

YEYA XITONG KONGZHI YU PLC YINGYONG SHILI

液压系统控制与 PLC应用实例

黄志坚 郝春玲 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

YEYA XITONG KONGZHI YU PLC YINGYONG SHILI

液压系统控制与 PLC应用实例

黄志坚 郝春玲 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

PLC控制的液压系统能较好地满足控制系统的要求,并且测试精确,运行高速、可靠,提高了生产效率,延长了设备使用寿命。目前,在大多数情况下,液压系统均采用 PLC 控制。

本书精选大量实例,在 1~10 章介绍液压—PLC 控制技术在制造、能源、材料、建设、交通运输等各类液压设备控制中的具体应用;在 11~13 章介绍液压—PLC 系统设计、测试、诊断与监测技术。

本书所选案例主要是国内专业技术人员液压—PLC 系统设计开发、技术改进等实践活动的总结。案例包括课题分析、技术目标设定、技术方案探索与确定、液压元件计算与选择、PLC 设计与编程、试验、应用效果等。

本书的读者对象主要是液压与 PLC 设计开发、使用维修人员,大学及职业技术学院相关专业师生。

图书在版编目(CIP)数据

液压系统控制与 PLC 应用实例/黄志坚,郝春玲编
著. —北京:中国电力出版社,2014.4

ISBN 978-7-5123-5346-6

I. ①液… II. ①黄…②郝… III. ①plc 技术—应用—液压系统—自动控制系统 IV. ①TH137②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 298881 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 4 月第一版 2014 年 4 月北京第一次印刷

700 毫米×1000 毫米 16 开本 23.5 印张 479 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

前言

PLC (Programmable Logic Controller) 控制的液压系统克服了采用继电器控制系统必须是手工接线、安装、改动所需要花费大量时间及人力和物力的缺点, 也克服继电器控制系统的可靠性差、控制不方便、响应速度慢等不足。将 PLC 应用到液压系统, 能较好地满足控制系统的要求, 并且测试精确, 运行高速、可靠, 提高了生产效率, 延长了设备使用寿命。目前, 在大多数情况下, 液压系统均采用 PLC 控制。

液压与 PLC 是双向信息交流的关系, 控制与反馈的关系, 相互间密不可分。液压与 PLC 两方面的专业知识紧密相关, 机电专业技术人员应掌握这两方面的专业知识。

本书精选大量实例, 在 1~10 章介绍液压—PLC 控制系统在制造、能源、材料、建设、交通运输等各类液压设备控制中的具体应用; 在 11~13 章介绍液压—PLC 控制系统设计、测试、诊断与监测技术。

本书取材新颖、技术先进实用, 案例丰富且涉及多个应用领域。所选案例主要是国内专业技术人员液压—PLC 系统设计开发、技术改进、故障维修等实践活动的总结, 涉及液压与 PLC 两个领域。案例包括课题分析、技术目标设定、技术路线与技术方案探索与确定、液压元件计算与选择、PLC 设计与编程、试验、应用效果等, 既有丰富的技术内容, 也体现了技术活动过程。案例中的技术措施与方法为设计开发活动提供了翔实具体的参考模型与判别依据, 对读者有直接的参考借鉴价值。

作为液压—PLC 系统应用案例, 技术内容是具体的, 技术方案是针对某特定技术问题或特定环境的, 故个性鲜明; 同时, 它又是液压—PLC 工程技术一般规律与方法的应用, 蕴含着学科的共性。工程技术活动总是充满重重矛盾, 案例反映了设计开发人员在工作中解决复杂技术矛盾灵活机动的策略技巧, 系统把握与综合运用新技术的能力, 锐意进取的创新精神。读者应特别注意深入领会其中创造性地运用专业知识成功解决具体技术问题及矛盾的思路与方法。

本书的读者对象主要是液压与 PLC 设计开发、使用维修人员, 大学及职业技术学院相关专业师生。

本书由黄志坚与郝春玲合作编著, 其中第 7、8、12、13 章由渤海船舶职业学院郝春玲执笔, 其余由广东工业大学黄志坚执笔, 全书由黄志坚统稿。

目 录

前言

第 1 章

机械制造液压—PLC 系统应用实例	1
1.1 机床液压—PLC 系统应用实例	1
1.1.1 MMB1320B 型外圆磨床液压系统的 PLC 控制	1
1.1.2 钻孔组合机床液压—PLC 控制系统	4
1.1.3 动力滑台双泵供油液压回路及其 PLC 控制	10
1.1.4 基于 PLC 的板料液压剪切机控制系统	16
1.1.5 对称双辊轧制机液压系统及其 PLC 控制	20
1.2 压力机液压—PLC 系统应用实例	24
1.2.1 YA32—315 型液压机及 PLC 控制	24
1.2.2 基于 PT 和 PLC 的胶合板液压机控制系统	29
1.3 机械手液压—PLC 系统应用实例	32
1.3.1 基于 PLC 的液压搬运机械手	32
1.3.2 基于 Petri 网的液压驱动机械手 PLC 控制系统	36
1.3.3 液压驱动机械手肋骨冷弯机的 PLC 控制	41

