

张利平 编著

液压阀

原理、使用与维护

YEYAFU
YUANLI SHIYONG YU WEIHU

第三版



化学工业出版社

张利平 编著

液压阀 原理、使用与维护



化学工业出版社

· 北京 ·

第三版在保持第二版原有结构和风格的基础上,更新和改写了部分内容、应用实例、国内外产品及标准资料,以求全面反映液压阀的最新发展和应用成果。本书更具系统性、先进性、全面性和实用性,更加有助于解决液压阀的各类实际问题。

本书第1篇概要论述了液压阀基础知识、共性问题、主流产品及选型要点等,第2篇和第3篇分别介绍了普通液压阀(方向阀、压力阀和流量阀)和特殊液压阀(多路阀、叠加阀、插装阀、电液伺服阀、电液比例阀、电液数字阀、微型液压阀与水压控制阀)的功用类型、特点、工作原理、典型结构、技术性能、使用维护要点、故障诊断排除方法、典型产品等内容,第4篇介绍了液压阀组集成方法和液压阀常用标准资料。

本书可供各行业液压技术的设计研究者、加工制造者、安装调试者、现场操作者、使用维护者、故障诊断者、采购供应者及机械设备管理者等相关人员参阅,也可作为液压技术使用维护与故障诊断技术的短期培训、上岗培训教材或参考资料,还可作为高等院校机械、机电、自控类相关专业及方向师生(研究生、本科生及专科生)的教学、科研参考书或实训教材,同时可供液压技术爱好者学习、参阅。

图书在版编目(CIP)数据

液压阀原理、使用与维护/张利平编著. —3版. —北京:化学工业出版社, 2014.7

ISBN 978-7-122-20678-7

I. ①液… II. ①张… III. ①液压控制阀-理论②液压控制阀-使用方法③液压控制阀-维修 IV. ①TH137.52

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第098518号

责任编辑:张兴辉 周国庆

责任校对:徐贞珍

文字编辑:陈

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张29½ 字数926千字 2015年1月北京第3版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:128.00元

版权所有 违者必究

第三版前言

《液压阀原理、使用与维护》2005年5月第一版出版,2009年进行了修订,第二版出版。迄今近10年来,本书多次重印,得到了广大液压技术工作者以及众多液压技术用户的肯定。为了适应液压阀在结构性能、产品类型、应用领域及技术标准诸方面的发展和进步,笔者在总结近几年为相关企业进行电液控制科研项目攻关及解决液压系统设计制造、调试运转及故障诊断难题过程中的经验基础上,利用旅居国外及在国内多个省市区及大中企业讲学之便,搜集了大量实用材料,并认真学习了解相关研究成果、新产品、应用经验及相关标准,对第二版进行了修订。在此次修订中,本书保持了原有结构、风格和篇幅,通过更新内容、应用实例、国内外产品品种系列及标准资料(特别是采用最新版本国标 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图 第1部分:用于常规用途和数据处理的图形符号》给出了所有阀的图形符号并绘制了原有及新增的液压回路及系统原理图),以求反映液压阀的最新发展和应用成果,进一步提升本书的系统性、先进性、全面性和实用性水平,更加有助于解决科研、生产、施工、管理和教学中液压阀的各类实际问题。

本书可供液压技术的设计研究者、加工制造者、安装调试者、现场操作者、使用维护者、故障诊断者、采购供应者及机械设备管理者等相关人员参阅,也可作为液压技术使用维护与故障诊断技术的短期培训、上岗培训教材或参考资料,还可作为高等院校机械、机电、自控类相关专业及方向教师与各层次学生(研究生、本科生及专科生)的教学、科研参考书或实训教材,同时可供液压技术爱好者学习、参阅。

本书由张利平编著。张津、山峻和张秀敏等参与了本书的策划及资料的搜集整理、部分插图的绘制和文稿的录入校对整理工作。编著者的学生向其兴、赵小青、王金业、窦赵明、田贺、岳玉晓、冯德兵等在繁忙的工作或研究生学业中挤出时间,利用 AUTO CAD 精心绘制了书中部分插图,显著缩短了本书的出版周期。牛振英、王慧霄、周湛学、黄涛、史玉芳等参与了本书相关工作。

本书的编写出版工作得到了李世伟,国内外众多液压厂商(公司)与编著者的同事、同行及全国各地学生的大力支持与帮助。他们提供了最新的技术成果、信息、经验以及翔实生动的现场资料。笔者还参阅了国内外同行的相关参考文献,在此一并表示诚挚谢意。对于书中不足之处,欢迎液压界同行专家及广大读者指正。

编著者

目 录

第 1 篇 液压阀概论

第 1 章 液压阀基础知识	1	2.4 液压阀的噪声	19
1.1 液压技术原理与液压系统的组成	1	2.4.1 液压阀噪声及其测量	19
1.2 液压阀的功用及重要性	1	2.4.2 液压阀噪声的诱因及其对策	20
1.3 液压阀的基本结构原理	1	2.5 液压阀的级间耦合	21
1.4 液压阀的分类	1	2.6 液压阀的控制输入装置	21
1.4.1 根据功能及使用要求分类	1	2.6.1 控制输入装置及其功用	21
1.4.2 根据阀芯结构形式分类	2	2.6.2 控制放大器	21
1.4.3 根据操纵方式分类	2	2.6.3 电气-机械转换器	25
1.4.4 根据安装连接方式分类	3	2.7 液压阀制造工艺简介	30
1.5 液压阀的发展	4	2.7.1 液压阀主要构件的材料	30
1.6 液压阀图形符号绘制及应用	5	2.7.2 液压阀主要构件的加工工艺	31
1.6.1 控制机构和常用控制阀图形符号	5	2.7.3 液压阀的装配工艺	34
1.6.2 应用注意事项	8	第 3 章 液压阀产品系列概览及常用液压阀	
1.7 液压阀的基本性能参数	8	选型要点	35
1.7.1 公称压力	8	3.1 液压阀产品系列总览	35
1.7.2 公称流量与公称通径	8	3.2 普通液压阀产品系列概览	35
1.8 液压阀的安装面和插装阀阀孔规格代号	10	3.3 特殊液压阀产品系列概览	38
1.9 对液压阀的基本要求	10	3.3.1 多路阀	38
第 2 章 液压阀中的共性问题	11	3.3.2 叠加阀	42
2.1 液压阀常用阀口的流量压力特性	11	3.3.3 插装阀	43
2.1.1 常用阀口形式及其流量压力特性		3.3.4 电液伺服阀	45
通用公式	11	3.3.5 电液比例阀	45
2.1.2 圆柱滑阀的流量压力特性	11	3.3.6 电液数字阀	46
2.1.3 锥阀的流量压力特性	11	3.3.7 微型液压阀主流产品系列概览	47
2.1.4 节流阻尼孔的流量压力特性	12	3.3.8 水压控制阀主流产品系列概览	47
2.2 液压阀上的作用力	12	3.4 常用液压阀选型要点	47
2.2.1 液压作用力	12	3.4.1 选型的一般原则	47
2.2.2 液动力	12	3.4.2 类型选择	47
2.2.3 液压侧向力与摩擦力	13	3.4.3 公称压力与额定流量的选择	48
2.2.4 弹簧力、重力与惯性力	14	3.4.4 安装连接方式的选择	48
2.2.5 液压阀上的总作用力	15	3.4.5 操纵方式的选择	48
2.3 液压阀的阻力控制原理	15	3.4.6 液压工作介质的选择	49
2.3.1 液阻及其特性	15	3.4.7 经济性及其他因素的选择	50
2.3.2 液桥及其特性	16	3.4.8 方向阀、流量阀与压力阀选型	
2.3.3 动态液压阻尼	18	一览表	50

