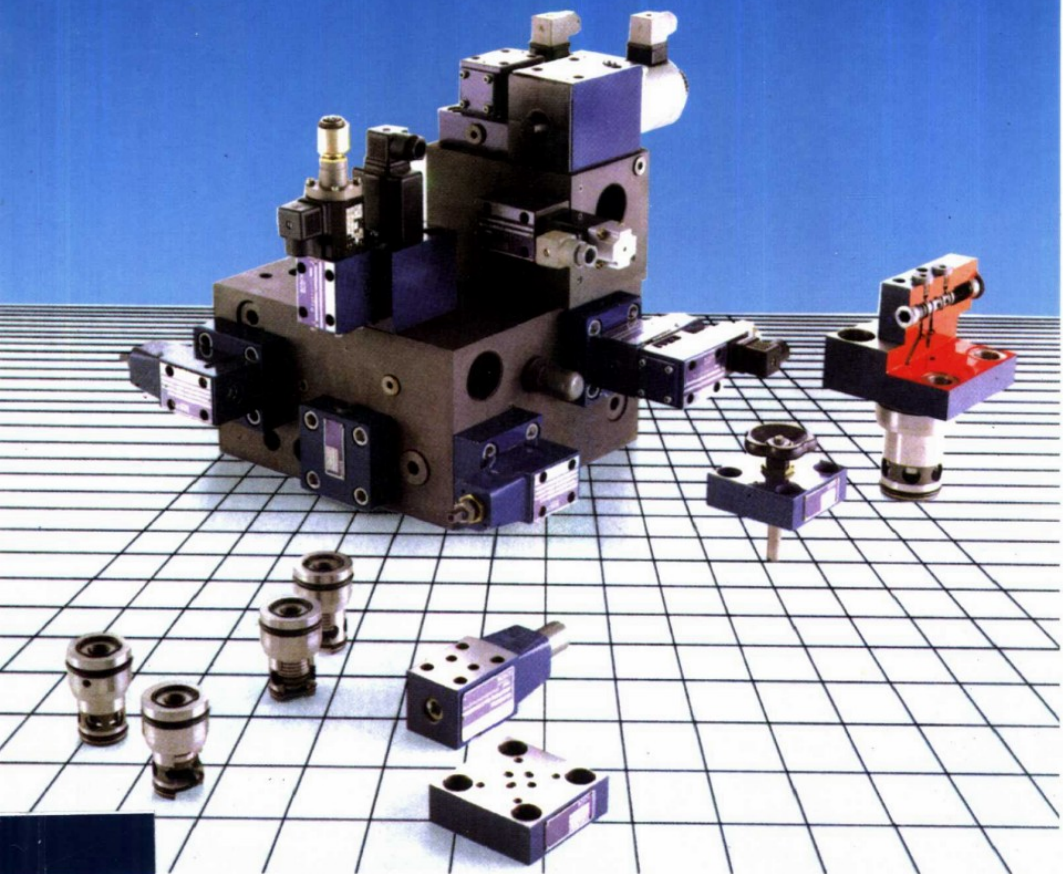


王庆国 苏东海 编著



通插装阀控制技术



机械工业出版社
China Machine Press

中国大学网
PDG

二通插装阀控制技术

王庆国 苏东海 编著



机械工业出版社

本书从二通插装阀控制系统的一般形式入手,由浅入深系统地介绍了二通插装阀的基本结构与工作原理、主阀单元、先导元件与控制盖板。进而按读者所熟悉的一般液压传动书籍的模式,深入地讨论了二通插装阀方向控制组件、压力控制组件、流量控制组件、比例控制组件及二通插装阀的特性分析与计算机仿真;介绍了二通插装阀基本回路,控制系统设计要点及其应用举例。

本书侧重于工程应用,可作为流体传动及控制、机械电子工程、机械设计与自动化等相关专业与学科的教材,也可作为从事机械、液压专业的工程技术人员及相关专业的技术工人自学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

