

液压阀使用与维修

吴博 主编

手册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

液压阀使用与维修手册

主 编 吴 博
副主编 王志伟 毕凤阳
参 编 王晓晶 岳永恒



机械工业出版社

本书面向工程实际应用,对流量控制阀、方向控制阀、压力控制阀、插装阀、叠加阀、电液比例阀、电液伺服阀、电液数字控制阀的分类、组成、工作原理、典型结构、工作性能参数、安装选用和维护、典型故障分析与排除、规格型号和技术参数、典型故障回路故障分析与排除等进行了全面系统的介绍。

本书可供工程技术人员在液压阀设计与制造、采购、现场使用与维护、故障分析与排除时参阅使用,也可作为工科院校液压传动教学时的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

液压阀使用与维修手册/吴博主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 12
ISBN 978-7-111-48573-5

I. ①液… II. ①吴… III. ①液压控制阀-使用方法-手册②液压控制阀-维修-手册 IV. ①TH137. 52-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第266365号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅 雷云辉 版式设计:霍永明
责任校对:陈延翔 封面设计:陈沛 责任印制:刘岚
北京富生印刷厂印刷

2015年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·33.25印张·738千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-48573-5

定价:98.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

液压技术是现代机械和现代传动中一项重要的基础技术，其应用遍布国民经济的多个领域。液压控制阀是液压设备或液压装置中必不可少的一种重要控制元件，其正确的选型、使用和维护对提高液压设备的工作性能、可靠性和经济性具有重要的实际应用价值。

本书共分9章，遵循理论研究与实际工程应用相结合的原则，系统介绍了流量控制阀、方向控制阀、压力控制阀、插装阀、叠加阀、电液比例阀、电液伺服阀和电液数字阀的分类、组成、工作原理、典型结构、工作性能参数、安装使用和维护、典型应用回路、典型故障的分析和排除方法、规格型号和技术参数、典型故障回路的故障分析与排除方法等，突出实用性，注重工程实际应用，侧重于对工程技术人员在液压阀的选用、维护、故障分析与排除等方面的培养。

本书由哈尔滨理工大学机械动力工程学院吴博担任主编，哈尔滨理工大学机械动力工程学院王志伟、黑龙江工程学院毕凤阳担任副主编，参加编写的有哈尔滨理工大学机械动力工程学院王晓晶和东北林业大学交通学院岳永恒。其中，第3章和第6章由吴博编写，第4章和第7章由王志伟编写，第2章和第5章由毕凤阳编写，第1章和第9章由王晓晶编写，第8章由岳永恒编写。全书由吴博统稿完成。

本书在编写过程中参阅了大量相关文献和资料，在此向所有相关作者和编者表示衷心的感谢。同时，还要感谢参与本书文献资料搜集、整理和文稿录入的王渤鑫、冯艳婷、刘世海、包立东、于洪涛等研究生，谢谢他们对本书的帮助和支持。

本书虽经多次审核和校对，但因编者水平所限，书中难免有不妥之处，敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 液压阀概述	1
1.1 液压阀的分类	1
1.2 液压阀的基本性能要求	2
1.3 液压阀的性能参数	2
1.4 液压阀的选用原则	2
1.5 液压阀对工作介质的要求	3
1.6 液压阀的经济性	3
第 2 章 流量控制阀	4
2.1 节流阀	4
2.1.1 节流阀的典型结构及工作原理	4
2.1.2 节流阀的流量特性	6
2.1.3 节流阀的性能要求	8
2.1.4 节流阀的典型应用回路	8
2.1.5 节流阀故障分析与排除	10
2.1.6 节流阀液压回路故障分析与排除	11
2.1.7 节流阀常用产品	13
2.2 调速阀	18
2.2.1 调速阀工作原理	18
2.2.2 调速阀的性能	21
2.2.3 调速阀的典型应用回路	22
2.2.4 调速阀故障分析与排除	24
2.2.5 调速阀液压回路故障分析与排除	25
2.2.6 调速阀常用产品	27
2.3 溢流节流阀	34
2.3.1 溢流节流阀的工作原理	34
2.3.2 溢流节流阀的主要性能	34
2.3.3 溢流节流阀的典型应用回路	35
2.3.4 溢流节流阀液压回路故障分析与排除	35
2.3.5 溢流节流阀常用产品	36
2.4 其他流量阀	37
2.4.1 单路稳流阀	37
2.4.2 分流集流阀	38
2.5 流量阀的选用	46

