

化工自动化丛书

# 信号联锁保护系统

王丽君 黄步余 编

化学工业出版社

TQ 056.8  
V.28

化工自动化丛书

# 信号联锁保护系统

王丽君 黄步余 编

化学工业出版社

(京)新登字039号

化工自动化丛书  
**信号联锁保护系统**

王丽君 黄步余 编

责任编辑: 刘 哲

封面设计: 任 辉

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

东升装订厂装订

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $7^{7/8}$ 插页1 字数174千字  
1992年3月第1版 1992年3月北京第1次印刷  
印数1—2000

ISBN 7-5025-0970-4/TP·29

定 价5.75元

## 内 容 提 要

《信号联锁保护系统》一书是《化工自动化丛书》的一个分册,共分七章。第一章介绍逻辑代数的基本知识;第二章对继电式信号联锁保护系统的分析方法进行了讨论;第三章介绍继电式信号联锁保护系统的实际线路;第四章是运用逻辑代数的方法介绍继电式信号联锁保护系统的设计;第五章介绍无触点信号报警联锁系统;第六章简要介绍采用可编程控制器的联锁系统;第七章讨论信号联锁保护系统实际应用中的几个问题。

本书可供从事炼油、石油、化工及轻纺等工业生产自动化的工程技术人员阅读参考。

全书由林秋鸿校审。

## 编写说明

近年来，随着化学工业和自动化科学技术的迅速发展，化工自动化技术有了新的进展。以现代控制理论为基础的各种新型控制方法和调节系统相继成功地应用于化工生产；新型的自动控制技术工具以及电子计算机也日益广泛用于化工自动化领域。

为了总结交流我国化工生产应用自动化技术的经验，介绍新的调节理论和控制方法，提高从事化工自动化工作的工人和技术人员的理论和技术水平，促进化工自动化工作的发展，一九七五年，在炼油、化工自动控制设计业务建设会议上，决定由化工部炼油、化工自动控制设计技术中心站负责，组织有关院校、科研设计单位和工厂，编写一套《化工自动化丛书》。

《化工自动化丛书》是在普及的基础上侧重提高的一套读物，主要包括经典和现代控制理论，各类调节系统和化工单元操作控制等方面的题材。“丛书”内容力求密切反映化工应用的特点，做到理论联系实际，既阐明基本概念，作出理论分析，又叙述工程应用方法和应用实例，说明具体实施方案和现场运行经验。

## 《化工自动化丛书》编委会成员

- 主任委员** 周春晖 (浙江大学)
- 副主任委员** 蒋慰孙 (华东化工学院)
- 万学达 (中国寰球化学工程公司)
- 王骥程 (浙江大学)
- 沈承林 (北京化工学院)
- 委 员** 韩建勋 (天津大学)
- 庄兴稼 (抚顺石油学院)
- 李乾光 (化工部第一设计院)
- 林秋鸿 (北京石油化工工程公司)
- 王 翼 (南开大学)
- 徐炳华 (化工部第三设计院)
- 钱积新 (浙江大学)
- 俞金寿 (华东化工学院)
- 孙优贤 (浙江大学)
- 罗秀来 (上海炼油厂)
- 蔡鸿雄 (兰州化学工业公司)

