

庄绍雄 编

# 顺序控制器及其应用

71.6

科学技术出版社

责任编辑：原式溶

顺序控制器及其应用

庄绍雄 编

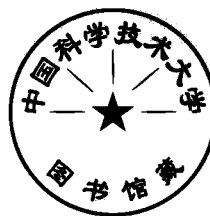
\*

山东科学技术出版社出版  
山东省新华书店发行  
山东新华印刷厂潍坊厂印刷

\*

787×1092毫米32开本 9.375印张 184千字  
1981年7月第1版 1981年7月第1次印刷  
印数：1—2,000

书号 15195·86 定价 0.76元



## 前 言

顺序控制器是实现生产过程自动化的控制装置，它广泛地应用于工农业生产、交通运输和国防建设。实践证明，应用顺序控制器可以极大地提高劳动生产率和产品质量，改善劳动条件。

顺序控制器的种类很多，本书重点介绍发展最快、应用最广泛的矩阵式顺序控制器和可编顺序控制器。书中通过若干典型例子，详细分析了矩阵式顺序控制器和可编顺序控制器的工作原理，介绍了它们的程序编制方法。可供从事自动化生产的技术员、工人阅读，也可作为工科院校有关专业师生的参考读物。

本书在编写中，赵玉珍、张文献等同志做了大量工作，在此表示感谢。

编 者

一九八〇年八月

---

# 目 录

## 第一章 顺序控制的基本知识

|     |              |    |
|-----|--------------|----|
| 第一节 | 顺序控制的基本概念    | 1  |
| 第二节 | 顺序控制器的类型及其特点 | 3  |
| 第三节 | 逻辑代数         | 8  |
| 第四节 | 半导体逻辑电路      | 16 |

## 第二章 固定式顺序控制器

|     |              |    |
|-----|--------------|----|
| 第一节 | 继电器控制电路分析    | 33 |
| 第二节 | 继电器控制电路应用举例  | 42 |
| 第三节 | 半导体逻辑元件      | 52 |
| 第四节 | 半导体无触点逻辑控制系统 | 62 |

## 第三章 逻辑组合式和时序式顺序控制器

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 第一节 | 逻辑组合式顺序控制器的原理   | 69 |
| 第二节 | 逻辑组合式顺序控制器的程序编制 | 78 |
| 第三节 | 时序式顺序控制器        | 87 |

## 第四章 步进式顺序控制器的工作原理

|     |                                 |     |
|-----|---------------------------------|-----|
| 第一节 | 条件步进式顺序控制器                      | 98  |
| 第二节 | 多功能步进式顺序控制器                     | 113 |
| 第三节 | BSK <sub>1</sub> —40 型 步进式顺序控制器 | 125 |

## 第五章 步进式顺序控制器的程序编制

|     |               |     |
|-----|---------------|-----|
| 第一节 | 步进式顺序控制器的基本功能 | 141 |
|-----|---------------|-----|

|     |                         |     |
|-----|-------------------------|-----|
| 第二节 | 编制程序的一般步骤和简单程序的编制 ..... | 150 |
| 第三节 | 分支程序和循环程序 .....         | 160 |
| 第四节 | 并列程序和子程序 .....          | 174 |
| 第五节 | 用步进式顺序控制器实现群控 .....     | 184 |

## 第六章 BCK—1 型可编顺序控制器

|     |                                |     |
|-----|--------------------------------|-----|
| 第一节 | BCK—1 型可编顺序控制器的控制原理与总体结构 ..... | 195 |
| 第二节 | BCK—1 型可编顺序控制器的存贮器 .....       | 207 |
| 第三节 | 寄存器、计数器、输入与输出电路 .....          | 219 |
| 第四节 | 指令系统与控制器 .....                 | 230 |
| 第五节 | BCK—1 型可编顺序控制器的编程方法 .....      | 258 |

## 第七章 SK<sub>3</sub> 型可编顺序控制器

|     |                                     |     |
|-----|-------------------------------------|-----|
| 第一节 | SK <sub>3</sub> 型可编顺序控制器的工作原理 ..... | 270 |
| 第二节 | SK <sub>3</sub> 型可编顺序控制器的程序编制 ..... | 279 |

