

实用机电工程系列教材



液压与气压传动

● 许福玲 主编

华中科技大学出版社

实用机电工程系列教材

液压与气压传动

YEYA YU QIYA CHUANDONG

主 编 许福玲

副主编 熊顺源 唐晓群

主 审 俞启荣

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动/许福玲 主编

武汉:华中科技大学出版社, 2001年9月

ISBN 7-5609-2538-3

I. 液…

II. ①许… ②熊… ③唐…

III. ①液压传动-技术学校:高等学校-教材

②气压传动-技术学校:高等学校-教材

IV. TH13

液压与气压传动

许福玲 主编

责任编辑:叶翠华

封面设计:潘群

责任校对:蔡晓璐

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经 销:新华书店湖北发行所

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:武汉市汉桥印刷厂

开本:787×1092 1/16

印张:15.5

字数:340 000

版次:2001年9月第1版

印次:2001年9月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5609-2538-3/TH·116

定价:18.80元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书将流体力学基础知识、液压传动与气压传动三部分教学内容有机地揉合成一体,并增加了各种液压、气动元件及系统的实际应用知识。主要包括:液压与气压传动基础知识,液压与气动的能源装置、执行元件、控制元件、辅助元件的工作原理、结构特点、应用要点,各种液压、气动基本回路的功用和组成,几种典型液压系统和气动系统,液压系统和气动系统的安装调试、维护保养,液压系统和气动系统的设计方法等。

本书可以作为本科机械类专业“液压与气压传动”课程的教材,也可以供高职、高专机械类专业学生使用,同时还可以作为工程技术人员的参考书。

实用机电工程系列教材

编写协作组成员单位

(排名不分先后)

武汉职业技术学院

河南职业技术学院

恩施职业技术学院

黄冈职业技术学院

中州大学

广州大学

武汉电力学校

东南大学职业技术学院

华中科技大学职业技术学院

广西机电职业技术学院

深圳职业技术学院

十堰职业技术学院

荆门职业技术学院

江汉大学

鄂州大学

黄石高等专科学校

湖北工学院职业技术学院

序 言

在千年钟声敲响、人类跨入新世纪之际，我们欣喜地看到，高等教育的模式正在从单一化向多样化、柔性化、社会化和现代化方向发展；正是这一发展，使得高等教育展现出蓬勃的生命力。真可谓“忽如一夜春风来，千树万树梨花开”。

以信息科技为重要标志的高新科技革命的飞速发展，正在改变着世界的面貌和人类的生活方式，推动着知识经济的到来。这就给高等教育改革的探索和研究提出了更高的要求。世界经济发展中最激烈的竞争，将不仅表现在经济和生产领域，而且更表现在培养人才的教育领域，特别是高等教育领域。因为在当今，经济的竞争，科技的竞争，一切的竞争，归根结底是教育的竞争，是人才的竞争，所以，江泽民同志指出：“高等教育是教育的龙头”。随着高新科技同机械行业的结合，现代机电产品不再是单纯的机械构件，而是由机械、电子、计算机等有机集成的所谓“机电信息一体化”产品。因此，现代机械制造越来越多地体现着知识经济的特征，“以人为本”的新观念正在取代“以技术为本”、“以先进设备为本”的传统观念。在这种情况下，社会对机械类高素质人才的需求也随之变化，人才的创新能力、实践能力需要大力加强，知识结构需要向通用、广泛、适应性强的方向转化。

现代机电工程就是机械工程科技与信息科技等现代科技的紧密结合，然而，既是机电专业而不是别的专业，自己专业的基础、自己专业的实践是丝毫不能忽视的。“九层之台，起于垒土”，“千里之行，始于足下”，离开了基础，离开了实践，一切将会成为空洞的，机电专业就更是如此。

为顺应高等教育改革的潮流，华中科技大学出版社继推出“21世纪高等学校机械设计制造及其自动化专业系列教材”之后，又推出了这套“高等学校实用机电工程系列教材”。两套教材各有侧重，相得益彰，不同的学校可以根据自己的特点和教学要求选择不同的教材。

这套系列教材的特色在于：体现了人才培养的层次性、知识结构

的交融性和教学内容的实践性。它降低了专业重心,拓宽了学科基础,对传统的课程内容进行了整合,加强各方面知识的融会贯通。特别值得一提的是,它强调实践能力的培养和基本技能的训练,以培养综合型、实用型人才为主要目标。