第 2 篇 普通液压阀

第 4 章 方向控制阀	51	4.2.6 故障诊断	53
4.1 功用及分类	51	4.3 液控单向阀	53
4.2 普通单向阀	51	4.3.1 主要作用	53
4.2.1 主要作用	51	4.3.2 工作原理	53
4.2.2 工作原理	51	4.3.3 典型结构	53
4.2.3 典型结构	51	4.3.4 主要性能	54
4.2.4 主要性能	52	4.3.5 使用要点	55
4.2.5 使用要点	52	4.3.6 故障诊断	56

4.4 充液阀	57	5.2.2 工作原理	120
4.4.1 主要作用	57	5.2.3 典型结构	121
4.4.2 工作原理	57	5.2.4 主要性能	127
4.4.3 典型结构	57	5.2.5 使用要点	129
4.4.4 主要性能	58	5.2.6 故障诊断	132
4.4.5 使用要点	58	5.3 减压阀	132
4.4.6 故障诊断	59	5.3.1 主要作用	132
4.5 滑阀式换向阀	59	5.3.2 工作原理	133
4.5.1 主要作用	59	5.3.3 典型结构	134
4.5.2 工作原理	59	5.3.4 主要性能	136
4.5.3 操纵控制方式及工作位置的判定	60	5.3.5 使用要点	137
4.5.4 换向阀的机能	60	5.3.6 故障诊断	138
4.5.5 典型结构	63	5.4 顺序阀	138
4.5.6 换向阀阀芯的作用力	70	5.4.1 主要作用	138
4.5.7 主要性能	70	5.4.2 工作原理	138
4.5.8 使用要点	72	5.4.3 典型结构	139
4.5.9 故障诊断	75	5.4.4 主要性能	141
4.6 转阀式换向阀	76	5.4.5 使用要点	142
4.6.1 主要作用	76	5.4.6 故障诊断	143
4.6.2 工作原理	76	5.5 溢流阀、减压阀、顺序阀的综合比较	143
4.6.3 典型结构	76	5.6 压力继电器	144
4.6.4 使用要点	76	5.6.1 主要作用	144
4.6.5 主要性能与故障排除	78	5.6.2 典型结构及其工作原理	144
4.7 球阀式换向阀(电磁球阀)	78	5.6.3 主要性能	145
4.7.1 作用、特点与类型	78	5.6.4 使用要点	145
4.7.2 工作原理及典型结构	78	5.6.5 故障诊断	148
4.7.3 使用要点	79	5.7 典型产品	148
4.7.4 其他	80	5.7.1 广研 GE 系列压力阀	148
4.8 截止阀	80	5.7.2 联合设计系列压力阀	150
4.9 压力表开关	81	5.7.3 榆次油研(YUKEN)系列压力阀	152
4.9.1 作用与分类	81	5.7.4 引进威格士(VICKERS)技术系列压力阀	156
4.9.2 典型结构及工作原理	81	5.7.5 引进力士乐(REXROTH)技术系列压力阀	158
4.9.3 主要性能	82	5.7.6 意大利阿托斯(ATOS)系列压力阀	168
4.9.4 使用要点	83	5.7.7 美国派克(PARKER)系列压力阀	168
4.9.5 故障排除	84	5.7.8 北部精机系列压力阀	169
4.10 典型产品	85	第6章 流量控制阀	171
4.10.1 广研 GE 系列中高压方向阀	85	6.1 功用及分类	171
4.10.2 联合设计系列方向阀	88	6.2 节流阀	171
4.10.3 榆次油研(YUKEN)系列方向阀	90	6.2.1 主要作用	171
4.10.4 引进威格士(VICKERS)技术系列方向阀	98	6.2.2 工作原理	171
4.10.5 引进力士乐(REXROTH)技术系列方向阀	104	6.2.3 典型结构	172
4.10.6 意大利阿托斯(ATOS)系列方向阀	115	6.2.4 主要性能	173
4.10.7 美国派克(PARKER)系列方向阀	116	6.2.5 使用要点	175
4.10.8 北部精机系列方向阀	118	6.2.6 故障诊断	176
第5章 压力控制阀	120	6.3 调速阀	176
5.1 功用及分类	120	6.3.1 主要作用	176
5.2 溢流阀	120	6.3.2 工作原理	176
5.2.1 主要作用	120	6.3.3 典型结构	177

6.3.4 主要性能	178	6.5.6 故障诊断	187
6.3.5 使用要点	179	6.6 典型产品	187
6.3.6 故障诊断	180	6.6.1 广研 GE 系列流量阀	187
6.4 溢流节流阀	180	6.6.2 联合设计系列流量阀	188
6.4.1 主要作用	180	6.6.3 榆次油研 (YUKEN) 系列流量阀	188
6.4.2 工作原理	180	6.6.4 引进威格士 (VICKERS) 技术 系列流量阀	194
6.4.3 典型结构	180	6.6.5 引进力士乐 (REXROTH) 技 术系列流量阀	196
6.4.4 主要性能	180	6.6.6 意大利阿托斯 (ATOS) 系列 流量阀	201
6.4.5 使用要点	180	6.6.7 美国派克 (PARKER) 系列 流量阀	201
6.4.6 故障诊断	182	6.6.8 北部精机系列流量阀	202
6.5 分流-集流阀 (同步阀)	182	6.6.9 国产分流集流阀	202
6.5.1 主要作用	182		
6.5.2 工作原理	182		
6.5.3 典型结构	184		
6.5.4 主要性能	185		
6.5.5 使用要点	186		