# 第一章 顺序控制的基本知识

## 第一节 顺序控制的基本概念

为了对顺序控制有个初步了解，先来分析一个简单的实例：自动送料车的工作过程(图 1—1)。第一步，车子停在甲地装料，经时间  $t_1$  后装满料；第二步，车子前进送料，到达乙地压碰限位开关  $X_2$ ；第三步，车子停下来卸料，经时间  $t_2$  后卸完料；第四步，车子返回，到达甲地压碰限位开关  $X_1$ ，又转回第一步……。如此循环，周而复始。在自动生产过程中，就是这样按顺序一步一步自动地进行工作。

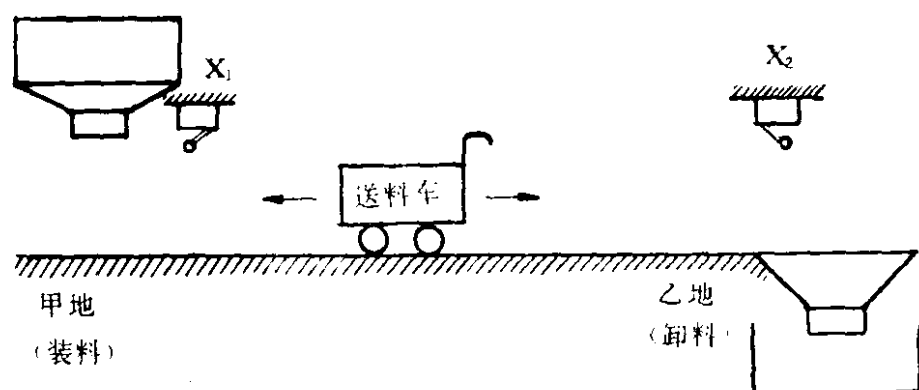


图 1—1 送料车工作示意图

对各种工艺过程的分析表明，大多数生产过程都是根据工艺要求按顺序进行的。所谓顺序控制，就是根据生产工艺按预先规定好的顺序，在各种输入信号的作用下，使生产过程的各执行机构有条不紊地、自动地按顺序动作。换句话说，

使生产过程按预先规定的时间或逻辑顺序进行工作的控制方式，称为顺序控制。有的称为程序控制，而国外一般称为顺序控制。

一般情况下，顺序控制中的各输入信号（如限位开关的信号等）和输出执行（电磁阀等），都只有两种状态（如开或关、得电或失电、动作或不动作等）。也可以说，输入控制量和输出被控制量都是一些开关状态的物理量，这种控制称为开关量的顺序控制。开关量的控制是经常遇到的控制方式。

用于顺序控制的自动化装置，称为顺序控制器。一般说来，自动控制系统主要是由输入信号传感器、顺序控制器和执行机构三部分组成（图 1—2）。输入信号就是监视系统工作状态的检测信号或人为操作的主令信号，如手动开关、限位开关、穿孔纸带、光电转换元件和其他传感器所发出的信号。执行机构就是让系统进行工作的各种电气设备，如电机、电热器、电磁铁、电磁阀等。如果把输入信号传感器比作眼