二通插装阀控制技术/王庆国等编著. —北京:机械工业出版社, 2001.4

ISBN 7-111-08689-9

I. 二… II. 王… III. 液压控制阀-基本知识
IV. TH137.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 02123 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:沈红 版式设计:张世琴 责任校对:唐海燕
封面设计:方芬 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·5.75 印张·150 千字

0 001—3 000 册

定价:12.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

二通插装阀及其控制技术是70年代初开始发展起来的一项新技术。由于这种新型的液压控制阀具有一系列独特的优点，如流阻小、通流能力大、密封性好、适于水介质、响应快、抗污染能力强、具有多机能、变型方便、可以高度集成、三化程度高等。因此，这种阀的出现在很大程度上满足了液压技术向高压、大流量、集成化方向发展的要求，得到了世界各国的普遍重视，发展异常迅速。

我国自70年代中期开始研究和开发二通插装阀，现已陆续完成从16~160mm通径整个系列的开发定型工作，产品已批量生产。广泛应用于冶金、锻压、塑机、船舶以及其它工程、矿山等领域，取得了良好的经济和社会效益。但和发达国家相比我们的差距还很大，我们的元件及系统制造的水平较低，对该项技术的推广应用还不够广泛，相当多的专业工程技术人员和现场操作技术工人及大专院校师生对插装阀还不够熟悉。这种现象与我国目前尚缺有关内容的技术书籍不无关系。为此，我们编写了本书，以期有更多的人掌握此项技术，以推动我国液压技术的发展，尽快赶上发达国家。

编写过程中，吴建胜为本书绘制了大量插图，并校阅和修改了大部分插图，在此表示感谢。

作者

目 录

前 言

第 1 章 概述	1
1.1 二通插装阀发展概况	1
1.2 二通插装阀控制系统的一般形式	3
1.3 二通插装阀的基本结构与工作原理	5
第 2 章 二通插装阀组件	20
2.1 方向控制组件	20
2.2 压力控制组件	42
2.3 流量控制组件	49
2.4 复合控制组件	52
第 3 章 二通插装阀的特性分析及其计算机仿真	62
3.1 二通插装阀的特性分析	62
3.2 二通插装阀特性的计算机仿真	76
第 4 章 比例控制组件	81
4.1 比例技术概述	81
4.2 比例压力控制组件	85
4.3 电液比例流量控制阀	89
4.4 电液比例方向控制阀	99
第 5 章 二通插装阀集成系统	103
5.1 二通插装阀液压系统的结构特点	103

5.2 二通插装阀集成块	104
5.3 常用基本回路	109
第 6 章 二通插装阀及其控制系统设计要点	131
6.1 主阀单元的设计	131
6.2 插装阀控制系统设计要点	144
第 7 章 二通插装阀应用举例	148
7.1 二通插装阀的性能特点及其应用指南	148
7.2 二通插装阀应用举例	150
附录 二通插装式液压阀安装连接尺寸	170
参考文献	176

第 1 章 概 述

1.1 二通插装阀发展概况

自 60 年代以来，随着液压技术的飞速发展，液压设备的不断更新，对液压传动系统提出了许多新要求。主要有：提高工作压力、加大流量、缩小体积和减轻重量、提高控制精度、尽量减少管路、提高工作可靠性和延长使用寿命、降低噪声、提高三化程度、降低成本、提高效率和节省能量等。而对液压控制元件的发展趋势大致可以归纳为：高压化、大容量化、小型化、精密化、复合化、通用化、低噪声化和节能化等。在这种形势下，自 30 年代以来一直广泛应用的以滑阀式结构为主的传统液压控制阀，由于受其结构形式所限，在许多方面已不适应液压技术发展的需要。例如滑阀流动阻力大、通流能力小，最大通径 80mm，公称流量也仅 1250L/min，不能满足高速或大型液压设备对流量的要求。因此，当系统需要控制更大流量时，不得不采用两个或多个阀并联使用，或者设计非标准的大通径阀，以解决燃眉之急。这样不仅使设备结构庞大，而且增加了成本，降低了三化程度。同时，滑阀的结构尺寸将随着通径的加大而急骤增加（ $\phi 80\text{mm}$ 通径滑阀的外形尺寸已达 $752\text{mm} \times 366\text{mm} \times 360\text{mm}$ ，重量约 270kg）。阀芯尺寸大、质量大、行程长，所以响应慢、换向时间长；同时因尺寸大，泄漏量大，换向冲击也大。另外，滑阀由于采用间隙密封，其抗污染能力差，容易卡死，换向可靠性差，且不适用于低粘度水基介质。再有，现行传统液压阀多为单机能阀，组成系统非常复杂，大流量系统集成起来就更困难。当通径大于 32mm 时，至今只有法兰连接一种形式，因此，目前采用传统阀可以集成化的系统流量也只限于流量为 200L/min 以

