

流体控制逻辑设计

张成孝 编著

四川科学技术出版社

TP602

流体控制逻辑设计

张 成 孝 编 著

四川科学技术出版社

责任编辑：赵 健

封面设计：陈加伟

版面设计：杨丽娜

流 体 控 制 逻 辑 设 计

张成孝 编著

出版：四川科学技术出版社

印刷：重庆新华印刷厂

发行：新华书店重庆发行所

开本：850×1168 毫米 1/32

印张：10.75 插页：2

字数：275千

印数：1—3,350

版次：1986年4月 第 一 版

印次：1986年4月第一次印刷

书号：15298·171

定价：3.10元

TP602
1

9540

序 言

流体逻辑元件，其结构一般比电子、电磁元件简单，且造价较低，故障较少，可靠性较高，使用较为耐久，维修较为简便，更且适用于易燃、易爆、强磁、潮湿、高温、多粉尘和有腐蚀性的工作环境。唯其如此，在生产日益向高度自动化发展的进程中，气动、液压的流体控制技术得到了相当广泛的应用。

关于流体控制逻辑设计的问题，虽已有一些文献述及，但深入而系统的论著迄今仍属少见。厂矿设计人员和大专院校有关专业师生很希望看到这样一本读物。

张成孝同志致力于流体控制逻辑设计的研究凡二十年。近年来，他将自己具有独创性的研究成果撰写成文，陆续在一些学术专刊上发表，或在有关学术会议上宣读。其中不少文章深得学术界的好评，有些且被评选为省、市学会的优秀论文；某些论文的部分章节则被一些高等院校汲取为教材内容，或被一些学术论文列为参考文献。在各有关方面的吁请、敦促之下，张成孝同志以其一系列研究论文为基础，经过两年多的艰苦努力，完成了《流体控制逻辑设计》的编写工作。这是作者对四化建设所做的一项可贵贡献。

本书侧重论述气动控制系统的逻辑设计。至于液压控制系统的逻辑设计，因其基本原理和方法与气动控制系统略同，所以删繁就简，着墨不多。全书从一般概念到基本原理，到具体的设计方法和应用实例，都有清楚的阐述和剖析，特别是重点突出地论述了回路设计，其中尤以解析设计部分最为精辟。而解析设计这部分内容的核心——“数理法”，正是作者运用逻辑代数基本原理所创立、发展、完善起来的。

本书科学性较强，实用性较高，对于从事液压、气动技术的科研、设计和教学人员助益良多。有鉴于此，本人乐于将其推荐给读者。

江裕金

一九八四年十二月二十日

目 录

第一章 概 论

§1-1	流体控制逻辑设计的目的和意义	1
§1-2	流体控制逻辑设计的主要内容	3

第二章 气动控制基本线路

§2-1	换向回路	8
§2-2	压力控制回路	9
§2-3	速度控制回路	11
§2-4	气液调速回路	13
§2-5	同步回路	15
§2-6	安全操作回路	16
§2-7	计数回路	17
§2-8	气缸往复动作回路	19
§2-9	延时回路	20

第三章 逻辑代数基础及其在流体控制中的应用

§3-1	概述	23
§3-2	逻辑代数的三种基本运算	23
§3-3	二进制数、二进制和十进制的换算	27
§3-4	逻辑函数及两种基本函数标准形式	32
§3-5	逻辑代数的基本定律	39
§3-6	逻辑代数的若干规则	44
§3-7	卡诺图	47

§3-8 逻辑函数的化简及应用举例	52
-------------------------	----

第四章 流体逻辑元件

§4-1 概述	82
§4-2 高压截止式逻辑元件	85
§4-3 低压膜片截止式元件和微压逻辑元件	101
§4-4 高压膜片式元件	106
§4-5 射流元件	119

第五章 行程位置程序控制回路的设计——数理法

§5-1 概述	137
§5-2 干扰的概念	138
§5-3 程序—信号的相位函数式的建立	141
§5-4 干扰的判别	147
§5-5 干扰的排除——数理法(一)	153
§5-6 干扰的排除——数理法(二)	199