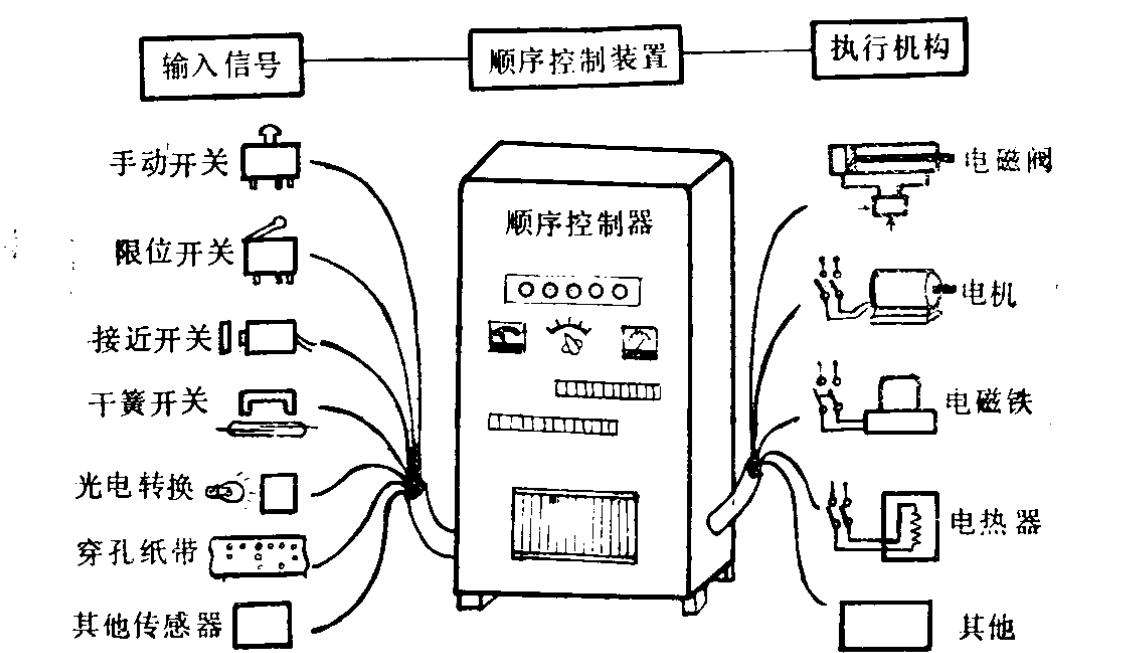


图 1—2 自动控制系统示意图

睛，执行机构比作手，那么顺序控制器就是头脑，它是系统工作的总指挥。例如，当系统处于某一工序时，顺序控制器一方面指挥相应的执行机构动作，以进行该工序的操作；另一方面通过输入信号，不断监视系统在该工序的工作情况。当发现这个工序工作已结束，顺序控制器便在输入信号的作用下，自动转换程序，使系统转入下一步工序。这时，顺序控制器便让下一步工序应该动作的那些执行机构动作，同时通过另一些输入信号传感器监视那步工序的工作……。如此自动循环，实现自动控制。由此可见，顺序控制器一般需具备两种功能：一是根据工艺要求预先编排出程序，使系统在输入信号（或时间元件等中间信号）的作用下，按顺序进行工序转换；二是根据各工序的要求，控制相应的执行机构动作，使系统在顺序控制器的指挥下工作。

## 第二节 顺序控制器的类型及其特点

顺序控制器的类型很多，按装置的应用范围分为专用型和通用型；按装置的规模分为简易和复杂两类；按控制原理分为逻辑组合式、时序式和步进式。

目前应用的顺序控制器主要有以下几种：继电器式顺序控制器、半导体无触点逻辑控制系统、鼓式顺序控制器、卡片式顺序控制器、矩阵式顺序控制器、可编顺序控制器以及电子计算机。下面分别介绍它们的特点。

### 一、固定式顺序控制器

采用固定接线的方式，由继电器或半导体逻辑元件构成的顺序控制器，称为固定式顺序控制器。它是专用型的顺序

控制器。

早期的开关量顺序控制，通常采用由继电器和接触器组成的控制装置。人们根据生产工艺的要求，设计出相应的继电器控制电路，把一些继电器及其触点按一定的逻辑关系用导线连接起来，组成逻辑电路，使各生产机械在继电器和接触器的控制下，实现顺序动作。这种控制器能在一定范围内适应单机和生产线自动控制的需要，并具有结构简单、价格便宜等优点。但继电器是有触点的开关，因而存在寿命短、可靠性差等缺点。在控制系统比较复杂或工作环境比较恶劣的场合，这些缺点更为严重。

随着电子技术的发展，人们采用半导体开关电路来代替继电器，进而设计出一种新型的自动化元件——半导体逻辑元件。应用半导体逻辑元件组成的同继电器电路相仿的逻辑电路，称为半导体无触点逻辑控制系统。与继电器控制装置比较，它具有体积小、重量轻、寿命长、可靠性高、速度快、无噪声、耐震、省电、使用维护方便等优点，特别适用于易燃、易爆、污染严重、振动强烈、动作频繁和快速动作等场合。它的缺点是价格较贵。

