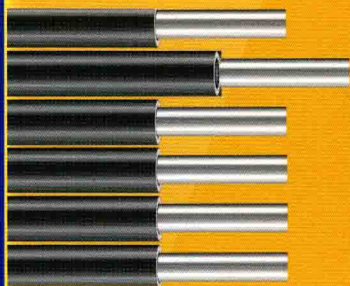
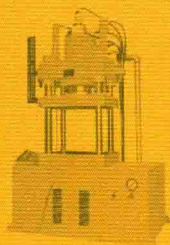
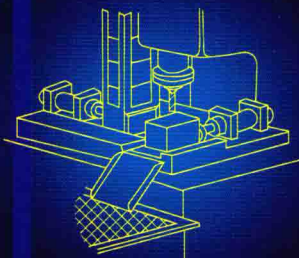
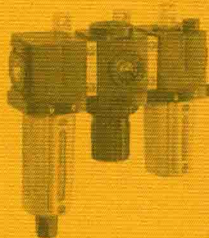
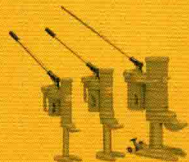
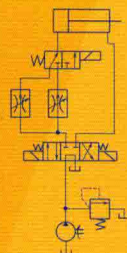
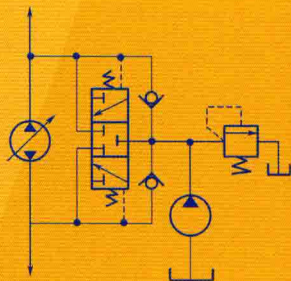


黄志坚 编著

# 实用液压 气动回路 880 例



SHIYONG YEYA  
QIDONG HUILU  
880LI



化学工业出版社

# 实用液压 气动回路 880 例



黄志坚 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：18.00元

ISBN 7-122-00000-0

本书结合液压与气动技术的新成果及数字化、智能化的发展趋势,较全面地介绍了目前国内机械设备中的各种液压与气动回路共计 880 例。

全书按照由简单到复杂的顺序,以一图一表的形式,一目了然地介绍了常用液压气动回路的特点、功能、应用范围以及回路选用原则和注意事项等。同时也列举了液压与气动回路设计和使用维修参考实例。读者在分析回路的过程中,应着重弄清回路图中油路(气路)的走向,主油路(气路)与先导油路(气路)的关系,各元件在其中的作用以及回路的技术特点。

本书的主要读者是广大液压气动设备设计开发与使用维修工程技术人员,也可作为高等工科院校与职业技术学院有关专业师生的教学参考书或培训教材。

黄志坚 著

#### 图书在版编目(CIP)数据

实用液压气动回路 880 例/黄志坚编著. —北京:化学工业出版社, 2018. 1

ISBN 978-7-122-30934-1

I. ①实… II. ①黄… III. ①液压回路②气压传动装置-回路 IV. ①TH137.7②TH138.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 272561 号

责任编辑:黄 滢

装帧设计:王晓宇

责任校对:王素芹

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 刷:三河市航远印刷有限公司

装 订:三河市瞰发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 566 千字 2018 年 1 月北京第 1 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:98.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

液压系统是一种动力传递与控制装置，人们利用它实现机械能—液压能—机械能的转换。液压传动与控制技术在国民经济与国防各部门的应用日益广泛，液压设备在装备体系中占十分重要的位置。液压系统是结构复杂且精密度高的机、电、液综合系统，液压技术涉及机械、电气、流体力学、控制工程等学科。同时，液压技术在不断进步与更新。

液压系统由回路组成。所谓液压回路是指能实现某种规定功能的若干液压元件的组合，因此，液压回路是由液压元件组成的。哪种回路更适合应用环境，是设计开发人员所关心的；液压回路隐含了液流的路径，油液从哪里来，又去向哪里，则是维修人员所关心的。

基本回路按在液压系统中的功能可分为压力控制回路——控制整个系统或局部油路的工作压力；速度控制回路——控制和调节执行元件的速度；方向控制回路——控制执行元件运动方向的变换和锁停；多执行元件控制回路——控制几个执行元件间的工作循环。液压回路图一般由液压元件符号及连接线构成，它是液压回路技术内容的主要表现形式。设计开发人员利用它表达技术方案；维修人员通过它理解设备的工作原理。

气压传动是流体传动与控制的另一分支。气压传动工作环境适应性好，特别是易燃、易爆、多尘埃、强磁场、潮湿、温度变换大、振动、存在腐蚀性气体等恶劣场合。气动元件结构简单、紧凑，易于制造，工作介质是空气，比较容易获得，使用后一般可以直接排入大气中，处理方便。因此气压传动有着广泛的应用。气动回路的结构类型及工作原理与液压回路有一定程度的相似。

本书在收集整理各方资料的基础上，较全面地介绍了目前国内机械设备中的各种液压与气动回路。对每一种回路，给出了回路图，并以表格的形式简要介绍了它的技术特点及适用环境。同时也列举了液压与气动回路设计使用维修参考实例。

本书技术内容条理分明、浅显易读，适合初学者。读者在分析回路的过程中，应着重弄清回路图中油路（气路）的走向，主油路（气路）与先导油路（气路）的关系，各元件在其中的作用，以及回路的技术特点。每章的后部分是应用实例，一个实例可能包括多个回路，实例也可能涉及 PLC 电控技术，内容构成更加复杂，专业面更广且稍有深度，读者可在学习基础部分之后进一步研读。液压与气动回路由元件构成，建议读者在较好地掌握液压与气动元件专业基础上阅读本书。

本书的主要读者是广大液压气动设备设计开发与使用维修工程技术人员，本书也可作为高等工科院校与职业技术学院有关专业教师与学生的教学参考书或培训教材。

由于笔者水平有限，书中不足之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第1篇 液压回路 .....                   | 1  |
| 第1章 液压源回路 .....                  | 1  |
| 1.1 液压系统中的基本液压源回路 .....          | 2  |
| 1.2 定量泵-溢流阀液压源回路 .....           | 2  |
| 1.3 变量泵-安全阀液压源回路 .....           | 2  |
| 1.4 高低压双泵液压源回路 .....             | 3  |
| 1.5 采用插装阀的双泵液压源回路 .....          | 3  |
| 1.6 多泵并联供油液压源回路 .....            | 3  |
| 1.7 液压泵并联同时供油液压源回路 .....         | 4  |
| 1.8 液压泵并联交替供油液压源回路 .....         | 4  |
| 1.9 液压泵串联供油液压源回路 .....           | 4  |
| 1.10 阀控液压源回路 .....               | 5  |
| 1.10.1 阀控液压源回路Ⅰ .....            | 5  |
| 1.10.2 阀控液压源回路Ⅱ .....            | 5  |
| 1.10.3 阀控液压源回路Ⅲ .....            | 5  |
| 1.10.4 阀控液压源回路Ⅳ .....            | 6  |
| 1.11 闭式液压系统的液压源回路 .....          | 6  |
| 1.12 充压油箱液压源回路 .....             | 6  |
| 1.13 液压泵补油回路 .....               | 7  |
| 1.13.1 液压泵补油回路Ⅰ .....            | 7  |
| 1.13.2 液压泵补油回路Ⅱ .....            | 7  |
| 1.14 液压源滤油回路 .....               | 7  |
| 1.14.1 吸油管滤油回路 .....             | 7  |
| 1.14.2 压油管滤油回路 .....             | 8  |
| 1.14.3 回油管滤油回路 .....             | 8  |
| 1.14.4 支油管滤油回路 .....             | 8  |
| 1.14.5 独立的滤油回路 .....             | 8  |
| 1.15 液压源油液冷却回路 .....             | 9  |
| 1.15.1 溢流冷却回路 .....              | 9  |
| 1.15.2 闭式系统冷却回路 .....            | 9  |
| 1.15.3 油温自动调节的回路 .....           | 9  |
| 1.15.4 油温自动调节的伺服回路 .....         | 9  |
| 1.16 应急液压源回路 .....               | 10 |
| 1.16.1 备用泵的应急液压源回路 .....         | 10 |
| 1.16.2 用手动泵的应急液压源回路Ⅰ .....       | 10 |
| 1.16.3 用手动泵的应急液压源回路Ⅱ .....       | 10 |
| 1.16.4 用蓄能器的应急液压源回路Ⅰ .....       | 10 |
| 1.16.5 用蓄能器的应急液压源回路Ⅱ .....       | 11 |
| 1.17 液压源回路应用实例 .....             | 11 |
| 1.17.1 闭环控制轴向柱塞泵 .....           | 11 |
| 1.17.2 履带拖拉机闭式液压行走系统 .....       | 12 |
| 1.17.3 液压系统的变频容积调速 .....         | 13 |
| 1.17.4 机载智能泵源系统 .....            | 17 |
| 第2章 压力控制回路 .....                 | 22 |
| 2.1 单级调压回路 .....                 | 22 |
| 2.1.1 单级调压回路Ⅰ .....              | 22 |
| 2.1.2 单级调压回路Ⅱ .....              | 23 |
| 2.1.3 变量泵单级调压回路 .....            | 23 |
| 2.2 多级调压回路 .....                 | 23 |
| 2.2.1 二级调压回路 .....               | 23 |
| 2.2.2 三级调压回路 .....               | 24 |
| 2.2.3 四级调压回路 .....               | 25 |
| 2.2.4 五级调压回路 .....               | 25 |
| 2.2.5 数字逻辑多级远程调压回路 .....         | 25 |
| 2.3 无级调压回路 .....                 | 26 |
| 2.3.1 利用比例溢流阀调压的无级<br>调压回路 ..... | 26 |
| 2.3.2 变量泵构成的无级调压回路 .....         | 26 |