第六章 行程位置程序控制回路的设计——图解法

§6-1 概述	227
§6-2 行程位置程序控制回路的设计——X—D图表法	228
§6-3 行程位置程序控制回路的设计——卡诺图法	240
§6-4 行程位置程序控制回路的设计——分组供气法	260

第七章 气控回路的简化设计、通用程序器、 某些气控回路的设计

§7-1 气控回路的简化设计	266
§7-2 通用程序器	268
§7-3 某些气控回路的设计	274

第八章 气动控制应用实例分析

§8-1 冷轧钢带的厚度控制	280
§8-2 液化石油气半自动灌装秤气控线路的设计	282
§8-3 六工位组合机床气动控制线路设计	290

第九章 液压控制逻辑设计

§9-1 概述	297
§9-2 基本液压逻辑回路	298
§9-3 液压控制逻辑设计中组合逻辑回路的设计	304
§9-4 流体传动中行程序控制的电路设计	316

附 录

参考文献

第一章 概 论

§1-1 流体控制逻辑设计的目的和意义

随着技术的不断进步和发展, 流体(液体和气体)传动和控制技术已相当成熟地进入了传动和控制技术的领域。尤其是气动控制技术, 由于其特有的性能, 在控制技术领域中占有其他方法所不能取代的地位。正因为如此, 目前国内外涌现出的大量的自动化装置和设备, 不少都采用了流体逻辑控制系统及其相应的各种类型的流体逻辑控制元件。

流体逻辑控制与相应的电子、电磁控制相比, 虽然反应速度较低, 但对于大多数的生产工艺来说, 其反应速度是足以满足要求的。

流体控制, 特别是气动控制, 由于采用了压缩空气作为介质, 不仅介质来源经济, 而且排放清洁, 在易燃、易爆、强磁、多粉尘、潮湿、高温和腐蚀等生产环境中显示出电子、电磁控制不能相比的优越性。同时, 流体逻辑元件一般说来比电子、电磁元件结构简单, 经久耐用, 管理维修也较容易。

当装置或设备的执行机构采用流体传动时, 如果采用流体控制, 可以避免能量转换(电、磁——流体之间)中的损失和使用转换器件等问题。如电液阀、电磁先导气阀都需要由电磁的能量转换为流体, 而后再去控制阀的动作。因为转换元件一般都不如流体元件耐用, 所以, 电磁控制系统的可靠性和耐用度常较流体控制系统为差。

在进行具体的控制系统设计时, 究竟采用电子、电磁控制方式, 还是采用流体控制方式, 抑或两者综合应用, 互相取长补短,

要在进行技术、经济等方面的全面分析和比较后才能作出合理的选择，切勿不可盲目地追求纯电子、电磁控制或纯液、纯气控制方式，而忽视了总的技术经济效益。

流体控制逻辑设计与电路控制逻辑设计一样，有组合逻辑线路和时序逻辑线路（流体控制中主要指行程程序控制）的设计。共同的基础是逻辑代数的基本原理。但根据流体控制的特点也有其不同的分析和设计方法，二者既有统一，也有区别，可以互相借鉴和补充。

过去，机械设计人员在设计装置和设备时，常只局限于机械部分的设计，而控制系统的设计则交由电器人员去研究和进行。这样一来，往往由于设计思想不能充分互相了解，结果不能获得最佳方案。特别是在经过技术经济全面分析后决定采用流体逻辑控制时，由于控制系统的设计脱离了电气人员的业务范围，只得由机械设计人员自己去完成，因此机械设计人员掌握流体控制逻辑设计方法就显得十分必要了。对于经验不足的设计人员或虽有经验但面临的是比较复杂的控制系统设计问题的设计人员来说，就显得更加必要。用逻辑设计方法进行控制系统的设计还可以使经验、试凑的方法过渡到严整的科学设计方法，从而获得好的技术经济效益。

本书主要内容着重在气动控制系统的逻辑设计，但由于近年来液压控制系统除传统的电控系统外，气控液的、液控液的系统和元件亦有不少的应用，尤其是近年来出现了逻辑阀控制系统，随之自然地出现了液压控制的逻辑设计问题。无论气动还是液压控制系统的逻辑设计，其基本原理和方法是一致的，本书将在适当的章节介绍一些有关液压回路的逻辑设计问题。对于射流控制系统的逻辑设计，以及电控液压系统和电控气动系统的电路设计，书中介绍的设计方法也是适用的。