继电器控制装置和半导体无触点逻辑控制系统，通常都采用固定接线方式，结构比较紧凑，适用于固定程序的控制系统。然而这种专用型的顺序控制器，只适用于某种工艺过程，一旦工艺有所变动，就得重新配线和安装。有些生产工艺需要不断地更改程序，或者在技术革新的试验阶段要反复更改方案。在这些场合，采用专用的顺序控制器就显得很不方便。另外，由于各行各业的生产工艺千差万别，就需要很多与其对应的顺序控制器，这样不利于大批量、系列化的生

产，也影响到产品质量的提高和成本的降低。总之，无论是自控设备的制造厂还是使用单位，都希望尽量采用具有通用性强的顺序控制器，于是人们又发明了矩阵式顺序控制器、可编顺序控制器和电子计算机。

## 二、矩阵式顺序控制器

矩阵式顺序控制器，按其控制原理又分为逻辑组合式、时序式和步进式三种。

逻辑组合式顺序控制器是从继电器和半导体逻辑元件控制系统演变而来的，它的核心部分是一块二极管矩阵板，根据继电器逻辑电路图，在矩阵板上的适当位置插接二极管，从而在各输入量之间以及输入、输出量之间进行逻辑组合，以满足控制要求。当变更工艺时，可以通过改变二极管的插接位置予以实现。用这种“活”的接线代替固定式顺序控制器的“死”接线，使顺序控制器具有通用性和更改程序的灵活性。

逻辑组合式顺序控制器是按照继电器的逻辑电路图来编制程序（在矩阵板上安插二极管）的，如何根据工艺要求设计出合适的逻辑电路图，一直是个难题。过去人们只能凭经验采用试探法，要花很大的功夫进行设计。近年来虽已出现了若干设计逻辑电路的新方法，但还很不完善，用于生产实践差距还很大。这些方法一般很复杂，不易掌握，有局限性。对于较复杂的控制系统，就更难设计了。人们希望能根据工艺过程，直接在矩阵板上编程，以避免复杂的逻辑电路设计，时序式顺序控制器可以满足这个要求。

时序式顺序控制器是按时间顺序对系统进行控制的装置，它内部设置有计时器和步进器。步进器能根据工艺要求，

按时间自动转换程序，一步一步地按顺序输出，并控制相应的执行机构动作。根据工艺要求，每一步需要工作多少时间以及该步要让哪些执行机构动作，都可以通过在矩阵板上直接编排二极管来实现。时序式顺序控制器的编程方法十分简单，容易掌握，但它只适用于定时控制的自动化系统。对于一般的控制系统，往往需要多种输入信号进行逻辑组合，有些控制要求相当复杂，在这种场合下，时序式顺序控制器就不适用了。

步进式顺序控制器吸取了逻辑组合式和时序式顺序控制器的长处，采用步进控制原理，引入步进器对系统进行集中控制。步进式顺序控制器可以根据工艺流程图，直接在矩阵板上编程，而不必进行复杂的逻辑设计。它的输入信号可以是多种多样的，而且能够在矩阵板上进行逻辑组合，以满足较复杂的控制要求。由上述可知，步进式顺序控制器具有通用性强、适用范围广、编程简单直观、容易掌握、便于推广等优点，是一种比较理想的顺序控制装置。目前，我国步进式顺序控制器的发展特别迅速，已广泛应用于单机和生产线的自动控制。

### 三、可编顺序控制器

对于大型、复杂的自动控制系统（如工序超过百步以上的控制系统），若采用矩阵式顺序控制器，就得用极大的矩阵板来存贮工艺信息，这是很难实现的。为了解决存贮工艺信息的问题，人们想到用计算机的存贮器来存贮工艺信息。存贮器的信息存贮量很大，因此可用来控制很复杂的工艺过程，这种装置称为程序存贮式顺序控制器，一般称可编顺序控制器。可编顺序控制器，全面采用了计算机技术，实质上也是