2.5.1 流量阀的选用原则	46
2.5.2 流量阀选用注意事项	47
第3章 方向控制阀	49
3.1 单向阀	49
3.1.1 单向阀的工作原理和典型结构	49
3.1.2 单向阀的主要性能	50
3.1.3 单向阀的应用	51
3.1.4 单向阀的选用	51
3.1.5 单向阀典型应用回路	51
3.1.6 单向阀故障分析及排除	52
3.1.7 单向阀的维修	53
3.1.8 单向阀典型产品	54
3.2 液控单向阀	60
3.2.1 液控单向阀的工作原理和典型结构	61
3.2.2 液控单向阀的主要性能	64
3.2.3 液控单向阀的选用	65
3.2.4 液控单向阀典型应用回路	65
3.2.5 液控单向阀故障分析与排除	66
3.2.6 液控单向阀液压回路故障分析与排除	67
3.2.7 液控单向阀常用产品	69
3.3 换向阀	73
3.3.1 滑阀式换向阀	74
3.3.2 电磁换向阀	77
3.3.3 手动换向阀	106
3.3.4 机动换向阀	114
3.3.5 液动换向阀	118
3.3.6 电液换向阀	123
3.4 压力表开关	133
3.4.1 作用和分类	133
3.4.2 典型结构及工作原理	134
3.4.3 压力表开关的主要性能	135
3.4.4 压力表开关的使用	136
3.4.5 压力表开关典型应用回路	136
3.4.6 压力表开关故障分析与排除	137
3.4.7 压力表开关液压回路故障分析与排除	138
3.4.8 压力表开关常用产品	138
第4章 压力控制阀	140
4.1 溢流阀	140
4.1.1 溢流阀的工作原理和典型结构	140

4.1.2	溢流阀的工作特性	150
4.1.3	溢流阀的性能要求	152
4.1.4	溢流阀主要应用场合	152
4.1.5	溢流阀的选用	153
4.1.6	溢流阀的安装及使用	154
4.1.7	溢流阀典型应用回路	154
4.1.8	溢流阀故障分析与排除	156
4.1.9	溢流阀液压回路故障分析与排除	160
4.1.10	溢流阀主要零件的维修	168
4.1.11	溢流阀常用产品	170
4.2	减压阀	193
4.2.1	减压阀的分类	193
4.2.2	减压阀的工作原理	194
4.2.3	减压阀的典型结构	196
4.2.4	减压阀的性能	198
4.2.5	减压阀的选用	200
4.2.6	减压阀的使用	200
4.2.7	减压阀典型应用回路	201
4.2.8	减压阀故障分析与排除	202
4.2.9	减压阀液压回路故障分析与排除	203
4.2.10	减压阀常用产品	206
4.3	顺序阀	214
4.3.1	顺序阀的分类	214
4.3.2	顺序阀的工作原理	214
4.3.3	顺序阀的典型结构	216
4.3.4	顺序阀的主要性能	219
4.3.5	顺序阀的主要性能要求	220
4.3.6	顺序阀的选用	220
4.3.7	顺序阀典型应用回路	221
4.3.8	顺序阀故障分析与排除	222
4.3.9	顺序阀液压回路故障分析与排除	223
4.3.10	顺序阀常用产品	228
4.4	压力继电器	236
4.4.1	压力继电器的典型结构及工作原理	236
4.4.2	压力继电器的性能	238
4.4.3	压力继电器的作用	239
4.4.4	压力继电器的使用	239
4.4.5	压力继电器典型应用回路	239
4.4.6	压力继电器故障分析与排除	241

