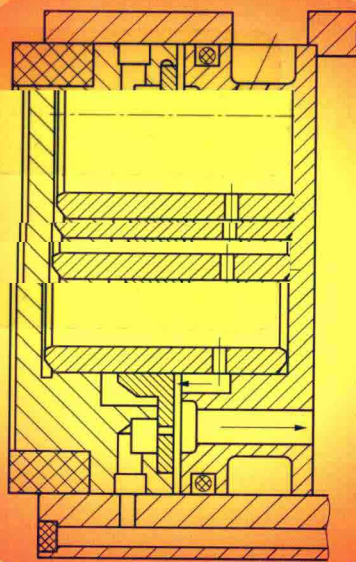


图解机电一体化技术应用丛书

图解

液压与气动技术

周曲珠 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

——图解机电一体化技术应用丛书——



液压与气动技术

周曲珠 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内
容
提
要

本书是《图解机电一体化技术应用丛书》之一。

本书采用图解的形式由浅入深地介绍了液压与气动技术及其典型应用。全书共10章,内容包括导读、液压与气动基本知识、能源装置、执行装置、控制调节装置、辅助装置、液压基本回路、典型液压系统、气动传动元件和气动回路及其应用。本书旨在以最通俗、最直接有效的方式帮助广大读者理解和掌握液压与气动技术及其应用方面的知识。

本书可作为大中专院校机电一体化、自动化、机械制造专业师生的教材或参考用书,还可作为工矿企业初、中级工程技术人员入门读物和工作参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图解液压与气动技术/周曲珠编著. —北京:中国电力出版社,
2010

(图解机电一体化技术应用丛书)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9976 - 8

I. ①图… II. ①周… III. ①液压传动 - 图解②气压传动 - 图解
IV. ①TH137 - 64②TH138 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 002008 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010年4月第一版 2010年4月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 15印张 360千字

印数0001—3000册 定价29.80元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

液压与气动技术是利用流体为工作介质进行能量转换的传动形式，在工业生产的各个领域都已经得到广泛的应用。工程技术人员在生产实践中会接触到各种各样的液压与气动系统原理图，这些原理图都比较抽象，本书作为《图解机电一体化技术丛书》之一，秉承套书的风格，从元件的工作原理、基本回路到典型系统的应用，都是以图为主，以图解的形式形象直观地解读其工作原理，以帮助初学者和广大工程技术人员掌握液压与气动技术，提高大家识读液压、气动系统图的能力和技巧，突出了“新颖”和“实用”的特点。

本书主要包括导读（介绍阅读本书的一些约定表达方法）、液压传动技术部分（第2~8章）、气动技术部分（第9~10章）。书中对元件较少的回路采用了如下所述的方法适当地添加注解说明以解释和说明该元件在回路中的功用，如图0-1所示，使读者更易理解和掌握。

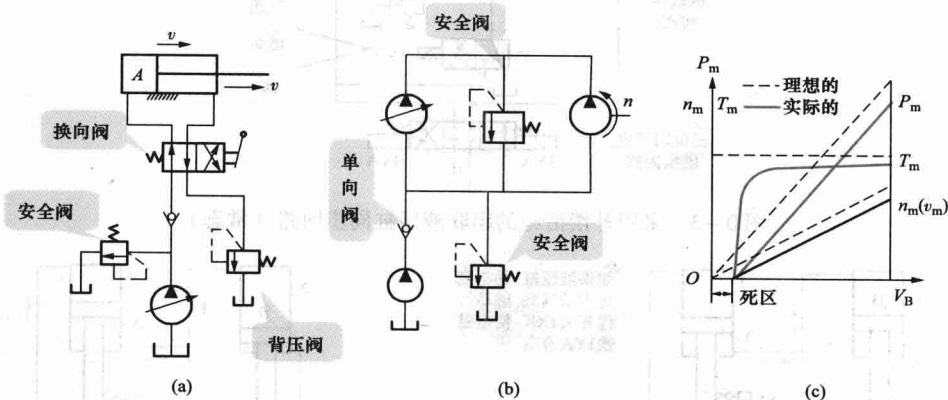


图0-1 变量泵定量液动机容积调速回路
(a) 开式回路；(b) 闭式回路；(c) 闭式回路的特性曲线

对于回路的工作原理，书中采用了几种方法予以阐述。一种在图上用箭头标出油路走向，同时在旁边用“要点提示”指出注意事项，如图0-2所示。

另一种就是采用一一对应的工作状态展开图来形象地描述液压或气动系统的各种工作状态，同时也用文字加以叙述，如图0-3、图0-4所示，这样做可以使抽象的工作原理具体化，使笼统的文字描述直观化。