|                                   |    |                                |    |
|-----------------------------------|----|--------------------------------|----|
| 2.3.3 溢流阀无级压力控制回路 .....           | 26 | 2.7.10 压力补偿变量泵卸荷回路 .....       | 38 |
| 2.4 双向调压回路 .....                  | 27 | 2.7.11 多执行器卸荷回路 .....          | 38 |
| 2.4.1 用远程调压阀的单泵双向调压回路 .....       | 27 | 2.8 保压回路 .....                 | 38 |
| 2.4.2 用溢流阀的单泵双向调压回路 .....         | 27 | 2.8.1 利用蓄能器的保压回路 .....         | 38 |
| 2.4.3 双泵双向调压回路 .....              | 27 | 2.8.2 辅助泵保压回路 .....            | 39 |
| 2.5 减压回路 .....                    | 28 | 2.8.3 液控单向阀保压回路 .....          | 40 |
| 2.5.1 利用减压阀的单级减压回路 .....          | 28 | 2.8.4 用液控单向阀的自动补油保压回路 .....    | 40 |
| 2.5.2 利用远程调压阀的二级减压回路 .....        | 28 | 2.8.5 压力补偿变量泵保压回路 .....        | 40 |
| 2.5.3 利用二位二通换向阀的二级减压回路 .....      | 28 | 2.8.6 综合保压回路 .....             | 41 |
| 2.5.4 多级减压回路 .....                | 29 | 2.9 平衡回路 .....                 | 41 |
| 2.5.5 单向减压回路 .....                | 29 | 2.9.1 利用单向顺序阀的平衡回路 .....       | 41 |
| 2.5.6 利用两个减压阀的双向减压回路 .....        | 29 | 2.9.2 利用液控单向阀的平衡回路 .....       | 41 |
| 2.5.7 减压阀并联的多级减压回路 .....          | 30 | 2.9.3 利用液控顺序阀的平衡回路 .....       | 42 |
| 2.5.8 无级减压回路 .....                | 30 | 2.9.4 利用单向节流阀的平衡回路 .....       | 42 |
| 2.6 增压回路 .....                    | 31 | 2.9.5 利用单向阀的平衡回路 .....         | 42 |
| 2.6.1 增力回路 .....                  | 31 | 2.9.6 利用插装阀的平衡回路 .....         | 43 |
| 2.6.2 单作用增压器增压回路 .....            | 31 | 2.10 缓冲回路 .....                | 43 |
| 2.6.3 双作用增压器增压回路 .....            | 32 | 2.10.1 液压缸缓冲回路 .....           | 43 |
| 2.6.4 双作用增压器双向增压回路 .....          | 32 | 2.10.2 蓄能器缓冲回路 .....           | 43 |
| 2.6.5 利用增压器的增压回路 .....            | 32 | 2.10.3 溢流阀缓冲回路 .....           | 43 |
| 2.6.6 利用液压马达的增压回路 .....           | 33 | 2.10.4 电液换向阀缓冲回路 .....         | 44 |
| 2.7 卸荷回路 .....                    | 33 | 2.10.5 调速阀缓冲回路 .....           | 45 |
| 2.7.1 换向阀卸荷回路 .....               | 34 | 2.10.6 节流阀缓冲回路 .....           | 45 |
| 2.7.2 先导式溢流阀卸荷回路 .....            | 34 | 2.11 卸压回路 .....                | 45 |
| 2.7.3 复合泵卸荷回路 .....               | 34 | 2.11.1 节流阀卸压回路 .....           | 46 |
| 2.7.4 二位二通阀卸荷回路 .....             | 35 | 2.11.2 顺序阀卸压回路 .....           | 46 |
| 2.7.5 溢流阀卸荷回路 .....               | 35 | 2.11.3 二级液控单向阀卸压回路 .....       | 47 |
| 2.7.6 电液换向阀卸荷回路 .....             | 36 | 2.11.4 电液换向阀卸压回路 .....         | 47 |
| 2.7.7 插装溢流阀卸荷回路 .....             | 37 | 2.11.5 节能降噪卸压回路 .....          | 47 |
| 2.7.8 蓄能器卸荷回路 .....               | 37 | 2.12 压力控制回路应用实例 .....          | 47 |
| 2.7.9 压力继电器双泵卸荷回路 .....           | 37 | 2.12.1 水平式压力机液压系统 .....        | 47 |
| 第3章 方向控制回路 .....                  | 58 | 2.12.2 桥梁支座更换液压系统 .....        | 50 |
| 3.1 换向回路 .....                    | 58 | 2.12.3 风电叶片模具液压翻转系统 .....      | 53 |
| 3.1.1 采用二位四通电磁换向阀的换向回路 .....      | 58 | 2.12.4 天车液压系统 .....            | 55 |
| 3.1.2 采用手动换向阀的换向回路 .....          | 58 | 3.1.5 采用三通换向阀换向的换向回路 .....     | 59 |
| 3.1.3 采用三位四通换向阀的换向回路 .....        | 58 | 3.1.6 采用四通换向阀使柱塞缸换向的换向回路 ..... | 59 |
| 3.1.4 采用二位三通换向阀使单作用缸换向的换向回路 ..... | 59 | 3.1.7 先导阀控制液动换向阀的换向回路 .....    | 59 |
|                                   |    | 3.1.8 电液换向阀换向回路 .....          | 60 |
|                                   |    | 3.1.9 装有节流阀的电液换向阀换向回路 .....    | 60 |