一台程序控制专用计算机，故又称准计算机。它与通用计算机的不同点是：可编顺序控制器通常只需作逻辑运算，不必进行数字运算，因而逻辑电路简化，指令系统也简单得多，程序编制容易掌握，便于推广应用。此外，可编顺序控制器配备有开关量顺序控制用的外围设备和外部设备，可直接用于控制对象，用户不需另搞接口电路。因此，它比通用计算机更适合在开关量的控制系统中使用。可编顺序控制器是在计算机的基础上发展起来的，同数控装置一样，也是计算技术发展中的一个重要分支。这种装置特别适用于自动线和群控等复杂的顺序控制系统。

可编顺序控制器按编程方法分为两种：一种是以虚拟的继电器电路图编程的顺序控制器(如  $SK_3$  型)；另一种是以工艺流程图编程的顺序控制器(如  $BCK-1$  型)。前一种编程方法主要用来取代继电器电路控制系统的设计或以相应的继电器控制电路图作参考的设计，这种方法能将现成的继电器控制电路图作为程序编制的依据。在进行新的控制系统设计时，往往采用后一种编程方法，这种编程不必重新设计逻辑电路，只需按工艺流程编写出工艺流程图，就能直接编制程序。

#### 四、其他类型的顺序控制器

##### 1. 旋转鼓式顺序控制器

这种顺序控制器是将插头插入旋转鼓的周围，用微动开关进行程序控制，或者用拨块来设定程序。这种顺序控制器采取机械动作，故寿命短、精度不高。但由于它的结构简单、价格便宜，所以仍广泛应用于机床等简单的顺序控制。

##### 2. 卡片式（或带式）顺序控制器

这种顺序控制器是将卡片或纸带等按工艺要求打好孔，

然后用光电转换或其他方法读取卡片，以进行程序控制。

### 3. 通用计算机

通用计算机用于生产过程自动化的控制，就其使用范围而言，是一种高级的程序控制器。利用计算机确实能满足复杂和变化多端的自动化要求，其通用性和灵活性较前述任何一种顺序控制器都大。对于开关量的自动控制系统，采用计算机往往是不适宜的，因为不能充分发挥它的作用，而且还需要另配置外围设备，编程困难，维护也不便。

## 第三节 逻辑代数

逻辑代数是分析设计顺序控制电路以及编制程序的重要工具，这里简单介绍逻辑代数的基本知识。

### 一、逻辑代数的概念

所谓逻辑就是一定的规律性，这种规律性用代数的形式来表达，则称为逻辑代数。逻辑代数是人们用来研究开关量系统内在规律的一种数学工具，故又称开关代数。在开关量的控制系统中，通常所遇到的是开关的“通”或“断”、信号的“有”或“无”、电位的“高”或“低”、执行机构的“动作”或“不动作”、继电器的“得电”或“失电”等两种不同的状态。对于上述两种不同的状态，一般用“1”和“0”来表示。在逻辑代数中，只有“1”和“0”两种值，这是它与普通代数的主要区别。人们将逻辑代数用于开关电路的分析研究，不考虑其物理特性，仅着眼于信号有无的变化规律，这就转变成对逻辑关系的研究了。

### 二、基本逻辑运算

逻辑代数中有关“1”和“0”的运算，尽管与普通代数的算术运算有某些相似之处，但意义是不同的。为了便于区别，把逻辑代数中的运算称为逻辑运算，它包括逻辑乘、逻辑加和逻辑否定三种基本逻辑运算。