这套教材是20多所高校长期从事教学和教学改革的教师用辛勤的汗水编写而成的,特别是一些高等职业技术学院、高等专科学校的参与,给这套教材增添了更多的色彩。教材的作者认真贯彻了“教育要面向现代化,面向世界,面向未来”的战略思想,倾注了他们教学改革中的大量心血,反映了他们丰富的教学经验。“衷心藏之,何日忘之?”我们对参加这套教材编写的老师们和积极支持这套教材出版的学校表示衷心的感谢。我们相信,这套系列教材对各学校的教学改革、机电工程类高质量人才的培养能够起到积极的促进作用。

人非圣贤,孰能无过?书非白璧,孰能无瑕?由于编者经验不足,时间有限,形势的发展也在不断提出新的要求,因此,这套系列教材还需在使用中不断修改和完善。“嚶其鸣矣,求其友声。”我们期望广大读者不吝赐教。

江泽民同志指出:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”高等教育的改革,也需要不断地创新,不断地前进。一声号角撼大地,千红万紫进军来。21世纪教育的春天,已经来临。

全国高校机械工程类专业教学指导委员会主任委员
中国科学院院士
华中科技大学教授

杨叔子

2001年3月10日

前 言

液压与气动技术是机械行业工程技术人员必须具备的一种自动化技术。“液压与气压传动”课程的任务是使学生掌握流体力学和气体热力学基础知识,熟悉并掌握各类液压与气动元件的工作原理、结构特点、安装使用,以及各种液压与气动基本回路的功用、组成和应用场合,从而具备安装、调试、使用、改进液压与气动设备的技能。

与现有的液压与气压传动教材相比,本书针对高等职业技术教育的特点,在编写过程中重新组织了教学内容,形成了自身的特色:

(1)液压与气动两部分内容,不是简单的叠加,而是按元件、回路的功能有机地整合在一起。这样,既减少了课内学时,又加深了学生对液压与气动在结构和原理上的异同点的认识。

(2)专门设置了元件与系统的安装、调试章节,有利于培养学生使用、维护液压与气动设备的技能。

本书不仅适合高等工科大学机械类专业学生,而且适合各种成人高校、自学考试等机械类专业学生,还可作为从事液压与气动技术的工程技术人员再培训教材。

参加本书编写的有许福玲(华中科技大学,绪论、第八章、第九章一、二节)、熊顺源(江汉大学,第一、二章)、张永智(河南职业技术学院,第三章)、唐晓群(华中科技大学,第四章、第七章五、六节、第九章三节)、陆立颖(河南职业技术学院,第五章)、党育哲(十堰职业技术学院,第六章、第七章一至四节)。全书由许福玲任主编,熊顺源、唐晓群任副主编。

本书由南京工程学院(原南京机械专科学校)俞启荣教授主审,他对本书进行了细致的审阅,提出了许多宝贵的意见,在此表示感谢。

限于编者水平,书中难免存在不少缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

2001年3月

目 录

绪 论	(1)
一、液压与气动技术在国民经济中的应用	(1)
二、液压与气压传动的工作原理及其特征	(1)
三、液压系统与气动系统的组成和图形符号	(2)
四、液压与气压传动的优缺点	(4)
第一章 液压与气压传动基础知识	(5)
第一节 液压与气压传动的工作介质	(5)
一、流体的物理性质	(5)
二、液压油的分类和选用	(8)
三、液压油的污染及其控制	(9)
四、气动系统对压缩空气质量的要求	(10)
第二节 流体力学基础	(10)
一、流体静力学基础	(10)
二、流体动力学基础	(12)
三、流体在管道内的流动	(16)
四、小孔和缝隙流量	(17)
五、液压冲击和气穴现象	(18)
第三节 气体热力学基础	(19)
一、基本概念	(19)
二、理想气体状态方程	(19)
三、充气、放气温度与时间的计算	(21)
习题一	(22)
第二章 能源装置	(25)
第一节 液压泵的工作原理及分类	(25)
一、液压泵的基本工作原理	(25)
二、液压泵的性能参数	(25)
三、液压泵的分类和选用	(27)
第二节 液压泵的典型结构	(28)
一、外啮合齿轮泵和螺杆泵	(28)
二、双作用叶片泵和单作用叶片泵	(32)
三、轴向柱塞泵	(36)
四、径向柱塞泵	(39)