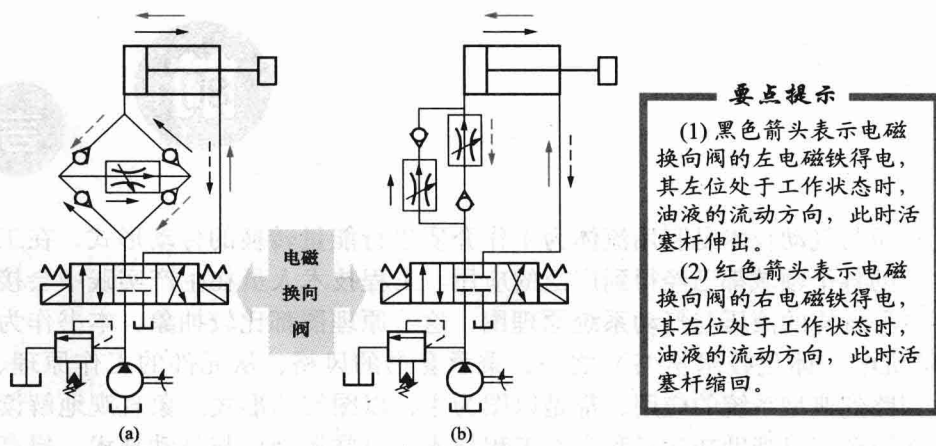


图 0-2 双向节流调速回路

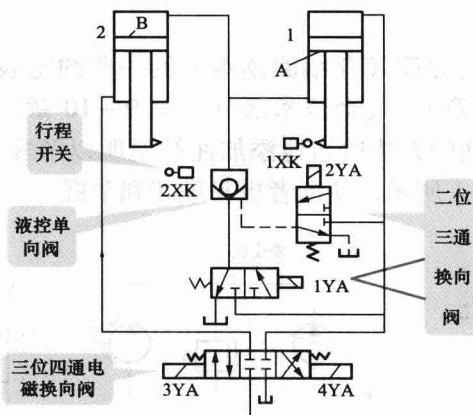


图 0-3 采用补偿措施的串联液压缸同步回路 (常态)

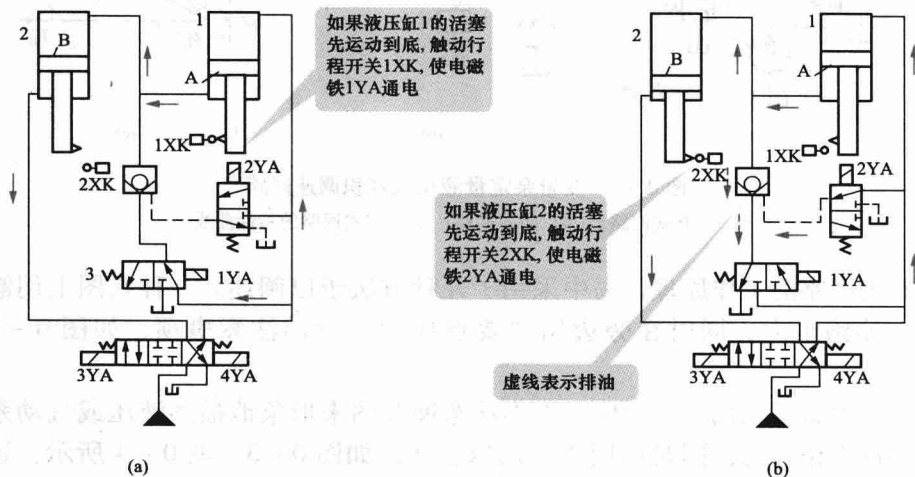


图 0-4 采用补偿措施的串联液压缸同步回路 (工作状态)

本书可作为大中专院校工业自动化、机电一体化等相关专业学生学习用书，也可供从事自动化及相关专业工作的技术人员参考。

编者周曲珠教授系苏州经贸职业技术学院机电系教师，书中难免有错误和不足之处，恳请广大读者批评指正，以便进一步修改完善，邮箱 zhouquzhu888@163.com。