4.4.7 压力继电器液压回路故障实例分析	242
4.4.8 压力继电器的维修	244
4.4.9 压力继电器常用产品	244
第5章 插装阀	254
5.1 插装阀的分类	254
5.2 插装阀的特点	254
5.3 盖板式插装阀	255
5.3.1 二通盖板式插装阀主要组件	255
5.3.2 方向控制插装阀	263
5.3.3 流量控制插装阀	269
5.3.4 压力控制插装阀	270
5.3.5 插装阀的主要性能	281
5.4 螺纹式插装阀	286
5.4.1 方向控制螺纹式插装阀	287
5.4.2 压力控制螺纹式插装阀	291
5.4.3 流量控制螺纹式插装阀	293
5.5 插装阀的选用	297
5.6 插装阀常见故障分析与排除	298
5.7 插装阀液压回路常见故障分析和排除	300
5.8 插装阀典型产品	308
5.8.1 K系列插装阀	308
5.8.2 L系列插装阀	311
5.8.3 TJ系列插装阀	322
5.8.4 Z系列插装阀	326
5.8.5 威格士V系列螺纹式插装阀	331
5.8.6 F系列螺纹式插装阀	339
第6章 叠加阀	345
6.1 分类和特点	345
6.2 主要性能	346
6.3 典型结构及工作原理	346
6.3.1 单功能叠加阀	346
6.3.2 复合功能叠加阀	350
6.3.3 叠加阀附件	353
6.3.4 叠加阀选用	353
6.4 叠加阀液压回路故障分析与排除	355
6.5 叠加阀典型产品	358
6.5.1 力士乐系列叠加阀	358
6.5.2 油研系列叠加阀	367
6.5.3 威格士系列叠加阀	373

6.5.4	北部精机系列叠加阀	379
6.5.5	大连组合机床研究所系列叠加阀	383
6.5.6	大连组合机床研究所系列多机能叠加阀	389
第7章	电液比例阀	392
7.1	电液比例阀分类	392
7.2	电液比例阀的特性	393
7.2.1	静态特性	394
7.2.2	动态特性	395
7.3	电液比例阀选用	395
7.4	电液比例阀比例电磁铁故障分析与排除	396
7.5	电液比例压力阀	397
7.5.1	电液比例溢流阀	397
7.5.2	电液比例减压阀	399
7.5.3	电液比例顺序阀	400
7.5.4	电液比例压力阀典型应用回路	401
7.5.5	电液比例压力阀故障分析与排除	402
7.5.6	电液比例压力阀常用产品	403
7.6	电液比例流量阀	416
7.6.1	电液比例节流阀	416
7.6.2	电液比例调速阀	418
7.6.3	电液比例流量阀典型应用回路	420
7.6.4	电液比例流量阀故障分析与排除	421
7.6.5	电液比例流量阀常用产品	421
7.7	电液比例方向阀	430
7.7.1	电液比例方向节流阀	431
7.7.2	电液比例方向流量阀(调速阀)	433
7.7.3	电液比例方向阀典型应用回路	434
7.7.4	电液比例方向阀故障分析与排除	434
7.7.5	电液比例方向阀常用产品	434
7.8	电液比例复合阀	444
7.8.1	电液比例复合阀工作原理	444
7.8.2	电液比例复合阀常用产品	446
第8章	电液伺服阀	448
8.1	电液伺服阀的组成	448
8.2	电液伺服阀的作用和分类	448
8.3	电液伺服阀的特点	449
8.4	工作原理与典型结构	449
8.4.1	先导级阀的结构和特点	449
8.4.2	单级电液伺服阀的工作原理和典型结构	451