第三节 液压泵的安装与维护	(40)
一、液压泵的安装	(40)
二、液压泵的故障分析	(42)
第四节 气源装置	(44)
一、气压发生装置	(44)
二、压缩空气的净化装置	(45)
三、气动三大件	(47)
习题二	(51)
第三章 执行元件	(52)
第一节 液压马达	(52)
一、液压马达的分类和特性参数	(52)
二、高速液压马达	(54)
三、低速液压马达	(57)
四、液压马达的使用与维护	(60)
第二节 气动马达	(61)
一、叶片式气马达的工作原理及特性	(61)
二、气动马达的特点和应用	(62)
第三节 液压缸	(62)
一、液压缸的分类和速度推力特性	(62)
二、液压缸的典型结构	(68)
三、液压缸的安装与维护	(69)
第四节 气缸	(72)
一、气缸的分类	(72)
二、标准气缸的结构特点	(72)
三、特殊气缸	(73)
四、气缸的使用注意事项	(74)
习题三	(75)
第四章 控制元件	(77)
第一节 概述	(77)
一、控制元件的分类	(77)
二、控制元件的基本性能参数	(79)
三、对控制元件的基本要求	(80)
第二节 方向控制阀	(80)
一、单向阀	(80)
二、换向阀	(82)
第三节 压力控制阀	(89)
一、溢流阀	(89)
二、减压阀	(93)
三、顺序阀	(95)

四、压力继电器	(97)
第四节 流量控制阀	(99)
一、节流阀	(99)
二、调速阀	(101)
三、分流集流阀	(103)
第五节 插装阀和叠加阀	(104)
一、插装阀	(104)
二、叠加阀	(107)
第六节 伺服阀和比例阀	(107)
一、液压伺服阀	(107)
二、电液比例阀	(110)
三、气动伺服阀	(112)
四、气动比例阀	(112)
第七节 气动逻辑元件	(113)
一、气动逻辑元件的分类	(113)
二、截止式逻辑元件	(113)
三、逻辑元件的应用	(116)
习题四	(117)
第五章 辅助元件	(119)
第一节 蓄能器	(119)
一、蓄能器的功用	(119)
二、蓄能器的分类和选用	(119)
三、蓄能器的安装	(121)
第二节 过滤器	(121)
一、过滤器的功用和类型	(121)
二、过滤器的选用	(123)
三、过滤器的安装	(124)
第三节 油箱及热交换器	(125)
一、油箱	(125)
二、冷却器和加热器	(126)
第四节 管件	(128)
一、油管及管接头	(128)
二、液压管道安装要求	(131)
三、气动管道系统	(133)
第五节 气动传感器及放大器	(135)
一、气动传感器的工作原理及应用	(135)
二、气动放大器	(137)
第六节 密封装置	(139)
一、密封装置的分类	(140)

二、常见密封件的使用和安装要求	(140)
习题五	(143)
第六章 液压气动基本回路	(145)
第一节 压力控制回路	(145)
一、调压回路	(145)
二、减压回路	(146)
三、卸载回路	(147)
四、增压、增力回路	(148)
五、保压回路	(149)
六、平衡回路	(150)
第二节 速度控制回路	(150)
一、调速回路	(150)
二、快速运动回路	(157)
三、速度换接回路	(158)
第三节 方向控制回路	(160)
一、换向回路	(160)
二、锁紧回路	(162)
三、制动回路和缓冲回路	(163)
第四节 多执行元件工作控制回路	(163)
一、顺序动作回路	(163)
二、同步回路	(165)
三、多路换向阀控制回路	(167)
第五节 其他回路	(169)
一、液压马达的串、并联回路	(169)
二、气动安全保护回路	(169)
三、气动逻辑回路	(170)
四、气动计数回路	(172)
习题六	(172)
第七章 典型液压系统与气动系统	(175)
第一节 组合机床动力滑台液压系统	(175)
一、概述	(175)
二、YT4543 型动力滑台液压系统工作原理	(175)
三、YT4543 动力滑台液压系统特点	(177)
四、动力滑台液压系统常见故障分析	(177)
第二节 汽车起重机液压系统	(177)
一、概述	(177)
二、Q2-8 型汽车起重机液压系统工作原理	(178)
三、Q2-8 型汽车起重机液压系统特点	(179)
四、汽车起重机液压系统常见故障分析	(180)