§1-2 流体控制逻辑设计的主要内容

本书所讲的流体控制逻辑设计问题，主要是指自动控制中的断续控制系统部分，而非连续控制系统的设计。也就是说，这本书的着重点在回路设计部分，而不是整个系统。但是对整个系统说来，其他部分如气(或油)源部分、调速、调压、延时，安全保护、各种附件和管路等却都是至关重要的。读者可以选用合适的基本线路和元件，共同组成完整的系统。

流体控制逻辑设计主要包括组合逻辑线路的设计和行程位置程序(时序)线路的设计。

一、组合逻辑线路设计问题

若某一逻辑线路在任一瞬间的输出仅是该瞬间各输入状态的函数时，则称此逻辑线路为组合逻辑线路，其逻辑线路框图见图1-1。相应的逻辑函数式为：



图1-1 组合逻辑线路框图

$$F = f(x_1, x_2, \dots, x_i)$$

其中， $i = 1, 2, \dots, n$

x_i 为组合逻辑线路的各输入变量，输出函数 F 的状态仅取决于各输入变量的状态。

如图1-2所示，有 a 、 b 、 c 三个手动气阀，要求在表1-1中的前三种情况下 A 缸推出(A_1)，否则 A 缸退回(A_0)，试设计此逻辑回路。

设 a 阀按下，有气通过并输入到逻辑回路时用“ a ”表示(即 $a = 1$)，反之，用“ $\overline{a}$ ”表示(即 $\overline{a} = 0$)。其余 b 、 c 阀同理。逻辑回

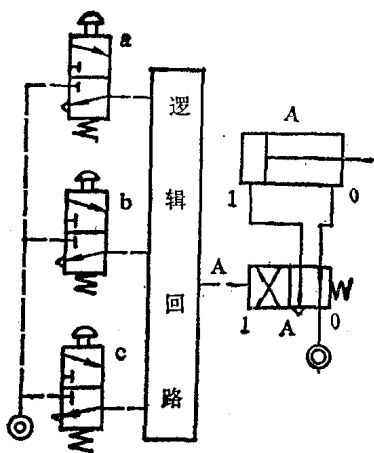


表1-1

a	b	c	A
$\overline{a}$	b	c	A_1
$\overline{a}$	b	$\overline{c}$	A_1
a	b	$\overline{c}$	A_1
其余组合状态			A_0

图1-2 控制方框示意图

路的输出(即逻辑函数)为 A 。有气输出时用“ A_1 ”表示,此时 A 换向阀换至左位,气缸推出,反之,无气输出时用“ A_0 ”表示(相当于 A 换向阀复位至右位),气缸退回。

根据题意要求,压下 b 、 c ,或压下 b ,或压下 a 、 b 时,气缸均应推出(A_1)。由表1-1可写出有气输出时(即 A_1 时)输入变量和输出函数的逻辑函数式为:

$$\overline{a}bc + \overline{a}b\overline{c} + ab\overline{c} = A_1$$

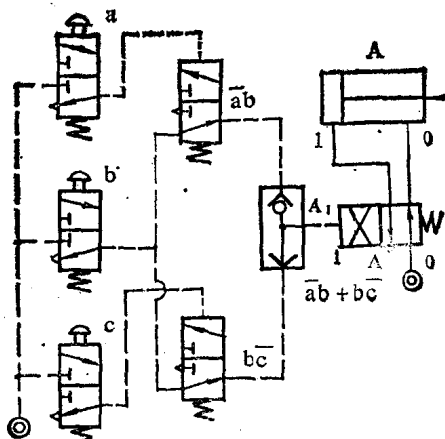


图1-3 气控回路图

根据逻辑代数的基本定律可简化如下:

$$\begin{aligned}\overline{a}bc + \overline{a}b\overline{c} + ab\overline{c} &= \overline{a}bc + \overline{a}b\overline{c} + \overline{a}b\overline{c} + ab\overline{c} \\ &= \overline{a}b(c + \overline{c}) + b\overline{c}(\overline{a} + a) \\ &= \overline{a}b + b\overline{c}\end{aligned}$$