第3篇 特殊液压阀

第7章 多路阀	204	8.4.1 应用场合	223
7.1 功用及分类	204	8.4.2 注意事项	223
7.2 工作原理与典型结构	204	8.5 故障诊断	224
7.2.1 并联、串联、串并联及复合油路 多路阀	204	8.6 典型产品	224
7.2.2 整体式多路换向阀	204	8.6.1 大连组合所系列叠加阀	224
7.2.3 分片式多路换向阀	206	8.6.2 榆次油研系列叠加阀	229
7.3 操纵控制方式及先导阀	207	8.6.3 引进力士乐技术系列叠加阀	229
7.3.1 操纵控制方式	207	8.6.4 北部精机系列叠加阀	229
7.3.2 先导阀	208	8.6.5 意大利阿托斯 (ATOS) 系列叠 加阀	240
7.4 位数、通路数与滑阀机能	209	8.6.6 美国派克 (PARKER) 系列叠 加阀	240
7.4.1 位数及通路数	209	第9章 插装阀	242
7.4.2 滑阀机能	209	9.1 分类与特点	242
7.5 主要性能	209	9.2 盖板式二通插装阀	242
7.6 使用要点	210	9.2.1 工作原理	242
7.6.1 应用场合	210	9.2.2 主要构件功能	243
7.6.2 注意事项	211	9.2.3 典型组合及应用回路	248
7.7 故障诊断	211	9.2.4 主要性能	254
7.8 典型产品	211	9.2.5 使用要点	255
7.8.1 Z 系列多路阀	211	9.2.6 故障诊断	257
7.8.2 ZS 系列多路阀	213	9.3 螺纹式插装阀	257
7.8.3 ZFS 系列多路阀	213	9.3.1 特点与功能	257
7.8.4 D-32、DI-32 型液压比例操纵 多路阀	215	9.3.2 典型结构及其功能原理	257
7.8.5 DCV 系列多路阀	215	9.3.3 使用要点	262
7.8.6 BJS 型减压式比例先导阀	215	9.4 故障诊断	262
第8章 叠加阀	218	9.5 典型产品	262
8.1 特点与分类	218	9.5.1 Z 系列二通插装阀	262
8.2 工作原理及典型结构	219	9.5.2 TJ 系列二通插装阀	268
8.2.1 概述	219	9.5.3 华德 L 系列二通插装阀	271
8.2.2 单功能叠加阀	219	9.5.4 威格士 (VICKERS) V 系列螺纹式 插装阀	278
8.2.3 复合功能叠加阀	221	9.5.5 意大利阿托斯 (ATOS) LI 系列模块化 (盖板式) 插装阀和螺纹式插装阀	286
8.3 主要性能	223		
8.4 使用要点	223		

9.5.6 美国派克 (PARKER) CE 系列二 通插装阀	286	11.4.4 电液比例压力流量复合控制阀 (PQ 阀)	343
9.5.7 F 系列螺纹式插装阀	286	11.5 主要性能	344
第 10 章 电液伺服控制阀	291	11.5.1 静态特性	344
10.1 功用与组成	291	11.5.2 动态特性	347
10.1.1 电液控制阀	291	11.6 使用要点	347
10.1.2 液压伺服系统工作原理简介	291	11.6.1 应用场合	347
10.1.3 电液伺服阀的功用与组成	292	11.6.2 电液比例阀的选择	355
10.2 特点与分类	292	11.6.3 注意事项	356
10.3 液压放大器	292	11.7 故障诊断	356
10.3.1 先导级阀的结构形式及特点	292	11.8 典型产品	356
10.3.2 功率级主阀 (滑阀) 的结构形式 及特点	294	第 12 章 电液数字控制阀	359
10.4 典型结构与工作原理	295	12.1 功用及分类	359
10.4.1 单级电液伺服阀	295	12.2 基本原理	359
10.4.2 两级电液伺服阀	296	12.2.1 增量式电液数字阀	359
10.4.3 三级电液流量伺服阀	300	12.2.2 脉宽调制式快速开关阀	360
10.5 主要性能	301	12.3 典型结构与工作原理	360
10.5.1 静态特性	301	12.3.1 增量式电液数字阀	360
10.5.2 动态特性	305	12.3.2 脉宽调制式快速开关电液数字阀	362
10.6 使用要点	306	12.4 主要性能	363
10.6.1 应用场合	306	12.4.1 静态特性	363
10.6.2 电液伺服阀的选择	312	12.4.2 动态特性	364
10.6.3 注意事项	314	12.4.3 性能比较	364
10.7 故障诊断	316	12.5 使用要点	364
10.8 典型产品	316	12.5.1 应用场合	364
10.8.1 两级电液流量伺服阀	316	12.5.2 注意事项	365
10.8.2 三级电液流量伺服阀	316	12.6 故障诊断	368
10.8.3 电液压力伺服阀	316	12.7 典型产品 (日产 D 系列增量式数字阀)	368
第 11 章 电液比例控制阀	324	第 13 章 微型液压阀与水压控制阀	372
11.1 功用与组成	324	13.1 微型液压阀	372
11.2 特点与分类	324	13.1.1 特点类型	372
11.3 液压放大器简介	325	13.1.2 典型结构性能	372
11.3.1 先导级阀的结构形式及特点	325	13.1.3 使用维护与故障诊断	374
11.3.2 功率级主阀的结构形式及特点	326	13.1.4 典型产品	374
11.4 典型结构与工作原理	326	13.2 水压控制阀	379
11.4.1 电液比例压力阀	326	13.2.1 特点与分类	379
11.4.2 电液比例流量阀	333	13.2.2 典型结构性能	379
11.4.3 电液比例方向阀	338	13.2.3 使用维护与故障诊断	381
		13.2.4 典型产品	382

第 4 篇 液压控制阀组集成与液压阀常用标准资料

第 14 章 液压控制阀组的集成	383	14.3.3 液压控制阀组总装图的内容及要求	389
14.1 液压阀组及其集成方式概述	383	14.4 液压阀组块式集成的设计要点	389
14.2 液压阀组管集成的类型及特点	383	14.4.1 分解液压系统并绘制集成块单元 回路图	389
14.2.1 板式集成	383	14.4.2 集成块的设计	390
14.2.2 块式集成	384	14.4.3 块式集成液压阀组总装图的绘制	395
14.2.3 叠加阀式集成	385	14.4.4 通用集成块系列	395
14.2.4 插入式集成	385	14.5 油路块的 CAD	398
14.2.5 复合式集成	386	第 15 章 液压阀常用标准资料	399
14.3 管集成液压阀组的设计要点	386	15.1 基础技术标准 (摘录)	399
14.3.1 一般设计流程	386	15.1.1 常用液气图图形符号	399
14.3.2 油路块 (阀块) 设计的共性要求	386		

15.1.2	流体传动系统及元件公称压力系列 (GB/T 2346—2003)	402	15.2.6	液压叠加阀 安装面 (GB/T 8099—1987)	428
15.1.3	液压元件螺纹连接 油口形式和尺寸 (GB/T 2878—1993)	402	15.2.7	四油口和五油口液压伺服阀 安装面 (GB/T 17487—1998)	431
15.1.4	液压元件 通用技术条件 (GB/T 7935—1987)	402	15.2.8	二通插装式液压阀安装连接尺寸 (GB/T 2877—1981)	434
15.2	液压阀安装面和插装阀插装孔	404	15.2.9	液压二通、三通、四通螺纹式插装 阀 插装孔 (JB/T 5963—2004)	436
15.2.1	液压传动 阀安装面和插装阀阀孔的 标识代号 (GB/T 14043—2005)	404	15.3	液压阀的试验	447
15.2.2	四油口板式液压方向控制阀 安装面 (GB/T 2514—1993)	405	15.3.1	方向控制阀试验方法 (GB/T 8106—1987)	447
15.2.3	液压传动 带补偿的流量控制阀 安 装面 (GB/T 8098—2003)	407	15.3.2	流量控制阀试验方法 (GB/T 8104—1987)	453
15.2.4	液压溢流阀 安装面 (GB/T 8101—2002)	415	15.3.3	压力控制阀试验方法 (GB/T 8105—1987)	458
15.2.5	液压传动 减压阀、顺序阀、卸 荷阀、节流阀和单向阀 安装面 (GB/T 8100—2006)	423	15.3.4	液压阀压差-流量特性试验方法 (GB/T 8107—1987)	461
参考文献		464			