第 2 章

橡塑机械液压—PLC 系统应用实例	46
2.1 注塑机液压—PLC 系统应用实例	46
2.1.1 XS—ZY—125 注塑机的 PLC 控制	46
2.1.2 基于 PLC 和 HMI 的注塑机控制系统	50
2.1.3 变频器和 PLC 用于注塑机节能改造	53
2.2 橡胶机械液压—PLC 系统应用实例	56
2.2.1 密炼机上顶栓液压—PLC 系统	56
2.2.2 轮胎均匀性试验机精确定位 PID 控制系统	59

第 3 章

电力设备液压—PLC 系统应用实例	63
3.1 调速器—PLC 控制应用实例	63
3.1.1 全数字式水轮机调速器	63
3.1.2 水电站调速器 PLC 控制系统	68
3.1.3 基于 PLC 的 XT—1000 型机械液压调速器	71

3.2 蝶阀液压—PLC 系统应用实例	75
3.2.1 液压止回蝶阀 PLC 控制系统	75
3.2.2 小型 PLC 控制的蝶阀液压系统	78
3.3 磨煤机液压—PLC 系统应用实例	82
3.3.1 磨煤机西门子 PLC 控制系统	82
3.3.2 MPS 型中速磨煤机自动加载液压—PLC 系统	86
3.4 风力发电机液压—PLC 控制系统应用实例	89
3.4.1 大型风力机变桨距 PLC 控制系统	89
3.4.2 风力发电机偏航控制系统	94

第 4 章

煤矿机械液压—PLC 系统应用实例	97
4.1 煤矿运输设备液压—PLC 系统应用实例	97
4.1.1 液压提升机的加速度控制	97
4.1.2 副井提升机 S7—400 PLC 系统	99
4.1.3 液压绞车 PLC—变频容积调速系统	102
4.1.4 带式输送机张紧装置液压—PLC 系统	104
4.2 液压支架—PLC 系统应用实例	106
4.2.1 液压支架 PLC 控制系统	106
4.2.2 液压支架远程监控系统	110

第 5 章

石油机械液压—PLC 系统应用实例	114
5.1 抽油机液压—PLC 系统应用实例	114
5.1.1 节能液压抽油机控制系统	114
5.1.2 风电互补液压抽油机	117
5.2 海洋平台液压—PLC 系统应用实例	119
5.2.1 海洋平台桩腿升降装置液压—PLC 系统	119
5.2.2 自升式海洋石油平台升降系统	124

第 6 章

冶金机械液压—PLC 系统应用实例	128
6.1 有色冶金机械液压—PLC 系统应用实例	128
6.1.1 铝锭铸造机液压及 PLC 测控系统	128
6.1.2 35MN 铝合金挤压机电液系统的改造	133
6.2 钢铁冶金机械液压—PLC 系统应用实例	136
6.2.1 PLC 在 H 型钢轧线液压系统中的应用	136
6.2.2 PLC 用于液压压平机的控制	138
6.3 打包机液压—PLC 系统应用实例	141

第7章

6.3.1 金属液压打包机的 PLC 控制	141
6.3.2 铝加工液压打包机的 PLC 控制	144
交通运输液压—PLC 系统应用实例	147
7.1 水运液压—PLC 系统应用实例	147
7.1.1 船舶液压舵机的 PLC 控制	147
7.1.2 船用输送装置电液比例控制系统	151
7.1.3 船舶电动液压起货机节能改进	154
7.1.4 PLC 在客滚连接桥液压系统中的应用	158
7.1.5 基于 PLC 的重大件货物液压滚装系统	162
7.2 铁路运输液压—PLC 系统应用实例	167
7.2.1 基于 PLC 的铁路大型养路机械液压驱动 系统恒功率控制	167
7.2.2 轨枕预应力张拉系统	171
7.3 公路运输液压—PLC 系统应用实例	174
7.3.1 PLC 在车辆自装卸液压控制中的应用	174
7.3.2 基于 PLC 的重型载车自动调平系统	176
7.4 航空液压系统—PLC 控制应用实例	181
7.4.1 折叠式登机梯液压回路及 PLC 控制系统	181
7.4.2 基于 PLC 的起落架收放作动筒液压测试系统	184