第三节 压力机液压系统	(180)
一、概述	(180)
二、3150N 通用压力机液压系统工作原理	(181)
三、通用液压机液压系统特点	(182)
四、通用液压机液压系统常见故障分析	(183)
第四节 塑料注射成型机液压系统	(183)
一、概述	(183)
二、SZ-250A 型注塑机液压系统工作原理	(184)
三、SZ-250A 型注塑机液压系统特点	(187)
四、注塑机液压系统常见故障分析	(187)
第五节 气控机械手	(188)
一、气控机械手的工作原理	(189)
二、气控机械手的特点	(191)
第六节 气动制动及纠偏装置	(191)
一、气动纠偏装置	(191)
二、气动制动装置	(193)
习题七	(193)
第八章 液压系统与气动系统的调试及维护	(194)
第一节 液压系统的安装、清洗和调试	(194)
一、液压系统的安装	(194)
二、液压系统的清洗	(195)
三、液压系统的调试	(196)
第二节 气动装置的维护保养	(197)
一、经常性维护	(197)
二、定期维护	(197)
三、每年(或几年)一次的大修	(198)
第九章 液压系统与气动系统的设计	(200)
第一节 液压与气压传动系统设计的主要内容及步骤	(200)
一、了解对主机的工作要求、明确设计依据	(200)
二、拟定系统方案(原理图)	(200)
三、参数设计	(201)
四、元件选择	(202)
五、性能验算	(203)
六、绘制工作图,编制技术文件	(204)
第二节 液压系统的设计计算举例	(205)
一、分析工况及主机工作要求,拟定液压系统方案	(205)
二、参数设计	(206)
三、选择元件	(208)
四、液压系统性能验算	(210)

第三节 气动逻辑控制系统设计.....	(212)
一、非时序逻辑系统设计	(212)
二、时序逻辑控制系统设计	(214)
附录 常用液压与气动元件图形符号(GB/T786. 1—93).....	(225)
参考文献.....	(231)

绪 论

液压与气动技术是实现工业自动化最有效的手段,是机械设备中发展速度最快的技术之一。液压与气动技术是液压与气压传动及控制的简称,它们以流体(液压油液、压缩空气)为工作介质,进行能量和信号的传递,来控制各种机械设备,故它们又称为流体传动及控制。液压与气压传动、机械传动、电气传动、电子传动并列为四大传动形式。

一、液压与气动技术在国民经济中的应用

液压与气压传动相对机械传动来说是一种新兴技术。虽然从17世纪帕斯卡提出静压传递原理、18世纪工业革命开始,液压与气动技术逐渐被应用于生产中(例如水压机、矿山用风钻、火车刹车装置),但广泛应用于工业自动化、并有大幅度发展则是20世纪中期以后的事情。

液压传动装置最先用在军事装备上,如舰艇、坦克、火炮、潜艇等的炮塔转位瞄准器。之后很快转人民用工业,如机械加工设备(车床、镗床、磨床、组合机床、加工中心、压力机、压铸机)、筑路机械(碾光机、压路机)、建筑机械(挖掘机、自卸卡车、混凝土泵车)、起重运输机械(汽车起重吊、装载机)、船舶港口机械(绞车、叉车、起锚机、舵机)、塑料机械(注塑机、中空吹塑机、挤出机)、冶金机械(轧钢机、铸钢机)、化工机械(压榨机、过滤机、紧急切断阀)、农业机械(拖拉机、联合收割机)、航空机械(飞机的升降舵及副翼的控制、起落架着陆装置)。液压传动技术与我们日常生活也有着密切的关系,如大街上行驶的小轿车、大中巴士、大卡车的转向器和吸振器及医疗器械中的牙科手术椅、游艺场中的游艺机等都采用了液压传动技术。

气动控制装置普遍应用在汽车制造业(自动生产线、车体部件的自动搬运与固定、自动焊接等)、电子及家电行业(硅片的搬运、元器件的插入及锡焊、家用电器的组装等)、加工制造业(加工生产线上工件的装夹及传输、冷却润滑液的控制、铸造生产线上的造型及合箱等)、流动介质管道输送业(石油加工、气体加工、化工管道输送介质的自动化流程)、包装自动线(聚乙烯、化肥、酒类、油类、煤气罐装、各类食品的包装)、机器人(装配、喷漆、爬墙、焊接等工业机器人)等方面,以及车辆的刹车装置、车门启闭装置、鱼雷导弹的自动控制装置中也都采用了气动控制。另外,各种气动工具更是气动技术应用的体现。