|                               |           |                                  |     |
|-------------------------------|-----------|----------------------------------|-----|
| 3.1.10 液动换向阀自动换向回路 .....      | 60        | 3.3.9 用制动器的液压马达锁紧回路 .....        | 70  |
| 3.1.11 电液比例换向阀换向回路 .....      | 61        | 3.4 连续往复运动回路 .....               | 71  |
| 3.1.12 用多路换向阀换向的换向回路 .....    | 61        | 3.4.1 用行程开关控制的连续往复运动回路 .....     | 71  |
| 3.1.13 用插装阀组成的换向回路 .....      | 62        | 3.4.2 用行程换向阀控制的连续往复运动回路 .....    | 72  |
| 3.1.14 时间控制制动式换向回路 .....      | 64        | 3.4.3 用压力继电器控制的连续往复运动回路 .....    | 73  |
| 3.1.15 行程控制制动式换向回路 .....      | 64        | 3.4.4 用顺序阀控制的连续往复运动回路 .....      | 73  |
| 3.1.16 采用比例压力阀的换向回路 .....     | 64        | 3.4.5 行程和压力联合控制的连续往复运动回路 .....   | 74  |
| 3.1.17 比例电液换向阀换向回路 .....      | 65        | 3.4.6 气动控制的连续往复运动回路 .....        | 74  |
| 3.1.18 比例电液方向流量复合换向回路 .....   | 65        | 3.5 限程回路 .....                   | 75  |
| 3.1.19 双向泵换向回路 .....          | 66        | 3.5.1 用行程换向阀限程的回路 .....          | 75  |
| 3.2 启停回路 .....                | 67        | 3.5.2 用液压缸结构限程的回路 .....          | 75  |
| 3.2.1 二位二通阀的启停回路 .....        | 67        | 3.6 液压缸定位回路 .....                | 75  |
| 3.2.2 二位三通阀的启停回路 .....        | 68        | 3.6.1 液压缸三位定位回路 .....            | 75  |
| 3.3 锁紧回路 .....                | 68        | 3.6.2 液压缸多位定位回路 .....            | 76  |
| 3.3.1 用换向阀的中位机能锁紧回路 .....     | 68        | 3.7 方向控制回路应用实例 .....             | 76  |
| 3.3.2 用单向阀的锁紧回路 .....         | 68        | 3.7.1 混凝土输送泵开式液压系统 .....         | 76  |
| 3.3.3 用液压单向阀的单向锁紧回路 .....     | 69        | 3.7.2 基于电液比例技术的船舶液压舵机 .....      | 79  |
| 3.3.4 用液控单向阀的锁紧回路 .....       | 69        | 3.7.3 汽车起重机液压系统 .....            | 81  |
| 3.3.5 用液控顺序阀的单向锁紧回路 .....     | 69        | 3.7.4 液压钻机起升系统 .....             | 83  |
| 3.3.6 用液控顺序阀的双向锁紧回路 .....     | 69        |                                  |     |
| 3.3.7 用锁紧缸锁紧的回路 .....         | 70        |                                  |     |
| 3.3.8 用液控插装单向阀的液压缸锁紧回路 .....  | 70        |                                  |     |
| <b>第4章 调速回路 .....</b>         | <b>87</b> |                                  |     |
| 4.1 节流调速回路 .....              | 87        | 4.3.1 限压式变量泵-调速阀容积节流调速回路 .....   | 95  |
| 4.1.1 进油节流调速回路 .....          | 87        | 4.3.2 压力反馈式变量泵-节流阀容积节流调速回路 ..... | 95  |
| 4.1.2 回油路节流调速回路 .....         | 89        | 4.3.3 差压式变量泵-节流阀容积节流调速回路 .....   | 96  |
| 4.1.3 旁油路节流调速回路 .....         | 91        | 4.3.4 不带压力调节的比例容积节流调速回路 .....    | 96  |
| 4.1.4 进回油同时节流的调速回路 .....      | 91        | 4.3.5 带压力调节的比例容积节流调速回路 .....     | 96  |
| 4.1.5 双向节流调速回路 .....          | 91        | 4.3.6 采用变频器控制的调速回路 .....         | 97  |
| 4.2 容积调速回路 .....              | 92        | 4.4 有级调速回路 .....                 | 97  |
| 4.2.1 变量泵和液压缸组成的容积调速回路 .....  | 92        | 4.4.1 多泵数字逻辑分级调速回路 .....         | 97  |
| 4.2.2 变量泵和定量马达组成的容积调速回路 ..... | 93        | 4.4.2 单泵数字逻辑有级调速回路 .....         | 98  |
| 4.2.3 定量泵和变量马达组成的容积调速回路 ..... | 93        | 4.5 调速回路应用实例 .....               | 98  |
| 4.2.4 变量泵和变量马达组成的容积调速回路 ..... | 94        | 4.5.1 磨蚀系数试验台液压系统 .....          | 98  |
| 4.2.5 变量泵和流量阀组成的容积调速回路 .....  | 95        | 4.5.2 盾构机刀盘驱动液压系统 .....          | 100 |
| 4.3 容积节流调速回路 .....            | 95        | 4.5.3 阀控-变频液压电梯 .....            | 103 |

|                         |     |                        |     |
|-------------------------|-----|------------------------|-----|
| 4.5.4 组合机床液压系统爬行的处理     | 105 | 4.5.5 调速阀使用应注意的问题      | 106 |
| <b>第5章 快速运动回路</b>       | 108 |                        |     |
| 5.1 差动连接快速运动回路          | 108 | 5.7.4 辅助缸的快速运动回路Ⅳ      | 114 |
| 5.1.1 差动连接快速运动回路Ⅰ       | 108 | 5.7.5 辅助缸的快速运动回路Ⅴ      | 114 |
| 5.1.2 差动连接快速运动回路Ⅱ       | 108 | 5.8 增速缸的快速运动回路         | 114 |
| 5.1.3 差动连接快速运动回路Ⅲ       | 109 | 5.8.1 增速缸的快速运动回路Ⅰ      | 114 |
| 5.1.4 差动连接快速运动回路Ⅳ       | 109 | 5.8.2 增速缸的快速运动回路Ⅱ      | 115 |
| 5.1.5 差动连接快速运动回路Ⅴ       | 109 | 5.8.3 增速缸的快速运动回路Ⅲ      | 115 |
| 5.1.6 差动连接快速运动回路Ⅵ       | 109 | 5.8.4 增速缸的快速运动回路Ⅳ      | 115 |
| 5.2 自重补油快速运动回路          | 110 | 5.8.5 增速缸的快速运动回路Ⅴ      | 116 |
| 5.3 双泵供油的快速运动回路         | 110 | 5.8.6 增速缸的快速运动回路Ⅵ      | 116 |
| 5.4 用低压泵的快速运动回路         | 110 | 5.9 液压马达串并联快速运动回路      | 116 |
| 5.5 蓄能器快速运动回路           | 111 | 5.9.1 液压马达串并联快速运动回路Ⅰ   | 116 |
| 5.5.1 蓄能器快速运动回路Ⅰ        | 111 | 5.9.2 液压马达串并联快速运动回路Ⅱ   | 117 |
| 5.5.2 蓄能器快速运动回路Ⅱ        | 111 | 5.10 快速回路应用实例          | 117 |
| 5.5.3 蓄能器快速运动回路Ⅲ        | 111 | 5.10.1 高速冲床液压系统        | 117 |
| 5.5.4 蓄能器快速运动回路Ⅳ        | 112 | 5.10.2 热压成型机液压系统       | 118 |
| 5.5.5 蓄能器快速运动回路Ⅴ        | 112 | 5.10.3 木片压缩机液压系统       | 120 |
| 5.6 蓄能器辅助供油的快速运动回路      | 112 | 5.10.4 高速活塞式蓄能器的应用     | 122 |
| 5.7 辅助缸的快速运动回路          | 113 | 5.10.5 组合液压缸节能液压抽油机    | 123 |
| 5.7.1 辅助缸的快速运动回路Ⅰ       | 113 |                        |     |
| 5.7.2 辅助缸的快速运动回路Ⅱ       | 113 |                        |     |
| 5.7.3 辅助缸的快速运动回路Ⅲ       | 113 |                        |     |
| <b>第6章 速度转换回路</b>       | 126 |                        |     |
| 6.1 常用速度转换回路            | 126 | 6.1.6 调速阀串联的速度转换回路     | 128 |
| 6.1.1 用行程阀的速度转换回路       | 126 | 6.1.7 用比例调速阀的速度转换回路    | 128 |
| 6.1.2 用行程节流阀的速度转换回路     | 126 | 6.1.8 比例阀连续调速回路        | 128 |
| 6.1.3 用行程换向阀的速度转换回路     | 127 | 6.1.9 用专用阀的速度转换回路      | 129 |
| 6.1.4 用电磁阀和调速阀的速度转换回路   | 127 | 6.2 速度转换回路应用实例         | 129 |
| 6.1.5 调速阀并联的速度转换回路      | 127 | 6.2.1 组合机床液压调速回路       | 129 |
|                         |     | 6.2.2 全自动多片锯铣床液压系统     | 130 |
| <b>第7章 顺序动作回路</b>       | 133 |                        |     |
| 7.1 行程控制的顺序动作回路         | 133 | 7.3.2 用压力继电器控制的顺序动作回路Ⅱ | 137 |
| 7.1.1 用行程换向阀控制的顺序动作回路   | 133 | 7.3.3 用压力继电器控制的顺序动作回路Ⅲ | 137 |
| 7.1.2 用行程换向阀控制的多缸顺序动作回路 | 133 | 7.4 时间控制的顺序动作回路        | 138 |
| 7.1.3 用行程开关控制的顺序动作回路    | 134 | 7.4.1 用延时阀控制时间的顺序动作回路Ⅰ | 138 |
| 7.2 压力控制的顺序动作回路         | 134 | 7.4.2 用延时阀控制时间的顺序动作回路Ⅱ | 138 |
| 7.2.1 负载压力决定的顺序动作回路     | 135 | 7.4.3 用凸轮控制时间的顺序动作回路   | 138 |
| 7.2.2 用顺序阀控制的顺序动作回路     | 135 | 7.4.4 用专用阀控制时间的顺序动作回路  | 139 |
| 7.3 用压力继电器控制的顺序动作回路     | 137 |                        |     |
| 7.3.1 用压力继电器控制的顺序动作回路Ⅰ  | 137 |                        |     |