2009 年 11 月

前言

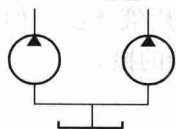
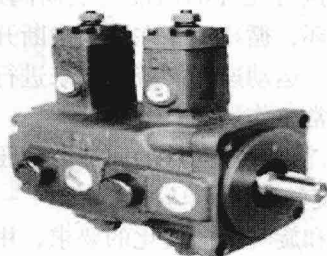
第1章 导读	1
1.1 如何识读液压系统图	2
1.2 本书的写作方法和特点	4
1.3 液压图形符号的绘制规定与液压元件的图形符号	6
思考与练习	18
第2章 液压与气动基本知识	19
2.1 液压传动的工作原理及其组成	20
2.1.1 概述	20
2.1.2 液压传动的工作原理	20
2.1.3 液压传动的特点	21
2.2 液压系统的组成及作用	22
2.3 液压系统图的表达	23
2.4 液压系统的优缺点及应用	24
2.4.1 液压传动的优缺点	24
2.4.2 液压传动在机械中的应用	25
2.5 气动技术及应用	25
2.5.1 气动技术的发展现状	25
2.5.2 气压传动系统的组成	26
思考与练习	27
第3章 能源装置	28
3.1 液压泵的概述	29
3.1.1 液压泵的工作原理和分类	29
3.1.2 常用液压泵种类和图形符号	30
3.1.3 液压泵的主要性能参数	30
3.1.4 液压泵的选用	33
3.1.5 液压泵的常见故障及排除	34
3.2 齿轮泵	35
3.2.1 外啮合齿轮泵	36
3.2.2 内啮合齿轮泵	37
3.2.3 螺杆泵	38
3.2.4 齿轮泵的常见故障及排除	39

3.3 叶片泵	40
3.3.1 单作用叶片泵	41
3.3.2 双作用叶片泵	42
3.3.3 叶片泵的常见故障及排除	44
3.4 柱塞泵	46
3.4.1 径向柱塞泵	46
3.4.2 轴向柱塞泵	47
3.4.3 柱塞泵的常见故障及排除	49
思考与练习	50
第4章 执行装置	52
4.1 液压马达	53
4.1.1 液压马达的特点、类型及工作原理	53
4.1.2 液压马达的性能参数	56
4.1.3 液压马达常见故障及排除方法	58
4.2 液压缸	60
4.2.1 液压缸的类型和特点	60
4.2.2 单作用液压缸	62
4.2.3 双作用液压缸	63
4.2.4 组合液压缸	65
4.2.5 液压缸的常见故障及排除	67
思考与练习	69
第5章 控制调节装置	70
5.1 液压控制阀的分类	71
5.2 方向控制阀	71
5.2.1 单向阀	71
5.2.2 单向阀的常见故障及排除方法	74
5.2.3 换向阀	77
5.2.4 换向阀的常见故障及排除方法	83
5.3 压力控制阀	84
5.3.1 溢流阀	84
5.3.2 减压阀	86
5.3.3 顺序阀	89
5.3.4 压力继电器	91
5.4 流量控制阀	93
5.4.1 节流阀	93
5.4.2 调速阀	94
5.5 插装阀	96
5.5.1 插装阀的工作原理	97

5.5.2 插装方向控制阀	97
5.5.3 插装压力控制阀	99
5.5.4 插装流量控制阀	100
5.6 电液伺服阀	101
5.7 比例阀	105
5.7.1 比例阀的工作原理	106
5.7.2 电液比例压力阀	106
5.7.3 电液比例流量阀	107
5.8 叠加阀	109
思考与练习	110
第6章 辅助装置	113
6.1 油箱	114
6.1.1 油箱的功能	114
6.1.2 油箱的结构特点	114
6.2 蓄能器	115
6.2.1 蓄能器的类型及典型结构	115
6.2.2 蓄能器的功用	116
6.2.3 蓄能器的使用 and 安装	117
6.3 滤油器	118
6.3.1 滤油器的主要性能指标——过滤精度	118
6.3.2 常见的滤油器及其特点	118
6.3.3 滤油器的选用和应用	120
6.4 密封装置	121
6.5 热交换器	123
6.6 管件及管接头	124
思考与练习	126
第7章 液压基本回路	127
7.1 定值控制阀的基本回路	128
7.1.1 方向控制回路	128
7.1.2 速度控制回路	130
7.1.3 压力控制回路	140
7.1.4 多缸动作回路	145
7.2 插装元件的基本控制回路	151
7.2.1 逻辑方向控制回路	151
7.2.2 速度控制回路	154
7.2.3 压力控制回路	155
7.3 液压比例控制基本回路	157
7.3.1 比例压力控制回路	157