第8章

输送搬运液压—PLC 系统应用实例	190
8.1 电梯液压—PLC 系统应用实例	190
8.1.1 三层液压电梯 PLC 控制系统	190
8.1.2 阀控—变频液压电梯	192
8.2 输送装置液压—PLC 系统应用实例	195
8.2.1 PLC 用于输送机液压拉紧装置控制	195
8.2.2 卡环式步进提升机及其 PLC 控制	198
8.3 特种车辆液压—PLC 控制系统应用实例	201
8.3.1 基于 CAN 总线的车辆 PLC 控制系统	201
8.3.2 电控泵在牵引车液压行走系统中的应用	205

第9章

工程机械液压—PLC 系统应用实例	210
9.1 盾构机液压—PLC 系统应用实例	210
9.1.1 盾构推进液压系统的 PLC 控制	210
9.1.2 泥水平衡式盾构机刀盘控制系统	215

第10章

9.2 混凝土机械液压—PLC 系统应用实例	219
9.2.1 HBT60 混凝土泵 PLC—液压控制系统	219
9.2.2 混凝土泵电液比例控制系统	222
9.3 推土机与挖掘机液压—PLC 系统应用实例	226
9.3.1 PLC 用于全液压推土机行驶控制	226
9.3.2 PLC 用于液压挖掘机节能控制	229

水利机械液压—PLC 系统应用实例

10.1 启闭机液压—PLC 系统应用实例	233
10.1.1 PLC 在液压启闭机控制系统中的应用	233
10.1.2 闸门液压—PLC 同步顶升系统	236
10.1.3 双缸液压启闭机闸机的纠偏控制	241
10.1.4 PLC 控制的闸门液压自动启闭机	244
10.1.5 排涝泵站水闸 PLC 控制系统	247
10.2 升船机液压 PLC 系统应用实例	249
10.2.1 触摸屏和 PLC 相结合的升船机主提升控制系统	249
10.2.2 升船机液压—PLC 系统组成及运行	254

第11章

液压—PLC 控制系统设计开发实例

11.1 干冰清洗车液压—PLC 控制系统设计开发	257
11.1.1 液压系统设计	257
11.1.2 PLC 系统主要硬件的选择	260
11.1.3 控制系统结构	262
11.1.4 PLC 控制程序设计	263
11.1.5 触摸屏画面设计	265
11.2 管桩成型机液压—PLC 系统设计开发	268
11.2.1 管桩成型概况	268
11.2.2 管桩成型机的液压系统初步设计	268
11.2.3 管桩成型机的液压系统详细设计	270
11.2.4 管桩成型机的电气控制系统设计	280
11.2.5 搅拌系统 PID 控制策略	286
11.3 液压泵—马达综合试验台的设计开发	292
11.3.1 液压泵—马达综合试验台功能需求	292
11.3.2 液压泵—马达综合试验台技术方案	293
11.3.3 测试系统设计	295

11.3.4	PLC 控制系统设计	302
11.3.5	测试系统的软件开发	305
11.3.6	测试系统的应用	310

第12章

液压测试系统 PLC 控制应用实例	314
-------------------------	-----

12.1 液压元件测试系统 PLC 控制应用实例	314
--------------------------------	-----

12.1.1 液压综合试验平台的 PLC 实时测控系统	314
-----------------------------------	-----

12.1.2 基于 PLC 的液压泵测试台	318
-----------------------------	-----

12.1.3 采用 LEODO 人机界面的液压马达测试系统	320
-------------------------------------	-----

12.2 专用液压部件测试系统 PLC 控制应用实例	323
----------------------------------	-----

12.2.1 飞机起落架收放动态加载试验液压系统	323
--------------------------------	-----

12.2.2 上下位机控制的液压动力滑台测试系统	330
--------------------------------	-----

第13章

液压—PLC 系统故障诊断与监测应用实例	335
----------------------------	-----

13.1 液压—PLC 系统故障分析与排除实例	335
-------------------------------	-----

13.1.1 车削中心液压—PLC 系统故障的分析	335
---------------------------------	-----

13.1.2 液压剪限位及 PLC 程序的改进	342
-------------------------------	-----

13.1.3 液压机下滑故障分析与排除	344
---------------------------	-----

13.1.4 循环水泵出口蝶阀自动开启故障分析与排除	346
----------------------------------	-----

13.1.5 盾构机推进系统故障的排除	351
---------------------------	-----

13.2 PLC 在液压系统故障监测中应用实例	353
-------------------------------	-----

13.2.1 PLC 用于大型液压实验平台网络监控	354
---------------------------------	-----

13.2.2 PLC 用于油液状态在线监测与自维护	358
---------------------------------	-----

13.2.3 基于 PROFIBUS 现场总线的液压泵站监控系统	361
--	-----

参考文献	365
------------	-----

机械制造液压—PLC 系统应用实例

1.1 机床液压—PLC 系统应用实例

用 PLC 软件取代继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器和计数器等器件,可以减少控制柜设计和安装接线的工作量,有效降低故障率,而且利用 PLC 完善的自诊断和显示功能,能快捷地排除故障。以 PLC 控制机床液压系统,可以提高加工的自动化程度,能实现节能增效。