|                        |     |                         |     |
|------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 7.5 用插装阀控制时间的顺序动作回路    | 139 | 回路中的应用                  | 140 |
| 7.6 顺序动作回路应用实例         | 140 | 7.6.2 PLC在多缸顺序控制中的应用    | 141 |
| 7.6.1 新型顺序阀在液压机增速缸增速回路 | 140 | 7.6.3 顺序控制回路            | 144 |
| <b>第8章 同步回路</b>        | 147 |                         | 147 |
| 8.1 机械连接的同步回路          | 147 | 8.7.4 带补偿装置的串联液压缸同步回路Ⅳ  | 154 |
| 8.1.1 活塞杆连接的同步回路       | 147 | 8.8 容积控制同步回路            | 155 |
| 8.1.2 齿轮齿条式同步回路        | 147 | 8.8.1 同步缸同步回路           | 155 |
| 8.1.3 用连杆机构的同步回路       | 148 | 8.8.2 同步马达同步回路          | 156 |
| 8.1.4 液压马达刚性连接供油的同步回路  | 148 | 8.9 泵同步回路               | 157 |
| 8.2 采用调速阀的同步回路         | 148 | 8.9.1 用等流量单向定量泵同步的回路    | 157 |
| 8.2.1 采用调速阀的同步回路Ⅰ      | 148 | 8.9.2 用等流量双向定量泵同步的回路    | 157 |
| 8.2.2 采用调速阀的同步回路Ⅱ      | 149 | 8.9.3 用伺服泵同步的回路         | 158 |
| 8.2.3 采用调速阀的同步回路Ⅲ      | 149 | 8.10 其他同步回路             | 158 |
| 8.2.4 采用调速阀的同步回路Ⅳ      | 149 | 8.10.1 机械反馈的同步回路        | 158 |
| 8.2.5 采用调速阀的同步回路Ⅴ      | 150 | 8.10.2 电气反馈的同步回路        | 159 |
| 8.3 电液比例调速阀同步回路        | 150 | 8.10.3 用蓄能器与调速阀的同步回路    | 159 |
| 8.4 采用分流阀控制的同步回路       | 151 | 8.10.4 无源的同步回路          | 160 |
| 8.4.1 采用分流阀控制的同步回路Ⅰ    | 151 | 8.10.5 用气液缸的同步回路        | 160 |
| 8.4.2 采用分流阀控制的同步回路Ⅱ    | 151 | 8.11 伺服阀同步回路            | 160 |
| 8.4.3 采用分流阀控制的同步回路Ⅲ    | 152 | 8.11.1 伺服阀同步回路Ⅰ         | 160 |
| 8.5 采用分流集流阀的双缸同步回路     | 152 | 8.11.2 伺服阀同步回路Ⅱ         | 161 |
| 8.5.1 采用分流集流阀的双缸同步回路   | 152 | 8.11.3 伺服阀同步回路Ⅲ         | 161 |
| 8.5.2 采用分流集流阀的三缸同步回路   | 152 | 8.11.4 伺服阀同步回路Ⅳ         | 161 |
| 8.6 多缸同步回路             | 153 | 8.12 同步回路应用实例           | 162 |
| 8.6.1 三缸同步回路           | 153 | 8.12.1 同步控制在摊铺机液压系统中的应用 | 162 |
| 8.6.2 四缸同步回路           | 153 | 8.12.2 能自动消除误差的同步液压缸    | 164 |
| 8.7 带补偿装置的串联液压缸同步回路    | 153 | 8.12.3 箱梁架桥机支腿液压系统      | 166 |
| 8.7.1 带补偿装置的串联液压缸同步回路Ⅰ | 153 | 8.12.4 带恒压模块的比例同步控制系统   | 168 |
| 8.7.2 带补偿装置的串联液压缸同步回路Ⅱ | 154 | 8.12.5 液压升降小车           | 169 |
| 8.7.3 带补偿装置的串联液压缸同步回路Ⅲ | 154 |                         |     |
| <b>第9章 互不干涉回路</b>      | 172 |                         |     |
| 9.1 单向阀防干扰回路           | 172 | 9.3 节流阀防干扰回路            | 173 |
| 9.1.1 单向阀防干扰回路Ⅰ        | 172 | 9.4 压力补偿阀防干扰回路          | 174 |
| 9.1.2 单向阀防干扰回路Ⅱ        | 172 | 9.5 采用顺序节流阀的叠加阀式防干扰回路   | 174 |
| 9.2 顺序阀防干扰回路           | 172 | 9.6 蓄能器和压力泵分别供油的防干扰回路   | 174 |
| 9.2.1 顺序阀防干扰回路Ⅰ        | 172 | 9.7 双泵供油防干扰回路           | 175 |
| 9.2.2 顺序阀防干扰回路Ⅱ        | 173 |                         |     |
| 9.2.3 顺序阀防干扰回路Ⅲ        | 173 |                         |     |