第 1 篇 液压阀概论

第 1 章 液压阀基础知识

1.1 液压技术原理与液压系统的组成

液压技术是以液体为工作介质,利用封闭系统中液体的静压能实现信息、运动和动力的传递及工程控制的技术。液压技术在功率密度、结构组成、响应速度、调速范围、过载保护、电液整合等方面独特的技术优势,使其成为现代传动与控制的重要技术手段和不可替代的基础技术之一,其应用遍及国民经济各领域。

除了工作介质外,一个液压系统通常都是由能源元件(液压泵)、执行元件(液压缸及马达)、控制元件(液压控制阀)和辅助元件(油箱、过滤器和管路等)四类液压元件所组成。液压机械设备或装置工作时,其液压系统以具有连续流动性的液压油或难燃液或水(多使用液压油)作为工作介质,通过液压泵将驱动泵的原动机的机械能转换成液体的压力能,然后经过封闭管路及控制阀,送至执行元件中,转换为机械能去驱动负载、实现工作机构所需的直线运动或回转运动。

1.2 液压阀的功用及重要性

作为液压系统中的控制元件,液压控制阀(简称液压阀)的功用是控制液流方向、压力及流量,以使液压执行元件及其驱动的工作机构获得所需的运动方向、运动速度(转速)及推力(转矩)等。

液压阀在液压系统中起着非常重要的作用。任何一个液压系统,不论其如何简单,都不能缺少液压阀;同一工艺目的的液压机械设备,通过液压阀的不同组合与使用,可以组成油路结构截然不同的多种液压系统方案,故液压阀是液压技术中品种与规格最多、应用最广泛、最活跃的元件;一个液压系统设计的合理性、安装维护的便利性以及能否按照既定要求正常可靠地运行,在很大程度上取决于其所采用的各种液压阀的性能优劣、阀间油路联系及参数匹配是否合理。

1.3 液压阀的基本结构原理

液压阀的基本结构主要包括阀芯、阀体和驱动阀芯相对于阀体运动的操纵控制机构。阀芯的结构形式多样;阀体上开设有与阀芯配合的阀体(套)孔或阀座孔,还有外接油管的主油口(进、出油口)、控制油口和外泄(漏)油口;阀芯的操纵控制机构有手调(动)

式、机械式、电动式、液动式和电液动式等。

液压阀的基本工作原理是,利用阀芯相对于阀体的运动来控制阀口的通断及开度的大小(实质是对阀口的流动阻尼进行控制),实现对液流方向、压力和流量的控制。液压阀在工作时,所有阀的通过流量与阀的进、出油口间的压力差以及开度大小之间的关系都符合如下孔口流量压力特性公式。

$$q = C_d A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} \quad (1-1)$$

式中, C_d 为流量系数,与阀口形状、尺寸及反映液流流态的雷诺数 Re 有关; A 为阀口的通流面积; ρ 为油液的密度; Δp 为进、出口压差。

1.4 液压阀的分类

液压阀的种类繁多,分类方法及名称因着眼点不同而异,故同一种阀可能会有不同名称。

1.4.1 根据功能及使用要求分类

(1) 普通液压阀

普通液压阀(常规液压阀)是最为常见的三大类液压阀(方向控制阀、压力控制阀和流量控制阀)的统称。普通液压阀以手动、机械、液动、电动、电液动、气动等输入控制方式,启、闭液流通道、定值控制(开关控制)液流压力和流量,多用于一般液压传动系统。

① 方向控制阀。它是用来控制和改变系统中液体的流向的阀类,包括单向阀、充液阀、换向阀、截止阀等。

② 压力控制阀。它是用来控制和调节系统中液体压力的阀类,包括溢流阀、减压阀、顺序阀、压力继电器等。

③ 流量控制阀。它是控制和调节液体流量的阀类,包括节流阀、调速阀、溢流节流阀、分流集流阀等。

(2) 特殊液压阀

特殊液压阀是在普通液压阀的基础上,为进一步满足某些特殊使用要求发展而成的液压阀。这些阀的结构、用途和特点各不相同。

① 多路阀。多路阀是多路换向阀的简称,是以两个以上滑阀式换向阀为主体,集换向阀、溢流阀和单向阀等于一体的多功能组合阀类,可集中控制两个以上执行元件的动作,主要用于满足车辆与工程机械等对集中控制问题的要求。

② 叠加阀。它是由几种阀相互叠加起来靠螺栓紧固为一个整体而组成回路的阀类,其结构、特点及适用场合见本章1.4.4节。

③ 插装阀。它是具有控制功能的元件装成组件插入阀块而构成的阀类,其结构特点及适用场合见本章1.4.4节。

④ 电液伺服阀。它简称伺服阀,是接收电气模拟控制信号并输出对应的模拟液体功率的阀类,它是为提高阀的控制水平,提高阀的控制精度和响应特性而设计的,工作时着眼于阀的零点(一般指输入信号为零的工作点)附近的性能以及其连续性。伺服阀包括单级、两级、三级电液流量伺服阀、电液压力伺服阀等。伺服阀结构复杂,制造成本较高,抗污染能力较差,使用和维护都有较高的技术要求,多用于控制精度和响应特性要求较高的闭环控制系统。

⑤ 电液比例阀。它是介于普通液压阀和电液伺服阀之间的一种液压阀,此类阀可根据输入的电气控制信号(模拟量)的大小成比例、连续、远距离控制液压系统中液体的流动方向、压力和流量。包括比例压力阀、比例流量阀,比例换向阀、比例复合阀和比例多路阀等。与普通液压阀相比,它提高了阀的控制水平;尽管其性能不如电液伺服阀,但结构简单、制造成本低、抗污染能力较强,它要求保持调定值的时间稳定性,一般具有对应于10%~30%最大控制信号的零位死区;多数用于开环系统,也可用于闭环系统。

⑥ 电液数字阀。它简称数字阀,是用数字信息直接控制的阀类,它可直接与计算机接口,不需要数/模(D/A)转换器,在微机实时控制的电液系统中,是一种较理想的控制元件。数字阀有数字压力阀、数字流量阀与数字方向阀等。数字阀对油液的污染不敏感,工作可靠,重复精度高,成批产品的性能一致性好,但由于按照载频原理工作,故控制信号频宽较模拟器件低。数字阀的额定流量一般很小,只能用于小流量控制场合,如作为电液控制阀的先导控制级。