1.1.1 MMB1320B 型外圆磨床液压系统的 PLC 控制

MMB1320B 型外圆磨床是精密半自动磨床,最大磨削直径为 320mm,最大磨削长度为 500mm。该磨床采用液压驱动以实现工作台和砂轮架的动作,依靠继电器控制系统与液压系统的联合控制,可以完成纵向磨削及切入磨削的半自动循环。

1. MMB1320B 型外圆磨床半自动循环液压系统

MMB1320B 型外圆磨床半自动循环中的动作顺序由电气系统和液压系统联合控制,具体动作包括:原始位置、砂轮架快进、进给活塞快跳、自动进给、光磨、砂轮架快退等。液压系统工作原理简图如图 1-1 所示,该磨床半自动循环电磁铁动作顺序表见表 1-1。

表 1-1 MMB1320B 型外圆磨床半自动循环电磁铁动作顺序表

(“+”表示通电,“-”表示断电)

动 作	1DT	2DT	3DT	4DT	5DT	6DT
初始状态	-	-	-	-	-	-
原始位置	-	+	-	-	-	+
砂轮架前进、冷却开启	-	+	-	+	-	+
切入缸快跳	-	-	-	+	-	+
自动进给	-	-	+	+	-	+
光磨	-	-	+	+	-	+
各部件返回、冷却关闭	-	+	-	-	-	+

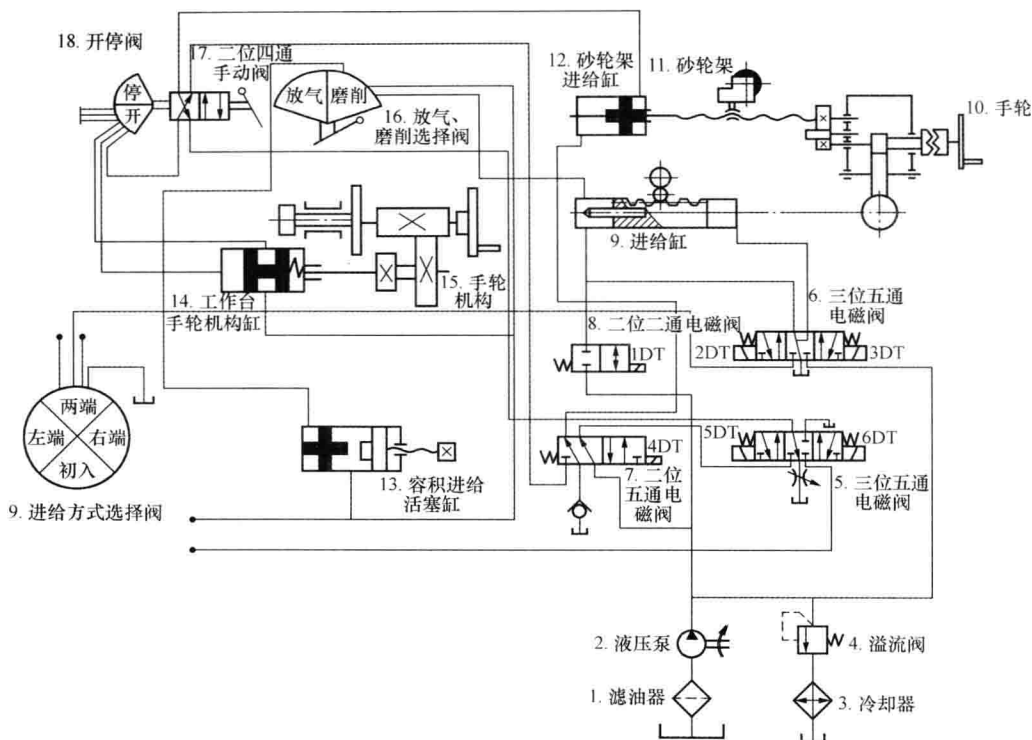


图 1-1 MMB1320B 型外圆磨床液压系统工作原理简图

(1) 磨削原始位置。2DT、6DT 通电，液压泵排出的压力油通过三位五通电磁阀 6 的左位进入缸 9 右腔，使其停留在左边初始位置；同时，压力油经二位五通电磁阀 7 的左位，由三位五通电磁阀 5 的右位进入二位四通手动阀 17 的左位，最后流入砂轮架进给缸右腔，确保其处于左边原始位置。