7.3.2 比例速度控制回路	158
思考与练习	160
第8章 典型液压系统	163
8.1 铆接机液压系统	164
8.2 X光隔室透视站位液压系统	166
8.3 QY-8型液压起重机液压系统	168
8.4 组合机床液压系统	173
8.5 炼钢炉前操作机械手液压系统	177
8.6 YA32-200型四柱万能液压机液压系统	180
思考与练习	184
第9章 气压传动元件	185
9.1 气源装置	186
9.2 气动执行元件	189
9.2.1 气缸	189
9.2.2 气马达	195
9.3 气动控制元件	196
9.3.1 压力控制阀	196
9.3.2 方向控制阀	199
9.3.3 流量控制阀	204
9.4 气动逻辑元件	206
9.5 真空元件	209
9.5.1 真空元件	209
9.5.2 真空元件回路	211
思考与练习	213
第10章 气动回路及其应用	214
10.1 气动常用回路	215
10.1.1 气液联动回路	215
10.1.2 延时控制回路	215
10.1.3 安全启动回路	217
10.1.4 安全保护回路	218
10.1.5 互锁回路	219
10.1.6 双手操作回路	219
10.2 气动应用实例	220
10.2.1 自动调节病床	220
10.2.2 气动联动生产线在雷管生产中的应用	221
10.2.3 气动技术在飞机上的应用	223
10.2.4 气动机械手	225
参考文献	228

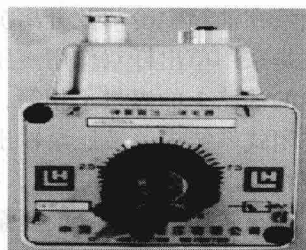
第1章 导 读



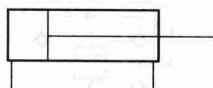
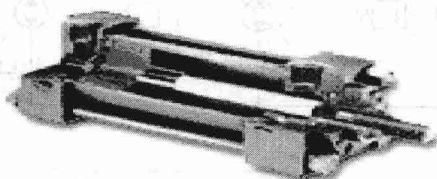
双联泵



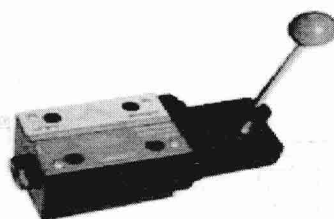
S型单向阀



HED2型弹簧管压力继电器



双作用液压缸



二位四通手动换向阀

本章导读

- 掌握如何识读液压系统图。
- 了解本书的写作方法和特点。
- 了解液压图形符号的绘制规定与液压元件的图形符号。

1.1 如何识读液压系统图

液压系统种类繁多,在识读液压系统图时,首先要分辨清楚系统图的类型。

液压传动系统可按照油液流在主回路中的循环方式分为开式系统和闭式系统。常见的液压传动系统大部分都是开式系统,如图 1-1 所示,开式系统的特点是,液压泵从油箱吸取油液,经换向阀送入执行元件(液压缸或液压马达),执行元件的回油经换向阀返回油箱,工作油液在油箱中冷却及分离沉淀杂质后再进入工作循环,循环油路在油箱中断开,执行元件往往是采用单出杆双作用液压缸,运动方向靠换向阀、运动速度靠流量阀来进行调节,在进回油的油路上的流量不相等,但也不会影响系统的正常工作。

在闭式系统内,液压泵输出的油液直接进入执行元件,执行元件的回油与液压泵的吸油管直接相连。如图 1-2 所示,执行元件通常是能连续旋转的液压马达,如图 1-2 (a) 所示,液压泵常用双向变量液压泵,以适应液压马达转速和旋转方向变化的要求,用补油泵来补充液压泵和液压马达的泄漏。如果执行元件是单出杆双作用液压缸,如图 1-2 (b) 所示,在往复运动时,进回油流量不相等,就要采取补油或排油的措施。

