

609585

508
7/2724

流体逻辑 控制与工 业自动化

LIUTILUOJI
KONGZHIYUGONG
YEZIDONGHUA

山东科学技术出版社

流体逻辑控制与工业自动化

〔法〕 丹尼尔·鲍台莱 著

陈维早 王济生 译
赵中林 李鲁伯

陈寿祖 审校

山东科学技术出版社

一九八〇·济南

Fluid Logic Controls and Industrial Automation

Daniel Bouteille

John Wiley & Sons, New York

Printed in the United States of America, 1973

流体逻辑控制与工业自动化

〔法〕丹尼尔·鲍台莱 著

陈维早 王济生 译
赵中林 李鲁伯

陈寿祖 审校

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东人民印刷厂印刷

*

787×1092毫米16开本 11.5印张 144千字
1980年8月第1版 1980年8月第1次印刷

印数：1—4,100

书号 15195·59 定价 0.95元

译 者 的 话

二十多年来,气动和液压传动技术在工业中的广泛应用,促使流体逻辑控制技术迅速发展。这种全流体控制系统的控制和执行部分,都采用流体为工作介质,因而需要的转换元件很少,对环境的适应能力很强。与一般电—气(液)系统比较,不仅简单可靠,而且经济耐用。这种技术比较直观易懂,易于普及推广。为了在我国普及并发展这项技术,使它在四个现代化中发挥积极作用,我们翻译了“流体逻辑控制与工业自动化”这本书,供从事这方面工作的工人和工程技术人员使用,也可供高等院校有关专业教学人员参考。

该书原著是法文,作者是从事这种技术多年的法国工程师,他为这项技术的发展作过不少开拓工作。原书出版之后,首先在欧洲引起了工程界的广泛重视。不久,美国《产品工程杂志》(“Product Engineering Magazine”),将它译成英文,并补充了不少美国及其它工业国家的资料,在该刊物上分期连载。本书是根据1973年增订的英文版译出的。

全书共分九章,前四章主要介绍流体逻辑元件和辅助设备的工作和结构原理;第五章讨论了流体逻辑系统的选择;后四章重点介绍了逻辑回路的设计方法,列举了各种类型的应用实例,对系统的选择和回路设计作了比较深入的分析。此书内容全面,图文并茂。有利于读者学习掌握这门技术。

在翻译过程中,我们删略了一些为厂方作商业宣传的内容,并将原书中所用的英制单位一律改为国际制单位。书中出现得最多的压力单位系按 $1 \text{ 牛顿/厘米}^2 = 0.103 \text{ 公斤/厘米}^2 = 1.46 \text{ 磅/吋}^2$ ($1 \text{ 磅/吋}^2 = 0.689 \text{ 牛顿/厘米}^2 = 0.0703 \text{ 公斤/厘米}^2$) 换算。此外,将原书的符号与我国常用符号的对照表作为附录列于书末。

一九八〇年一月

绪 论

在电子和电气控制技术的高速发展过程中，早年的气动和液压技术曾为流体逻辑控制这门新技术奠定了基础。

流体动力的历史意义，在于它早就预示到流体逻辑控制技术在满足世界工业自动化的要求方面的重要作用。十多年来，各国都发展了许多复杂的新技术。为了采用流体逻辑控制，需要有一本打破地域和行业限制的有关手册。

主要工业国家为满足流体逻辑控制系统的要求，研制了许多逻辑元件和辅助设备。本书对它们分门别类作了描述，列举了电气控制技术与流体逻辑控制技术之间的相似之处，帮助已熟悉电子技术的人们迅速理解并重视两者之间的差别以及这种新控制技术的特色。

本书是为想获得这方面实际知识的人员编写的，也适合那些已经从事这方面工作并要求了解当前各国这项技术的发展状况，以便增进流体逻辑知识的人员参考。从目录上可以概括地了解本书的内容。可以看出本书不包括用于比例仪表的流体模拟控制技术，而且它只限于流体逻辑控制在工业领域中的实际应用，不涉及这种新技术在医学、军事和空间探测等方面的应用问题。