(2) 砂轮架快进。4DT 通电，2DT、6DT 仍然通电，压力油经二位五通电磁阀 7 进入砂轮架进给缸的左腔，此时砂轮架快速前进 40mm，同时冷却开启。

(3) 进给缸活塞快跳。为消除砂轮架进给传动链的间隙，并为自动进给做准备，2DT 断电，4DT、6DT 仍然通电，此时进给缸 9 两腔通过三位五通电磁阀 6 中位接通油箱，进给缸活塞在弹簧作用下向右快跳一段位移。

(4) 砂轮架自动进给。砂轮架自动进给有切入磨削和纵磨两种方式，均由进给缸驱动。当进给方式选择阀 19 转到切入位置，进给缸活塞快跳后 3DT 延时通电，4DT、6DT 保持通电，压力油经三位五通电磁阀 6 右位进入进给缸 9 左腔，进油路上由节流阀调节切入速度。当进给方式选择阀 19 根据需要转到两端、左端或右端位置时，各电磁铁通电状态与切入磨削时相同，此时容积进给活塞缸活塞 13 左移，容积进给活塞缸左腔排油，经进给选择阀进入三位五通电磁阀 6 右位，最后流入砂

轮架进给缸 12 左腔，容积进给活塞缸密封活塞可以调整其容积进给活塞的行程，进而调节了周期进给量。

(5) 砂轮架返回。此时电磁铁通电状态及油路与原始位置相同。

2. 控制过程及要求

控制过程及要求见表 1-1，1DT~6DT 为电磁阀，各状态及要求如下。

(1) 初始状态。1DT~6DT 全断开。

(2) 原始位置。2DT 和 6DT 闭合，1DT、3DT、4DT 和 5DT 断开。

(3) 砂轮架前进、冷却开启。2DT、4DT 和 6DT 闭合，1DT、3DT 和 5DT 断开。由原始位置至砂轮架前进、冷却开启需 20s（时间的设定可以根据现场加工需要修改，下面相同）。

(4) 切入缸快跳。4DT 和 6DT 闭合，1DT、2DT、3DT 和 5DT 断开。由砂轮架前进、冷却开启至切入缸快跳需 30s。

(5) 自动进给或光磨。3DT、4DT 和 6DT 闭合，1DT、2DT 和 5DT 断开，由切入缸快跳至自动进给或光磨需 60s。

(6) 各部件返回、冷却关闭。2DT 和 6DT 闭合，1DT、3DT、4DT 和 5DT 断开。由自动进给和光磨至各部件返回、冷却关闭需 20s。另外，1DT、5DT 被 6DT 锁住一直断电，2DT 和 3DT 互锁。

3. PLC 控制设计

(1) PLC 选择。因为需 2 个按钮控制输入和输出控制电磁铁，所以可选择 OMRONC 系列 P 型机 C20P 进行控制。

(2) 硬件设计。I/O 端口分配见表 1-2，PLC 输入输出接线如图 1-2 所示。

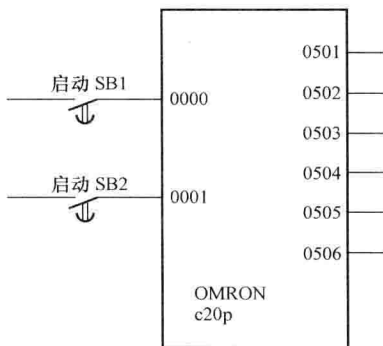


图 1-2 PLC 输入输出接线图

表 1-2 I/O 端口分配

输入	继电器	输出	继电器
SB1	0000	1DT	0501
SB2	0001	2DT	0502
		3DT	0503
		4DT	0504
		5DT	0505
		6DT	0506