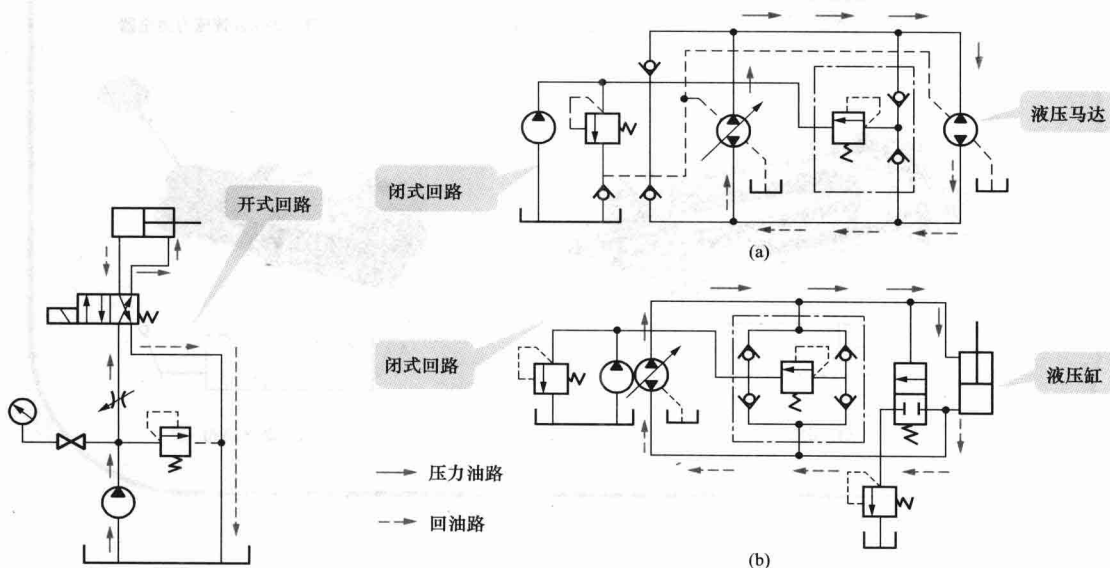


图 1-1 开式液压传动系统

图 1-2 闭式液压传动系统
(a) 液压马达的闭式回路; (b) 液压缸的闭式回路

在液压缸活塞杆伸出时,有杆腔的回油不足以满足无杆腔所需的油液,补油泵的流量除了补充液压泵的泄漏外,必须补足两腔进回油流量的差值。

学会看懂液压系统图,对于设备操作人员、设备维修人员和有关工程技术人员来说是非常重要的。在识读液压系统图时,不但要了解该液压系统的结构、性能、技术参数、使用和操作要点,而且要了解该液压传动的动作原理,了解使用、操作和调整的方法。

1. 识读液压系统图的基本要求

- (1) 熟悉各液压元件（特别是各种阀和变量机构）的工作原理和特性。
- (2) 了解油路的进、出分支情况以及系统的综合功能。
- (3) 熟悉液压系统中的各种控制方式及液压图形符号的含义与标注。
- (4) 掌握液压传动的基础知识，了解液压系统的液压回路及液压元件的组成，各液压传动的基本参数等。

除以上所述的基本要求以外，还应多读多练，特别要多读各种典型设备的液压系统图，了解各自的特点，这样就可以起到“触类旁通”、“举一反三”和“熟能生巧”的作用。

2. 液压系统图的识读方法

在识读设备的液压系统图时，可以运用以下一些识读液压系统图的基本方法。

(1) 根据液压系统图的标题名称，了解该液压系统所要完成的任务，需要完成的工作循环，以及所需要具备的特性，并根据图上所附的循环图及电磁铁工作表估计该液压系统实现的工作循环所需具有的特性或应满足的要求。当然这种估计不会是全部准确的，但往往能为进一步读图打下一定的基础。

(2) 在查阅液压系统图中所有的液压元件及它们连接的关系时，首先找出液压泵，其次找出执行机构（液压缸或液压马达）；然后是各种控制操纵装置及变量机构，最后是辅助装置。要特别注意各种控制操作装置（尤其是换向阀、压力阀如顺序阀等元件）以及变量机构的工作原理、控制方式及各种发信号的元件（如挡块、行程开关、压力继电器等）的内在关系。要弄清楚各个液压元件的类型、性能和规格，要特别弄清它们的工作原理和性能，估计它们在系统中的作用。

