每个子系统控制一台单机，可独立进行工作，完成各种功能。主系统指挥、协调各子系统的工作，进行联线控制。可控制由多个单机组成的复杂系统。

（4）矩阵单元采用小矩阵板，体积小、利用率高、便于维护、扩展方便。

（5）编制程序简单、直观、方便。

（6）产品采用HTL、CMOS和PMOS数字集成电路组件，抗干扰能力较强。

（7）线路简单，元件用量少，原理易懂。

主要功能有：单机和联机控制；多程序自动转换；程序自动检查；程序手动调整；条件控制和时序控制；输入“与”、“或”运算；输出“与”、“或”运算；程序分支和子程序；循环和单次（或称预停）；点步；停步；急停；跳选；手动复位；计时计数；输出记忆；停电记忆；输入检查；输出检查；装置本身故障的报警、显示和处理；输入、输出显示（灯）；程序种数显示（灯）；程序步数字显示；计时计数数字显示。

3. ZBSK型组合式步进顺序控制器

ZBSK是组合式步进顺序控制器的汉语拼音缩写。这种装置可以按广义的行程原则或时间原则实现条件控制和步进控制；也可以组成组合网络和时序网络；可以具有计数功能，其计数链和位数均可方便地扩展；可用来组成拨盘或插销输入的点位控制的简易数控；可以具有永久记忆功能。

设计特点和主要逻辑功能如下：

（1）具有很强的扩展功能。ZBSK₁是以功能板为单位任意组合的一种形式。每台控制装置中的各项功能，例如含有步进单元的数量、各个步进单元的步数、输入、输出点数、中间变量、时间元件数量、计数（计时）容量、停电记忆功能等都可以按控制对象的要求和规模进行组合扩展。因此合理地利用编程方法，特别适用于各类机加工、热加工自动线、机运系统和复杂的单机自动，此外还具有很好的经济指标和成套性。但是带来的问题是用户要根据编制的程序表（这一步是任何顺控装置不可少的）选用功能板，并编出二次接线图。

ZBSK₂是将功能板按固定的组合方式组合起来的系列，但是每台控制器中要留些空位置，从而保留了一定的扩展可能性。例如：ZBSK₂-70-40-30就是其中一例，它有70个输入点，40步，30个输出点。这种产品使生产厂有可能使大多数二次接线标准化，但在用户使用时，可能感到不能充分利用装置能力，或感到扩展的方便性差些，特别是用于自动线和复杂单机时会感到成套性和经济性的指标变差。

这二种类型在通用性和适用性上侧重不同，各有优缺点，用户可以根据自己的要求选用。

（2）步进器由异端电位触发的R-S触发器构成，转换信号不再需要将电位加工成脉冲，不受输入信号接点抖动的影响，在导引门加上抗干扰电容，就允许直接将一次信号引入装置，不再需要隔离措施，大大降低了对全机抗干扰措施的要求。

（3）步进器的编码采用左移码，没有竞态问题，连续区间的译码简单，元件利用率高，只需要环形计数器的三分之一。

（4）步进器以板为单位扩展。每块板上有二组或三组步进单元，可在插座上实现串接或独立使用，且不破坏步进板的互换性。

（5）矩阵板采用组合式通用小插件板，尺寸与其它印刷板统一（270×190mm）。可用于输入、输出、跳选、计数计时和联锁等，不管什么使用场合，矩阵板均可实现“与”“或”“非”三种逻辑运算，也可以构成组合网络和简单的时序网络，这是完成复杂程序的重要条件。此外这种矩阵方案体积小，矩阵交叉点的利用率高，维修及扩展方便。

（6）输出采用JTX-3C型直流继电器。每个输出继电器可以直接带动交直流电磁铁、电磁阀、离合器、接触器。

（7）采用了高抗干扰HTL组件，抗干扰能力强。

（8）能使步进器、计数器的状态，必要时包括中间元件的状态实现可靠的永久性的停

电记忆。

(9) 具有很强的跳选功能(跳选次数不受限制)及判断分支功能。与多个步进单元相配合还可实现各种复杂程序。

(10) 采用闭式清“0”, 机器本身设有多种故障检测装置(多步、错跳、过长)。能够自动检测出控制装置和被控对象的某些故障, 并切断输出电路和报警。在切断负载的情况下, 用人工检测按钮可以按步检查步进器、输出矩阵和输出继电器的状态是否符合程序表要求。

(11) 以顺序控制器为核心, 可以和操作模拟台、强电板组装在一个机柜内, 作为成套控制装置。