8.4.3 两级电液伺服阀的工作原理和典型结构	452
8.4.4 三级电液流量伺服阀的工作原理和典型结构	464
8.5 电液伺服阀的主要技术性能	465
8.5.1 静态特性	465
8.5.2 动态特性	471
8.6 电液伺服阀的选用	473
8.6.1 电液伺服阀类型	473
8.6.2 静态指标	473
8.6.3 动态指标	474
8.7 电液伺服阀的使用和维护	475
8.8 电液伺服阀典型应用回路	475
8.8.1 电液伺服阀位置控制回路	475
8.8.2 电液伺服阀速度控制回路	476
8.8.3 电液伺服阀的力和压力控制回路	478
8.8.4 电液伺服阀的液压缸同步控制回路	478
8.9 电液伺服阀典型故障分析与排除	480
8.10 电液伺服阀主要产品	485
8.10.1 国内电液伺服阀主要产品	485
8.10.2 国外电液伺服阀主要产品	492
第9章 电液数字控制阀	502
9.1 特点及分类	502
9.2 控制方式	502
9.2.1 增量式电液数字阀控制方式	502
9.2.2 脉宽调制式高速开关电液数字阀控制方式	503
9.3 工作原理	504
9.3.1 增量式电液数字阀	504
9.3.2 脉宽调制式高速开关电液数字阀	507
9.4 电液数字阀的主要性能	511
9.4.1 电液数字阀的静态特性	511
9.4.2 电液数字阀的动态特性	512
9.5 电液数字阀典型应用回路	513
9.6 电液数字阀典型故障分析与排除	514
9.7 电液数字阀典型产品	515
参考文献	519

第 1 章 液压阀概述

液压阀是液压系统的重要组成元件，通过控制阀口开口的大小或阀口的通断，可以实现液压系统中油液的流动方向、压力和流量等参数的控制和调节，从而满足工作机性能的要求。

1.1 液压阀的分类

1. 按用途分

(1) 方向控制阀 用来控制液压系统中油液的流动方向，以实现执行机构运动方向的变换，如单向阀、换向阀等。

(2) 压力控制阀 用来控制液压系统中油液的压力，以满足执行机构对力的要求，如溢流阀、减压阀、顺序阀等。

(3) 流量控制阀 用来控制液压系统中油液的流量，以实现执行机构运动速度的调节，如节流阀、调速阀等。

在实际使用中，几种用途不同的阀往往根据实际需要做成一体，形成一种体积小、用途广、效率高的复合阀，如单向节流阀、单向顺序阀等。

2. 按控制方式分

(1) 开关控制或定值控制阀 利用手动、机动、电磁、液控、气控等方式来定值控制油液的流动方向、压力和流量，一般普通控制阀都用这种控制方式。

(2) 比例控制阀 利用输入的比例电信号来控制流体的通路，使其能按比例控制系统中流体的方向、压力及流量等参数，多用于开环控制系统中。

(3) 伺服控制阀 将微小的输入信号转换成大功率的输出，连续按比例地控制液压系统中的参数，多用于高精度、快速响应的闭环控制系统。

(4) 电液数字控制阀 利用数字信息直接控制阀的各种参数。

3. 按连接方式分

(1) 管式连接（螺纹连接）阀 阀口带有管螺纹，可直接与管道及其他元件相连接。

(2) 板式连接阀 所有阀的接口均布置在同一安装面上，利用安装板与管路及其他元件相连，这种安装方式比较美观、清晰。

(3) 法兰连接阀 阀的连接处带有法兰，常用于大流量液压系统中。

(4) 集成阀块 将几个阀固定于一个集成块侧面，通过集成块内部的通道孔实现油路的连接，特点是控制集中，结构紧凑。

(5) 叠加阀 将阀做成标准型，上下叠加而形成回路。

(6) 插装阀 没有单独的阀体，通过插装块内通道把各插装阀连通成回路。插装

块起到阀体和管路的作用。

1.2 液压阀的基本性能要求

- 1) 动作灵敏、可靠,工作时冲击、振动小,使用寿命长。
- 2) 油液流经阀时压力损失小,密封性好,内泄小,无外泄。
- 3) 结构简单紧凑,安装、维护、调整方便,通用性能好。