(3) 对于复杂的液压系统图，要以执行元件为中心，将系统分解为若干个子系统。在分析执行机构实现各种动作的油路时，最好从执行机构的两个油口开始到液压泵，将各液压元件及各油路分别编码表示，以便于用简要的方法画出油路路线。分析清楚驱动执行机构的油路，即主油路及控制油路。画油路时，要按每一个执行机构来画，从液压泵开始，到执行机构，再回到油箱，形成一个循环。

液压系统有各种工作状态。在分析油路路线时，可先按图面所示状态进行分析，然后再分析其他工作状态。在分析每一工作状态时，首先要分析换向阀和其他一些控制操作元件（开停阀、顺序阀、先导型溢流阀等）的通路状态和控制油路的通路情况，然后再分别分析各个主油路。要特别注意液压系统中的一个工作状态转换到另一个工作状态，是由哪些元件发出信号的，是使哪些换向阀或其他操纵控制元件动作改变通路状态而实现的。对于一个工作循环，应在一个动作的油路分析完以后，接着做下一个动作油路的分析，直到全部动作的油路分析依次做完为止。

3. 液压系统图的识读步骤

掌握了一些基本的识图方法后，在阅读、分析液压系统图时，可以按以下几个步骤进行。

- (1) 了解液压设备的任务以及完成该任务应具备的动作要求和特性，即弄清任务和要求。
- (2) 在液压系统图中找出实现上述动作要求所需的执行元件，并搞清其类型、工作原理及性能。
- (3) 找出系统的动力元件，并弄清其类型、工作原理、性能以及吸排油情况。
- (4) 理清各执行元件与动力元件的油路联系，并找出该油路上相关的控制元件，弄清

其类型、工作原理及性能,从而将一个复杂的系统分解成一个个子系统。

(5) 分析各子系统的工作原理,即分析各子系统由哪些基本回路所组成,每个元件在回路中的功用及其相互间的关系,实现各执行元件的各种动作的操作方法,弄清油液流动路线。写出进、回油路线,从而弄清各子系统的基本工作原理。

(6) 分析各子系统之间的关系,如动作顺序、互锁、同步、防干扰等,搞清这些关系是如何实现的。

在读懂系统图后,归纳出系统的特点,加深对系统的理解。

阅读液压系统图应注意以下两点:

(1) 液压系统图中的符号只表示液压元件的职能和各元件的连通方式,而不表示元件的具体结构和参数。

(2) 各元件在系统图中的位置及相对位置关系,并不代表它们在实际设备中的位置及相对位置关系。

1.2 本书的写作方法和特点

为了帮助读者更好地读懂本书和有效地使用本书,本书在描述上特作如下约定。

(1) 为了更好地贯彻行业技术规范 and 便于技术资料的交流、传播,本书所采用的液压图形符号均采用国家统一规定的符号。

(2) 液压传动油路三种状态的表示方法。为了读图清晰直观,所有元器件的常态按国家标准画出且背景色为白色,对于高压管路、中压管路、低压回油路分别用黑色实线来表示,控制油路用虚线表示,流动液体用红色箭头(进油路用红色实线箭头,回油路用红色虚线箭头)加以区分,如图1-3所示。