1. 逻辑乘（又称逻辑“与”运算）

开关串联电路可用来表示逻辑乘，如图 1—3 所示。图中两边的竖线表示电源母线。继电器 Z 得电与否，取决于串联触点  $X_1$  和  $X_2$  的状态。

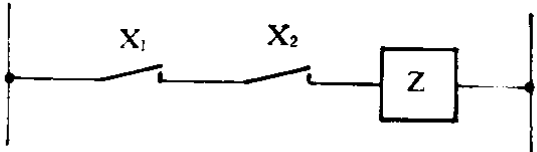


图 1—3 开关串联电路

只有当  $X_1$  与  $X_2$  都动作而接通（即  $X_1$  与  $X_2$  都为“1”）时，Z 才能得电（为“1”）。其逻辑表达式为：

$$X_1 \cdot X_2 = Z$$

式中：“·”表示逻辑乘，其运算规则见表 1—1。

表 1—1

| $X_1$ | $X_2$ | $X_1 \cdot X_2 = Z$ |
|-------|-------|---------------------|
| 0     | 0     | $0 \cdot 0 = 0$     |
| 0     | 1     | $0 \cdot 1 = 0$     |
| 1     | 0     | $1 \cdot 0 = 0$     |
| 1     | 1     | $1 \cdot 1 = 1$     |

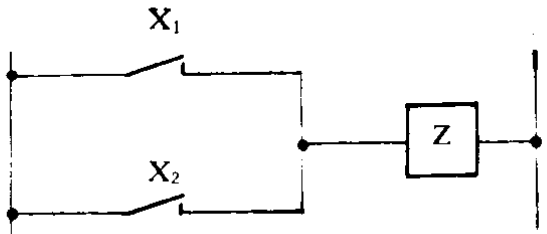


图 1—4 开关并联电路

表 1—1 中列出了  $X_1$ 、 $X_2$  所有可能取的四组值。由表可见，“与”逻辑就是所有输入全为“1”时，输出才为“1”。

2. 逻辑加（又称逻辑“或”运算）

逻辑加可用开关并联电路来表示，如图 1—4 所示。在并联接点（ $X_1$ 、 $X_2$ ）中，只要有一个接通（为“1”），Z 就得电

(为“1”)。其逻辑表达式为：

$$X_1 + X_2 = Z$$

式中：“+”表示逻辑加，其运算规则和真值表见表 1—2。

表 1—2

| $X_1$ | $X_2$ | $X_1 + X_2 = Z$ |
|-------|-------|-----------------|
| 0     | 0     | $0 + 0 = 0$     |
| 0     | 1     | $0 + 1 = 1$     |
| 1     | 0     | $1 + 0 = 1$     |
| 1     | 1     | $1 + 1 = 1$     |

由表可知，只要有一个或若干个输入为“1”，输出便为“1”，这就是“或”逻辑。

3. 逻辑否定（又称“非”运算）

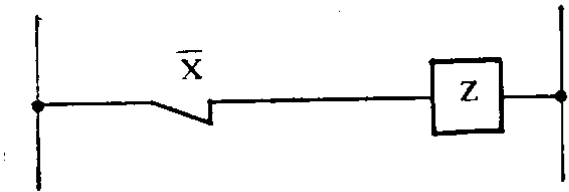


图 1—5 常闭触点电路

逻辑“非”可用常闭触点来表示，如图 1—5 所示。若 X 不动(为“0”)，其常闭触点仍然闭合，则 Z 得电(为“1”)；反之，若 X 动作 (为“1”)，常闭触点断开，则 Z

失电(为“0”)。其逻辑表达式为：

$$\bar{X} = Z$$

表 1—3

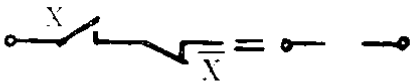
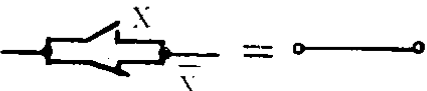
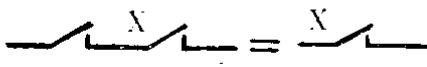
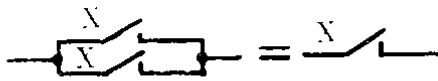
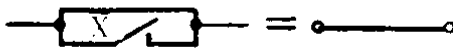
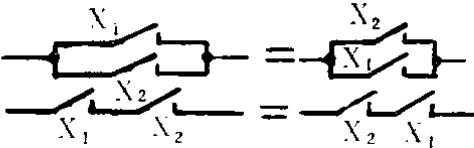
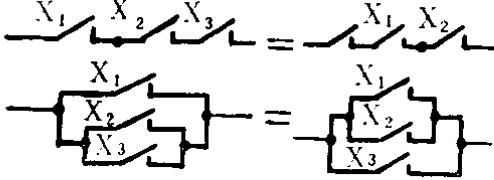
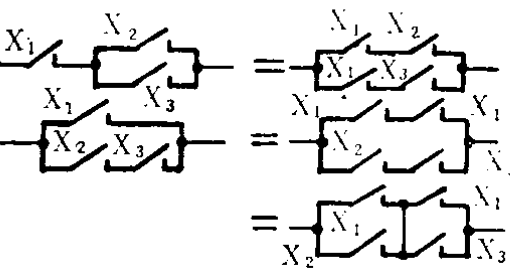
| $X$ | $\bar{X} = Z$      |
|-----|--------------------|
| 0   | $\overline{0} = 1$ |
| 1   | $\overline{1} = 0$ |