1.3 液压阀的性能参数

液压阀的工作能力由阀的性能参数决定,液压阀的基本参数与液压元件的种类有关,不同的液压元件具有不同的性能参数,其共性的参数与压力和流量相关。

1. 公称压力

液压阀的公称压力指液压阀在额定工作状态下的名义压力,是标志液压阀承载能力大小的参数。液压阀公称压力的单位为 MPa。液压阀的公称压力要大于液压系统最高工作压力。

2. 公称流量和公称通径

流量是标志液压阀通流性能的参数,与流量有关的参数主要有公称流量和公称通径,流量阀还有最小稳定流量。

(1) 液压阀的公称流量 国产中低压液压阀($\leq 6.3\text{MPa}$)常用公称流量来表示元件的通流能力。公称流量是指液压阀在额定工作状态下通过的名义流量,单位为 L/min。公称流量对于液压阀无实际使用意义,仅供选购产品时,作为与动力元件配套的参考。液压元件厂商会在样本上给出液压阀在各种流量值时的特性曲线,此曲线对于元件的选择、了解元件在各种工作参数下的工作状态具有更直接的实用价值。

(2) 液压阀的公称通径 液压阀的公称通径是表征阀规格大小的性能参数,常用于中高压阀。阀的通径一旦确定之后,所配套的管道规格也就选定了。液压阀通径仅表示该阀的通流能力和所配管道的尺寸规格,并不表示该阀实际的进出口尺寸。

1.4 液压阀的选用原则

在液压系统中,液压阀用于控制和调节油液的压力、流量和方向,其选型的正确与否直接关系整个液压系统的性能,其选用原则为:

- 1) 根据液压阀的应用场合及性能要求,合理选择液压阀中位机能的类型和型号。
- 2) 所选液压阀要能与液压系统动力元件等配套。
- 3) 优先选用已有标准系列的产品,尽量避免自行设计。
- 4) 液压阀的工作压力要低于其额定压力,通过液压阀的实际流量要小于其额定流量。

- 5) 对于电气控制液压元件,要注意其额定电压和交直流的匹配关系。
- 6) 选用液压阀时,要综合考虑液压阀的连接方式、操纵方式、经济性和可靠性等因素。

1.5 液压阀对工作介质的要求

液压阀对工作介质的要求,与液压系统对工作介质的要求基本相同。液压油既是传递能量的介质,又能作为润滑剂润滑运动零件的工作表面,因此油液的性能直接影响液压阀的性能,如液压阀的工作可靠性、灵敏性、工况稳定性、零件寿命等。不同的液压阀、不同的使用情况对液压油的要求有很大的不同,为了更好地传递动力和运动,液压阀使用的液压油应具备如下性能:

- 1) 合适的黏度,较好的黏温特性(在工作温度范围内,黏度随温度的变化越小越好)。
- 2) 具有良好的润滑性能,在规定的范围内有足够的油膜强度,以免产生干摩擦。
- 3) 成分纯净,杂质少,抗泡沫性好,油液中如含有机机械杂质,容易堵塞油路,如含有易挥发性物质,则会使油液中产生气泡,影响运动平稳性。
- 4) 流动点和凝固点低,闪点和燃点高。当用于高温场合时,为了防火安全,要求闪点高;在温度低的环境下工作时,要求凝点低。一般液压系统中所用的液压油的闪点约为 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$,凝点约为 $-15\sim -10^{\circ}\text{C}$ 。
- 5) 具有良好的热稳定性、水解稳定性、氧化稳定性、剪切稳定性和相容性。
- 6) 具有良好的抗乳化性、防锈性,抗腐蚀性,以免侵蚀机件和密封元件。
- 7) 体积膨胀系数低,比热容和传热系数高。
- 8) 具有良好的安全性,对人体无害,成本低。

1.6 液压阀的经济性

合理选择液压阀对于简化油路结构,降低液压系统乃至主机尺寸、重量和造价,提高性价比非常重要。在设计液压系统原理图时,要在满足主机控制功能前提下,去掉可有可无的液压阀,同时尽可能选用造价和成本较低的液压阀。例如,对于速度稳定性要求不高的系统,可用节流阀而不采用调速阀;对于快进、慢进、快退液压系统,可采用单向行程组合流量阀,而不采用三个独立的单向阀、行程阀和流量阀。

第2章 流量控制阀

流量控制阀是通过改变阀口过流面积来调节通过阀口的流量，从而控制执行元件运动速度的控制阀。流量控制阀主要有节流阀、调速阀和同步阀等。流量控制阀的分类及特点见表2-1。