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 绪 论 .....                   | 1   |
| 第一章 逻辑代数的基本知识 .....         | 7   |
| 第一节 基本逻辑关系 .....            | 7   |
| 第二节 逻辑式 .....               | 13  |
| 第三节 逻辑式的运算 .....            | 17  |
| 第二章 继电式信号联锁保护系统的分析方法 .....  | 21  |
| 第一节 继电线路直观分析法 .....         | 21  |
| 第二节 元件逻辑式和工作状态 .....        | 28  |
| 第三节 继电线路逻辑代数分析法 .....       | 40  |
| 第三章 继电式信号联锁保护系统 .....       | 45  |
| 第一节 信号报警系统概述 .....          | 45  |
| 第二节 闪光报警系统 .....            | 47  |
| 第三节 能区别第一故障的闪光报警系统 .....    | 54  |
| 第四节 延时报警单元 .....            | 62  |
| 第五节 联锁保护系统概述 .....          | 65  |
| 第六节 压缩机联锁线路 .....           | 66  |
| 第七节 转化炉的联锁保护 .....          | 70  |
| 第八节 双重检测联锁线路 .....          | 77  |
| 第四章 继电式信号联锁保护系统的设计 .....    | 82  |
| 第一节 组合型继电线路的逻辑设计 .....      | 82  |
| 第二节 时序型继电线路的逻辑设计 .....      | 86  |
| 第三节 一般闪光报警系统的设计 .....       | 100 |
| 第四节 区别瞬时故障闪光报警系统的设计 .....   | 108 |
| 第五节 区别第一故障闪光报警系统的逻辑设计 ..... | 112 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 第六节 锅炉点火装置程序联锁的设计 .....            | 119        |
| 第七节 自动称量装置线路设计 .....               | 126        |
| <b>第五章 无触点式信号联锁保护系统 .....</b>      | <b>133</b> |
| 第一节 八回路闪光信号报警系统 .....              | 133        |
| 第二节 十回路闪光信号报警系统 .....              | 141        |
| 第三节 能区别第一信号的报警系统 .....             | 148        |
| 第四节 无触点逻辑监控系统 .....                | 168        |
| <b>第六章 采用可编程序控制器的联锁系统 .....</b>    | <b>213</b> |
| 第一节 概述 .....                       | 213        |
| 第二节 可编程序控制器的构成 .....               | 214        |
| 第三节 可编程序控制器的编程方法 .....             | 219        |
| 第四节 可编程序控制器的选用 .....               | 235        |
| <b>第七章 信号联锁保护系统实际应用的几个问题 .....</b> | <b>239</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>243</b> |

# 绪 论

## 一、信号联锁保护系统的任务

在化工生产过程中，必须严格控制温度、压力、液面等工艺参数的大小。这些参数如果偏离了规定范围，不仅会影响产品的产量和质量，甚至会扩大事态，引起设备损坏或危及人身安全。为了安全生产，当生产过程出现异常时必须发出报警信号，通知值班人员。与此同时，为了防止事态扩大，应该作出相应的处理，自动操作有关的设备（例如：阀门切断或开启、电机停转等），以免发生更大的事故。另外，许多化工设备之间是互相联系、互相制约的，有必要通过信号相互联络，使它们的操作过程遵守一定的联系和制约关系，不造成混乱或事故。所有这些，都要依靠信号联锁保护系统来实现。

信号联锁保护系统实际上是一种自动装置，它能够监视生产过程的工作状况，并自动操作阀门、电机等有关设备，或者发出灯光音响信号。它主要具有信号报警和联锁保护两个方面的功能。信号报警起到自动监督的作用，当工艺参数或运行状态发生异常情况时，以音响或灯光的形式发出警报，提醒值班人员进行及时处理。联锁保护实质上是一种自动操作系统，它能使有关设备按照规定的条件或程序完成操作任务。实际的信号联锁保护系统中，有的只具备报警功能，或者联锁功能，有的则两者同时具备。