其运算规律见表 1—3。由表可见，逻辑“非”是相反的意思，“非”“1”为“0”，“非”“0”为“1”。

三、逻辑代数式的运算及定理

逻辑代数式的主要运算规律和定理，见表 1—4。

表 1—4

| 序号 | 名称      | 逻辑式                                                                                             | 电 路                                                                                                                                                                          | 说 明          |
|----|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1  | 互补律     | $X \cdot \bar{X} = 0$<br>$X + \bar{X} = 1$                                                      | <br>     | 永远断开<br>永远接通 |
| 2  | 重迭律     | $X \cdot X = X$<br>$X + X = X$                                                                  | <br>     |              |
| 3  | “0”“1”律 | $0 \cdot X = 0$<br>$1 + X = 1$                                                                  | <br> | 永远断开<br>永远接通 |
| 4  | 交换律     | $X_1 + X_2 = X_2 + X_1$<br>$X_1 \cdot X_2 = X_2 \cdot X_1$                                      |                                                                                          |              |
| 5  | 结合律     | $X_1(X_2 \cdot X_3) = (X_1 \cdot X_2)X_3$<br>$X_1 + (X_2 + X_3) = (X_1 + X_2) + X_3$            |                                                                                          |              |
| 6  | 分配律     | $X_1(X_2 + X_3) = X_1X_2 + X_1X_3$<br>$X_1 + X_2X_3 = X_1X_1 + X_2X_3 = (X_1 + X_2)(X_1 + X_3)$ |                                                                                          |              |

(续)

| 序号 | 名称   | 逻辑式                                                                                                      | 电 路 | 说 明                                             |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------|
| 7  | 吸收定理 | $X_1 + X_1X_2 = X_1$<br>$X_1(X_1 + X_2) = X_1$<br>$X_1 + \bar{X}_1X_2 = X_1 + X_2$                       |     |                                                 |
| 8  | 反演定理 | $\overline{X_1 + X_2} = \bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2$<br>$\overline{X_1 \cdot X_2} = \bar{X}_1 + \bar{X}_2$ |     | $X_1$ 或者 $X_2$ 为“1”，则断开； $X_1$ 和 $X_2$ 为“1”，则断开 |

表中列出了和逻辑式相对应的开关电路，通过对这些开关电路的描述和分析，其对应的逻辑式及定理的正确性一目了然。下面举例说明：

互补律中的  $X \cdot \bar{X} = 0$ ：它表示  $X$  的常开触点 ( $X$ ) 和常闭触点 ( $\bar{X}$ ) 的串联电路 ( $X \cdot \bar{X}$ )。不论  $X$  是动作还是不动作，总是有一个合上，另一个断开，显然该电路永远是断开的 (即恒为“0”)。

交换律中的  $X_1 + X_2 = X_2 + X_1$ ：由对应的开关电路图可见，若并联开关  $X_1$  和  $X_2$  上下对调，结果不变。

分配律中的  $X_1(X_2 + X_3) = X_1X_2 + X_1X_3$ ：由相应的开关电路可见，等号两边的电路都符合这样的逻辑关系，即不论要哪个支路导通，都必须先将  $X_1$  闭合。

吸收定理中的  $X_1 + X_1X_2 = X_1$ ：由对应的开关电路可见，