|                                      |            |                                    |     |
|--------------------------------------|------------|------------------------------------|-----|
| 9.7.1 双泵供油防干扰回路 I .....              | 175        | 9.8 用机械液压传动防干扰回路 .....             | 176 |
| 9.7.2 双泵供油防干扰回路 II .....             | 175        | 9.8.1 用机械液压传动防干扰回路 I ...           | 176 |
| 9.7.3 双泵供油防干扰回路 III .....            | 176        | 9.8.2 用机械液压传动防干扰回路 II ...          | 177 |
| 9.7.4 双泵供油防干扰回路 IV .....             | 176        | 9.9 互不干涉回路应用实例 .....               | 177 |
| <b>第 10 章 液压马达回路 .....</b>           | <b>181</b> |                                    |     |
| 10.1 马达制动回路 .....                    | 181        | 10.4.2 液压马达串联回路 II .....           | 191 |
| 10.1.1 远程调压阀制动回路 .....               | 181        | 10.4.3 液压马达串联回路 III .....          | 191 |
| 10.1.2 用三位换向阀中位机能制动的<br>液压马达回路 ..... | 181        | 10.4.4 液压马达串联回路 IV .....           | 192 |
| 10.1.3 两种不同压力的制动回路 .....             | 182        | 10.4.5 液压马达串联回路 V .....            | 192 |
| 10.1.4 溢流阀制动回路 .....                 | 183        | 10.4.6 液压马达串联回路 VI .....           | 192 |
| 10.1.5 溢流桥制动回路 .....                 | 184        | 10.5 液压马达并联回路 .....                | 192 |
| 10.1.6 采用制动缸的液压马达制动<br>回路 .....      | 185        | 10.5.1 液压马达并联回路 I .....            | 192 |
| 10.1.7 用制动组件制动回路 .....               | 186        | 10.5.2 液压马达并联回路 II .....           | 193 |
| 10.1.8 采用制动阀的液压马达制动<br>回路 .....      | 186        | 10.5.3 液压马达并联回路 III .....          | 193 |
| 10.1.9 采用蓄能器的液压马达制动<br>回路 .....      | 187        | 10.5.4 液压马达并联回路 IV .....           | 193 |
| 10.2 液压马达限速回路 .....                  | 188        | 10.6 液压马达转换回路 .....                | 194 |
| 10.2.1 顺序阀限速回路 .....                 | 188        | 10.6.1 液压马达单动转换回路 .....            | 194 |
| 10.2.2 液压马达单向限速回路 .....              | 188        | 10.6.2 液压马达串并联转换回路 .....           | 194 |
| 10.2.3 液压马达双向限速回路 .....              | 188        | 10.7 防止反转的液压马达回路 .....             | 196 |
| 10.2.4 用背压阀的液压马达限速回路 ...             | 189        | 10.8 压力自动调节的液压马达回路 .....           | 196 |
| 10.3 液压马达浮动回路 .....                  | 189        | 10.9 用液压马达启动的液压回路 .....            | 196 |
| 10.3.1 中位机能浮动回路 .....                | 189        | 10.10 液压马达速度换接回路 .....             | 197 |
| 10.3.2 采用二位三通换向阀的液压<br>马达浮动回路 .....  | 189        | 10.11 液压马达功率回收回路 .....             | 197 |
| 10.3.3 采用二位四通换向阀的液压<br>马达浮动回路 .....  | 190        | 10.12 液压马达补油回路 .....               | 197 |
| 10.3.4 内曲线液压马达自身实现浮<br>动的回路 .....    | 190        | 10.12.1 液压马达补油回路 .....             | 197 |
| 10.3.5 用液压离合器使工作部件浮<br>动的回路 .....    | 190        | 10.12.2 用单向阀补油的液压马达的<br>补油回路 ..... | 198 |
| 10.4 液压马达串联回路 .....                  | 191        | 10.13 液压马达回路应用实例 .....             | 198 |
| 10.4.1 液压马达串联回路 I .....              | 191        | 10.13.1 摆丝机电液比例控制系统 .....          | 198 |
| <b>第 11 章 伺服控制回路 .....</b>           | <b>211</b> | 10.13.2 挖掘机回转马达回路 .....            | 200 |
| 11.1 位置控制的伺服回路 .....                 | 211        | 10.13.3 汽车起重机液压故障的分析 ...           | 202 |
| 11.1.1 用电磁换向阀继电器式的<br>位置控制伺服回路 ..... | 211        | 10.13.4 铲运机铲装无力故障分析与<br>处理 .....   | 203 |
| 11.1.2 用伺服阀的位置控制伺服回路 ...             | 211        | 10.13.5 液压马达速度伺服系统 .....           | 204 |
| 11.1.3 用电液步进缸的位置控制伺服<br>回路 .....     | 213        | 10.13.6 起货机液压马达 .....              | 209 |
| 11.2 液压仿形回路 .....                    | 213        |                                    |     |
|                                      |            | 11.2.1 用三通伺服阀控制的液压仿<br>形回路 .....   | 213 |
|                                      |            | 11.2.2 用喷嘴挡板控制的液压仿形<br>回路 .....    | 214 |
|                                      |            | 11.3 速度控制的伺服回路 .....               | 214 |
|                                      |            | 11.4 压力控制的伺服回路 .....               | 214 |
|                                      |            | 11.5 扭矩控制的伺服回路 .....               | 215 |

|                                    |     |                                           |     |
|------------------------------------|-----|-------------------------------------------|-----|
| 11.6 姿态控制的伺服回路 .....               | 215 | 11.9.1 热轧 CVC 液压控制系统及<br>应用 .....         | 217 |
| 11.6.1 姿态控制的伺服回路 I .....           | 215 | 11.9.2 600 MW 机组 DEH 液压故障<br>分析及处理 .....  | 218 |
| 11.6.2 姿态控制的伺服回路 II .....          | 215 | 11.9.3 火炮电液伺服控制系统 .....                   | 221 |
| 11.7 张力控制的伺服回路 .....               | 216 | 11.9.4 新型与智能型集成电液伺服<br>控制系统 .....         | 222 |
| 11.8 伺服泵控制回路 .....                 | 216 |                                           |     |
| 11.8.1 伺服泵控制回路 I .....             | 216 |                                           |     |
| 11.8.2 伺服泵控制回路 II .....            | 216 |                                           |     |
| 11.9 伺服控制回路应用实例 .....              | 217 |                                           |     |
| <b>第 12 章 其他回路</b> .....           |     |                                           | 226 |
| 12.1 安全保护回路 .....                  | 226 | 防前冲的回路 .....                              | 233 |
| 12.1.1 双手控制的安全回路 .....             | 226 | 12.4.3 用专用阀防前冲的回路 .....                   | 233 |
| 12.1.2 环境温差(油液膨胀)安全<br>回路 .....    | 226 | 12.4.4 防止活塞由快进转慢进时<br>前冲的回路 .....         | 233 |
| 12.1.3 保护液压泵的安全回路 .....            | 226 | 12.5 分度定位回路 .....                         | 234 |
| 12.1.4 防止液压缸过载的安全回路 .....          | 227 | 12.5.1 用齿条液压缸的分度定位回路 .....                | 234 |
| 12.1.5 应急停止回路 .....                | 227 | 12.5.2 用槽盘机构的分度定位回路 .....                 | 234 |
| 12.1.6 用保护门的安全回路 .....             | 228 | 12.6 周期运动回路 .....                         | 234 |
| 12.1.7 保护机器部件的安全回路 .....           | 228 | 12.6.1 时间控制的周期运动回路 .....                  | 234 |
| 12.1.8 双液压缸并联互锁回路 .....            | 229 | 12.6.2 行程控制的周期运动回路 .....                  | 235 |
| 12.1.9 应急控制回路 .....                | 229 | 12.7 摆动回路 .....                           | 235 |
| 12.1.10 管路损坏应急回路 .....             | 229 | 12.8 断续运动回路 .....                         | 235 |
| 12.2 润滑回路 .....                    | 230 | 12.8.1 用行程换向阀控制的断续<br>运动回路 .....          | 235 |
| 12.2.1 经减压阀的多支路润滑回路 .....          | 230 | 12.8.2 用专用阀控制的断续运动回路 .....                | 236 |
| 12.2.2 用回油润滑的润滑回路 .....            | 230 | 12.9 防止振荡的回路 .....                        | 236 |
| 12.2.3 独立的润滑回路 .....               | 231 | 12.10 其他回路应用实例 .....                      | 236 |
| 12.3 维护管理回路 .....                  | 231 | 12.10.1 注塑机模运动液压油路的<br>安全措施 .....         | 236 |
| 12.3.1 液压元件检查与更换回路 .....           | 231 | 12.10.2 铁水倾翻车液压系统 .....                   | 237 |
| 12.3.2 压力检查回路 .....                | 231 | 12.10.3 机床液压回路换向前冲的<br>处理 .....           | 238 |
| 12.3.3 油液清洁度检查回路 .....             | 232 | 12.10.4 液压阀疲劳及耐高压试验<br>系统 .....           | 239 |
| 12.3.4 管路较长时的清洗回路 .....            | 232 |                                           |     |
| 12.4 防止活塞前冲的回路 .....               | 232 |                                           |     |
| 12.4.1 限制调速阀进口最大压差防<br>前冲的回路 ..... | 232 |                                           |     |
| 12.4.2 使调速阀预先处于工作状态                |     |                                           |     |
| <b>第 2 篇 气动回路</b> .....            |     |                                           | 242 |
| <b>第 13 章 气源装置及压力控制回路</b> .....    |     |                                           | 242 |
| 13.1 气源装置的组成 .....                 | 242 | 13.6.2 利用二位三通换向阀控制的<br>高压转换回路 .....       | 245 |
| 13.2 气源压力控制回路 .....                | 243 | 13.6.3 利用三位三通换向阀控制的<br>高压转换回路 .....       | 245 |
| 13.3 气源压力延时输出回路 .....              | 244 | 13.6.4 利用外部先导电磁型大功率<br>减压阀的高-低压转换回路 ..... | 245 |
| 13.4 气罐内快速充排气回路 .....              | 244 | 13.7 双压驱动回路 .....                         | 246 |
| 13.5 工作压力控制回路 .....                | 244 | 13.7.1 双压驱动回路 I .....                     | 246 |
| 13.6 高-低压转换回路 .....                | 245 |                                           |     |
| 13.6.1 利用减压阀控制的高-低压<br>转换回路 .....  | 245 |                                           |     |