总而言之，信号联锁保护系统是保证正常生产和人身、

设备安全的必不可少的措施，它已发展成为化工自动化的重要组成部分。尤其在现代化大型工厂中，无视信号联锁保护系统的重要作用，或者掉以轻心，往往会造成惨重的损失。

## 二、信号联锁保护系统的组成

在一般情况下，信号联锁保护系统包括三个组成部分：输入元件、中间元件和执行元件。其框图如图0-1所示。

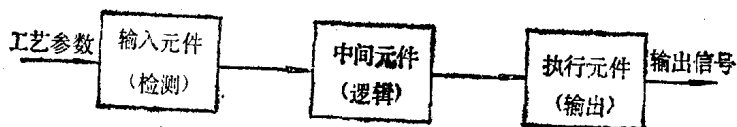


图 0-1 信号联锁保护系统方框图

输入元件包括工艺参数的检测接点，以及值班人员发布操作指令的按钮、开关等元件，它们起到参数检测、发布指令的作用，这些元件的通断状态也就是整个系统的输入信号。输出元件又称执行元件，包括报警显示元件（灯、电铃等）和操纵设备的执行元件（例如，电动机、电磁阀、电磁铁等），它们的动作情况就是系统的输出信号。中间元件由中间继电器或半导体逻辑器件组成，它们根据输入信号进行逻辑运算，向执行元件发出控制信号。在某些简单的情况下，也可以用输入元件直接控制执行元件。此时，输入元件同时担负参数检测和逻辑运算的任务。

现以图0-2为例，说明信号联锁保护系统的组成和工作原理。这是一个不闪光报警系数。参数检测接点X、“接收”按钮PB1和“试灯”按钮PB2属于输入元件，报警指示灯AL和电铃BL是执行元件，中间元件由继电器R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>担任。其

工作过程分四步：

正常状态——生产正常时，接点 X 断开， $R_1$ 、 $R_2$  均失电，灯熄灭，铃不响；

报警状态——当被测参数偏离规定值时，X 闭合， $R_1$  得电，使灯亮铃响，发出警报，提醒值班人员；

接收状态——值班人员按下 PB1，使  $R_2$  得电，结果 BL 断电，铃声消除，但 AL 仍发亮。这一步的含义是：值班者已经知道故障发生，但尚未排除故障；

复原状态——当故障排除以后，X 恢复断开，线路回复到正常状态，信号灯熄灭。

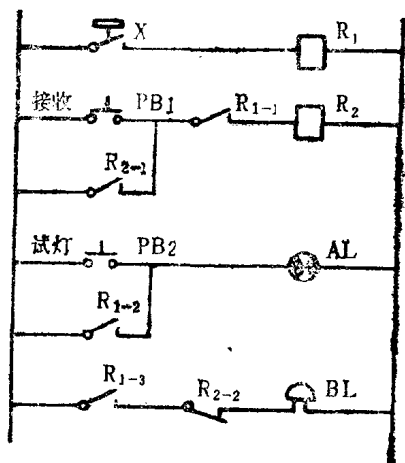


图 0-2 不闪光报警系统

线路中的 PB2 用来检查 AL 的好坏。

由上例看到，执行元件 AL、BL 的工作状态取决于中间继电器的接点形式和串、并联组合（这就是逻辑运算），而中间继电器又受输入信号的控制。

根据逻辑元件的不同，信号联锁保护系统可分为有接点型（采用电磁继电器）和无接点型（采用半导体逻辑器件）两大类。通常认为，无接点型具有体积小、重量轻、耗电低、无可动部件、寿命长、组合灵活方便等一系列优点。然而，由于继电器的接点容量大、超小型化以及允许通断次数

的提高，有接点型至今仍有很强的竞争力。目前，“报警系统无接点、联锁系统有接点”的所谓混合型方案也获得越来越多的应用。

应当指出，信号联锁系统虽然作为一种自动装置，和自动调节系统同属于自动控制这个总范畴以内，但它们之间有着概念性的重大差别。信号联锁保护系统只是对被监视参数和规定值之间的偏差进行逻辑判断，以便控制执行元件的动作，不存在负反馈过程，信号形式只是开和关，因此属于开环系统、开关式操作。而自动调节系统则是利用被调参数和规定值之间的偏差引入负反馈，以便尽量消除上述偏差，因此属于闭环系统、连续操作。