⑦ 微型液压阀。通径 $\leq 3\sim 4\text{mm}$ 的液压阀称为微型液压阀,此类液压阀的工作压力较高,最大工作压力一般在31.5MPa以上,有的高达50MPa及其以上。微型液压阀作为微型液压系统的重要组成部分,是在普通液压阀基础上新发展的品种。与同压力等级的大通径阀相比,其外形尺寸和重量减小了很多,因此对于现代液压机械和设备(如航空器、科学仪器、医疗器械等)的小型化、轻量化和大功率密度具有重要作用及意义。

⑧ 水压控制阀。它是以水作为工作介质的阀类,是构成水液压系统不可缺少的控制元件,具有安全、卫生及环境友好等优点。但由于水的黏度低、汽化压力高、腐蚀性强,故水压控制阀的发展面临着一系列技术难题,商品化产品较少且应用尚不普遍。

1.4.2 根据阀芯结构形式分类

① 滑阀类 此类阀的阀芯多为圆柱形,其示例如图1-1(a)所示,阀体(或阀套)1上有一个圆柱形孔,

孔内开有环形沉割槽(通常为全圆周),每一个沉割槽与相应的进、出油口相通。阀芯2上同样也有若干个环形槽,阀芯与环形槽之间的凸肩称为台肩,台肩的大、小直径为 D 和 d 。通过阀芯相对于阀体(套)孔内的滑动使台肩遮盖(封油)或不遮盖(打开)沉割槽,即可实现所通油路(阀口)的切断或开启以及阀口开度 x 大小的改变,实现液流方向、压力及流量的控制。滑阀为间隙密封,为了保证工作中被封闭的油口的密封性,阀芯与阀体孔的径向配合间隙应尽可能小,同时还需要适当的轴向密封长度。这就使得阀口开启时阀芯需先位移一段距离(等于密封长度),所以滑阀运动存在一个“死区”。

② 转阀类 此类阀的阀芯为圆柱形,如图1-1(b)所示,阀体1上开有进出油口(P、T、A、B),阀芯2上开有沟槽,通过控制旋转阀芯上的沟槽实现阀口的通断或开度大小的改变,以实现液流方向、压力及流量的控制。转阀类结构简单,但存在阀芯的径向力不平衡问题。

③ 提升阀类 与圆柱滑阀一样,提升阀也是广为应用的一类结构形式,此类阀的阀芯为圆锥形或球形,利用锥形阀芯或圆球的位移来改变液流通路开口的大小,以实现液流方向、压力及流量的控制。

锥阀[图1-1(c)]只能有进、出油口各一个,阀芯的半锥角 α 一般为 $12^\circ\sim 40^\circ$;阀口关闭时为线密封,密封性能好,开启时无死区,动作灵敏,阀芯稍有位移即开启。球阀[图1-1(d)]实质上属于锥阀类,其性能与锥阀类似。

④ 喷嘴挡板阀类 此类阀有单喷嘴和双喷嘴两种,图1-1(e)所示为双喷嘴挡板阀原理简图,通过改变喷嘴与挡板之间两可变节流缝隙 x_1 和 x_2 的相对位移来改变它们所形成的节流阻力,从而改变控制油压 p_1 和 p_2 的大小,进而改变阀芯的位置及液流通路开口的大小。喷嘴挡板阀精度和灵敏度高,动态响应好,但无功损耗大,抗污染能力差。常作为多级电液控制阀的先导级(前置级)使用。

1.4.3 根据操纵方式分类

① 手动(调)操纵阀 用手把及手轮、踏板、杠杆等操纵,适宜自动化程度要求较低、小型或不常调节的液压系统采用。

② 机械操纵阀 用挡块及碰块、弹簧等控制,适宜有自动循环要求的系统采用。

③ 电动操纵阀 用普通开关型电磁铁、比例电磁铁、力马达、力矩马达、伺服电机和步进电机等控制,适合自动化程度要求高或控制性能有特殊要求的系统采用。

④ 液动操纵阀 利用液体压力所产生的力进行控制,适宜自动化程度要求高或控制性能有特殊要求的系统采用。

⑤ 电液动操纵阀 利用电动(普通开关型电磁铁)和液动的组合控制,适宜自动化程度要求高或控制性能有特殊要求的液压系统采用。

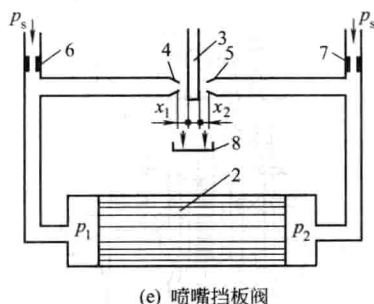
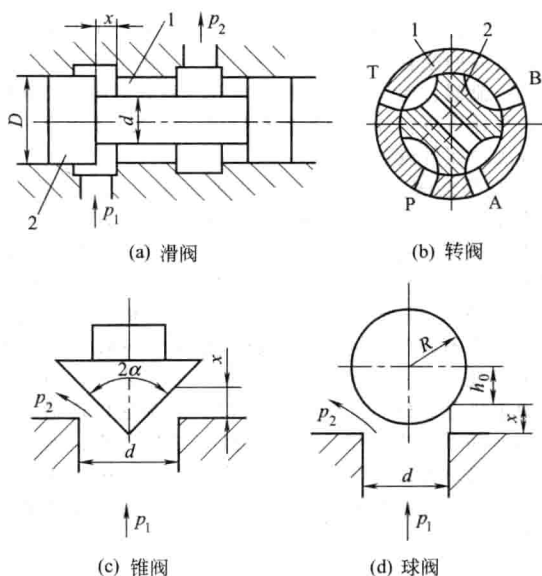


图 1-1 液压阀的结构

1—阀体；2—阀芯；3—挡板；4、5—喷嘴；
6、7—固定节流孔；8—油箱

⑥ 气动操纵阀 利用压缩空气所产生的力进行控制，适合有阻燃、防爆要求的液压系统采用。

1.4.4 根据安装连接方式分类

液压阀与其他元件集成为一个完整液压控制装置时，集成方式与阀的安装连接方式相关。根据安装连接方式不同，液压阀分为以下四类。

① 管式阀 此类阀阀体上的进油口（加工出螺纹或光孔）通过管接头或法兰（大型阀用）与管路直接连接组成系统（见图 1-2），结构简单、重量轻，适合于移动设备和流量较小的液压元件的连接，应用较广；但液压阀只能沿管路分散布置，可能的漏油环节多，装卸维护不方便。

② 板式阀 此类阀需专用过渡连接板（也称安装底板），阀用螺钉固定在连接板（加工有与阀口对应的孔道），阀的进油口通过连接板与管路相连接（见图 1-3）。制造商一般可随液压阀提供单个阀所对应的安装底板产品；如果自行制作连接板，则可根据该阀的安装面尺寸进行制造；各类液压阀的安装面均已标准化，其示例（通径 $\phi 6\text{mm}$ 的板式换向阀安装面）见图 1-4。如