|                              |     |                           |     |
|------------------------------|-----|---------------------------|-----|
| 13.7.2 双压驱动回路Ⅱ               | 246 | 13.11.3 使用气液增压器的增压回路      | 249 |
| 13.7.3 双压驱动回路Ⅲ               | 246 | 13.12 冲击力(冲击气缸)的控制回路      | 249 |
| 13.7.4 双压驱动回路Ⅳ               | 247 | 13.13 气源装置及压力控制回路应用实例     | 249 |
| 13.8 多级压力驱动回路                | 247 | 13.13.1 钢铁卷取区域喷油螺杆式空压机及应用 | 249 |
| 13.9 压力无级调控回路                | 247 | 13.13.2 磨革机气动系统           | 251 |
| 13.10 多级力输出回路                | 248 | 13.13.3 卷纸机气动系统           | 252 |
| 13.11 增压回路                   | 248 | 13.13.4 压电开关              | 254 |
| 13.11.1 使用增压阀的增压回路           | 248 |                           |     |
| 13.11.2 气缸单侧增压的回路            | 249 |                           |     |
| <b>第14章 气动换向回路</b>           | 261 | <b>换向回路</b>               | 263 |
| 14.1 常用气动换向回路                | 261 | 14.1.8 驱动双作用气缸进行多种动作的回路   | 264 |
| 14.1.1 单作用气缸换向回路             | 261 | 14.1.9 延时退回回路             | 264 |
| 14.1.2 气控阀控制单作用气缸上升的回路       | 261 | 14.1.10 驱动摆动气缸的换向回路       | 264 |
| 14.1.3 单作用气缸自保持回路            | 262 | 14.2 气动换向回路应用实例           | 264 |
| 14.1.4 利用“或”门型梭阀控制的单作用气缸换向回路 | 262 | 14.2.1 汽车变速滑叉支架装配机气压系统    | 264 |
| 14.1.5 利用“与”门型梭阀控制的单作用气缸换向回路 | 262 | 14.2.2 阀岛在卷烟机组中的应用        | 267 |
| 14.1.6 双作用气缸换向回路             | 263 | 14.2.3 气动贴标机及换向气动回路       | 270 |
| 14.1.7 使用气控换向阀的间接控制          |     |                           |     |
| <b>第15章 调速回路</b>             | 273 | 15.11.1 行程中途变速回路Ⅰ         | 277 |
| 15.1 单作用气缸的单向调速回路            | 273 | 15.11.2 行程中途变速回路Ⅱ         | 277 |
| 15.1.1 控制气缸前进速度的单向调速回路       | 273 | 15.12 双速驱动回路              | 277 |
| 15.1.2 控制气缸返回速度的单向调速回路       | 273 | 15.12.1 使用电磁阀构成的双速驱动回路    | 277 |
| 15.1.3 利用快速排气阀的单作用气缸快速后退回路   | 273 | 15.12.2 使用多功能阀构成的双速驱动回路   | 278 |
| 15.2 单作用气缸双向调速回路             | 274 | 15.13 缓冲回路                | 278 |
| 15.3 双作用气缸单向调速回路             | 274 | 15.13.1 缓冲回路Ⅰ(行程末端降速回路)   | 278 |
| 15.4 双作用气缸双向节流调速回路           | 274 | 15.13.2 缓冲回路Ⅱ(行程末端降速回路)   | 278 |
| 15.5 用排气节流阀的双向节流调速回路         | 275 | 15.14 利用电气比例流量阀的无级调速回路    | 279 |
| 15.6 双作用气缸的差动快速回路            | 275 | 15.15 调速回路应用实例            | 279 |
| 15.7 双作用气缸的快速前进回路            | 275 | 15.15.1 安瓿瓶气动开启机械手        | 279 |
| 15.8 双作用气缸慢进-快退回路            | 276 | 15.15.2 气动无尘装车机           | 281 |
| 15.9 用行程阀的快速转慢速回路(减速回路)      | 276 | 15.15.3 高压气动压力流量复合控制数字阀   | 282 |
| 15.10 用二位二通电磁换向阀的快速转慢速回路     | 276 |                           |     |
| 15.11 行程中途变速回路               | 277 | <b>16.2 行程阀控制的往复动作回路</b>  | 285 |
| <b>第16章 往复动作回路</b>           | 285 |                           |     |
| 16.1 电磁阀控制的往复动作回路            | 285 |                           |     |