表 2-1 流量控制阀的分类及特点

分类		特点		其他名称
节流阀	节流阀	可对双向液流进行节流		未加压力补偿,通过节流阀的流量受阀口前、后压差干扰,即抗负载干扰能力差(或称负载刚度小)
	行程控制型节流阀	以机械或液控行程形式来调节节流阀芯的开度		
	单向节流阀	正向通流为节流阀,反向通流为单向阀		
调速阀	调速阀	有两个外接油口	只能正向通流	具有压力补偿功能,通过调速阀的流量基本不受阀口前、后压差干扰,即负载刚度大
	单向调速阀		正向通流为调速阀,反向通流为单向阀	
	溢流节流阀	有三个外接油口		
单路稳流阀	单路稳流阀	将定量泵的出口油流分成两路(或多路),并使其中一路的输出流量保持恒定		
分流集流阀	分流阀	只能正向通流(分流) 能将一路油液按一定比例分成两路(或多路),向两路(或多路)负载供油		只能控制流量的分配,不能控制流量的大小
	单向分流阀	正向通流为分流阀,反向通流为单向阀		
	集流阀	只能正向通流(集流),能按一定比例同时接收两路(或多路)负载回油并集成一路		
	单向集流阀	正向通流为集流阀,反向通流为单向阀		
	分流集流阀	一个方向通流为分流阀,另一方向通流为集流阀		
限速切断阀	限速切断阀	当反向流量超过该阀的调定流量时,阀口自动快速关闭,切断油路,保护系统负载		

2.1 节流阀

2.1.1 节流阀的典型结构及工作原理

1. 普通节流阀

图2-1所示为普通节流阀,它的节流油口为轴向三角槽式。压力油从进油口 P_1 流入,经阀芯左端的轴向三角槽后由出口油口 P_2 流出。阀芯1在弹簧力的作用下始终紧贴推杆2的端部,旋转手轮3,可使推杆沿轴向移动,改变节流口的通流截面积,从而

调节通过阀的流量。

2. 单向节流阀

在液压系统中，如果要求单方向控制油液流量，一般采用单向节流阀。图 2-2 所示为单向节流阀。该阀在正向通油时，油液从 P_1 口进入，从 P_2 口输出，其工作原理与普通节流阀相同。但油液反向流动，即从 P_2 口进入时，油液压力推动阀芯压缩弹簧将阀口打开，起单向阀作用，从而实现单方向控制油液的目的。

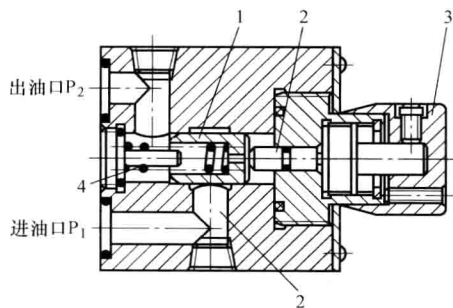


图 2-1 普通节流阀

1—阀芯 2—推杆 3—手轮 4—弹簧

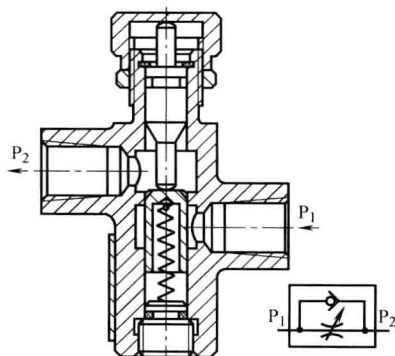


图 2-2 单向节流阀

3. 行程节流阀

行程节流阀又称减速阀，依靠行程挡块或凸轮等机械运动部件推动阀芯，改变节流口通流面积，从而控制通过阀的流量。图 2-3 所示为行程节流阀的结构，行程挡块通过滚轮 1 推动阀芯 4 进行上下运动。在行程挡块未接触滚轮时，节流口开度最大，为常开式，从进油口 P_1 进入的压力油经节流口后由出油口 P_2 流出，阀的通过流量最大。在行程挡块接触滚轮后，节流口开度随阀芯逐渐下移而逐渐减小，阀通过流量逐渐减少。当带动挡块的执行元件到达行程终点时，挡块使阀的节流口趋于关闭，通过阀的流量趋于零，执行元件逐渐停止运动。泄漏到弹簧腔的油液从泄油口 L 流回油箱。通过改变行程挡块的结构形状，可使行程节流阀获得不同流量