即 $\overline{a}b + b\overline{c} = A_1$

根据简化后的逻辑函数式可作出气控回路图1-3。如果按未简化的逻辑函数式作图, 将会复杂得多。

由此可知, 组合逻辑线路的设计问题可以运用逻辑代数的基本理论来解决。这不仅可以使设计过程科学、严整, 而且还可以使复杂的问题得到既合理又经济的解决方案。

二、行程位置程序(时序)线路设计问题

若某一逻辑线路的输出函数 F 不仅取决于外部输入指令 x_i 的状态, 而且还取决于过去的各输入 $y_m(t)$ 的状态(即由行程发信器反馈到输入端的输入信号), 则这种逻辑线路称为行程位置程序(时序)逻辑线路。其一般表达式为:

$$F = f[x_i, y_m(t)]$$

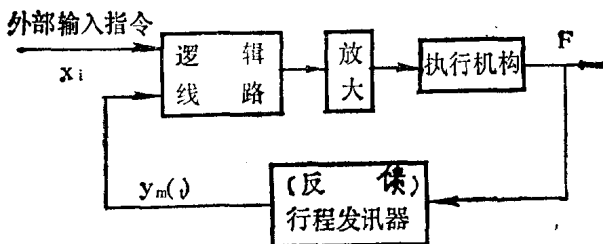


图1-4 行程位置程序控制框图

图1-4所示, 外部输入指令 x_i 主要指启动、停止信号和自动连续多次循环或半自动(指一次循环即停止)循环信号。执行机构主要是指气(液)缸及气(液)马达等。行程发信器是一种行程位置传感器, 其中有机控阀(行程阀), 电控主要是指有触点或无触点

行程开关, 以及其他同等功能的行程发信元件等。逻辑线路的输出经放大和执行机构后输出 F 。 F 一方面用来推动气(液)缸的负载完成往返动作, 同时又将往返动作终点作用的行程发信器的信号经反馈后变为 $y_m(t)$ 送到输入端。因此, 逻辑线路的输出 F 的状态(放大之前后逻辑函数值 F 是一致的)要同时取决于输入信号 x_i 和 $\Sigma y_m(t)$ 的状态。在程序进行中 x_i 可以为0输入。 $\Sigma y_m(t)$ 是过去各行程发信器的状态。发信器既有反馈功能, 还有记忆储存作用, 即某气缸活塞杆压下某行程阀发出 a_i 信号后, 若不解除 a_i , 则 a_i 信号永远记忆储存, 并经反馈输入到逻辑线路中去, 告知 A 缸推出程序 A_i 已经完成, 以便进行下一预定程序。因此, 图1-4是一种包括组合逻辑线路和储存记忆部分并具有反馈性质的控制框图, 与闭环控制系统有相似的特性。

图1-5是一个单气缸行程位置程序控制回路(可简称为行程程控回路)。 m 是按压气阀, 它向逻辑回路发出启、停、一次循环或连续多次循环的输入指令。 A 缸是执行机构, A 换向阀相当于放大器。 A 缸的推出动作(A_1 程序), 和退回动作(A_0 程序)是逻辑回路的输出函数。输出动作除用于完成工作外, 还由 a_1 、 a_0 行程气阀将输出函数反馈到逻辑回路的输入端, 以便决定下一程序的动作(推出或退回)。整个线路连接和必须的元件可称为逻辑回路部分。外

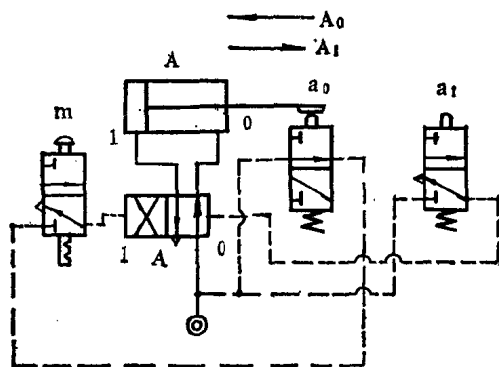


图1-5 单缸行程程控回路

部输入指令 m 和行程发信器反馈的 a_1 、 a_0 信号共同进入逻辑回路的输入端，并决定着下一步输出函数的状态是启动或是停止，是推出或是退回，是一次往复停止还是连续多次往复自动循环等等。自 A 缸退回压下 a_0 阀后，至下一步动作 A 缸未推出之前， a_0 信号永远存在(记忆作用)并反馈到逻辑回路的输入端。而当外部输入指令 m 阀压下时， m 和 a_0 信号就共同决定着下一步输出函数的状态是 A 缸推出(A_1 程序)。因此，图1-5的功能就相似于图1-4框图的功能。