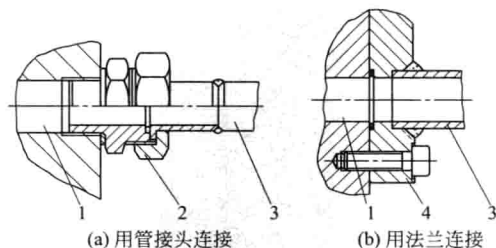


图 1-2 液压阀的管式连接

1—液压阀油口；2—管接头；3—系统管路；4—连接法兰

果欲在一块公共连接板上安装多个板式阀（见图 1-5），则应根据各标准板式阀的安装面尺寸和液压系统原理图的要求，在连接板上加工出与阀口对应的孔道以及阀间联系孔道，通过管接头连接管路，从而构成一个回路。此外，如图 1-6 所示，标准板式阀也可安装在六面体集成块上的每个侧面（每一个侧面相当于一个过渡连接板），阀与阀之间的油路通过块内流道连通，从而减少连接管路。板式阀由于集中布置且装拆时不会影响系统管路，故操纵和维护极为方便，应用相当广泛。

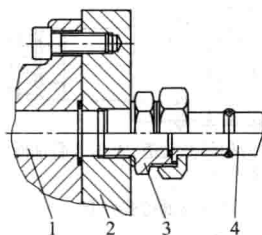
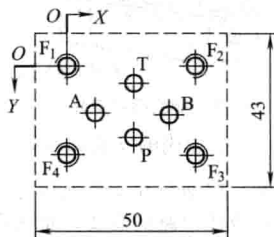


图 1-3 液压阀的板式连接

1—液压阀油口；2—过渡连接板；
3—管接头；4—系统管路

通径6mm(GB 2514-AB-03-4-A/ISO 4401-AB-03-4-A)



项目	尺寸/mm							
	P	A	T	B	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
X	21.5	12.7	21.5	30.2	0	40.5	40.5	0
Y	25.9	15.5	5.1	15.5	0	-0.75	31.75	31
φ	6.3 max	6.3 max	6.3 max	6.3 max	M5	M5	M5	M5

图 1-4 板式液压阀的安装面

③ 叠加阀 叠加阀是在板式阀基础上发展起来的、结构更为紧凑的一类阀。一个叠加阀同时起单个阀和通道孔的作用，阀的上下两面为安装面并开有进油口通道 [见图 1-7(a)]。同一规格不同功能的阀（压力阀、

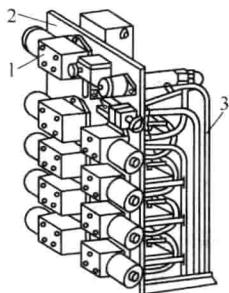


图 1-5 在一块公共连接板上安装多个板式阀
1—板式阀；2—公共连接板；3—管路

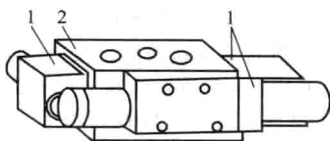
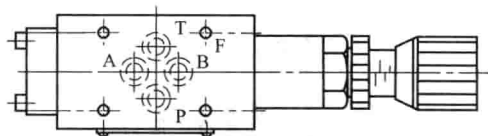
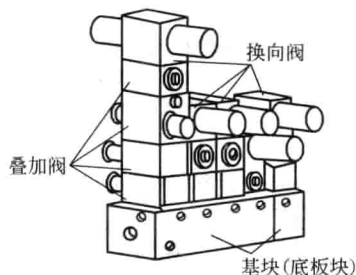


图 1-6 板式阀安装在六面体集成块上
1—板式阀；2—六面体集成块



P、T 为公用压力和回油孔道，A、B 为叠加阀油孔，F 为阀间连接螺钉孔

(a) 安装面及通道孔分布



(b) 叠加阀的叠积安装

图 1-7 叠加阀的安装面及叠积安装

流量阀、方向阀)的油口和安装连接孔的位置、尺寸相同。使用时根据液压回路的需要，将所需的各个叠加阀叠积在底板块与标准板式换向阀之间 [见图 1-7(b)]，

并用长螺栓固定在底板块上，而系统管路与底板块上的油口相连接。采用叠加阀的液压系统，省去了安装时阀和阀之间的配管，避免了管路、接头、法兰等所带来的阻力、泄漏、污染、振动和噪声等一系列使用与维修问题，并使液压系统大为紧凑和简化，广泛用于组合机床及其生产线等设备中。

④ 插装阀 插装阀主要有盖板式(二通插装阀)和螺纹式(二、三、四通插装阀)两大类，两者本身均没有阀体。将阀按标准参数做成阀芯、阀套、弹簧和密封圈等组件(插入组件)，插入专用的阀块孔内(见图 1-8)，并配置各种功能的控制盖板、先导控制阀以组成不同要求的液压回路。使用时可根据需要按相关标准，在一个阀块上加工若干个安装孔，阀块内的通道将各组件之间的进出油口、控制油口连通，然后与外部管路相连接。插装阀具有结构紧凑、通流能力大、密封性好、互换性较好的优点。适用于重型机械、冶金、塑料机械及各种加工机床的高压大流量液压系统。

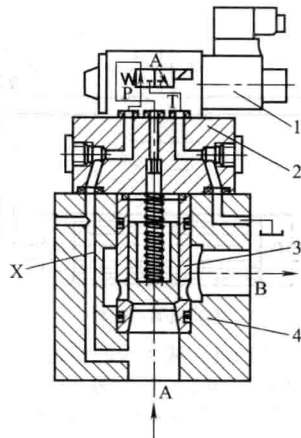


图 1-8 插装阀

1—先导控制阀；2—控制盖板；
3—插入组件；4—阀块

1.5 液压阀的发展

液压阀在液压技术中始终扮演着重要角色，液压阀的技术发展进程与方向列于表 1-1 中。

表 1-1 液压阀的发展

发展阶段	起止年代	液压技术进展概述	与液压阀相关的成果及我国液压阀技术的进展
启蒙期 (奠基期)	17 世纪 中叶~19 世纪末	液压技术源于 1648 年法国人帕斯卡(B. Pascal)提出的静压传递原理。之后的 100 多年间,1795 年英国人约瑟夫·布瑞玛(Joseph Bramah)登记了世界上第一台水压机专利。但由于以水作为工作介质,其密封问题一直未能很好解决,以及无成熟的液压元件、且工艺制造水平低下等原因,曾一度导致液压技术发展缓慢,几乎停滞不前	1681 年 D. 帕潘(D. Papain)发明了带安全阀的压力阀。19 世纪中叶英国工程师威廉姆·乔治·阿姆斯特朗(William George Armstrong)发明了液压蓄能器,英国工程师佛莱明·詹金(F. Jinken)发明了世界上第一台差压补偿流量控制阀等