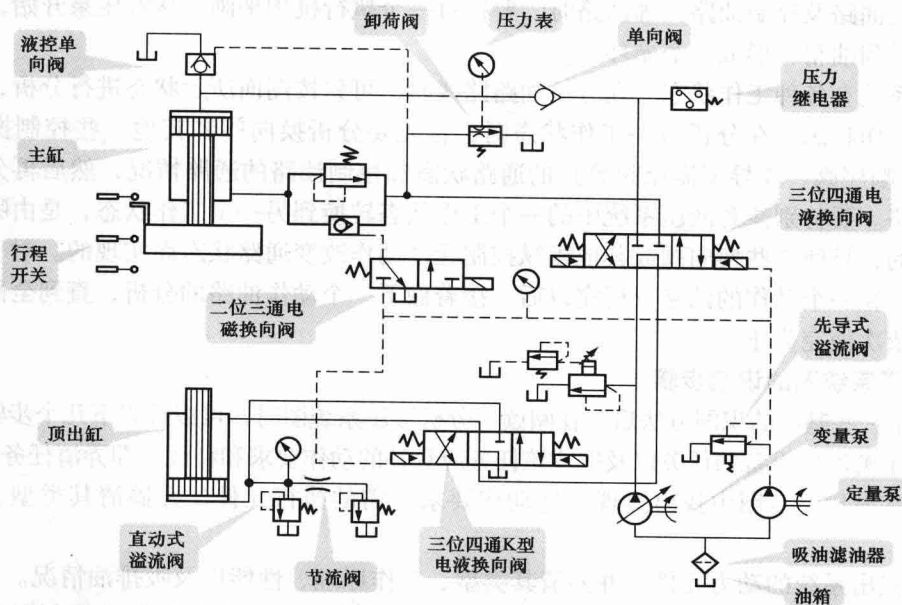


图 1-3 YA32-200 型四柱万能液压机液压系统

此时,主缸 16 在自重作用下快速下降,置于液压缸顶部的充液箱 15 内的油液经液控单向阀 14 进入主缸上腔补油。

1.3 液压图形符号的绘制规定与液压元件的图形符号

为了帮助读者更好地读懂本书和有效地使用本书,本书在描述上特作如下约定。

(1) 为了更好地贯彻行业技术规范和便于技术资料的交流、传播,本书所采用的液压图形符号均采用国家统一规定的符号,而所有的液压图形符号都是由一些最基本的符号要素组成的,为了表达各种液压元器件的功能,在符号要素的基础上,还需要用到一些线条、图形和文字。符号要素和功能要素如表 1-2、表 1-3 所示。

表 1-2 符 号 要 素

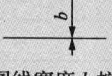
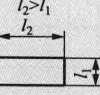
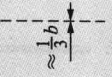
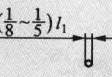
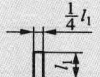
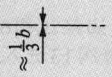
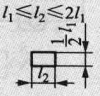
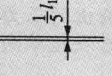
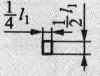
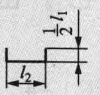
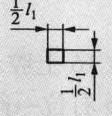
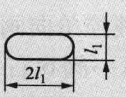
名称	符 号	用途或符号解释	名称	符 号	用途或符号解释	名称	符 号	用途或符号解释
实线		工作管路 控制供给管路 回油管路 电气线路	小圆		单向元件 旋转接头 机械铰链滚轮	长方形		缸、阀
虚线		控制管路 泄油管路或放气管路 过滤器 过渡位置	圆点		管路连接点, 滚轮轴			活塞
点划线		组合元件框线	半圆		限定旋转角度的马达或泵			某种控制方法
双线		机械连接的轴、操纵杆、活塞杆等	正方形		控制元件 除电动机外的原动机			执行器中的缓冲器
大圆		一般能量转换元件(泵、马达、压缩机)			调节器件(过滤器、分离器、油雾器和热交换器等)	半矩形		油箱
中圆		测量仪表			蓄能器重锤	囊形		压力油箱 气罐 蓄能器 辅助气瓶

表 1-3

功 能 要 素

名称	符 号	用途或符号解释	名称	符 号	用途或符号解释	名称	符 号	用途或符号解释
正三角形		传压方向、流体种类	长斜箭头		可调性符号 (可调节的泵、弹簧、电磁铁等)	其他		温度指示或温度控制
实心正三角形		液压	弧线箭头		旋转运动方向		M	原动机
空心正三角形		气动 注: 包括排气	其他		电气符号		W	弹簧
直箭头或斜箭头		直线运动 流体流过阀的通路和方向 热流方向			封闭油、气路或油气口			单向阀简化符号的阀座
					电磁操纵路			固定符号

(2) 控制机构符号的绘制规划。

控制机构符号的绘制规划如表 1-4 所示。

表 1-4

控制机构符号的绘制规划

符号种类	符号绘制规划	图 例
能量控制和调节 元件符号	能量控制和调节元件符号由一个长方形(包括正方形,下同)或相互邻接的几个长方形的构成	
	流动通路、连接点、单向及节流等功能符号,除另有规定者外,均绘制在相应的主符号中	
	外部接口,以一定间隔与长方形相交	
	两通阀的外部接口绘制在长方形中间	
	泄油管路符号绘制在长方形的顶角处	
	旋转型能量转换元件的泄油管路符号绘制在与主管路符号成 45° 的方向,和主符号相交	