目 录

绪 论

第一章 工业自动化对流体的要求	1
第一节 自动化的一般原理	1
第二节 流体自动化的要求	2
第二章 逻辑功能与工业自动化	5
第一节 数字逻辑回路基本原理.....	5
第二节 逻辑与流体控制	6
第三节 基本逻辑功能	6
第四节 应用简例	7
第五节 辅助功能	8
第六节 逻辑系统的组成	9
第三章 流体逻辑元件	11
第一节 定 义	11
第二节 流体逻辑元件的分类	11
第三节 无可动件元件.....	13
第四节 可动件逻辑元件.....	35
第五节 整个机器相互联系的重要性	64
第四章 辅助设备	65
第一节 辅助设备的必要性.....	65
第二节 流体逻辑元件的气源处理	65
第三节 传感器和信号放大器	67
第四节 气与电之间的转换	88
第五节 定时装置	89
第六节 程序装置	92
第七节 计数装置	94
第八节 信息显示	95
第九节 连接件	95
第十节 结 论	96
第五章 流体逻辑系统的选择	97
第一节 流体逻辑与电气、电子逻辑技术的比较	97

第二节	对流体、电气和电子技术进行选择的准则	103
第三节	各种流体逻辑控制系统的选择标准	107
第四节	结 论	109
第六章	布尔代数的复习	110
第一节	定 义	110
第二节	布尔代数——基本变换	111
第三节	布尔代数的性质	115
第四节	逻辑功能与卡诺图	117
第五节	逻辑功能的简化	118
第六节	万能逻辑功能	119
第七节	记忆功能	119
第七章	逻辑回路的设计方法	121
第一节	解决自动控制问题的步骤	121
第二节	自动循环	121
第三节	扩大卡诺图法	124
第四节	从逻辑功能到回路设计	134
第五节	由输入元件完成的逻辑功能	135
第八章	用流体逻辑回路解决工业自动化问题	136
第一节	引 言	136
第二节	对编码物体进行分类的开关控制	136
第三节	香烟检查控制器	140
第四节	工件尺寸检查后的分类	142
第五节	双手启动回路	145
第六节	工件的搬运	147
第七节	自动压力机	149
第八节	丝网印刷机	151
第九节	自动装罐(瓶)机	154
第十节	造型机	159
第十一节	热处理工件的装放	163
第九章	流体动力和流体逻辑在工业自动化中的展望	170
第一节	流体动力系统用途日益增加	170
第二节	日益扩大的流体逻辑控制的应用范围	171
第三节	优先考虑采用流体	171
附录	图形符号对照表	172
索引		173

第一章 工业自动化对流体的要求

第一节 自动化的一般原理

一、引言

根据工业类型及生产要求,工业自动化可以有多种表现形式。

开宗明义,自动化的主要目标,首先是帮助人,最终取代人们从事的重复而繁重的劳动。通过这种新型的机械化,可以得到质量稳定而经济的产品。

由于采用自动化,常常要改变生产流程与修改产品设计,所以采用自动化的结果不仅仅是单纯帮助或取代工人的劳动。

然而,为了使介绍简明起见,通过对人和用来帮助或代替工人的机器进行比较,作为我们研究问题的基础。

二、自动化的阶段

自动化过程的第一阶段是由工人直接控制机器来代替体力劳动。因此,工人可以发挥他的能力来增加生产,提高效率。压力机曾代替手锤,提供了较大的机械动力,因而提高了产量,保证了质量,并且减轻了工人的疲劳。

第二阶段是用控制系统来自动协调各动力装置的运动。但这种方法仍然是人工装卸工件,并由人来检查产品质量。

最后阶段是自动装卸工件并且自动检查产品质量。在这一阶段,机器全部自动化了,因而在生产过程中不再直接需要工人的智力和体力;工人需要做的只是监视机器运转,在机器出故障时,进行调整与检修。

三、“控制动力装置”的相互联系

图1~1是自动机一般结构简图。典型的自动机包括下列系统:

1. 动力系统: 本例是一个钻削动力头,它安装在产生进给运动的气缸上。
2. 控制系统: 用于协调机器动力系统的自动循环,允许操作者手动调节。控制系统还包括:

- (1) 由所需传感元件组成的输入元件。
- (2) 包含程序指令的逻辑回路。
- (3) 应急操作的手工控制台。

为了保证正常工作,在发生故障时保护机器及操作者,通常在动力系统和控制系统之间保持完整的相互联系。

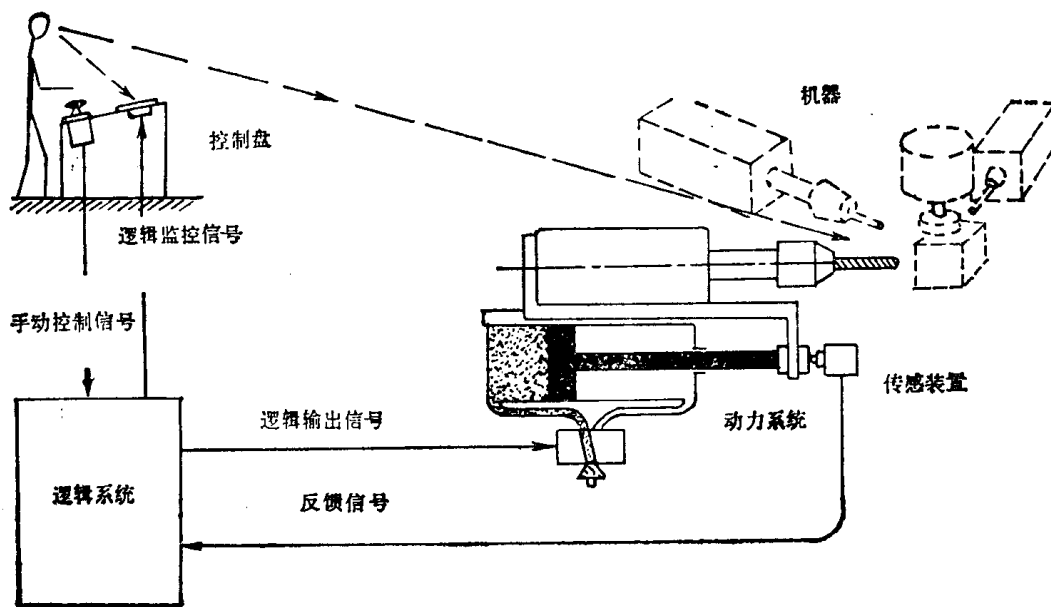


图1~1 典型自动控制回路基本图解

四、模拟和数字控制

按照所用控制器的型式，控制器与动力系统之间的联系采用了多种方式。模拟控制可以对两个极端状态之间的所有信号值作出反应。许多调整控制器（气动和电动的）采用模拟控制技术。

许多工业控制系统采用数字控制器。数字控制器只对全导通或全截止两种极端情况作出反应。例如：导线通电时为“导通”，不通电时为“截止”；管路充满压力流体时为“导通”，放出或排空时为“截止”；继电器的触点闭合时为“导通”，断开时为“截止”等等。对“导通—截止”信号作出反应的控制装置通常就称为数字控制器。

对数字控制器来说，图1~1中的钻削动力头—进给缸组合装置只在全伸出或全退回的位置才有意义（绪言中已作申明，本书只讲述数字控制器）。

简单地说，在大多数应用场合，数字“控制—动力”的相互联系，只在输入元件或传感器动作或运动的开始与终了时才起作用。只在这两个位置，控制系统才根据反馈信号向输入元件发出指令。这种指令以预先编制好的程序指令为依据。

第二节 流体自动化的要求

一、流体动力系统

自动机通常所用的能源来自能产生旋转运动的液压马达、电动机以及蒸气机或内燃机。人们力图利用旋转运动来完成他们以前不得不用手做的动作。典型的例子就是用机床—车床、磨床和铣床的旋转运动来代替手工锉削。

旋转运动转换成直线运动的方法有以下两种：

1. 机械法：凸轮、连杆、螺杆与螺母等等。

2. 流体动力法：使用充满压力流体的动力缸，其压力由旋转泵或压缩机产生。

流体动力法能够把压力流体传送到许多需要的部位，而不是在每个部位都变换旋转运动。除了把旋转运动转变为直线运动以外，还需要传送转化了的能量。

机械传动装置曾使许多重要工业机器成为可能，典型的例子就是螺纹机床。这种机床广泛使用机械传送的动力，它借助手柄、推杆、钢索等等，把动力从一个转动轴变成不同部位的直线运动。

以后证明电气传动的优越性超过机械传动的几何设计要求。电器装置为生产提供了容易采用的手段，如快速转动（电机）或短行程的直线运动（螺线管）等。不用机械传动，就不可能获得长行程的直线运动。所谓电动缸是由电机、减速齿轮以及丝杆和螺母所组成的系统，用来产生直线运动。