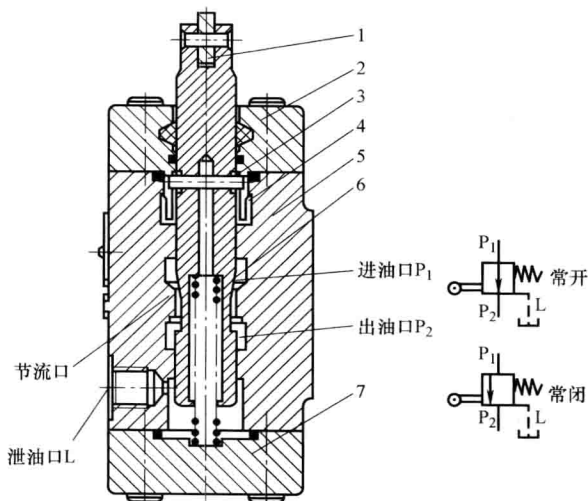


图 2-3 行程节流阀

1—滚轮 2—端盖 3—定位销 4—阀芯
5—阀体 6—弹簧 7—端盖

的变化规律，以满足执行元件对不同运动速度的要求。阀芯结构也可做成节流口开度从零逐渐开大的常闭形式，可使通过阀的流量从小到大变化。

4. 单向行程节流阀

图 2-4 所示为单向行程节流阀结构，单向行程节流阀由行程节流阀与单向阀组合而成。当压力油从进油口 P_1 流向出油口 P_2 时，阀起行程节流阀的作用。当压力油从出油口 P_2 到进油口 P_1 反向流动时，阀起单向阀的作用。