### 三、信号联锁保护系统的基本要求

设置信号联锁保护系统的基本目的是安全生产，因此，保护系统本身必须安全可靠，否则它自身就成为事故的根源。对于信号联锁保护系统的基本技术要求如下。

#### 1. 报警点、联锁点的数量适宜

设置报警点和联锁点既要满足工艺要求、又必须少而精。过多地设置，粗看起来似乎更安全，但往往造成报警过于频繁，甚至动不动就停车，反而影响生产。

#### 2. 报警联锁内容符合工艺要求

信号报警系统应该尽可能为寻找事故提供方便。希望报警系统能够判别故障的性质、程度或范围，例如，是一般性故障还是瞬时故障？是第一故障还是第二故障？

联锁保护应该根据生产操作的具体规律来进行安排。当参数越限时，联锁只是有选择地切除那些继续运行会引起事故的设备，而与事故无关的设备仍保持继续运转。总之，既要保证安全，又要尽可能缩小联锁停车对生产的影响。

### 3. 整套装置高度可靠

保护系统的整套装置必须具有高度的可靠性，既不会拒动作（该动作时不动作），也不会误动作（不该动作时动作）。一般地说，装置中元器件质量越高，线路越简明，继电器或其他逻辑部件的数量越少，那么，装置的可靠性越高。

### 4. 检测信号准确无误

检测信号能否正确地反映生产过程的异常情况，乃是整套保护系统可靠运行的前提。为此，首先要求检测元件灵敏可靠，动作准确，不产生虚假信号。其次，希望检测线路具有下列区别能力。

① 能够区别仪表误动作和真正的工艺故障。例如，为了防止检测仪表误动作而引起不必要的停车，重要的联锁点可采用双重检测，一个检测点用两台仪表，组成与门形式。只有两台表同时达到联锁给定值时，联锁系统才动作。

② 能够区别正常的参数波动和事故性质的参数越限。生产中，有时允许短时期的参数波动，为此可增添延时环节，以避免报警联锁过于频繁。只有波动持续时间超过规定延时以后，才引起报警、联锁动作。

③ 能够区别开停车过程中的参数越限和故障性质的参数越限。最简单的办法就是设置解锁开关，在开停车过程中解除报警或联锁。

### 5. 电源稳定可靠

稳定可靠的电源是保护装置正常工作的保证。通常，设有电源监视。在特别重要的场合，可设置双电源或备用电源自动投入装置，使电源中断产生的影响尽量减小，还能避免电源中断时联锁系统产生的误动作。

### 6. 便于安装、维修和操作

例如，在报警系统中安排“试灯”回路，以便检查指示灯这一类易损坏的元件。在联锁系统中，安排手操解锁环节，以便在开车或其他需要的场合解除联锁。

#### 7. 符合使用环境的要求

当生产现场具有可燃、易爆的介质时，应符合防爆规定。

一个合理的信号联锁保护系统，不仅要满足上述技术要求，而且必须顾及经济效益。既要考虑初投资和维护管理费用，又要考虑由于保护系统不完善而造成的经济损失。只有全面权衡得失以后才能做出正确的决定。

# 第一章 逻辑代数的基本知识

信号联锁保护系统实质上是一种逻辑控制系统。无论是接点型还是无接点型，执行元件的工作状态归根到底是输入信号逻辑运算的结果。因此，专门用来描述逻辑关系的逻辑代数（又称开关代数、布尔代数）必然成为研究信号联锁保护系统的重要数学工具。本章将结合逻辑代数在信号联锁保护系统中的应用，简单介绍这方面的基本知识。