续表

发展阶段	起止年代	液压技术进展概述	与液压阀相关的成果及我国液压阀技术的进展
发展期	20 世纪 初~20 世纪中叶	1905 年美国人詹涅(Janney)首先将矿物油代替水作液压介质后才开始改观。由于工艺制造水平提高及车辆、航空、舰船等功率传动的推动,相继出现和生产了轴向柱塞泵、径向和轴向液压马达等液压元件,并首先应用于机床。第二次世界大战期间,由于军事上的需要,出现了以电液伺服系统为代表的响应快、精度高的液压元件和控制系统,从而使液压技术得到了迅猛发展	Harry Vickers 于 1936 年发明了先导控制压力阀为标志的管式系列液压控制元件。德国在仿形刀架方面,美国在电液伺服阀方面的研究取得了很大进展
			20 世纪 50 年代初,我国无专门的液压元件厂,一些机床厂的液压车间自产自用仿苏液压产品(多为管式连接)
成形期	20 世纪 中叶~20 世纪 70 年代末	战后随着工艺水平的提高,液压技术也迅速发展,渗透到民用工业及国民经济的各个领域。在机械制造、起重运输机械及各类施工机械、船舶、航空等领域得到了广泛发展和应用。特别是 20 世纪 60 年代以来,随着原子能、航空航天技术、微电子技术的发展,液压技术在更深更广阔的领域得到了发展	20 世纪 60 年代出现了板式、叠加式液压阀系列和以比例电磁铁为电气-机械转换器的电液比例控制阀,20 世纪 70 年代出现了插装式系列液压阀
			我国于 20 世纪 50 年代末之后,陆续建立了液压元件厂;引进了日本油研公司公称压力 21MPa 的中高压系列液压阀;研制了喷嘴挡板式电液伺服;开发设计了公称压力为 2.5MPa 和 6.3MPa 的中低压系列液压阀;设计了我国第一套公称压力 31.5MPa 的高压液压阀;完成了我国公称压力 32MPa 高压阀新系列图纸的设计和试制;研制成功电液比例溢流阀、电液比例流量阀;开始叠加阀研究;研制成功插装阀及其液压系统。从而形成了独立的液压元件制造工业体系;整个 20 世纪 70 年代是我国液压阀(元件)品种发展最多的时期之一
成熟期	20 世纪 80 年 代至今	液压技术与现代数学、力学和微电子技术、计算机技术、控制科学等紧密结合,出现了微处理器、电子放大器、传感测量元件和液压控制单元相互集成的机电一体化产品。随着科学技术的进步和环保、能源危机意识的提高,近 20 年来人们重新认识和研究水液压技术,并在理论上和应用研究上,都得到了持续稳定的复苏和发展。水液压技术已成为现代液压技术中的热点和新的发展方向之一 当前及今后一个时期,包括液压阀在内的各类液压产品将通过依托和移植机械制造、材料工程、微电子及计算机、数学及力学、控制科学等相关领域的先进技术,朝着节能化、智能化、电子化、高压化、小型化、集成化、复合化、个性化、长寿命、高可靠性、绿色化(低污染、低噪声、低振动、无泄漏)方向发展,以应对新世纪来自电气传动及控制技术的新竞争和绿色环保的新挑战,满足和适应各类相关主机产品的节能、环保、高效、自动、安全、可靠等要求	研制和发展了的微型液压阀(如美国 Lee 公司和瑞士 Wandfluh 公司的微型液压阀系列)和水压液压阀(如丹麦 Danfoss 公司生产的 Nessie 系列水压控制阀)
			我国于 20 世纪 80 年代以来,先后引进了 40 余项国外先进液压技术[包括北京液压公司从德国力士乐(REXROTH)公司引进的高压液压阀,榆次液压件厂从美国威格士(VICKERS)公司引进的液压阀,德州液压机具厂从德国 FAG 公司引进的超高压液压阀等];自行研制成功了电液比例复合阀、电液数字阀和 GE 系列中高压阀,同期还有叠加阀系列、低功耗电磁阀以及新原理电液比例阀、电液集成块等成果 经过半个世纪的发展,我国液压行业已形成了一个门类比较齐全,有一定生产能力和技术水平的工业体系,现有数以百计的各类液压元件厂(公司),形成了国内自行开发、引进技术制造、合资生产、仿制消化的多元化格局。按 2001~2008 年的统计,我国液压产业工业总产值年均增速都在 25% 以上,成为全球液压产业发展速度最快的国家。2007 年,我国液压市场销售额约占全球液压市场销售总额的 14%,位居美国 and 德国之后的全球第三

1.6 液压阀图形符号绘制及应用

1.6.1 控制机构和常用控制阀图形符号

包括液压阀在内的液压元件和系统原理图通常采用标准图形符号绘制。由于图形符号仅表示液压元件的功能、操作控制方法及外部连接口,并不表示液压元件具体结构、性能参数、连接口的实际位置及元件安装位置,故用来表达系统中各类元件的作用和整个系统的组

成、油路联系和工作原理,简单明了,便于绘制和技术交流。

我国迄今先后于 1965 年、1976 年、1993 年和 2009 年颁布了液压与气动图形符号标准。现行标准为 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图第 1 部分:用于常规用途和数据处理的数据符号》,该标准规定了液压气动元件的图形符号的名词术语、符号构成以及各种液压气动元件的标准图形符号绘制方法。

表 1-2 和表 1-3 分别摘录了 GB/T 786.1—2009 中

的“控制机构符号”与“常用控制阀符号”。其他元件的图形符号请见第15章。

表 1-2 控制机构符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)

名称及注册号	符号	名称及注册号	符号	名称及注册号	符号
具有可调行程限制装置的顶杆 X10020		双作用电气控制机构, 动作指向或背离阀芯 X10130		机械反馈 X10190	
手动锁定控制机构 X10040		单作用电磁铁, 动作指向阀芯, 连续控制 X10140		具有外部先导供油, 双比例电磁铁, 双向操作, 集成在同一组件, 连续工作双先导装置的液压控制机构 X10200	
用作单方向行程操纵的滚轮杠杆 X10060		单作用电磁铁, 动作背离阀芯, 连续控制 X10150		气压复位, 从阀进气口提供内部压力 X10080	
使用步进电机的控制机构 X10070		双作用电气控制机构, 动作指向或背离阀芯, 连续控制 X10160		气压复位, 从先导口提供内部压力 X10090 注: 为更易理解, 图中标示出外部先导导线	
单作用电磁铁, 动作指向阀芯 X10110		电气操纵的气动先导控制机构 X10170		气压复位, 外部压力源 X10100	
单作用电磁铁, 动作背离阀芯 X10120		电气操纵的带有外部供油的液压先导控制机构 X10180			

表 1-3 常用控制阀符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)