最后，研制成功的流体动力传动具有电气应用方便和机械传动简单的优点。

压力流体通过管道和软管分配到各使用点。最常用的动力系统是气（液）缸，它能产生各种类型的直线运动。

在流体动力技术中，有两种互相补充的技术：气动和液压。

液压用的是油和水这一类非压缩性流体，允许使用的标准表压力范围是1,000~2,800牛顿/厘米²，它能在精确控制速度的条件下，产生等效的直线力。基本上每台机器都需要一台电机，一个泵和一个油箱。

气动用的是可以压缩的空气，标准表压力范围为28~100牛顿/厘米²，它限制了由气缸所能得到的推力。由于空气的可压缩性，气缸的速度不可能得到精确控制，但采用气压油装置的系统例外。

在工厂里，压缩空气容易从中心压气站和贮气罐通过架空管道分配到任何需用的地方。用过的空气可以排入大气，不会产生污染。

近二十五年间，气动在工业上的应用发展很快。由于应用方便，就有可能在已使用压缩空气的地方用机械动力来代替人力。只在大型压力机或者操纵重型机械装置等需用大的机械力时，才用液压代替气动。唯一例外的情况是，当应用中要求准确控制速度时，采用气动就不如液压切合实际。

下一节将回答流体逻辑控制在工业中的重要性和必要性的问题。

二、流体逻辑控制

流体逻辑控制得以发展的两个主要原因是：流体动力的广泛应用；以及在易爆性气体中工作的需要。

最初，气动模拟控制技术是为了代替存在着爆炸性气体的石油和化工工业中的电气控制而研制出来的。在本书的后几章中，我们将要讲述某些使用与模拟控制系统相同工作压力的流体逻辑系统，并阐明它是怎样首先为石油化工工业采纳并成为必不可少的控制手段的。

流体逻辑控制是沿着本身固有道路发展起来的，今天它主要还是用于控制流体动力系统。当用气缸或油缸代替工人的动作时，通常不需要模拟控制。缸的运动通常是由缸的两个极限位置驱动限位阀或传感器来监控。这种安排对于数字控制是理想的，因为它容易使控制器与反馈信号协调。

在流体逻辑控制技术出现以前，电器逻辑控制装置（继电器）是控制流体动力系统的主要方式。这些技术，根据使用的工作介质不同，分别称为电—气或电—液系统。

全气动系统的发展，使这些装置从输入到输出使用同种介质，显而易见它远比电气控制系统优越。这些优点包括：①没有电器元件烧坏或短路的危险，可靠性较大；②控制器寿命较长；③省去了电磁阀；④没有机械振动和冲击；⑤对环境没有污染；⑥在易爆的环境里，不需要专门的屏蔽；⑦对操作和维修人员较为安全。其它优点有：①调整与维修仅需一种行业；②气动传感器性能优良；③技术容易掌握；④元件设计简单；⑤投产迅速；⑥很少需要维修等等。

第三章讨论过各种类型的控制元件之后，第四章再讲述辅助装置、输入元件、转换器以及手动控制器等等。第五章中，我们对气动、电气和电子逻辑元件进行比较，并且谈谈工业中流体逻辑元件优先应用的领域。

第二章 逻辑功能与工业自动化

第一节 数字逻辑回路基本原理

设计数字自动控制回路最常用的方法是经验法,电气技术人员常把继电器串联起来,进行试探,直到满足线路的设计要求为止。

采用这种电路设计的方法,要求设计者必须是具有一定专业知识的专门技术人员,才能保证成功。例如:使用继电器的电气师们所采用的阶梯图法与使用二位四通阀的气动设计师们所采用的“级联”法有很大的区别。

非自锁型的继电器需要从其输出取出一个输入“反馈”,使继电器继续保持在已动作的位置。

双气控式的滑阀不需要反馈,因为摩擦力使它保持在动作后的位置。

为了加快设计过程,并尽可能减少错误,建议让回路设计系统化。为此,最好采用仅有1和0两个值的二进制代数。数字控制也只有两个值,它是二进制代数的一种应用。二进制最先用于电气线路时,曾被称为接点代数。它是上世纪英国数学家乔治·布尔确立的,所以,二进制代数终于被叫作布尔代数。

逻辑功能是布尔代数的基本运算。这些功能也是建立电子和流体逻辑装置的基础。基本逻辑功能在上述技术的实际应用中起着重要作用。

应用布尔代数有下列优点:

(1) 由布尔代数建立的回路实用、设计容易、清楚易懂。不论回路多么复杂,故障排除容易。

(2) 控制组件与其相应的逻辑功能一致。

(3) 在设计、制造、安装、维修和排除故障等方面,培训工程师和技术人员比较容易。对于诸如电子、电气、气动和射流等控制技术来说,有一种基本的通用语言。

因此,让某人从一种控制技术转到另一种技术容易得多,只要花很少时间就可熟悉回路逻辑元件符号。

现在许多大专院校为适应从事自动控制的工程师和技术人员的需要,都设置了布尔代数和逻辑控制课程。

本章讨论逻辑功能和控制回路的基本知识。第三章讨论将这些基本知识用于流体逻辑技术和用于产生逻辑功能的元件设计等问题。

第六章将更详尽地讨论布尔代数;接着在第七章中详细说明解决自动控制问题的逻辑

辑方法。第八章对收集到的一些典型的工业自动化问题进行讨论，有助于应用本书所讲的这些技术。

第二节 逻辑与流体控制

根据布尔代数原理推导出来的数字逻辑控制只能使用二进制元件，也就是说只能用于产生两种不连续态1和0的元件。

在电气控制技术中，这两种信号状态由电压的“有”和“无”表示。在流体控制技术中，表示的形式是：当气体压缩到高于大气压时，为状态1；当压缩空气排出并降到大气压力时为状态0。

流体逻辑功能始终是与控制回路中各种元件的驱动压力的二进制状态有关。每一流体逻辑元件都是按某一个特定的逻辑功能而设计的。

第三节 基本逻辑功能

图2~1示出了基本逻辑功能：是（YES）、非（NOT）、或（OR）、与（AND）及其符号。这些功能就是基本的控制方法。

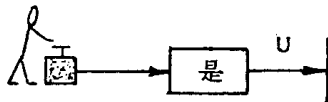
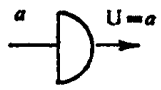
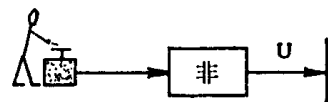
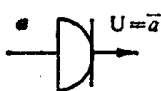
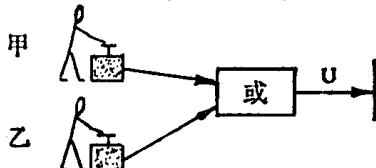
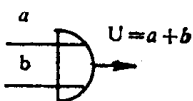
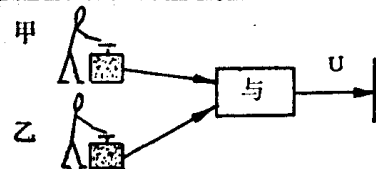
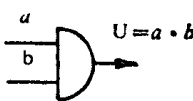
是	 如按下开关，则有输出	 $U=a$ 等效或放大
非	 不按开关时有输出	 $U=\bar{a}$ 反相或互补
或	 如甲或乙或两人都按下开关，则有输出	 $U=a+b$ 逻辑加
与	 甲与乙都按下开关时，才有输出	 $U=a \cdot b$ 逻辑乘

图 2~1 基本逻辑功能——定义及符号

“是”功能就是其输入与输出状态相同。例如，当有输入信号时，元件就产生一个输出压力。这时，输出信号U和输入信号a之间的状态相同。反之，在没有压力时，也同

样适用。这种元件产生的“是”功能表示如下：

$U = a$ 当 $a = 1$ 时, $U = 1$;
 $a = 0$ 时, $U = 0$ 。

“非”功能是使输入和输出的状态相反。如果没有输入信号时, 则元件产生一个输出压力, 输出 U 与输入信号 a 的状态相反。元件的“非”功能为:

$U = \bar{a}$ 当 $a = 0$ 时, $U = 1$;
 $a = 1$ 时, $U = 0$ 。

“或”功能(双输入型)是两个信号 a 和 b 状态的组合。当“或”元件的一个“或”另一个(或者两者都)有输入信号时(状态 1), 就有输出 U 。

$U = a \text{ 或 } b$ 当 $a \text{ 或 } b = 1$ (或者都等于 1) 时, $U = 1$;
 当 $a = b = 0$ 时, $U = 0$ 。

“与”功能(双输入型)是两个信号 a 和 b 状态的组合。当输入信号 a “与” b 同时有时(状态 1), “与”元件就有输出 U 。

$U = a \text{ 与 } b$ 当 $a = b = 1$ 时 $U = 1$;
 当 $a \text{ 或 } b = 0$ (或都等于 0) 时, $U = 0$ 。