内。由于大流量的管式连接系统存在许多弊病，因此这种系统的集成问题就摆在了人们面前。在这种情况下，国外 70 年代初开始出现了一种新型的液压控制元件——二通插装阀。

插装阀在西欧最初叫做“流体逻辑元件”、“液压逻辑阀”、“座阀式方向阀”，后根据德国制定的标准 DIN24342 统一叫做“二通插装阀”，简称 2-wev (2-wegeeinbauvitie) 阀。英美简称“插装阀”，即 CV (cartridge valves) 阀。我国由于译名与理解的原因，叫法很多，有锥阀、逻辑阀、插入阀等。1981 年由液压气动标准化委员会审定有关标准，为与国际标准接轨，定名为：二通插装阀，简称“插装阀”。

二通插装阀的出现不仅开发了一种新型的控制元件，它的推广应用也使液压技术的发展提高到一个崭新的阶段。由于它具有一系列独特的优点，如结构紧凑、工艺性好、流动阻力小、流通能力大、响应快、抗污染能力强、工作可靠、寿命长、密封性好、适用于水基介质、效率高、具有多种机能、变型方便、可以高度集成、三化程度高等。因此，这种阀的出现在很大程度上满足了液压技术发展的要求，同时得到了世界各国普遍的重视，发展异常迅速。

目前世界上生产这种阀最多的公司有：德国的 Rexroth、美国的 Sperry Vickers 和 Denison 公司。其中，美国的 Denison 和德国的 Rexroth 起步较早，而 Sperry Vickers 虽起步迟了一些，但产品批量几乎和 Rexroth 并驾齐驱，列世界第二位。这是由于插装阀是从座阀式控制阀的基础上发展起来的。这种座阀在国内一般叫“单向阀式”、“二级同心式”，在单向阀及溢流阀中早已采用。而美国的 Denison 和德国的 Rexroth 公司的传统系列压力阀结构就是座阀式，因此它们的插装阀就是由传统的压力阀系列移植过来的。而美国 Sperry Vickers 公司的压力阀系列采用三级同心结构，这种结构不适于插装装，故起步较晚。而 Sperry Vickers 的技术实力强，发展较快，现已超过了 Denison。英国及日本在引进方面也是发展较快的国家。

我国是从70年代中期开始研究和设计开发二通插装阀的。现已陆续完成了从16~160mm 口径整个系列的开发定型工作。产品已由专业液压元件生产厂家批量生产, 供应市场。包括二通插装主阀单元、控制盖板、集成块及成套液压系统。二通插装阀控制技术已日益广泛应用于锻压机械、塑料机械、冶金机械、船舶、铸造机械、矿山以及其它工程领域, 取得了很好的经济技术和社会效益。

1.2 二通插装阀控制系统的一般形式

任何形式的液压系统, 无论是传动系统还是控制系统, 其中控制元件的基本职能都是实行调速、调压及换向。因此系统中就要有实现上述机能的各种控制阀, 对于电液控制系统就会有各种电液伺服阀或各种电液比例阀; 对于传动系统就要有各种压力阀、流量阀、换向阀等。现在以图1-1a所示系统为例, 要完成液压缸的换向动作, 靠图中的三位四通电液换向阀即可实现。如果三位四通电液换向阀的主阀采用普通滑阀结构, 我们可以把它分解为图1-1b的形式。这时可以把三位四通液控滑阀看成是由4个单个的滑阀通过阀杆机械地连接在一起。同时, 利用三位四通电磁先导阀对先导油路中的压力油进行控制, 使液控主滑阀完成液流由 $P \rightarrow A$ 、 $B \rightarrow T$ 或 $P \rightarrow B$ 、 $A \rightarrow T$ 的流动。这时相应的阀口被机械同步地接通或断开。