名称及注册号	符号	名称及注册号	符号	名称及注册号	符号
二位二通推压换向阀(常闭) X10210		三位四通电液动换向阀 X10360		三位五通直动式气动换向阀 X10470	
二位二通电磁换向阀(常开) X10220		二位三通气动换向阀, 差动先导控制 X10310		直动式溢流阀 X10500	
二位四通电磁换向阀 X10230		二位五通气动换向阀, 先导电压控制, 气压复位 X10410		顺序阀 X10510	
二位三通机动换向阀 X10270		二位五通电气换向阀 X10430		内部流向可逆调压阀(气动) X10540	
二位三通电磁换向阀 X10280		三位五通电气换向阀 X10450		先导式远程调压阀(气动) X10570	
二位四通电液动换向阀 X10350				防汽蚀溢流阀(用于保护两条供给管道) X10580	

续表

名称及注册号	符号	名称及注册号	符号	名称及注册号	符号
双压阀 (“与”逻辑) X10620		先导式伺服 阀(带主级和 先导级的闭环 位置控制, 外部 先导供油和回 油) X10790		先导式比例 溢流阀(带电磁 铁位置反馈) X10860	
可调节流阀 X10630		先导式伺服 阀(先导级带双 线圈电气控制 机构, 双向连续 控制, 阀芯位置 机械反馈到先 导装置) X10800		三通比例减 压阀(带电磁铁 闭环位置控制) X10870	
可调单向节 流阀 X10640		直控式比例 溢流阀(电磁铁 控制弹簧长度) X10830		直控式比例 流量控制阀 X10890	
滚轮杠杆操 纵流量控制阀 X10650		单向顺序阀 X10520		直控式比例 流量控制阀 (带电磁铁闭 环位置控制) X10900	
三位四通电 磁换向阀 X10370		直动式二通 减压阀 X10550		分流阀 X10680	
二位四通液 动换向阀 X10380		先导式二通 减压阀 X10560		集流阀 X10690	
三位四通液 动换向阀 X10390		蓄能器充 液阀 X10590		单向阀 X10700	
二位五通踏 板控制换向阀 X10400		先导式电磁 溢流阀 X10600		先导式液控 单向阀 X10720	
三位五通手 动换向阀 X10420		三通减压阀 (液压) X10610		先导式双单 向阀 X10730	
二位三通液 压电磁换向 座阀 X10490		外控顺序阀 (气动) X10530		梭阀(“或” 逻辑) X10740	
二位二通延 时控制气动换 向阀 X10250		直控式比例 溢流阀(电磁力 直接作用在 阀芯上) X10840			
直动式比例 方向控制阀 X10760					
先导式比例 方向控制阀 (带主级和先 导级的闭环位 置控制) X10780					

续表

名称及注册号	符号	名称及注册号	符号	名称及注册号	符号
快速排气阀 X10750		插装阀插件 (压力和方向控制, 座阀结构, 面积比 1:1) X10930		方向控制阀 插件[单向流动, 座阀结构, 内部先导供油, 带可替换的节流孔(节流器)] X11010	
节流孔可变速比例流量控制阀(双线圈比例电磁铁控制, 特性不受黏度变化影响) X10920		插装阀插件 (压力和方向控制, 座阀结构, 常开, 面积比 1:1) X10940		插装阀控制盖(带先导端口) X11050	

1.6.2 应用注意事项

用图形符号绘制液压原理图时的注意事项为：①可根据图纸幅面大小和需要，按适当比例改变元件图形符号的大小来绘制，以清晰美观为原则；②元件和回路图一般以未受激励的非工作状态（例如电磁换向阀应为断电后的工作位置）画出；③在不改变标准定义的初始状态含义的前提下，元件的方向可视具体情况水平翻转或 90° 旋转进行绘制，但液压油箱必须水平绘制且开口向上。

1.7 液压阀的基本性能参数

液压阀的性能参数决定了阀的工作能力。液压阀的基本参数与阀的类型有关。各类液压阀的共性参数与压力和流量相关。额定工作状态下的公称压力和公称流量（或者表征液压阀进出油口名义尺寸的公称通径）是适用于任何液压阀的基本性能参数，这些参数均应符合相关标准。

1.7.1 公称压力

液压阀的公称压力（又称额定压力）是按阀的基本参数所确定的名义压力，用 p_g 表示。公称压力可以理解为压力级别的含义。公称压力标志着液压阀的承载能力大小，通常液压系统的工作压力（系统运行时的压力）不大于阀的公称压力则是比较安全的。

我国液压系统与元件的压力（工作压力、公称压力等）的法定计量单位采用 Pa（帕，N/m²），当压力较高时，采用 MPa 表示（1MPa = 10⁶ Pa）。压力应符合 GB/T 2346—2003 规定的压力系列（见表 1-4）。

表 1-4 流体传动系统及元件公称压力系列

（摘自 GB/T 2346—2003） MPa

1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3
8	10	12.5	16	20	25	31.5	35	40
45	50	63	80	100	125	160	200	250

我国以前曾用过的压力单位有 kgf/cm²（千克力/厘米²）、bar（巴）、工程大气压，水柱高或汞柱高等，而美国则一直采用英制的 lbf/in²（磅力/英寸²），为了

便于引进技术与设备的使用，现给出这些压力计量单位的换算关系如下：

$$1 \text{ kgf/cm}^2 \approx 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ 标准大气压} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 10.33 \text{ m 水柱高} \\ = 760 \text{ mm 汞柱高}$$

$$1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 98066.5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lbf/in}^2 = 6894.757293 \text{ Pa} = 0.07 \text{ 工程大气压}$$

为了便于包括液压阀在内的液压元件及系统的设计、生产及使用，工程上通常将压力分为几个不同等级，如表 1-5 所列。

表 1-5 液压元件及系统的压力分级

压力等级	低压	中压	中高压	高压	超高压
压力范围 / MPa	≤ 2.5	> 2.5 ~ 8	> 8 ~ 16	> 16 ~ 32	> 32

1.7.2 公称流量与公称通径

液压阀的规格有公称流量和公称通径两种表示方法。

① 公称流量 液压阀在额定工况下通过的名义流量（又称额定流量）叫做公称流量，用 q_g 或 Q_g 表示，它标志液压阀的通流能力，主要用于表示中、低压液压阀的规格。

我国液压阀公称流量的常用法定计量单位采用 L/min（升/分）或 m³/s（米³/秒），两者的换算关系为 1 L/min = 0.0000167 m³/s。

② 公称通径 液压阀液流进出口的名义尺寸（并非进出口的实际尺寸）叫做公称通径，用 D_g 表示。公称通径包含阀的主油口的名义尺寸、体积大小和安装面的尺寸三层意义，主要用于表示高压液压阀的规格。

我国液压阀公称通径的常用法定计量单位采用毫米（mm）。为了与连接管道的规格相对应，液压阀的公称通径采用管道的公称通径（管道的名义内径）系列参数，故阀的通径一旦确定之后，所配套的管道规格也就选定了。由于液压阀主油口的实际尺寸受到液流速度等参数的限制及结构特点的影响，所以阀的主油口的实际尺寸不见得完全与公称通径相同。事实上公称通径仅用于表示液压阀的规格大小，所以不同功能但通径规格相