(3) 软件设计。软件设计可采用梯形图进行，根据控制过程编制的梯形图如图 1-3 所示。

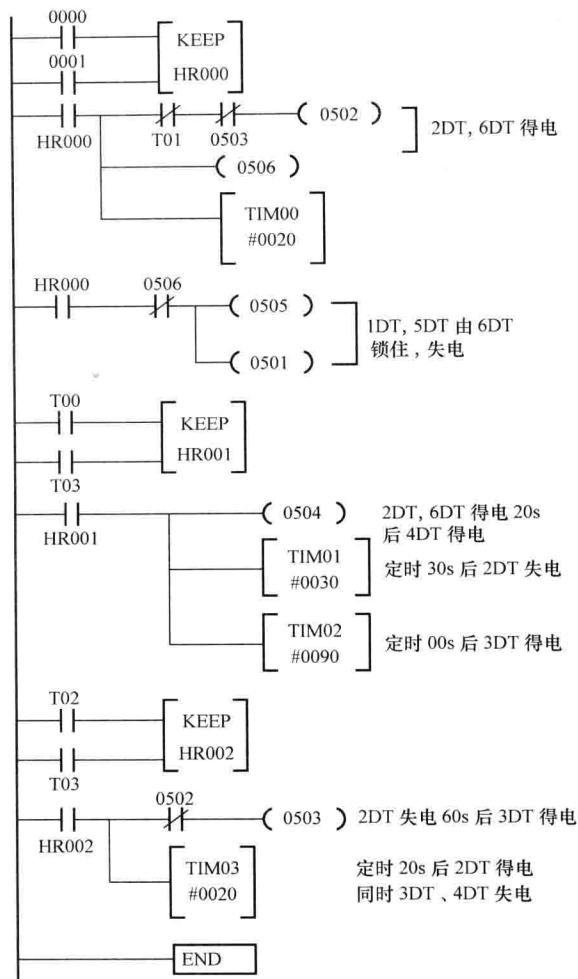


图 1-3 梯形图

4. 小结

用 PLC 对 MMB1320B 型外圆磨床液压系统进行控制更有利于提高该设备的自动化程度, 操作、管理维护方便, 减少了能耗, 提高了工作效率。用 PLC 对采用继电器电气系统控制液压系统的机床设备加以改造, 具有积极的现实意义。

1.1.2 钻孔组合机床液压—PLC 控制系统

钻孔组合机床是以独立的通用部件为基础, 配以部分专用部件组成的高效率自动化加工设备, 其传动系统多采用电动机和液压系统相结合的驱动方式, 其控制过程是典型的顺序控制, 既可采用传统的继电器接触器系统, 也可采用 PLC 来构成。

1. 液压系统工况分析和总体方案

该机床液压系统的工作循环为：工件夹紧→工作台快进→工进→停留→快退→原位停止→工件松开。

技术要求如下：可在 $20 \sim 100 \text{ mm/min}$ 范围内无级调速；夹紧力最小不低于 3.3 kN ，最大不得超过 6 kN ；夹紧缸行程 40 mm ，夹紧时间 1 s ；运动部件总质量为 $18\,000 \text{ kg}$ 。液压系统原理如图 1-4 所示。

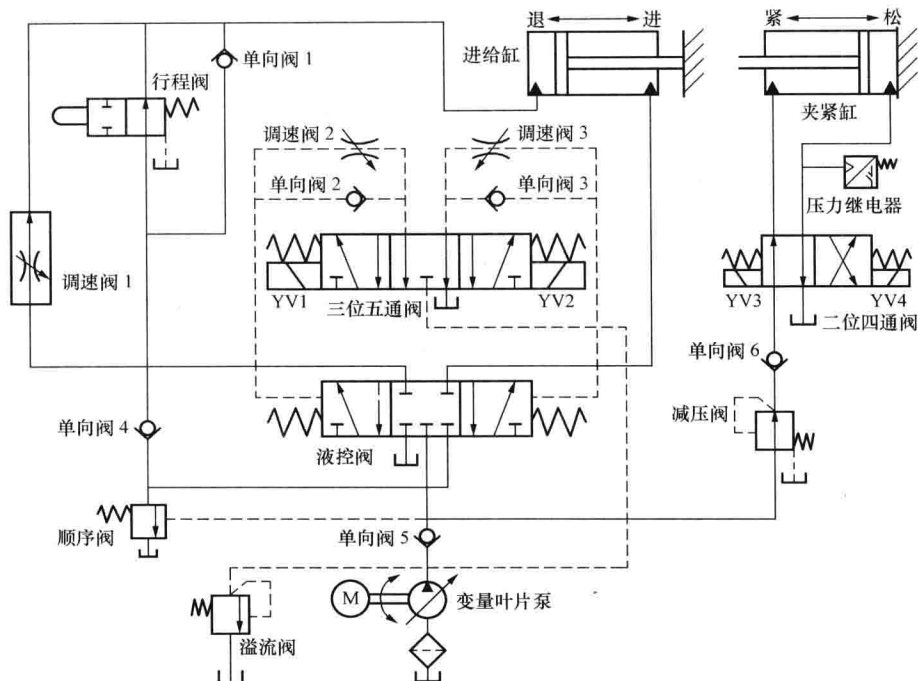


图 1-4 液压系统原理图

(1) 工件夹紧。液压泵电动机起动后，电气控制系统发出工件夹紧信号，电磁阀 YV4 得电，二位四通阀右位工作，压力油经减压阀、单向阀 6 进入夹紧缸的大腔，小腔回油至油箱，工件夹紧。当夹紧到位后压力继电器动作，表示工件夹紧。