|                                     |     |                                         |     |
|-------------------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
| 16.3 压力控制的往复动作回路 .....              | 285 | 16.4.2 时间控制的往复动作回路Ⅱ .....               | 287 |
| 16.3.1 压力控制的往复动作回路Ⅰ .....           | 285 | 16.4.3 带行程检测的时间控制往复<br>动作回路 .....       | 287 |
| 16.3.2 压力控制的往复动作回路Ⅱ .....           | 286 | 16.5 从两个不同地点控制气缸的往复<br>动作回路 .....       | 287 |
| 16.3.3 带行程检测的压力控制往复<br>动作回路 .....   | 286 | 16.6 连续往复动作回路 .....                     | 288 |
| 16.4 时间控制的往复动作回路 .....              | 286 | 16.7 往复动作回路应用实例 .....                   | 288 |
| 16.4.1 时间控制的往复动作回路Ⅰ .....           | 286 |                                         |     |
| <b>第 17 章 顺序动作与同步动作回路</b> .....     | 291 |                                         |     |
| 17.1 顺序动作回路 .....                   | 291 | 17.2.2 机械连接的气缸同步动作<br>回路 .....          | 292 |
| 17.1.1 延时换向的单向顺序动作<br>回路 .....      | 291 | 17.2.3 气液缸同步动作回路 .....                  | 292 |
| 17.1.2 延时换向的双向顺序动作<br>回路 .....      | 291 | 17.3 顺序动作与同步动作回路应用实例 .....              | 293 |
| 17.2 同步动作回路 .....                   | 292 | 17.3.1 自动输送气动系统 .....                   | 293 |
| 17.2.1 用单向节流阀的气缸同步<br>动作回路 .....    | 292 | 17.3.2 气-电智能立体仓库 .....                  | 294 |
|                                     |     | 17.3.3 铝锭连续铸造机脱模装置气动同步<br>控制系统 .....    | 296 |
| <b>第 18 章 位置（角度）控制回路</b> .....      | 299 |                                         |     |
| 18.1 单作用气缸中途停止的位置控制<br>回路 .....     | 299 | 18.6.2 利用锁紧气缸的位置控制<br>回路Ⅱ .....         | 302 |
| 18.2 双作用气缸中途停止的位置控制<br>回路 .....     | 299 | 18.7 利用磁性开关（或行程开关）的<br>位置控制回路 .....     | 302 |
| 18.3 使用三位五通阀使气缸长时间中<br>途停止的回路 ..... | 300 | 18.8 利用机控阀实现的位置控制回路 .....               | 302 |
| 18.4 利用外部挡块辅助定位的位置控<br>制回路 .....    | 300 | 18.9 利用气液转换单元控制摆动马达<br>角度的回路 .....      | 303 |
| 18.5 利用多位气缸的位置控制回路 .....            | 300 | 18.10 利用气动位置传感器实现的位置<br>控制回路 .....      | 303 |
| 18.5.1 利用多位气缸的位置控制<br>回路Ⅰ .....     | 300 | 18.11 位置（角度）控制回路应用实例 .....              | 303 |
| 18.5.2 利用多位气缸的位置控制<br>回路Ⅱ .....     | 301 | 18.11.1 气动机器人关节位置伺服<br>系统 .....         | 303 |
| 18.6 利用锁紧气缸的位置控制回路 .....            | 301 | 18.11.2 SKF 精炼炉合金加料气动<br>系统故障分析 .....   | 304 |
| 18.6.1 利用锁紧气缸的位置控制<br>回路Ⅰ .....     | 301 | 18.11.3 工业锅炉用智能气动阀门<br>定位控制器 .....      | 306 |
| <b>第 19 章 真空回路</b> .....            | 310 |                                         |     |
| 19.1 真空吸附技术基础 .....                 | 310 | 19.5 利用真空发生器的真空回路 .....                 | 318 |
| 19.1.1 概述 .....                     | 310 | 19.6 利用真空吸盘搬运重物的真空回路 .....              | 318 |
| 19.1.2 真空发生器 .....                  | 311 | 19.7 用一个真空发生器控制多个真空<br>吸盘的回路 .....      | 319 |
| 19.1.3 真空吸盘 .....                   | 313 | 19.8 用真空发生器组件组成的吸件与<br>快速放件回路 .....     | 319 |
| 19.1.4 其他真空元件 .....                 | 314 | 19.9 用真空发生器、小储气室等组成<br>的吸件与快速放件回路 ..... | 319 |
| 19.2 利用真空泵的基本真空吸附回路 .....           | 316 | 19.10 利用真空顺序阀的真空吸附回路 .....              | 320 |
| 19.3 用真空控制单元组成的吸件与<br>快速放件回路 .....  | 317 | 19.11 真空回路应用实例 .....                    | 320 |
| 19.4 用一个真空泵控制多个真空吸盘<br>的回路 .....    | 317 |                                         |     |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 第 20 章 逻辑回路与计数回路                      | 323 |
| 20.1 逻辑回路                             | 323 |
| 20.1.1 “或门”逻辑元件应用回路                   | 323 |
| 20.1.2 “与门”逻辑元件应用回路                   | 323 |
| 20.1.3 逻辑“禁门”元件组成的双手<br>操作安全回路        | 323 |
| 20.1.4 非门和禁门元件                        | 324 |
| 20.1.5 或非元件与回路                        | 324 |
| 20.1.6 双稳元件                           | 325 |
| 20.2 逻辑回路应用实例                         | 326 |
| 20.3 二进制计数回路                          | 328 |
| 20.3.1 二进制计数回路 I                      | 328 |
| 20.3.2 二进制计数回路 II                     | 329 |
| 第 21 章 安全保护回路                         | 330 |
| 21.1 双手同时操作回路                         | 330 |
| 21.1.1 双手同时操作回路 I                     | 330 |
| 21.1.2 双手同时操作回路 II                    | 330 |
| 21.1.3 利用气容的双手同时操作<br>回路              | 330 |
| 21.1.4 利用三位主控阀的双手同时<br>操作回路           | 331 |
| 21.2 互锁回路                             | 331 |
| 21.3 过载保护回路                           | 331 |
| 21.3.1 过载保护回路 I                       | 331 |
| 21.3.2 过载保护回路 II                      | 332 |
| 21.3.3 过载保护回路 III                     | 332 |
| 21.3.4 过载保护回路 IV                      | 332 |
| 21.4 安全保护回路应用实例                       | 332 |
| 21.4.1 石油钻机气压传动系统                     | 332 |
| 21.4.2 石油钻机气动盘式刹车                     | 334 |
| 21.4.3 测试设备气动标杆                       | 336 |
| 第 22 章 气液联动回路                         | 339 |
| 22.1 气液缸的速度控制回路                       | 339 |
| 22.2 气液转换的液压缸无级调速回路                   | 339 |
| 22.3 气液缸实现快进-慢进-快退的<br>变速回路           | 340 |
| 22.4 利用气液单元(CC 系列)实现<br>快进-慢进-快退的变速回路 | 340 |
| 22.5 利用气液阻尼缸的速度控制回路                   | 341 |
| 22.5.1 利用气液阻尼缸的调速回路                   | 341 |
| 22.5.2 利用气液阻尼缸的快进-慢进-<br>快退变速回路       | 341 |
| 22.5.3 利用气液阻尼缸的快进-工进-<br>快退变速回路       | 341 |
| 22.5.4 利用气液阻尼缸的双向调速<br>回路             | 342 |
| 22.6 气液联合增压控制回路                       | 342 |
| 22.6.1 气液联合增压回路 I                     | 342 |
| 22.6.2 气液联合增压回路 II                    | 342 |
| 22.6.3 气液联合增压回路 III                   | 343 |
| 22.6.4 气液转换器和增压器组成的<br>增压回路           | 343 |
| 22.7 气压控制的液压缸连续往复运动<br>回路             | 343 |
| 22.8 气液联合控制的平衡回路                      | 344 |
| 22.9 气液联合控制的安全保护回路                    | 344 |
| 22.10 气液联动回路应用实例                      | 344 |
| 22.10.1 气液联动伺服纠偏系统                    | 344 |
| 22.10.2 钢管平头机                         | 346 |
| 22.10.3 PWM 控制的气液联控伺服<br>系统           | 346 |
| 22.10.4 自动双头锯钻铣机                      | 348 |
| 22.10.5 被动式钻柱升沉补偿装置气-<br>液控制系统        | 349 |
| 参考文献                                  | 354 |

# 第1篇

## 液压回路



液压技术 (hydraulics) 在现代新技术和核心技术领域中占有着非常重要的地位。液压工业已经成为现代装备制造工业的一个重要组成部分。

液压技术的应用领域不断拓展,作为机械装备传动与控制的核心技术,其应用程度已成为衡量一个国家工业化水平的重要标志之一。越先进的设备,液压技术所占的比重就越多。

液压系统以液体为工作介质来传递力和运动,并对其运行调节和控制。液压基本回路是构成液压系统最基本的结构和功能单元。机械设备的液压传动系统有时会很复杂,但都是由一些液压基本回路组成的。例如,用来改变执行元件运动方向的换向回路,用来控制系统中液体压力的调压回路,用来调节执行元件运动速度的调速回路等等,这些都是液压系统中最常用的基本回路。熟悉基本回路是分析和设计液压传动系统的重要基础。

## 第1章 液压源回路

液压源回路也称为动力源回路,是液压系统中最基本的不可缺少的部分。液压源回路的功能是向液压系统提供一定压力和流量的传动介质,以满足执行机构的工作需要。液压源回路是由油箱、油箱附件、液压泵、电动机、压力阀、过滤器、单向阀等组成的。在选择和使用液压源时要考虑系统所需的流量和压力,使用的工况、作业的环境以及液压油的污染控制和温度控制等。

因此,设计和选择油源时,要综合考虑系统压力的稳定性、流量的均匀性、工作的可靠性、传动介质的温度和污染度以及节能等因素。要选择合适的油源供油系统,使之非常接近负载的要求,提供刚好能满足液压系统所必需的流量、压力及功率,以节约能量,提高经济效益,这是液压源回路的设计目标,也是现代液压装备发展的方向之一。