如果我们采用单个的座阀代替滑阀, 各阀之间用油路相连, 而不是机械地连在一起。通过先导油路的变换独立地控制各阀口的开或关。如用图1-1c中的油路来完成液控四通滑阀的功能, 这样就构成了二通插装阀控制系统。它的原理就是通过控制每个先导油路压力 p_c 的变化来独立地控制每个座阀的开关状态。对于图1-1c, 虚线表示具有一定压力的先导压力油, 当座阀的 C_2 和 C_4 腔与油箱相通时, 座阀2、4开启, 液流自 $P \rightarrow A$ 、 $B \rightarrow T$, 液压缸活塞向右运动。而当 C_1 和 C_3 与油箱相通时, 液流则 $P \rightarrow B$ 、 $A \rightarrow T$ 液压缸反向, 于是完成了液压缸的换向动作。如果对

先导液流的压力 p_c 进行控制，座阀即可实现压力阀控制功能；如果先导压力信号是连续地或按比例调节，座阀就可实现伺服阀或比例阀的控制功能。可见，这种座阀控制起来是相当灵活的。同时，座阀在结构上也克服了传统滑阀工艺性差及径向间隙泄漏的缺点，其密封性好，通流能力强的优点被明显的显露出来，这是插装阀得以迅速发展的根本原因。

关于插装阀油路的组成方式及其原则，将在后面的章节里加以讨论，这里只不过是用一个简单的例子来说明插装阀的一般形式，即座阀加上先导控制油路即可构成插装阀。图 1-1c 就是由 4 个插入元件（或称主阀单元）及先导控制油路 $C_1 \sim C_4$ 构成的一个液控四通换向阀。

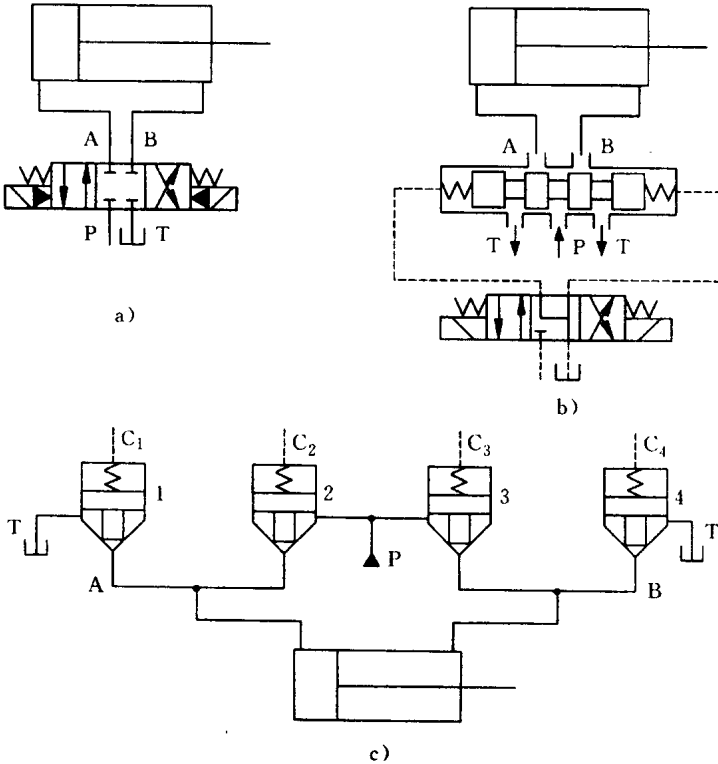


图 1-1

1.3 二通插装阀的基本结构与工作原理

1.3.1 结构原理

一个二通插装阀通常是由插入元件、先导元件、控制盖板和插装块体 4 个部分组成的，如图 1-2 所示。插入元件是二通插装阀的主级或称功率元件，插装在阀体或集成块体中，通过它的开启、关闭动作和开启量大小来控制液流的通断或压力的高低、流量的大小，以实现对液压执行机构的方向、压力和速度的控制。