(2) 工作台快进。压力继电器动作后，电气控制系统发出快速移动信号，电磁阀 YV1 得电，三位五通阀左位工作，使液控阀左位工作，接通工作油路，压力油经行程阀进入进给缸大腔，小腔内回油经过单向阀 4、行程阀再进入进给缸大腔，使工作台向前快速移动。

(3) 工作进给。工作台快速移动到接近加工位置时，台上挡铁压下行程阀，切断压力油通路，压力油只能通过调速阀 1 进入进给缸大腔，进油量的减少使得工作台移动速度降低，工作台转为工作进给。此时由于负载增加，工作油路油压升高，顺序阀打开，液压缸小腔回油不再经过单向阀 4 流入进给缸大腔，而是经顺序阀、

溢流阀流回油箱。

(4) 快速退回。工作台工进到终点时，终点行程开关被压下，使电磁阀 YV1 失电，而电磁阀 YV2 得电，三位五通阀右位工作，使液控阀右位工作，接通工作油路，压力油直接进入进给缸小腔，使工作台快速退回。同时大腔内的回油经单向阀 1、液控阀流回油箱。当工作台快速退回原位，原点行程开关被压下，电磁阀 YV2 失电，液控阀回中间位置，切断工作油路，工作台停止于原位。

(5) 工件松开。当工作台回原位停止后，电气控制系统发出工件松开信号，使电磁阀 YV3 得电，二位四通阀左位工作，改变油路的方向，压力油进入夹紧缸小腔，大腔内的回油经二位四通阀流回油箱，使工件松开，同时压力继电器复位。取下工件，一个工作循环结束。

2. 液压元件及辅助元件

(1) 计算。单出杆活塞缸的两个腔有效作用面积不相等，当泵供油使活塞内缩时，活塞腔的排油流量比泵的供油流量大得多，通过阀的最大流量往往是在这种情况下出现。复合增速缸和其他等效组合方案也有相同情况。选择流量控制阀时，其最小稳定流量应能满足执行元件最低工作速度的要求，即

$$Q_{V_{\min}} \leq \mu_{g\min} A \quad (1-1)$$

或

$$Q_{V_{\min}} \leq n_{\min} q_m \quad (1-2)$$

式中： $Q_{V_{\min}}$ 为流量控制阀的最小稳定流量， m^3/s ； $\mu_{g\min}$ 为液压缸最低工作速度， m^3/s ； A 为液压缸有效工作面积， m^2 ； $n_{\min}$ 为液压马达最低工作转速， r/s ； q_m 为液压马达排量， m^3/s 。

(2) 根据流量和系统工作压力选择液压泵。液压缸参数见表 1-3。

表 1-3 元件载荷力和液压缸参数

液压缸	载荷 P_1 /N	背压力 P_2 /MPa	实际工作 压力/MPa	缸径 /mm	活塞杆直 径/mm	最大运 动速度	结构参数 A_1/m^2	流量 / (m^3/s)
夹紧缸	5000	0.2	2.55	50	35	40mm/s	$\pi \times 25^2 \times 10^{-6}$	7.85×10^{-5}
进给缸	12 000	0.2	3.85	63	28	100mm/min	$\pi \times 31.5^2 \times 10^{-6}$	5.2×10^{-6}

液压泵工作压力为

$$P_p \geq P_1 + \sum \Delta P \quad (1-3)$$

式中： P_1 为液压执行元件的最高工作压力，本系统中最高压力是进给缸快进时的进口压力 $P=3.85\text{MPa}$ ； $\sum \Delta P$ 为系列执行元件总的管路损失。由原理图可知，从泵到进给缸之间串接有液控阀、行程阀。取 $\sum \Delta P=0.5\text{MPa}$ ，则液压泵工作压力 $P_p=3.85+0.5=4.35\text{MPa}$ 。

液压泵流量为

$$Q_p \geq K(\sum Q_{\max}) \quad (1-4)$$

最大流量发生在快速夹紧工况, $\sum Q_{\max} = 7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$; 泄漏系数 K 取 1.2, 则液压泵总流量 $Q_p = 1.2 \times 7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 9.42 \times 10^{-5} \times 60 \times 10^3 \text{ L/min} = 5.7 \text{ L/min}$ 。

依据以上计算, 选用 YB—A9B 变量叶片泵。

(3) 液压元件的选择。以泵的额定压力 4.35MPa、流量 5.7L/min 为基准, 选择元件见表 1-4。

表 1-4 液压系统元件

元件	型 号	额定流量 (L/min)	额定压力 /MPa	实际压力 /MPa
溢流阀	DBD—A6—K10	4	40	>7
减压阀	DR—5—DP	≤15	≤31.5	3
行程阀	ZC—T—03	≤30	≤21	3
调速阀 1~3	2—FRM—5	≤15	≤21	>7
单向阀 1~6	CIT—02—16—50	≤16	≤25	3
三位四通阀	WE5	≤15	≤25	7
液控阀	SL25—30	≤15.8	≤31	7
顺序阀	DZ—5—DP	≤15	≤21	>7