## 第一节 基本逻辑关系

逻辑代数的任何变量都只有两个值：逻辑1和逻辑0。

“1”和“0”不是代表数值的大小，而是代表同一事物互相对立的两种状态，例如有和无、开和关、高和低等。在本书中，我们规定：

在有接点系统中，逻辑1代表接通（例如，接点闭合、线圈带电、按钮接通、指示灯发亮等）；逻辑0代表断开（例如，接点分开、线圈断电、按钮打开、指示灯熄灭等）。

在无接点系统中，逻辑1代表高电平，逻辑0代表低电平。

### 一、基本逻辑

不管一个逻辑系统的具体线路如何复杂，其逻辑功能总是由“与”、“或”、“非”三种基本逻辑所组成。这些基本逻辑可以用继电线路来实现，也可以用电子线路来实现。

#### 1. 逻辑与

逻辑与的意义是指,只有在所有条件全部具备时,才能得到某一结果。换言之,输入全部为1时,输出为1;有一个输入为0,则输出为0。

图1-1(a)是个串联接点控制电路,根据其动作原理不

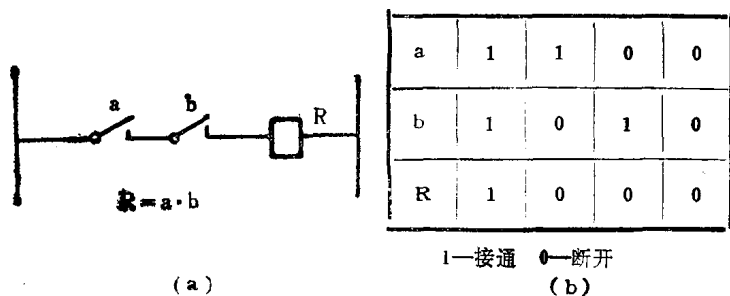


图 1-1 串联接点控制电路

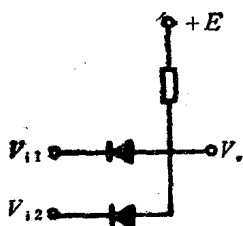
难得到线路所有可能的工作状态,并列成图1-1(b)所示的表格,称为“真值表”。该表中,1代表接通,0代表断开。显然,只有当 $a=1$ 与 $b=1$ 同时出现时,才能得到 $R=1$ ;如果 $a$ 或 $b$ 有一个为0,则 $R=0$ 。从逻辑上看,线圈 $R$ 和接点 $a$ 、 $b$ 之间的关系就是“与”逻辑关系。所以,串联接点控制又称为“与”控制。可以用下面的逻辑式来表达:

$$R = a \cdot b$$

上式中的 $R$ 、 $a$ 、 $b$ 不仅是线路图中元件的标记,更应该理解为表征这些元件工作状态的逻辑变量,其逻辑值不是1就是0。

图1-2(a)是一个实现“与”控制的二极管门电路。在该图中,只有 $V_{i1}$ 与 $V_{i2}$ 同时为高电平时,输出 $V_o$ 才出现高电平。该电路的真值表为图1-2(b)。显然, $V_o$ 与 $V_{i1}$ 、 $V_{i2}$ 之间也是与逻辑关系。逻辑式为:

$$V_o = V_{i1} \cdot V_{i2}$$



(a)

|          |   |   |   |   |
|----------|---|---|---|---|
| $V_{i1}$ | 1 | 1 | 0 | 0 |
| $V_{i2}$ | 1 | 0 | 1 | 0 |
| $V_o$    | 1 | 0 | 0 | 0 |

1—高电平 0—低电平

(b)

图 1-2 二极管与门电路

逻辑与又称逻辑乘。图1-3是它的逻辑符号。

## 2. 逻辑或

逻辑或的意义是指，多个条件中只要有一个或一个以上（包括全部）条件具

备时，就能得到某一

结果。也就是说，输入中有一个为1，则输出1；只有输入全部为0时，输出才为0。

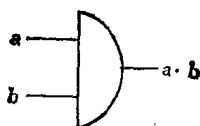
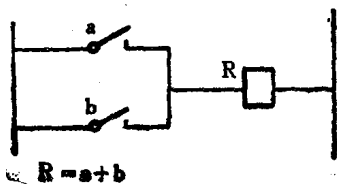


图 1-3 与逻辑符号



(a)

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| a | 1 | 1 | 0 | 0 |
| b | 1 | 0 | 1 | 0 |
| R | 1 | 1 | 1 | 0 |

(b)

图 1-4 并联接点控制电路

对于图1-4(a)来讲，由其真值表看到，只要有一个接点闭合（ $a=1$ 或 $b=1$ ），线圈就通电（ $R=1$ ）；当 $a$ 、 $b$