液压与气动技术广泛地应用于国民经济各个领域,特别是近十几年来,它与传感技术、微电子技术密切结合,发展成包括传动、控制与检测在内的自动化技术,已成为生产自动化不可缺少的重要手段。

二、液压与气压传动的工作原理及其特征

液压与气压传动的工作原理及其特征是相似的。现以液压千斤顶为例,简述其工作原理。

如图0-1所示,当向上抬起杠杆时,与杠杆铰接的小活塞向上运动,缸1下腔容积增大,形成局部真空,阀2关闭,油箱4的油液在大气压作用下顶开阀3进入缸1。当向下压杠杆时,缸1下腔容积减小,油液受挤压,压力升高关闭阀3、顶开阀2,油液经油管进入缸6的下腔,推动大活塞上移顶起重物。因此阀3称为吸油单向阀,阀2称为排油单向阀。不断扳动杠杆,就不

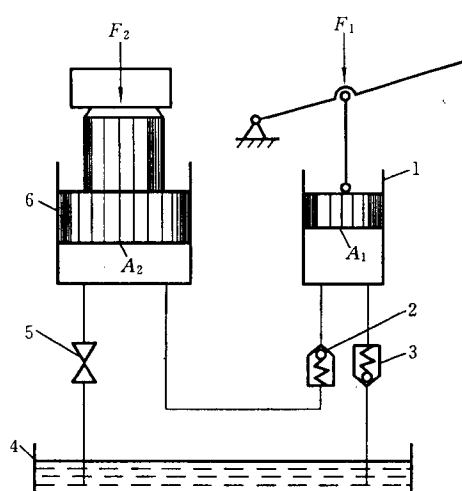


图 0-1 液压千斤顶工作原理图

1—小液压缸；2—排油单向阀；3—吸油单向阀；

4—油箱；5—截止阀；6—大液压缸

断有油液进入缸 6 下腔，以举升重物。杠杆停止动作，缸 6 下腔油液压力会使阀 2 关闭，从而使大活塞连同重物一起自锁不动。当重物被举升时，截止阀 5 关闭；当需要放下大活塞时，打开此阀，缸 6 下腔油液将在重力作用下排回油箱。

缸 1 在杠杆的作用下，将机械能转换为油液的压力能，缸 6 又将油液的压力能转换为机械能以举升重物，从而实现了能量—力和运动的传递。其中，力的传递遵循帕斯卡原理：“在密闭容器内，施加于静止液体上的压力将以等值同时传到液体各点”；运动（速度和位移）的传递遵循密闭工作容积变化相等的原则。

由此得出，液压与气压传动的两个特征：系统工作压力取决于外负载，负载越大，产生的压力也越高；活塞的运动速度取决于单位时间内输入的流体体积（流量）。流体的压力 p 和流量 q 是液压与气动系统中两个最基本的性能参数。

系统中两个最基本的性能参数。

三、液压系统与气动系统的组成和图形符号

液压与气压传动都是由各种元件组成不同功能的基本回路，再由若干个基本回路有机地组合成传动系统，以完成预定的功能。

图 0-2(a)和图 0-3(a)为典型的液压系统和气动系统的组成示意图。它们主要由以下四部分组成：

(1) 能源装置：把机械能转换为流体压力能的装置。对液压系统，是液压泵。如图 0-1 中，缸 1、吸油单向阀 3、排油单向阀 2 组成了一个阀配流液压泵。对气动系统，其主体部分是空气压缩机，再加上储存、净化压缩空气的附属设备，集中于工厂或车间的压缩空气站内，由气压站向各用气点分配压缩空气。

(2) 执行元件：把流体的压力能转换成机械能输出的装置。直接作直线运动的是液压缸、气缸，作回转运动的是液压马达、气马达、摆动缸（图 0-1 中的缸 6）。

(3) 控制元件：对系统中流体的压力、流量及流动方向进行控制和调节，以便使执行元件完成预定运动规律的元件。如图 0-2 中的溢流阀、流量控制阀、换向阀，图 0-3 中的压力阀、流量阀、换向阀、逻辑元件、行程阀等。