在布尔代数中, 符号简化为: $U = a \text{ 或 } b$ 写成 $U = a + b \rightarrow$ 逻辑加, $U = a \text{ 与 } b$ 写成 $U = a \cdot b \rightarrow$ 逻辑乘。图 2~1 示出了我们画回路图时要用的各种功能的符号。

第四节 应用简例

用图 2~2 所示的基本逻辑功能可以解决许多问题。

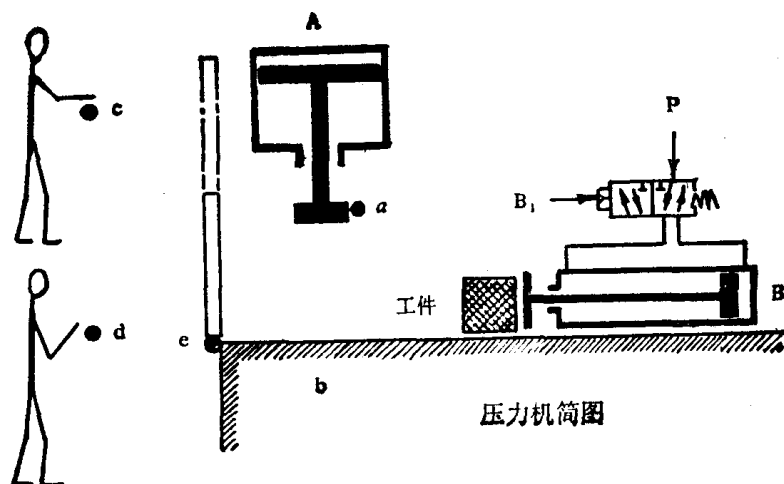


图 2~2 压力机工作原理及其控制回路图

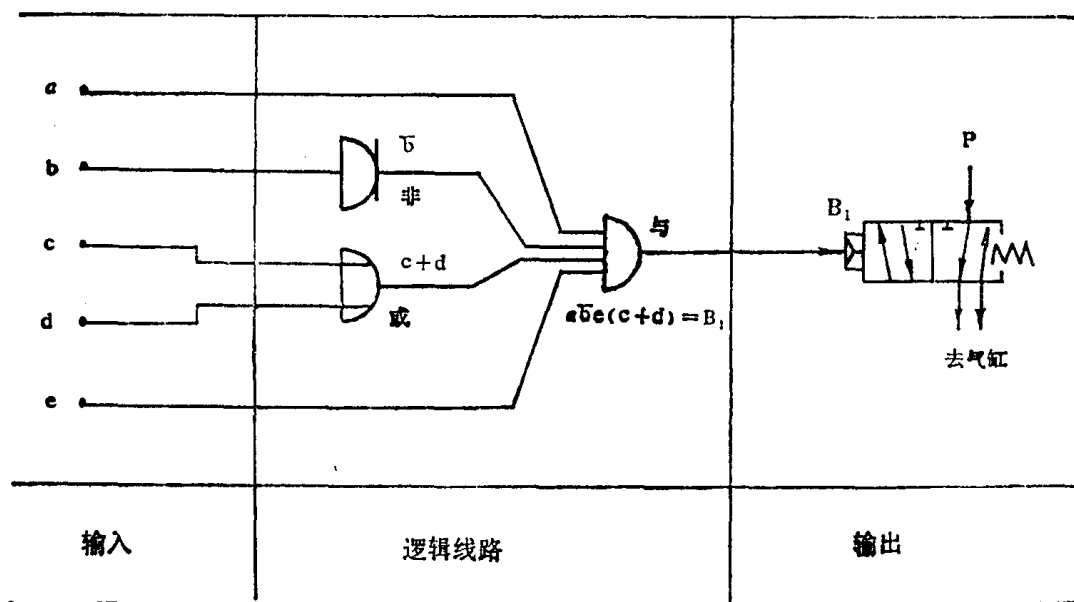


图 2~2 压力机工作原理及其控制回路图

如果压力缸 A 上升到 a，在位置 b 上没有物体出现，而且操作防护板落在位置 e 上，这时才能从 c 或 d 发出一个控制指令，使 B 缸伸出，将一个工件推到位置 b。换成布尔代数的术语是：