3. 电气控制回路

该钻孔组合机床的进给运动、工件定位和夹紧装置均由液压系统驱动, 机床工作台用于进给运动。M1 为液压泵电动机, 为整个液压系统提供能量源, 为保证安全, 只有系统正常供油后, 其他控制电路才能通电工作。M2 为主轴电动机。拖动主轴箱的刀具主轴, 提供切削主运动。主轴电动机在工作台进给循环开始时启动, 工作台退回原位后停机。M3 为冷却泵电动机, 在工件加工的过程中冷却泵始终工作。

(1) I/O 分配和 PLC 外部接线图。根据该机床的特点, 选用三菱 FX—24MR 可编程控制器实现顺序控制和机床自动加工循环。该 PLC 有 14 点数字量输入和 10 点继电器输出。系统的 I/O 分配及 PLC 外部接线如图 1-5 所示。

电气控制线路有以下特点。

- 1) 简化手动操作步骤, 按下按钮 SB2 即可完成单次循环。
- 2) 设计了手动快退按钮 SB5, 解决因特殊原因机床未停止在零点, 循环无法再起的问题。

3) 为节省 I/O 点数、简化 PLC 程序, 将热继电器触头 FR1 和 FR2 直接串接在接触器线圈控制线路中, 用于液压泵电动机和主轴电动机的过载保护。

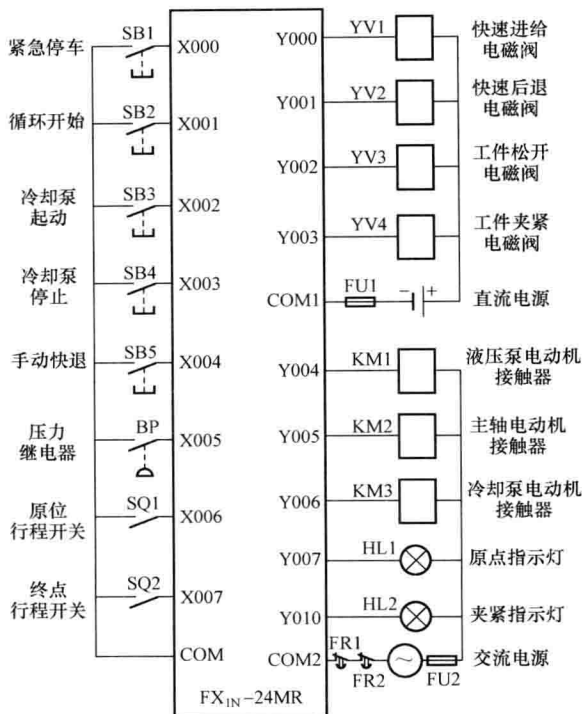


图 1-5 I/O 分配及 PLC 外部接线

4) 为防止电气干扰, 液压系统中的电磁阀均采用 24V 直流供电, 电动机控制用接触器线圈均采用 220 V 交流供电。

5) 液压泵电动机的起动设计了延时环节, 待电动机工作正常后电磁阀才开始动作。

6) 对工件的夹紧与松开了设计了延时保护, 防止对工件和夹具造成破坏。

(2) 控制程序。控制程序基于三菱 SWOPC—FXGP/WIN—C 软件, 采用梯形图方式编程, 如图 1-6 所示。

程序描述如下: 按下循环起动按钮 SB2, 对应 X001 置 1, 输出 Y004 置 1, 液压泵电动机 M1 起动; 时间继电器 ID 延时 1.8s, 待液压泵电动机工作正常, 液压回路油压到达设计值后, T0 使 Y003 置 1, 工件夹紧电磁阀 YV4 开始工作, 工件夹紧; 夹紧时间约 1s, 压力继电器 BP 动作, 其触头闭合, X005 置 1, Y010 置 1, 夹紧指示灯亮; M0 置 1, 使得 Y000、Y005、Y006 均置 1, 工作台开始进给, 刀具主轴电动机 M2 起动, 冷却泵电动机 M3 起动; 进给过程中的快进转工进由液压回路实现, 工作台工进到终点位置时, 终点行程开关 SQ2 被压下, X007 置 1, Y000 置 0, Y001 置 1, 进给电磁阀 YV1 失电, 快退电磁阀 YV2 得电, 工作台后退; 后退到原点位置时, 原位行程开关 SQ1 被压下, X006 置 1, Y007 置 1, 原点