## 1.1 液压系统中的基本液压源回路（图 1-1 和表 1-1）

## 1.2 定量泵-溢流阀液压源回路（图 1-2 和表 1-2）

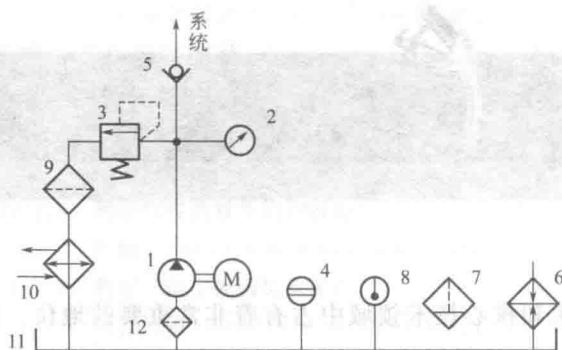


图 1-1 基本液压源回路

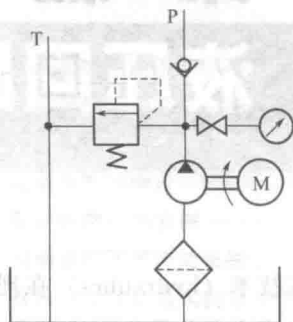


图 1-2 定量泵-溢流阀液压源回路

表 1-1 基本液压源回路

| 回路描述                                                                                                                                                                                                              | 特点及应用                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>回路中溢流阀 3 用于调定液压泵 1 的输出压力,压力值可以通过压力表 2 读出,在泵 1 的吸油口设置过滤器 12。泵 1 的出口设置单向阀 5,以防止载荷变化引起的油液回流。油箱 11 用于存储油液、散热和逸出气体等</p> <p>空气过滤器 7 一般设在油箱顶盖上同时作为注油口。液位计 4 一般设在油箱侧面,以显示油箱液位。加热器 6 和冷却器 10 用来对油温进行调节,温度计 8 用来检测油温</p> | <p>该回路为液压系统中的基本液压源回路。可根据系统状况、环境温度等条件决定是否安装加热器、冷却器等液压辅助元件</p> <p>冷却器通常设在工作回路的回油管中。为了保持油箱内油液的清洁度,在冷却器上游设置回油过滤器 9</p> |

表 1-2 定量泵-溢流阀液压源回路

| 回路描述                                  | 特点及应用                                                                  |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <p>定量泵的出口压力由溢流阀调定,泵出口压力近似不变,为一恒定值</p> | <p>结构简单,是开式液压系统中常用的液压源回路,有溢流损失</p> <p>可根据系统所需的压力和流量等实际要求选择泵和阀的规格型号</p> |

## 1.3 变量泵-安全阀液压源回路（图 1-3 和表 1-3）

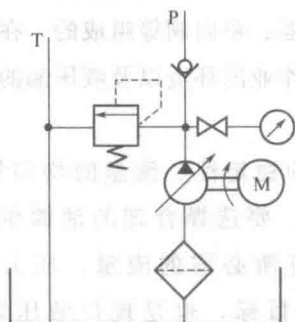


图 1-3 变量泵-安全阀液压源回路

表 1-3 变量泵-安全阀液压源回路

| 回路描述                                         | 特点及应用                                                   |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>变量泵可随负载的变化自动调整输出压力和流量,系统超载时,可以通过安全阀卸荷</p> | <p>泵出口有溢流阀作为安全阀,没有溢流损失。该回路是开式液压回路中常用的回路,如振动下料机的液压系统</p> |

1.4 高低压双泵液压源回路（图 1-4 和表 1-4）

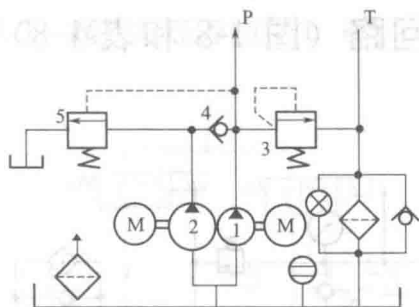


图 1-4 高低压双泵液压源回路

表 1-4 高低压双泵液压源回路

| 回路描述                                                                                                                 | 特点及应用                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 双泵协同供油, 1 为高压小流量泵, 2 为低压大流量泵。当系统中的执行机构所克服的负载较小而要求快速运动时, 两泵同时供油, 当负载增加而要求执行机构运动速度较慢时, 系统工作压力升高, 卸荷阀 5 打开, 低压大流量泵 2 卸荷 | 经常用于需要工作在不同工作速度, 而且两个速度相差很大的情况下。如压力管离心铸造机喷拉车液压系统、带轮三角槽辊轧机液压系统 |

1.5 采用插装阀的双泵液压源回路（图 1-5 和表 1-5）

1.6 多泵并联供油液压源回路（图 1-6 和表 1-6）

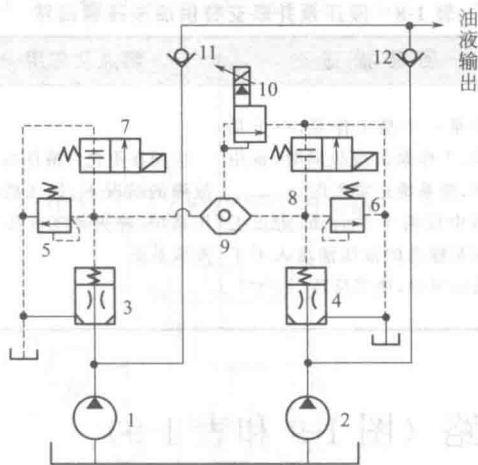


图 1-5 采用插装阀的双泵液压源回路

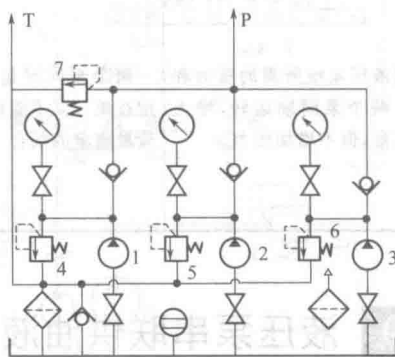


图 1-6 多泵并联供油液压源回路

表 1-5 采用插装阀的双泵液压源回路

| 回路描述                                                                                                                                                                                                                                                                           | 特点及应用                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电磁阀 7 与 8 均未通电时, 泵 1 和泵 2 同时向系统供油。由于梭阀 9 的作用, 两个先导调压阀 5 与 6 以及比例调压阀 10 均与阀 3、阀 4 的控制腔相通, 阀 5 和阀 6 均起安全阀的作用。此时工作压力由比例调压阀 10 统一调定<br>阀 7 通电时, 阀 3 打开, 泵 1 卸荷, 由泵 2 向系统供油。此时由阀 10 对泵 2 的供油压力进行调节<br>阀 8 通电时, 泵 2 卸荷, 泵 1 向系统供油, 泵 1 的压力同样由阀 10 进行调节。如定量泵 1 与 2 流量不同, 系统可获得三种不同的流量 | 在功率较大的液压系统中, 因为市场上没有特大流量的泵供选用, 所以往往使用多台定量泵作为液压源<br>阀 3 与阀 4 都是带阻尼孔的插装件, 与两只先导电磁阀 8 与 7、先导调压阀 5 与 6、比例调压阀 10 以及梭阀 9 构成对泵的控制回路 |

表 1-6 多泵并联供油液压源回路

| 回路描述                                                                                                                  | 特点及应用                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 多泵并联供油液压源回路中泵的数量依据系统流量需要而确定。或根据长期连续运转工况, 要求液压系统设置备用泵, 一旦发现故障及时启动备用泵或采用多泵轮换工作制延长液压源使用和维护周期。各泵出口的溢流阀也可采用电磁溢流阀, 使泵具有卸荷功能 | 三个定量泵的流量分别为 $q_1 < q_2 < q_3, q_3 > q_1 + q_2$ 。控制各个泵的工作状态, 此油源可以提供七种不同的输出流量<br>系统压力由主油路溢流阀 7 设定 |