本书在行程程序气动控制回路设计中所用的行程发信器主要是二位三通(少数需要时可用二位四通、二位五通)弹簧复位的机动阀。其他各种型式的脉冲阀、气动复位阀等不属于主要讨论对象。换向阀(或称主控阀)主要采用双气控二位四通(或二位五通)阀以及其他相当功能的双稳记忆元件等。

第二章 气动控制基本线路

气动控制基础线路(或称回路)是气动控制系统的一个重要组成部分。一个完整的气动控制系统,除逻辑控制线路部分应根据要求进行设计外,还应根据需选择一些成熟的、合乎要求的基本回路,才能组成一个完整而又满足工艺要求的控制系统。因此,对于基本线路的认识和了解是必不可少的。

由于应用场合、条件和要求等不同,基本线路也是各不相同的。在讨论逻辑线路设计方法之前,有必要对常用的基本回路作一些扼要的了解。本章仅对常用的气动基本线路作扼要介绍。如需要采用电控气动线路,可以根据原理进行适当的代换。

§2-1 换向回路

一、单作用气缸换向回路

图2-1(a)中,阀右端有气控信号 x 时,活塞杆推出;否则,在弹簧作用下换向阀复位,使活塞杆退回。

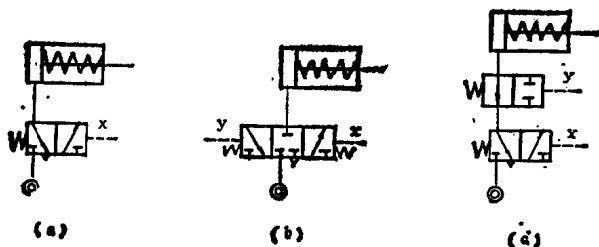


图2-1 单作用气缸换向回路

图2-1(b)中,有 x 信号而无 y 信号时,气缸推出;有 y 信号而无 x 信号时,气缸退回。 x 和 y 信号均无时,滑阀靠对中机构停于中位,故气缸可停于任何中间位置。但因气体的可压缩性和缸中气体有泄漏,故定位精度较低,定位时间不长。不允许 x 、 y 信号同时出现。

图2-1(c)中,有信号 x 而无信号 y 时,气缸推出; x 和 y 均无时,气缸退回。信号 y 可用于控制气缸的停留位置。它和(b)一样;定位精度较低,停位时间较短。

二、双作用气缸换向回路

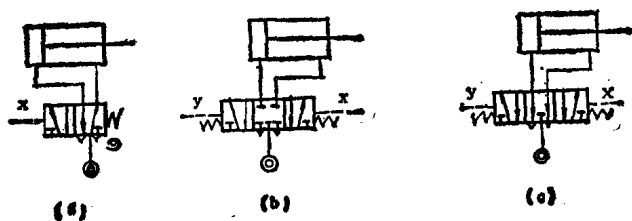


图2-2 双作用气缸换向回路

图2-2(b)中,当信号 x 和 y 均无时,靠气阀对中机构停于中位。气缸活塞杆可以停于任意中间位置,但停位精度仍不高。

图2-2(c)为中位卸压,使活塞杆停止运动。由于运动体的运动惯性,停位时其定位精度亦较差。但停位后,活塞杆移动调整容易。

§2-2 压力控制回路

图2-3(a)和(b)的前半部分为一次压力控制回路,(a)是通过外控式的溢流阀使贮气罐的压力不超过调整值。当罐中压力超过调整值时,溢流阀开启,将气源排至大气,以便保证罐中压力不超过调整值。此法耗气量大。