插入元件的工作状态是通过各种先导元件控制的，所以先导元件是二通插装阀的控制级。先导元件除了以板式连接或叠加式连接安装在控制盖板上以外，还经常以插入式连接方式安装在控制盖板内部，有时也固定在阀体上。

控制盖板不仅起盖住和固定插入元件的作用，还起着连接插入元件与先导元件的桥梁作用，更重要的是它本身还具有各种控制机能，它与先导元件一起共同构成二通插装阀的先导部分，是控制级的重要组成部分。在控制盖板上除了按需要加工有相应的控制流道和安装连接孔口外，内部还经常装有一些先导元件。

插装阀体上加工有插入元件和控制盖板等的安装连接孔口和各种流道。由于二通插装阀主要采用集成式连接方式，一般没有独立的阀体，在一个阀体中往往插装有多个插入元件，所以有时也称之为集成块体。

根据工作要求选择一定形式的插入元件，配上相应的先导元

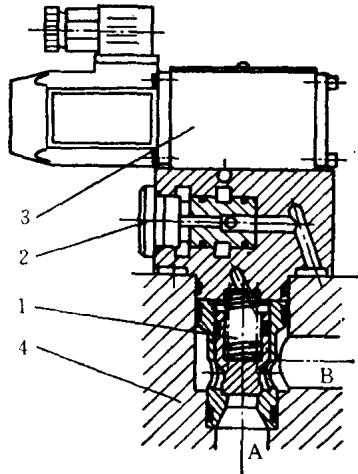


图 1-2 二通插装阀的典型结构

- 1—插入元件 2—控制盖板
3—先导阀 4—插装块体

保证 A 腔与 B 腔间没有泄漏。阀套上的三处密封圈防止了 A、B、C 三腔之间沿阀套外缘的泄漏。

二通插装阀的原理符号还没有标准化，目前各国较通用的画法见图 1-3 右上侧，它形象地表明了插入元件的结构与工作原理。

插入元件的工作状态是由作用在阀芯上的合力的方向和大小所决定的。当不计阀芯重量和摩擦阻力时，阀芯上的力平衡式为：

$$\sum F = p_C A_C - p_A A_A - p_B A_B + F_1 + F_2$$

式中 p_C ——控制腔 C 的压力；
 p_A ——工作腔 A 的压力；
 p_B ——工作腔 B 的压力；
 A_A ——工作腔 A 的作用面积；
 A_B ——工作腔 B 的作用面积；
 A_C ——控制腔 C 的作用面积；

$$A_C = A_A + A_B$$

F_1 ——弹簧力；

F_2 ——稳态液动力，与通过的流量与开口大小有关，在开口较小时才起作用，作用力方向向下。

当合力为正，即 $\sum F > 0$ 时，阀芯关闭；当合力为负，即 $\sum F < 0$ 时，阀芯开启；当合力为零，即 $\sum F = 0$ 时，阀芯停在某一平衡位置上。

在这里，三个腔的压力关系是主要的，在很大程度上它决定了插入元件的工作状态。由于工作腔的压力是由工作负荷等条件决定的，不能任意改变，所以只能通过对控制腔压力的改变来实现对二通插装阀的控制。

在二通插装阀系统中，按照先导油的来源不同，控制腔压力主要有下列 4 种情况，与之对应可以得到插入元件的 4 种不同工作状态，见表 1-1。

表 1-1

控制压力情况	元件工作状态	控制压力情况	元件工作状态
$p_C \geq p_A$	A→B 不通	$p_C = p_B$	A→B 通
$p_C \geq p_B$	B→A 不通	$p_C < p_A$	B→A 不通
$p_C = p_A$	A→B 不通	$p_C < p_A$	A→B 通
$p_C < p_B$	B→A 通	$p_C < p_B$	B→A 通