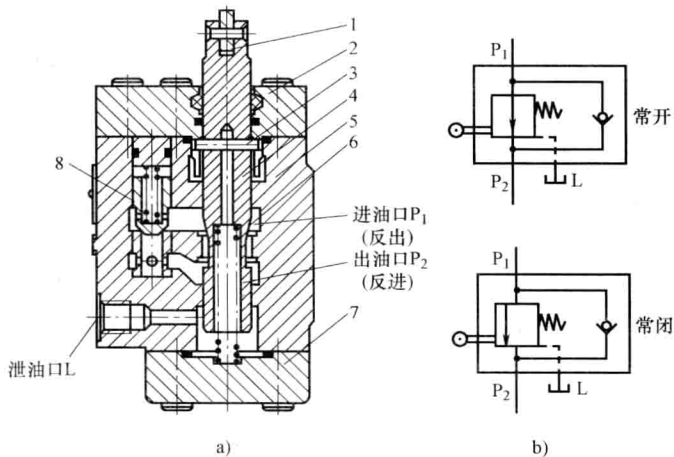


图 2-4 单向行程节流阀

a) 结构图 b) 图形符号

1—滚轮 2—端盖 3—定位销 4—阀芯 5—阀体 6—弹簧 7—端盖 8—单向阀芯

2.1.2 节流阀的流量特性

1. 节流口的形式

节流阀的节流口形式如图 2-5 所示。

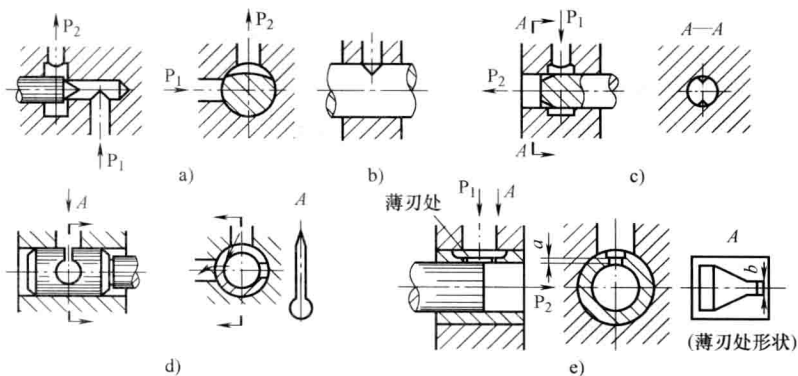


图 2-5 节流阀的节流口形式

a) 针阀式 b) 偏心式 c) 三角槽式 d) 周向缝隙式 e) 轴向缝隙式

(1) 针阀式 针阀作轴向移动, 调节环形通道的大小以调节流量。

(2) 偏心式 在阀芯上开一个偏心槽, 转动阀芯即可改变阀开口大小。

(3) 三角槽式 在阀芯上开一个或两个轴向的三角槽, 阀芯轴向移动即可改变阀开口大小。

(4) 周向缝隙式 阀芯沿圆周上开有狭缝与内孔相通, 转动阀芯可改变缝隙大小, 从而改变阀口大小。

(5) 轴向缝隙式 在套筒上开有轴向狭缝, 阀芯轴向移动, 可改变缝隙大小, 从而调节通过阀的流量大小。

2. 流量-压差特性 (一般称负载流量特性)

节流阀输出流量的平稳性与节流口的结构形式有关。节流口除轴向三角槽式外, 还有偏心式、针阀式、周向缝隙式、轴向缝隙式等。

一般节流口介于薄壁小孔与细长孔之间, 因此可用下面流量计算公式来计算:

$$q = KA(\Delta p)^m \quad (2-1)$$

式中 K ——流量系数 (由节流口形状及油液性质决定);

A ——节流口的开口面积;

m ——节流指数 (一般在 0.5 ~ 1 之间, 对薄壁小孔, $m = 0.5$; 细长孔, $m = 1$)。

节流阀流量 q 随其压差 Δp 的变化关系如图 2-6 中曲线 1 所示。由于液压缸的负载常发生变化, 节流阀前后的压差 Δp 为变值, 因而在阀开口面积 A_T 一定时, 通过阀口的流量 q 是变化的, 执行元件的运动速度也就不稳定。

3. 影响流量稳定的因素

液压系统在工作时, 希望节流口大小调节好之后, 流量 q 稳定不变, 但这在实际中是很难达到的。液压系统在工作时, 影响流量稳定的主要因素有:

(1) 节流阀前后的压差 Δp 从节流口流量公式来看, 流经节流阀的流量与其前后的压差成正比, 并且与节流指数 m 有关, 节流指数越大, 影响就越大。可见, 薄壁小孔 ($m = 0.5$) 比细长孔 ($m = 1$) 要好。

(2) 油温 油温的变化会引起黏度的变化, 从而对流量产生影响。温度变化对于细长孔流量影响较大, 但对于薄壁小孔, 与油液流动时的雷诺数有关。当雷诺数大于临界雷诺数时, 温度对流量几乎没有影响; 而当压差较小、开口面积较小时, 流量与雷诺数有关, 温度会对流量产生影响。

(3) 节流口的堵塞 当节流口面积较小时, 节流口的流量会出现周期性脉动, 甚至造成断流, 这种现象称为节流口的堵塞。产生这种现象的主要原因: 一方面, 工作时的 高温、高压使油氧化, 生成胶质沉淀物、氧化物等; 另一方面, 存在部分没过滤掉的机械杂质。这些物质在节流口附近形成附着层, 随着附着物的逐渐增加, 当达到一定厚度时, 造成节流口堵塞, 形成周期性的脉动。

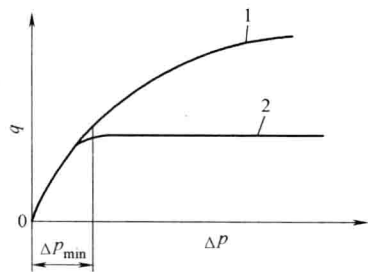


图 2-6 节流阀和调速阀的特性曲线