当 a “与” b “非” “与” e “与” c “或” d 时， B_1 才接收一个控制指令。

$$B_1 = a \cdot \bar{b} \cdot e \cdot (c + d)$$

与非与与 或

图 2~2 的回路解决了这个问题——当 a、b、c、d 或 e 动作时，发给逻辑回路输入信号，如果满足所要求的条件，逻辑回路会给先导阀 B_1 一个输入信号，先导阀驱动控制阀，使定位工件的 B 缸动作。

上述逻辑功能回路的组成如下：

- (1) 用一个“非”功能元件获得 $\bar{b}$ 。
- (2) 用一个两输入的“或”功能元件获得 $c + d$ 。
- (3) 用一个四输入的“与”功能元件将逻辑乘的各因子组合起来。

第五节 辅助功能

为了解决所有的自动控制问题，除了上面讲过的四个基本逻辑功能之外，还需要两个辅助功能，这就是图 2~3 所示的记忆功能（memory function）〔双稳态触发器（flip-flop）〕和延时功能（timing function）。

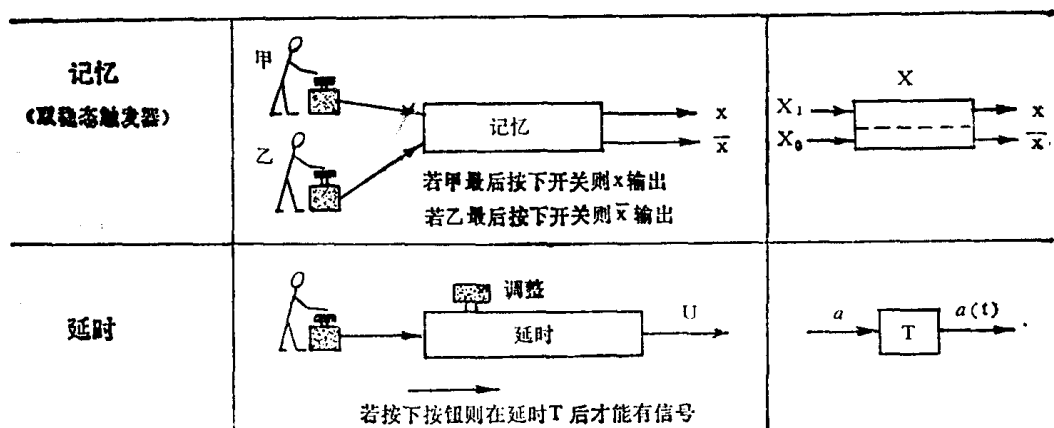


图 2 ~ 3 辅助功能——定义及符号

记忆功能是为了保持或贮存下一程序使用的专门信号。当一个信号加在记忆元件上时，元件就把它记忆下来了。

延时功能是把一个信号延迟一段特定时间以后才去使用。虽然它不是布尔代数的逻辑功能，可是在许多自动化回路中却非常必要。

第六节 逻辑系统的组成

一个完整的逻辑系统，包括某一专门技术（如电气、电子、气动或射流）的各种元件，这些元件是解决某一特定控制问题所必须的。

组成一个完整的逻辑系统有几种方法。第一种方法是使用单功能元件——“是”，“非”，“或”，“与”以及记忆和延时等辅助功能。

另一种方法是使用一种能完成上述所有功能的“万能型”基本逻辑元件（“universal logic function device”）。下面就讲叙这种万能型逻辑元件的功能。

把一些相同的万能型逻辑元件功能，用特定的线路连起来以后，它们能完成所有的基本逻辑功能。图2~4说明怎样只用“或非”或者只用“禁”功能（INHIBITION function）完成这些基本逻辑功能的方法，其中“或非”与“禁”功能都属万能型的。

“或非”功能，即“或—非”功能 $\overline{a+b}$ ，就是“或”功能 $a+b$ 的反相。因此，它与或功能的符号一样，所不同的只是在其表达式上加了“—”符号。这种功能在电子学中是常见的。后面我们叙述只用“或非”功能的流体逻辑控制系统。

“禁”功能 $\bar{a} \cdot b$ 是两个信号的逻辑乘，其中之一取反相。“禁”功能和“与”功能的符号相同，只是在字母上方加了“—”符号。

我们在后面要讲述的一些流体逻辑控制系统只使用一种万能型禁门元件。

基本功能构成	或非	禁门
是		
放大		
非反相		
或 $a+b$		
与 $a \cdot b$		
记忆		

图 2 ~ 4 由万能型“或非”及“禁”功能建立的逻辑功能