(4) 辅助元件：保证系统正常工作所需的、上述三部分以外的元件。如图 0-2 中的过滤器、油箱、管件，图 0-3 中的消声器、油雾器、分水滤气器等。

为了简化液压、气动系统的表示方法，通常采用图形符号来绘制系统的原理图。各类元件的图形符号只表示其职能，不表示具体结构，由它们组成的系统原理图表达了系统的工作原理以及各元件在系统中的作用，如图 0-2(b)、图 0-3(b)所示。有关《气动与液压》图形符号的国家标准(GB/T 786—93)见附录。在第二、三、四、五章中，每讲述一类元件，都将介绍其图形符号，要求熟记常用元件的图形符号。

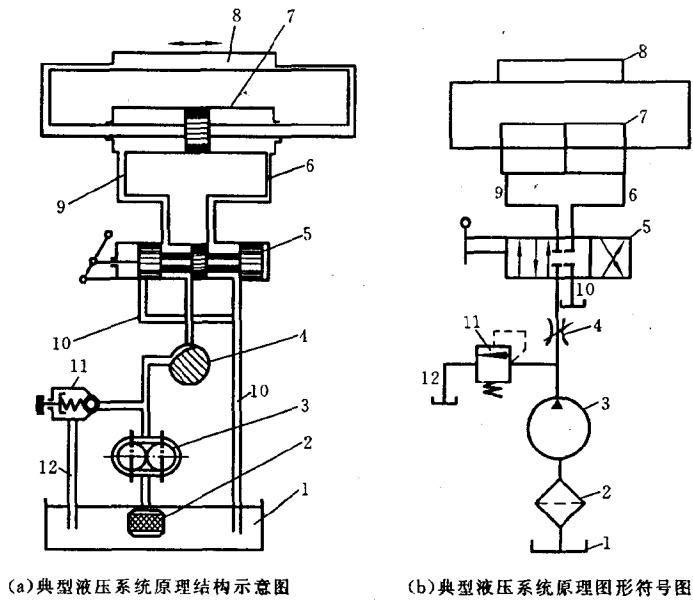


图 0-2 典型液压系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3—液压泵；4—流量控制阀；5—换向阀；
6、9、10、12—管道；7—液压缸；8—工作台；11—溢流阀

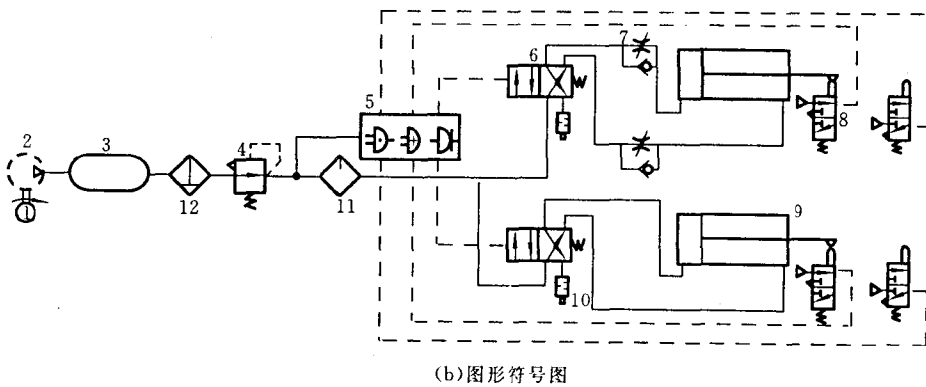
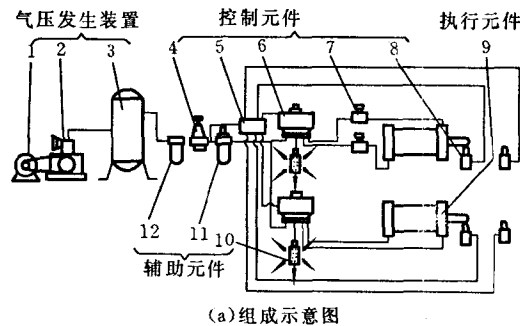


图 0-3 气压传动及控制系统原理图

1—电动机；2—空气压缩机；3—气罐；4—压力控制阀；5—逻辑元件组；6—换向阀；
7—流量控制阀；8—行程阀；9—气缸；10—消声器；11—油雾器；12—分水滤气器