从表 1-1 可以看出, 控制压力必须始终大于或至少等于 A 腔和 B 腔中任何一个的压力, 才能保证插入元件作为二位二通换向阀使用时可靠地切断油路, 不受系统工作压力变化的影响。在第 2 种和第 3 种情况下, 控制压力只等于 A 腔和 B 腔中某一个的压力时, 则成为一个允许单向流动的单向阀了。

由此可见, 这个插入元件具有二位二通换向阀和单向阀的机能, 可以实现方向控制的功能。在系统中, 如果设定了控制腔的压力, 则当工作腔压力超过一定值后阀便会开启, 即实现了压力控制的功能。如果在控制腔采取相应的行程调节措施来限制阀芯的开启高度, 亦即开口大小, 即可作为一个节流元件实现流量控制的功能。所以, 这个简单的元件包含了方向、压力、流量的复合控制机能, 这就是二通插装阀的多机能特点。

阀芯启闭过程的速度和时间是由阀芯上作用力合力的大小来决定的, 合力越大, 启闭时间越短, 反之则长。可见, 起主要作用的仍是三个腔的压力关系, 当上下压力相差较大时, 启闭时间就短, 当上下压力基本平衡, 主要靠弹簧力进行关闭时, 关闭时间就较长。液动力一般仅在开启高度很小时起加速关闭的作用。

在这基本结构形式的基础上, 根据不同的使用条件, 插入元件在结构形式和结构参数还可作许多相应的变化, 例如在结构上有滑阀形式的, 常开式的, 阀芯上带节流塞的, 阀芯上装有阻尼塞的, 阀套与阀芯滑动配合面上带密封圈的等。在结构参数上可

具有不同的面积比—— $\frac{A_A}{A_C}$, 不同的开启压力, 不同的锥角等。

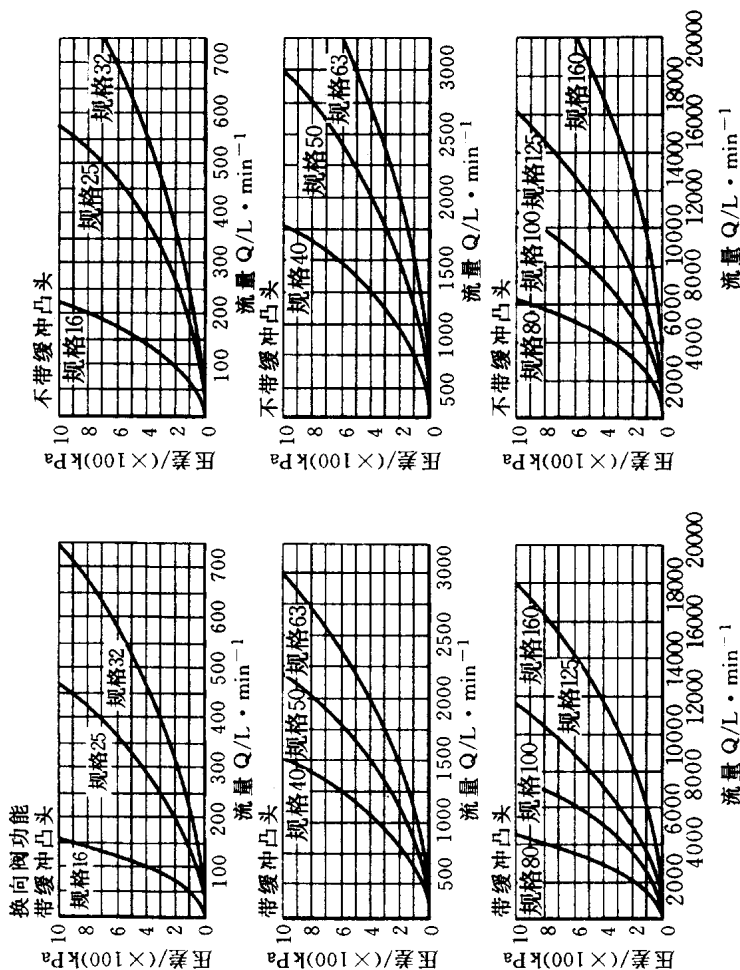


图 1-4 典型的流量-压差曲线